Bioökonomie in Baden-Württemberg

Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen

Endbericht Projektergebnisse

Autoren:
Rolf Meyer, Carmen Priefer
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Forschungsprogramm „Bioökonomie Baden-Württemberg“
des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur Baden-Württemberg
Förderkennzeichen: 7533-10-5-145 (Projekt Nr. 145)

Karlsruhe, Februar 2018

ZE: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Förderkennzeichen: Projekt Nr. 145
Vorhabensbezeichnung: Bioökonomie in Baden-Württemberg – Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen (Kurztitel: Bioökonomie in Baden-Württemberg)	
Förderzeitraum des Vorhabens: 1. November 2015 – 31. Oktober 2017 (Vorlage des Endberichts verlängert bis zum 28.02.2018)	
Berichtszeitraum: 01.11.2015 – 28.02.2018	

Begleitforschungsprojekt „Bioökonomie in Baden-Württemberg – Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen“

Projektdurchführung:
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Karlstraße 11
76133 Karlsruhe

Projektbearbeiter:
Juliane Jörissen
Rolf Meyer
Carmen Priefer

Kontakt:
Email: rolf.meyer@kit.edu
Tel.: 0721/608-24868

Gefördert durch

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST

Die in diesem Bericht formulierten strategischen Empfehlungen und Handlungsoptionen sind Resultate der Forschungsarbeit der Autoren und stellen nicht die offizielle Meinung des Auftraggebers Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg oder des Lenkungskreises im Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg dar.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis ..... **vi**

Abbildungsverzeichnis ..... **viii**

I. Einleitung **1**

1. Problemstellung und Zielsetzung des Projektes 1
2. Vorgehensweise und Aufbau des Berichts 2

Literatur Kapitel I 4

II. Leitbilddiskussion – Vergleichende Analyse von offiziellen Bioökonomie- Strategien **5**

1. Vorgehensweise 5
   - 1.1 Problemstellung und Forschungsfragen 5
   - 1.2 Auswahl der Strategien 5
   - 1.3 Vorgehensweise 8
2. Vorliegende Vergleichsstudien zu Bioökonomie-Strategien 10
3. Bioökonomie-Strategien – Entstehung und Kontext 13
   - 3.1 Internationale Strategien 13
   - 3.2 Deutsche Strategien 15
   - 3.3 Strategien anderer Länder 21
   - 3.4 Fazit 23
4. Begriffsdefinitionen 24
   - 4.1 Die Begriffe Bioökonomie und bio-basierte Wirtschaft 24
   - 4.2 Definitionen der Bioökonomie 25
   - 4.3 Bioökonomie als Realität und Entwicklungsziel 27
   - 4.4 Fazit 29
5. Aktuelle Bioökonomie 29
   - 5.1 Aktuelle Bioökonomie im weiteren Sinne 29
   - 5.2 Aktuelle Bioökonomie im engeren Sinne 30
   - 5.3 Monitoring der Bioökonomie 31
   - 5.4 Fazit 32
6. Visionen und Erwartungen 32
   - 6.1 Erwartungen in den Bioökonomie Strategien 32
   - 6.2 Visionen der Bioökonomie 37
   - 6.3 Fazit 38
7. Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien 39
   - 7.1 Forschungs- und Handlungsfelder 39
   - 7.2 Politikfelder 42
   - 7.3 Fazit 46
8. Leitbilder und Leitlinien zur Umsetzung der Bioökonomie-Strategien 46
   - 8.1 Leitlinien zur Nutzung der Biomasse 47
   - 8.2 Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation 54
9. Fazit 62

Literatur Kapitel II 68

III. Ergebnisse einer Online-Befragung von Forschern in den Verbünden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen ... 74

1. Einleitung ... 74
2. Methodik und Informationen zur Datenerhebung und -auswertung ... 74
3. Themenkomplex 1: Perspektiven auf Bioökonomie – Einschätzungen aus allen Forschungsverbünden ... 83
   - 3.1 Verständnis von Bioökonomie ... 83
   - Fazit 1 ... 90
   - 3.2 Visionen und Ziele ... 91
   - Fazit 2 ... 98
   - 3.3 Alternative Umsetzungspfade ... 98
   - Fazit 3 ... 102
4. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4 ... 103
   - 4.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten ... 103
   - 4.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen ... 105
   - 4.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer optimierten Biogasproduktion auf die Umwelt ... 106
5. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Lignozellulosebasierte Wertschöpfungsketten“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4 ... 107
   - 5.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten ... 107
   - 5.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen ... 109
   - 5.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer verstärkten Nutzung von Lignozellulose auf die Umwelt ... 110
6. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährung“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4 ... 111
   - 6.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten ... 111
   - 6.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen ... 113
   - 6.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer Nutzung von Mikroalgen auf die Umwelt ... 115
7. Themenkomplex 5: Kooperationen – Antworten aus allen Forschungsverbünden ... 116
   - 7.1 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Biogas ... 116
   - 7.2 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Lignozellulose ... 118
   - 7.3 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Mikroalgen ... 120
   - Fazit 4 ... 122

Literatur Kapitel III ... **123**

IV. Akteursanalyse ... 124

1. Einleitung ... 124
2. Akteure in den Bereichen Lebens-/Futtermittel, Bioenergie und stoffliche Nutzung ... 125
   - 2.1 Akteure Primärproduktion ... 126
   - 2.2 Akteure der Lebensmittel-Wertschöpfungsketten ... 136
   - 2.3 Akteure Bioenergie ... 145
   - 2.4 Akteure stofflicher Wertschöpfungsketten ... 151
   - 2.5 Akteure im Umfeld der Bioökonomie ... 162

3. Akteurskonstellationen ... 163
3.1 Akteure lokal bis international ... 163
3.2 Akteure der traditionellen und innovativen Bioökonomie ... 167
3.3 Akteure verschiedener gesellschaftlicher Funktionsbereiche ... 168
4. Potentielle Interessenkonflikte zwischen Akteuren ... 169
4.1 Potentielle Interessenkonflikte innerhalb von Wertschöpfungsketten ... 169
4.2 Potentielle Interessenkonflikte zwischen traditioneller und innovativer Bioökonomie. 169
4.3 Potentielle Interessenkonflikte zwischen verschiedenen innovativen Wertschöpfungsketten ... 170
4.4 Potentielle Interessenkonflikte zwischen Bioökonomie und anderen Wirtschaftssektoren ... 170
4.5 Potentielle Interessenkonflikte zwischen Akteuren verschiedener räumlicher Anordnungen ... 171
4.6 Potentielle Interessenkonflikte vor Ort ... 172
4.7 Potentielle Interessenkonflikte zwischen ökonomischen und zivilgesellschaftlichen Akteuren ... 172
5. Diskurs- und Akteurskoalitionen ... 173
6. Workshop „Stakeholder-Perspektiven auf Bioökonomie als gesellschaftlicher Transformationsprozess“ ... 175
6.1 Verständnis der Bioökonomie ... 176
6.2 Entwicklungsperspektiven der Bioökonomie in Baden-Württemberg ... 179
6.3 Perspektiven der Forschungsförderung ... 181
7. Fazit ... 184
Literatur Kapitel IV ... 186
V. Wertschöpfungsketten ... 195
1. Einleitung ... 195
2. Das Konzept der Wertschöpfungsketten ... 195
2.1 Untersuchungsansätze und Beschreibungen von Wertschöpfungsketten ... 195
2.2 Unser Verständnis von Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie ... 204
3. Wertschöpfungsketten im Kontext Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg ... 207
3.1 Wertschöpfungsketten Biogas ... 207
3.2 Wertschöpfungsketten Lignozellulose ... 215
3.3 Wertschöpfungsketten Mikroalgen ... 226
4. Konkurrenzbeziehungen ... 230
4.1 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Endprodukte ... 233
4.2 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Konversion ... 235
4.3 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Biomasseerzeugung ... 237
4.4 Rückkopplungen und dynamische Rahmenbedingungen ... 241
5. Kaskadennutzung ... 244
5.1 Konzepte und Definitionen der Kaskadennutzung ... 245
5.2 Zielsetzungen der Kaskadennutzung ... 246
5.3 Quantifizierungsansätze für Kaskadennutzung ... 247

5.4 Begriffe im Kontext der Kaskadennutzung ... 249
5.5 Stand und Potentiale der Kaskadennutzung ... 253
5.6 Hemmnisse der Kaskadennutzung ... 255
5.7 Ökologische Bewertungen der Kaskadennutzung ... 256
6. Fazit ... 257
Literatur Kapitel V ... **264**
VI. Wirkungsanalyse ... 276
1. Wirkungsebenen und -dimensionen ... 276
1.1 Wirkungsebenen ... 277
1.2 Wirkungsdimensionen ... 278
2. Relevante Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung ... 282
2.1 Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Betriebe ... 282
2.2 Nachhaltigkeitsbewertung forstwirtschaftlicher Betriebe ... 283
2.3 Nachhaltigkeitsbewertung von Biomasse-Wertschöpfungsketten und -Produkten ... 284
2.4 Nachhaltigkeitsbewertungen des Agrar- und Forstsektors ... 285
3. Ökologische Wirkungen ... 285
3.1 Biogas ... 286
3.2 Lignozellulose ... 287
3.3 Mikroalgen ... 291
4. Soziale Wirkungen ... 292
4.1 Biogas ... 292
4.2 Lignozellulose ... 293
4.3 Mikroalgen ... 294
5. Ökonomische Wirkungen ... 295
5.1 Biogas ... 295
5.2 Lignozellulose ... 296
5.3 Mikroalgen ... 297
6. Regeln zur Wirkungseinschätzung ... 298
Literatur Kapitel VI ... 299
VII. Analyse politischer Rahmenbedingungen ... 306
1. Einleitung ... 306
1.1 Problemstellung ... 306
1.2 Auswahl der Politikfelder und gesetzlichen Bestimmungen ... 306
2. Fördernde Rahmenbedingungen ... 312
2.1. Förderung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen ... 313
2.2 Förderung von Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen ... 316
2.3 Biokraftstoffförderung ... 319
2.4 Förderung der stofflichen und energetischen Nutzung über Marktanreizprogramme (MAP) ... 321
2.5 Emissionshandel ... 322
2.6 Öffentliche Beschaffung ... 323
3. Hemmende Rahmenbedingungen ... 326

3.1 „Ineffiziente“ bzw. „umweltschädliche“ Subventionen 327
3.2 Hemmnisse für die stoffliche Biomassenutzung 329
4. Gestaltende Rahmenbedingungen 331
4.1 Agrarförderung 332
4.2 Cross-Compliance und Landwirtschafts-relevantes Umweltrecht 335
4.3 Düngemittelrecht 339
4.4 Pflanzenschutzmittelrecht 341
4.5 Nachhaltigkeitszertifizierung von Biomasse für energetische Nutzungen 343
4.6 Waldrecht 345
4.7 Abfallrechtliche Bestimmungen und Kreislaufwirtschaft 350
4.8 Bundes-Immissionsschutzgesetz 353
4.9 Chemikalienrecht 354
4.10 Gentechnikrecht 356
4.11 Novel Food-Verordnung 358
5. Handlungsfelder für das Land Baden-Württemberg 360
6. Fazit 363
Literatur Kapitel VII 363
VIII. Handlungsbedarf und Handlungsoptionen 382
1. Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie-Politik verbessern 384
2. Kontinuierlichen "institutionalisierten" Stakeholder-Dialog zur Bioökonomie initiieren 385
3. Leitbilder und Strategien der Bioökonomie im Kontext diskutieren 386
4. Pfadfestlegungen und Vermeidung von Pfadabhängigkeiten angemessen ausbalancieren 387
5. Traditionelle Bioökonomie und nicht-technische Ansätze nicht vernachlässigen 388
6. Bedeutung einer Energie- und Verkehrswende für die Rohstoffbasis der chemischen Industrie verstehen lernen 389
7. Entwicklung erster vollständiger innovativer bio-basierter Wertschöpfungsketten fördern 391
8. Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft stärker verbinden 392
9. Soziale Nachhaltigkeit der Bioökonomie stärker in den Blick nehmen 393
10. Ansatz für eine integrierte Nachhaltigkeitsbewertung entwickeln 394
11. Gestaltende Rahmenbedingungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit verbessern 395
12. Wettbewerbsverzerrung zugunsten fossiler Rohstoffe nicht als unumkehrbar akzeptieren 395
13. Möglichkeiten der Förderung von Bioökonomie-Aktivitäten auf Landesebene nutzen 397
Literatur Kapitel VIII 397
Anhang – Fragebogen **..... 402**

Tabellenverzeichnis

Tab. II. 1: Übersicht über die analysierten Bioökonomie-Strategien 7

Tab. II. 2: Auswertung der vorliegenden Vergleichsstudien zu Bioökonomie-Strategien 11

Tab. II. 3: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – verwendete Begriffe 25

Tab. II. 4: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – Begriffsbestimmungen 27

Tab. II. 5: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – Zeithorizont 28

Tab. II. 6: Angaben in den Bioökonomie-Strategien zum jährlichen Umsatz (bzw. Produktionswert oder Bruttowertschöpfung) der Bioökonomie (Mrd. Euro) 31

Tab. II. 7 Erwartungen in den Bioökonomie Strategien 33

Tab. II. 8: Forschungs- und Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien 41

Tab. II. 9: Politikfelder in den Bioökonomie-Strategien 43

Tab. II. 10: Leitlinien zur Nutzung von Biomasse in den Bioökonomie-Strategien 50

Tab. II. 11: Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation in den Bioökonomie-Strategien 56

Tab. III. 1: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Verbund Biogas 76

Tab. III. 2: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Bereich Lignozellulose 78

Tab. III. 3: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Bereich Mikroalgen 79

Tab. III. 4: Anzahl der Forscher mit Vorerfahrung im Feld Bioökonomie, geordnet nach der Dauer der Beschäftigung mit dem Thema 82

Tab. III. 5: Biogas – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 15, 36% Rücklauf) 84

Tab. III. 6: Lignozellulose – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 24, 35% Rücklauf) 85

Tab. III. 7: Mikroalgen – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 19, 56% Rücklauf) 87

Tab. IV. 1: Landwirtschaftliche Betriebe in Baden-Württemberg (nach Agrarstrukturerhebung 2013) 126

Tab. IV. 2: Aquakultur und Binnenfischerei in Baden-Württemberg 130

Tab. IV. 3: Forstfläche und -eigentümer in Baden-Württemberg 2013 131

Tab. IV. 4: Forstwirtschaft in Baden-Württemberg 2013 136

Tab. IV. 5: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmittel in Baden-Württemberg 2013 138

Tab. IV. 6: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Futtermittelmittelherstellung in Baden-Württemberg 2013 139

Tab. IV. 7: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Großhandel mit landwirtschaftlichen Grundstoffen, Nahrungs- und Genussmitteln in Baden-Württemberg 2013 142

Tab. IV. 8: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmitteleinzelhandel in Baden-Württemberg 2013 143

Tab. IV. 9: Anteil der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmittel an der Gesamtzahl der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in Baden-Württemberg 2013 ... 144
Tab. IV. 10: Biogas- und Biomethaneinspeiseanlagen in Baden-Württemberg 2016 ... 146
Tab. IV. 11: Firmen im Geschäftsfeld Biogasanlagen in Baden-Württemberg ... 147
Tab. IV. 12: Biomassefeuerungsanlagen in Baden-Württemberg ... 149
Tab. IV. 13: Bioenergiedörfer und -regionen in Baden-Württemberg ... 151
Tab. IV. 14: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Holzwirtschaft in Baden-Württemberg 2013 ... 154
Tab. IV. 15: Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Cluster Holz in Baden-Württemberg 2013 ... 155
Tab. IV. 16: Anteil der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Bereich Holzwirtschaft an der Gesamtzahl der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in Baden-Württemberg 2013 ... 157
Tab. IV. 17: Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in weiteren Branchen mit traditionellen stofflichen Nutzungen von Biomasse in Baden-Württemberg 2013 ... 159
Tab. IV. 18: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze in der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Baden-Württemberg 2013 ... 160
Tab. IV. 19: Biotechnologie-Unternehmen in Baden-Württemberg nach Biotechnologie-Datenbank ... 161
Tab. IV. 20: BioRegionen in Baden-Württemberg ... 162
Tab. IV. 21: Teilnehmer des ITAS-Workshops " Stakeholder-Perspektiven auf Bioökonomie als gesellschaftlicher Transformationsprozess" am 20. Juni 2016 in Stuttgart ... 175
Tab. IV. 22: Alternative Umsetzungspfade der Bioökonomie ... 178
Tab. V. 1: Potentielle Konkurrenzbeziehungen in der Bioökonomie ... 231
Tab. V. 2: Begriffe im Kontext der Kaskadennutzung ... 250
Tab. VI. 1: Ökologische Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten ... 279
Tab. VI. 2: Soziale Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten ... 280
Tab. VI. 3: Ökonomische Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten ... 281
Tab. VII. 1: Überblick über betrachtete Politikfelder ... 307
Tab. VII. 2: Politikfelder, Regulierungen und ihre Bewertung im Hinblick auf die Bioökonomie ... 310

Abbildungsverzeichnis

Abb. II.1: Bioökonomie-Politiken weltweit 6

Abb. II. 2: Verzahnung der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie mit relevanten forschungsbezogenen Programmen der Bundesregierung 17

Abb. III. 1: Biogas - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfel-dern (Mehrfachnennungen möglich, n = 23, 55% Rücklauf) 76

Abb. III. 2: Lignozellulose - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfeldern (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)..... 77

Abb. III. 3: Mikroalgen - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfeldern (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)..... 79

Abb. III. 4: Biogas – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 57% Rücklauf) 80

Abb. III. 5: Lignozellulose – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)..... 80

Abb. III. 6: Mikroalgen – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)..... 80

Abb. III. 7: Biogas – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 57% Rücklauf) 81

Abb. III. 8: Lignozellulose – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)..... 81

Abb. III. 9: Mikroalgen – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)..... 82

Abb. III. 10: Biogas – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 18, 43% Rücklauf) 88

Abb. III. 11: Lignozellulose – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 29, 43% Rücklauf) 89

Abb. III. 12: Mikroalgen – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 19, 56% Rücklauf) 90

Abb. III. 13: Biogas – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 18, 43% Rücklauf)..... 92

Abb. III. 14: Lignozellulose – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 29, 43% Rücklauf) 93

Abb. III. 15: Mikroalgen – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 18, 53% Rücklauf) 94

Abb. III. 16: Biogas – Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 17, 40% Rücklauf)..... 95

Abb. III. 17: Lignozellulose – Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 28, 41% Rücklauf) ... 96

Abb. III. 18: Mikroalgen – Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 18, 53% Rücklauf)..... 97

Abb. III. 19: Biogas – Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 17, 40% Rücklauf) 99

Abb. III. 20: Lignozellulose – Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 26, 38% Rücklauf) 101

Abb. III. 21: Mikroalgen – Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 18, 53% Rücklauf) 102

Abb. III. 22: Biogas – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 12, 29% Rücklauf) 116

Abb. III. 23: Biogas – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 12, 29% Rücklauf) 117

Abb. III. 24: Lignozellulose – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 22, 32% Rücklauf) 118

Abb. III. 25: Lignozellulose – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 22, 32% Rücklauf) 119

Abb. III. 26: Mikroalgen – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 14, 41% Rücklauf) 120

Abb. III. 27: Mikroalgen – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 14, 41% Rücklauf) 121

Abb. III. 28: Aufteilung der in den drei Verbünden vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 48, 33% Rücklauf) 123

Abb. IV. 1: Gemüseanbaufläche in Baden-Württemberg im Jahr 2012 129

Abb. IV. 2: Anteil der Eigentümergrößenklassen an der gesamten Privatwaldfläche in Baden-Württemberg..... 132

Abb. IV. 3: Gemeinschaftswälder (Dreiecke in Rot) und Forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse (Vierecke in Grün) in Baden-Württemberg..... 135

Abb. IV. 4: Marktanteile führender Unternehmen im Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland .. 141

Abb. IV. 5: Holzverbrauch in Biomasse-Großfeuerungsanlagen im Jahr 2011 nach Regierungsbezirken..... 150

Abb. IV. 6: Nadelholzsägewerke (≥90% Nadelholz) mit mindestens 50.000 Fm Jahreseinschnitt... 156

Abb. IV. 7: Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009 158

Abb. V. 1: Biomasseflüsse in Österreich 2011 (in Mio. t Trockenmasse) 197

Abb. V. 2: Holzbilanz EU 2010 197

Abb. V. 3: Schematische Darstellung der bio-basierten Wirtschaftsbereiche (Landwirtschaft) 199

Abb. V. 4: Knotenpunkte und Orte des gv Mais des Landwirtschaft-Nahrungsmittel-Systems in Spanien 201

Abb. V. 5: Industrielle Nutzung von Biomasse in Europa 2015..... 203

Abb. V. 6: Synthesepfade zur Herstellung bio-basierter Polymere 203

Abb. V. 7: Allgemeines Schema bio-basierter Wertschöpfungsketten..... 204

Abb. V. 8: Allgemeines Schema der Wertschöpfungsketten Biogas..... 208

Abb. V. 9: Systematik der Biogas Wertschöpfungsketten (WK) mit Zuordnung der Biogas-Projekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie 210

Abb. V. 10: Biogas-Wertschöpfungsketten auf Basis von Bioabfall, Grünabfall, Speiseresten und anderen Abfällen aus der Lebensmittelkette 211

Abb. V. 11: Allgemeines Schema der Wertschöpfungsketten Bioraffinerie mit Lignozellulose..... 215

Abb. V. 12: Biotechnologische Umwandlung von Zucker-Monomeren zu Basischemikalien 218

Abb. V. 13: Potentielle Wertschöpfungsketten für bio-basierte Zucker und Sythesegas 221

Abb. V. 14: Wertschöpfungsketten mit Zuordnung der Lignozellulose-Projekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie 224

Abb. V. 15: Beispiel für Kaskadennutzung in der Holzbilanz 248

Abb. V. 16: Stoffstrommodell und Kalkulationsmethode des Biomass Utilisation Factor (BUF) für den Holzsektor in Europa 249

Abb. VIII. 1: Übersicht Handlungsoptionen 382

I. Einleitung

1. Problemstellung und Zielsetzung des Projekts

Die mit der europäischen und den deutschen Bioökonomie-Strategien angestrebte Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis von fossilen auf biogene Rohstoffe, Reststoffe und regenerative Energiequellen betrifft alle gesellschaftlichen Bereiche. Ein so grundlegender Transformationsprozess, mit dem weitreichende Veränderungen der heute vorherrschenden Produktionssysteme und Stoffflüsse verbunden sind, bedarf einer umfassenden Analyse der möglichen gesellschaftlichen, ökologischen, ökonomischen und politischen Folgen auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen, die bisher aber nur ansatzweise durchgeführt wurde.

Das Begleitforschungsprojekt „Bioökonomie in Baden-Württemberg – Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen“ (Projekt Nr. 145) im Rahmen des Forschungsprogramms „Bioökonomie Baden-Württemberg“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur Baden-Württemberg verfolgt die *Zielsetzung*, einige Bausteine zu einer solchen systematischen Analyse von Bioökonomie-Transformationen beizutragen und das Systemverständnis zu stärken.

Bezugspunkte sind dabei die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen, die in drei Forschungsverbünden des Forschungsprogramms untersucht werden. Diese Nutzungspfade, die ausgebaut bzw. etabliert werden sollen, verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen, setzen unterschiedliche Ausgangsstoffe ein, unterliegen unterschiedlichen Restriktionen, streben unterschiedliche Endprodukte an und verwenden Konversionstechnologien, die technisch unterschiedlich ausgereift sind. Wesentliche Charakteristika der drei Nutzungspfade sind:

> *Biogas*: Die Produktion von Strom, Wärme und Methan in Biogasanlagen ist eine seit langem etablierte Technologie, bei der deutsche und baden-württembergische Firmen teilweise eine international führende Marktposition erreicht haben. Biogas soll in Baden-Württemberg auch weiterhin eine wichtige Rolle im Energiemix spielen, insbesondere als Quelle für die dezentrale Strom- und Wärmeversorgung im ländlichen Raum sowie als Regelenergie für den Ausgleich des diskontinuierlichen Anfalls von Sonnen- und Windenergie. Dieser Ausgangslage entsprechend beziehen sich die Projekte in diesem Forschungsfeld auf die Leistungssteigerung, Prozessoptimierung und bessere Systemintegration bestehender Anlagen, die Potenzialabschätzung alternativer Substrate wie Klärschlamm, Rest- und Abfallstoffe sowie auf die technische Weiterentwicklung der Methanerzeugung und der Power-to-Gas Konzepte.

> *Lignozellulose*: Neue Konversionsverfahren ermöglichen es, Holz und andere pflanzliche Lignozellulose als Ausgangsstoff für stoffliche Nutzungen, wie beispielsweise Bio-Kunststoffe, zu verwenden. Der Einsatz von lignozellulosehaltiger Biomasse in Bioraffinerien befindet sich allerdings noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Demgemäß sind die Projekte in diesem Forschungsfeld eher dem Bereich der Grundlagenforschung zuzuordnen. Im Forschungsfeld Lignozellulose stehen die Verbesserung der Aufschlussverfahren, die Optimierung der Syntheserouten, die Frage nach der Verfügbarkeit, Kombinierbarkeit und Verbesserung der Einsatzstoffe sowie den ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Kultivierung und Nutzung von Lignozellulose im Mittelpunkt.

> *Mikroalgen*: Mikroalgen bieten aufgrund ihrer Nährstoffzusammensetzung Potential für den Einsatz in der Ernährung und als Futtermittel, zum Beispiel als Quelle für Aminosäuren oder Fettsäuren. Zielsetzung ist also die ressourcenschonende Erzeugung von hochwertigen Produkten für den Lebensmittel- und Futtermittelsektor. Eine entsprechende Nutzung von Mikroalgen befindet sich noch in einem frühen Stadium der Forschung und Entwicklung. Im Forschungsfeld Mikroalgen geht es vor allem um die Verbesserung der Kultivierungs- und Aufbereitungsverfahren, die Optimierung der Prozessführung und Produktqualität inklusive der toxikologischen und ernährungsphysiologischen Bewertung von Produkten sowie um die Etablierung von Produktionssystemen.

Trotz ihrer Verschiedenartigkeit gibt es übergeordnete Fragestellungen, die für alle drei Nutzungspfade relevant sind und in diesem Teilprojekt untersucht wurden. Dazu gehören die Fragen nach

> den jeweils verfolgten Leitbildern, Visionen und Zielen;
> den beteiligten Akteuren und ihren Interessenkonstellationen;
> den Wertschöpfungsketten, die auf- bzw. ausgebaut werden sollen, und den sich potentiell ergebenden Konkurrenzbeziehungen;
> den gesellschaftlichen und ökologischen Wirkungszusammenhängen sowie
> den Rahmenbedingungen und Hemmnissen.

Dementsprechend wurden im Projekt diese verschiedenen Blickwinkel eingenommen und diese Teilsysteme untersucht, um zu einer systematischeren Analyse von Bioökonomie-Transformationen und Veränderungen, die durch die Forschung in den drei Forschungsverbünden angestoßen werden, zu gelangen.

Die Ergebnisse sollen einen Beitrag zur Weiterentwicklung des baden-württembergischen Forschungsprogramms Bioökonomie im Sinne eines ganzheitlichen und interdisziplinären Forschungsansatzes leisten, weiteren Forschungsbedarf aufzeigen und neue Impulse für die Umsetzung der Bioökonomiestrategie liefern.

2. Vorgehensweise und Aufbau des Berichts

Erster Arbeitsschritt im Teilprojekt war die *Leitbilddiskussion*, d.h. die Analyse von Visionen, Zielen und Erwartungen zur Bioökonomie. Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht eine vergleichende Analyse von offiziellen Bioökonomie-Strategien. Die Bioökonomie-Strategien stellen den Rahmen dar, innerhalb derer sich die einzelnen Nutzungspfade einordnen müssen. Die vergleichende Analyse der Bioökonomie-Strategien schließt ein:

> Kontext und Prozess der Entwicklung der Bioökonomie-Strategien;
> Definition bzw. Verständnis der Bioökonomie in den Strategien;
> Visionen der Bioökonomie bzw. langfristige Erwartungen an Bioökonomie-Transformationen;
> Konkrete Ziele und Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien
> Leitbilder bzw. Leitlinien für die Umsetzung der Bioökonomie-Strategien.

Ein zentrales Element der Analyse ist das Vision Assessment: Ausgehend von den langfristigen Erwartungen, die in den Strategien mit einer voll entwickelten Bioökonomie verbunden sind, werden die hinter diesen Erwartungen stehenden grundlegenden Visionen herausgearbeitet. Die Ergebnisse des Arbeitsschrittes Leitbilddiskussion sind im *Kapitel II* dargestellt. Außerdem resultieren aus diesen Analysen die Publikationen Meyer (2017) und Priefer et al. (2017).

Die Ergebnisse der Analyse von Bioökonomie-Strategien bildeten eine wichtige Grundlage für die *Befragung von Forschern in den baden-württembergischen Forschungsverbünden* Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Die Online-Befragung verfolgte die Ziele, Verständnisse der Wissenschaftler/innen zum Konzept der Bioökonomie, deren Einstellung zu Zielen ausgewählter Bioökonomie-Strategien und Umsetzungspfaden der Bioökonomie, aktuelle Sachstände der Projekte (z.B. zu den untersuchten Wertschöpfungsketten und vorhandenen Kooperationen) sowie Einschätzungen zu bestimmten Problemlagen (z.B. im Bereich Nutzungskonkurrenzen und Umweltwirkungen) zu erfassen. Die Ergebnisse der Befragung sind im *Kapitel III* zusammengefasst.

Als nächster Arbeitsschritt wurde eine *Akteursanalyse* durchgeführt. Die systematische Erfassung der Akteure beinhaltet zunächst diejenige Akteure, die Wertschöpfungsketten in den drei Bereichen Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen entwickeln, realisieren und potentiell in diese direkt involviert sind. Neben den unmittelbar an den neuen Wertschöpfungsketten Beteiligten werden weiterhin die Akteure aus der klassischen Bioökonomie (und anderen Wirtschaftssektoren) betrachtet, die von den innovativen bioökonomischen Wertschöpfungsketten betroffen sind, beispielsweise durch Landnutzungskonkurrenzen, neue Konkurrenzprodukte oder eine sich verändernde Verbrauchernachfrage. Schließlich werden wichtige Akteure erfasst, die Rahmenbedingungen (z.B. politische und rechtliche) setzen und gesellschaftliche Interessen artikulieren. Die Struktur der Akteursanalyse folgt dabei den Akteuren entlang der Wertschöpfungsketten.

Im Rahmen der Akteursanalyse wurde weiterhin eine Systematik potentieller Interessenkonflikte entwickelt und diese beschrieben, um ein Verständnis für die Interessen und Motivationen der in der Bioökonomie in Baden-Württemberg präsenten Akteure sowie die potentiell daraus resultierenden Konflikte zu entwickeln. Schließlich wurde der wissenschaftliche Kenntnisstand zu Diskurs- bzw. Akteurskoalitionen im Bereich Bioökonomie analysiert und daraus Schlussfolgerungen für zukünftige Bioökonomie-Diskurse gezogen. Alle Ergebnisse des Arbeitsschrittes Akteursanalyse sind im *Kapitel IV* dargestellt.

Im Rahmen des Projektes wurde im Juni 2016 ein *Stakeholder-Workshop* durchgeführt, an dem Interessenvertreter aus den drei Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen, die außerdem verschiedene Stufen der Wertschöpfungsketten repräsentierten, sowie Vertreter der Landesregierung und von Umweltverbänden teilnahmen. Die Ergebnisse des Workshops werden im *Kapitel IV.6* vorgestellt und geben einen Einblick in den Stand der Bioökonomie-Diskussion sowie divergierende Ziele und Interessenslagen wichtiger Akteure in Baden-Württemberg.

Der folgende Arbeitsschritt war eine systematische *Analyse der Wertschöpfungsketten*. Wertschöpfungsketten umfassen gleichzeitig stoffliche, ökonomische und organisatorische Zusammenhänge. Bei einer Analyse von Wertschöpfungsketten sollte idealerweise der gesamte Lebensweg von bio-basierten Vorleistungen (z.B. Saatgut) bis zur Verwendung nach der Nutzungsphase eines basierten Produktes (z.B. energetische Nutzung) einbezogen werden. Ein systematischer Überblick über die Wertschöpfungsketten in den drei Nutzungsfeldern Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen, insbesondere im Hinblick auf bestehende und sich in der Entwicklung befindliche relevante Wertschöpfungsketten in Baden-Württemberg, wurde erarbeitet. Darauf aufbauend wurde eine Systematik der potentiellen Konkurrenzbeziehungen sowohl zwischen als auch innerhalb der grundsätzlichen Nutzungsbereiche stoffliche Nutzung, energetische Nutzung und Nutzung als Nahrungsmittel entwickelt. Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde schließlich der Wissensstand zur Kaskadennutzung aufgearbeitet. Im *Kapitel V* werden die Ergebnisse der Systemanalyse von Wertschöpfungsketten vorgestellt.

Der nächste Arbeitsschritt war eine *Wirkungsanalyse*. Hier wurde untersucht, welche potentiellen Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft mit dem Ausbau der Bioökonomie bezogen auf die drei Nutzungspfade verknüpft sein können. Zielsetzungen der Untersuchungen zu Wirkungsanalysen waren, eine Systematik der potentiell relevanten Wirkungen, die in Wirkungsanalysen ggf. zu betrachten sind, zu entwickeln; einen Überblick über wichtige Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung zu geben sowie ihre Möglichkeiten und Grenzen zu diskutieren; wichtige Aspekte der mit den drei Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen potentiell verbundenen ökologische, soziale und ökonomische Wirkungen zu identifizieren; sowie wichtige offene Fragestellungen der Wirkungsanalyse für die drei Nutzungspfade herauszuarbeiten, unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten Teilprojekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie. Die Resultate der Wirkungsanalyse werden im *Kapitel VI* dargestellt.

Der Arbeitsschritt *Politikfeldanalyse* beschäftigt sich mit den politischen Rahmenbedingungen der Bioökonomie. Zielsetzung der Politikfeldanalyse war, für die Bioökonomie wichtige Politikfelder systematisch zu identifizieren sowie die Wirkung wichtiger gesetzlicher Bestimmungen auf EU-, nationaler und Landesebene auf die Entwicklung und Ausprägung der Bioökonomie zu diskutieren. Dabei wurden förderliche, hemmende und gestaltende Rahmenbedingungen des geltenden Rechts herausgearbeitet, wichtige Modifikationen und Anpassungen der letzten Jahre dargestellt sowie kontroverse Debatten zur Weiterentwicklung der Gesetzgebung und Anpassungsnotwendigkeiten analysiert. Die Ergebnisse des Arbeitsschrittes Politikfeldanalyse sind im *Kapitel VII* wiedergegeben.

Ausgehend von allen vorangehenden Arbeitsschritten im Teilprojekt wurden abschließend *Handlungsbedarf und Handlungsoptionen* der Bioökonomie-Politik abgeleitet. Im *Kapitel VIII* werden die identifizierten Handlungsoptionen diskutiert.

Die methodische Vorgehensweise bei den einzelnen Arbeitsschritten wird detailliert in den jeweiligen Kapiteln beschrieben. Die Literaturverweise finden sich jeweils am Ende der Hauptkapitel. Anstelle einer übergreifenden Zusammenfassung werden die Ergebnisse jedes Hauptkapitels am Ende in einem Fazit zusammengefasst.

Literatur Kapitel I

Meyer, R. (2017): Bioeconomy Strategies: Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. Sustainability 9, 1031. DOI: 10.3390/su9061031

Priefer, C.; Jörissen, J.; Frör, O. (2017): Pathways to Shape the Bioeconomy. Resources 6, 10. DOI: 10.3390/resources6010010

II. Leitbilddiskussion – Vergleichende Analyse von offiziellen Bioökonomie-Strategien

1. Vorgehensweise

1.1 Problemstellung und Forschungsfragen

Unter Bioökonomie werden in Deutschland zwei Diskussionsstränge zusammengeführt (vgl. Petschow 2011: 3):

> Einerseits geht es um die sich durch moderne Biotechnologie und Biowissenschaften ergebenden neuen technologischen Möglichkeiten, um durch die Gestaltung und Veränderung biologischer Strukturen (neue) bio-basierte Produkte herzustellen.
> Andererseits wird ein wichtiger Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen wie Sicherung der Ernährung, Klimawandel und Endlichkeit fossiler Ressourcen erwartet.

Seit rund 10 Jahren wird das Konzept Bioökonomie zunehmend politisch relevant. Dies galt zunächst für die Forschungs- und Innovationspolitik, aber mittlerweile gibt es auch breiter angelegte politische Strategien zur Bioökonomie. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchung von offiziellen Bioökonomie-Strategien, die von Regierungen bzw. der Europäischen Kommission und internationalen Organisationen verabschiedet bzw. veröffentlicht wurden, vorgestellt. Die vergleichende Analyse der Bioökonomie-Strategien orientierte sich an folgenden Forschungsfragen:

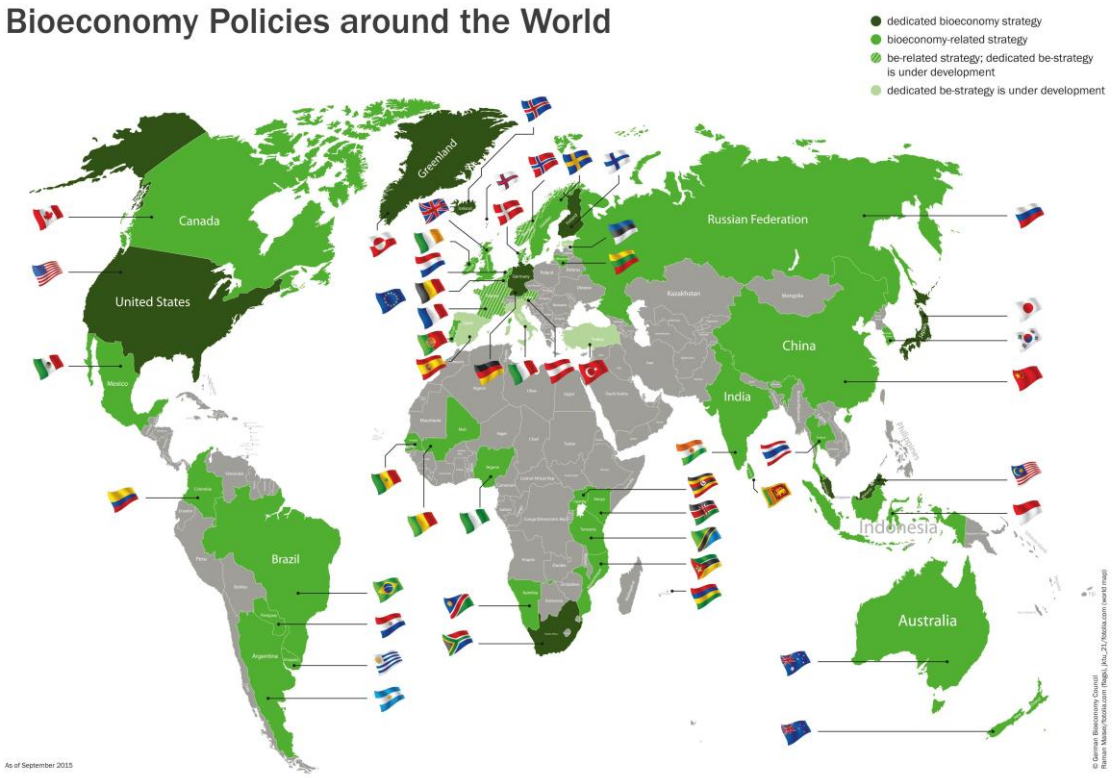
> In welchem Kontext und mit welchem Prozess wurden die Bioökonomie-Strategien erarbeitet?
> Welche Definition bzw. welches Verständnis der Bioökonomie liegt den Strategien zugrunde?
> Welche Visionen bzw. langfristigen Erwartungen werden formuliert?
> Welche konkreten Ziele und Handlungsfelder werden in den Bioökonomie-Strategien benannt?
> Welche Leitbilder bzw. Leitlinien werden für die Umsetzung der Bioökonomie-Strategien formuliert?

Die Ergebnisse der Analyse von Bioökonomie-Strategien bilden die Grundlage für die Befragung der Forscher in den baden-württembergischen Forschungsverbünden zu ihrem Verständnis der Bioökonomie sowie zu ihren Einschätzungen zu Visionen, Zielen und Umsetzungspfaden der Bioökonomie (Kap. III). Fragen der Visionen, Zielsetzungen und Entwicklungsperspektiven wurden außerdem in einem Stakeholder-Workshop diskutiert (Kap. IV.6).

1.2 Auswahl der Strategien

Der Entwicklungsstand der Bioökonomie-Politik weltweit ist sehr unterschiedlich. In vielen Ländern besteht eine Tradition von insbesondere Biotechnologie- und Biokraftstoff-Strategien bzw. -Politiken. Entsprechend liegen in den meisten Ländern nur Strategien zu Teilbereichen der Bioökonomie vor (Abb. II.1). Integrative Bioökonomie-Strategien, die alle Teilbereiche der Bioökonomie abdecken, gibt es dagegen nur in wenigen Ländern. In der EU sind dies Deutschland, Finnland, Flandern und Schweden (Langeveld 2015: 15) sowie seit kurzem Frankreich und Spanien. Außerhalb Europas haben Japan, Malaysia, Südafrika und die USA eine integrative Strategie (Fund et al. 2015: 11).

Abb. II.1: Bioökonomie-Politiken weltweit



Quelle: Bioökonomierat (2016)

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Analyse beschränkt sich auf integrative Bioökonomie-Strategien (Tab. II.1). Sie schließt alle deutschen Bioökonomie-Strategien ein. Damit werden die Strategie-Dokumente der Bundesregierung, des Bioökonomierates sowie der Bundesländer Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen untersucht. Nicht Bestandteil der Analyse sind kurze Politikempfehlungen des Bioökonomierates. Außerdem wird die Bioökonomie-Strategie der Europäischen Kommission, die ein wichtiger Anstoß und Rahmen für die Bioökonomie-Politik in den EU-Mitgliedsländern darstellt, analysiert. Das Strategie-Papier der OECD stellt das einzige Dokument einer internationalen Organisation dar und ist Teil des Untersuchungssamples. Schließlich sind die nationalen Bioökonomie-Strategien Schwedens und der USA, die andere Kontexte und Ansätze darstellen, in die vergleichende Analyse aufgenommen. Nicht in die Analyse einbezogen werden regionale Strategien in anderen Ländern sowie solche von Industrieverbänden (s. hierzu Besi, McCormick 2015).

Tab. II. 1: Übersicht über die analysierten Bioökonomie-Strategien

Land	Institution	Titel des Dokuments	Jahr der Veröffentlichung	Art der Strategie	Literaturquelle
Internationale Organisation	Organisation of Economic Co-Operation and Development	The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda	2009	Innovations-strategie Politikstrategie	OECD (2009)
Europäische Union	Europäische Kommission	Innovating for Sustainable Growth. A Bioeconomy for Europe	2012	Forschungs- und Innovations-strategie	EC (2012a + b)
Deutschland	Bioökonomierat	Kompetenzen bündeln, Rahmenbeding-ungen verbessern, internationale Partnerschaften eingehen – Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland	2009	Forschungs- und Innovations-strategie	Bioökonomierat (2009)
Deutschland	Bioökonomierat	Innovation Bioökonomie	2010	Forschungs- und Innovations-strategie	Bioökonomierat (2010)
Deutschland	Bundesregierung	Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft	2010	Forschungs- und Innovations-strategie	BMBF (2010)
Deutschland	Bundesregierung	Nationale Politikstrategie Bioökonomie	2014	Politikstrategie	BMEL (2014)
Deutschland	Landesregierung Nordrhein-Westfalen	Eckpunkte einer Bioökonomie-strategie für Nordrhein-Westfalen	o.J.	Forschungs- und Innovations-strategie	MIWF NRW (o.J.)
Deutschland	Landesregierung Baden-Württemberg	Bioökonomie im System aufstellen	2013	Forschungs-strategie	MWK BW (2013a)
Schweden	Swedish Research Council for Environment, Agricultural Science and Spatial Planning	Swedish Research and Innovation. Strategy for a Bio-based Economy	2012	Forschungs- und Innovations-strategie	Formas (2012)
USA	Presidential Administration	National Bioeconomy Blueprint	2012	Forschungs- und Innovations-strategie	The White House (2012

1.3 Vorgehensweise

Ausgangspunkt der Leitbilddiskussion ist eine *Auswertung vorliegender Vergleichsstudien*, die Bioökonomie-Strategien analysiert und verglichen haben (Kap. II.2). Diese werden hinsichtlich der einbezogenen Strategien, der verwendeten Analysemethode, der betrachteten Themenfelder der Strategien sowie der gewonnenen Schlussfolgerungen untersucht. Damit wurde eine erste Orientierung im Themenfeld gewonnen.

Daran schließt die Analyse von Bioökonomie-Strategien an (Kap. II.3-II.8), die sich in folgende Untersuchungsschritte gliedert:

> Kurzüberblick über die inhaltliche Struktur der Strategie sowie Darstellung von Erarbeitungsprozess und Kontext
> Analyse der verwendeten Definition der Bioökonomie in den Strategien
> Auswertung der in einzelnen Strategien vorgenommen Abschätzung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung der Bioökonomie
> Herausarbeitung der in den Strategien explizit und implizit formulierten Visionen sowie der damit verbundenen Erwartungen bzw. Versprechungen
> Auswertung der in den Strategien enthaltenen Handlungsfelder und Ziele
> Analyse der Leitbilder und Leitlinien zur Umsetzung der Strategien

Jeder Untersuchungsschritt beinhaltet auch eine vergleichende Betrachtung zwischen den Strategien.

Im ersten Schritt werden die *Bioökonomie-Strategien vorgestellt* (Kap. II.3). Dies beinhaltet zunächst Grunddaten wie verantwortliche Institution, Titel des Dokuments und Erscheinungsjahr. Dann wird ein kurzer Überblick über die Struktur bzw. Inhalt der Strategie gegeben. Schließlich werden der Erarbeitungsprozess der Strategie sowie ihre Einbindung in andere Strategien und Politiken dargestellt. Damit wird verdeutlicht, dass die Bioökonomie-Strategien keine isolierten Aktivitäten sind, sondern in einem Kontext stehen.

Dann werden die in den Strategien verwendeten *Definitionen der Bioökonomie* (Kap. II.4) untersucht. Dies schließt die Verwendung der Begriffe Bioökonomie und bio-basierte Wirtschaft, die zugrunde gelegten Definitionen für Bioökonomie sowie die Betrachtung der Bioökonomie als existierende Realität und/oder Entwicklungsziel ein. Damit wird ein erster Zugang zum Verständnis der Bioökonomie in den Strategie-Dokumenten erschlossen.

In Abhängigkeit vom Bioökonomie-Verständnis wird in einem Teil der Strategien eine *Abschätzung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung der Bioökonomie* vorgenommen (Kap. II.5). Hier wird untersucht, welche Kenngrößen genutzt werden und welche Wirtschaftssektoren einbezogen werden. Außerdem leiten sich hieraus Ansätze zum Monitoring der Bioökonomie ab.

Im Kapitel II.6 werden die in den Strategien enthaltenen *Visionen* herausgearbeitet. Soziotechnische Visionen stellen ein zunehmend wichtiges Element in Innovations- und Transformationsprozessen sowie der Governance solcher Prozesse dar. Dies ist insbesondere bei der Genese neuer und emergierender Technologien offensichtlich (z.B. Nanotechnologie), aber auch bei der Transformation großer etablierter soziotechnischer Systeme (z.B. Energiewende) (vgl. z.B. Grunwald 2012; Lösch, Schneider 2016; Selin 2007). Solche Visionen haben unterschiedliche Funktionen: Sie adressieren die Akteure des Forschungs- und Innovationssystems und dienen hier als Mittel der Kommunikation und Koordination

von Strategien und Aktivitäten, indem ihre Szenarien zukünftiger sozialer Einbettung noch nicht etablierter Technologien Innovationsräume eröffnen, neue Funktionszusammenhänge herzustellen sowie Forschung und Innovation auf neue Ziele hin ausrichten können. Soziotechnische Visionen wirken auch in breitere gesellschaftliche Bereiche (z.B. Politik, Öffentlichkeit, Massenmedien). Denn sie versprechen die Lösung großer gesellschaftlicher Problemstellungen und Herausforderungen (z.B. Maßnahmen gegen den Klimawandel) und können durch diese Versprechen Unterstützung für die angestrebten Innovationen mobilisieren (z.B. Borup et al. 2006; Adams, Groves 2007). Visionen präsentieren ihre angestrebten Innovationen meist als disruptive Entwicklung (radikale Innovation), d.h. als eine gewünschte Zukunft, die sich grundlegend von der gegenwärtigen Situation unterscheidet (vgl. z.B. Brown et al. 2000). Visionen sind damit auch als Bilder der Zukunft zu verstehen, die sich als rhetorische Mittel der Aufmerksamkeitserzeugung und der Kommunikation zwischen unterschiedlichen Akteuren einstufen lassen (z.B. am Beispiel der Nanotechnologie: Lösch 2014; am Beispiel der Robotik: Böhle, Bopp 2014).

Visionen beinhalten somit mehr oder weniger komplexe Zukunftsvorstellungen von komplexen soziotechnischen Systemen bis hin zu Wirtschafts- und Gesellschaftssystemen. Solche soziotechnischen Visionen entsprechen damit dem, was in der Technikgeneseforschung übergreifende Leitbilder genannt wird (Dierkes 2001). In unterschiedlicher Mischung setzen sie sich zusammen aus:

> normativen Elementen, also zukünftigen Zuständen, die als wünschenswert herausgestellt und als anstrebenswert dargestellt werden; und
> explorativen Elementen, also zu erwartende zukünftige Veränderungsprozesse, auf die reagiert werden müsse und für die Lösungsansätze angeboten werden.

Solche Visionen werden explizit oder implizit in den Bioökonomie-Strategien formuliert. In diesem Untersuchungsschritt werden zunächst die langfristigen Erwartungen, die mit einer voll entwickelten Bioökonomie verbunden werden, analysiert. Dann werden die hinter diesen Erwartungen stehenden grundlegenden Visionen herausgearbeitet.

Die Visionen und strategischen Ziele werden in den Bioökonomie-Strategien durch *Handlungsfelder* (Kap. II.7) konkretisiert. Dabei unterscheiden sich die Strategien in ihrem Umfang und ihrer inhaltlichen Ausrichtung. Entsprechend gibt es erhebliche Unterschiede, in welchem Detaillierungsgrad konkrete Forschungs- bzw. Handlungsfelder benannt bzw. dargestellt und mit ausdifferenzierten Forschungsthemen bzw. Politikmaßnahmen spezifiziert werden.

Darauf folgt die Untersuchung der in den Strategien enthaltenen *Leitbilder und Leitlinien* zur Umsetzung der Bioökonomie-Strategien (Kap. II.8). Der Begriff Leitbild wird in vielfältigen Zusammenhängen verwendet, von Leitbildern der Lebensführung über Politik, Organisationen und Unternehmen, Planung und Forschung bis zur Technikforschung (vgl. Giesel 2007). Ein prominentes Beispiel ist das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung, das seit der UNCED-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro eine wichtige Rolle in der internationalen, europäischen und deutschen Politik spielt. Über die unterschiedlichen Kontexte hinweg sollen Leitbilder denk- und handlungsleitend sein, also das Denken und Handeln der Gegenwart aktiv auf eine erwünschte und als machbar angesehene Zukunft ausrichten (Giesel 2007, S. 40). Technikbezogene Leitbilder können auf der Ebene von Technikfeldern oder Technikfamilien als Meso-Ebene – z.B. das „papierlose Büro“ – oder auf der unteren Ebene möglicher Einzeltechniken oder deren Entwicklungsoptionen – z.B. das Weltautomobil der beginnenden 1980er Jahre – angesiedelt

sein (Dierkes 1990). In dieser Untersuchung werden Leitbilder und Leitlinien als Bedingungen bzw. Anforderungen, die an die Entwicklung der Bioökonomie gestellt werden, verstanden. Die Leitbilder und Leitlinien sollen somit der Bioökonomie eine konkrete Richtung geben und/oder konkrete Schritte der Umsetzung benennen. Damit ergibt sich folgende Unterscheidung zwischen Visionen und Leitbildern:

> Visionen beschreiben, was mit der Bioökonomie längerfristig erreicht werden soll.
> Leitbilder (bzw. Leitlinien) legen fest, wie der Ausbau der Bioökonomie vonstattengehen soll.

2. Vorliegende Vergleichsstudien zu Bioökonomie-Strategien

Vier Untersuchungen bzw. Veröffentlichungen liegen vor, die einen Vergleich von Bioökonomie-Strategien vornehmen (Tab. II.2). Drei Studien haben offizielle Dokumente ausgewertet. Hinzu kommt eine Studie des Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) der EU-Kommission, die auf einem Fragebogen beruht, der von 18 EU-Mitgliedsstaaten beantwortet wurde. Neben einem ausführlich beschreibenden Teil arbeiten alle Studien Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Strategien heraus und geben Hinweise auf relevante Handlungs- bzw. Problemfelder. Es werden insbesondere ausgewiesene nationale (und internationale) Strategien betrachtet, aber auch Länder ohne integrative Strategie (Dieckhoff et al. 2015; EC 2014) sowie regionale Strategien (Besi, McCormick 2015) und solche der Industrie (Staffas et al. 2013; Besi, McCormick 2015). Das OECD Papier wird in einer Studie behandelt (Staffas et al. 2013), die EU Strategie in zwei Studien (Staffas et al. 2013; Dieckhoff et al. 2015). Australien, Kanada und die USA sind teilweise als außereuropäische Länder einbezogen (Dieckhoff et al. 2015; Staffas et al. 2013). Von den EU Ländern werden nur Deutschland, Finnland und Schweden in allen vier Studien behandelt. Spezifische bzw. integrative Bioökonomie-Strategien wurden für die EU, Deutschland, Finnland, Schweden, Flandern (Belgien), Baden-Württemberg (Deutschland), Japan und USA identifiziert.

Die verwendeten *Definitionen für Bioökonomie* werden in drei Veröffentlichungen (EC 2014; Dieckhoff et al. 2015; Staffas et al. 2013) behandelt. Unterschiede werden herausgearbeitet zwischen Strategien (OECD, Australien, Kanada, USA), die Bioökonomie mehr oder weniger mit Biotechnologie gleichsetzen, und Strategien (EU, Deutschland u.a.), die einen breit angelegten Transformationsprozess weg von fossilen Ressourcen anstreben und alle Wirtschaftssektoren einbeziehen, die auf Biomasse basieren. Teilweise wird dieser Unterschied auch an den Begriffen Bioökonomie und bio-basierte Wirtschaft festgemacht (Staffas et al. 2013). In der EU nutzen nicht alle Länder die Definition und auch die Politiken zur Bioökonomie sind sehr unterschiedlich ausgebildet (EC 2014). Im Ergebnis kann zwischen Technologie-orientierten und Rohstoff-orientierten Definitionen der Bioökonomie unterschieden werden.

Zu unterschiedlichen Einschätzungen kommen die Vergleiche hinsichtlich der *Variationen bei den politischen Zielen und Maßnahmen*. Erhebliche Unterschiede zwischen Strategien werden von Dieckhoff et al. (2015) und EC (2014) gesehen. Als Ursachen werden entsprechende Unterschiede in der industriellen und wirtschaftlichen Struktur der jeweiligen Länder angeführt. Dagegen werden nach Besi und McCormick 2015 in den Strategien die gleichen prioritären Forschungsfelder benannt. Ihrer Einschätzung nach ist die Förderung von Forschung und Innovation im Bereich der Biotechnologie und industrieller Anwendungen der von allen Strategien geteilte Ansatz.

Tab. II. 2: Auswertung der vorliegenden Vergleichsstudien zu Bioökonomie-Strategien

Vergleichsstudie	**Staffas et al. 2013**	**Besi and McCormick 2015**	**Dieckhoff et al. 2015**	**EC 2014**
Institution	IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden	International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), Sweden	Bioökonomierat, Deutschland	Standing Committee on Agricultural Research Strategic Working Group (SCAR)
Anzahl der analysierten Strategien	8	12	8	18 (13)[1)]
Einbezogene internationale Strategien	2 (OECD, EU)	-	1 (EU)	-
Einbezogene nationale Strategien	6 (Australien, Deutschland, Finnland, Kanada, Schweden, USA)	3 (Deutschland, Finnland, Schweden)	7 (Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Kanada, USA – G7 Mitgliedsstaaten)	4 Länder mit integrativer Strategie, 5 weitere Länder mit irgendeiner Art von Bioökonomie-Politik
Einbezogene regionale Strategien	-	6 (Flandern – Belgien, Drenthe – Niederlande, South Holland – Niederlande, Zeeland – The Netherlands, Baden-Württemberg – Deutschland, Nordrhein-Westfalen – Deutschland)	-	1 (Wallonien)
Zeitraum der Veröffentlichung der untersuchten Strategien	2008 – 2012	2011 – 2014	2005 – 2014	2014 (Jahr der Datensammlung)
Methodischer Ansatz der Analyse	Studie nur von staatlichen, offiziellen Dokumenten (sowie von Dokumenten, die im Land selbst oder international als grundlegendes Dokument angesehen werden; Evaluationsmatrix	Literaturauswertung und Interviews; Identifikation von Strategie- und Visionen-Dokumenten mit Bezug zur Bioökonomie; Meta-analytischer Ansatz für die Analyse	Sekundärforschung mit Auswertung öffentlich zugänglicher Dokumente und Stellungnahmen der Regierungen	Befragung von Behörden der Mitgliedsstaaten
Analysierte Themengebiete	> Definitionen > Fokus > Messbare Zielsetzungen > Prioritäre Felder	> Hintergrund und übergeordnete Zielsetzung > Ziele und Messung von Fortschritten > Annahmen und Prioritäten	> Spezifische Bioökonomie-Strategie (oder verwandte Aktivitäten) > Autoren der Strategie > Fördermaßnahmen > Zeitrahmen der Initiative > Hauptfördergebiete > Effekte/Nebeneffekte der Strategie > Quantitative Zielsetzungen > Wichtige Maßnahmen	> Nationale Definition > Haupttreiber > Nationale Politikstrategien > Bioökonomie-Regionen und/oder Cluster > Bioökonomie-bezogene F&E Programme > Spezifische Fallstudien > Potentieller Nutzen von europäischen Forschungs-kooperationen

Anmerkung: 1) Only 13 JRC-SCAR Country reports are published on the EC bioeconomy observatory https://biobs.jrc.ec.europa.eu/

Einen weiteren Unterschied arbeiten Dieckhoff et al. (2015) zwischen *„top-down“ und „bottom-up“ Ansätzen* heraus. Ein „top-down“ Ansatz wird für die EU, Deutschland, Japan und USA gesehen, also Länder mit einer integrativen Bioökonomie-Strategie. Länder wie Frankreich, Italien, das Vereinigte Königreich und Kanada folgen eher einem „bottom-up" Ansatz, der von der Industrie vorangetrieben wird.

Auf die *„Treiber“* der jeweiligen Bioökonomie-Politik wird nur in der SCAR-Studie (EC 2014) eingegangen. Ergebnis der Befragung ist, dass ökonomische Erwartungen eine größere Rolle spielen als soziale und umweltpolitische Ziele. Dazu passt die Erkenntnis, dass politische Maßnahmen zur Förderung eines *gesellschaftlichen Wandels* in den Strategien nur mehr oder weniger vage ausgebildet sind (Dieckhoff et al. 2015) und leitende Prinzipien (z.B. Vorrang der Nahrungsmittelversorgung vor anderen Nutzungen) nur teilweise formuliert werden (EC 2014). Direkt oder indirekt wird dies darin reflektiert, dass eine *Kaskadennutzung und die Verwendung von Abfallstoffen* zunehmend Priorität in einzelnen Strategien eingeräumt wird (Besi, McCormick 2015; Dieckhoff et al. 2015).

Allen Strategien ist gemeinsam, dass die *Kooperation zwischen staatlichen Akteuren (insbesondere Forschungsförderung), Wissenschaft und Unternehmen bzw. Industrie* gestärkt werden soll. In zwei Studien wird die *Bedeutung regionaler Akteure* und inter-regionaler Zusammenarbeit betont (Besi, McCormick 2015; Dieckhoff et al. 2015). Als weiterer wichtiger Punkt wird die bereichsübergreifende und interdisziplinäre Forschungsausrichtung unter Einbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette benannt (Dieckhoff et al. 2015). Als einzige arbeitet die SCAR-Untersuchung heraus, das Innovationspotential insbesondere in der Integration von verschiedenen (klassischen) Bioökonomie-Feldern gesehen wird, aber für eine solche Integration erhebliche Barrieren bestehen (EC 2014).

Als wichtige Herausforderungen für die Bioökonomie bzw. Schwachstellen in den Strategien werden herausgearbeitet:

> *Monitoring*: Von Besi und McCormick (2015) wird kritisch angemerkt, dass der Erfassung von Fortschritten bzw. Erreichung von Zielsetzungen zu wenig Aufmerksamkeit in den Strategien gewidmet wird. Fragen des Monitorings werden nur von der Europäischen Kommission und in Deutschland adressiert (Dieckhoff et al. 2015).
> *Verfügbarkeit von Biomasse*: Die zukünftig steigende Nachfrage nach Biomasse und ein möglicherweise nicht ausreichendes Angebot an Biomasse sowie die daraus folgenden Nutzungskonflikte werden in zwei Papieren als wichtiges Problemfeld gesehen (Staffas et al. 2013; EC 2014).
> *Nachhaltigkeit*: Bioökonomie könne nicht mit einer nachhaltigen Entwicklung gleichgesetzt werden. Soweit in den Untersuchungen angesprochen, wird eine unzureichende Behandlung von Nachhaltigkeitsfragen in den Strategien gesehen (Staffas et al. 2013; Besi, McCormick 2015; indirekt auch EC 2014).
> *Integration von Forschungs- und Politikfeldern*: Ein zentrales Element von Bioökonomie-Strategien ist, unterschiedliche Forschungsfelder und Wirtschaftssektoren zu integrieren, um neue Innovationspotentiale zu erschließen. Dies wird als eine bleibende Herausforderung gesehen (EC 2014).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die vorliegenden vergleichenden Untersuchungen von Bioökonomie-Strategien einen stark beschreibenden Charakter haben. Die Strategien werden als alleinstehende Dokumente behandelt und die Entstehungskontexte und Entwicklungen in den jeweiligen Bioökonomie-Diskussionen unzureichend berücksichtigt. Schließlich zeigen die unterschiedlichen

vorgenommenen Schwerpunkte, dass eine umfassende systematische und analytische Betrachtung der Bioökonomie-Strategien noch aussteht.

3. Bioökonomie-Strategien – Entstehung und Kontext

In diesem Kapitel werden die untersuchten Bioökonomie-Strategien vorgestellt. Neben Grunddaten wie verantwortliche Institution, Titel des Dokuments, Erscheinungsjahr und Struktur werden die Erarbeitungsprozesse der Strategien sowie ihre Einbindung in andere Strategien und Politiken dargestellt.

3.1 Internationale Strategien

OECD

Der Bericht *„The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda"* (OECD 2009) ist das Ergebnis eines 18-monatigen Foresight-Projektes der OECD, das im Rahmen des International Futures Programme (IFP) der OECD durchgeführt wurde. Das Projekt wurde betreut von einer Steering Group mit Vertretern aus Regierungen, Unternehmen und internationalen Organisationen sowie von Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft unterstützt. Der Bericht wurde vom OECD-Sekretariat erstellt. Der Bericht konzentriert sich auf die Biotechnologie und ihre Anwendung in den Bereichen Primärproduktion, Industrie und Gesundheitssektor. Der aktuelle Stand der Bioökonomie wird beschrieben und die Treiber der zukünftigen Entwicklung untersucht. Der Foresight-Bericht beinhaltet einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und es werden drei Bioökonomie-Szenarien für das Jahr 2030 vorgestellt. Aufbauend auf diesen Analysen werden Handlungsoptionen und eine Politikagenda entwickelt.

EU

Das erste Forschungsprogramm zur Biotechnologie (Biomolecular Engineering Programme – BEP) der Europäischen Kommission im Jahr 1982 stand am Anfang der gemeinsamen Forschungspolitik und -förderung der EU. Es folgten über drei Jahrzehnte eine Reihe weiterer Biotechnologie-Forschungsprogramme (Aguilar et al. 2013). In diesem Kontext wurde erstmals im Jahre *2005* von der Generaldirektion für Forschung der Europäischen Kommission der Terminus „Knowledge-based Bio-Economy (KBBE)" eingeführt, im Rahmen der *Tagung „Transforming life science knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products"* (EC 2005). Der Zusatz „wissensbasiert" leitete sich aus der Lissabon-Strategie (European Council 2010) ab, die das strategische Ziel formulierte, die EU in die „most competitive and dynamic knowledge-based economy in the world, capable of sustainable economic growth with more and better jobs and greater social cohesion" (European Council 2010) bis 2010 zu verwandeln.

Unter der deutschen Präsidentschaft wurde *2007* eine weitere Konferenz durchgeführt und das sogenannte *Cologne Papier „En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy"* vorgestellt (German Presidency 2007). Dabei handelt es sich um ein Papier von Experten aus Industrie und Forschung, das die Perspektiven einer KBBE in den folgenden 20 Jahren diskutiert. Biotechnologie und Forschungspolitik standen weiterhin im Mittelpunkt.

Im Jahr *2010* wurde im Rahmen der belgischen Präsidentschaft die *Tagung „The knowledge based bio-economy towards 2020"* durchgeführt (EC 2012b, S. 7). Dazu wurde eine Studie vorgelegt, die die von

2005 bis 2010 erreichten Ergebnisse und die bestehenden Herausforderungen untersucht (Belgian Presidency 2010). Darin wird der Fokus auf Biotechnologie verlassen und neben der Forschungspolitik weitere Politikfelder (z.B. Gemeinsame Agrarpolitik, Nachhaltigkeitskriterien) angesprochen. Der Bioökonomie-Ansatz fand seinen Niederschlag schon im Siebten Forschungsrahmenprogramm 2007-2013 (Aguilar et al. 2013). Die Bioökonomie war dort im Bereich „Lebensmittel, Landwirtschaft, Fischerei und Biotechnologie“ angesiedelt.

Schließlich wurde *2012* von der Europäischen Kommission die *Mitteilung „Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe“* vorgelegt (EC 2012a). Darin wird eine *Bioökonomie-Strategie* zusammen mit einem Aktionsplan präsentiert. Gleichzeitig wurde von der Kommission ein begleitendes Arbeitsdokument (EC 2012b) vorgelegt, welches zusätzliche Hintergrundinformationen und eine detailliertere Version des Bioökonomie-Aktionsplans beinhaltet. Die Bioökonomie-Strategie ist in die umfassende Strategie „Europe 2020“ (EC 2010b) eingebettet, dem Nachfolger zur Lisabon-Strategie. Die Bioökonomie soll zu den beiden Leitinitiativen „Innovationsunion“ und „Ressourcenschonendes Europa“ der Europa 2020 Strategie beitragen (EC 2012a, S. 2; Scarlat et al. 2015). In Vorbereitung der Strategie ist im Jahr 2011 von der Kommission eine öffentliche Konsultation durchgeführt worden, wobei über 200 Antworten eingingen (EC 2011a+b).

Das EU-Bioökonomie-Strategiepapier geht von gesellschaftlichen Herausforderungen aus und zielt auf einen kohärenten und umfassenden Ansatz, der verschiedene Politikbereiche einbezieht (EC 2012a, S. 3). Der Aktionsplan Bioökonomie untergliedert sich in drei Handlungsfelder (EC 2012a, S. 9-11; EC 2012b, S. 33-39):

> Investitionen in Forschung, Innovation und Qualifikation
> Bessere Verzahnung der politischen Maßnahmen und stärkeres Engagement der Akteure
> Stärkung der Märkte und der Wettbewerbsfähigkeit in der Bioökonomie

Jedes Handlungsfeld ist mit einer Reihe von geplanten Aktionen unterlegt. Im Arbeitsdokument der Kommission (EC 2012b) werden die Aktionen inhaltlich konkretisiert sowie mit einem Zeitrahmen (kurz-, mittel- oder langfristig) und Zuständigkeiten (EU, Mitgliedsstaaten, Industrie usw.) versehen. Das Arbeitsdokument enthält außerdem eine ausführliche Beschreibung der Ausgangslage sowie eine Abschätzung der Auswirkungen der Bioökonomie-Strategie mit Hilfe von vier Szenarien.

Ein zentrales Instrument zur Umsetzung der Bioökonomie-Strategie ist das *Forschungs- und Innovationsprogramm „Horizon 2020“* für den Zeitraum 2014 bis 2020[1]. Die Bioökonomie wird vor allem im Teil II "Führende Rolle der Industrie" mit dem Bereich Biotechnologie als eine der geförderten grundlegenden und industriellen Technologien sowie im Teil III „Gesellschaftliche Herausforderungen“ mit dem Bereich 2 „Ernährungssicherheit, nachhaltige Landwirtschaft, marine und maritime Forschung und Biowirtschaft“ (mit einem Budget von rund 4 Mrd. €; EC 2012b, S. 13) gefördert[2]. Außerdem wurde im Jahr 2016 im Rahmen des European Institute of Innovation and Technology (EIT) eine Wissens- und Innovationsgemeinschaft (Knowledge and Innovation Community – KIC) „Food4future (Lebensmittel für die Zukunft) – nachhaltige Lebensmittelkette von den Ressourcen bis hin zu den Verbrauchern“

1 https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/
2 http://www.nks-lebenswissenschaften.de/de/horizont-2020.php

eingerichtet (EC 2011c; European Parliament and Council 2013). Außerdem ist mittlerweile ein „Bioeconomy Observatory“ eingerichtet[3].

3.2 Deutsche Strategien

Bioökonomierat

In Deutschland begann die Arbeit an einer Bioökonomiestrategie mit der Einberufung eines Bioökonomierates im Jahr 2009 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) als unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung. Der Bioökonomierat ist bei der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) angesiedelt. Die Mitglieder des ersten Bioökonomierates, der aus Mitteln des BMBF finanziert wird, wurden vom acatech Präsidium berufen. Der erste Bioökonomierat beendete planmäßig 2012 seine Arbeit und ein neues Gremium unter gleichem Namen und bei teilweiser personeller Kontinuität wurde im gleichen Jahr von der Bundesregierung ernannt[4]. Die aktuell 17 Mitglieder sollen die Bereiche Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft gleichermaßen repräsentieren, wobei aber keine gesellschaftlichen Gruppen im Rat vertreten sind, sondern nur ein breites Spektrum an wissenschaftlichen Disziplinen, das auch ökologische und soziale Aspekte der Bioökonomie abdeckt.

2009 wurden vom Bioökonomierat *„Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland“* (Bioökonomierat 2009) veröffentlicht. Darin werden die Bedeutung und die Forschungslandschaft der Bioökonomie beschrieben und bestehende Engpässe in Deutschland benannt. Fünf Empfehlungen des Bioökonomierats umfassen die Etablierung übergeordneter Forschungstrukturen im Bereich Bioökonomie, die Schaffung verlässlicher Rahmenbedingungen und den Abbau rechtlicher Unsicherheiten, den Ausbau der Forschungsinvestitionen und die Schaffung von Anreizen für mehr privatwirtschaftliches Engagement, die Sicherstellung des Wissenstransfers auf nationaler und internationaler Ebene sowie die Verbesserung der Nachwuchsausbildung (Bioökonomierat 2009: 7).

2010 legte der Bioökonomierat sein erstes umfassendes *Gutachten „Innovation Bioökonomie“* (Bioökonomierat 2010) vor. Das Gutachten ist das Ergebnis der Arbeit von vier Arbeitsgruppen zu den Themenfeldern Boden, Pflanze, Tiere und Biotechnologie sowie zwei Querschnittsarbeitsgruppen zur Kommunikations- und Akzeptanzproblematik und zu internationalen Fragestellungen. Neben den Ratsmitgliedern waren weitere Experten an den Arbeitsgruppen beteiligt und die Arbeitsgruppenpapiere wurden extern begutachtet (Bioökonomierat 2010: 2). In diesem Gutachten des Bioökonomierates werden Ziele für die Entwicklung der Bioökonomie in Deutschland benannt. Für eine zu erarbeitende Forschungsstrategie Bioökonomie empfiehlt der Rat drei Themenschwerpunkte (zusammen mit detaillierten Programmempfehlungen):

> Entwicklung effizienter Wertschöpfungsketten, Verfahren und Produkte
> Sicherung der Welternährung, Förderung der Gesundheit und Wahrnehmung der globalen Verantwortung Deutschlands
> Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen

Ergänzend werden in einer vierten Empfehlung „Bioökonomie im System aufstellen“ Aussagen zu Forschungsinfrastruktur, internationaler Kooperation, rechtlichen Rahmenbedingungen, Bewertungssystemen für wissenschaftliche Leistungen, wissenschaftlichem Nachwuchs sowie Kommunikation und

3 https://biobs.jrc.ec.europa.eu/
4 http://www.biooekonomierat.de/biooekonomierat/

Partizipation getroffen. Am Ende des Dokuments werden die zukünftigen Aufgaben des Bioökonomierates erläutert.

Der neue Bioökonomierat hat zwei kurze Stellungnahmen mit Empfehlungen vorgelegt: „Bioökonomie-Politikempfehlungen für die 18. Legislaturperiode“ (Bioökonomierat 2013) und „Positionen und Strategien des Bioökonomierates“ (Bioökonomierat 2014). Über die Forschungspolitik hinaus wird darin eine ressortübergreifende und koordinierte Politik zur Bioökonomie sowie eine Verzahnung von Maßnahmen und Programmen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene gefordert (Bioökonomierat 2013) und eine an Nachhaltigkeitszielen orientierte Bioökonomie als integraler Bestandteil einer ökologischen Transformation des Wirtschaftssystems, die über eine Erdölersatzstrategie hinausreicht, gesehen (Bioökonomierat 2014). Es werden auch potentielle Ressourcenkonflikte und unerwünschte Entwicklungen angesprochen sowie eine Intensivierung des gesellschaftlichen Dialogs und Mechanismen für Vorausschau, Folgenabschätzung und institutionelles Lernen gefordert.

Im Jahr *2015* hat der Bioökonomierat eine *Vergleichsstudie zu den Bioökonomiestrategien* in den G7-Staaten (Kanada, EU, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Italien, Japan, USA) vorgelegt ("Bioeconomy Policy. Synopsis and Analysis of Strategies in the G7", Dieckhoff et al. 2015). Dies schließt Länder mit einer integrativen Bioökonomie-Strategie als auch solche mit Aktivitäten zur Bioökonomie ein. Alle Strategien werden hinsichtlich Autoren, Kernpunkten, Maßnahmen und Förderbereichen, Zeithorizonten, quantitativen Zielen und impliziten Zielsetzungen untersucht. Auf dieser Basis werden Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausgearbeitet. In einem zweiten Report werden politische Strategien mit Bezug zur Bioökonomie in 45 Ländern weltweit vorgestellt (Fund et al. 2015). Ziel dieser Studie war, in Vorbereitung zum ersten „Global Bioeconomy Summit“ im November 2015 in Berlin[5] dazu beizutragen, eine internationale Diskussions- und Koordinationsplattform zur globalen Bioökonomie zu entwickeln (Fund et al. 2015: 4).

Schließlich hat der Bioökonomierat eine *Delphi-Studie zu globalen Visionen für die Bioökonomie* durchgeführt (Bioökonomierat 2015). Insgesamt sieben sogenannte „Flagship-Projekte“, die nicht nur technische Visionen beinhalten, wurden mit einer Delphi-Befragung hinsichtlich Relevanz, Wünschbarkeit und Zeithorizont evaluiert. Vier Flagship-Projekte (Bioprincipled City, Artificial Photosynthesis, New Foodsystems, Global Governance) wurden vom Bioökonomierat vordefiniert, drei weitere (Sustainable Marine Production, Biorefineries 4.0, Developing Consumer Markets) ergaben sich aus der ersten Befragungsrunde. Von den international angesprochenen 2.274 Experten beantworteten in der ersten Runde 292 und in der zweiten Runde 149 Teilnehmer den Fragebogen.

Bundesregierung

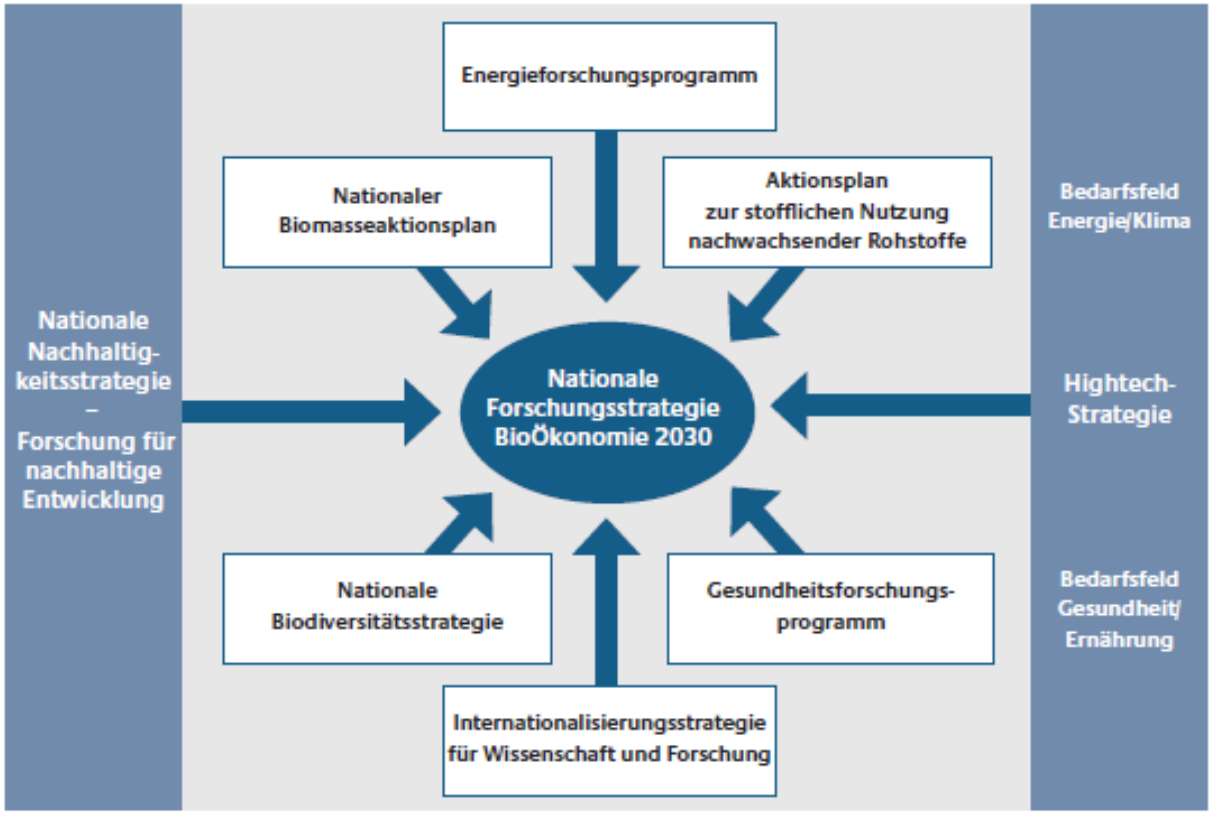
Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Jahr *2010* die *„Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“* vorgelegt (BMBF 2010). Die Forschungsstrategie wurde unter Federführung des BMBF gemeinsam mit den Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), für Wirtschaft und Technologie (BMWi), für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ), für Gesundheit (BMG) und für Inneres (BMI) erarbeitet (BMBF 2014b: 8). Auf die Empfehlungen des Bioökonomierates wird darin nicht ausdrücklich Bezug genommen, aber bei den Handlungsfeldern sind deutliche Übereinstimmungen mit

5 http://gbs2015.com/home/

den Empfehlungen im Gutachten „Innovation Bioökonomie“ des Bioökonomierates (2010) zu erkennen. Im Rahmen der Forschungsstrategie stehen bis 2016 insgesamt Fördermittel von 2,4 Mrd. Euro für Forschung und Entwicklung zur Verfügung (BMBF 2014b: 2).

Die Forschungsstrategie ist mit anderen relevanten forschungsbezogenen Programmen verzahnt (Abb. II.2) und Bestandteil der Hightech-Strategie der Bundesregierung (BMBF 2010: 13), deren Ziel es ist, eine umfassende ressortübergreifende Innovationsstrategie zu initiieren (BMBF 2014a: 4). Anstelle der ursprünglichen Fokussierung vor allem auf das Marktpotenzial konkreter Technologiefelder konzentriert sich die neue Hightech-Strategie seit 2010 auf prioritäre Zukunftsaufgaben. Innerhalb der Zukunftsaufgabe „Nachhaltiges Wirtschaften und Energie“ ist die Bioökonomie einer der Schwerpunkte (BMBF 2014a: 20).

Abb. II. 2: Verzahnung der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie mit relevanten forschungsbezogenen Programmen der Bundesregierung



Quelle: BMBF 2010: 12

In der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie wird vom BMBF explizit eine Vision für die Bioökonomie formuliert, ergänzt um strategische Ziele. Darauf aufbauend werden fünf Handlungsfelder benannt, für die jeweils Forschungsbedarf aufgezeigt wird. Diese Handlungsfelder umfassen eine nachhaltig gestaltete Agrarproduktion sowie gesunde und sichere Lebensmittel, die industrielle und energetische Nutzung von Biomasse sowie die Sicherung der weltweiten Ernährung. In Ergänzung zu den Handlungsfeldern werden zusätzlich Querschnittsaktivitäten genannt, die zum Erfolg der Forschungsstrategie beitragen sollen. Sie beziehen sich auf den Ausbau interdisziplinärer Kompetenzen, die internationale Zusammenarbeit, den beschleunigten Transfer in die Praxis und den Dialog mit der Gesellschaft (BMBF 2010: 3). Für jedes Handlungsfeld werden eine Reihe von Maßnahmen aufgeführt, die entsprechend bestimmter Leitlinien umgesetzt werden sollen. Zur Umsetzung der Strategie werden

die Instrumente Forschungsförderung, Ressortforschung, Koordination von Forschung und Innovation sowie Qualitätssicherung diskutiert.

Im Jahr *2014* hat das BMBF die Halbzeitbilanz *„Wegweiser Bioökonomie“* vorgelegt (BMBF 2014b). Danach will sich das BMBF in der zweiten Halbzeit der Nationalen Forschungsstrategie verstärkt an folgenden Leitlinien orientieren: Systemische Betrachtung der Bioökonomie, partizipativer Diskurs mit Forschung, Industrie, Gesellschaft und Politik, intelligente Innovationsprozesse sowie Fachkräfte für die Bioökonomie.

Neben der Forschungsstrategie hat das Bundeskabinett im Sommer *2013* eine *„Nationale Politikstrategie Bioökonomie“* (BMEL 2014) beschlossen. Die Politikstrategie wurde unter Federführung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) zusammen mit den Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF), für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) sowie unter Begleitung des Erarbeitungsprozesses durch den Bioökonomierat erstellt (Bioökonomierat 2013b). Die Grundlage für diese Aktivität der Bundesregierung ist der Koalitionsvertrag für die 17. Legislaturperiode, in dem die Entwicklung einer Bioökonomiestrategie festgelegt wurde. Die Politikstrategie zielt auf eine kohärente Politik zur Bioökonomie und schließt verschiedene Politikfelder – über die Forschungs- und Innovationspolitik hinausgehend – ein (BMBF 2014b: 9). Es wird ein Überblick gegeben über die Treiber der Bioökonomie sowie über Wachstumsmärkte, innovative Technologien und Produkte in den Bereichen industrielle Biotechnologie, stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse sowie Lebens- und Futtermittel (BMEL 2014: 22-41). Ergänzt wird dies durch eine Broschüre, die den derzeitigen Stand bei den wichtigsten Wirtschaftsbranchen sowie den zentralen Technologien und Produktionsverfahren im Hinblick auf den Aufbau einer Bioökonomie beschreibt (BMBF, BMEL 2014). Die Politikstrategie Bioökonomie baut auf der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie auf und ist eingebettet in eine Vielzahl anderer Konzepte und Strategien der Bundesregierung wie die „Hightech-Strategie 2020“, das „Energiekonzept für eine umweltschonende und bezahlbare Energieversorgung“, die „Rohstoffstrategie“, das „Deutsche Rohstoffeffizienzprogramm“ und die „Roadmap Bioraffinerie“ (BMEL 2014: 16).

Im Vergleich zur Forschungsstrategie basiert die Politikstrategie nicht auf einer Vision, die es zu erreichen gilt. Ausganspunkt sind vielmehr die vier übergeordneten Ziele Versorgungssicherheit, Standortsicherheit, Umwelt- und Naturschutz sowie Strukturwandel, die durch eine Reihe von Zielen konkretisiert werden, für die aber auch mögliche Bereiche von Zielkonflikten benannt werden. Dies wird durch eine Reihe von Leitgedanken für eine nachhaltige Bioökonomie ergänzt. Es werden fünf thematische Handlungsfelder und drei Querschnittshandlungsfelder identifiziert, denen jeweils strategische Ansätze und konkrete Maßnahmen zugeordnet sind (BMEL 2014: 44 ff.). Die thematischen Handlungsfelder sind (BMEL 2014: 44):

> Nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung nachwachsender Ressourcen
> Wachstumsmärkte, innovative Technologien und Produkte
> Prozesse und Wertschöpfungsketten
> Konkurrenzen bei der Flächennutzung
> Internationaler Kontext

Darüber hinaus gibt es drei Querschnitthandlungsfelder, die auf einen kohärenten Politikrahmen, Information und gesellschaftlichen Dialog sowie Ausbildung und Lehre abzielen (BMEL 2014: 44). Die

Struktur der Handlungsfelder weicht damit deutlich von der in der Forschungsstrategie ab, da nun verschiedene Politikfelder adressiert werden.

Aufbauend auf der Forschungs- und der Politikstrategie Bioökonomie, hat das BMBF *2014* ein Konzept zur Förderung der sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Forschung zur Bioökonomie, mit dem Titel *„Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“*, vorgelegt (BMBF 2014c). Ausgangspunkt ist, dass mit den Bioökonomie-Strategien eine umfassende gesellschaftliche Transformation angestrebt wird, die auf systemische Ansätze, vorausdenkende Strategien und eine fortlaufende kritische Bewertung der eingeschlagenen Wege und ihrer Nebeneffekte angewiesen ist. Zielsetzung des Konzepts ist, sozioökonomische Forschungsfragen als Teil einer umfassenden bioökonomischen Forschung zu etablieren. Angeknüpft wird an das BMBF-Rahmenprogramm „Forschungen für Nachhaltigkeit“ (FONA) und den Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ (SÖF). Die zu fördernde Forschung soll sich eng auf die Handlungsfelder der Forschungsstrategie Bioökonomie und die darin angelegte Förderung technologischer Innovationen beziehen (BMBF 2014c, S. 3). Als exemplarische Ansatzpunkte für die sozioökonomische Forschung werden genannt (BMBF 2014c, S. 5-6):

> Legitimität gesellschaftlicher Transformation
> Lösungen für Zielkonflikte
> Komplexe Wirkungsgeflechte systemisch betrachten
> Ausgestaltung von Innovationen
> Gestaltung von Transformationsprozessen
> Transnationale Perspektive

Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg hat das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) im Jahr 2013 ein Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie „Bioökonomie“ veröffentlicht (MWK BW 2013a). Die Forschungsstrategie wurde von einem 2012 vom MWK eingesetzten „Strategiekreis Bioökonomie“ entwickelt. Der Strategiekreis setzt sich aus Wissenschaftlern zusammen, die in Baden-Württemberg Forschung im Kontext Bioökonomie betreiben. Diese kommen aus den Agrar- und Pflanzenwissenschaften, den Forstwissenschaften, den Umwelt- und Ingenieurwissenschaften sowie der Ethikforschung (MWK BW 2013a: 1). Zielsetzung war, ein ganzheitliches Konzept für die Bioökonomie-Forschung in Baden-Württemberg zu entwickeln, sowohl unter Berücksichtigung natur- und ingenieurwissenschaftlicher wie auch ökologischer, ethischer, sozialer und ökonomischer Aspekte (MWK BW 2013a: 1 + 8). Während des Prozesses wurde mit Partnern aus der Wirtschaft zusammengearbeitet.

Die baden-württembergische Forschungsstrategie gliedert sich in zwei Teile: Im ersten Teil wird eine Bestandsaufnahme der Forschungslandschaft zur Bioökonomie in Baden-Württemberg vorgenommen, untergliedert nach Angebotsseite (Forschung zu Rohstoffen und Ressourcen), Nachfrageseite (Forschung zu Produkten und Verwertung) und Querschnittsfeldern (Forschung zu ökologischen, gesellschaftlichen, ethischen und ökonomischen Aspekten). Die identifizierten Forschungsbereiche aus der Bestandsaufnahme werden mittels einer SWOT-Analyse (Strengths – Stärken, Weaknesses – Schwächen, Opportunities – Chancen, Threats – Risiken) bewertet.

Im zweiten Teil der Strategie wird der Handlungsbedarf identifiziert und strukturelle Maßnahmen zur Förderung der Zusammenarbeit ermittelt. Bei der Identifizierung des Handlungsbedarfs wurden mehrere Kriterien beachtet. Zunächst sollten die Forschungsfelder über das Potential zur Entwicklung von

Innovations- und Alleinstellungsmerkmalen verfügen. Gleichzeitig sollten die Forschungsfelder ein hohes Potential für die Umsetzung in die Wirtschaft aufweisen und die Möglichkeit zur Vernetzung von Forschungskompetenzen- und disziplinen haben. Ein weiteres Kriterium war die zeitliche Dimension der Forschungsfelder. Auf diesen Kriterien basierend werden drei übergeordnete Forschungsfelder identifiziert (MWK BW 2013a: 63 ff.):

> Biogas – „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas in Baden-Württemberg“
> Lignozellulose – „Wechsel zu einer alternativen Rohstoffplattform für neue Produkte und Materialien“
> Mikroalgen – „Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährungs- und Futtermittelindustrie“

Hinsichtlich struktureller Maßnahmen wird die Notwendigkeit einer strukturierten Graduiertenausbildung, der Bildung eines Kompetenzzentrums zur Modellierung der Bioökonomie und der Erstellung eines Infrastrukturkonzepts gesehen (MWK BW 2013a: 100 ff.).

Das „Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg“ wurde von der Landesregierung im September 2013 beschlossen und ist für den Zeitraum 2014 bis 2019 mit 12 Mio. Euro aus Mitteln der Offensive Biotechnologie ausgestattet, die dem Land von der Baden-Württemberg Stiftung zur Verfügung gestellt wurden (MWK BW 2013b). Die Umsetzung des Forschungsprogramms wird vom Strategiekreis begleitet (Bioökonomie Forschung Baden-Württemberg 2015).

Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen hatte das *Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung* zunächst *2010* eine *Potentialstudie* zur Bioökonomie von einer Consulting Firma (Capgemini Consulting, Berater im Bereich Business Transformation) erstellen lassen (Capgemini 2010). Zielsetzung war einen Überblick für NRW zu erstellen, welche Möglichkeiten die Lebenswissenschaften und ihre Verwendung in unterschiedlichen Bereichen der industriellen Produktion bieten (Capgemini 2010: 5). Basierend auf der Wirtschaftskraft, der Innovationsleistung und der Marktattraktivität wurden sieben für die Bioökonomie relevante Branchen identifiziert. Ausgehend von der Branchenanalyse und durch Expertengespräche wurden fünf Bioökonomie-Topthemen für NRW bestimmt. Diese Topthemen sind Bioraffinerie, Biopolymere, Diagnostika, Biopharmazeutika sowie funktionalisierte Oberflächen. Schließlich werden als Handlungsfelder für die Umsetzung die Bereiche Organisation, Kommunikation, Rahmenbedingungen, Stärkung der Wissensbasis sowie Stärkung der Umsetzung in Unternehmen diskutiert. In 2011 wurde auf dieser Basis ein dialogorientierter Beteiligungsprozess zu den Möglichkeiten einer Bioökonomie in Nordrhein-Westfalen konzipiert und im Jahr 2012 umgesetzt (MIWF NRW o.J.: 2).

Das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen hat ein fünfseitiges Papier *„Eckpunkte einer Bioökonomiestrategie für Nordrhein-Westfalen“* veröffentlicht (MIWF NRW o.J.). Die Eckpunkte beinhalten eine Beschreibung der Ausgangslage, der Ziele der Landesregierung, eine Beschreibung der inhaltlichen Schwerpunkte und eine kurze Darstellung des weiteren Vorgehens auf politischer Ebene. Prioritäre Anwendungsfelder werden in der Produktion (Landwirtschaft), in der Industrie und im Gesundheitssektor gesehen. Die nordrhein-westfälische Landesregierung erweitert damit den Bioökonomiebegriff um den Gesundheitssektor. Von der Förderung durch die Landesregierung ausgeschlossen werden Forschungsaktivitäten und Anwendungen, deren Inhalt und Ziel der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen oder die Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen sind (MIWF NRW o.J.: 3). Inhaltliche Schwerpunkte werden vom MIWF bei der

Vernetzung mit weiteren Strategien, einer Weiterführung des Dialogprozesses mit Akteuren aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft als auch bei der Einbeziehung von Geistes- und Gesellschaftswissenschaften gesehen. Beim weiteren Vorgehen sieht die nordrhein-westfälische Landesregierung die Notwendigkeit einer politischen verbesserten Zusammenarbeit auf Landes- und Bundesebene, einer trans- und interdisziplinären Begleitung der Bioökonomie sowie eines Dialoges mit der EU-Kommission (MIWF NRW o.J.: 3-5). Als eine zentrale Aktivität wird das Bioeconomy Science Center (BioSC) in den nächsten zehn Jahren durch das Land NRW projektbezogen mit rund 58 Millionen Euro gefördert und soll wissenschaftliche Grundlagen zur Bioökonomie interdisziplinär bündeln (MIWF NRW 2015).

Die Bioökonomiestrategie Nordrhein-Westfalen ist eingebettet in die „Forschungsstrategie Fortschritt NRW“ (MIWF NRW 2013). Sie bündelt die forschungspolitischen Aktivitäten der Landesregierung in einem Rahmenprogramm, als Forschung für nachhaltige Entwicklung in den Feldern großer gesellschaftlicher Herausforderungen. Ziel sind „Systeminnovationen“, die tiefgreifende Veränderungen entlang der Wertschöpfungsketten mit ökologischen und sozialen Verbesserungen verbinden (MIWF NRW 2013: 14). Dabei sollen insbesondere „Leitmärkte der Zukunft“ adressiert sowie sowohl technische und soziale Innovationen gefördert als auch die technische und soziale Seite von Innovationen betrachtet werden (MIWF NRW 2013: 13-14). Schließlich wird eine europäische und internationale Vernetzung angestrebt (MIWF NRW 2013: 16). Eine wichtige Rolle für die Bioökonomie wird im Rahmen der Leitthemen „Klimaschutz, Ressourceneffizienz und Rohstoffe“, „Versorgung mit gesunden Nahrungsmitteln aus nachhaltiger Produktion“ und „Gesundheit und Wohlergehen im demografischen Wandel“ gesehen.

3.3 Strategien anderer Länder

USA

In den USA hat der *National Research Council (NRC)* im Jahr *2009* den *Bericht „A New Biology for the 21st Century“* (NRC 2009) vorgelegt, auf Anfrage des National Institute of Health (NIH), der National Science Foundation (NSF) und des Department of Energy (DOE). Der Bericht wurde von 16 Experten aus den Bereichen Biologie, Ingenieur- und Computerwissenschaften erstellt. Ausgangspunkt sind die außerordentlichen Fortschritte, die in den letzten Jahren in den Biowissenschaften erzielt wurden. Damit die USA von diesen Fortschritten profitiert, wird ein integrativer, d.h. Disziplinen- und Behörden-übergreifender, Ansatz in den Biowissenschaften, genannt „New Biology“ (NRC 2009: 3), gefordert. Dieser sollte an der Lösung wichtiger gesellschaftlicher Probleme ausgerichtet werden. Exemplarisch wird dies anhand von vier Herausforderungen dargestellt (NRC 2009: 4-5):

> Entwicklung von Nahrungspflanzen, die an die sich verändernden Umweltbedingungen angepasst sind und nachhaltig angebaut werden
> Verständnis und Erhaltung von Ökosystemfunktionen und Biodiversität angesichts schneller Veränderungen
> Nachhaltige Alternativen zu fossilen Kraftstoffen
> Verständnis der individuellen Gesundheit

Der Bericht schließt mit dem Vorschlag einer Ministerien- und Behörden-übergreifenden nationalen Initiative. Dies wird mit vier Empfehlungen konkretisiert.

Die Präsidialverwaltung hat anschließend im Jahr 2012 einen nationalen Bioökonomieplan (*„National Bioeconomy Blueprint“*, The White House 2012) vorgelegt. Das Dokument wurde vom „Office of Science and Technology Policy“ in der Präsidialverwaltung und dem „Executive Office of the President“ verfasst, unter Beteiligung von verschiedene Bundesbehörden. Außerdem wurde eine öffentliche Anhörung durchgeführt (OPST 2011). Insgesamt 135 Kommentare sind von Einzelpersonen und Verbänden eingereicht worden (OPST 2012), ganz überwiegend aus Wissenschaft und Industrie.

Zu Beginn des Blueprints werden Entwicklungstendenzen und Bedeutung der amerikanischen Bioökonomie dargestellt, und zwar für die Themenfelder Gesundheit, Energie, Landwirtschaft und Umwelt. Den größten Teil nimmt anschließend die Beschreibung fünf strategischer Ziele ein, die auf die Entfaltung der Bioökonomie in der Wirtschaft abzielen und die jeweils mit einer Reihe von Maßnahmen konkretisiert werden. Die fünf strategischen Themenfelder sind:

> Stärkung von koordinierter und integrierter Forschung und Entwicklung
> Beschleunigte Überführung von Erkenntnissen aus dem Forschungslabor in marktfähige Produkte
> Reduzierung regulatorischer Barrieren
> Entwicklung qualifizierten Personals für die Bioökonomie
> Unterstützung von Public-Privat-Partnerships

Schweden

Im Jahre 2011 beauftrage die schwedische Regierung verschiedene Institute mit der Erstellung einer nationalen Strategie zur Entwicklung einer bio-basierten Ökonomie. Den Auftrag erhielten FORMAS (The Swedish Council on Environment, Agricultural Science and Spatial Planning), VINNOVA (eine schwedische Regierungsagentur mit Expertenwissen im Innovationsbereich) und die Schwedische Energieagentur. Sie sollten den Entwurf einer nationalen Strategie erarbeiten, die wiederum die Basis für zukünftige Arbeitsschritte der Regierung im Bereich Forschung und Innovation darstellen sollte. Die Regierung erhoffte sich, mit der Strategie Erkenntnisse zu den existierenden Wissenslücken und den Voraussetzungen der Transformation zu einer bio-basierten Gesellschaft zu erhalten. Das Dokument *„Swedish Research and Innovtion. Strategy for a Bio-based Economy*“ wurde *2012* vorgelegt (Formas 2012). Bei der Erarbeitung der Strategie wurden Unternehmen, Wissenschaftler und Branchenverbände mit einbezogen. Diese konnten durch ihre Einschätzung des Forschungsbedarfs die Strategie mitgestaltet. Inhaltlich enthält die Strategie eine Übersicht der Forschungslandschaft und beleuchtet Aspekte der Forschungs- und Entwicklungsnotwendigkeiten. Weiterhin wird Bedarf an Initiativen zum Voranbringen von Innovationen und der Finanzierungskoordination, sowie eine Übersicht der kommerziellen Sektoren vorgenommen. Für Forschung und Entwicklung werden vier Themenfelder benannt (Formas 2012: 9-10):

> Substitution erdöl-basierter Rohstoffe durch bio-basierte Rohstoffe
> Intelligente Produkte und intelligentere Nutzung von Rohstoffen
> Wandel in den Verbrauchsgewohnheiten und -einstellungen
> Prioritätensetzung und Wahl von Maßnahmen

Ergänzend werden Handlungsfelder benannt, in denen Innovationsanreize gegeben werden sollen, und eine bessere Koordination zwischen Förderinstitutionen, Forschern und Wirtschaft gefordert.

3.4 Fazit

Das Konzept der Bioökonomie hat seinen Ursprung in der Förderpolitik für Biotechnologien und Lebenswissenschaften. Ein Teil der Strategien (OECD, USA) hat nach wie vor seinen Schwerpunkt bei der modernen Biotechnologie. Auf EU-Ebene und in Deutschland hat dagegen eine deutliche *Verschiebung der inhaltlichen Schwerpunkte* hin zur Anknüpfung an gesellschaftliche Herausforderungen (z.B. Klimawandel) und zu einem angestrebten Transformationsprozess von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft stattgefunden. Die schwedische Strategie stellt letzteres ebenso in den Mittelpunkt.

Die *Erarbeitung der Bioökonomie-Strategien* ist insgesamt durch Experten bestimmt. Dabei sind zwei vorherrschende Varianten zu finden:

> Erarbeitung durch Wissenschaftler (BW, NRC) oder durch Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft (Bioökonomierat, OECD)
> Erarbeitung durch die Regierung (Europäische Kommission, USA, Bundesregierung, NRW) bzw. nachgeordnete Behörden (Schweden)

Im zweiten Fall gibt es eine explizit dokumentierte bzw. implizite Einbeziehung von Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft, wie z.B. mit der Beratung des BMBFs durch den Bioökonomierat oder explizit erwähnte Einbeziehung von Wissenschaftlern, Unternehmen und Branchenverbänden bei der Erarbeitung der schwedischen Strategie. In nur zwei Fällen, bei den Strategien der Europäischen Kommission und des US-Präsidenten, haben vorab öffentliche *Konsultationsprozesse* stattgefunden. Die eingegangenen Stellungnahmen stammen aber wiederum fast ausschließlich aus Wissenschaft und Wirtschaft. Entsprechend ist kritisiert worden, dass Möglichkeiten für eine Beteiligung von Bürger(innen) an Ziel- und Prioritätensetzungen der Bioökonomie fehlen (Albrecht et al. 2012).

Bei der *Darstellung der (aktuellen) Bioökonomie* werden unterschiedliche Ansätze verfolgt: Einige Strategiepapiere beschreiben die Forschungslandschaft (Bioökonomierat 2009; MWK BW 2013a; NRC 2009), andere wirtschaftliche Bedeutung und Innovationspotentiale (BML 2014; Bioökonomierat 2010; OECD 2009; The White House 2012), weitere beides zusammen (BMBF 2010, EC 2012b) und schließlich gibt es Papiere, die die Bioökonomie gar nicht weiter konkretisieren (EC 2012a; Formas 2012; MIWF NRW 2013). Die Beschreibung der aktuellen Bioökonomie erfolgt dabei sehr unterschiedlich, von einer sehr kurzen Skizzierung bis zu einer ausführlichen Beschreibung. Nur teilweise werden quantitative Daten der aktuellen Bioökonomie präsentiert (BMEL 2014; EC 2012b; OECD 2009; The White House 2012) (s. Kap. II.4). Insbesondere quantitative Beschreibungen sind dabei von der zugrunde gelegten Definition der Bioökonomie beeinflusst (s. Kap. II.3). Viele Strategie-Papiere stellen nur die Stärken und Fortschritte der bioökonomischen Forschung heraus. Eine Einschätzung der Stärken und Schwächen in Forschung und Innovation mittels einer SWOT-Analyse erfolgt nur überblicksartig in BMBF (2010) und ausführlich in MWK BW (2013a).

In den letzten Jahren hat die *Integration von Forschung und Innovation* zunehmend an politischer Bedeutung gewonnen (vgl. Aguilar et al. 2013). Dies spiegelt sich auch in den Bioökonomie-Strategien wieder. Mit der zunehmenden Bedeutung des Ziels, Innovationen zu fördern, werden über forschungspolitische Ansätze hinaus verschiedene Handlungsfelder zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Innovationen in die Strategien integriert. Die Integration verschiedener Politikfelder ist am stärks-

ten ausgeprägt in der Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung (BMEL 2014). Außerdem sehen alle Strategien Synergien zwischen verschiedenen Forschungsfeldern, die durch interdisziplinäre Forschung (und andere Maßnahmen) gefördert werden sollen (s. Kap. II.8.2).

Die Bioökonomie-Strategien weisen außerdem teilweise eine *Einbindung in umfassende Strategien und Politiken der Forschungs- und Innovationsförderung* auf. Ausgeprägt ist dies auf der EU-Ebene mit dem starken Bezug zur Lissabon-Strategie bzw. zur Europa 2020 Strategie, die die strategische Ausrichtung vorgeben. Die Bioökonomie-Strategie des BMBF ist Bestandteil der Hightech-Strategie; in Nordrhein-Westfalen sind die Eckpunkte in die Landesstrategie „Forschungsstrategie Fortschritt NRW" eingebettet. Eine Konsistenz verschiedener Politiken wird herausgestellt, indem beispielsweise die Bundesregierung die Verzahnung mit verschiedenen forschungsbezogenen Programmen und politischen Strategien betont. Schließlich wird eine Verknüpfung mit der Nachhaltigkeitspolitik postuliert (EU-Kommission, Bundesregierung, Landesregierungen BW und NRW).

Das Verständnis der Bioökonomie hat einen deutlichen Einfluss auf den *Schwerpunkt der Handlungsansätze*. Auf Biotechnologie und Lebenswissenschaften orientierte Strategien beschränken sich auf strukturelle Handlungsfelder zur Förderung von Forschung, Innovation und Wirtschaftswachstum (Bioökonomierat 2009; MIWF NRW 2013; OECD 2009; The White House 2012). Strategien, die Bioökonomie als gesellschaftlichen Transformationsprozess verstehen, legen dagegen den Schwerpunkt auf inhaltliche Handlungsfelder (Bioökonomierat 2010; BMBF 2010; BMEL 2014; Formas 2012; MWK BW 2013a), ergänzt durch sogenannte Querschnittsaufgaben im strukturellen Bereich (s. Kap. II.8).

4. Begriffsdefinitionen

Der Begriff Bioökonomie wurde Anfang der 1970er Jahre von Nicholas Georgescu-Roegen geprägt. Dies geschah im Kontext seiner Arbeiten zur Einführung der Thermodynamik und des Entropie Begriffes in die Wirtschaftswissenschaften. Bioökonomie wird hier so verstanden, dass ökonomische Prozesse physikalische und biologische Wurzeln haben und dass deren Begrenzungen nicht ignoriert werden können (Bonaiuti 2014).

Die aktuellen politischen Strategien zur Bioökonomie haben einen anderen Ursprung. Als Startpunkt wird gesehen (von Braun 2014), dass sich mit den Fortschritten in der Genetik führende multinationale Unternehmen der Chemieindustrie, des Agrobusiness und der pharmazeutischen Industrie durch Fusionen und Übernahmen zu branchenübergreifenden Life-Science-Unternehmen weiterentwickeln (Enriquez 1998). Das Konzept Bioökonomie wurde früh von der EU und der OECD aufgegriffen.

4.1 Die Begriffe Bioökonomie und bio-basierte Wirtschaft

Von der Europäischen Generaldirektion für Forschung wurde im Jahre 2005 der Terminus *„Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE)"* eingeführt (EC 2005). Der Zusatz „wissensbasiert" leitet sich aus der Lissabon-Strategie ab (Kap. II.3.1). Für die wirtschaftliche Entwicklung der EU sind danach technischer Wandel, Erzeugung und Nutzung von Wissen sowie Innovation von zentraler Bedeutung (vgl. Ponte 2009). Gleichzeitig soll der Begriff „knowledge-based" die Bioökonomie von der traditionellen Primärproduktion in Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei abheben. Danach ist die Bioökonomie durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse und neue Technologien für bio-basierte Prozesse und Produkte gekennzeichnet (Fund et al. 2015: 7).

Mit der Ersetzung der Lissabon-Strategie durch die neue Rahmenstrategie „Europa 2020“ hat in der EU der Begriff „wissensbasiert“ an Bedeutung verloren und taucht in der Bioökonomie-Strategie der EU (EC 2012a) nicht mehr auf. Von einer „wissensbasierten Bioökonomie“ ist aber nach wie vor die Rede beim Bioökonomierat (Bioökonomierat 2010, S. 6), bei der Bundesregierung (BMBF 2010: 2; BMEL 2014: 8) und der Landesregierung Nordrhein-Westfalen (MIWF NRW o.J.: 2).

Neben Bioökonomie wird in einem Teil der politischen Strategien der Begriff *„bio-basierte Wirtschaft“* verwendet (Tab. II.3). Der Begriff bio-basierte Wirtschaft wird insbesondere in den Strategien gebraucht, die den Wandel von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft als gesellschaftlichen Transformationsprozess betonen (vgl. Staffas et al. 2013). Dabei werden die beiden Begriffe Bioökonomie und bio-basierte Wirtschaft als Synonym angesehen. In BMBF (2010) und BMEL (2014) wird die Bedeutungsgleichheit explizit benannt, bei MWK BW (2013) und Formas (2012) ergibt sich dies implizit aus der Verwendung. Die Europäische Kommission hat im Konsultationsprozess zur Erarbeitung ihrer Bioökonomie-Strategie noch den Begriff „bio-based economy“ verwendet (EC 2011a + b), in der Strategie selbst dann aber nicht mehr. Nur Schweden verwendet "bio-based economy" im Titel der Strategie (Formas 2012).

Tab. II. 3: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – verwendete Begriffe

Strategie	Bioökonomie / Bioeconomy	Bio-basierte Wirtschaft / Bio-based economy	Beide Begriffe synonym
Internationale Strategien			
OECD (2009)	✓	-	-
EC (2012a + b)	✓	-	-
Deutsche Strategien			
Bioökonomierat (2009)	✓	-	-
Bioökonomierat (2010)	✓	-	-
BMBF (2010)	✓	✓	✓
BMEL (2014)	✓	✓	✓
MIWF NRW (o.J.)	✓	-	-
MWK BW (2013a)	✓	✓	✓
Strategien anderer Länder			
Schweden (Formas 2012)	✓	✓	✓
USA (The White House 2012)	✓	-	-

Quelle: Eigene Zusammenstellung

4.2 Definitionen der Bioökonomie

Das Verständnis der Bioökonomie war im Anfang eng mit der Biotechnologie und den Lebenswissenschaften verknüpft. In den Bioökonomie-Strategien finden sich aber mittlerweile unterschiedliche Definitionen. Es kann unterschieden werden zwischen:

> Technologie-orientierten Definitionen
> Ressourcen-orientierten Definitionen
> Wirtschaftssektoren-orientierten Definitionen
> Ziel-orientierten Definitionen

Nach der *Technologie-orientierten Definition* beinhaltet Bioökonomie die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologien und Biowissenschaften. Eine entsprechende Definition wird von der OECD und den USA verwendet (Tab. II.4). Auch in der EU begann die Diskussion mit einem entsprechenden Verständnis, das Bioökonomie als Transformation der Wissensbasis der Lebenswissenschaften in neue, nachhaltige öko-effiziente und wettbewerbsfähige Produkte verstanden hat (EC 2005; German Precidency 2007). Die Landesregierung NRW verwendet zwar keine explizit Technologie-orientierte Definition, beschränkt ihr Verständnis aber auf die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen (MIWF NRW o.J.: 1). Bei dieser Definition werden auch die Biomedizin bzw. Teile des Gesundheitsbereichs zur Bioökonomie gezählt.

In Europa haben sich seit etwa 2010 *Ressourcen-orientierte Definitionen* durchgesetzt (Tab. II.4). Danach umfasst die Bioökonomie die Produktion von biologischen Ressourcen (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen) und ihre Konversion in Produkte, wie z.B. Nahrungs- und Futtermittel, bio-basierte Produkte und Bioenergie. Die Erzeugung und Nutzung von Biomasse ist hier das bestimmende Kriterium. Entsprechend wird teilweise auch der Begriff bio-basierte Wirtschaft verwendet.

Eng mit den Ressourcen-orientierten Definitionen verknüpft sind *Wirtschaftssektoren-orientierte Definitionen*. In allgemeiner Form werden hier zur Bioökonomie die Agrar- und Forstwirtschaft sowie alle produzierenden Sektoren und ihre dazugehörigen Dienstleistungsbereiche, die biologische Ressourcen entwickeln, produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen, gezählt (Bioökonomierat 2009, 2010; BMBF 2010; BMEL 2014; MWK BW 2013). Die Ressourcen-orientierte und die Wirtschaftssektoren-orientierte Definition von Bioökonomie werden in den meisten Fällen gemeinsam verwendet. Detaillierte Aufzählungen beteiligter Wirtschaftssektoren finden sich in EC (2012a + b), Bioökonomierat (2009), BMEL (2014) und MWK BW (2013). Bei den Ressourcen- und Wirtschaftssektoren-orientierten Definitionen wird die Biomedizin bzw. der Gesundheitsbereich nicht mehr zur Bioökonomie gezählt.

Ziel-orientierte Definitionen beinhalten neben der beschreibenden eine normative Komponente. Dazu zwei Beispiele:

> „[Bioökonomie] verknüpft Ökonomie und Ökologie auf intelligente Weise. Durch die Nutzung biologischer Ressourcen ermöglicht sie biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum.“ (BMBF/BMEL 2014, Vorwort von Prof. Dr. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung).
> „Die Bioökonomie ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.“ (Bioökonomierat 2016b)

Schließlich werden bei der Bezeichnung der Rohstoffbasis leicht variierende Begriffe verwendet: „Biologische Ressourcen“ (Bioökonomierat 2009, 2010; BMBF 2010; MIWF NRW o.J.; WMK BW 2013) bzw. „renewable biological resources“ (EC 2012a), „renewable biomass“ (OECD 2009) und „Biomasse“ (BMEL 2014; Formas 2012), „nachwachsende Ressourcen“ (BMEL 2014) und „nachwachsende Roh-

stoffe“ (BMBF 2010). In einigen Strategien spielt die Nutzung von Koppelprodukten (bzw. „bi-products“), biogenen Abfallstoffen, die Kaskadennutzung und das Recycling eine wichtige Rolle (BMEL 2014; Formas 2012; MIWF NRW o.J.; MWK BW 2013).

Tab. II. 4: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – Begriffsbestimmungen

Strategie	Begriffsbestimmung bezogen auf		
	Ressourcenbasis Biomasse	**beteiligte Wirtschaftssektoren**	**Technologie** (Biotechnologie)
Internationale Strategien			
OECD (2009)	-	✓	✓
EC (2012a + b)	✓	✓	-
Deutsche Strategien			
Bioökonomierat (2009)	✓	✓	-
Bioökonomierat (2010)	✓	-	-
BMBF (2010)	✓	✓	-
BMEL (2014)	✓	✓	-
MIWF NRW (o.J.)	✓	-	✓
MWK BW (2013a)	✓	✓	-
Strategien anderer Länder			
Schweden (Formas 2012)	✓	-	-
USA (The White House 2012)	-	-	✓

Quelle: Eigene Zusammenstellung

4.3 Bioökonomie als Realität und Entwicklungsziel

Die Strategiepapiere, die mit einer Technologie-orientierten Definition arbeiten, betrachten die Bioökonomie als bereits bestehende Realität (Tab. II.5). Die ökonomischen Potentiale von moderner Biotechnologie und Biowissenschaften werden schon genutzt, und die Strategien zielen darauf, möglichst günstige Bedingungen für die weitere Verfolgung dieses technologischen und ökonomischen Pfades zu schaffen.

Dagegen stellt in den Strategien, die auf einen Wandel von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft und eine Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen wie Ernährungssicherung und Klimawandel zielen, die Bioökonomie eher einen angestrebten zukünftigen Zustand dar. Bioökonomie wird hier als Transformationsprozess, der die Wirtschaft grundlegend verändert, konzipiert. Am stärksten ausgeprägt ist dies in der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ des BMBF (2010), die mit einer Vision für die Bioökonomie arbeitet.

Mit der Transformationsperspektive ist gleichzeitig eine Aufwertung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung der Bioökonomie verbunden, indem traditionelle Wirtschaftssektoren wie beispielsweise Land-, Forstwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie als Teil der Bioökonomie betrachtet werden

(Kap. II.5). Der Bioökonomierat (2010) betont allerdings, dass die Bioökonomie gegenwärtig noch keinen eigenständigen Wirtschaftssektor darstellt, sondern dass es sich um ein „Konglomerat von Branchen auf dem Weg zu einem neuen Sektor“ handelt.

Tab.II. 5: Bioökonomie-Definitionen in den Strategien – Zeithorizont

Strategie	Existierende Realität	Anzustrebende Transformation	Definierter Zeithorizont
Internationale Strategien			
OECD (2009)	✓	-	**2015 + 2030**[1)]
EC (2012a + b)	✓	✓[2)]	-[3)]
Deutsche Strategien			
Bioökonomierat (2009)	✓	-	-
Bioökonomierat (2010)	✓	-	✓[4)]
BMBF (2010)	-	✓[5)]	**2030**
BMEL (2014)	✓	✓[5)]	-
MIWF NRW (o.J.)	✓	-	-
MWK BW (2013a)	✓	-[6)]	-
Strategien anderer Länder			
Schweden (Formas 2012)	-	✓[7)]	-
USA (The White House 2012)	✓	-	-

Anmerkungen: 1) Trendabschätzung für das Jahr 2015 und Szenarien für das Jahr 2030.
2) "[Bioeconomy] as key element for smart and green growth in Europe." (EC 2012a, S. 2)
3) Die einzelnen Punkte des Aktionsplans sollen innerhalb eines kurz- (2-3 Jahre), mittel- (5-6 Jahre) oder langfristigen (nach 2020) Zeitrahmens umgesetzt werden (EC 2012b, S. 33 ff.).
4) Die Empfehlungen beziehen sich auf einen Zeitraum von rund 20 Jahren (Bioökonomierat 2010, S. 6).
5) Wandel von einer erdöl- zu einer bio-basierten bzw. auf erneuerbaren Ressourcen basierenden Wirtschaft (BMBF 2010, S. 2; BMEL 2014, S. 8).
6) Bezugnahme auf einen bevorstehenden Wandel von einer auf Nutzung fossiler Rohstoffe ausgerichteten Wirtschaft hin zu einer bio-basierten Wirtschaft (MWK BW 2013, S. 1).
7) "Transition from an economy that to a large extent has been based on fossil fuels to a more resource-efficient economy based on renewable raw materials." (Formas 2012, S. 9)

Quelle: Eigene Zusammenstellung

4.4 Fazit

Die Bezeichnung „wissensbasierte Bioökonomie“ wurde zunächst auf EU-Ebene eingeführt und geht auf die Lissabon-Strategie zurück. Zwar hat die Kennzeichnung „wissensbasiert“ auf europäischer Ebene an Bedeutung verloren, sie wird aber in den nationalen Strategien teilweise explizit weiter verwendet und schwingt in anderen mit, da in allen Strategien stark auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Technologien sowie ihre Umsetzung in wirtschaftlich verwertbare Innovationen gesetzt wird.

Die verschiedenen verwendeten Definitionen sind mehr oder weniger eng mit unterschiedlichen Verständnissen der Bioökonomie verknüpft. Zwei grundlegende Ansätze zum Verständnis der Bioökonomie sind zu unterscheiden:

> Technologie-orientierte Definitionen, wie sie in den Strategien der OECD und der USA verwendet werden, repräsentieren eine *Bioökonomie im engeren Sinne*. Danach beschränkt sich die Bioökonomie auf die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologien und der Erkenntnisse aus den Biowissenschaften. Die Rohstoffbasis Biomasse spielt keine prominente Rolle. Die wirtschaftliche Bedeutung der Bioökonomie ergibt sich aus ihrem hohen Innovationspotential. Die Bioökonomie ist schon gegebene Realität und soll unterstützt und ausgebaut werden, um ihre ökonomischen Potentiale möglichst optimal zu nutzen.

> Dagegen liegt den Strategien, die den Wandel von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft und die Bewältigung der großen globalen Herausforderungen betonen, ein Verständnis der *Bioökonomie im weiteren Sinne* zugrunde. Entsprechend werden Ressourcen- und Wirtschaftssektoren-orientierte Definitionen, teilweise mit normativen Komponenten zur Nachhaltigkeit der Bioökonomie, genutzt. Zur Bioökonomie werden hier alle Wirtschaftssektoren gerechnet, die in die Erzeugung und Nutzung von biologischen Ressourcen involviert sind. Dagegen werden Nutzungen von Biotechnologie im Gesundheitsbereich wie personifizierte Medizin oder Biomedizin in diesen Strategien nicht adressiert. Die wirtschaftliche Bedeutung der Bioökonomie wird durch die Einbeziehung traditioneller Wirtschaftssektoren (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Nahrungsmittelindustrie) gestärkt. Mit der Perspektive einer Transformation der gesamten Wirtschaft ist gleichzeitig verbunden, dass sich die Bioökonomie erst in der Zukunft vollständig entfalten wird. Hier wird in den Strategien teilweise neben Bioökonomie auch der Begriff bio-basierte Wirtschaft verwendet, wobei die beiden Begriffe als austauschbar verstanden werden.

5. Aktuelle Bioökonomie

In einem Teil der Strategiepapiere wird der Versuch unternommen, die aktuelle wirtschaftliche Bedeutung der Bioökonomie zu beschreiben (Tab. II.6). In Abhängigkeit von dem zugrunde gelegten Bioökonomieverständnis erfolgt dies in unterschiedlicher Weise.

5.1 Aktuelle Bioökonomie im weiteren Sinne

Die systematischste Darstellung mit Untergliederung in verschiedene Wirtschaftssektoren liegt für die *EU* vor, wobei in dieser Abschätzung auch die traditionellen Wirtschaftssektoren mit Biomassenutzung einbezogen sind. Nach dem Arbeitsdokument der Europäischen Kommission (EC 2012b: 7) wird in der europäischen Bioökonomie ein jährlicher Umsatz von 2.078 Mrd. Euro von etwas mehr als 22 Mio. Beschäftigten oder etwa 9% der EU-Beschäftigten erzielt. In **Deutschland** wird die Bioökonomie bereits heute als wichtiger Bestandteil der deutschen Wirtschaft betrachtet, da sie im Jahr 2007 ca. 165 Mrd.

Euro bzw. 8% der Bruttowertschöpfung erwirtschaftet und insgesamt knapp 5 Mio. Beschäftigte bzw. 12,5% aller Beschäftigten umfasst (BMEL 2014: 15). Der Bioökonomierat (2009: 9) gibt für 2007/2008 einen Jahresumsatz von rund 300 Mrd. Euro und ca. zwei Millionen Beschäftigte an. Eine Aufgliederung in die einzelnen Wirtschaftssektoren wird in den deutschen Strategiepapieren nur sehr unvollständig vorgenommen (Tab. II.6).

Die Bedeutung der Bioökonomie wird ergänzend unterstrichen mit dem Umfang, den die stoffliche und energetische Biomassenutzung erreicht hat. So wird angeführt, dass 2008 in der chemischen Industrie ca. 2,7 Mio. Tonnen nachwachsende Rohstoffe eingesetzt wurden, was rund 13 Prozent der insgesamt eingesetzten organischen Rohstoffe entspricht. Bei der Endenergie aus erneuerbaren Quellen liegt der Anteil der Biomasse bei 69% (BMBF 2010: 10).

5.2 Aktuelle Bioökonomie im engeren Sinne

In den Strategien, die eine Technologie-orientierte Definition verwenden (Kap. II.4.2), wird nur auf die wirtschaftliche Bedeutung der Biotechnologie-Industrie eingegangen. Im US-Blueprint Bioökonomie wird angegeben, dass in den USA die Einnahmen von genetisch modifizierten Pflanzen im Jahr 2010 rund 76 Mrd. US-Dollar betrugen. Die Einnahmen der industriellen Biotechnologie werden für dasselbe Jahr mit rund 100 Mrd. US-Dollar beziffert (The White House 2012: 1). Laut OECD-Studie trug Mitte der 2000er Jahre die Biotechnologie-Industrie weniger als 1% zum Bruttoinlandsprodukt der OECD-Länder bei (OECD 2009: 23). Die wirtschaftliche Bedeutung der Biotechnologie-Industrie wird hauptsächlich aus anderen Indikatoren abgeleitet. Beispielsweise wird angeführt, dass im Jahr 2006 die Ausgaben der weltweit führenden Unternehmen für Forschung und Entwicklung mit Bezug zur Biotechnologie im Bereich Gesundheit 31,8 Mrd. US-Dollar, im Bereich Primärproduktion (Landwirtschaft) 1,9 Mrd. US-Dollar und im Bereich Industrie 0,3 Mrd. US-Dollar betrugen (OECD 2009: 188). Aber auch in der Forschungsstrategie des BMBF wird herausgestellt, dass es in Deutschland im Bereich der Biotechnologie ca. 500 Firmen gibt, deren Umsatz und Anzahl der Beschäftigten kontinuierlich wachsen. In dieser Branche werden jährlich ca. 2,2 Mrd. Euro erwirtschaftet (BMBF 2010: 10).

Tab. II. 6: Angaben in den Bioökonomie-Strategien zum jährlichen Umsatz (bzw. Produktionswert oder Bruttowertschöpfung) der Bioökonomie (Mrd. Euro)

Wirtschaftssektor	Jahr	D	EU	USA	Weltweit
Landwirtschaft	2009	40[2)]	381		1.592[1)]
Saatgut	2009				36,5[2)]
GV Saatgut	2010			76[3)]	
Nahrungsmittel	2009		965		
Forstwirtschaft + Holzindustrie	2009		269		
Fischerei + Aquakultur	2009		32		
Papier + Zellstoff	2009		375		
Bio-basierte Chemikalien + Kunststoffe	2009		50		
	2005				21,2[4)]
Enzyme	2009		0,8		
Biopharmazeutika					80
Biokraftstoffe	2009		6		
Bioenergie		11.4			
Biotechnologie		2.2			
Industrielle Biotechnologie	2010			100[3)]	
Bioökonomie gesamt	2009		2.078		
	2007/2008	300			
	2007	165[5)]			

Anmerkungen:
1) Wertschöpfung in US-Dollar
2) Produktionswert
3) Umsatz in US-Dollar
4) Produktionswert in US-Dollar
5) Bruttowertschöpfung

Quellen: Bioökonomierat 2009, S. 9; Bioökonomierat 2010, S. 18; BMBF 2010, S. 10; BMEL 2014, S. 15; EC 2012b, S. 7; OECD 2009, S. 121

5.3 Monitoring der Bioökonomie

Die in den Dokumenten aufgeführten wirtschaftlichen Kenndaten der Bioökonomie stammen nur sehr begrenzt aus statistischen Erhebungen. Viele Daten sind von Industrieverbänden bzw. aus einzelnen Studien übernommen. Eine wesentliche Ursache ist, dass die Bioökonomie-Aktivitäten in verschiedenen Wirtschaftssektoren angesiedelt sind und der Bioökonomie-Anteil nicht systematisch erfasst wird. Sowohl auf der europäischen als auch auf der deutschen Ebene sind mittlerweile Vorarbeiten für ein systematisches Monitoring der Bioökonomie eingeleitet worden. In der EU wurde ein Bioeconomy Observatory[6] eingerichtet und das Projekt „Developing A Systems Analysis Tools Framework for the EU Bioeconomy (SAT BBE)“[7] hat die Zielsetzung, einen Ansatz zur Beschreibung, zum Monitoring und zur Modellierung der Bioökonomie als Teil des ökonomischen Systems zu entwickeln. In Deutschland sind

6 https://biobs.jrc.ec.europa.eu/
7 http://www3.lei.wur.nl/satbbe/Default.aspx

drei Sachstandsberichte zu den Informationsgrundlagen für ein kontinuierliches Monitoring der Bioökonomie erstellt worden (Adler et al. 2015; Delzeit et al. 2015; O'Brien et al. 2015). Sowohl auf europäischer Ebene als auch in Deutschland wird über ökonomische Kennzahlen hinausgehend ein systemischer Ansatz verfolgt, der u.a. Treiber und Wirkungen einschließt. Außerdem spielen Modellierungen der Bioökonomie in beiden Fällen eine wichtige Rolle.

5.4 Fazit

Mit einem Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne werden traditionelle Wirtschaftssektoren mit Biomassenutzung in die Abschätzung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung einbezogen. Damit wird die Bioökonomie zu einem heute schon sehr wichtigen Teil der Volkswirtschaft. Bei einem engen Verständnis von Bioökonomie – nur Biotechnologie – fällt die volkswirtschaftliche Bedeutung bescheidener aus; der Sektor hat aber eine höhere wirtschaftliche Dynamik. Die vorliegenden Daten sind unvollständig und stammen aus Einzelstudien, da die Biotechnologie-Industrie in der Wirtschaftsstatistik nicht systematisch erfasst wird. Mittlerweile sind in Deutschland und der Europäischen Union Arbeiten begonnen worden, um zu einem systematischen Monitoring der Bioökonomie zu kommen.

6. Visionen und Erwartungen

Eine Vision wird explizit nur in der deutschen Forschungsstrategie Bioökonomie formuliert. Die BMBF-Vision lautet: „Eine am natürlichen Stoffkreislauf orientierte, nachhaltige bio-basierte Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt sowie uns mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt.“ (BMBF 2010: 3). Aber auch ohne explizite Vision beinhalten die Strategien weitreichende Erwartungen an die Bioökonomie, die im ersten Untersuchungsschritt herausgearbeitet werden (Kap. II.6.1). In einem zweiten Schritt werden diese Erwartungen dann zu Visionen gebündelt (Kap. II.6.2).

6.1 Erwartungen in den Bioökonomie Strategien

Die in den Strategien enthaltenen Versprechungen bzw. Erwartungen sind in der Tabelle II.7 zusammengestellt. Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Erwartungen genauer analysiert.

Tab. II. 7 Erwartungen in den Bioökonomie Strategien

Strategie	Erwartungen							
	Struktur-wandel in der Roh-stoffbasis	**Innovative Wissens-gesell-schaft**	**Lösung globa-ler Heraus-for-derungen**	**Wachstum und Wettbewerbs-fähigkeit**	**Biotechnologie als Schlüssel-innovation**	**Globale Bioökonomie**	**Revolution im Gesundheits-bereich**	**Gesellschaft-li-che Ak-zeptanz**
Internationale Strategien								
OECD (2009)	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EC (2012a + b)	✓	-	✓	✓	-	✓	-	✓
Deutsche Strategien								
Bioökonomierat (2009)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Bioökonomierat (2010)	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-
BMBF (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
BMEL (2014)	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓
MIWF NRW (o.J.)	✓	-	✓	-	✓	-	**(✓)**	✓
MWK BW (2013a)	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Strategien anderer Länder								
Schweden (Formas 2012)	✓	-	-	✓	-	-	-	-
USA (The White House 2012)	-	-	-	✓	✓	-	✓	-

Quelle: Eigene Auswertung

Ökonomisches Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit

Alle Strategien teilen die Erwartung, dass die Bioökonomie einen wichtigen Beitrag zum Wachstum und zur Wettbewerbsfähigkeit der jeweiligen Volkswirtschaft leisten wird. Teilweise wird ergänzend explizit formuliert, dass in der Folge neue Arbeitsplätze entstehen werden. Diese Erwartungen an die Bioökonomie stehen damit in der Tradition der Erwartungen an die moderne Biotechnologie in der Vergangenheit. Mit der Biotechnologie wurden schon früh außergewöhnliche Machbarkeits- und Kommerzialisierungspotentiale verbunden (Barben 2007: 64). Etablierte industrielle Großunternehmen haben sich danach in der modernen Biotechnologie mit dem prioritären Ziel engagiert, ihre eigene Innovationsdynamik zu erhöhen, darüber Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionsvorsprünge zu erzielen und so ihre Konkurrenzposition auf z.T. stark umkämpften Märkten zu verbessern. Parallel stellt seit langem die Sicherung der biotechnologischen Wettbewerbsfähigkeit und der Wettlauf um die besten Standortbedingungen für biotechnische Forschung und Produktion eine entscheidende Leitorientierung in der Technologiepolitik aller führenden Industrieländer dar (Dolata 2003: 150). Die Vision, mit Bioökonomie wirtschaftliches Wachstum zu fördern, die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen und Arbeitsplätze zu schaffen, ist eng mit dem Ziel verbunden, eine Technologieführerschaft zu erzielen (s. folgend „Innovative Wissensgesellschaft"). In den Strategien mit einem Bioökonomie-Verständnis im weiteren Sinne werden diese Erwartungen nun auch auf die traditionellen Sektoren der Bioökonomie ausgeweitet.

Innovative Wissensgesellschaft

Der Begriff „wissensbasiert" wird nur begrenzt als Zusatz zum Begriff Bioökonomie verwendet (Kap. II.4.1), aber wissensbasiert wird häufig als wichtiges Element bei der Entwicklung der Bioökonomie verstanden. Gemeinsames Verständnis aller Dokumente ist, dass neue wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Entwicklungen die Bioökonomie prägen und gefördert werden sollen. Der Bioökonomierat (2010: 6) spricht von in der Regel sehr forschungsintensiven wirtschaftlichen Aktivitäten. Danach ist die Bioökonomie vom Zusammenwirken von Wissensgenerierung (Invention) und erfolgreicher Umsetzung am Markt (Innovation) geprägt (Bioökonomierat 2009: 11). In zwei Strategien wird dies dahingehend zugespitzt, dass eine „Technologieführerschaft" angestrebt wird (BMBF 2010; MWK BW 2013). In der Forschungsstrategie der Bundesregierung wird die Bioökonomie zusätzlich in die umfassendere Vision der „Entwicklung einer freien, dynamischen und innovativen Wissensgesellschaft" eingebettet (BMBF 2010: 14). Insgesamt ist das Innovationsverständnis in den Strategien stark technikzentriert.

Biotechnologie als Schlüsselinnovation

Bei den Strategien mit einem Bioökonomieverständnis im engeren Sinne ist die Biotechnologie konstitutives Element (OECD 2009; The White House 2012). Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Integration der Biotechnologie über verschiedene Wirtschaftssektoren hinweg erfolgen wird (OECD 2009: 15). Eine ähnliche Erwartung ist beim Bioökonomierat zu finden: Danach kommt es auf eine verstärkte Kombination von Schlüsseltechnologien im Bereich der Bio- und Lebenswissenschaften mit den Agrar- und Ingenieurwissenschaften an (Bioökonomierat 2010: 6).

In den Bioökonomie-Strategien der Bundesregierung, denen ein Bioökonomieverständnis im weiteren Sinne zugrunde liegt, die also einen Wandel zu einer bio-basierten Wirtschaft anstreben, wird die Biotechnologie ebenfalls als wichtiger Impulsgeber bzw. als Schlüsseltechnologie betrachtet (BMBF 2010: 2; BMEL 2014: 8). Dies gilt auch für Nordrhein-Westfalen. Eine Besonderheit stellt hier allerdings der

Ausschluss des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen bzw. der Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen sowie der Herstellung von Lebens- und Futtermitteln, Zusatzstoffen und Nahrungsergänzungsmitteln unter Einsatz von Gentechnik von Unterstützung durch die Landesregierung in Nordrhein-Westfalen dar (MIWF NRW o.J.: 3-4). In den Strategien Baden-Württembergs, der Europäischen Kommission und Schwedens (EC 2012a + b; Formas 2012; MWK BW 2013) wird schließlich die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie nicht besonders hervorgehoben.

Strukturwandel zu einer bio-basierten Rohstoffbasis

Bei den Strategie-Papieren mit einem Bioökonomieverständnis im engeren Sinne (Kap. II.4.4) spielt ein Wandel der Rohstoffbasis keine Rolle. Im Mittelpunkt steht die Bioökonomie als wachsender Wirtschaftssektor durch (bio-)technologische Innovationen, mit denen Biomasse effizienter und/oder für neue Produkte genutzt werden soll, ohne Art und Umfang der Biomassebereitstellung zu diskutieren.

Ausgangspunkt für eine Argumentation des Rohstoffwandels sind die Herausforderungen, die sich durch die Endlichkeit fossiler Ressourcen und den Klimawandel ergeben (z.B. BMBF 2010: 4). Drei Strategien beinhalten die Vision eines grundsätzlichen Strukturwandels von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft (BMBF 2010; MIWF NRW o.J.; MWK BW 2013). Hier wird zumindest der Eindruck erweckt, dass ein vollständiger Austausch von Erdöl durch Biomasse als Ressourcenbasis erfolgen wird, da nicht näher bestimmt ist, in welchen Sektoren (stofflich und/oder energetisch) und in welchem Umfang dieser Strukturwandel angestrebt wird. Die Begrenztheit von Biomasseressourcen wird aber insoweit reflektiert, dass in diesen Strategien die effizientere und nachhaltigere Nutzung eine wichtige Rolle spielt.

Ein Teil der Strategien formuliert vorsichtigere Erwartungen: Nach der EU-Strategie soll die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen verringert werden (EU 2012a: 2), der Bioökonomierat (2009: 8) sieht in seinen ersten Empfehlungen die Nutzung von Biomasse als einen wichtigen Schritt auf dem Weg zum nachfossilen Zeitalter und die deutsche Politikstrategie spricht von einem Wandel zu einer auf erneuerbaren Ressourcen beruhenden Wirtschaft (BMEL 2014: 8). Damit wird der Wandel zu einer bio-basierten Rohstoffbasis in zwei Richtungen relativiert: Zum einen in quantitativer Hinsicht – nur teilweise Ersetzung fossiler Ressourcen – und zum anderen in qualitativer Hinsicht – Biomasse als Teil der umfassenderen regenerativen Ressourcen.

Der Strukturwandel zu einer bio-basierten Rohstoffbasis wird vom BMBF mittlerweile als „umfassende gesellschaftliche Transformation“ charakterisiert (BMBF 2014c: 2). Damit wird der disruptive Charakter der Bioökonomie, also der grundlegende Wandel in der technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung, herausgestellt. Gleichzeitig werden damit Ansätze aus den Wirtschafts-, Sozial-, Politik- und Umweltwissenschaften als Bestandteil bioökonomischer Innovationsprozesse gesehen (s. Kap. II.8.1), da die angestrebte grundlegende Transformation Fragen der Legitimität, der Steuerung, der Zielkonflikte, der Nebeneffekte usw. aufwirft. Dies gilt ebenso für die Strategien von Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Schweden.

Lösung globaler Herausforderungen

In fast allen Strategiepapieren wird erwartet, dass die Bioökonomie wichtige Beiträge zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen leisten kann, wobei überwiegend von globalen Herausforderungen gesprochen wird. Konkret werden in einzelnen Dokumenten Welternährung, Ressourcen-, Klima- und Umweltschutz sowie Gesundheitsprobleme genannt. Nur in den Strategien aus Schweden und den USA wird nicht explizit auf globale Herausforderungen Bezug genommen.

Globale Bioökonomie

Fünf Strategien erwarten einen globalen Charakter der Bioökonomie. Dabei wird die globale Bioökonomie in zwei unterschiedlichen Ansätzen konzeptualisiert: Einerseits wird die Bioökonomie als Teil einer globalen Strategie zu einer nachhaltigeren Ressourcennutzung gesehen (EC 2012a: 4). Der Fokus liegt hier also auf der Lösung globaler Probleme. Andererseits wird die Bioökonomie selbst als ein globales Phänomen betrachtet. Danach ist die internationale Arbeitsteilung in Forschung, Produktion und Marktzugang im Rahmen der Bioökonomie von wesentlicher Bedeutung (Bioökonomierat 2009: 16). Eine globale Vernetzung von Wertschöpfungsketten, Biorohstoffen und Technologien wird hervorgehoben (Bioökonomierat 2010: 18; allgemein ebenso BMEL 2014: 9). Das Spannungsverhältnis zur Steigerung der nationalen Wettbewerbsfähigkeit wird nicht diskutiert.

Revolution im Gesundheitsbereich

Grundlegende Veränderungen im Gesundheitsbereich werden in zwei Strategien mit der Biotechnologie assoziiert. Die Erwartung ist, dass Biotechnologie die Entwicklung von Diagnostika, Impfstoffen, Arzneimitteln und Therapien beherrschen wird (OECD 2009: 196; The White House 2012: 9) und damit ganz neue Möglichkeiten der Behandlung von Krankheiten eröffnet werden.

Der Bioökonomierat (2009: 5) hat für den Lebensmittelbereich die Erwartung, dass Lebensmittel mit nachgewiesenem krankheitspräventivem Potenzial zukünftig eine zentrale Komponente der Gesundheitsfürsorge sein werden. Hier wird also nicht direkt der Gesundheitsbereich adressiert, sondern eine engere Verknüpfung von Ernährung und Gesundheit durch funktionale Lebensmittel erwartet.

Nordrhein-Westfalen begründet dagegen die Einbeziehung des Gesundheitsbereiches nicht aus den erwarteten neuen biotechnologischen Möglichkeiten, sondern mit der Stärke seiner Pharmaindustrie, Medizintechnik- und Biotechnologie-Branche, die viele potenzielle Anwendungsbereiche zur Umsetzung einer Bioökonomie eröffnet (MIWF NRW o.J.: 1).

Gesellschaftliche Akzeptanz

Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz der Bioökonomie werden unterschiedlich thematisiert. Im OECD-Bericht wird darauf hingewiesen, dass die öffentliche Meinung zu biotechnologischen Produkten von einem signifikanten Nutzen für Verbraucher oder für die Umwelt abhängt (OECD 2009: 16). Indirekt wird damit eine breite gesellschaftliche Akzeptanz erwartet, da ein entsprechender Nutzen der Biotechnologie unterstellt wird.

Das BMBF entwickelt die Vision, dass die deutsche Gesellschaft die Ergebnisse aus den Lebens- und Technikwissenschaften mit Aufgeschlossenheit und Neugier aufnehmen sowie den (bio)technischen Fortschritt und die Globalisierung als Chancen verstehen wird (BMBF 2010: 2). Um dies zu erreichen,

soll der Dialog und die Interaktion zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit weiter gestärkt werden. Dieser „Dialog“ wird allerdings einseitig verstanden, indem die wissenschaftliche Zusammenhänge und ihr Nutzen für den Einzelnen und die Gesellschaft verdeutlicht und diese Aufgabe eigenverantwortlich durch die Forscherinnen und Forscher in Wissenschaft und Wirtschaft selbst wahrgenommen werden soll (BMBF 2010: 44).

In der deutschen Politikstrategie Bioökonomie ist „Information und gesellschaftlicher Dialog“ eines der drei Querschnittshandlungsfelder. Neben der zielgerichteten Information, um die Aufgeschlossenheit für bio-basierte Produkte und Innovationen zu stärken, wird nun allerdings auch ein partizipativer Dialog angestrebt. Dieser soll dazu beitragen, gesellschaftliche Anforderungen an die Entwicklung der Bioökonomie zu formulieren (BMEL 2014: 10). Ähnlich ist die Vorstellung der EU-Kommission, die partizipatorische Modelle fordert, die Bürger und Endnutzer einbeziehen (EC 2012: 7).

6.2 Visionen der Bioökonomie

Aus den zuvor diskutierten Erwartungen bzw. Versprechungen der Bioökonomie-Strategien ergeben sich im Kern zwei Visionen:

> eine *Biotechnologie-zentrierte Vision*: Biowissenschaften und -technologien als Innovationstreiber
> eine *Transformations-zentrierte Vision*: Wandel zu einer bio-basierten Wirtschaft

Die *Biotechnologie-zentrierte Vision* entwirft eine Zukunft, in der es durch neue Erkenntnisse insbesondere der Biowissenschaften und den daraus hervorgehenden Innovationen zu ökonomischem Wachstum, verbesserter internationaler Wettbewerbsfähigkeit und neuen Arbeitsplätzen kommt. Damit werden in dieser Vision die Erwartungen der letzten Jahrzehnte an die Biotechnologie und Lebenswissenschaften fortgeschrieben. Die Erwartung ist, dass die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie einen wesentlichen Beitrag zur wirtschaftlichen Leistung liefert und eine Integration der Biotechnologie über verschiedene Wirtschaftssektoren hinweg stattfindet. Wissenschaftliche Erkenntnisse, technische Entwicklungen und unternehmerische Innovationen werden als Treiber der Bioökonomie gesehen, beeinflusst durch Politiken der Regierung wie öffentliche Forschungsförderung, verbesserte Regulation, Regelungen zum geistigen Eigentum und der Förderung von Nachwuchsausbildung. Wissenschaftliche Durchbrüche (z.B. in der synthetischen Biologie), die zu radikalen Innovationen mit entsprechenden Effekten führen, werden in absehbarer Zeit für möglich gehalten. Die wichtigsten Zielsetzungen sind die Erzielung von Wettbewerbsvorteilen und die Erreichung einer führenden Position bei Technologien und in Märkten.

In der *Transformations-zentrierten Vision* wird die Bioökonomie als Antwort auf globale Herausforderungen wie Klimawandel, Ernährungssicherung und Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen gesehen. Im Mittelpunkt dieser Vision steht die strukturelle Transformation zu einer bio-basierten Wirtschaft. Die angestrebte Veränderung reicht von Biomasse als der neuen Rohstoffbasis in nicht näher spezifizierter Weise bis zu Biomasse als Teil der erneuerbaren Ressourcen. Ursprünglich folgten die EU und Deutschland auch der Biotechnologie-zentrierten Vision und erst als Resultat eines längeren Prozess bildete sich die gegenwärtige Transformations-zentrierte Vision heraus. Erwartungen an ökonomisches Wachstum und verbesserte internationale Wettbewerbsfähigkeit sind nach wie vor von hoher Relevanz, nun aber kombiniert mit Versprechungen einer verbesserten Nachhaltigkeit. Der starke Fokus auf Innovationen durch Forschung und Entwicklung neuer Technologien wird beibehalten. Neben der Biotechnologie als Schlüsseltechnologie wird ein breites Spektrum von Technologien einbezogen. In den Strategien mit dieser Vision werden Zielkonflikte und Landnutzungskonkurrenzen, die aus der

Transformation resultieren können, angesprochen. Die Vision korrespondiert mit einem Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne, das alle ökonomischen Sektoren einbezieht, die in die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen involviert sind. Dagegen werden der Gesundheitssektor und Biotechnologien im Gesundheitsbereich nicht mehr berücksichtigt. Der Transformationsansatz erfordert die Adressierung verschiedener spezifischer Politikfelder als auch einen kohärenten Politikrahmen.

6.3 Fazit

Alle Strategien teilen mehr oder weniger stark die Erwartung, durch neue Erkenntnisse insbesondere der Biowissenschaften und den daraus hervorgehenden Innovationen zu ökonomischem Wachstum, verbesserter internationaler Wettbewerbsfähigkeit und neuen Arbeitsplätzen zu gelangen. Im Kontext der Bioökonomie werden somit die Erwartungen der letzten Jahrzehnte an die Biotechnologie und Lebenswissenschaften fortgeführt. In der großen Mehrzahl der Strategien wird dementsprechend die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie betrachtet. Dabei soll eine Integration der Biotechnologie über verschiedene Wirtschaftssektoren hinweg erfolgen. Im Gegensatz zur Vergangenheit ist außerdem bei der Bioökonomie eine Öffnung hin zu anderen Technologiefeldern und Innovationsansätzen zu beobachten. Durchweg stehen aber wissensbasierte Innovationen, High-Tech-Ansätze und forschungsintensive wirtschaftliche Aktivitäten im Mittelpunkt. Die Rahmung in eine insgesamt dynamische und innovative Wissensgesellschaft ist dagegen die Ausnahme.

Die Hälfte der untersuchten Strategien beschreibt die Bioökonomie als globales Phänomen. Die Erwartung ist eine intensive internationale Arbeitsteilung, Kooperation und Vernetzung in der Forschung und Technologieentwicklung, der Bereitstellung von Biorohstoffen, der Wertschöpfungsketten sowie der Märkte. Diese Globalisierung wird als gegebene Randbedingung wahrgenommen. Gleichzeitig gibt es Elemente der Konkurrenz, indem teilweise regionale bzw. nationale Stärken und Chancen herausgestellt sowie eine Technologieführerschaft angestrebt werden.

Auf der EU-Ebene, in Deutschland und Schweden wurde die Biotechnologie-zentrierte Vision durch eine Vision des Rohstoffwandels ergänzt bzw. ersetzt. Im Mittelpunkt dieser Vision steht ein Strukturwandel von einer erdöl-basierten hin zu einer bio-basierten Wirtschaft. Dabei gibt es Abstufungen, inwieweit die Wirtschaft zukünftig auf biologischen Ressourcen bzw. Biomasse gegründet werden soll. Bioökonomie wird hier als Antwort auf globale Herausforderungen verstanden. Angeknüpft wird an Vorstellungen von einem Veränderungsprozess hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft innerhalb der planetarischen Leitplanken, was der Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderung eine „Große Transformation“ nennt (WBGU 2011). Die vom WBGU geforderte umfassende Dekarbonisierung steht allerdings in einem Spannungsverhältnis zum Bioökonomie-Konzept einer bio-basierten Wirtschaft, das auf einen Austausch der Kohlenstoff-Quelle von fossil auf nachwachsend zielt.

Die Entwicklung der modernen Biotechnologie ist in der Vergangenheit teilweise von gesellschaftlichen Kontroversen begleitet worden, was insbesondere für die Grüne Gentechnik zutrifft. Hinsichtlich der gesellschaftlichen Akzeptanz beinhaltet die Forschungsstrategie der Bundesregierung die Vision, dass der (bio)technische Fortschritt und die Globalisierung als Chancen positiv aufgenommen werden. Mit einem klassischen Modell der Akzeptanzerzeugung soll dies erreicht werden, indem Wissenschaft und Wirtschaft über den Nutzen der Bioökonomie informieren und die Bevölkerung überzeugen. Hier gibt es in den letzten Jahren eine teilweise Veränderung des Ansatzes, indem in der Politikstrategie Bioökonomie, ebenso wie in der Strategie der Europäischen Kommission, partizipative Dialoge stärker betont werden. Damit sollen Möglichkeiten geschaffen werden, in denen Bürger und Endnutzer ihre Anforderungen an die Entwicklung der Bioökonomie formulieren können.

7. Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien

Die in den Bioökonomie-Strategien formulierten Visionen und strategischen Ziele sollen mittels verschiedener Forschungs- bzw. Handlungsfelder erreicht werden. Diese werden in unterschiedlichem Maße durch ausdifferenzierte Forschungsthemen bzw. Politikmaßnahmen konkretisiert. Im Folgenden werden zunächst die inhaltlichen Forschungs- und Handlungsfelder behandelt (Kap. II.7.1), und dann die angesprochenen Politikfelder analysiert (Kap. II.7.2).

7.1 Forschungs- und Handlungsfelder

Die Strategie-Papiere unterscheiden sich in ihrem Umfang und ihrer inhaltlichen Ausrichtung erheblich. Entsprechend gibt es erhebliche Unterschiede, in welchem Detaillierungsgrad konkretere Forschungs- bzw. Handlungsfelder benannt und dargestellt werden. Insbesondere die Strategien, die den Schwerpunkt auf strukturelle Maßnahmen zur Förderung von Forschung und Innovation legen, benennen nur wichtige Forschungs- und Innovationsfelder, teilweise mit exemplarischen wichtigen Innovationsansätzen, insbesondere aus dem Bereich der Biotechnologie. Dies gilt für OECD (2009), Bioökonomierat (2009), MIWF NRW (o.J.). und Formas (2012), wo nur allgemein inhaltliche Themenfelder der Bioökonomie genannt werden, ohne diese weiter auszudifferenzieren und mit Forschungsthemen bzw. Politikmaßnahmen zu konkretisieren.

Die *grundsätzliche Benennung von Handlungsfeldern* ergibt folgendes Bild (Tab. II.8): Die landwirtschaftliche Produktion wird in allen Strategien behandelt. Ebenso ist die stoffliche bzw. industrielle Nutzung von Biomasse durchweg ein wichtiges Handlungsfeld. Hier sind Bioraffinerien der zentrale Ansatz. Ausnahme sind die ersten Empfehlungen des Bioökonomierates (2009), die noch einen deutlichen Schwerpunkt auf die energetische Nutzung legen. Insgesamt ist die energetische Nutzung von Biomasse ein Handlungsfeld in sechs Strategien. In der US-Strategie spielen Biokraftstoffe nach wie vor eine wichtige Rolle. Außerdem ist auffällig, dass die energetische Nutzung nicht explizit in der EU-Strategie behandelt wird, obwohl mit dem Biomasseaktionsplan (EC 2005b) und der Erneuerbaren Energie Richtlinie (2009/28/EC) wesentliche Rahmenbedingungen für Bioenergie auf europäischer Ebene gesetzt sind. Ebenso in sechs Strategien sind die Nahrungsmittelproduktion bzw. Lebensmittelketten ein relevantes Handlungsfeld. Damit spielt der Nahrungsmittelbereich jedoch insgesamt eine geringere Rolle als die stoffliche non-food Nutzung von Biomasse. Neben den drei Hauptnutzungspfaden von Biomasse werden in einem Teil der Strategien auch speziellere Themenfelder und die Nachfrageseite angesprochen. Aquakultur und Fischerei werden in vier Strategien behandelt. Obwohl die stoffliche Nutzung von Lignozellulose durchweg als wichtig angesehen wird, ist die Forstwirtschaft bzw. Holzproduktion nur in zwei Strategien explizit und detailliert einbezogen. Das Forschungsfeld Algen ist Bestandteil von drei Strategien. Schließlich stellt der Gesundheitsbereich, insbesondere mit entsprechenden Biotechnologien, ein zentrales Handlungsfeld in drei Strategien dar.

Neben den verschiedenen Aspekten der Produktionsseite thematisieren vier Strategien anzustrebende Veränderungen des Verbraucherverhaltens, hin zu gesünderen und nachhaltigeren Ernährungsstilen.

Differenzierte Forschungs- bzw. Handlungsfelder sind in den Strategiepapieren von Bioökonomierat (2010), BMBF (2010), BMEL (2014) und MWK BW (2013) ausgearbeitet worden. In der US-Strategie (The White House 2012) gilt dies für den Gesundheitsbereich. In den genannten deutschen Strategien wird der *Bereich der Agrarproduktion* am differenziertesten behandelt. Auf folgende Themenfelder wird dort eingegangen:

> Pflanzenzüchtung (Erhöhung des Leistungspotentials von Kulturpflanzen)
> Sicherung und Nutzung von genetischen Ressourcen (von Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen)
> Bodennutzung und -qualität
> Wassernutzung und -effizienz
> Nährstoffe und Schließung von Stoffkreisläufen
> Landmanagement und Landnutzungskonzepte
> Anpassung an den Klimawandel
> Düngung
> Pflanzenschutz
> Agrartechnik
> Ökologischer Landbau
> Precision Agriculture
> Urban / Vertical Farming
> Systemare Betrachtung und Anpassung von landwirtschaftlichen Anbausystemen
> Integrierte Produktionssysteme (z.B. Agroforstsysteme)
> Regional bzw. lokal angepasste Bewirtschaftungssysteme für Entwicklungsländer
> Tierzucht, Tierhaltung, -fütterung und -gesundheit

Zusammenfassend bedeutet dies: Die Pflanzenzüchtung nimmt in vielen Strategien eine wichtige Rolle ein. Weiterhin werden die Nutzung verschiedener Umweltmedien und die Ökosystemdienstleistungen der Landwirtschaft adressiert. Ebenso werden verschiedene Elemente landwirtschaftlicher Bewirtschaftungssysteme (z.B. Düngung) angesprochen. Aber auch systemare Ansätze landwirtschaftlicher Anbausysteme sollen weiterentwickelt werden. Schließlich stellen verschiedene Aspekte der tierischen Produktion wichtige Forschungsthemen dar. Unter dem Dach der Bioökonomie werden dabei sehr unterschiedliche Ansätze, wie einerseits ökologischer Landbau und andererseits Precision Agriculture und Vertical Farming, gleichzeitig verfolgt. Insgesamt ist eine deutliche Kontinuität in den Themenfeldern zu erkennen. Neu sind vor allem die stärkere Betonung der systemaren Zusammenhänge und die Einbettung in landwirtschaftliche Anbausysteme.

Tab. II. 8: Forschungs- und Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien

Strategie	Forschungs- und Handlungsfelder								
	Agrar-produktion	**Nahrungsmittel-produktion**	**Stoffliche / industrielle Nutzung**	**Energetische Nutzung**	**Forst-wirtschaft / Holz-produktion**	**Aquakultur / Fischerei**	**Algen**	**Gesundheits-bereich**	**Verbraucher-verhalten**
Internationale Strategien									
OECD (2009)	✓	**(✓)**	✓	-	-	-	-	✓	-
EC (2012a + b)	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓
Deutsche Strategien									
Bioökonomierat (2009)	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-
Bioökonomierat (2010)	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	-	✓
BMBF (2010)	✓	✓	✓	✓	**(✓)**	✓		-	-
BMEL (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
MIWF NRW (o.J.)	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	-
MWK BW (2013a)	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-
Strategien anderer Länder									
Schweden (Formas 2012)	✓	-	✓	-	**(✓)**	✓	-	-	✓
USA (The White House 2012)	**(✓)**	-	✓	✓	-	-	-	✓	-

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die konkreten Themenfelder sind assoziiert mit verschiedenen Zielen:

> Höhere Erträge bzw. Leistung
> Stresstolerantere Pflanzen und Anbausysteme
> Erweiterung der Agrobiodiversität
> Steigerung der Ressourcen- und Konversionseffizienz und der Produktivität
> Reduktion von Emissionen (u.a. Klimagase) und negativer Umwelteffekte
> Reduktion von Verlusten
> Vollständige Nutzung der Biomasse
> Verringerung von Flächen- und Nutzungskonkurrenzen
> Reduktion von Herstellungs- bzw. Produktionskosten
> Neuartige High-Value-Produkte und möglichst hohe Wertschöpfung
> Steigerung des Gesundheitswerts von Lebensmitteln

Die Ziele der Ertrags- bzw. Leistungssteigerung, der Effizienz- und Produktivitätserhöhung sowie der Verlustreduktion und vollständigen Nutzung sollen sicherstellen, dass es bei der Realisation der Vision eines Strukturwandels zu einer bio-basierten Rohstoffbasis (Kap. II.6.2) nicht zu einer Übernutzung biologischer Ressourcen kommt. Gleichzeitig besteht bei diesen Zielen sowie bei den Zielen Verringerung von Flächen- und Nutzungskonkurrenzen und Erweiterung der Agrobiodiversität eine enge Verbindung zum Versprechen, zur Lösung globaler Herausforderungen beizutragen.

Eine vollständige Nutzung der Biomasse genauso wie die Ziele Steigerung der Produktivität und Reduktion von Herstellungs- bzw. Produktionskosten sollen Voraussetzungen schaffen, dass sich die Erwartungen von wirtschaftlichem Wachstum und internationaler Wettbewerbsfähigkeit erfüllen. Dies gilt gleichermaßen für die Ziele, eine möglichst hohe Wertschöpfung zu erzielen und bevorzugt neuartige High-Value-Produkte zu entwickeln.

7.2 Politikfelder

Nicht nur in den reinen Forschungsstrategien Bioökonomie, sondern in allen Strategien ist die *Forschungs- und Innovationsförderung das zentrale Politikfeld* (Tab. II.9). Themenfelder und Maßnahmen sind hier am stärksten ausformuliert. Dem liegt die Vorstellung zugrunde, dass die Entwicklung der Bioökonomie wesentlich durch Forschung und Entwicklung vorangetrieben wird. Die Leitlinien und Maßnahmen zur Organisation von Forschung und Innovation im Bereich Bioökonomie werden im Kapitel II.8.2 detailliert untersucht.

Die Entwicklung eines **kohärenten Politikrahmens**, über die Forschungspolitik hinausgehend, wird in fünf Strategien thematisiert. Vom Bioökonomierat (2010: 41) wird die mittlerweile umgesetzte Empfehlung eines nationalen Forschungsprogramms Bioökonomie als ein erster Schritt gesehen, um diese dann in eine übergeordnete Bioökonomie-Strategie einzubetten, was durch die deutsche Politikstrategie Bioökonomie erfolgt ist. Die Gestaltung eines kohärenten Politikrahmens wird von der Bundesregierung als eine fortlaufende Aufgabe gesehen und ist eines der Querschnittshandlungsfelder in der Politikstrategie (BMEL 2014: 45). Eine wesentliche Maßnahme dazu ist die Etablierung einer „Interministeriellen Arbeitsgruppe Bioökonomie“. Auch die Landesregierung Nordrhein-Westfalen hat eine „Austauschplattform“ eingerichtet, um die Strategien und Maßnahmen der Ressorts untereinander abzustimmen (MIWF NRW o.J.: 4).

Tab. II. 9: Politikfelder in den Bioökonomie-Strategien

Strategie	Politikfelder					
	Forschung und Innovation	**Kohärenter Politikrahmen**	**Public-Private Partnerships**	**Entwicklung neuer Märkte**	**Foresight und Folgenabschätzung**	**Information und Dialog**
Internationale Strategien						
OECD (2009)	✓	✓	-	✓	✓	✓
EC (2012a + b)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Deutsche Strategien						
Bioökonomierat (2009)	✓	-	✓	-	-	-
Bioökonomierat (2010)	✓	✓	-	-	-	✓
BMBF (2010)	✓	-	-	-	✓	✓
BMEL (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MIWF NRW (o.J.)	✓	✓	-			✓
MWK BW (2013a)	✓	-	-	-	✓	✓
Strategien anderer Länder						
Schweden (Formas 2012)	✓	-	-	✓	✓	-
USA (The White House 2012)	✓	-	✓	✓	-	-

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Eine bessere Verzahnung politischer Maßnahmen ist ebenso ein zentrales Element der EU-Strategie (EC 2012a: 10). Synergien und Kohärenz zwischen Politiken, Initiativen und Wirtschaftssektoren mit Bezug zur Bioökonomie sollen gefördert werden, u.a. mit einem Bioökonomie-Panel, das 2013 eingesetzt wurde (EC 2013), und sogenannten Joint Programming Initiatives (JPIs)[8]. Die nordrhein-westfälische Landesregierung will sich dafür einsetzen, dass die nationalen Aktivitäten der Bundesregierung stärker mit den Bundesländern verzahnt sowie die grenzüberschreitenden Kooperationen mit Flandern und den Niederlanden ausgebaut werden (MIWF NRW o.J.: 5). Eine kohärente Politikgestaltung umfasst also zwei Elemente, einerseits die Abstimmung zwischen verschiedenen Politikfeldern bzw. Fachressorts, und andererseits die Koordination zwischen verschiedenen politischen Ebenen, von den Ländern bis zur EU. Da die unterschiedlichen Interessenlagen in den verschiedenen Politikfeldern sowie die fachlichen Zuständigkeiten der Ressorts und politischen Ebenen bestehen bleiben, muss sich zeigen, ob die neu etablierten Koordinationsmechanismen ausreichen, um zu einer kohärenten Bioökonomie-Politik zu gelangen.

Eine untergeordnete Rolle spielen Public-Private Partnerships (PPPs) beim Bioökonomierat (2009: 18 – PPPs für Kooperationen zwischen Deutschland und den BRIC-Staaten) und der Bundesregierung (BMEL 2014: 49 – PPP-Modelle für Ausbildung qualifizierter Fachkräfte). Die Etablierung von *Public-Private Partnerships* ist dagegen ein wichtiges Element in den Strategien der EU und der USA. Im US-Blueprint Bioökonomie ist dies eines der fünf strategischen Ziele bzw. Handlungsfelder. Neben Partnerschaften im medizinischen Bereich sollen Public-Private Partnerships in den Bereichen Ernährungssicherung, neue Biomasseressourcen für Biokraftstoffe sowie landwirtschaftliche Exporte entwickelt werden (The White House 2012, S. 40-41).

Nach der EU-Strategie sollen Partnerschaften zu Bioökonomieforschung und -innovation ausgebaut werden (EC 2012a, S. 7, 9). Eine zentrale Maßnahme ist die Etablierung einer Public-Private Partnership für bio-basierte Industrien auf europäischer Ebene (EC 2012a: 11; EC 2012b: 37). Dies ist mittlerweile mit dem „Bio-Based Industries Joint Undertaking“[9] umgesetzt. Die Schwerpunkte dieser PPP sind nachhaltige Biomassebereitstellung, Bioraffinerien und Entwicklung bio-basierter Produkte und Märkte. Zielsetzung ist, bis 2030 mindestens 30% der erdöl-basierten Chemikalien und Produkte durch bio-basierte und bioabbaubare zu ersetzen. Von den Gesamtinvestitionen von 3,7 Mrd. Euro für den Zeitraum von 2014 bis 2020 sollen 975 Mio. Euro durch die EU (Horizon 2020) und 2,7 Mrd. Euro vom Privatsektor finanziert werden (BBI JU 2016a). Damit ist rund ein Viertel der Mittel für Bioökonomie in Horizon 2020 (Forschungsprogramm „Food security, sustainable agriculture, marine and maritime research, and bioeconomy“) für diese Public-Private Partnership reserviert (Dieckhoff et al. 2015: 15). Nach dem Budget 2016 kommen allerdings vom Gesamtbudget von rund 194 Mio. Euro für 2016 nur knapp 3 Mio. Euro von der Industrie (BBI JU 2016b: 96-97). Die Kommission verspricht sich von der PPP, dass Investitionen der Industrie im Bereich Bioökonomie angestoßen werden. Auf der anderen Seite erhält die Industrie hiermit erheblichen Einfluss auf die Forschungsagenda und einen direkten Zugriff auf öffentlich geförderte Forschungsergebnisse.

Für die *Entwicklung neuer Märkte* sind in fünf Strategien in unterschiedlicher Kombination insbesondere drei Instrumente vorgesehen:

> Förderung von Start-ups und kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs)
> Standards und Zertifizierung

8 s. beispielsweise http://faccesurplus.org/
9 http://www.bbi-europe.eu/

> Öffentliche Beschaffung

Die deutsche Politikstrategie sieht verschieden Maßnahmen zur Förderung von Start-ups und KMUs vor, wie die Verbesserung der Rahmenbedingungen für Beteiligungskapital in junge, innovative Unternehmen und die Förderung von Forschung, Entwicklung und Technologietransfer bei KMUs (BMEL 2014: 61-62). Ebenso sieht die schwedische Strategie eine Unterstützung von KMUs vor (Formas 2012: 32).

Nationale, europäische und internationale Normen, Standards und Lebenszyklusanalysen zu biologischer Abbaubarkeit, bio-basiertem Kohlenstoffgehalt, Verwertbarkeit und Nachhaltigkeit von bio-basierten Produkten sollen entwickelt bzw. verbessert werden (BMEL 2014: 62; ähnlich EC 2012a: 9, Formas 2012: 32), um die Erschließung neuer Märkte zu unterstützen. Schließlich soll die öffentliche Beschaffung von bio-basierten Produkten in drei Strategien (EC 2012a: 9; Formas 2012: 32; The White House 2012: 26) dazu beitragen, dass sich entsprechende Märkte entwickeln.

Informationspolitik ist ein weiteres Handlungsfeld in den meisten Bioökonomie-Strategien. Sie soll zur Vision einer breiten gesellschaftlichen Akzeptanz der Bioökonomie beitragen (s. Kap. II.6.1). Hintergrund ist, dass Bürger/innen in vielfältiger Weise von Produktionsprozessen der Bioökonomie betroffen sind und als Verbraucher bio-basierte Produkte nachfragen sollen. Angestrebt wird ein breiter gesellschaftlicher Konsens (z.B. BMEL 2014: 47). Dieses Ziel soll vorrangig durch verschiedene Informationsinitiativen erreicht werden.

Außerdem wird wiederholt der Begriff „gesellschaftlicher Dialog“ verwendet (BMBF 2010: 44; BMEL 2014: 48; EC 2012a: 5, 7; MIWF NRW o.J.: 3; OECD 2009: 292). Es wird wiederholt von einem „sachkundigen“ bzw. „wissensbasierten“ Dialog (z.B. BMEL 2014: 47; EC 2012a: 5) gesprochen, der ausreichendes Basiswissen über die Chancen und Risiken neuer Technologien voraussetze. Dabei werden unter gesellschaftlichem Dialog sehr verschiedene Dinge verstanden: Das Spektrum der Zielsetzungen reicht von der Schaffung eines innovationsfreundlichen Klimas über den Umgang mit Zielkonflikten bis zur Berücksichtigung gesellschaftlicher Bedenken und Bedürfnisse. Bevorzugte Maßnahme zur Realisierung von Dialogen sind Stakeholder-Veranstaltungen (BMEL 2014: 48; EC 2012a: 8). Nach der Bundesregierung sollten partizipativer Dialog mit der Öffentlichkeit von an den bioökonomischen Wertschöpfungsnetzen beteiligten Akteuren aus Wissenschaft und Wirtschaft initiiert werden (BMBF 2010: 45; BMEL 2014: 47). Nach der EU-Strategie sollen zusätzlich Bürgern die Möglichkeiten sozialer Innovationen und eigener Initiativen bewusst gemacht werden (EC 2012a: 7).

Foresight und Folgenabschätzungen sind ein relevantes Politikfeld in der Mehrzahl der Strategien. Foresight-Aktivitäten werden nur von der OECD und der EU-Kommission vorgeschlagen. Im OECD-Bericht wird Foresight-Forschung mehrfach für verschiedene der betrachteten Anwendungsfelder der Biotechnologie gefordert. Foresight im Verständnis des OECD-Berichtes enthält dabei auch Elemente der Folgenabschätzung. Interdisziplinäre Folgenabschätzungen von Politiken und unterschiedlichen Entwicklungspfaden sollen der Vorbereitung von Politikentscheidungen dienen, um die Verzahnung der Politikbereiche sicherzustellen, Synergien zu fördern, negative Wirkungen zu verhindern und Zielkonflikte frühzeitig zu minimieren oder aufzulösen (BMEL 2014: 45, 68; EC 2012b: 22). Im Arbeitsdokument der Kommission werden zusätzlich einige methodische Ansätze explizit genannt. Nach der schwedischen Strategie sollen vor der Entwicklung und Verwendung neuer bio-basierter Produkte Risikoabschätzungen durchgeführt werden (Formas 2012: 27).

7.3 Fazit

Die Forschungs- und Innovationspolitik ist das zentrale Politikfeld in allen Strategien. Prägend ist die Vorstellung, dass technische Innovationen die Entwicklung der Bioökonomie vorantreiben werden. Mit einem Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne, also einer Transformation hin zu einer bio-basierten Wirtschaft, wird die Konzentration auf moderne Biotechnologien aufgegeben. Stattdessen erfolgt eine Bündelung verschiedener Forschungs- bzw. Handlungsfelder, die eine Vielzahl von Forschungs- und Technikansätzen einschließen, unter dem Dach der Bioökonomie. Die Forschungsansätze werden heterogener, wobei aber High-Tech-Ansätze dominierend bleiben. Exemplarisch zeigt sich dies im Bereich Landwirtschaft: Während hier in der Vergangenheit die Forschungsförderung zur landwirtschaftlichen Biotechnologie auf die Pflanzenzüchtung konzentriert war, wird in den Bioökonomie-Strategien der gesamte Prozess der landwirtschaftlichen Produktion mit einem Spektrum von Technikansätzen einbezogen. So wird beispielsweise die schon länger durchgeführte Forschungsförderung zu Precision Agriculture nun Bestandteil der Bioökonomie-Strategien des Bundes (BMBF 2010: 20, 23; BMEL 2014: 55). Soweit die inhaltliche Ausrichtung der Bioökonomie-Forschung detailliert in Strategien ausgearbeitet wird, ist eine erhebliche Kontinuität vieler konkreter Forschungsthemen zu beobachten. Allerdings werden teilweise auch neue Akzente gesetzt, wie z.B. eine stärkere Beachtung des Themenfeldes Boden und eine Einbeziehung von Systemzusammenhängen.

Insgesamt haben Themenstellungen zur Erzeugung (bzw. Bereitstellung) und Konversion von Biomasse ein starkes Übergewicht gegenüber Fragestellungen zu den Endprodukten und der Nachfrage. Gleichzeitig werden konkurrierende Nutzungspfade – energetische und stoffliche Nutzungen sowie Nahrungsmittel – Bestandteile der Bioökonomie-Strategien. Eine Folge dieses erweiterten Ansatzes ist, dass es innerhalb der Bioökonomie-Strategien zu Zielkonflikten kommen kann. Eine Reaktion auf diesen Sachverhalt ist, dass teilweise eine Hierarchie der Nutzungspfade (Kap. II.8.1) postuliert wird und in vielen Strategien Folgenabschätzungen gefordert werden. Für die stoffliche Nutzung wird durchweg auf das Konzept der Bioraffinerie gesetzt. Sie ist der zentrale Ansatz, um einen Wandel der industriellen Rohstoffbasis von Erdöl zu Biomasse zu erreichen. Gegenüber der stofflichen Nutzung von Biomasse spielt der Nahrungsmittelbereich insgesamt eine geringere Rolle in den Strategien.

Andere Politikfelder sind weit weniger ausformuliert. Verschiedene Ansätze der Informationspolitik sollen dazu beitragen, eine breite Akzeptanz der Bioökonomie zu erzielen sowie teilweise Wahrnehmung und Bedürfnisse gesellschaftlicher Akteure in die Entwicklung der Bioökonomie einzubeziehen. Für die Entwicklung neuer Märkte in der Bioökonomie sind klassische Instrumente wie Förderung von Start-ups und KMUs vorgesehen, aber auch Ansätze der öffentlichen Beschaffung von bio-basierten Produkten. Eine starke Betonung liegt auf einem kohärenten Politikrahmen. Allerdings finden sich in den Strategien kaum substanzielle Aussagen zur zukünftigen Gestaltung beispielsweise der Agrarpolitik und der Erneuerbaren-Energie-Politik im Sinne der Bioökonomie-Ziele.

8. Leitbilder und Leitlinien zur Umsetzung der Bioökonomie-Strategien

Die in den Strategien enthaltenen Leitbilder und Leitlinien fallen in zwei Kategorien. Zum einen beschreiben sie Anforderungen, wie die Nutzung von Biomasse erfolgen soll (Kap. II.8.1). Zum anderen werden Leitlinien formuliert, wie Forschung und Innovation im Bereich Bioökonomie organisiert werden soll (Kap. II.8.2).

8.1 Leitlinien zur Nutzung der Biomasse

Im Hinblick auf die Nutzung von Biomasse konnten sechs inhaltliche Anforderungen in den Strategien identifiziert werden (Tab. II.10). Nachhaltigkeit stellt dabei eher ein übergeordnetes Leitbild dar, während die anderen Anforderungen konkretere Leitlinien beinhalten. Sie können zugleich als Konkretisierungen des Nachhaltigkeitsanspruches betrachtet werden.

Nachhaltigkeit

In der wissenschaftlichen Literatur werden vier *Positionen zum Verhältnis von Bioökonomie und Nachhaltigkeit* vertreten (Pfau et al. 2014):

> Bioökonomie ist an sich nachhaltig;
> Bioökonomie hat positive Nachhaltigkeitseffekte unter bestimmten Voraussetzungen;
> Vorsichtige Kritik im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Bioökonomie;
> Bioökonomie wird sich negativ auf Nachhaltigkeit auswirken.

Nachhaltigkeit ist ein zentrales Leitbild in fast allen untersuchten Strategien. Nur in der OECD-Studie wird nicht auf Nachhaltigkeit Bezug genommen. Zwei Strategie-Papiere beinhalten ein *Verständnis, das Bioökonomie und Nachhaltigkeit mehr oder weniger gleich setzt*. So wird im US-Blueprint wiederholt von bio-basierten und nachhaltigen („biobased and sustainable“) Produkten gesprochen (z.B. The White House 2012: 4). In den ersten Empfehlungen des Bioökonomierates wird festgestellt, dass die Bioökonomie dazu beitragen kann, die globalen Herausforderungen unter der Prämisse der Nachhaltigkeit zu lösen (Bioökonomierat 2009: 9). Da hier vom Ausbau der Bioökonomie mehr Nachhaltigkeit erwartet wird, werden Fragen der Nachhaltigkeit in diesen Dokumenten nicht intensiv behandelt.

Alle anderen Strategien fallen in die zweite Kategorie von Pfau et al. (2014). Von der Bioökonomie werden *positive Nachhaltigkeitseffekte* erwartet, *wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind*. Bioökonomie soll in einigen Strategien einen Beitrag zu nachhaltigem Wirtschaften insgesamt liefern (BMEL 2014: 9; EC 2012a: 3: MIWF NRW o.J.: 2). Dabei wird davon ausgegangen, dass es zu Zielkonflikten kommen kann. Es werden ganzheitliche Ansätze gefordert, die ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Belange gleichermaßen berücksichtigen und im Sinne nachhaltiger Lösungen integrieren (z.B. BMBF 2010: 2-3).

Der Bioökonomierat (2010: 11) geht davon aus, dass die vorhandenen biologischen Ressourcen durch innovative Verfahren nachhaltiger als bislang genutzt werden können. Um dies sicherzustellen, wird der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschung eine besondere Bedeutung zugeordnet (s.u.). Insgesamt werden in den Strategien in unterschiedlichem Umfang Randbedingungen, Maßnahmen und Forschungsfragen formuliert, um die Nachhaltigkeit der Bioökonomie sicherzustellen.

Im Mittelpunkt des Leitbilds Nachhaltigkeit steht durchweg die nachhaltige Erzeugung bzw. Nutzung natürlicher Ressourcen sowie von Biomasse bzw. biologischen Ressourcen (Bioökonomierat 2010: 33; BMEL 2014: 8; MIWF NRW o.J.: 1). Als Begrenzungen werden in Einzelfällen zusätzlich die Beachtung natürlicher Grenzen (MIWF NRW o.J.: 3) und die nachhaltige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen auf globaler Ebene (MWK BW 2013: 7) genannt.

Konkretisierungen der Nachhaltigkeitsanforderungen werden insbesondere formuliert für

> eine nachhaltige Gestaltung der Primärproduktion,

> eine nachhaltige Gestaltung bio-basierter, industrieller Produkte bzw. Verfahren, insbesondere von Bioraffinerien, sowie
> Nachhaltigkeitsstandards und -zertifizierungen.

Im Hinblick auf eine *nachhaltige Gestaltung der Primärproduktion* werden folgende Punkte angesprochen:

> Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen (Bioökonomierat 2010: 33; EC 2012: 4; Formas 2012: 16, 32): Dazu gehören Aspekte der Bodennutzung, Ökosystemdienstleistungen, Wasser, Nährstoffe, genetische Ressourcen und Klimawandel (Bioökonomierat 2010: 33 ff).
> Nachhaltige Gestaltung der Agrarproduktion (BMBF 2010: 22 ff; BMEL 2014: 50 ff): Im Zentrum stehen innovative Lösungen für Bewirtschaftungsverfahren, Pflanzenzüchtung und Agrartechniken, um mit einer effizienten und ressourcenschonenden Bewirtschaftung eine Steigerung der Agrarproduktion zu erreichen (BMBF 2010: 22). Außerdem werden u.a. nachhaltiges Landmanagement (BMBF 2010: 25), integrierter Pflanzenschutz und die Umsetzung des Maßnahmenpakets zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (BMBF 2010: 23; BMEL 2014:51) sowie Forschung zum nachhaltigen Energiepflanzenanbau (BMEL 2014: 52) genannt. Außerdem wird die europäischen Initiative zur Innovationspartnerschaft „Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft“ durch Einrichtung einer Vernetzungsstelle „Deutsche Innovationspartnerschaft Agrar“ umgesetzt (BMEL 2014: 52).
> Die Nachhaltigkeit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produktionssysteme soll erfasst, bewertet und verbessert werden (Bioökonomierat 2010: 27; BMBF 2010: 25).

Auf eine nachhaltige Gestaltung der Forstwirtschaft und der Fischerei wird explizit nur in der deutschen Politikstrategie Bioökonomie eingegangen (BMEL 2014: 51-52). Eine nachhaltige Nutzung des Waldes soll durch die Umsetzung der Maßnahmen der „Waldstrategie 2020“ erfolgen. Dabei wird ein integrativer Ansatz einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft verfolgt (BMEL 2014: 51, 52). Für die Fischerei wird der Zusammenhang zwischen Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit als besonders evident betrachtet. Die Bewirtschaftung der Fischbestände soll nach dem Prinzip des maximalen Dauerertrags und dem Vorsorgeprinzip erfolgen, was gleichzeitig als Grundlage für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung des Fischereisektors gesehen wird (BMEL 2014: 51).

Die nachhaltige Gestaltung bio-basierter, industrieller Produkte bzw. Verfahren wird nur in den Bioökonomie-Strategien der Bundesregierung und Baden-Württembergs ausdrücklich angesprochen. So wird für Bioraffinerien ein frühzeitiges und alle Entwicklungsstadien umfassendes Monitoring ökologischer und sozioökonomischer Effekte gefordert, um Fehlentwicklungen frühzeitig sicht- und korrigierbar zu machen und Nachhaltigkeitsanforderungen gerecht zu werden (BMEL 2014: 34). In der baden-württembergischen Strategie sind ethische, ökologische und sozio-ökonomische Fragestellungen integrierter Bestandteil der drei Forschungsfelder.

Schließlich liegt in den Strategien ein Schwerpunkt auf *Nachhaltigkeitsstandards und -zertifizierungen*. Methoden, Kriterien und Standards zur Nachhaltigkeitsbewertung sollen weiter entwickelt sowie ihre Einführung und Anwendung unterstützt werden (BMEL 2014: 47, 50 ff, 72 ff; EC 2012a: 7, 9; Formas 2012: 30). In der Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung wird außerdem auf spezifische Punkte verwiesen:

> Anwendung von Nachhaltigkeitsstandards in den Produzentenländern, insbesondere solchen mit schwacher Regierungsführung und schwachen Institutionen, ist auszuweiten und auf die Überprüfung ihrer Einhaltung hinzuwirken (BMEL 2014: 9);
> Hinweis auf existierende Nachhaltigkeitszertifizierung für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe (BMEL 2014: 36) und Ausweitung auf andere Biomassen durch Etablierung und Weiterentwicklung von international anerkannten Nachhaltigkeitsstandards in der Land- und Forstwirtschaft (BMEL 2014: 73);
> „Nachhaltiges Bauen“ unter Verwendung von Holzbauprodukten mit Nachhaltigkeitszertifikaten (BMEL 2014: 35);
> Multi-Stakeholder-Prozess Netzwerk „Nachhaltigkeitszertifizierung der Rohstoffbasis für die stoffliche Nutzung“ (INRO) (BMEL 2014: 52).

In fast allen Strategien wird das zugrunde gelegte *Verständnis von Nachhaltigkeit*, nachhaltiger Biomasse usw. nicht offen gelegt. Ausnahme ist die Strategie Baden-Württembergs, die einen angepassten Katalog von Nachhaltigkeitskriterien enthält (MWK BW 2013: 126 ff). Diese Kriterien wurden sowohl in die Skizzierung der Forschungsfelder als auch des Gesamtkonzepts einbezogen (MWK BW 2013: 64). Indirekt wird das Nachhaltigkeitsverständnis in der Politikstrategie Bioökonomie durch den Verweis auf die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung nachvollziehbar (BMEL 2014: 8).

Vorrang der Ernährung

In drei Strategien stellt der Vorrang der Ernährungssicherung eine Leitlinie für die Entwicklung der Bioökonomie dar. Danach soll die Ernährungssicherung stets Vorrang vor der Erzeugung von Rohstoffen für Industrie und Energie, auch im globalen Kontext genießen (BMBF 2010: 2; BMEL 2014: 9; MWK BW 2013: 4). Für Baden-Württemberg wird festgestellt, dass eine Nutzungskonkurrenz zwischen dem Anbau von Pflanzen für die Ernährung einerseits und für die Biogasproduktion andererseits nicht ausgeschlossen ist. Unter dem Aspekt globaler Gerechtigkeit wird bezweifelt, dass die Auslagerung von Anbauflächen für die Energiepflanzenproduktion der Industrienationen in Entwicklungs- oder Schwellenländer eine ethisch vertretbare Option darstellt (MWK BW 2013: 68). Allerdings fehlen in den Strategien Hinweise, wie der Vorrang der Ernährung praktisch umgesetzt werden soll.

Tab. II. 10: Leitlinien zur Nutzung von Biomasse in den Bioökonomie-Strategien

Strategie	Leitlinien zur Nutzung von Biomasse					
	Nachhaltigkeit	**Vorrang Ernährung**	**Vermeidung von Land-nutzungskonflikten**	**Vorrang Rest- und Abfallstoffe**	**Kaskadennutzung**	**Berücksichtigung ökologischer und sozioökonomischer Wirkungen**
Internationale Strategien						
OECD (2009)	-	-	-	-	-	-
EC (2012a + b)	✓	-	-	-	-	-
Deutsche Strategien						
Bioökonomierat (2009)	✓	-	-	-	-	-
Bioökonomierat (2010)	✓	-	-	-	✓	✓
BMBF (2010)	✓	✓	✓	-	✓	✓
BMEL (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	-
MIWF NRW (o.J.)	✓	-		-	✓	-
MWK BW (2013a)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Strategien anderer Länder						
Schweden (Formas 2012)	✓	-	✓	-	✓	✓
USA (The White House 2012)	-	-	-	-	-	-

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Vermeidung von Landnutzungskonflikten

Die Vermeidung von Landnutzungskonflikten wird in vier Strategien thematisiert. In der Forschungsstrategie Bioökonomie wird festgestellt, dass durch die begrenzte landwirtschaftliche Fläche die ausreichende Versorgung mit Nahrungsmitteln einerseits und mit bio-basierten, industriell genutzten Produkten sowie Bioenergie andererseits in einem Spannungsverhältnis stehen. Gleichzeitig sollen die Ziele von Klima- und Ressourcenschutz, Schutz der biologischen Vielfalt und weitere Umweltschutzziele nicht durch die Produktion von Nahrungsmitteln, bio-basierten, industriell genutzten Produkten und Bioenergien in Frage gestellt werden. Diese Zielkonflikte sollen möglichst aufgelöst oder zumindest abgefedert werden, indem ganzheitliche Forschungsansätze im Sinne des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung, die wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Belange gleichermaßen berücksichtigen, verfolgt werden (BMBF 2010: 17).

In der Politikstrategie Bioökonomie stellt die Konkurrenz um Flächennutzungen ein thematisches Handlungsfeld dar (BMEL 2014: 66 ff). Es wird wiederum von Zielkonflikten durch konkurrierende Ansprüche an Flächennutzungen ausgegangen (BMEL 2014: 20). Handlungsfelder mit jeweils verschiedenen Maßnahmen sind die Reduzierung der Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen durch Siedlung und Verkehr, die Entschärfung von Nutzungskonkurrenzen zwischen Nahrungsmittelerzeugung und nachwachsenden Rohstoffen für Energie und Industrie sowie die Verlagerung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf die effizientesten Verwertungspfade (BMEL 2014: 66-69). Außerdem soll im internationalen Kontext ein Projekt zusammen mit der FAO zur Entschärfung von Nutzungskonkurrenzen zwischen Ernährungssicherung und Nutzung von Bioenergie in Entwicklungsländern gefördert werden (BMEL 2014: 71).

Nach der baden-württembergischen Strategie sollen mögliche Interessenkonflikte und Spannungsfelder frühzeitig in einem sowohl interdisziplinären als auch transdisziplinären Ansatz bearbeitet werden (MWK BW 2013: 8). Beim gezielten Anbau von Lignozellulose liefernden Pflanzen sollen marginale landwirtschaftliche sowie forstwirtschaftliche Flächen genutzt werden, so dass eine Flächenkonkurrenz mit der Produktion von Nahrungs-und Futtermitteln reduziert werden kann (MWK BW 2013: 78).

In der schwedischen Strategie werden mögliche Zielkonflikte zwischen Ökosystemdienstleistungen angesprochen (Formas 2012: 18). Da die Nutzung einer Ökosystemdienstleistung häufig Konsequenzen für andere Ökosystemdienstleistungen hat, soll dies beim Management von Ökosystemen unter Beachtung der Auswirkungen über die gesamte Wertschöpfungskette sorgfältig geprüft werden. Die Lösung von Zielkonflikten, die mit der Landnutzung verbunden sind, wird als ein wichtiges Forschungsgebiet benannt (Formas 2012: 29).

Vorrang Rest- und Abfallstoffe

Eine besondere Aufmerksamkeit wird bio-basierten Rest- und Abfallstoffen nur in zwei Strategien eingeräumt. Gemäß der Politikstrategie Bioökonomie werden zunehmend auch biogene Rest- und Abfallstoffe in der Bioökonomie genutzt (BMEL 2014: 8). Nutzungspfade mit möglichst hochwertigen Nutzungen von Rest- und Abfallstoffen sollen bei der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen der Bioökonomie bevorzugt werden (BMEL 2014: 21). Bei Bioraffinerien wird der Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen besondere Bedeutung eingeräumt, wofür neue und optimierte Konversionsverfahren entwickelt werden sollen (BMEL 2014: 27, 34). Außerdem wird darauf hingewiesen, dass energetisch nutzbare, lokal anfallende Rest- und Abfallstoffe sowie Abwärme beispielsweise im Urban bzw. Vertical Farming eingesetzt werden können (BMEL 2014: 40).

Für Baden-Württemberg wird aufgrund der etablierten Konsummuster ein hohes Potenzial von Rest- und Abfallstoffen gesehen, das logistisch günstig für eine umfangreiche dezentrale Biogasproduktion verfügbar gemacht werden könnte (MWK BW 2013: 71). Nach der baden-württembergischen Forschungsstrategie soll dem Einsatz von Rest- und Abfallstoffen eine viel höhere Aufmerksamkeit geschenkt werden, da viele Rest- und Abfallstoffe sehr gute Eigenschaften für die Biogasproduktion aufweisen. Noch erheblicher Forschungsbedarf wird konstatiert im Hinblick auf das bestehende und wirtschaftlich nutzbare Potenzial, geeignete Aufbereitungsmaßnahmen sowie die Verwertung der Gärreste (MWK BW 2013: 69).

Kaskadennutzung

Ein Ausbau von Kaskadennutzungen wird in sechs Strategien angestrebt. Bei einer Kaskadennutzung kann unterscheiden werden zwischen (Essel et al. 2014: 3):

> einstufiger Kaskadennutzung: Das bio-basierte Endprodukt wird energetisch genutzt;
> mehrstufiger Kaskadennutzung: Das bio-basierte Endprodukt durchläuft zumindest eine weitere stoffliche Nutzung, bevor es energetisch genutzt wird.

Diese Unterscheidung wird in den Bioökonomie-Strategien in der Regel nicht genutzt. Ausnahme ist der Bioökonomierat (2010: 22), der unter Kaskadennutzung erst stoffliche, dann energetische Verwendung – also eine einstufige Kaskadennutzung – versteht. Diese Kaskadennutzung soll vorrangig weiterentwickelt werden. Die Kaskadennutzung soll dazu beitragen, Biomasse besonders effizient und mit optimaler Wertschöpfung zu verwenden, den Ressourceneinsatz zu minimieren und Konkurrenzen zwischen unterschiedlichen Nutzungszwecken zu vermindern.

Ähnlich ist die Argumentation in den Forschungs- und Politikstrategien der Bundesregierung: Kaskaden- und Koppelnutzung von Biomasse sollen soweit möglich und sinnvoll bevorzugt werden. Dies sei insbesondere in Bioraffinerien angelegt. Die Erwartung ist, dass durch die intelligente Verknüpfung von Wertschöpfungs- bzw. Prozessketten mögliche Konkurrenzen der Nutzungswege entschärft und Innovationspotenziale erschlossen werden können (BMBF 2010: 17; BMEL 2014: 9). Neben der Forschungsförderung soll die Kaskadennutzung von Altholz und Bioabfällen verstärkt werden. Dazu soll der Einsatz von Anreizsystemen zur Steigerung der noch niedrigen Recyclingrate beim Altholz und der Bau von Vergärungsanlagen als Vorschaltanlagen zur Kompostierung geprüft werden (BMEL 2014: 64).

In den untersuchten Länderstrategien ist die Kaskadennutzung ebenfalls eine Leitlinie. Die Bioökonomie-Strategie für Baden-Württemberg sieht in der Biogasproduktion eine Kaskadennutzung realisiert, wobei auch neue, nachhaltig erzeugte Produkte (Gärreste als Dünger im Biomassekreislauf oder Biogas für die stoffliche Nutzung) geschaffen werden sollen (MWK BW 2013: 66). Als ein wesentliches Merkmal für den Bereich Lignozellulose wird die Kaskadennutzung genannt, mit der eine weitgehende Nutzung der gesamten Biomasse mit möglichst hoher Wertschöpfung erreicht werden soll. Nährstoffe sollen möglichst weitgehend zurückgeführt und nicht sinnvoll nutzbare Koppelprodukte als Energieträger eingesetzt werden (MWK BW 2013: 81). Schließlich wird für den Bereich Mikroalgen gefordert, Ressourcenverluste durch Schließung von Stoffkreisläufen, Kaskadennutzung und Recycling zu vermeiden. Es wird darauf hingewiesen, dass nach der Extraktion spezieller, hochpreisiger Wertstoffe aus Mikroalgen über eine Kaskadennutzung aus der Restbiomasse beispielsweise vegetarische Proteine als Ersatz für tierische oder andere pflanzliche erzeugte Proteine erschlossen werden können (MWK BW 2013: 93). Die angeführten Beispiele zeigen, dass unter dem Stichwort Kaskadennutzung in dieser Strategie in Wirklichkeit eine Koppelproduktion gemeint ist, indem für nicht sinnvoll stofflich verwertbare

Biomassebestandteile eine energetische Verwertung angestrebt wird. In Nordrhein-Westfalen wird allgemein die Bedeutung der Kaskadennutzung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft betont (MIWF NRW o.J.: 1).

Die schwedische Strategie verwendet nicht den Begriff Kaskadennutzung, aber ein Teil dieser Strategie ist, dass Beiprodukte und Abfall zu neuem Rohmaterial werden sollen. Nährstoffe und Energie der Endprodukte sollen recycelt werden. Ziel ist eine verbesserte Nutzung der Ressourcen. Die Entwicklung von Systemkonzepten wird gefordert, um optimale Wege für die Rückführung von Nährstoffen bei Vermeidung von ökologischen und hygienischen Risiken zu finden (Formas 2012: 16, 26).

Nach Nachhaltigkeit ist die Kaskadennutzung die am häufigsten genannte Anforderung an die Biomassenutzung, die im Rahmen der Bioökonomie erfüllt werden soll. Dabei wird durchweg nur eine einstufige Kaskadennutzung angestrebt. Teilweise wird unter Kaskadennutzung allerdings nur eine energetische Nutzung von Koppelprodukten verstanden. Schließlich wird unter Kaskadennutzung in zwei Strategien auch die Schließung von Nährstoffkreisläufen angestrebt.

Ökologische und sozioökonomische Wirkungen berücksichtigen

Die Reflexion der bioökonomischen Technologie- und Innovationsförderung durch ökologische und sozio-ökonomische Forschung hat in vier Strategien eine Leitlinienfunktion. Der Bioökonomierat (2010: 7, 8, 20 und 28) stellt fest, dass bei der Weiterentwicklung der Forschungsförderung der sozioökonomischen Forschung eine besondere Bedeutung zukommt. Er schlägt u.a. vor, dass mit Hilfe dynamischer Systemmodelle unter Berücksichtigung sozioökonomischer Gesichtspunkte alternative Szenarien zur Bioökonomie untersucht werden sollten (Bioökonomierat 2010: 7). In der deutschen Forschungsstrategie werden ganzheitliche Ansätze gefordert, die ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Belange gleichermaßen berücksichtigen (BMBF 2010: 2). Umgesetzt wird dies mit einem eigenständigen Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung zur Bioökonomie (BMBF 2014c). Zwar wird auch sozioökonomische Begleitforschung in den technologieorientierten Fördermaßnahmen durchgeführt, aber zentral ist die Etablierung des Forschungsfeldes „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“ in den Wirtschafts-, Sozial-, Geistes- und Kulturwissenschaften (BMBF 2014c: 8).

Dagegen verfolgt Baden-Württemberg einen integrierten Ansatz. Ökologische, gesellschaftliche, ethische und ökonomische Aspekte werden bei der Bestandsaufnahme der baden-württembergischen Forschungslandschaft gleichwertig miterfasst (MWK BW 2013: 58 ff.) und bei der Darstellung der Forschungsfelder mit diskutiert (MWK BW 2013, S. 63 ff). Die baden-württembergische Bioökonomie-Strategie hat den Anspruch, ökologische, sozioökonomische und ethische Fragestellungen und somit Aspekte der Nachhaltigkeit unmittelbar in die drei Forschungsfelder Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen zu integrieren.

Die schwedische Strategie betrachtet Sozial-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften sowie Forschung zur Raumplanung als wichtige Erkenntnisquellen für die bio-basierte Wirtschaft (Formas 2012: 15). Insbesondere bei der Produktion von bio-basierten Rohstoffen sollen die sozialen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen in Betracht gezogen werden (Formas 2012: 19). Entsprechend sind Forschungs- und Entwicklungsinitiativen zu ökologischen Konsequenzen, sozioökonomischen Konsequenzen, Verbraucherverhalten und Politikinstrumenten Teil der vorgeschlagenen Handlungsansätze (For-

mas 2012: 28-29). Über alle betroffenen Strategien hinweg ist die Analyse ökologischer und sozioökonomischer Wirkungen ein wesentliches Instrument, um die Nachhaltigkeit der Bioökonomie sicherzustellen.

Fazit

Nachhaltigkeit ist das dominierende Leitbild für die Umsetzung der Bioökonomie-Strategien. Nur in zwei der untersuchten Strategien spielt Nachhaltigkeit keine Rolle (OECD 2009; The White House 2012). Es stellt eine Ausnahme dar, wenn in einer Strategie Bioökonomie und Nachhaltigkeit mehr oder weniger gleich gesetzt werden (Bioökonomierat 2009). Das vorherrschende Verständnis ist, dass mit der Bioökonomie positive Nachhaltigkeitseffekte erzielt werden können, wenn gezielt nachhaltige Lösungen gewählt werden. Um Zielkonflikte zu vermeiden, sollen deshalb neben der Entwicklung von Technologien und Innovationen gleichzeitig die ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wirkungen erforscht und berücksichtigt werden.

Im Mittelpunkt der Nachhaltigkeitsbetrachtungen steht die Erzeugung von Biomasse, also die Primärproduktion. Für die Agrarproduktion werden in den Strategien in unterschiedlichem Maße, aber am detailliertesten mögliche Nachhaltigkeitsprobleme benannt, die zu beachten sind. Dazu gehören mögliche Landnutzungskonkurrenzen, die Beanspruchung natürlicher Ressourcen (z.B. Boden, Wasser), die Ausgestaltung von Agrartechniken und Bewirtschaftungsverfahren (z.B. Pflanzenschutz) sowie die Bewertung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Die Sicherstellung einer nachhaltigen Forstwirtschaft und Fischerei wird gezielt nur in der Politikstrategie Bioökonomie (BMEL 2014) thematisiert. Im Rahmen der stofflichen Nutzung wird insbesondere für Bioraffinerien eine alle Entwicklungsstadien begleitende Erforschung der ökologischen und sozioökonomischen Effekte gefordert, um Nachhaltigkeit zu erreichen.

Ökologische und sozioökonomische Forschung zur Nachhaltigkeit der Bioökonomie wird in zwei Ansätzen konzipiert. Zum einen mit eigenständigen Konzepten und Fördermaßnahmen. Zum anderen als integrierter Bestandteil der Bioökonomie-Strategie und von Forschungsverbünden. Aber auch im ersteren Fall wird eine enge Verknüpfung mit der Forschung zu Technologien und Innovationen gefordert, so dass Technikentwicklungen und Bioökonomie-Strategien angepasst werden können.

Neben der Forschung zu den Nachhaltigkeitswirkungen der bioökonomischen Entwicklung spielen in einigen Strategien Nachhaltigkeitsstandards und -zertifizierungen eine wichtige Rolle. Methoden, Kriterien und Standards zur Nachhaltigkeitsbewertung sollen weiter entwickelt sowie ihre Einführung und Anwendung unterstützt werden.

Als weitere Leitlinien sind Vorrang der Ernährung, Vermeidung von Landnutzungskonflikten, Vorrang für Rest- und Abfallstoffe, Kaskadennutzung sowie Berücksichtigung der ökologischen und sozioökonomischen Wirkungen identifiziert worden. Sie werden nur in einer begrenzten Zahl von Strategien benannt. Diese weiteren Leitlinien ergänzen sich größtenteils und können gleichzeitig als Ansätze zur Erreichung des Nachhaltigkeitsleitbilds betrachtet werden.

8.2 Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation

In den Strategien wird eine Reihe von Leitlinien formuliert, an denen sich Forschung und Innovation orientieren sollen. Insgesamt wurden sechs Anforderungen identifiziert, die im Folgenden analysiert werden (s. Übersicht in Tab. II.11).

Systemischer Ansatz

Ein systemischer bzw. ganzheitlicher Ansatz ist Leitlinie in sieben Bioökonomie-Strategien. Darunter werden verschiedene Aspekte verstanden bzw. angesprochen:

> *Systemische Struktur der Bioökonomieforschung*: Die noch immer weitgehend disziplinär orientierte Forschungslandschaft in Deutschland wird als nicht ausreichend betrachtet, da die Bioökonomie ein breites Spektrum an Themenfeldern umfasst, die eine Gesamtbetrachtung und Vernetzung aller Bereiche und Akteure erfordert (Bioökonomierat 2009: 14). Deshalb sollten neue, effizientere Einheiten geschaffen werden (Bioökonomierat 2009: 12) sowie in Kooperationen und Netzwerken zusammengearbeitet werden, um Wissen ganzheitlich (systemisch) zu integrieren und zu Innovationen zu führen (BMBF 2010: 6). Ebenso soll die Forschungsförderung besser vernetzt werden (Bioökonomierat 2010: 8). Der systemische Charakter der baden-württembergischen Bioökonomie-Strategie soll durch übergreifend angelegte strukturelle Maßnahmen unterstrichen und damit die identifizierten Potenziale in und für Baden-Württemberg ausgeschöpft werden (MWK BW 2013: 3).

> *Denken in Wertschöpfungsketten*: Zielsetzung ist, integrierte, systemische und innovative Lösungswege mit Blick auf die gesamten Wertschöpfungs- bzw. Prozessketten zu entwickeln, um die Möglichkeiten und Potenziale der Bioökonomie optimal auszuschöpfen (BMBF 2010: 13; BMEL 2014: 27). Einen etwas anderen Akzent setzt die EU-Kommission, in dem die Bedeutung von Wissensbasis und eines Werkzeugkastens von Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette betont wird (EC 2012a: 6).

> *Veränderungen und Wirkungen im gesamten System*: Danach wird sich der ökonomische Nutzen der Bioökonomie vor allem über komplexe Substitutions- und Synergieeffekte im System entfalten, da nicht nur innovative einzelne Wertschöpfungsketten, sondern vor allem die Verknüpfung dieser Ketten im System einen wesentlichen Innovationsbeitrag der Bioökonomieforschung darstellen wird (Bioökonomierat 2010: 7, 19). Außerdem sollen nach der nationalen Forschungsstrategie die Handlungsfelder nicht isoliert voneinander betrachtet, sondern ganzheitlich umgesetzt werden, um mögliche Zielkonflikte zu vermeiden oder gegeneinander abwägen zu können (BMBF 2010: 17).

> *Systemische Forschung zur Bioökonomie*: Da angesichts eines steigenden Bedarfs an biologischen Ressourcen eine Verschärfung von Nutzungskonflikten, z.B. zwischen der Nahrungsmittelproduktion, der Produktion bio-basierter Rohstoffe und Energieträger sowie dem Naturschutz, droht, werden ganzheitliche Forschungsansätze bzw. systemische Begleitforschung gefordert, die wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Belange – im Sinne des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung – gleichermaßen berücksichtigen (BMBF 2010: 17, 40; MWK BW 2013: 4-5).

Tab. II. 11: Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation in den Bioökonomie-Strategien

Strategie	Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation					
	Systemische Sicht-weise	**Interdisziplinäre Forschung**	**Internationale Ko-operation**	**Integration von Akteuren**	**Ausbildung von Nach-wuchs**	**Verbesserung der Rahmenbedingun-gen**
Internationale Strategien						
OECD (2009)	-	-	✓	-	-	✓
EC (2012a + b)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Deutsche Strate-gien						
Bioökonomierat (2009)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bioökonomierat (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BMBF (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BMEL (2014)	✓	-	✓	✓	✓	✓
MIWF NRW (o.J.)	-	✓	**(✓)**	✓	-	-
MWK BW (2013a)	✓	✓	**(✓)**	✓	✓	-
Strategien anderer Länder						
Schweden (Formas 2012)	-	✓	**(✓)**	✓	-	-
USA (The White House 2012)	-	✓	-	✓	✓	✓

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Inter- und transdisziplinäre Forschung

Eine interdisziplinäre Ausrichtung der bioökonomischen Forschung ist eine breit geteilte Vorgabe (Bioökonomierat 2009, 2010; BMBF 2010; EC 2012a; Formas 2012; MIWF NRW o.J.; MWK BW 2013; The White House 2012). Diese integrative Forschung soll Disziplin- und Institutionengrenzen überschreiten (z.B. BMBF 2010: 39). Begründet wird sie mit den Notwendigkeiten, komplexe Forschungsfragen zu bearbeiten, Grundlagen- und Anwendungsforschung zu verknüpfen, Wertschöpfungsketten insgesamt zu analysieren und zu entwickeln sowie die systemaren Zusammenhänge und Wirkungen zu untersuchen. Im Rahmen der Bioökonomie-Strategien werden verschiedene Aspekte angesprochen:

> interdisziplinäre Kompetenzen
> interdisziplinäre Kooperationen
> interdisziplinäres Wissen

In der Forschungsstrategie Bioökonomie sind dazu beispielhaft folgende Maßnahmen vorgesehen (BMBF 2010: 40):

> sozio-ökonomische und systemische Begleitforschung,
> disziplin- und institutionenübergreifende Zusammenarbeit, z.B. durch Verbundprojekte und den Ausbau von Forschungszentren,
> Verzahnung von Projekt- und institutioneller Förderung zur Entwicklung von Plattformtechnologien,
> interdisziplinäre Schwerpunkte einschließlich überfachlicher Qualifikationen in der Nachwuchsförderung.

Eine transdisziplinäre Forschung zu Technologieentwicklungen, Interessenkonflikten und Spannungsfeldern ist nur in der baden-württembergischen Strategie und den nordrhein-westfälischen Eckpunkten zur Bioökonomie vorgesehen (MIWF NRW o.J.: 3; MWK BW 2013: 6).

Internationale Kooperation

Der Ausbau internationaler Kooperationen ist in den meisten Strategien eine wichtige Orientierung. Dabei werden verschiedene Ziele verfolgt:

> Wissenstransfer, Informationsaustausch und Netzwerkbildung (Bioökonomierat 2009: 16; BMBF 2010: 6; OECD 2009: 269)
> internationale Koordination von Forschung und Innovation (Bioökonomierat 2010: 9; BMBF 2010: 46 f)
> Forschungs- und Technologiekooperation und -vernetzung (Bioökonomierat 2009: 16; Bioökonomierat 2010: 42; BMEL 2014: 27, 74; EC 2012a: 9)

Zur Umsetzung werden eine Reihe von Ansätzen benannt, beispielsweise Bildung internationaler Partnerschaften und Erarbeitung eines Konzepts für strategische Partnerschaften auf internationaler Ebene (Bioökonomierat 2009: 16), multilaterale Initiativen der unterschiedlichen forschungspolitischen Akteure, z.B. im Rahmen der G8, G20 und der OECD (BMBF 2010: 47), sowie Bildung von Clustern und strategischen Allianzen (BMEL 2014: 27). Die deutsche Politikstrategie beschreibt bei der internationalen Kooperation in der Tendenz eine Arbeitsteilung zwischen den Ressorts:

> BMEL und BMZ unterstützen Wissens- und Technologietransfer sowie Demonstrationsprojekte zum Ausbau einer nachhaltigen Land- und Forstwirtschaft in Schwellen- und Entwicklungsländern (BMEL 2014: 75).
> BMBF baut die Forschungskooperation insbesondere mit international führenden Ländern in bioökonomisch relevanten Technologie- oder Produktionsbereichen aus (BMEL 2014: 75).

Mit der Förderinitiative „Globale Ernährungssicherung – GlobE“, mit der partizipative deutsch-afrikanische Forschungsnetzwerke mit Fokus auf Nahrungssysteme und systemische Forschungsansätze gebildet werden, ist das BMBF allerdings auch im Bereich Entwicklungsländer engagiert. Außerdem wird die besondere Bedeutung der internationalen Agrarforschung, z.B. im Rahmen der Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), herausgestellt (BMEL 2014: 75; OECD 2009: 139).

Die schwedische Strategie sieht insbesondere bei Bioraffinerien die internationale Perspektive als zentral an, um mit anderen Ländern zusammen zu arbeiten sowie Wissen und Technologien für Schweden verfügbar zu machen (Formas 2012: 33; ebenso BMEL 2014: 63-64). Auch auf internationaler Ebene sollen Grundlagen- und Anwendungsorientierte Forschung über alle Wertschöpfungsnetze noch enger als bisher verzahnt werden (BMEL 2014: 27).

Im Gegensatz zur Forschungskooperation werden in der OECD-Studie internationale Vereinbarungen für verschiedene Gebiete gefordert, z.B. zur Förderung gemeinsamer Forschung, zum Schutz globaler Ressourcen (z.B. Fischbestände, Wälder), zur Kontrolle von Infektionskrankheiten, zum Markt für Biotechnologieprodukte sowie zu Märkten für nachhaltige Produkte und Prozesse (OECD 2009: 289, 293).

Es werden verschiedene Begründungen angeführt, warum ein Ausbau internationaler Kooperationen angestrebt wird. Globalisierung von Märkten, Produktion und Forschung und eine entsprechende internationale Arbeitsteilung werden bei der Bioökonomie als besonders bedeutend eingeschätzt (Bioökonomierat 2009: 16). Zum einen soll internationale Kooperation die Entwicklung der Bioökonomie beschleunigen (z.B. BMBF 2010: 3). Zum anderen wird internationale Kooperation als besonders wichtig angesehen, in Anbetracht globaler Herausforderungen und zum Erreichen internationaler, übergeordneter Ziele (Bioökonomierat 2010: 42; EC 2012a: 3, 9; OECD 2009: 269-270).

Internationale Kooperation als Leitlinie hat in den Strategien der beiden Bundesländer eine geringe Bedeutung. Für Baden-Württemberg wird ein internationaler Austausch nur im Rahmen des interdisziplinären Graduiertenprogramms BBW-FORWERTS zur strukturierten Doktorandenausbildung angesprochen (MWK BW 2013: 104-105). Nach den nordrhein-westfälischen Eckpunkten Bioökonomie sollen die bereits anlaufenden Kooperationen wie zum Beispiel zwischen Nordrhein-Westfalen und Flandern und den Niederlanden durch die Landesregierung flankiert werden (MIWF NRW o.J.: 5).

Integration von Akteuren

Fast alle Strategien (Ausnahme OECD-Studie) streben über die Zusammenarbeit verschiedener Forschungsakteure im Rahmen der interdisziplinären Forschung (s.o.) hinausgehend eine Kooperation mit weiteren Akteuren an. Grundsätzlich finden sich zwei Kategorien von angestrebten Akteurskooperationen, und zwar zwischen:

> Wissenschaft und Wirtschaft
> Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft

Dies wird als eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung der Bioökonomie betrachtet, da so Synergieeffekte genutzt und der Transfer in die Unternehmen unterstützt werden können (Bioökonomierat 2010: 9; BMBF 2010: 41; Formas 2012: 33). Der Bioökonomierat (2009: 10) fordert allgemein, dass Wissenschaft, Agrar-, Ernährungs-, Chemie- und Energiewirtschaft sowie Politik optimal zusammengeführt werden sollten. Ebenso werden im US-Blueprint Partnerschaften zwischen Unternehmen, Universitäten und der Regierung angestrebt, hier explizit unter dem Stichwort „Public-Private Partnerships" (The White House 2012: 38). Konkreter geht es um eine enge *Verknüpfung von privatwirtschaftlichen Forschungsaktivitäten mit denen der öffentlichen Hand*. Es sollen verstärkt themenspezifische Forschungsnetzwerke unter Beteiligung der Wirtschaft etabliert werden. Außerdem sollen Cluster und Innovationsallianzen mit Industrieunternehmen verschiedener Größen und Branchen, auch zwischen Branchen, die bisher wenig miteinander zusammenarbeiten, gebildet werden (Bioökonomierat 2010: 9, 42). Für die industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden innovative Netzwerkstrukturen entlang der Prozess- und Wertschöpfungsketten als erforderlich betrachtet. Dazu werden strategische Allianzen von Forschungseinrichtungen, Hersteller- und Anwenderunternehmen vorgeschlagen (BMBF 2010: 33; BMEL 2014: 55). Die Bildung weiterer Netzwerke könne sich an den europäischen Technologieplattformen orientieren (Bioökonomierat 2010: 42). Außerdem stärkt nach der Politikstrategie Bioökonomie das BMBF Innovationen im Bereich der industriellen Biotechnologie insbesondere durch Förderung unternehmerisch geführter Forschungs- und Entwicklungsallianzen und durch Maßnahmen, die auf Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Praxis gerichtet sind. (BMEL 2014: 61). Schließlich werden kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Industrie und Landwirtschaft als Innovationstreiber der Bioökonomie angesehen sowie die Stärkung ihrer technologischen Kompetenzen und ihre erfolgreiche Kooperation mit der Wissenschaft und mit Firmenkunden als essenziell betrachtet. Die Forschungsstrategie Bioökonomie strebt daher eine möglichst hohe Unternehmensbeteiligung an, z.B. in Form von Verbundprojekten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sowie von Kooperationen mehrerer Unternehmen miteinander (BMBF 2010: 41).

In einem Teil der Strategien wird eine breitere *Kooperation von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft* angestrebt (BMEL 2014: 21; Formas 2012: 33; MIWF NRW o.J.: 3; MWK BW 2013: 11). Deutlich unterschiedliche Ausrichtungen sind dabei vorgesehen:

> Dialog mit der Gesellschaft durch Wissenschaft und Wirtschaft, um ein innovationsfreundliches und bürgerorientiertes Gesellschafts- und Wirtschaftsklima zu schaffen (BMEL 2014: 48);
> Nutzerforum mit Repräsentanten von Behörden, Unternehmen und gesellschaftlichen Gruppen (Formas 2012: 33);
> Dialogprozess zur gemeinsamen und themenspezifischen Entwicklung von Aktivitäten, die von der Landesregierung aufgegriffen und unterstützt werden sollen (MIWF NRW o.J.: 3);
> Ausbau des Informationsflusses zwischen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft, u.a. durch Stakeholder-Treffen mit Akteuren aus Gesellschaft und Nichtregierungsorganisationen (MWK BW 2013: 11).

Das Spektrum der Zielsetzungen für einen Dialog mit der Gesellschaft reicht also von der Akzeptanz für bioökonomische Innovationen bis zur gemeinsamen Erarbeitung von Forschungsthemen.

Nachwuchsausbildung

In der Mehrzahl der Strategien bildet der Aufbau von Strukturen zur Ausbildung von exzellenten Nachwuchskräften einen Schwerpunkt. Dies wird als eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der

Bioökonomie gesehen (z.B. Bioökonomierat 2010: 45; BMEL 2014: 49; EC 2012a: 8; The White House 2012: 33). Außerdem sollen Vorteile im Wettbewerb um Talente erzielt werden (BMBF 2010: 40; BMEL 2014: 49). Dazu ist eine hohe Qualität in der Aus- und Weiterbildung zu gewährleisten (Bioökonomierat 2010: 45; BMEL 2014: 9).

Entsprechend dem systemischen Charakter der Bioökonomie soll die Nachwuchsausbildung die Bereitschaft und die Fähigkeit zum systemischen Denken und Handeln fördern sowie das Verständnis der ökonomischen und gesellschaftlichen Wirkungen von Bioökonomie-Aktivitäten einschließen (Bioökonomierat 2009: 18, 2010: 45; BMEL 2014: 49; EC 2012b: 14). Wichtig dafür wird die Schaffung *interdisziplinärer Ausbildungsangebote* angesehen (Bioökonomierat 2009: 18, 2010: 45; MWK BW 2013: 105). Die Hochschulausbildung wir in besonderem Maße in der Verantwortung gesehen (Bioökonomierat 2010: 45; The White House 2012: 5). In der baden-württembergischen Strategie wird dies mit dem interdisziplinären Graduiertenprogramm BBW-FORWERTS zur strukturierten Graduiertenausbildung umgesetzt (MWK BW 2013: 104 ff.). In der US-Strategie sollen entsprechend ihrem Verständnis von Bioökonomie im engeren Sinne (Kap. II.4.4) Ausbildung und Training in Biowissenschaften und Biotechnologie im Mittelpunkt stehen (The White House 2012: 33).

Verbesserung der Rahmenbedingungen

Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern, wird eine Verbesserung der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen in verschiedenen Strategien gefordert. Dabei gibt es drei Schwerpunkte:

> Verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen und Abbau von Innovationshürden bei der Biotechnologie
> Kohärente Politikgestaltung für die Bioökonomie
> Maßnahmen zur Innovationsförderung

Nach Ansicht des Bioökonomierates (2010: 43) wird die Weiterentwicklung, Vermarktung und Nutzung neuer *biotechnologischer Verfahren und Produkte* durch rechtliche Unsicherheiten und vorhandene Innovationshürden behindert, die abgebaut werden sollten. Politische Entscheidungen zur Regulierung sollten dabei auf Basis unabhängiger wissenschaftlicher Bewertungen getroffen werden. Beispielhaft wird die aktuelle Debatte zur Grünen Gentechnik genannt. Hier fehle es an einem für Forschung und Innovation aufgeschlossenen gesellschaftlichen Klima sowie verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen (Bioökonomierat 2009: 15). Ergänzend wird darauf hingewiesen, dass durch die seit Jahren ausstehende Entscheidung zu Saatgutschwellenwerten Rechtsunsicherheit mit erheblichen wirtschaftlichen Folgeschäden für Landwirte wie Züchter herrsche (Bioökonomierat 2010: 44). Weiterhin wird ein adäquater Schutz von geistigem Eigentum gefordert (Bioökonomierat 2010: 43).

Analog wird in der OECD-Studie gefordert, dass Barrieren für biotechnologische Innovationen reduziert werden sollten (OECD 2009: 291). Im US-Blueprint Bioökonomie ist eines der fünf strategischen Ziele die Entwicklung und Reform der Regulierung, um Barrieren abzubauen. Außerdem sollen die Geschwindigkeit und Vorhersehbarkeit regulatorischer Prozesse verbessert und Kosten reduziert werden (The White House 2012: 4). Der Schwerpunkt liegt auf Biomedizin und Medizintechnik, aber außerdem sollen u.a. die Risikoabschätzung und Zulassungsprozesse für gentechnisch veränderte Organismen beschleunigt und die Regulierung von „Emerging Technologies“ verbessert werden (The White House

2012: 30-32). Offener ist in der EU-Strategie ein Feedback-Mechanismus für Regulierung und Politikmaßnahmen vorgesehen, um Barrieren zu erkennen und Lösungen, die die Nutzung von Wissen und Innovationen in verschiedenen Bioökonomie-Sektoren fördern, zu erarbeiten (EC 2012b: 34).

Die Politikstrategie Bioökonomie stellt bei den Rahmenbedingungen in den Mittelpunkt, dass vorhandene und neu entstehende unterschiedliche Fachpolitiken auf globaler, europäischer oder nationaler Ebene die Rahmenbedingungen für die Bioökonomie prägen und die Gefahr eines fragmentierten Umfeldes mit nicht kohärenten Rahmenbedingen besteht. Daher wird eine *Verknüpfung der Politikbereiche* der Bioökonomie als notwendig erachtet. Dazu hat die Bundesregierung eine „Interministerielle Arbeitsgruppe Bioökonomie" eingesetzt, die den Informationsaustausch und die Abstimmung der Politiken der Ressorts mit Bezug zur Bioökonomie unterstützen und diese Strategie fortentwickeln soll (BMEL 2014: 10). Ebenso verfolgt die Landesregierung Nordrhein-Westfalen das Ziel, eine Austauschplattform einzurichten zur Herstellung fachlich-inhaltlicher Kohärenz zwischen den verschiedenen Strategien und den Maßnahmen der Ressorts, wie z.B. Maßnahmen im Rahmen des Klimaschutzplans, des Abfallwirtschaftsplans, der Biodiversitätsstrategie NRW oder der Biomassestrategie (MIWF NRW o.J.: 4).

Schließlich werden in einigen Strategien *Maßnahmen zur Innovationsförderung* adressiert. Der Bioökonomierat (2009: 15-16) fordert in seinen ersten Empfehlungen, das Steuersystem innovationsfreundlicher zu gestalten. Beispielsweise sollten die Rahmenbedingungen für Kapitalbeteiligungen im Bereich Wagniskapital durch das Instrument einer steuerlichen FuE-Förderung verbessert werden. Außerdem wird eine Sozialabgabenbefreiung für innovative Startups vorgeschlagen, um Neugründungen zu beschleunigen. In der Politikstrategie Bioökonomie sind verbesserte Rahmenbedingungen für Beteiligungskapital in junge, innovative Unternehmen sowie die Förderung von Forschung, Entwicklung und Technologietransfer bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie von Wissenschaftlern vorgesehen (BMEL 2014: 61, 62). In der schwedischen Strategie wird ebenso die Unterstützung von KMUs für Kommerzialisierung neuer Technologien genannt (Formas 2012: 10). Andere Schwerpunkte setzt teilweise die US-Strategie: Bioökonomische Innovationen sollen u.a. durch öffentliche Beschaffung, eine verstärkte Kommerzialisierung universitärerer Forschungsergebnisse und Steuergutschriften für Forschung gefördert werden (The White House 2012: 26-28).

Fazit

Die in den Strategien angeführten Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation zeigen eine weitgehende Übereinstimmung, bei teilweisen Unterschieden in der konkreteren Ausgestaltung. Die Forderung nach einer systemischen bzw. ganzheitlichen Betrachtung der Bioökonomie ist insbesondere in den deutschen Strategien stark ausgeprägt. Dies bezieht sich einerseits auf die bioökonomischen Untersuchungsgegenstände: Dazu gehört das Denken in Wertschöpfungsketten sowie die Analyse von Veränderungen und Wirkungen im gesamten System. Andererseits wird dies auf die anzustrebende Struktur der bioökonomischen Forschung bezogen. Mit den entsprechenden Forderungen nach Vernetzung, ganzheitlichen Forschungsansätzen und systemischer Begleitforschung korrespondiert das Leitbild einer interdisziplinären Ausrichtung der bioökonomischen Forschung. Dabei werden drei Aspekte angesprochen: interdisziplinäre Kompetenzen, interdisziplinäre Kooperationen sowie interdisziplinäres Wissen. In der Mehrzahl der Strategien bildet der Aufbau von Strukturen zur Ausbildung von Nachwuchskräften im Bereich Bioökonomie einen ergänzenden Schwerpunkt, wobei die Förderung von systemischem Denken und die Schaffung von interdisziplinären Ausbildungsangeboten besonders betont werden.

Über die Forschung hinaus wird in fast allen Strategien eine engere Kooperation zwischen verschiedenen Akteuren angestrebt. Der Schwerpunkt liegt auf einer engen Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Gewünscht ist vor allem eine enge Verknüpfung von privatwirtschaftlichen Forschungsaktivitäten mit denen der öffentlichen Hand, bis zur Ausbildung expliziter Public-Private Partnerships (s. Kap. II.7.2). Die Einbeziehung von gesellschaftlichen Akteuren ist nur in einem Teil der Strategien vorgesehen. Die Ausrichtung ist dabei unterschiedlich, von Informationsangeboten über Nutzerforen bis zu Dialogprozessen, und spiegelt die unterschiedliche Konzeptualisierung gesellschaftlicher Akzeptanz in den Visionen wieder. Auf der Wissenschaftsseite wird transdisziplinäre Forschung nur in den beiden Strategien der Bundesländer angesprochen.

In vielen Strategien stellt der Ausbau internationaler Kooperationen eine wichtige Orientierung dar. Nur die US-Strategie beinhaltet ausschließlich nationale Aktivitäten. Die vorgeschlagenen internationalen Kooperationen umfassen unterschiedliche Ansätze, vom Wissenstransfer und Informationsaustausch über eine internationale Koordination von Forschung und Innovation bis zum Aufbau von Forschungs- und Technologiekooperationen. Die Leitlinie zur internationalen Kooperation korrespondiert mit der Erwartung einer globalen Bioökonomie (Kap. II.6.1).

Schließlich werden in vielen Strategien verbesserte Rahmenbedingungen für die Bioökonomie gefordert. In Kontext moderner Biotechnologien richtet sich dies auf behauptete rechtliche Unsicherheiten und Innovationshürden, deren Abbau gefordert wird. Dies spielt eine wichtige Rolle in den Strategien des Bioökonomierates, der USA und der OECD. Ansonsten zielen verbesserte Rahmenbedingungen eher auf klassische Instrumente der Forschungs- und Innovationsförderung in Unternehmen (vgl. Kap. II.7.2).

9. Fazit

Bioökonomie-Strategien bzw. strategische Papiere zur Bioökonomie aus Deutschland (Bioökonomierat, Bundesregierung, MWK Baden-Württemberg, Landesregierung NRW) sowie internationale Strategien (EU, OECD) und Strategien anderer Ländern (Schweden, USA) wurden vergleichend analysiert im Hinblick auf Entstehungskontext, Bioökonomie-Definition, Visionen, Ziele, Handlungsfelder sowie Leitbilder und Leitlinien für die Umsetzung.

Die hier durchgeführte Analyse beschränkt sich auf integrative Bioökonomie-Strategien, die alle Teilbereiche der Bioökonomie abdecken. In Europa gibt es integrative Strategien neben der EU integrative in Deutschland, Finnland, Flandern und Schweden sowie seit Kurzem auch in Frankreich und Spanien. Im Gegensatz hierzu liegen in den meisten Ländern nur Strategien zu Teilbereichen der Bioökonomie vor (vgl. Fund et al. 2015), insbesondere in der Tradition von Biotechnologie- und Biokraftstoff-Strategien. Die Ausprägung der Bioökonomie-Politik weltweit ist somit unterschiedlich.

Entstehung und Kontext der Bioökonomie-Strategien

Das Konzept der Bioökonomie hat seinen Ursprung in der Förderpolitik zu den Biotechnologien und Lebenswissenschaften. Ein Teil der Strategien (OECD, USA) hat nach wie vor seinen Schwerpunkt bei der modernen Biotechnologie. Durchweg handelt es sich nicht um alleinstehende Dokumente, sondern die Strategien sind das Ergebnis eines längeren Prozesses von Konferenzen und Papieren verschiedener Gremien. Auf EU-Ebene und in Deutschland hat dabei eine deutliche Verschiebung der Begründung

für Bioökonomie hin zur Anknüpfung an gesellschaftliche Herausforderungen (z.B. Klimawandel) und zu einem angestrebten Transformationsprozess von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft stattgefunden.

Außerdem handelt es sich bei der Bioökonomie nicht um isolierte Strategien, sondern die Bioökonomie-Strategien sind in andere Strategien und Politiken der jeweiligen Regierung eingebunden. Ausgeprägt ist dies auf der EU-Ebene mit dem starken Bezug zur Lissabon-Strategie bzw. zur Europa 2020 Strategie, die eine grundsätzliche strategische Orientierung für die EU vorgeben. Ebenso ist es das Verständnis der Bundesregierung, dass ihre Bioökonomie-Strategie in andere Strategien von der Hightech-Strategie 2020 bis zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie eingebettet ist. Eine entsprechende Einbindung gibt es auch bei den Strategien auf Landesebene. Der Anspruch ist somit, die Bioökonomie-Politik als konsistenten Bestandteil der gesamten Technologie- und Innovationspolitik und der Nachhaltigkeitspolitik zu konzipieren.

In den letzten Jahren hat die Integration von Forschung und Innovation zunehmend an politischer Bedeutung gewonnen (Aguilar et al. 2013). Dies spiegelt sich auch in den Bioökonomie-Strategien wieder. Mit der zunehmenden Bedeutung des Ziels, Innovationen zu fördern, werden über forschungspolitische Ansätze hinaus verschiedene Handlungsfelder zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Innovationen in die Strategien integriert. Die Integration verschiedener Politikfelder ist am stärksten ausgeprägt in der Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung (BMEL 2014).

Experten sind die bestimmenden Akteure bei der Erarbeitung der Bioökonomie-Strategien. Dabei sind zwei Settings vorherrschend:

> Erarbeitung durch Wissenschaftler (BW, NRC) oder durch Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft (Bioökonomierat, OECD)
> Erarbeitung durch die Regierung (Europäische Kommission, USA, Bundesregierung, NRW) bzw. nachgeordnete Behörden (Schweden)

Im letzteren Fall gibt es eine explizit dokumentierte bzw. implizite Einbeziehung von Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft. Öffentliche Konsultationen wurden nur in zwei Fällen (EU, USA) durchgeführt, wobei die eingegangenen Stellungnahmen wiederum fast ausschließlich aus Wissenschaft und Wirtschaft stammen und kaum Stellungnahmen aus der Zivilgesellschaft zu verzeichnen sind. Daran knüpft die Kritik an, dass zivilgesellschaftliche Akteure aus der Diskussion um Bioökonomie ausgeschlossen seien und ein demokratisches Defizit bestehe.

Definition der Bioökonomie in den Strategien

Die verwendeten Bioökonomie-Definitionen sind eng verknüpft mit dem Verständnis der Bioökonomie in den Strategien. Zwei grundlegende Definitionsansätze sind zu unterscheiden:

> Technologie-orientierte Definitionen, wie sie in den Strategien der OECD und der USA verwendet werden, repräsentieren eine Bioökonomie im engeren Sinne. Danach beschränkt sich die Bioökonomie auf die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologien und Erkenntnisse aus den Biowissenschaften. Nutzungen von Biotechnologie im Gesundheitsbereich, wie beispielsweise personifizierte Medizin oder Biomedizin, werden zur Bioökonomie gezählt. Die Rohstoffbasis Biomasse spielt keine prominente Rolle. Die wirtschaftliche Bedeutung der Bioökonomie ergibt sich

aus ihrem hohen Innovationspotential. Die Bioökonomie ist schon gegebene Realität und soll unterstützt und ausgebaut werden, um ihre ökonomischen Potentiale möglichst optimal zu nutzen.

> Den Strategien, die den Wandel von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft betonen, liegt ein Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne zugrunde. Sie verwenden Ressourcen- und Wirtschaftssektoren-orientierte Definitionen, teilweise mit normativen Komponenten. Zur Bioökonomie werden hier alle Wirtschaftssektoren gerechnet, die in die Erzeugung, Verarbeitung und Nutzung von biologischen Ressourcen involviert sind. Die aktuelle wirtschaftliche Bedeutung der Bioökonomie wird durch die Einbeziehung traditioneller Wirtschaftssektoren (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Nahrungsmittelindustrie) gestärkt. Gleichzeitig wird der Gesundheitsbereich in der Regel nicht adressiert. Mit der Perspektive einer Transformation der gesamten Wirtschaft ist gleichzeitig verbunden, dass sich die Bioökonomie erst in der Zukunft vollständig entfalten wird. Hier wird in den Strategien teilweise neben Bioökonomie auch der Begriff bio-basierte Wirtschaft verwendet, wobei die beiden Begriffe als Synonyme verstanden werden.

Die Bezeichnung „wissensbasierte Bioökonomie“ wurde zunächst auf EU-Ebene eingeführt und geht auf die Lissabon-Strategie zurück. Zwar hat die Kennzeichnung „wissensbasiert“ auf europäischer Ebene an Bedeutung verloren, sie wird aber in den nationalen Strategien teilweise explizit weiter verwendet und schwingt in anderen mit, da in allen Strategien stark auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Technologien sowie ihre Umsetzung in wirtschaftlich verwertbare Innovationen gesetzt wird.

Beschreibung der Bioökonomie in den Strategien

Bei der Darstellung der (aktuellen) Bioökonomie in den Strategien werden unterschiedliche Ansätze verfolgt:

> Beschreibung der Forschungslandschaft (Bioökonomierat 2009; MWK BW 2013a; NRC 2009),
> Beschreibung der wirtschaftlichen Bedeutung und Innovationspotentiale (BML 2014; Bioökonomierat 2010; OECD 2009; The White House 2012),
> Kombination von Forschungslandschaft und wirtschaftlicher Relevanz (BMBF 2010, EC 2012b) sowie schließlich
> keine Konkretisierung der Bioökonomie (EC 2012a; Formas 2012; MIWF NRW 2013).

Die Beschreibung der aktuellen Bioökonomie reicht von einer sehr kurzen Skizzierung bis zu einer ausführlichen Beschreibung. Viele Strategie-Papiere stellen nur die Stärken und Fortschritte der bioökonomischen Forschung heraus. Eine Einschätzung der Stärken und Schwächen in Forschung und Innovation mittels einer SWOT-Analyse erfolgt nur überblicksartig in einer Strategie (BMBF 2010) und ausführlich in einer zweiten (MWK BW 2013a).

Nur teilweise werden quantitative Daten der aktuellen Bioökonomie präsentiert. Die quantitativen Beschreibungen sind dabei stark von der zugrunde gelegten Definition der Bioökonomie geprägt. Bei einem Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne liegen statistische Daten zu traditionellen Wirtschaftssektoren mit Biomassenutzung vor und werden in die Abschätzung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung einbezogen. Aber nicht alle Wertschöpfungsketten mit Biomassenutzung werden mit der bestehenden Statistik vollständig erfasst. Ebenso sind die vorliegenden Daten zur Biotechnologie-Industrie unvollständig und stammen aus Einzelstudien. Mittlerweile sind in Deutschland und der Europäischen Union Arbeiten begonnen worden, um zu einem systematischen Monitoring der Bioökonomie zu gelangen.

Visionen und Erwartungen in den Bioökonomie-Strategien

Bei den Bioökonomie-Strategien können im Kern zwei Visionen unterschieden werden:

> eine Biotechnologie-zentrierte Vision: Biowissenschaften und -technologien als Innovationstreiber
> eine Transformations-zentrierte Vision: Wandel zu einer bio-basierten Wirtschaft

Bei der Biotechnologie-zentrierten Vision wird erwartet, dass es durch neue Erkenntnisse insbesondere der Biowissenschaften und den daraus hervorgehenden Innovationen zu ökonomischem Wachstum, verbesserter internationaler Wettbewerbsfähigkeit und neuen Arbeitsplätzen kommt. In den Bioökonomie-Strategien werden damit die Erwartungen der letzten Jahrzehnte an die Biotechnologie und Lebenswissenschaften fortgeschrieben. In der großen Mehrzahl der Strategien wird dementsprechend die Biotechnologie als Schlüsseltechnologie betrachtet. Dabei wird eine Integration der Biotechnologie über verschiedene Wirtschaftssektoren hinweg erwartet.

In der EU und in Deutschland hat in den letzten Jahren eine entscheidende Veränderung in der Begründung der Bioökonomie-Strategien stattgefunden. Die Biotechnologie-zentrierte Vision wurde ergänzt bzw. ersetzt durch eine Transformations-zentrierte Vision, die einen Strukturwandel von einer erdölbasierten zu einer bio-basierten Wirtschaft anstrebt. Dabei gibt es Abstufungen, inwieweit die Wirtschaft zukünftig auf biologischen Ressourcen bzw. Biomasse gegründet werden soll. Die Erwartungen an ökonomisches Wachstum, verbesserte internationale Wettbewerbsfähigkeit und neue Arbeitsplätze werden beibehalten.

Bioökonomie wird hier als Antwort auf große globale Herausforderungen wie Klimawandel, Ernährungssicherung und Endlichkeit fossiler Ressourcen verstanden. Damit wird angeknüpft an Vorstellungen einer Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft innerhalb der planetarischen Leitplanken (WBGU 2011), wobei anstelle einer umfassenden Dekarbonisierung das Bioökonomie-Konzept einer bio-basierten Wirtschaft allerdings nur auf einen Austausch der Kohlenstoff-Quelle von fossil auf nachwachsend zielt.

Die Hälfte der untersuchten Strategien beschreibt die Bioökonomie als globales Phänomen. Die Erwartung ist eine intensive internationale Arbeitsteilung, Kooperation und Vernetzung in der Forschung und Technologieentwicklung, der Bereitstellung von Biorohstoffen und im Aufbau von Wertschöpfungsketten sowie Märkten. Diese Globalisierung wird als gegebene Randbedingung wahrgenommen. Gleichzeitig gibt es Elemente der Konkurrenz, indem teilweise regionale bzw. nationale Stärken und Chancen herausgestellt sowie eine Technologieführerschaft angestrebt werden.

Die Entwicklung der modernen Biotechnologie ist in der Vergangenheit teilweise von gesellschaftlichen Kontroversen, insbesondere bei der Grünen Gentechnik, begleitet worden. Die Erwartung in einigen Strategien hinsichtlich der gesellschaftlichen Akzeptanz ist, dass in Zukunft der (bio)technische Fortschritt und die Globalisierung als Chancen positiv aufgenommen werden. Dies wird verbunden mit einem klassischen Modell der Akzeptanzerzeugung, indem Wissenschaft und Wirtschaft über den Nutzen der Bioökonomie informieren und die Bevölkerung überzeugen sollen. In den letzten Jahren ist teilweise ein anderer Akzent zu beobachten, indem der partizipative Dialog stärker betont wird, z.B. in der Strategie der Europäischen Kommission und der Politikstrategie der Bundesregierung. Es sollen Möglichkeiten geschaffen werden, in denen Bürger und Endnutzer ihre Anforderungen an die Entwicklung der Bioökonomie formulieren können.

Handlungsfelder in den Bioökonomie-Strategien

Die Forschungs- und Innovationspolitik ist das zentrale Handlungsfeld in allen Strategien. Prägend ist die Vorstellung, dass technische Innovationen die Entwicklung der Bioökonomie vorantreiben sollen. Strategien mit einer Biotechnologie-zentrierten Vision und einem Verständnis der Bioökonomie im engeren Sinne beschränken sich auf strukturelle Handlungsfelder zur Förderung von Forschung, Innovationen und Wirtschaftswachstum.

Die Strategien mit einer Transformations-zentrierten Vision und dem damit verbundenen Verständnis der Bioökonomie im weiteren Sinne legen dagegen den Schwerpunkt auf inhaltliche Forschungs- und Handlungsfelder, ergänzt durch sogenannte Querschnittsaufgaben im strukturellen Bereich. Dabei ist eine Öffnung hin zu verschiedenen Technologiefeldern und Innovationsansätzen zu beobachten, im Gegensatz zur Konzentration auf moderne Biotechnologien in der Vergangenheit. Unter dem Dach der Bioökonomie erfolgt somit eine Bündelung verschiedener Forschungs- bzw. Handlungsfelder, die eine Vielzahl von Forschungs- und Technikansätzen einschließen. Die Forschungsansätze werden somit heterogener. Dominierend bleiben aber wissensbasierte Innovationen, High-Tech-Ansätze und forschungsintensive wirtschaftliche Aktivitäten. Themenstellungen zur Erzeugung (bzw. Bereitstellung) und Konversion von Biomasse haben ein starkes Übergewicht gegenüber Fragestellungen zu den Endprodukten und der Nachfrage. Soweit die inhaltliche Ausrichtung detailliert in den Strategien ausgearbeitet wird, ist eine erhebliche Kontinuität vieler konkreter Forschungsthemen zu beobachten.

Die Bioökonomie-Strategien schließen in unterschiedlicher Gewichtung energetische und stoffliche Nutzungen sowie die Nahrungsmittelversorgung ein. Damit sollen Nutzungspfade, die potentiell um Flächen, Biomassen und Märkte konkurrieren, gleichzeitig unter dem Dach der Bioökonomie gefördert werden. Damit kann es innerhalb der Bioökonomie-Strategien zu Zielkonflikten kommen. Eine Reaktion auf diesen Sachverhalt ist, dass neben der Entwicklung von Technologien und Innovationen gleichzeitig die ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Belange erforscht werden sollen, mit dem Anspruch, so Technikentwicklungen und Bioökonomie-Strategien anpassen zu können.

Im Vergleich zur Forschungs- und Innovationspolitik sind andere Politikfelder weit weniger ausformuliert. Für die Entwicklung neuer Märkte in der Bioökonomie sind in einzelnen Strategien klassische Instrumente wie Förderung von Start-ups und KMUs sowie Ansätze der öffentlichen Beschaffung von bio-basierten Produkten vorgesehen. Neben spezifischen Handlungsansätzen wird insbesondere die Notwendigkeit betont, einen kohärenten Politikrahmen herzustellen. Dies soll beispielsweise durch interministerielle Arbeitsgruppen erreicht werden. Letztlich geben die Bioökonomie-Strategien keine Auskunft, welche Veränderungen in verschiedenen Politikfeldern, wie beispielsweise der Agrarpolitik und der Erneuerbaren-Energie-Politik, durch die Zielsetzungen in der Bioökonomie notwendig werden.

Leitbilder und Leitlinien zur Biomassenutzung

Nachhaltigkeit ist das dominierende Leitbild für die Umsetzung der Bioökonomie-Strategien. Nur in zwei der untersuchten Strategien spielt Nachhaltigkeit keine Rolle (OECD, USA). Nur in einem Fall werden Bioökonomie und Nachhaltigkeit mehr oder weniger gleich gesetzt (Bioökonomierat 2009). Das vorherrschende Verständnis ist, dass mit der Bioökonomie positive Nachhaltigkeitseffekte erzielt werden können, wenn gezielt nachhaltige Lösungen gewählt werden. Im Mittelpunkt der Diskussion von potentiellen Nachhaltigkeitsproblemen in den Strategien steht die Erzeugung von Biomasse, also die Primärproduktion. Für die Agrarproduktion werden in den Strategien zwar in unterschiedlichem Maße, aber am detailliertesten mögliche, zu beachtende Nachhaltigkeitsprobleme benannt. Die Sicherstellung einer nachhaltigen Forstwirtschaft und Fischerei wird gezielt nur in einer Strategie (BMEL 2014) thematisiert. Im Rahmen der stofflichen Nutzung wird insbesondere für Bioraffinerien über alle Entwicklungsstadien hinweg eine begleitende Erforschung der ökologischen und sozioökonomischen Effekte gefordert, um Nachhaltigkeit zu erreichen.

Das Nachhaltigkeitsleitbild wird in einigen Strategien durch weitere Leitlinien konkretisiert. Diese Leitlinien umfassen

> Vorrang der Ernährung,
> Vermeidung von Landnutzungskonflikten,
> Vorrang für Rest- und Abfallstoffe sowie
> Kaskadennutzung.

Zur Realisierung des Nachhaltigkeitsleitbilds und der weiteren Leitlinien werden im Wesentlichen zwei Ansätze verfolgt:

> Forschung zu den Nachhaltigkeitswirkungen der bioökonomischen Entwicklung
> Nachhaltigkeitsstandards und -zertifizierungen

Die ökologische und sozioökonomische Forschung zur Nachhaltigkeit der Bioökonomie wird in zwei Ansätzen konzipiert. Zum einen mit eigenständigen Konzepten und Fördermaßnahmen. Zum anderen als integrierter Bestandteil der Bioökonomie-Strategie und von Forschungsverbünden. Aber auch im ersteren Fall wird eine enge Verknüpfung mit der Forschung zu Technologien und Innovationen gefordert, so dass Technikentwicklungen und Bioökonomie-Strategien angepasst werden können. Bei der Nachhaltigkeitszertifizierung sollen Methoden, Kriterien und Standards zur Nachhaltigkeitsbewertung weiter entwickelt sowie ihre Einführung und Anwendung unterstützt werden.

Leitbilder und Leitlinien zur Organisation von Forschung und Innovation

Die in den Strategien angeführten Punkte zur Organisation von Forschung und Innovation zeigen bei den grundsätzlichen Leitlinien weitgehende Übereinstimmung, bei teilweisen Unterschieden in der konkreteren Ausgestaltung. Die Forderung nach einer systemischen bzw. ganzheitlichen Betrachtung der Bioökonomie ist insbesondere in den deutschen Strategien stark ausgeprägt. Dies bezieht sich einerseits auf die bioökonomischen Untersuchungsgegenstände: Dazu gehören das Denken in Wertschöpfungsketten sowie die Analyse von Veränderungen und Wirkungen im gesamten System. Andererseits wird dies auf die anzustrebende Struktur der bioökonomischen Forschung bezogen. Mit den entsprechenden Forderungen nach Vernetzung, ganzheitlichen Forschungsansätzen und systemischer

Begleitforschung korrespondiert das Leitbild einer interdisziplinären Ausrichtung der bioökonomischen Forschung. Dabei werden drei Aspekte angesprochen: interdisziplinäre Kompetenzen, interdisziplinäre Kooperationen sowie interdisziplinäres Wissen. In der Mehrzahl der Strategien bildet der Aufbau von Strukturen zur Ausbildung von Nachwuchskräften im Bereich Bioökonomie einen ergänzenden Schwerpunkt, wobei die Förderung von systemischem Denken und die Schaffung von interdisziplinären Ausbildungsangeboten besonders betont werden.

Über die Forschung hinaus wird in fast allen Strategien eine engere Kooperation zwischen verschiedenen Akteuren angestrebt. Der Schwerpunkt liegt auf einer engen Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Gewünscht ist vor allem eine enge Verknüpfung von privatwirtschaftlichen Forschungsaktivitäten mit denen der öffentlichen Hand, bis zur Ausbildung expliziter Public-Private Partnerships. Die Einbeziehung von gesellschaftlichen Akteuren ist nur in einem Teil der Strategien vorgesehen. Die Ausrichtung ist dabei unterschiedlich, von Informationsangeboten über Nutzerforen bis zu Dialogprozessen, und spiegelt die unterschiedliche Konzeptualisierung gesellschaftlicher Akzeptanz in den Visionen wieder. Auf der Wissenschaftsseite wird transdisziplinäre Forschung nur in den beiden Strategien der Bundesländer angesprochen.

In vielen Strategien stellt der Ausbau internationaler Kooperationen eine wichtige Orientierung dar. Nur die US-Strategie beinhaltet ausschließlich nationale Aktivitäten. Die vorgeschlagenen internationalen Kooperationen umfassen unterschiedliche Ansätze, vom Wissenstransfer und Informationsaustausch über eine internationale Koordination von Forschung und Innovation bis zum Aufbau von Forschungs- und Technologiekooperationen. Die Leitlinie zur internationalen Kooperation korrespondiert mit der Vision einer globalen Bioökonomie.

Schließlich werden in vielen Strategien verbesserte Rahmenbedingungen für Bioökonomie gefordert. Im Kontext moderner Biotechnologien richtet sich dies auf behauptete rechtliche Unsicherheiten und Innovationshürden, deren Abbau gefordert wird. Dies spielt eine wichtige Rolle in den Strategien des Bioökonomierates, der USA und der OECD. Ansonsten zielen verbesserte Rahmenbedingungen eher auf klassische Instrumente der Forschungs- und Innovationsförderung in Unternehmen.

Literatur Kapitel II

Adam, B.; C. Groves (2007): Future Matters: Action, Knowledge, Ethics. Leiden: Brill

Aguilar, A.; E. Magnien; D. Thomas (2013): Thirty years of European biotechnology programmes: from biomolecular engineering to the bioeconomy. New Biotechnology 30 (5), 410-425

Albrecht, S.; M. Gottschick; M. Schorling; S. Stirn (2012): Bioökonomie am Scheideweg. Industrialisierung von Biomasse oder nachhaltige Produktion? GAIA 21 (1), 33-37

Adler, P.; Budzinski, M.; Erdmann, G.; Majer, S.; Meisel, K.; Schock, S.; Thrän, D. (2015): Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen für ein Monitoring der Bioökonomie: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie. Leipzig: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum

Barben, D. (2007): Politische Ökonomie der Biotechnologie. Innovation und gesellschaftlicher Wandel im internationalen Vergleich. Frankfurt/New York: Campus Verlag

BBI JU (Bio-Based Industries Joint Undertaking) (2016a): About BBI. http://www.bbi-europe.eu/about/about-bbi

BBI JU (2016b): Annual Work Plan and Budget 2016. Annex I to BBI-GB-03/16

Belgian Presidency (2010): The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. http://www.mercadosbiotecnologicos.com/documents/the_knowledge_based_bioeconomy_kbbe_in_europe.pdf

Besi, M. de; McCormick, K. (2015): Towards a Bioeconomy in Europe: National, Regional and Industrial Strategies. Sustainability 7, 10461-10478

Bioökonomie Forschung Baden-Württemberg (2015): Mit Bioökonomie die Zukunft gestalten. http://www.bioeconomy-research-bw.de/mission

Bioökonomierat (2009): Kompetenzen bündeln, Rahmenbedingungen verbessern, internationale Partnerschaften eingehen – Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland. Berlin: Forschungs- und Technologierat Bioökonomie

Bioökonomierat (2010): Innovation Bioökonomie. Gutachten des BioÖkonomieRats. Berlin: Forschungs- und Technologierat Bioökonomie

Bioökonomierat (2013): Bioökonomie-Politikempfehlungen für die 18. Legislaturperiode

Bioökonomierat (2013b): Bioökonomierat: „Politikstrategie Bioökonomie kommt zur rechten Zeit“. Pressemitteilung vom 17.07.2013. http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/Pressemitteilungen/BOER_PM_130717.pdf

Bioökonomierat (2014): Positionen und Strategien des Bioökonomierates. Beschlossen in der 8. Ratssitzung, veröffentlicht am 14.5.2014

Bioökonomierat (2015): Global Visions for the Bioeconomy – an International Delphi-Study. Berlin: Geschäftsstelle des Bioökonomierates

Bioökonomierat (2016): Bioeconomy Policies around the World. http://www.biooekonomierat.de/biooekonomie/international/

Bioökonomierat (2016b): Was ist Bioökonomie? http://www.biooekonomierat.de/biooekonomie/

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2010): Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Berlin

BMBF (2014a): Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland. Berlin

BMBF (2014b): Wegweiser Bioökonomie. Forschung für biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum. Berlin

BMBF (2014c): Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel. Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung für die Bioökonomie. Berlin

BMBF, BMEL (2014): Bioökonomie in Deutschland. Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Berlin

Böhle, K.; K. Bopp (2014): What a Vision: The Artificial Companion. A Piece of Vision Assessment Including an Expert Survey. Science, Technology & Innovation Studies 10 (1), 156-186

Bonaiuti, M. (2014): Bioeconomics. In: D'Alisa, G.; F. Demaria; G. Kallis: Degrowth. A Vocabulary for a New Era. Oxon + New York: Rourledge, 25-28

Borup, M.; N. Brown; K. Konrad; H. Van Lente (2006): The Sociology of Expectations in Science and Technology. Technology Analysis & Strategic Management 18 (3/4), 285-298

Brown et al. (2000): Contested Futures. A sociology of prospective techno science. Burlington: SATSU

Bundesregierung (2012): Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin: BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung), BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie)

Capgemini (2010): Roadmap zur Errichtung einer Knowledge-Based Bio-Economy. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg in die Umsetzung. Düsseldorf: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. http://www.wissenschaft.nrw.de/fileadmin/Medien/Dokumente/Forschung/Fortschritt/Biooekonomie-Studie.pdf

Delzeit, R.; Klepper, G; Söder, M. (2015): Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen und Beiträge für ein Monitoring der Bioökonomie: Wirtschaftliche Kennzahlen. Kiel: Institut für Weltwirtschaft an der Christian-Albrechts-Universität

Dieckhoff, P.; El-Cichakli, B.; Patermann, C. (2015): Bioeconomy Policy. Synopsis and Analysis of Strategies in the G7. A report from the German Bioeconomy Council. Berlin: Office of the Bioeconomy Council

Dierkes, M. (1990): Technikgenese: Einflußfaktoren der Technisierung jenseits traditioneller Technikfolgenforschung. In: Biervert, B.; Monse, K. (Hrsg.): Wandel durch Technik? Institution, Organisation, Alltag. Opladen: Westdeutscher Verlag. 311-331

Dierkes, M. (2001): Visions, Technology, and Organizational Knowledge: An Analysis of the Interplay Between Enabling Factors and Triggers of Knowledge Generation. In: de la Mothe, J.; Foray, D.: Knowledge Management in the Innovation Process. Economics of Science, Technology and Innovation Volume 24. New York: Springer Science + Business Media. 9-42

Dolata, U. (2003): Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: Ein Theorierahmen. Berlin: edition sigma

EC (European Commission) (2005): New Perspectives on the Knowledge-Based Bio-Economy, Conference Report. Brussels. http://edz.bib.uni-mannheim.de/daten/edz-bra/gdre/05/kbbe_conferencereport.pdf

EC (2005b): Biomass action plan. COM(2005) 628

EC (2010): Commission Staff Working Document. Lisbon Strategy evaluation document. Brussels

EC (2010b): Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. COM(2010) 2020

EC (2011a): Bio-based economy for Europe: state of play and future potential – Part 1. Report on the European Commission's Public on-line consultation. http://ec.europa.eu/research/consultations/bioeconomy/bio-based-economy-for-europe-part1.pdf

EC (2011b): Bio-based economy in Europe: state of play and future potential – Part 2. Summary of the position papers received in response of the European Commission's Public on-line consultation http://ec.europa.eu/research/consultations/bioeconomy/bio-based-economy-for-europe-part2.pdf

EC (2011c): Strategic Innovation Agenda of the European Institute of Innovation and Technology (EIT): the contribution of the EIT to a more innovative Europe. Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council. COM(2011) 822

EC (2012a): Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2012) 60

EC (2012b): Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Commission staff working document

EC (2013): European Bioeconomy Panel. Profiles of panel members. http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/european-bioeconomy-panel-list-17092013_en.pdf

EC (2014): Where next for the European bioeconomy? The latest thinking from the European Bioeconomy Panel and the Standing Committee on Agricultural Research Strategic Working Group (SCAR). Brussels: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Directorate F Bioeconomy. http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/where-next-for-european-bioeconomy-report-0809102014_en.pdf

Enriquez, J. (1998): Genomics and the World's Economy. Science 281, 925-926

Essel, R.; Breitmayer, E.; Carus, M.; Fehrenbach, H.; von Geibler, J.; Bienge, K.; Baur, F. (2014): Discussion paper Defining cascading use of biomass. R&D-Project "Increasing resource efficiency by cascading use of biomass - from theory to practice" (FKZ 3713 44 100). https://biomass-ekaskaden.de/wp-content/uploads/2014/04/14–03–14_Cascading_use_Discussionpaper.pdf

European Council (2000): Lisbon Strategy. http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.htm

European Parliament and Council (2013): Strategic Innovation Agenda of the European Institute of Innovation and Technology (EIT): the contribution of the EIT to a more innovative Europe. Decision No 1312/2013/EU of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union L 347, 892-923

Formas (The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Science and Spatial Planning) (2012): Swedish Research and Innovation. Strategy for a Bio-based Economy. Stockholm. http://www.formas.se/PageFiles/5074/Strategy_Biobased_Ekonomy_hela.pdf

Fund, C.; B. El-Chichakli, P. Dieckhoff (2015): Bioeconomy Policy (Part II). Synopsis of National Strategies around the World. Berlin: Geschäftsstelle des Bioökonomierates

German Presidency (2007): En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy. Cologne Paper. https://dechema.de/dechema_media/Cologne_Paper-p-20000945.pdf

Grunwald, A. (2012): Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000030441

Langeveld, J.W.A. (2015): Results of the JRC-SCAR Bioeconomy Survey. Wageningen, The Netherlands: Biomass Research

Lösch, A. (2014): Die diskursive Konstruktion einer Technowissenschaft. Wissenssoziologische Analytik am Beispiel der Nanotechnologie. Baden Baden: Nomos

Lösch, A.; C. Schneider (2016): Transforming power/knowledge apparatuses: the smart grid in the German energy transition. Innovation: The European Journal of Social Science Research, DOI: 10.1080/13511610.2016.1154783

MIWF NRW (Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen) (o.J.): Eckpunkte einer Bioökonomiestrategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf. http://www.wissenschaft.nrw.de/fileadmin/Medien/Dokumente/Forschung/Fortschritt/Biooekonomiestrategie_NRW.pdf

MIWF NRW (2013): Forschungsstrategie Fortschritt NRW. Forschung und Innovation für nachhaltige Entwicklung 2013-2020. Düsseldorf. http://www.wissenschaft.nrw.de/fileadmin/Medien/Dokumente/Forschung/Fortschritt/Broschuere_Fortschritt_NRW.pdf

MIWF NRW (2015): Bioökonomie in NRW. http://www.wissenschaft.nrw.de/forschung/fortschritt-nrw/grosse-gesellschaftliche-herausforderungen-bewaeltigen/multitalent-biotechnologie/biooekonomie-in-nrw/

MWK BW (Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Forschung Baden-Württemberg) (2013a): Bioökonomie im System aufstellen. Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie „Bioökonomie“. Stuttgart. https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/pdf/Forschung/Konzept_Forschungsstrategie_Biooekonomie.pdf

MWK BW (2013b): Programm für Bioökonomie-Forschung beschlossen. Pressemitteilung Forschung 06.09.2013. http://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/forschungsprogramm-biooekonomie-beschlossen/

NRC (National Research Council) (2009): A New Biology for the 21st Century. Washington DC: The National Academic Press

O'Brien, M.; Wechsler, D.; Bringezu, S.; Arnold, K. (2015): Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen und Beiträge für ein Monitoring der Bioökonomie: Systemische Betrachtung und Modellierung der Bioökonomie. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

OECD (Organisation of Economic Co-Operation and Development) (2009): The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Main findings and policy conclusions. http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicy-agenda.htm

OPST (Office of Science and Technology Policy) (2011): Request for Information: Building A 21st Century Bioeconomy. Federal Register Vol. 76, No. 196, 62869-62871

OPST (2012): National Bioeconomy Blueprint: Public Comment. https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/ostp/library/bioeconomy

Petschow, U. (2011): Bioökonomie. Können neue Technologien die Energieversorgung und die Welternährung sichern? Berlin: Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Pfau, S.F.; Hagens, J.E.; Dankbaar, B.; Smits, A.J.M. (2014): Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. Sustainability 6, 1222-1249

Ponte, S. (2009): From Fishery to Fork: Food Safety and Sustainability in the 'Virtual' Knowledge-Based Bioeconomy (KBBE). Science as Culture 18 (4), 483-495

Scarlat, N.; Dallemand, J.-F.; Monforti-Ferrario, F.; Nita, V. (2015): The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. Environmental Development 15, 3-34

Schneider, C.; Lösch, A. (2015): What About Your Futures, Technology Assessment? Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 24 (2), 70-74

Selin, C. (2007): Expectations and the Emergence of Nanotechnology. Science Technology & Human Values 32 (2), 196-220

Staffas, L.; Gustavsson, M.; McCormick, K. (2013): Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. Sustainability 5, 2751-2769

The White House (2012): National Bioeconomy Blueprint. Washington DC. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf

Von Braun, J. (2014): Bioeconomy and sustainable development – dimensions. Rural 21 03/2014, 6-9

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2011): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten 2011. Bundestags-Drucksache 17/7331

III. Ergebnisse einer Online-Befragung von Forschern in den Verbünden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen

1. Einleitung

Im Rahmen des Projekts wurden alle am baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie beteiligten Forscher (Verbundsprecher, Verbundkoordinatoren, Projektleitungen, Projektmitarbeiter, Promovierende) aus den drei Verbünden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen nach vorheriger Ankündigung in den jeweiligen Verbundtreffen zu einer Onlinebefragung eingeladen. Die Umfrage verfolgte die Ziele, Verständnisse der Wissenschaftler zum Konzept der Bioökonomie und deren Einstellung zu Zielen ausgewählter Bioökonomie-Strategien, aktuelle Sachstände der Projekte (z.B. zu den untersuchten Wertschöpfungsketten und vorhandenen Kooperationen) sowie Einschätzungen zu bestimmten Problemlagen (z.B. im Bereich Nutzungskonkurrenzen und Umweltwirkungen) zu erfassen. Die Befragung startete Mitte März 2016 und der Online-Fragebogen konnte während eines Zeitraums von sechs Wochen beantwortet werden. Für die Verbünde Lignozellulose und Mikroalgen wurde aufgrund des erhöhten Anteils englischsprachiger Wissenschaftler neben der deutschen auch eine englische Fassung des Fragebogens zur Verfügung gestellt. Die Einladung zur Umfrage wurde durch die Geschäftsstelle des Forschungsprogramms verschickt, die während der Laufzeit zwei Mal an die Teilnahme erinnerte.

Die Ergebnisdarstellung ist wie folgt aufgebaut:

> Im Kapitel III.2 werden die Fragenkomplexe, Rücklaufquoten und der fachliche Hintergrund der Befragten dargestellt
> In den Kapitel III.3 bis III.7 werden die Ergebnisse entlang der Themenkomplexe dargestellt und die zentralen Aussagen sowie Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Verbünden für jeden Komplex zusammengefasst.

2. Methodik und Informationen zur Datenerhebung und -auswertung

Der Fragebogen wurde in Anlehnung an die Hauptfragestellungen im ITAS-Projekt erstellt und bestand aus fünf Themenkomplexen (s. Fragebogen in deutscher Fassung im Anhang):

1) Perspektiven auf Bioökonomie
2) Wertschöpfungsketten
3) Potenziale und Nutzungskonkurrenzen
4) Auswirkungen auf die Umwelt
5) Kooperationen

Die Themenkomplexe 1 und 5 wurden den Wissenschaftlern aller Verbünde in identischer Weise gestellt, die Fragen in den Komplexen 2 bis 4 wurden auf die Spezifika der einzelnen Verbünde angepasst. Bei vielen Fragen ging es nicht um die Ermittlung wissenschaftlich exakter Werte, sondern um die persönliche Einschätzung oder Meinung der Wissenschaftler auf Basis ihres Erfahrungshintergrunds.

Der Fragebogen setzte sich aus einer Kombination von geschlossenen und offenen Fragen zusammen. Die Antworten wurden quantitativ und qualitativ ausgewertet. Für die Auswertung der offenen Fragen wurden Kategorien gebildet, unter denen die Antworten geclustert wurden. Bei der Darstellung der

Ergebnisse handelt es sich nicht um eine systematische Wiedergabe der Antworten; besonders interessante Aussagen, Punkte mit klarem Konsens oder aber auch gegensätzliche Positionen werden herausgearbeitet. Um sich ein Bild zur Belastbarkeit der Daten zu machen, werden im Folgenden zunächst die Rücklaufquoten dargestellt und anschließend auf den wissenschaftlichen Hintergrund der Teilnehmer eingegangen.

Bei der Befragung des Forschungsverbunds Biogas wurden 25 Datensätze erfasst, wobei lediglich 12 Personen die Befragung abgeschlossen haben, d.h. dass sie die letzte Seite des Fragebogens erreicht und den Großteil der Fragen beantwortet haben. Im E-Mailverteiler des Verbunds befanden sich zum Zeitpunkt der Einladung 42 Adressen (ohne die ITAS-Mitarbeiter des Begleitforschungsprojekts). Gemessen an der Anzahl abgeschlossener Fragebögen entspricht dies einer Rücklaufquote von knapp 29%. Der Rücklauf variiert je nach Frage und liegt zum Teil über, zum Teil auch unter diesem Wert. Die höchste Rücklaufquote von etwa 57% wurde zu Beginn der Befragung bei Fragen zur Projektzuordnung erzielt. Um ein bestmögliches Abbild aller Antworten zu geben, sind in die Auswertung alle pro Frage vorliegenden Datensätze eingeflossen. Die jeweilige Rücklaufquote wird für jede Frage bzw. jeden Themenkomplex angegeben.

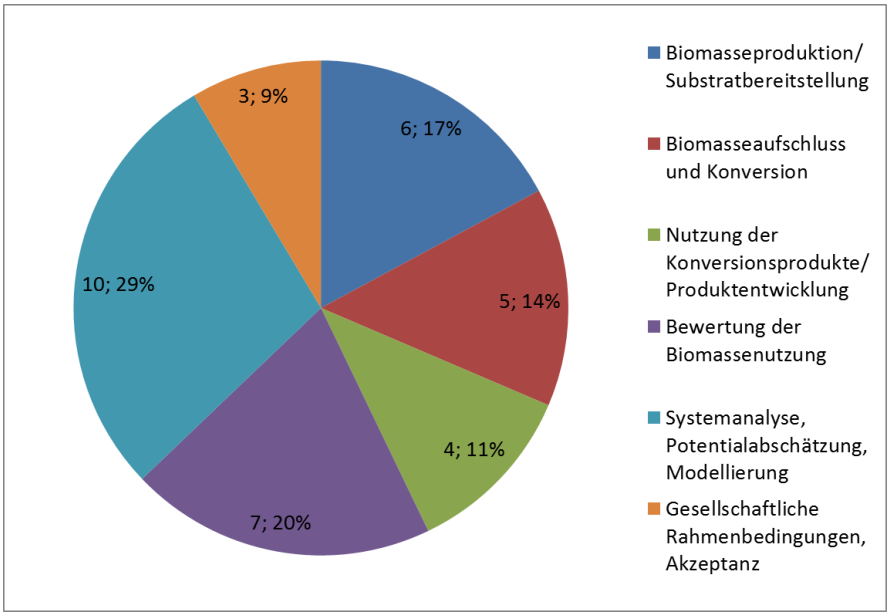
Für den Forschungsverbund Lignozellulose wurden 32 Datensätze erfasst. Die Befragung wurde von 22 Personen abgeschlossen, was bei 68 Adressaten im E-Mailverteiler einer Rücklaufquote für abgeschlossene Befragungen von etwa 32% entspricht. Der höchste Rücklauf liegt bei 47% und bezieht sich auf den wissenschaftlichen Hintergrund der Forscher. Im Mikroalgen-Verbund wurden 24 Datensätze erfasst, davon 15 abgeschlossene Fragebögen. Gemessen an der Zahl abgeschlossener Umfragen und der Zahl an Adressaten im E-Mailverteiler (34 Personen) beträgt der Rücklauf 44%, die höchste Rücklaufquote beträgt 71% zu Anfang der Befragung.

Um die Antworten besser beurteilen zu können, wurden die Forscher gebeten anzugeben, wie sie die Art ihrer Forschung charakterisieren und wie lange sie bereits im Themenfeld Bioökonomie forschen. In Abbildung III.1 sind die Antworten auf die Frage, welchem Handlungsfeld sich das eigene Projekt zuordnen lässt, für den Biogas-Verbund dargestellt. Dabei waren Mehrfachantworten möglich und 8 von 23 Wissenschaftlern haben ihre Forschung mehreren Feldern zugeordnet. Ausschließlich den ersten drei Technologie-orientierten Handlungsfeldern Biomasseproduktion, Konversion und Produktentwicklung haben sich 7 Antwortende (30%) zugeordnet, den Begleitforschungsthemen[10] wie Bewertung der Biomassenutzung, Potenzialabschätzung und gesellschaftliche Rahmenbedingungen 13 Befragte (57%) und 3 Befragte (13%) sehen sich in ihren Projekten mit Forschungsfeldern aus beiden Bereichen befasst. Da die Frage nach der Zuordnung für alle drei Verbünde gleich war, stimmen die Kategorien der Befragung nicht vollständig mit den Handlungsfeldern im Forschungsverbund überein. Zudem sind im Forschungsverbund einzelne Projekte wie z.B. "Potenzialanalyse zur Erzeugung von Biogas in Klärschlammanlagen" den Technologie-orientierten Handlungsfeldern zugeordnet, die in der Befragung in eine Kategorie der nicht-technischen Handlungsfelder fallen. Damit lassen sich die Verteilung der Projekte und der Mitarbeiter in den Projekten gemäß der Verbundbeschreibung nur bedingt mit der Zuordnung der Projekte durch die Befragten vergleichen (Tabelle III.1). Außerdem machen die Mehrfachnennungen von rund einem Drittel der Befragten deutlich, dass relativ viele Projekte entgegen der

10 Mit der Verwendung des Begriffs „Begleitforschung“ sind in der Auswertung nicht nur die Projekte der sozial-ökologischen Begleitforschung gemeint, sondern alle Projekte eines Verbunds, die sich mit den nicht-technischen Aspekten der Pfade und Fragestellungen aus den Forschungsfeldern Bewertung der Biomassenutzung, Systemanalyse, Potenzialabschätzung, Modellierung, gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Akzeptanz befassen.

formalen Zuordnung verschiedene Handlungsfelder berühren. Trotzdem ist davon auszugehen, dass bei den Teilnehmern der Befragung aus dem Biogas-Verbund Wissenschaftler aus der Begleitforschung überrepräsentiert sind.

Abb. III. 1: Biogas - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfel-dern (Mehrfachnennungen möglich, n = 23, 55% Rücklauf)



Tab. III. 1: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Verbund Biogas

Handlungsfeld	Anzahl der Projekte[11]	Anzahl der beteiligten Wissenschaftler[10]	Nennungen der Befragten[12]
Biomasseproduktion / Substratbereitstellung	2	4	6
Biomasseaufschluss und Konversion	5	11	5
Nutzung der Konversionsprodukte / Produktentwicklung	2	7	4
Bewertung der Biomassenutzung	1	5	7
Systemanalyse, Potentialabschätzung, Modellierung	2	6	10
Gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Akzeptanz	-	-	3
Ökonomische, ökologische, ethische und soziale Implikationen	1	3	-
Sozialwissenschaftliche und ökologische Begleitforschung	2	5	-

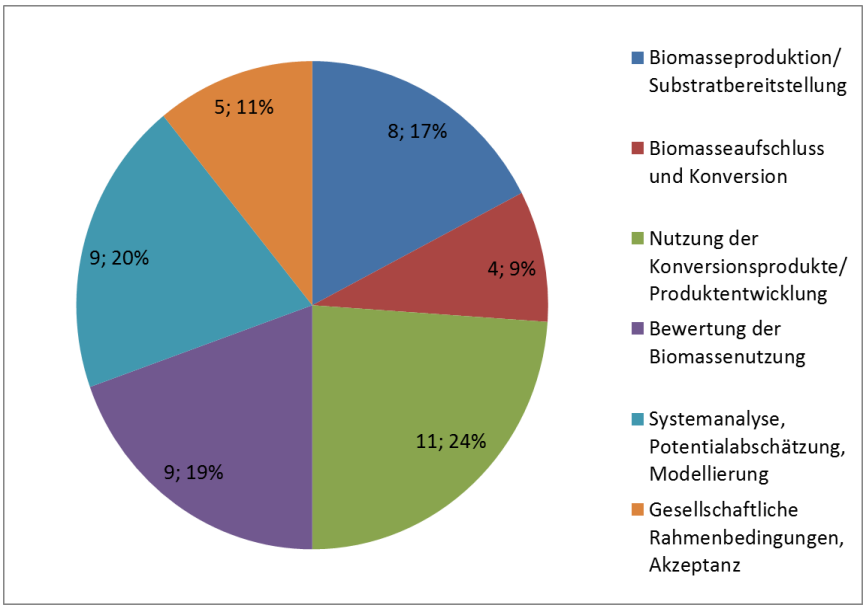
11 Die Angaben in den Spalten „Anzahl der Projekte“ und „Anzahl der beteiligten Wissenschaftler“ wurden auf Basis der Verbundinformationen auf der Homepage des Forschungsprogramms ermittelt. Dies gilt auch für die Tabellen 2 und 3.

12 Die Angaben in der Spalte „Nennungen der Befragten“ beziehen sich auf die in der Befragung erhobenen Daten. Dies gilt auch für die Tabellen 2 und 3.

Quellen: Projektbeschreibungen auf https://biooekonomie-bw.uni-hohenheim.de/biogas-teilprojekte (Stand 10/2016) und Daten aus der Umfrage

Im Lignozellulose-Verbund liegt insgesamt die Hälfte der Nennungen im Bereich der technischen Aspekte, also der Biomasseproduktion, der Konversion und Produktentwicklung, und zur anderen Hälfte im Bereich der Begleitforschung (Abbildung III.2). Hier haben 10 von 32 Antwortenden von der Möglichkeit der Mehrfachnennungen Gebrauch gemacht. 18 Befragte (56%) ordnen ihre Projekte ausschließlich den ersten drei Technologie-orientierten Handlungsfeldern Biomasseproduktion, Konversion und Produktentwicklung zu, 11 Befragte (35%) sehen in ihren Projekten Begleitforschungsthemen wie Bewertung der Biomassenutzung, Potenzialabschätzung und gesellschaftliche Rahmenbedingungen behandelt und 3 Befragte (9%) stufen ihre Projekte in Handlungsfelder aus beiden Bereichen ein. Tabelle III.2 vergleicht die Verteilung der Projekte und Projektmitarbeiter gemäß der Verbundbeschreibung mit der Zuordnung von Projekten zu Handlungsfeldern durch die Befragten. Die schon bei Biogas angesprochenen Probleme dieses Vergleiches gelten auch für den Forschungsverbund Lignozellulose. Die verschiedenen Handlungsfelder des Forschungsverbundes sind in diesem Teil der Befragung besser repräsentiert als im Biogas-Verbund, wiederum mit einem gewissen Übergewicht bei der Begleitforschung.

Abb. III. 2: Lignozellulose - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfeldern (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)



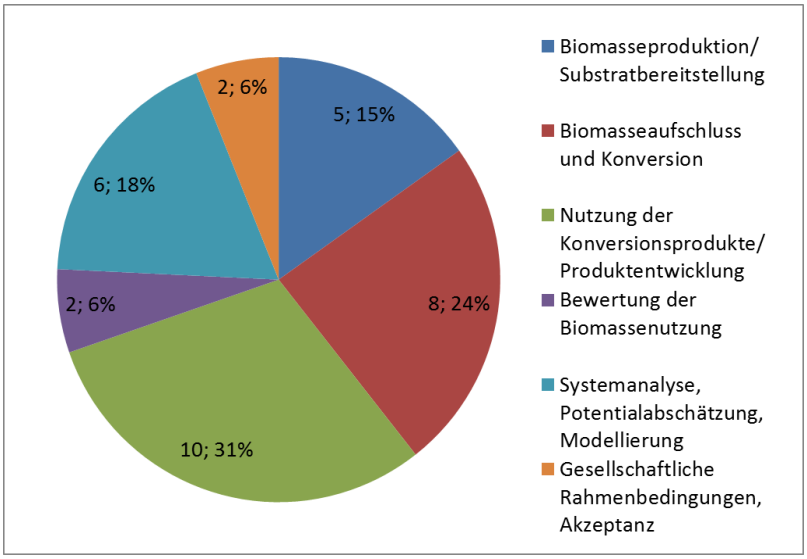
Tab. III. 2: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Bereich Lignozellulose

Handlungsfeld	Anzahl der Projekte	Anzahl der beteiligten Wissenschaftler	Nennungen der Befragten
Biomasseproduktion/ Substratbereitstellung	10	26	8
Biomasseaufschluss und Konversion	9	30	4
Nutzung der Konversionsprodukte / Produktentwicklung			11
Ökonomische, ökologische, ethische und soziale Implikationen	3	9	-
Bewertung der Biomassenutzung	1	6	9
Systemanalyse, Potentialabschätzung, Modellierung	1	2	9
Gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Akzeptanz	-	-	5

Quellen: Projektbeschreibungen auf https://biooekonomie-bw.uni-hohenheim.de/lignozellulose-teilprojekte (Stand 10/2016) und Daten aus der Umfrage

Beim Forschungsverbund Mikroalgen werden bei der Zuordnung der eigenen Projekte die Produktentwicklung und die Biomassekonversion am häufigsten genannt. Der Anteil der Zuordnung zu Begleitforschungsprojekten ist unter den Antwortenden im Vergleich zu den anderen beiden Verbünden am geringsten. In dieser Gruppe der Befragten haben 6 von 24 Antwortenden von der Möglichkeit der Mehrfachnennungen Gebrauch gemacht. 18 Befragte (75%) ordnen ihre Projekte ausschließlich den ersten drei Technologie-orientierten Handlungsfeldern Biomasseproduktion, Konversion und Produktentwicklung zu, 5 Befragte (21%) sehen ihre Projekte ausschließlich in den Handlungsfeldern Bewertung der Biomassenutzung, Potenzialabschätzung und gesellschaftliche Rahmenbedingungen angesiedelt und 1 Befrager (4%) hat Handlungsfelder aus beiden Bereichen angegeben. Im Forschungsverbund Mikroalgen gibt es keine offizielle Zuordnung von Projekten zu Handlungsfeldern. Der Vergleich der in der Befragung benannten Handlungsfelder mit der von uns vorgenommenen Zuordnung von Projekten und Projektmitarbeitern zu technikorientierten und potenzial- bzw. wirkungsorientierten Projekten (Tabelle III.3) zeigt, dass bei den Befragungsteilnehmern die Projekte zur Entwicklung von Technologien und Verfahren tendenziell überrepräsentiert sind. Der etwas höhere Anteil an Begleitforschung von 30% in Abb. III.3 kommt durch Mehrfachnennungen zustande.

Abb. III. 3: Mikroalgen - Zuordnung der Projekte durch die Befragungsteilnehmer zu Handlungsfeldern (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)



Tab. III. 3: Verteilung der Projekte und Eigenzuordnung der Befragten zu Handlungsfeldern im Bereich Mikroalgen

Handlungsfeld	Anzahl der Projekte[13]	Anzahl der beteiligten Wissenschaftler[4]	Nennungen der Befragten[4]
Biomasseproduktion / Substratbereitstellung	6	22	5
Biomasseaufschluss und Konversion			8
Nutzung der Konversionsprodukte / Produktentwicklung			10
Bewertung der Biomassenutzung	4	11	2
Systemanalyse, Potentialabschätzung, Modellierung			6
Gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Akzeptanz			2

Quellen: Projektbeschreibungen auf https://biooekonomie-bw.uni-hohenheim.de/mikroalgen-teilprojekte (Stand 10/2016) und Daten aus der Umfrage

Alle Antwortenden des Biogas-Verbunds stufen ihre Arbeiten als angewandte Forschung ein, wobei ein Befragter gleichzeitig auch Elemente der Grundlagenforschung sieht (Abb. III.4). Im Lignozellulose- und Algenverbund sehen 45% bzw. 38% ihre Forschung im Bereich der Grundlagenforschung angesiedelt (Abb. III.5 und III.6). Die Forschung zu Biogas hat in Baden-Württemberg eine lange Tradition und die im Forschungsprogramm Bioökonomie geförderten Projekte zielen auf eine Weiterentwicklung und Anpassung an neue Rahmenbedingungen und Anforderungen, in einer kurzfristigen Umsetzungs-

13 Die Zuordnung der Projekte und Projektmitarbeiter wurde aufgrund fehlender Differenzierung auf der Verbundhomepage nach den beiden Kategorien „Technologie-orientierte Handlungsfelder“ und „Begleitforschung“ vorgenommen.

perspektive. Dies erklärt die Zuordnung zur angewandten Forschung. Dagegen befindet sich die Forschung zu Lignozellulose und Mikroalgen noch in einer früheren Phase der Technikentwicklung, was höhere Anteile an Grundlagenforschung bedingt.

In allen drei Verbünden treten in begrenzten Umfang Mehrfachnennungen auf, d.h. dass einzelne Forschungsprojekte sowohl Anteile an angewandter Forschung beinhalten als auch der Grundlagenforschung zugeordnet werden. Im Lignozellulose-Verbund tritt diese doppelte Nennung am häufigsten auf (6 Teilnehmer), was darauf hindeuten könnte, dass sich einige Forschungsvorhaben im Bereich Lignozellulose im Übergangsbereich von der Grundlagen- zur angewandten Forschung befinden.

Abb. III. 4: Biogas – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 57% Rücklauf)

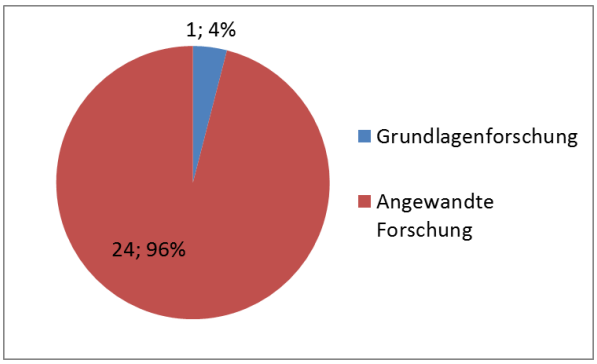


Abb. III. 5: Lignozellulose – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)

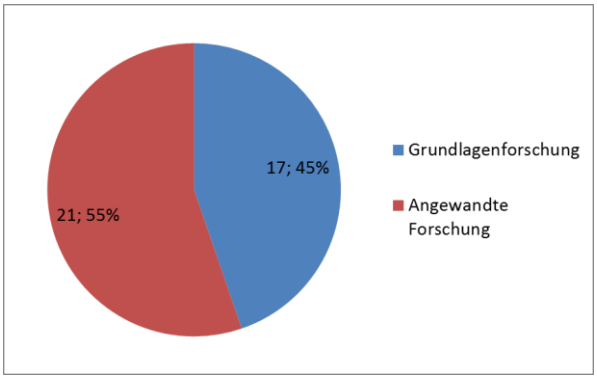
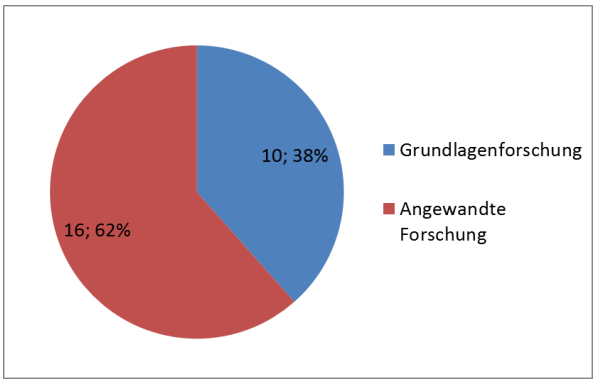
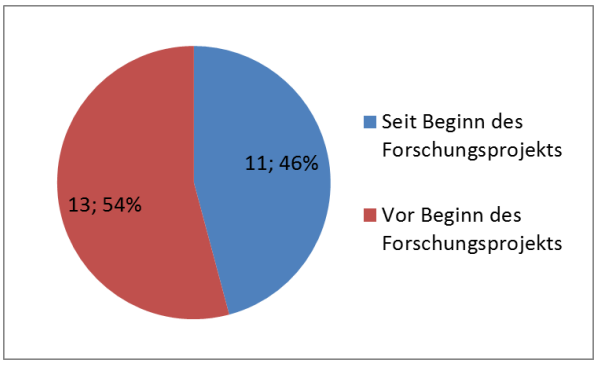


Abb. III. 6: Mikroalgen – Einordnung der Projekte nach ihrem Charakter (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)



Auf die Frage, wie lange die Wissenschaftler im Themenfeld Bioökonomie aktiv sind, geben 54% der Antwortenden im Biogas-Verbund an, bereits vor Beginn des Forschungsprojekts zur Bioökonomie geforscht zu haben, und 46% erst mit Beginn des Projekts in das Themenfeld eingestiegen zu sein (Abb. III.7). Die Gruppe der längerfristig mit dem Thema Vertrauten teilt sich hälftig in Personen, die bis zu fünf Jahren vor Projektbeginn im Feld tätig waren und welchen, die länger als fünf Jahre vor Projektstart mit der Bioökonomie befasst waren (Tab. III.4). Zwei Personen gaben an, bereits 20 Jahre im Themenfeld zu arbeiten.

Abb. III. 7: Biogas – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 57% Rücklauf)



Während im Biogasverbund der Anteil von Forschern mit langjährigen Erfahrungen in der Bioökonomie mehr als die Hälfte der Antwortenden ausmacht, ist die Mehrheit (59%) im Lignozellulose-Verbund erst durch das Forschungsprojekt mit dem Themenfeld Bioökonomie in Berührung gekommen (Abb. III.8). Im Mikroalgen-Verbund ist dieser Anteil mit 67% sogar noch höher (Abb. III.9). Diese Unterschiede können mit dem unterschiedlichen Entwicklungsstand der Forschungspfade erklärt werden. Die meisten der mit dem Thema betrauten Lignozellulose-Experten arbeiten seit wenigen bzw. bis zu acht Jahren zur Bioökonomie, wobei es Häufungen im Jahr 2013 gibt. Drei Forscher geben an, seit 15 bzw. 20 Jahren im Themenfeld tätig zu sein. Im Mikroalgenverbund handelt es sich bei den erfahrenen Forschern um Personen, die seit mindestens fünf bis zu mehr als 15 Jahren im Themenfeld arbeiten und zu den Pionieren auf diesem Gebiet gezählt werden können. Insgesamt spiegeln die Rückmeldungen die reale Teamzusammensetzung der Projekte aus Doktoranden, die neu in das Themenfeld eingestiegen sind und Professoren bzw. Projektleitern mit zum Teil langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der Bioökonomie, gut wider.

Abb. III. 8: Lignozellulose – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 32, 47% Rücklauf)

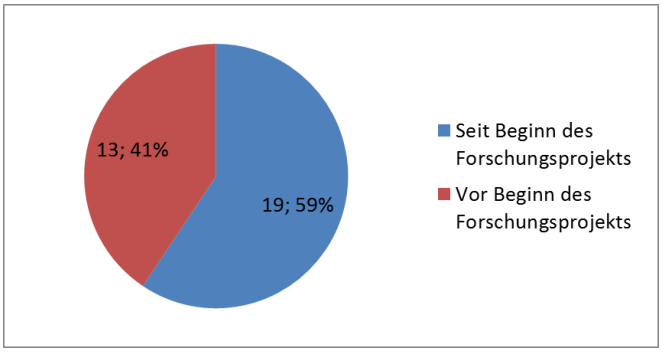
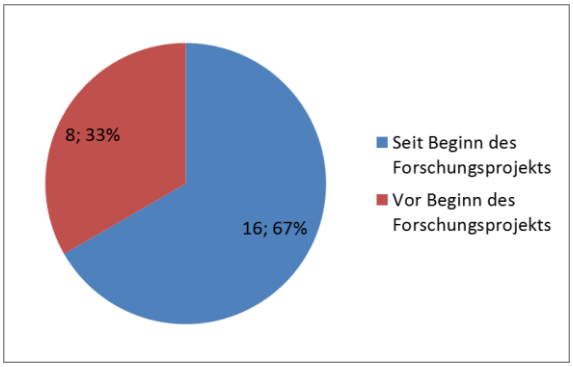


Abb. III. 9: Mikroalgen – Vertrautheit mit dem Themenfeld Bioökonomie (Mehrfachnennungen möglich, n = 24, 71% Rücklauf)



Tab. III. 4: Anzahl der Forscher mit Vorerfahrung im Feld Bioökonomie, geordnet nach der Dauer der Beschäftigung mit dem Thema

Beschäftigung mit Bioökonomie seit…	**Anzahl der Nennungen**		
	Biogas-Verbund	**Lignozellulose-Verbund**	**Mikroalgen-Verbund**
bis zu fünf Jahren	6	7	2
bis zu zehn Jahren	2	3	2
bis zu 15 Jahren	2	1	1
mehr als 15 Jahren	2	2	1
Summe	**12**[14]	**13**	**6**[5]

Nachdem für die Einschätzung der Ergebnisse notwendige Hintergrundinformationen zur Methodik, zum Rücklauf und der thematischen Zusammensetzung der Teilnehmer gegeben wurden, werden im Folgenden die Ergebnisse nach Themenkomplexen vorgestellt. Dabei werden im ersten Themenkomplex "Perspektiven auf Bioökonomie" die Antworten aus den drei Forschungsverbünden gemeinsam diskutiert. Dies gilt ebenso für den letzten Themenkomplex "Kooperationen". Dagegen werden die drei anderen Themenkomplexe mit ihren spezifisch angepassten Fragen für jeden Verbund getrennt behandelt.

14 Die Summen fallen geringer aus als in den Abb. 7 und 9, da die Teilnehmer zwar angegeben haben, dass sie bereits vor Beginn des Forschungsprojekts im Themenfeld Bioökonomie gearbeitet haben, jedoch keine Jahreszahl genannt wurde.

3. Themenkomplex 1: Perspektiven auf Bioökonomie – Einschätzungen aus allen Forschungsverbünden

3.1 Verständnis von Bioökonomie

In den Bioökonomie-Strategien verschiedener Länder und in der wissenschaftlichen Literatur werden unterschiedliche Definitionen von Bioökonomie verwendet. Die Wissenschaftler wurden gebeten, ihre Definition von Bioökonomie zu formulieren. Bei der Befragung im **Forschungsverbund Biogas** wurden insgesamt 15 Antworten gegeben, darunter 13 Definitionen (s. Tab. III.5). Zwei Personen geben an, dass sie keine Definition vorschlagen können, die der Komplexität des Themenfelds gerecht werde. Die vorliegenden Definitionen unterscheiden sich zwar im Detailierungsgrad, zielen jedoch in eine ähnliche Richtung. Fast alle Formulierungen erwähnen die verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe und biogener Ressourcen für stoffliche und energetische Zwecke als zentrales Element der Bioökonomie. Eine Definition beschränkt sich ausschließlich auf die energetische Nutzung. Vier der 13 Definitionen betonen die Substitution fossiler Rohstoffe als zentrales Ziel der Bioökonomie. Knapp 40% der Definitionen (5 von 13) stellt in seinen Formulierungen einen Bezug zum Leitbild nachhaltiger Entwicklung her. So wird beispielsweise erwähnt, dass das Kreislaufprinzip der Natur als Vorbild dienen soll, das Hauptziel die Erhöhung der globalen bzw. lokalen Resilienz sei, die Nutzung der biogenen Ressourcen nachhaltig erfolgen solle oder es um ein zukunftsfähiges Wirtschaftssystem ginge. Bei einer Definition handelt es sich um ein Verständnis von Bioökonomie, das im Rahmen des Projekts eigens erarbeitet wurde, andere beziehen sich auf im allgemeinen Diskurs weit verbreitete Definitionen wie die des Bioökonomierats.

Tab. III. 5: Biogas – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 15, 36% Rücklauf)

Art der Definition	Antwort
Ressourcen-orientierte Definitionen	Herstellung und Vertrieb von bio-basierten Produkten zur stofflichen und energetischen Nutzung
	Im Rahmen der Bioökonomie werden nachwachsende Ressourcen für die Energie- und Rohstoffproduktion nutzbar gemacht.
	Schließen der Wertschöpfungskette basierend auf Biomasse und deren Folgeprodukte im Rahmen eines gesamtheitlichen wirtschaftlichen Systems auf regionaler und überregionaler Ebene.
	Die Bioökonomie richtet sich nach dem Kreislaufprinzip der Natur und umfasst alle Wirtschaftssektoren, die ausgehend von biogenen Ressourcen Produkte herstellen/vertreiben etc. und die biogene Ressourcen energetisch nutzen.
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Substitutionsbezug	Bioökonomie ist der Ansatz die petrochemisch-basierte Industrie durch eine bio-basierte, also mit nachwachsen Rohstoffen und Reststoffen, zu substituieren.
	Nutzung von Biomasse als Substitut für fossile Rohstoffe entlang der gesamten Wertschöpfungskette.
	Die wirtschaftliche und nachhaltige Nutzung von biogenen Ressourcen und damit die Substitution von fossilen Rohstoffen. Insofern fällt die Landwirtschaft seit jeher unter den Begriff Bioökonomie.
	Verwendung biologischer Ressourcen anstatt fossiler Ressourcen für die Herstellung, Produktion und Konditionierung von Produkten (Energie, Werkstoffe, Chemikalien, Nahrungs-/Futtermittel).
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Nachhaltigkeitsbezug	In unserem Projekt verstehen wir die Bioökonomie als der Teil des Wirtschaftssystems, der auf der Erzeugung, Bereitstellung, Handel und Nutzung biogener Stoffe basiert. Unter einer normativen Betrachtung sollten diese Aktivitäten so durchgeführt werden, dass die globale bzw. lokale Resilienz erhöht wird.
	Förderung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Erzielung einer nachhaltigen, gesicherten und ökologischen Energiebereitstellung und -Versorgung.
	Die Entwicklung nachhaltiger Wertschöpfungsketten.
	Wie auf der Homepage des gesamten Forschungsverbunds *Ergänzung des Autors* Zitat von Homepage[15] „Angesichts knapper Ressourcen und einer wachsenden Weltbevölkerung benötigt die Menschheit neue, nachhaltige Arten des Wirtschaftens. Einen solchen Ansatz bietet eine wissensbasierte Bioökonomie, also eine moderne, nachhaltige und bio-basierte Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt und mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt.“
	s. Def. Bioökonomierat *Ergänzung des Autors* Zitat von Homepage[16]: „Die Bioökonomie ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.“
Kein Definitionsvorschlag	Leider empfinde ich die Frage der Definition für einen Fragebogen kaum beantwortbar. Je mehr man sich mit Bioökonomie - und ich sage absichtlich nicht die Bioökonomie - beschäftigt, desto weniger kann man diese/sie in ei-

15 http://www.bioeconomy-research-bw.de/biooekonomie
16 http://biooekonomierat.de/biooekonomie/

	nem Satz definieren. Sie ist derart facettenreich, interdisziplinär und doch wieder sehr stark disziplinär, dass es mir unmöglich erscheint im Rahmen eines Fragebogens dafür eine gute Aussage zu erarbeiten.
	bisher habe ich keine Definition, die das komplexe Feld der Bioökonomie gerecht abbilden würde, gefunden oder formuliert.

Im **Lignozellulose-Verbund** wurden 24 eigene Definitionen von Bioökonomie genannt (s. Tab. III.6). Im Vergleich zum Biogas-Verbund setzt ein etwas höherer Anteil von 9 Formulierungen die Bioökonomie mit der Nutzung biologischer Ressourcen gleich. Drei Definitionen betonen die Substitution fossiler Rohstoffe als Hauptziel der Bioökonomie. Acht Formulierungen und damit anteilig genauso viele wie im Biogas-Verbund machen klar, dass Bioökonomie einen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten soll. Zum Beispiel wird darunter ein gesellschaftlicher Wandlungsprozess verstanden, der von Ausbeutung wegführt und sozialen und ökologischen Auswirkungen mehr Beachtung schenkt. Weiterhin ginge es um eine umweltfreundliche und nachhaltige Ökonomie, die Verwertung aller anfallenden Stoffströme und einen verringerten Kohlenstoffausstoß. Vier Nennungen betonen den wissensbasierten Charakter der Bioökonomie und die zentrale Rolle von Forschung und Technologien, was im Biogas-Verbund nicht genannt wurde. Eine Definition versteht unter Bioökonomie die Ausarbeitung von Bioraffineriekonzepten zur ganzheitlichen Nutzung von Biomasse, was als ein enges Verständnis aus Sicht des Lignozellulose-Pfades gedeutet werden kann.

Tab. III. 6: Lignozellulose – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 24, 35% Rücklauf)

Art der Definition	Antwort
Ressourcen-orientierte Definitionen	Jegliche Schritte, die die Herstellung und Weiterverarbeitung sowie Nutzung bio-basierter Rohmaterialien umfasst.
	It combines 'biology' and 'economy', which means use the biological way to gain profit, which include not only economic but also environmental benefits.
	Bioeconomy is an advanced economic system that uses grown or cultured biomass as its primary raw material for producing both energy and (high-value) processed goods, much in the same sense that the industrial economy relied on fossilized material or the agricultural economy on cultivated grain and fiber.
	Integrated Path from Excess Biomass to Products with Carbon Neutral Aspects
	Ökonomik der Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen
	Ein Konzept oder eine Vision, welche eine Industrie anstreben, die alle konsumierten Güter aus bio-basierten Ressourcen produziert.
	Eine Wirtschaft, basierend auf Nachwachsenden Ressourcen und Verwertung aller anfallender Stoffströme
	Nutzung biologischer Ressourcen zur Bereitstellung bzw. Herstellung von Gütern und Leistungen
	Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen und Ausarbeitung von Bioraffineriekonzepten. Ganzheitliche Fraktionierung und Nutzung von Biomasse zur Herstellung von z.B. Chemikalien für die Industrie
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Nachhaltigkeitsbezug	Wandlungsprozess einer Ökonomie, welche von fossilen Energieträgern, Gewinn und Ausbeutung (Natur und Mensch) geprägt ist, hin zu einer Wirtschaft, die auf bedachten Umgang nachwachsenden Ressourcen basiert, mit besonderem Augenmerk auf soziale und ökologische Auswirkungen.
	Bioökonomie ist die Zukunft nachhaltigen Wirtschaftens durch die Konversion und ganzheitliche Betrachtung von nachwachsenden Rohstoffe zu Wertprodukten im Bereich Energie, Chemie, Nahrung und Pharmazie.
	Bioeconomy is transforming current traditional bioeconomy in agriculture, feed, energy and material to more efficient, circular, less carbon emitting, more productive and sustainable ones with address future societal changes (climate change, energy, population rise).

	Als den Übergang von einer auf Erdöl basierten Wirtschaft hin zu einer auf nachhaltigen Rohstoffen basierten Wirtschaft
	Ökonomie basierend auf nachhaltig produzierten Rohstoffen
	Dem Bioökonomierat folgend ist die Bioökonomie "die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen".
	Bioökonomie beschreibt eine Wirtschaft, die nicht auf fossile Rohstoffe sondern auf nachwachsende Rohstoffe basiert. Des Weiteren sollte es sich um eine möglichst umweltfreundliche und nachhaltige Ökonomie handeln.
	NACHHALTIGE Nutzung nachwachsender Rohstoffe, für energetische und stoffliche Nutzungspfade, und damit MEHR als die Summe derzeitiger Biotechnologien (rot, grün, weiß).
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Wissenschafts- und Technikbezug	Bioökonomie bedeutet, biologische Ressourcen zu nutzen. Die Bioökonomie basiert auf neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft und schlägt eine Brücke zwischen Technologie, Ökologie und effizienter Wirtschaft.
	Die Bioökonomie ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.
	Entwicklung transnationaler Biowissenschaften
	Bioeconomy encompasses the sustainable production of biological resources and their conversion into food, feed, high value products/energy via innovative technologies from academic and industrial origins
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Substitutionsbezug	Bioökonomie stellt eine nachhaltige und rein bio-basierte Wirtschaftsform dar mit dem Ziel klassische petro-chemische Verfahren für die Energie und Stoffproduktion zu ersetzen.
	Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in komplexen Produktionsprozessen mit multiplen Outputs als Substitution von rohölbasierten Rohstoffen.
	Die Bioökonomie beschäftigt sich mit dem Potential von nachwachsenden Rohstoffen und wie sie wirtschaftlich genutzt werden können, mit dem Ziel, fossile Rohstoffe zu ersetzen.

Im Forschungsverbund Mikroalgen wurden 19 eigene Bioökonomie-Definitionen angegeben (Tab. III.7), die in ihrer Verteilung auf inhaltliche Kategorien ähnlich zu denen im Lignozellulose-Verbund sind. 7 Nennungen setzen Bioökonomie mit der Nutzung biologischer Ressourcen gleich. In ähnlichem Umfang (8 Nennungen) werden Definitionen formuliert, die den Schwerpunkt im Bereich nachhaltiger Entwicklung sehen. Dabei häufig genannt werden die nachhaltige Produktion und Konversion von biologischen Ressourcen, aber auch eine grundsätzliche Änderung des gesellschaftlichen Systems und der Schutz von Mensch und Tier. Im Vergleich zu den beiden anderen Verbünden werden in zwei Fällen Definitionen angeführt, die die Biotechnologie im Zentrum der Bioökonomie sehen. Zwar gibt es auch aus dem Lignozellulose-Verbund Formulierungen, die die Rolle von Wissenschaft und Technik betonen, diese sind jedoch von der Ressourcenbasis ausgehend formuliert, worauf bei den Mikroalgen nicht eingegangen wird. Das kann damit erklärt werden, dass im Algenverbund mehr als in den beiden anderen Verbünden biotechnologische Verfahren eine zentrale Rolle spielen.

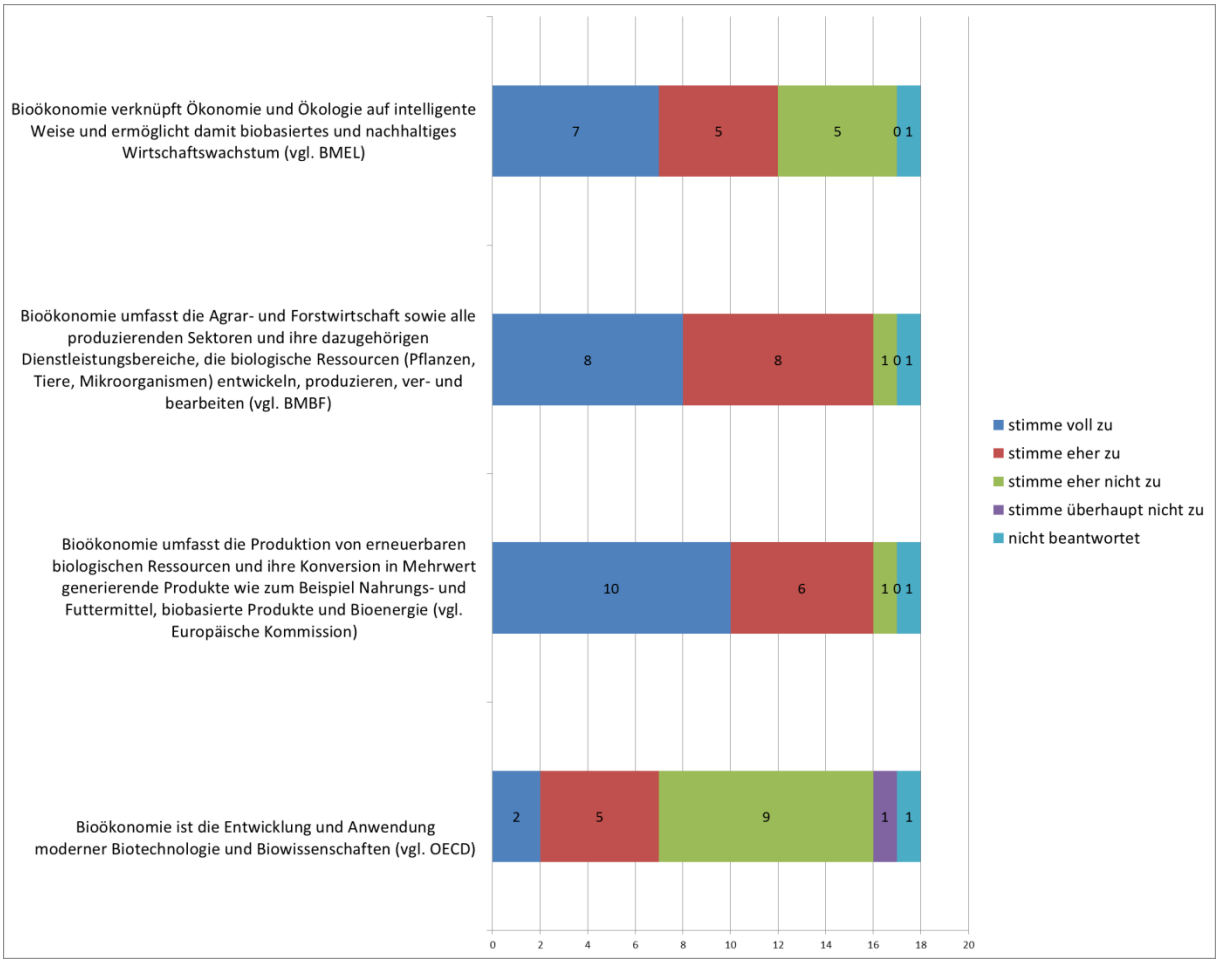
Tab. III. 7: Mikroalgen – Bioökonomie-Definitionen der Forscher (n = 19, 56% Rücklauf)

Art der Definition	Antwort
Ressourcen-orientierte Definitionen	Nutzung und effiziente Transformation von biologischen Rohstoffen (mit komplexer Zusammensetzung) in definiert Produkte für die Gesellschaft/den Menschen
	Betrachtung der wirtschaftliche Nutzung bzw. Verwertung und Verwertbarkeit biogener Rohstoffe inkl. der dazugehörenden Technikfolgenabschätzung.
	Produktion und Nutzung von biologischen Ressourcen zur Entwicklung bzw. Herstellung von Produktions- und Prozessverfahren bzw. Produkten und deren Bereitstellung für ein funktionierendes Wirtschaftssystem
	Bioökonomie beschreibt eine Wirtschaft die auf nachwachsenden Rohstoffen basiert.
	Die Produktion von Wertstoffen mit biologischen Mitteln
	Bereitstellung von Produktion unter Nutzung biologischer Prinzipien und regenerativer Energien
	Bio-basierte Wirtschaft, die die biologischen Ressourcen Pflanzen, Algen, Tiere und Mikroorganismen nutzt, um Stoffe und Energie zu erzeugen.
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Nachhaltigkeitsbezug	Umfassende Nutzung eines Rohstoffs bzw. Naturprodukts, Verwertung von Rückständen anderer Produktionsabschnitte, nachhaltige und energiearme Produktion
	nachhaltige Produktion und Verwendung von biologischen Ressourcen, um damit Produkte und Services für alle ökonomischen Bereiche bereitzustellen
	Die biologische, nachhaltige Nutzung nachwachsender Rohstoffe und deren wirtschaftliche Bewertung.
	Konzepte zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen
	Nutzung von Organismen und biologischen Prozessen zur nachhaltigen Herstellung verschiedener Produkte
	Für mich (neu in dieser Domäne) ist Bioökonomie eine Art Wirtschaft, die die Umwelt und die darin lebende Wesen (Mensch und Tier) mit einbezieht, schützt und respektiert.
	Sustainable economical system
	Weg zur Änderung unseres gesellschaftlichen Systems, von der erdölbasierten Industrie hin zur bio-basierten Wirtschaften, um langfristig eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu etablieren.
Ressourcen-orientierte Definitionen mit Substitutionsbezug	Bioökonomie ist das Streben, Produkte der petrochemischen Industrie durch bio-basierte Erzeugnisse aus nachwachsenden Rohstoffen zu ersetzen.
	Use biomass, instead of fossil fuel, to provide a renewable and green energy and food, and establish a whole industrial and social circulation
Technologie-orientierte Definitionen	Bioeconomy is a novel economic pattern which would generate economic effectiveness based on the research and application of biotechnology.
	Bioeconomy is the combination of Biotechnology and economy. That means it is based on the technology of biology to produce the biomass, explore and apply the production, in order to have economy benefit.

In der darauffolgenden Frage sollten die Befragten angeben, inwieweit sie vorgegebenen Definitionen mit unterschiedlicher inhaltlicher Ausrichtung zustimmen. Im **Biogas-Verbund** wird die Kategorie „vollständige Zustimmung“ am häufigsten bei der Ressourcen-orientierten Definition genannt, wie sie zum Beispiel von der Europäischen Kommission verwendet wird (Abb. III.10). Diese versteht unter Bioökonomie die Produktion von erneuerbaren biologischen Ressourcen und ihre Konversion in Mehrwert

generierende Produkte wie zum Beispiel Nahrungs- und Futtermittel, bio-basierte Produkte und Bioenergie. Auch bei Definitionen, die Wirtschaftssektoren-orientiert sind oder auf Zielzustände wie nachhaltiges Wirtschaftswachstum abzielen (Ziel-orientierte Definition), überwiegt deutlich die Zustimmung, wobei bei letzterer Kategorie auch einige Nennungen eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen, was jedoch eine Minderheit darstellt. Die Technologie-zentrierte Definition der OECD, die die Bioökonomie als die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologie und Biowissenschaften sieht, findet unter den Antworten die geringste Zustimmung und ihr wird mehrheitlich eher nicht zugestimmt. Diese Bewertungen sind konsistent mit den von den Befragten zuvor selbst formulierten Definitionen für Bioökonomie.

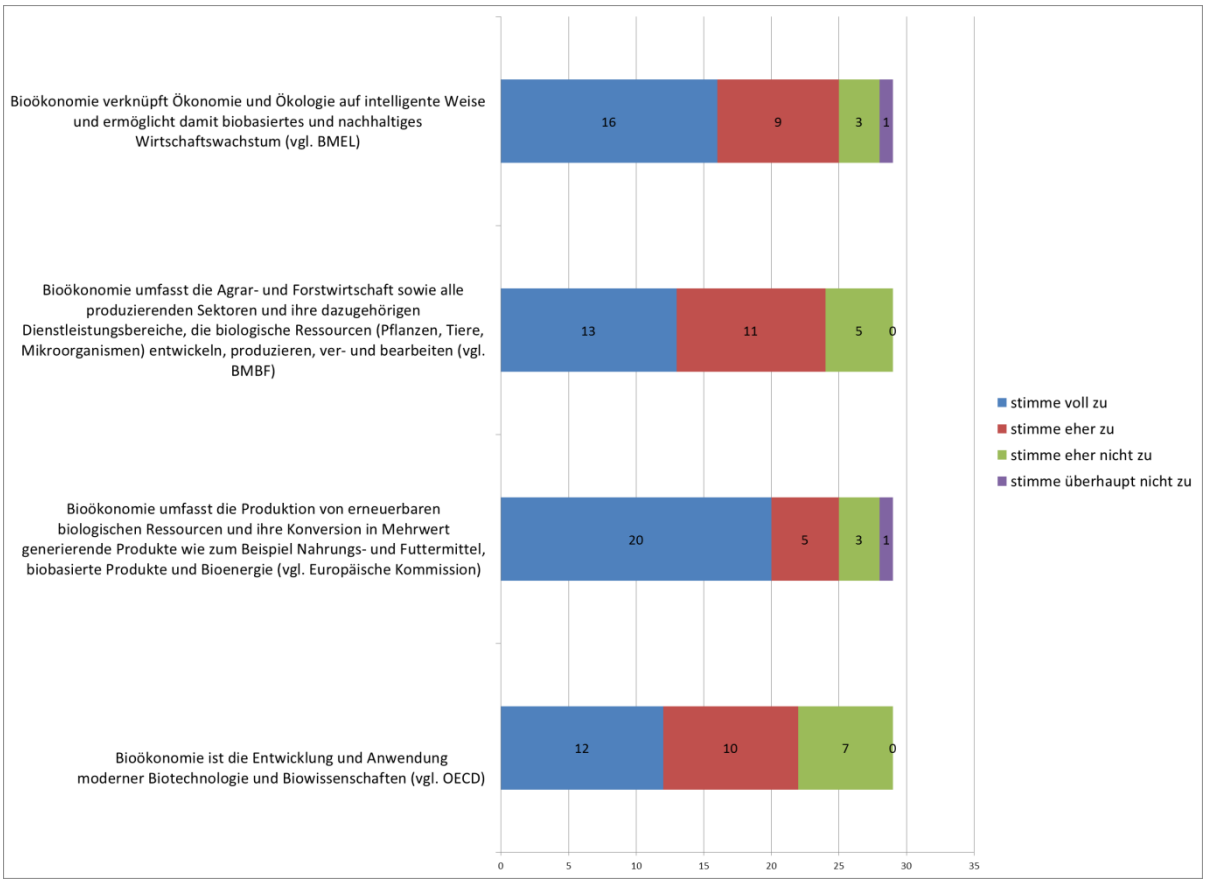
Abb. III. 10: Biogas – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 18, 43% Rücklauf)



Im **Lignozellulose-Verbund** stoßen alle Definitionen bei einer deutlichen Mehrheit der Antwortenden auf Zustimmung (Abb. III.11). Die höchste Zahl vollständiger Zustimmungen findet sich wie im Biogasverbund auch bei der Ressourcen-orientierten Definition. Bei der Technologie-orientierten Definition der OECD fällt die Zustimmung am geringsten aus. Vergleicht man dieses Ergebnis mit dem Biogasverbund, der diese Definition mehrheitlich abgelehnt hat, so sind die kritischen Stimmen im Lignozellulose-Verbund deutlich in der Unterzahl und die Zustimmung überwiegt. Dieses Ergebnis spiegelt sich in den frei formulierten Definitionen im Lignozellulose-Verbund wieder, die die Rolle von Technologien

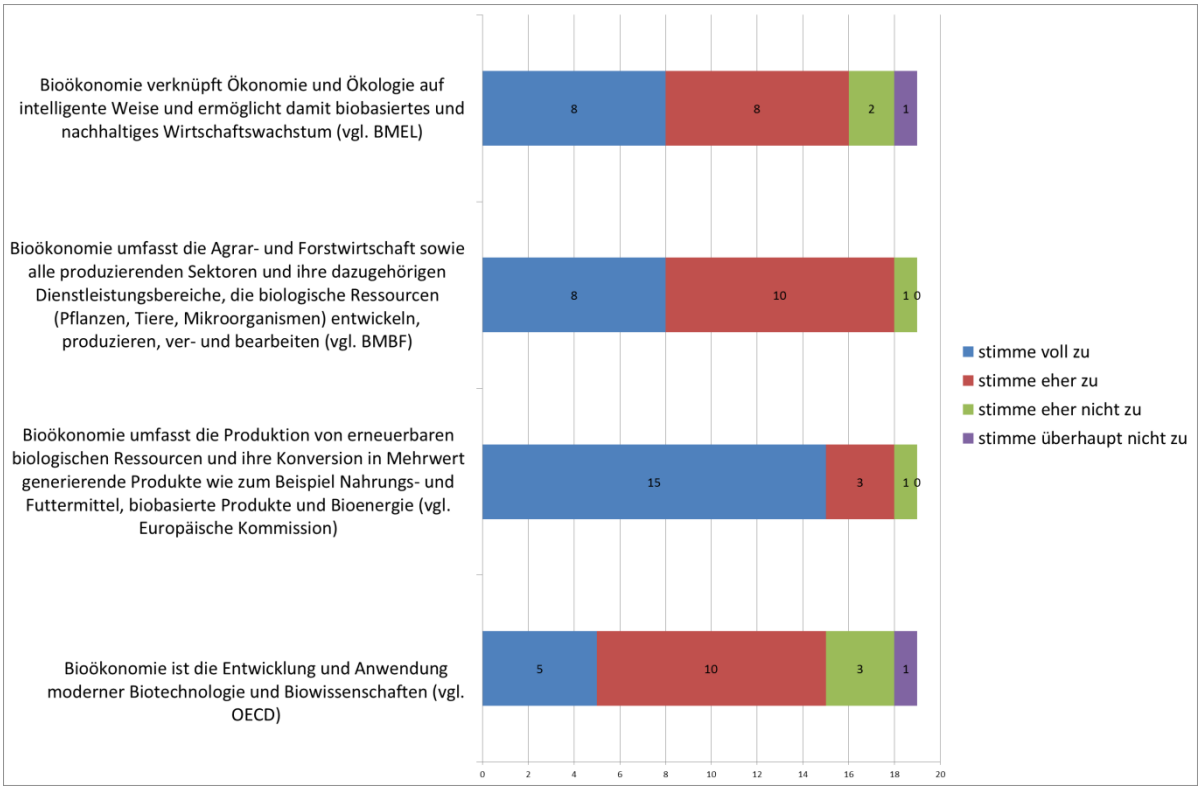
und Wissenschaft betonen. Die vollständige Zustimmung zur Ziel-orientierten Definition, die nachhaltiges Wirtschaftswachstum ins Zentrum stellt, ist im Lignozellulose-Verbund noch einmal etwas höher als im Biogas-Verbund.

Abb. III. 11: Lignozellulose – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 29, 43% Rücklauf)



Die Abstimmung im **Mikroalgen-Verbund** zeigt gewisse Ähnlichkeiten mit der im Lignozellulose-Verbund, da ebenfalls allen Definitionen, sogar der Biotechnologie-orientierten, mehrheitlich zustimmt wird (Abb. III.12), während diese im Biogas-Verbund in der Mehrzahl abgelehnt wurde. Ein Unterschied zum Lignozellulose-Verbund besteht darin, dass die Zustimmung zu dieser Definition im Mikroalgen-Verbund noch einmal höher ist, was auch die Ergebnisse der selbst zu formulierenden Definitionen (s. Tab. III.7) wiederspiegeln. Die favorisierte Definition im Mikroalgen-Verbund ist ebenfalls die Ressourcen-orientierte Formulierung, die mit einer besonders hohen Anzahl an vollen Zustimmungen angenommen wird. Danach folgt nach der Gesamtzahl voller und eher Zustimmungen die Wirtschaftssektoren-orientierte Definition wie die des BMBF.

Abb. III. 12: Mikroalgen – Zustimmung zu Definitionen mit unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen (von oben nach unten: Ziel-orientierte Definition, Wirtschaftssektoren-orientierte Definition, Ressourcen-orientierte Definition, Technologie-orientierte Definition) (n = 19, 56% Rücklauf)



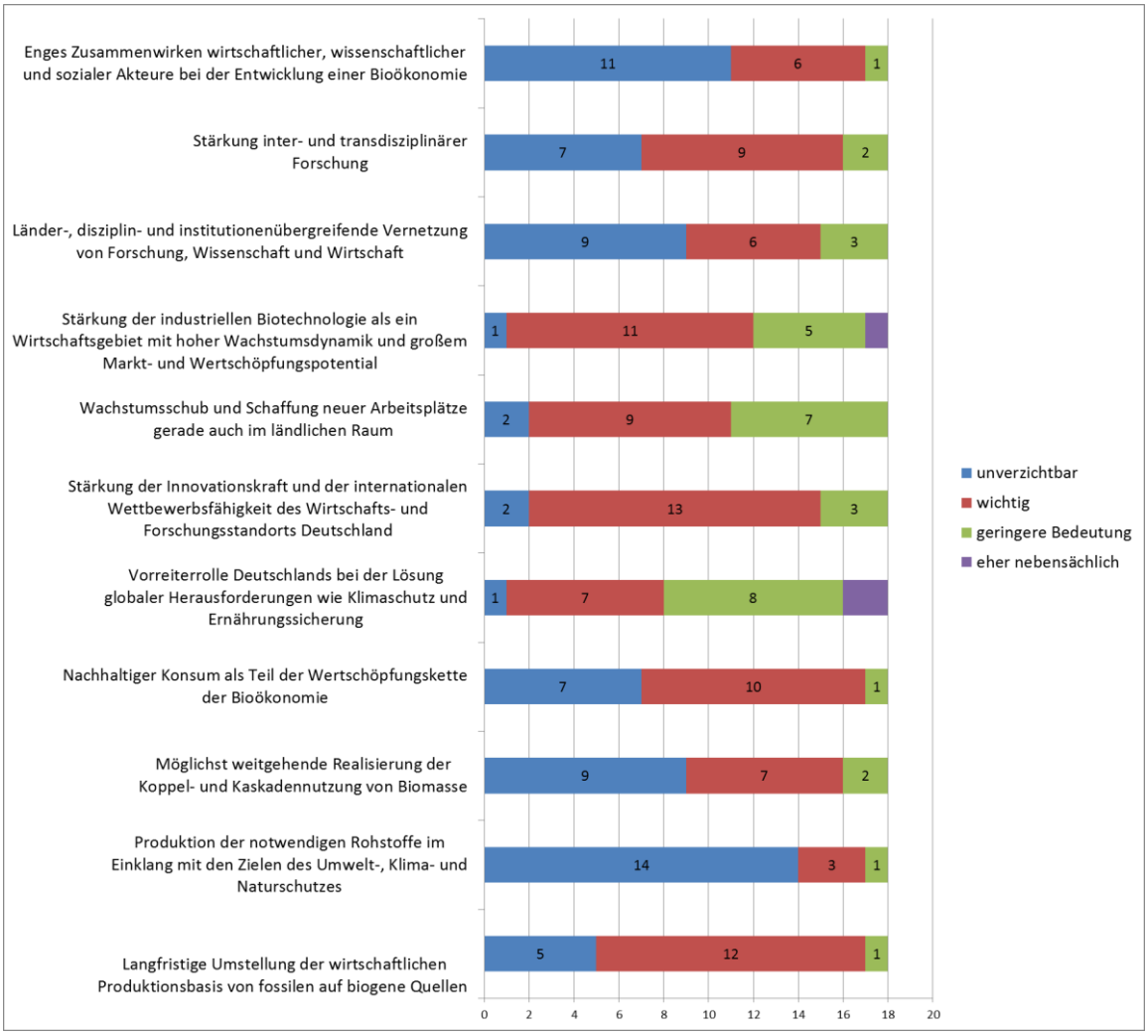
Fazit 1

Insgesamt finden die Bioökonomie-Definitionen und damit deren Grundverständnis der Bioökonomie bei den befragten Wissenschaftlern eine breite Zustimmung. Die höchste (vollständige) Zustimmung erzielen dabei Ressourcen-orientierte Definitionen mit Bezug auf Produktion, Konversion und Nutzung biologischer Ressourcen, wobei dies auch das dominierende Element in den von den Befragten formulierten Eigendefinitionen ist. Dagegen benennt nur eine Minderheit ausdrücklich die Substitution fossiler Ressourcen bei den Eigendefinitionen. Außerdem wird mehrheitlich Nachhaltigkeit als ein Element der Bioökonomie unterstützt. Die größten Unterschiede zwischen den Forschungsverbünden besteht bei der Technologie-zentrierten Definition, die die Bioökonomie auf die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologie und Biowissenschaften beschränkt. Dieser Definition stimmt die Mehrheit der Antwortenden aus dem Biogasverbund (eher) nicht zu, während sie bei den anderen beiden Verbünden Lignozellulose und Mikroalgen mehrheitlich Zustimmung erfährt. In den beiden letztgenannten Verbünden spielen Technologie-orientierte Elemente, also die wissensbasierte Komponente der Bioökonomie, bei der Definition eine stärkere Rolle. Die hohe Zustimmung zu verschiedenen Definitionen kann schließlich dahingehend interpretiert werden, dass diese nicht als Gegensätze, sondern als sich ergänzend wahrgenommen werden.

3.2 Visionen und Ziele

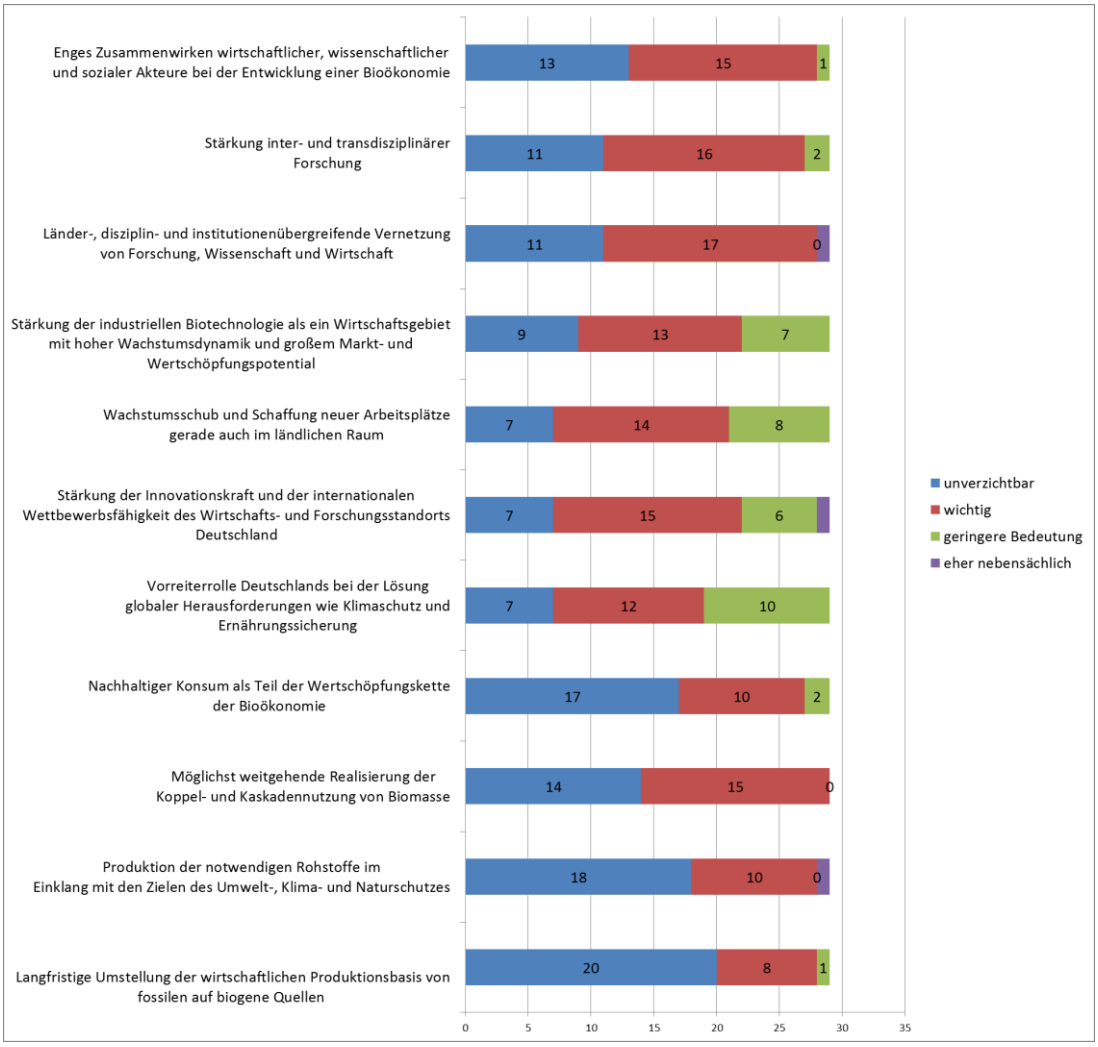
In den Bioökonomie-Strategien verschiedener Länder und Institutionen werden unterschiedliche Visionen und weitreichende gesellschaftliche Ziele formuliert, die mit der Realisierung einer Bioökonomie erreicht werden sollen. Die befragten Forscher wurden aufgefordert, die Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie (BMEL 2014: 20ff) nach ihrer Wichtigkeit zu bewerten. Die Befragung im **Forschungsverbund Biogas** ergab, dass bis auf eine Ausnahme alle Ziele mehrheitlich als unverzichtbar oder wichtig angesehen werden, wobei der Grad der Zustimmung variiert. Die meisten „unverzichtbar" Nennungen erhielten die beiden Ziele, die Produktion der notwendigen Rohstoffe in Einklang mit den Zielen des Umwelt-, Klima und Naturschutzes zu bringen und ein enges Zusammenwirken wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und sozialer Akteure bei der Entwicklung der Bioökonomie zu erreichen (Abb. III.13). Damit wird einer nachhaltigen und partizipativen Gestaltung der Bioökonomie eine hohe Bedeutung zugemessen. Die Hälfte der vorgenommenen Bewertungen stuft außerdem disziplin- und institutionenübergreifende Vernetzung und die Realisierung von Koppel- und Kaskadennutzungen – beides auch zentrale Ziele in der baden-württembergischen Forschungsstrategie – als unverzichtbar ein. Das Ziel, eine Vorreiterrolle Deutschlands bei der Lösung globaler Herausforderungen wie Klimaschutz und Ernährungssicherung zu erreichen, wird als einziges mehrheitlich als weniger bedeutend bzw. eher nebensächlich eingestuft. Es fällt auf, dass die Mehrzahl der Antwortenden der Stärkung der industriellen Biotechnologie als ein Wirtschaftsgebiet mit großem Markt- und Wertschöpfungspotenzial einen wichtigen Stellenwert beimisst, während sich die Wissenschaftler in der vorherigen Frage (s. Abb. III.10) mehrheitlich gegen eine Gleichsetzung der Bioökonomie mit moderner Biotechnologie ausgesprochen haben. Dies entspricht dem in Deutschland (und der EU) vorherrschenden Verständnis, dass die Biotechnologie zwar eine Schlüsseltechnologie darstellt, aber die für die Bioökonomie relevanten Technologie- und Innovationsansätze mehr umfassen.

Abb. III. 13: Biogas – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 18, 43% Rücklauf)



Die Befragten des **Lignozellulose-Verbunds** stufen alle genannten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie mehrheitlich als unverzichtbar bzw. wichtig ein (Abb. III.14). Die meisten „unverzichtbar“ Nennungen treten bei den Zielen langfristige Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis, Rohstoffproduktion im Einklang mit Zielen des Umwelt-, Klima- und Naturschutzes und Förderung eines nachhaltigen Konsums auf. Ziele mit der insgesamt höchsten Zustimmung, d.h. der höchsten Anzahl an „unverzichtbar“ und „wichtig“ Nennungen sind die weitgehende Realisierung der Koppel- und Kaskadennutzung, der im Vergleich zur Biogas-Nutzung ein höherer Stellenwert zukommt und die Länder-, Disziplin- und Institutionen übergreifende Vernetzung von Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft. Damit wird einer nachhaltigen und wissensbasierten Gestaltung der Bioökonomie ein hoher Stellenwert eingeräumt. Wie im Biogasverbund auch gibt es ambivalente Einschätzungen zur Vorreiterrolle Deutschlands bei der Lösung globaler Herausforderungen, wobei die Zahl der Personen, die dieses Ziel als unverzichtbar oder wichtig hält (ca. 66%), trotz Gegenstimmen im Vergleich zum Biogas-Verbund immer noch höher ist als die Zahl derer, die ihm eine geringere Bedeutung zumessen (ca. 34%).

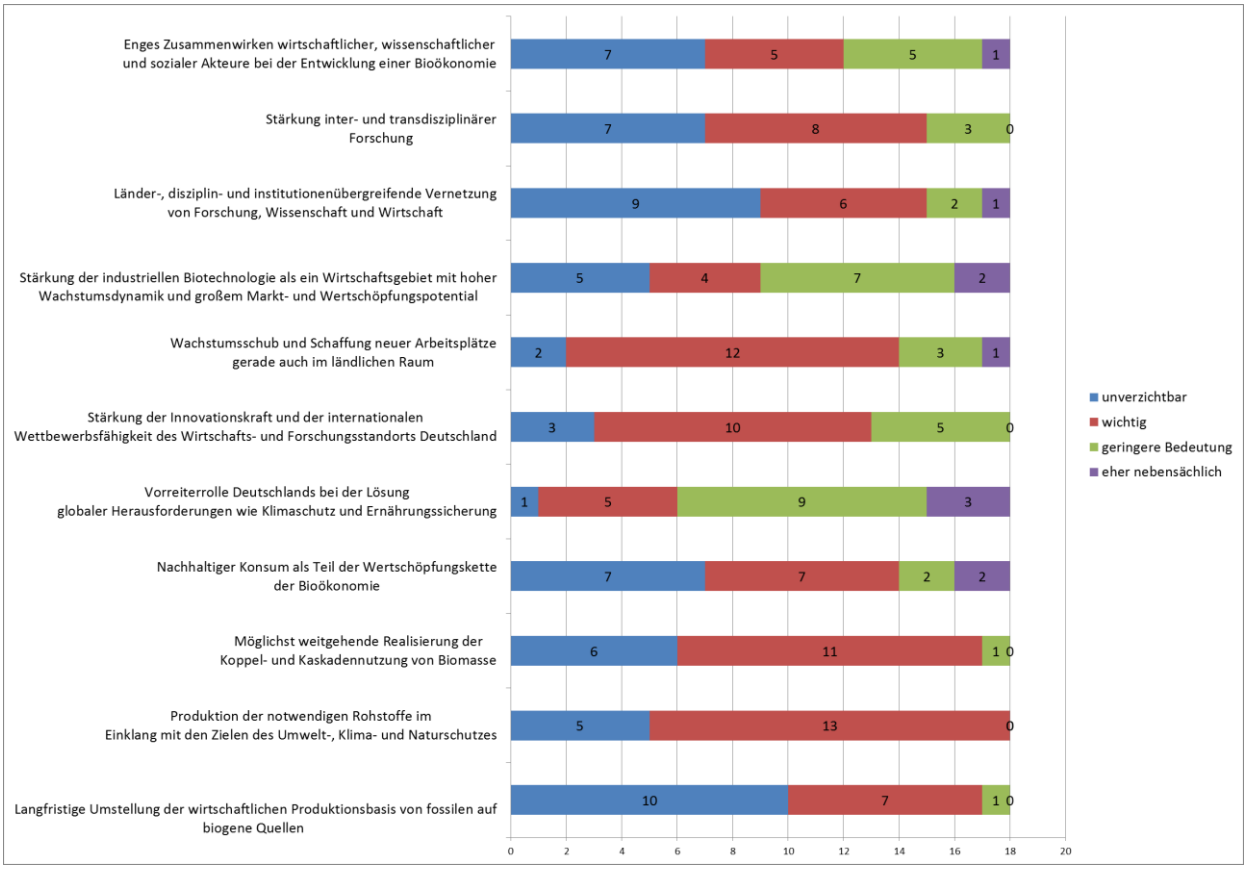
Abb. III. 14: Lignozellulose – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 29, 43% Rücklauf)



Im **Mikroalgen-Verbund** werden wie im Biogas-Verbund auch bis auf eine Ausnahme alle Ziele mehrheitlich als unverzichtbar bzw. wichtig eingestuft (Abb. III.15). Die Vorreiterrolle Deutschlands bei der Lösung globaler Herausforderungen wird in der Mehrzahl als gering bedeutend bzw. eher nebensächlich bewertet. Diese Einschätzung ist ähnlich wie im Biogas-Verbund und steht entgegen der Bewertung im Lignozellulose-Verbund, der dieses Ziel mehrheitlich als unverzichtbar bzw. wichtig ansieht. Ziele mit der höchsten Anzahl an „unverzichtbar“ Nennungen ist die langfristige Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis, die Vernetzung von Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft sowie nachhaltiger Konsum als Teil der Wertschöpfungskette. Damit wird ähnlich wie im Lignozellulose-Verbund einer nachhaltigen und wissensbasierten Gestaltung der Bioökonomie ein hoher Stellenwert eingeräumt. Im Vergleich zu den beiden anderen Verbünden gibt es einige Stimmen, die dem Zusammenwirken wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und sozialer Akteure eine geringe bzw. nebensächliche Bedeutung zumessen. Weiterhin fällt auf, dass die Hälfte der Antwortenden die Stärkung der industriellen Biotechnologie als unverzichtbar bzw. wichtig einschätzt, die andere Hälfte als gering bedeutend bzw. nebensächlich. In den beiden anderen Verbünden gab es auch einige Nennungen, die dieses Ziel als wenig bedeutend ansehen, jedoch nicht in dem Umfang wie im Mikroalgen-Verbund. Im Algenverbund gibt es somit unterschiedliche Einschätzungen hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung einer

breiten industriellen Anwendung von Biotechnologien, was möglicherweise mit dem frühen Entwicklungsstadium der Algentechnologien und daraus resultierenden unsicheren Anwendungsaussichten erklärt werden kann. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass wie in den beiden anderen Verbünden auch die Produktion der Rohstoffe im Einklang mit den Zielen des Umwelt-, Klima- und Naturschutzes zwar als unverzichtbar bzw. wichtig angesehen wird, jedoch nicht in der Stärke wie im Biogas- und Lignozellulose-Verbund, bei denen der Anteil an „unverzichtbar" Nennungen deutlich höher ist. Das mag damit zusammenhängen, dass die Mikroalgen-Produktion für sich beansprucht, nicht in Flächenkonkurrenz mit anderen Nutzungen wie der Nahrungsmittelproduktion zu treten und dieser Aspekt als etwas entschärft wahrgenommen wird.

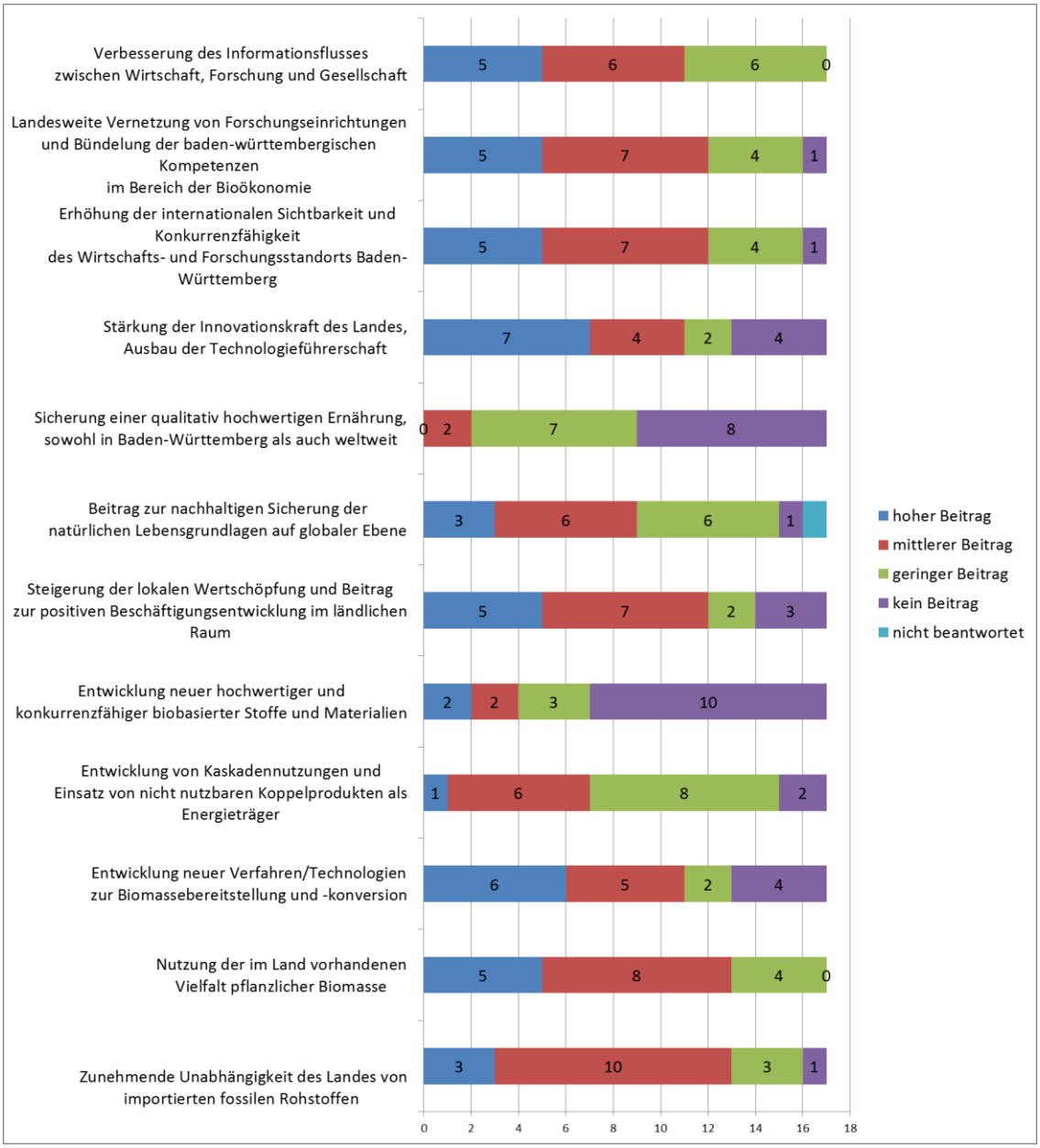
Abb. III. 15: Mikroalgen – Bewertung der aufgelisteten Ziele der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie nach ihrer Wichtigkeit (n = 18, 53% Rücklauf)



Bei der Frage, welchen Beitrag ihre voraussichtlichen Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (MWK 2013: 6f) leisten können, antworten die Wissenschaftler aus dem **Bereich Biogas** mehrheitlich, dass sie zu drei Vierteln der Ziele einen hohen bzw. mittleren Beitrag leisten können (Abb. III.16). Dabei sind die Ziele Stärkung der Innovationskraft des Landes und Ausbau der Technologieführerschaft sowie Entwicklung neuer Verfahren der Biomassebereitstellung und -konversion diejenigen, zu denen die größte Zahl an Forschern in hohem Maße beitragen kann. Die Beiträge zur Sicherung einer qualitativ hochwertigen Ernährung sowie zur Entwicklung neuer hochwertiger bio-basierter Stoffe werden mehrheitlich als gering bis nicht vorhanden bewertet. Diese Einschätzung hängt mit den Spezifika der Biogas-Forschung zusammen, die keinen Beitrag zur Ernährungssicherung leisten kann und für die die stoffliche Nutzung bisher eine untergeordnete Rolle spielt. Obwohl die Kaskadennutzung in der vorherigen Frage (s. Abb. III.14) als

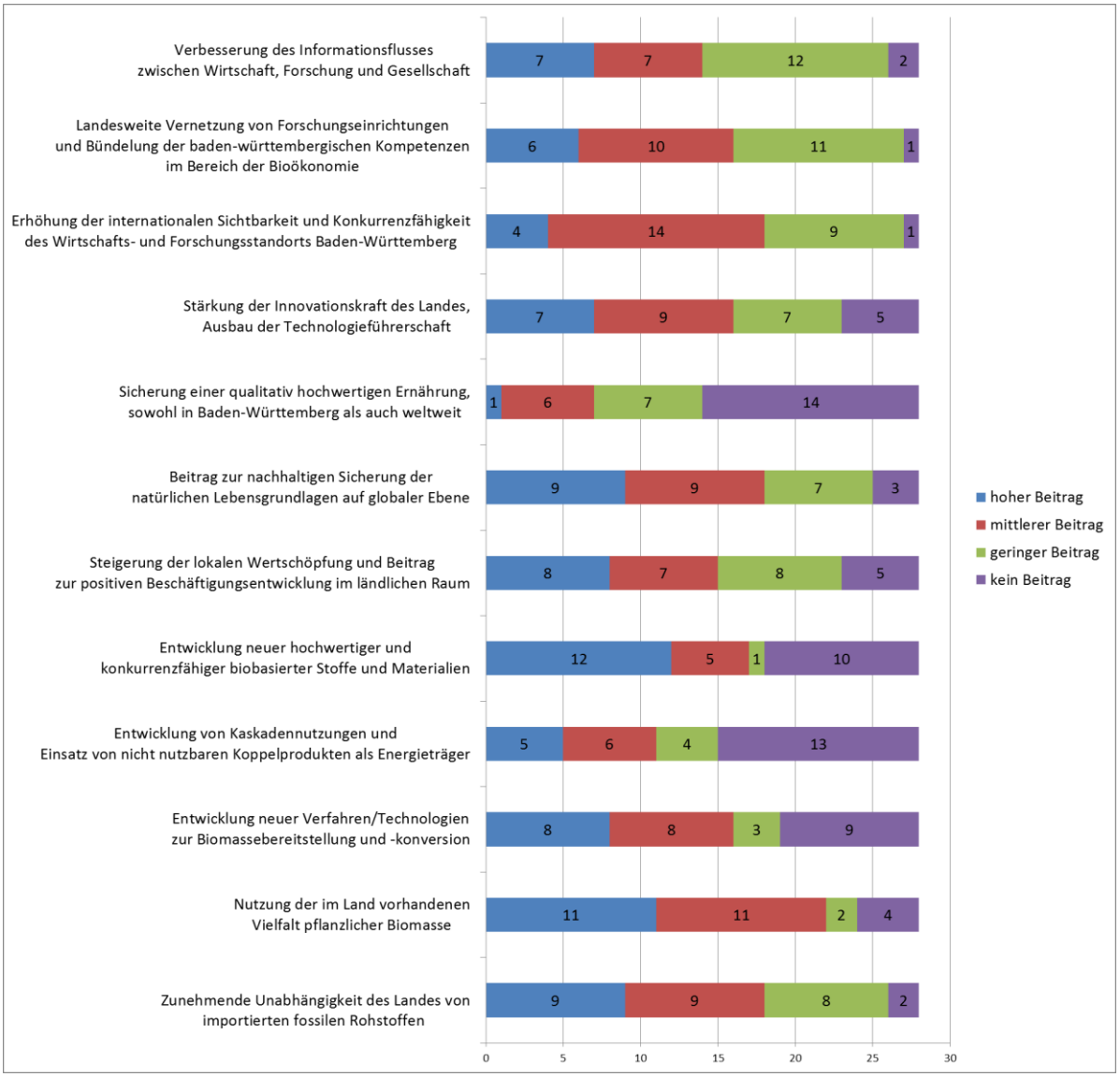
wichtiges nationales Ziel eingeschätzt wurde, wird von der Mehrheit der Antwortenden der Betrag zur Entwicklung von Kaskadennutzungen als gering bzw. nicht gegeben eingestuft. Dies kann damit erklärt werden, dass bei der vorherrschenden Ausrichtung der Forschung zu Biogas auf energetische Nutzungen eine Kaskadennutzung ausgeschlossen ist und die Formulierung aus der Forschungsstrategie zur Koppelproduktion, die mit Bezug zur Bioraffinerie eine energetische Nutzung anführt, nicht zu den Koppelprodukten aus der Biogasanlage passt. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Teilprojekte logischerweise nicht zu allen, sondern nur vereinzelten Zielen der Forschungsstrategie etwas beitragen können. Insbesondere Nennungen aus dem Kreis der Begleitforschung zeigen, dass ein Beitrag zur Zielefüllung in manchen Projektkontexten nur bedingt gegeben ist, da bei dieser Art der Forschung die kritische Reflexion von Sachverhalten und nicht die direkte Zielerfüllung im Vordergrund steht.

Abb. III. 16: Biogas – Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 17, 40% Rücklauf)



Die Antwortenden aus dem **Lignozellulose-Verbund** geben an, dass sie insbesondere zu folgenden Zielen der baden-württembergischen Forschungsstrategie ein mittlere bis hoher Beitrag leisten können: Nutzung der im Land vorhandenen Vielfalt pflanzlicher Biomasse, zunehmende Unabhängigkeit des Landes von importierten fossilen Rohstoffen, nachhaltige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen auf globaler Ebene sowie Erhöhung der internationalen Sichtbarkeit Baden-Württembergs als Wirtschafts- und Forschungsstandort (Abb. III.17). Der Beitrag zur Entwicklung von Kaskadennutzungen und dem Einsatz nicht nutzbarer Koppelprodukte als Energieträger wird ebenso wie im Biogasverbund überwiegend als nicht vorhanden eingeschätzt. Auch zur Verbesserung des Informationsflusses zwischen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft werde laut der Hälfte der Forscher nur ein geringer Beitrag geleistet. Dies kann als Indiz gesehen werden, dass ein relevanter Teil der Forscher nicht in die Wissenschaftskommunikation und den Austausch zwischen Akteuren eingebunden ist.

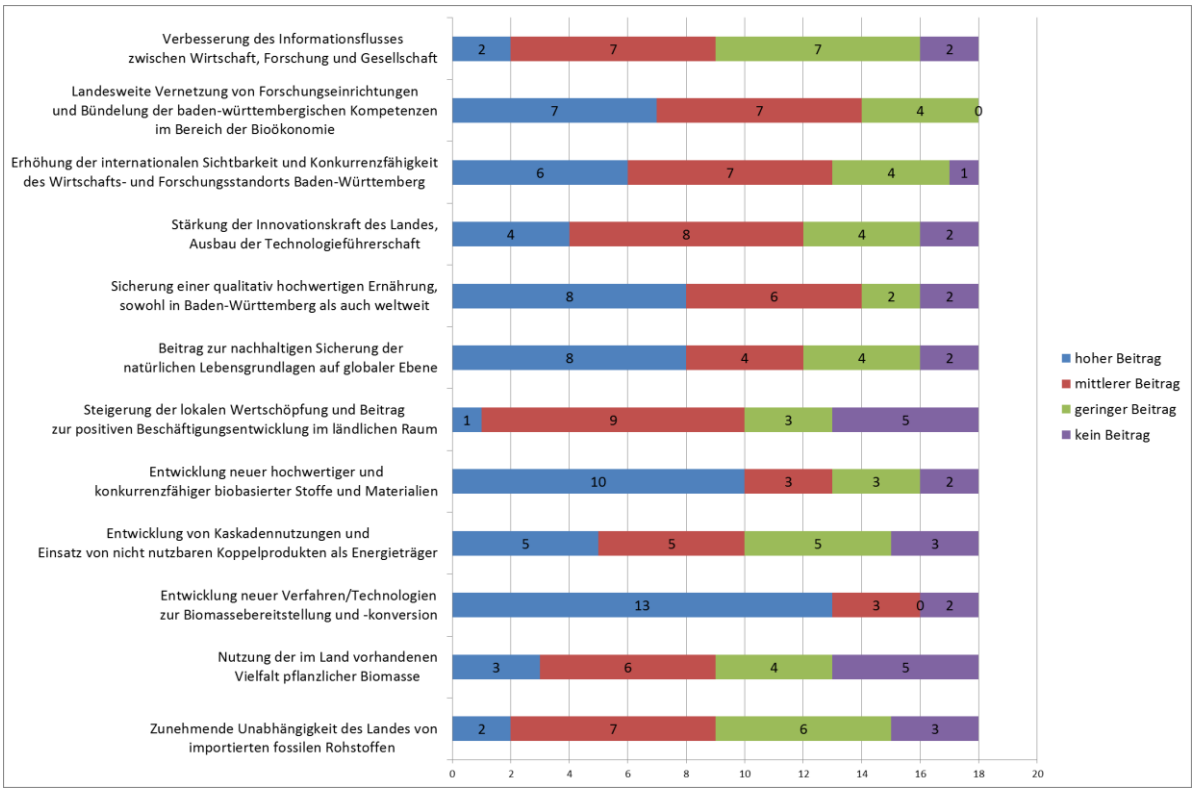
Abb. III. 17: Lignozellulose – Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 28, 41% Rücklauf)



Das Ziel, zu dem die meisten der Antwortenden im **Forschungsverbund Mikroalgen** einen hohen Beitrag leisten können, ist die Entwicklung neuer Verfahren und Technologien zur Biomassebereitstellung

und -konversion (Abb. III.18). In den anderen beiden Verbünden wurde der Beitrag nicht ganz so hoch eingeschätzt. Das mag daran liegen, dass die Mikroalgen-Forschung ein junges Forschungsfeld darstellt und im Bereich der Technikentwicklung hohes Innovationspotenzial zu erwarten ist. Die Mehrzahl der Antwortenden gibt weiterhin an, dass ein hoher Beitrag zur Entwicklung hochwertiger und konkurrenzfähiger bio-basierter Stoffe, zur Sicherung einer qualitativ hochwertigen Ernährung sowie zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen auf globaler Ebene geleistet werden könne. Das erscheint angesichts der Spezifika der Algenforschung logisch. Es gibt im Vergleich zu den anderen beiden Verbünden kein Ziel, beim dem die Einschätzung überwiegt, dass der Beitrag zur Zielerfüllung gering oder nicht vorhanden ist. Es gibt jedoch drei Ziele, bei denen die eine Hälfte der Antwortenden der Meinung ist es könne durch die Projekte im Verbund ein hoher bzw. mittlerer Beitrag geleistet werden, während die andere Hälfte denkt, ein Beitrag ist gering oder gar nicht möglich. Dies betrifft die Ziele Nutzung der im Land vorhandenen Vielfalt pflanzlicher Biomasse, zunehmende Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen sowie Verbesserung des Informationsflusses zwischen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft. Die ersten beiden Einschätzungen können mit den Spezifika der Forschung zu Mikroalgen erklärt werden: Wertschöpfungsketten auf der Basis von Mikroalgen nutzen keine pflanzliche Biomasse, so dass höchstens indirekt Wirkungen auf die Vielfalt der genutzten pflanzlichen Biomasse erwartet werden können. Mit der angestrebten Nutzung der Mikroalgen im Nahrungs- und Futtermittelbereich sind ebenfalls vorrangig indirekte Effekte auf den Bedarf fossiler Rohstoffe zu erwarten. Beim verbesserten Informationsfluss zwischen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft kann die ebenfalls für den Lignozellulose-Verbund angeführte Erklärung als wahrscheinlich angenommen werden, wobei das frühe Entwicklungsstadium bei Mikroalgen ein zusätzliches Hindernis für den Informationsfluss darstellen könnte.

Abb. III. 18: Mikroalgen − Beitrag der Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der Ziele der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie (n = 18, 53% Rücklauf)



Fazit 2

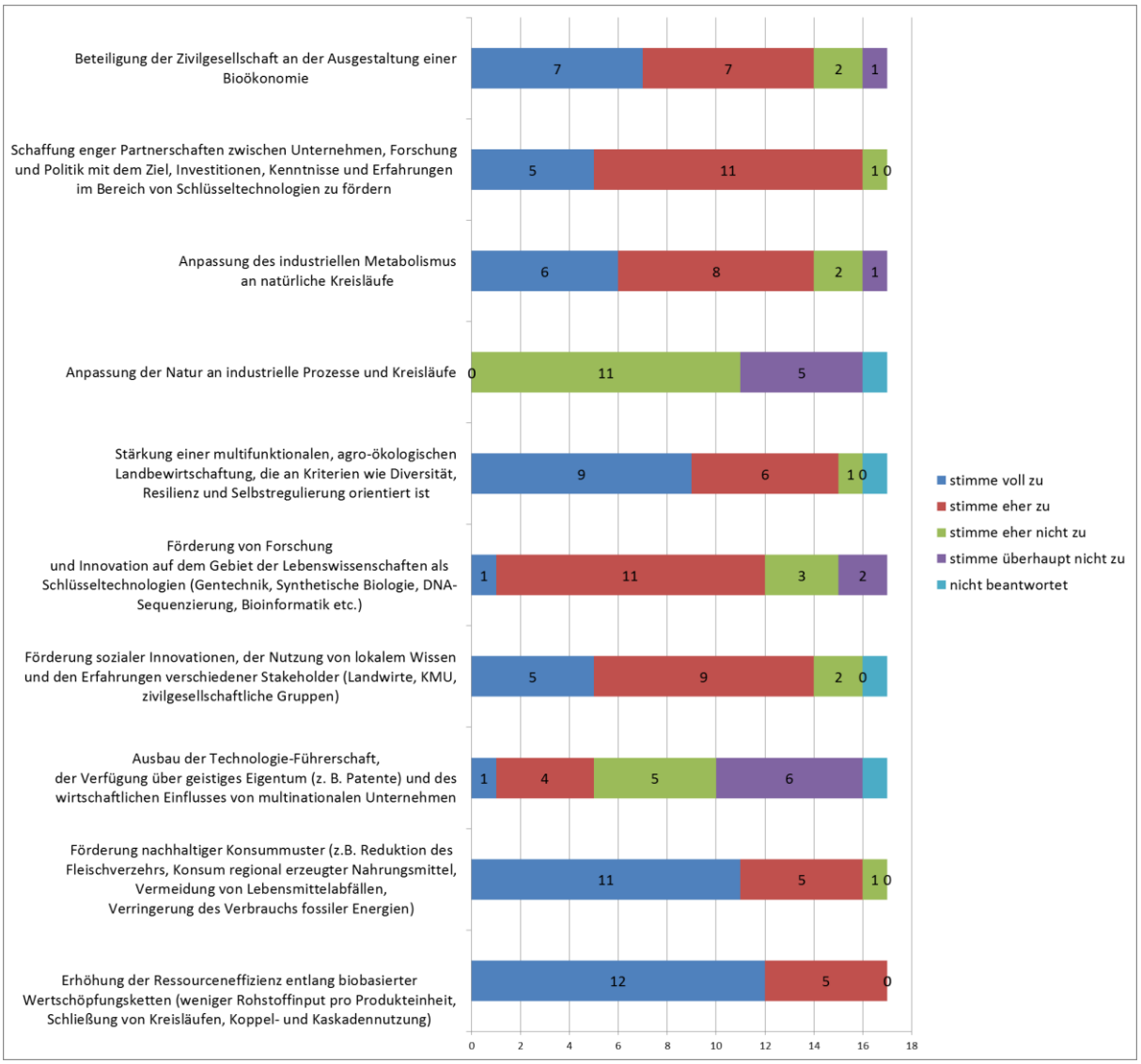
Die Ziele der nationalen Bioökonomie-Strategie finden insgesamt eine breite Zustimmung bei den befragten Wissenschaftlern. Einzig das Ziel, eine Vorreiterrolle Deutschlands bei der Lösung globaler Herausforderungen wie Klimaschutz und Ernährungssicherung zu erreichen, wird eher kritisch gesehen, indem eine knappe Mehrheit der insgesamt Antwortenden hier nur eine geringe Wichtigkeit sieht. Ziele mit der höchsten Zahl an „unverzichtbar“ Nennungen sind über alle Verbünde summiert die Produktion der Rohstoffe im Einklang mit den Zielen des Umwelt-, Klima- und Naturschutzes und die langfristige Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis von fossilen auf biogene Quellen. Bei vielen Zielen der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie kommen die antwortenden Wissenschaftler mehrheitlich zu der Einschätzung, dass ihre Forschungsergebnisse einen hohen oder mittleren Beitrag zur Verwirklichung leisten werden. Dabei bestehen Unterschiede zwischen den Forschungsverbünden in den Erwartungen, welche Beiträge zu spezifischen Zielen möglich sind, die sich aus den unterschiedlichen Forschungsausrichtungen ergeben. Es ist zu beachten, dass die Teilprojekte logischerweise nicht zu allen, sondern nur vereinzelten Zielen der Forschungsstrategie etwas beitragen können.

3.3 Alternative Umsetzungspfade

In der wissenschaftlichen, aber auch gesellschaftlichen Debatte über das Konzept der Bioökonomie werden unterschiedliche Umsetzungspfade diskutiert. Anhand einer Auswahl teilweise gegensätzli-

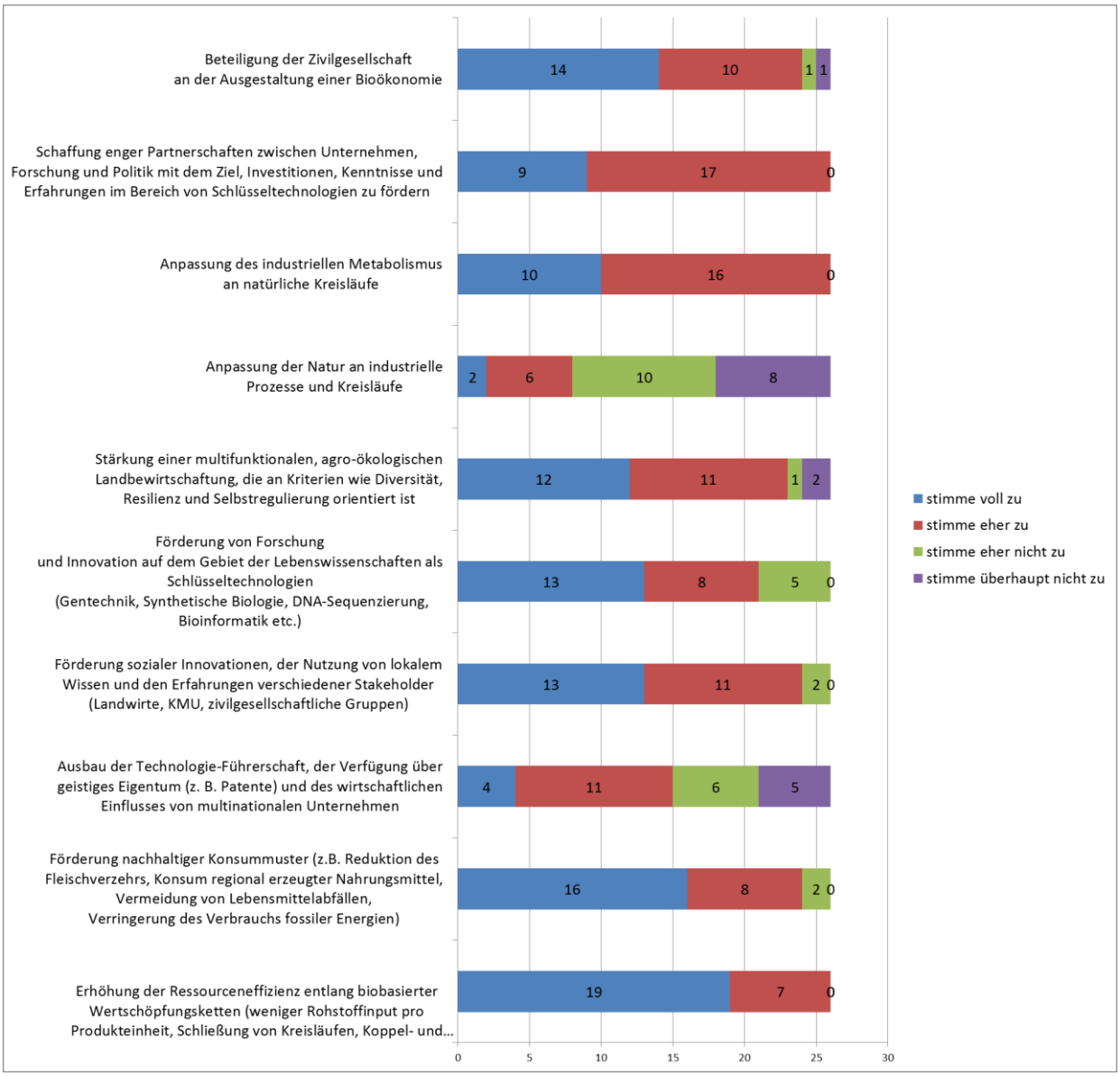
cher Positionen sollten die Befragten angeben, inwieweit sie einzelnen Elementen möglicher Umsetzungspfade zustimmen. Die Ergebnisse im Bereich **Biogas** zeigen, dass die Mehrzahl der vorgeschlagenen Elemente Zustimmung erfährt (Abb. III.19). Elemente mit der höchsten Anzahl vollständiger Zustimmungen sind in absteigender Reihenfolge die Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang bio-basierter Wertschöpfungsketten, die Förderung nachhaltiger Konsummuster sowie die Stärkung einer multifunktionalen, agro-ökologischen Landbewirtschaftung. Während die Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung industrieller Prozesse an natürliche Kreisläufe ebenfalls mehrheitlich volle bzw. teilweise Zustimmung erfährt, stößt der umgekehrte Weg der Anpassung der Natur an industrielle Kreisläufe auf Ablehnung. Die Anzahl an Stimmen, die dieses Umsetzungselement teilweise oder vollständig ablehnen, ist unter allen gegeben Optionen am höchsten. Auch dem Ausbau der Technologie-Führerschaft, der Verfügung über geistiges Eigentum und der Stärkung des Einflusses multinationaler Unternehmer wird von den Befragten mehrheitlich eher nicht bzw. überhaupt nicht zugestimmt. Dem hierzu im Kontrast stehenden Element der Förderung sozialer Innovationen und Nutzung lokalen Wissens wird mehrheitlich voll bzw. eher zugestimmt. In den beiden zuvor genannten Fällen wird die Gegensätzlichkeit der angegebenen Optionen in den Antworten sehr deutlich. Da die Zustimmung in allen anderen Fällen gegeben ist, lässt sich vermuten, dass die Mehrzahl der Elemente von den Befragten nicht als gegensätzliche, sondern sich ergänzende Vorstellungen zur Ausrichtung der Bioökonomie wahrgenommen wird.

Abb. III. 19: Biogas − Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 17, 40% Rücklauf)



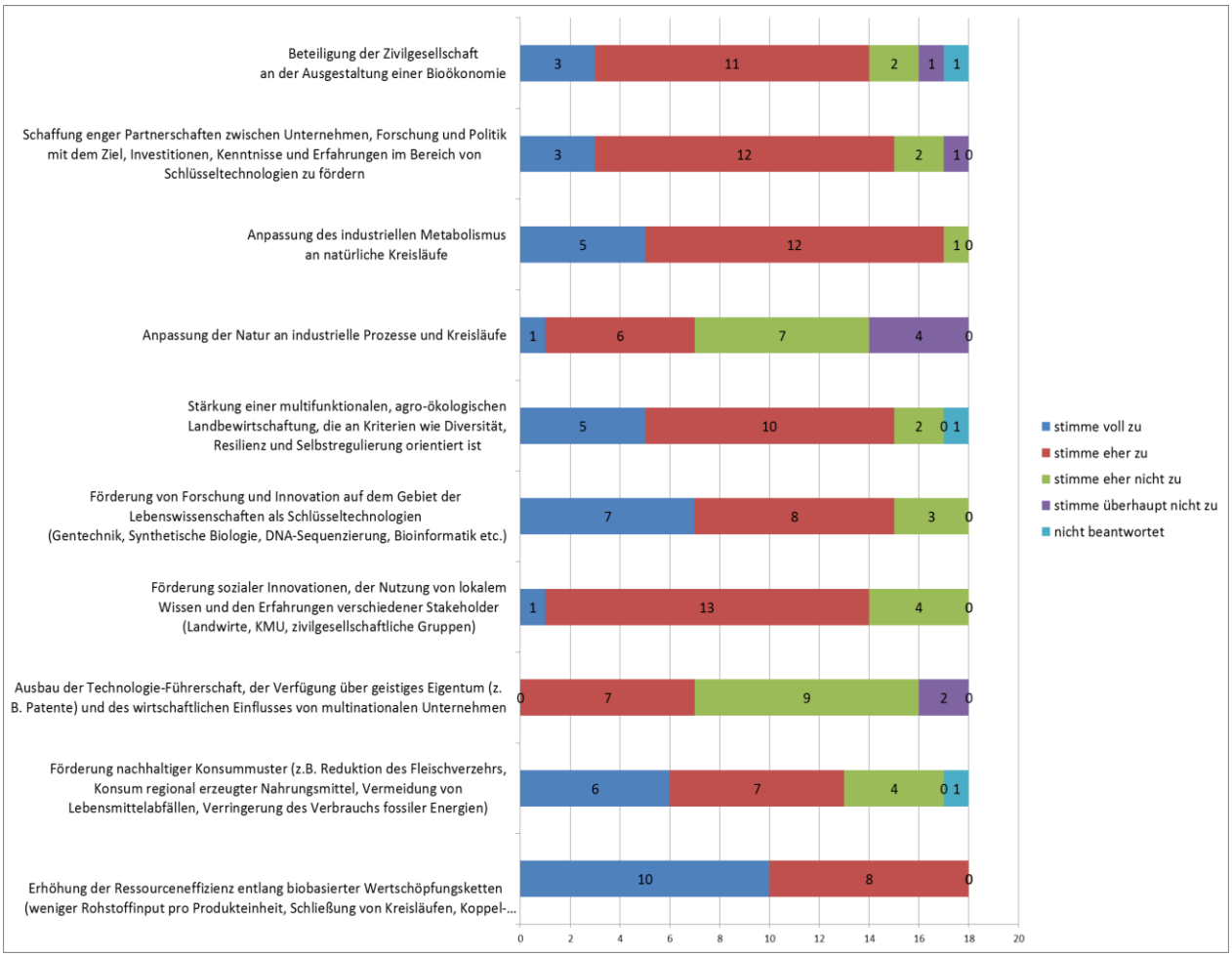
Im **Lignozellulose-Verbund** stoßen bis auf eine Ausnahme alle vorgeschlagenen Elemente möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie auf Zustimmung und werden demnach auch nicht als sich ausschließende Alternativen angesehen (Abb. III.20). Dabei erhielten Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz, die Förderung nachhaltiger Konsummuster und die Beteiligung der Zivilgesellschaft an der Gestaltung der Bioökonomie die höchste Anzahl vollständiger Zustimmungen, gefolgt von der Förderung sozialer Innovationen und der Förderung von Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften. Ein wesentlicher Unterschied zum Biogas-Verbund und auch zum Mikroalgen-Verbund (s. Abb. III.21) ist die mehrheitliche Zustimmung zum Ziel Ausbau der Technologieführerschaft, das in den anderen beiden Verbünden mehrheitlich auf geringe bzw. gar keine Zustimmung gestoßen ist. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass im Bereich der Lignozellulose-Nutzung und Forschung zu Bioraffineriekonzepten erhebliches Innovationspotenzial besteht, verbunden mit dem Wunsch eine Vorreiterrolle einzunehmen. Als Vorschlag mehrheitlich abgelehnt wurde, wie im Biogasverbund auch, die Anpassung der Natur an industrielle Prozesse.

Abb. III. 20: Lignozellulose – Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 26, 38% Rücklauf)



Wie in den anderen Verbünden auch ist im **Mikroalgen-Verbund** die Anzahl voller Zustimmungen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang bio-basierter Wertschöpfungsketten als Element für die Umsetzung am größten, gefolgt von der Förderung von Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften als Schlüsseltechnologie (Abb. III.21). Bis auf zwei Ausnahmen wird allen Elementen voll bzw. eher zugestimmt. Die beiden Ausnahmen sind wie im Biogas-Verbund auch die Anpassung der Natur an industrielle Prozesse, der Ausbau der Technologie-Führerschaft, die Verfügung über geistiges Eigentum und die Stärkung des Einflusses multinationaler Unternehmen. Hier überwiegt die Zahl derer, die diese Vorschläge ganz oder teilweise ablehnen. Dafür wird den Elementen Anpassung industrieller Prozesse an die Natur, Förderung sozialer Innovationen und Nutzung lokalen Wissens in der Mehrzahl voll oder eher zugestimmt. In diesen beiden Fällen scheinen sich die vorgeschlagenen Elemente für die Befragten gegenseitig auszuschließen.

Abb. III. 21: Mikroalgen – Zustimmung der Wissenschaftler zu Elementen möglicher Umsetzungspfade für eine Bioökonomie, die in der Literatur diskutiert werden (n = 18, 53% Rücklauf)



Fazit 3

Für die Entwicklung der Bioökonomie werden unterschiedliche Umsetzungspfade diskutiert. Der Großteil der abgefragten Elemente dieser Umsetzungspfade wurde mehrheitlich zugestimmt und somit nicht als gegensätzliche, sondern sich ergänzende Vorstellungen zur Ausgestaltung der Bioökonomie wahrgenommen. Besonders hohe (vollständige) Zustimmung über die Forschungsverbünde hinweg erfahren die Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang bio-basierter Wertschöpfungsketten, die Förderung nachhaltiger Konsummuster sowie die Stärkung einer multifunktionalen, agro-ökologischen Landwirtschaft. Deutlich abgelehnt wird eine Anpassung der Natur an industrielle Prozesse und Kreisläufe. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Verbünden besteht beim Ausbau der Technologie-Führerschaft, der Verfügung über geistiges Eigentum und der Stärkung des Einflusses multinationaler Unternehmen, dem eine Mehrheit im Lignozellulose-Verbund vollständig bzw. eher zustimmt, während die Antwortenden im Biogas- und Mikroalgen-Verbund diesen Vorstellungen mehrheitlich ablehnend gegenüber stehen. Das mag mit dem großen Innovationspotential im Bereich der Lignozellulose-Bioraffinerie zusammenhängen und der Möglichkeit, einen essentiellen Beitrag zum Durchbruch dieser Technologie leisten zu können.

4. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4

4.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten

Die Rücklaufquote im Fragenkomplex „Wertschöpfungsketten“ ist im Vergleich zu den vorangegangen Themen deutlich geringer und liegt im Durchschnitt der Fragen bei etwa 25%. Ein Blick auf den Kreis der Antwortenden legt die These nahe, dass dies zum einen daran liegt, dass die Fragen auf Projekte der Begleitforschung nur bedingt zutreffen, da es sich bei zwei Dritteln der „Aussteiger“ um Begleitforscher handelt. Da jedoch auch ein Teil der Forscher im stärker technischen Bereich die Beantwortung dieses Komplexes ausgesetzt hat, könnte ein weiter Grund die offene Frageweise sein, die mit einem höheren Aufwand zur Beantwortung verbunden ist.

Aufgrund der wenigen Angaben können die Antworten nicht als repräsentativ für den Verbund betrachtet werden. Zum Teil sind die Angaben auch zu wenig aussagekräftig, um konzise Schlüsse daraus ziehen zu können. Im Folgenden sollen deshalb vor allem interessante Aussagen in Form von Highlights präsentiert und Angaben zu den angestrebten Wertschöpfungsketten soweit möglich um Informationen aus den Projektbeschreibungen ergänzt werden.

Auf die Frage, welche *Wertschöpfungsketten* in den Projekten bearbeitet werden, gaben die Antwortenden zum einen die Biogasproduktion, zum anderen die stoffliche Verwendung des Biogases durch Gasfermentation an. Nach den erhaltenen Antworten werden folgende *Ausgangsstoffe* in den Projekten genutzt:

> Landwirtschaftliche Anbaubiomasse (Mais/Grassilage, nachwachsende Rohstoffe unspezifiziert)
> Landwirtschaftliche Rest- und Abfallstoffe (Gülle/Festmist, andere landwirtschaftliche Reststoffe)
> Biogene Siedlungsabfälle (Bioabfälle, Lebensmittelabfälle)

Die technischen Aspekte der Erzeugung landwirtschaftlicher und anderer Biomasse für Biogasanlagen sind nicht Gegenstand der Forschung im Verbund. Es gibt zwei Projekte, die sich mit der Substratbereitstellung im weiteren Sinne befassen und die Potenziale bei Rest- und Abfallstoffen sowie bei Klärschlamm analysieren (Forschungsantrag Biogas 2014).

Das *Konversionsverfahren* ist die anaerobe Fermentation. Fast alle Projekte im Handlungsfeld Konversion befassen sich mit der Nachfermentation von Biogas unter Zugabe von Wasserstoff, der aus regenerativen Überschussstrom gewonnen werden soll, um „Bio-Erdgas“ für den Mobilitätsbereich oder zur Einspeisung ins Erdgasnetz bereit zu stellen. Ein Projekt befasst sich mit der stofflichen Nutzung von Biogas. Hier wird das aufbereitete Methan als Kohlenstoffquelle für die Gasfermentation mit Bakterien genutzt, durch deren Stoffwechselprozesse Chemikalien gewonnen werden können.

Der überwiegende Teil der Projekte im Biogas-Verbund zielt auf die energetische Verwertung von Biogas ab. Die Mehrheit der Antwortenden nennt demnach Biogas als *Zielprodukt*, umgewandelt in Strom und Wärme oder in aufbereiteter Form zur Einspeisung ins Erdgasnetz als SNG. Auf die stoffliche Nutzung bezieht sich lediglich eine Antwort; Zielprodukt sind hier chemische Verbindungen bzw. Chemikalien, die derzeit auf Basis von Zucker hergestellt werden. *Nebenprodukte* sind flüssige und feste Gärreste, Kohlenstoffdioxid, Wasserstoff, Wärme sowie Strukturmaterial (z.B. stark ligninhaltiger Baum- und Strauchschnitt, der für die Fermentation weniger geeignet ist, dafür aber für die Kompostierung

benötigt wird). Gärreste werden primär als Koppelprodukt angesehen, in einem Fall aber auch als weiter zu verarbeitendes Zielprodukt für die Kompostherstellung. Bei der vorgesehenen *Nutzung der Zielprodukte* wird primär die Strom- und Wärmeversorgung, daneben aber auch der Mobilitätsbereich als Anwendungsgebiet genannt. Dafür kommen die Zielprodukte Strom, Erdgas, aber auch durch Methanfermentation gewonnene Biokraftstoffe in Frage. Die stoffliche Nutzung des Biogases soll sich vor allem auf Zielprodukte für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie konzentrieren, aber auch die Anwendung in der Kunststoffherstellung sei denkbar. Weiterhin wurde die Verwendung von Kompost für landwirtschaftliche und gartenbauliche Zwecke genannt.

Einige Forscher geben an, dass für die anfallenden *Gärreste* eine direkte Nutzung als Düngemittel in der Landwirtschaft ohne oder mit Kompostierung vorgesehen ist. Darüber hinaus gäbe es die Möglichkeit, die Gärreste als Proteinquelle im Lebens- oder Futtermittelbereich zu verwenden, insofern für die Biogasproduktion keine gentechnisch veränderten Mikroorganismen eingesetzt wurden. Auch die Pelletrierung des Gärrests und die anschließende Verbrennung bzw. Vergasung werden als Option genannt.

Die genannten *Auswahlkriterien* für die Festlegung auf die entsprechende Wertschöpfungskette lassen zwei Hauptmotivationen erkennen:

> Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit: Es besteht die Erwartung durch Effizienzsteigerungen und die Erschließung neuer Nutzungspfade eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit der Biogasproduktion zu erreichen. Die Optimierung bestehender Konversionsverfahren, die Erforschung neuer kostengünstiger Verfahren, aber auch neuer Pfade der Verwertung wie die stoffliche Nutzung, die mit einer höheren Wertschöpfung verbunden ist, spielen eine Rolle. Eine weitere Facette dieser Motivation ist der grundsätzliche Reiz der Biogasproduktion als einen Ansatz, der weltweit anwendbar ist und sich mit geringem technischen Aufwand umsetzen lässt und der damit verbundene Wunsch, diese Technologie zukunftsfähiger zu gestalten.

> Verbesserung der Umweltverträglichkeit: Es besteht die Erwartung, die Rohstoffbasis durch die Verwendung neuer Ausgangsstoffe wie Rest- und Abfallstoffe sowie Methan als Ausgangsstoff für die zuckerbasierte, industrielle Biotechnologie zu erweitern. Damit würden zum einen negative Umweltauswirkungen des Energiepflanzenanbaus reduziert, aber auch der Druck auf die Fläche und mögliche Flächenkonkurrenzen zum Nahrungsmittelanbau vermieden.

Die Auswahlkriterien sind somit stark von der Motivation beeinflusst, die Ökonomie der Biogasproduktion zu verbessern, aber auch mögliche negative Wirkungen auf Mensch und Umwelt zu minimieren.

Die Wissenschaftler wurden gefragt, von welchem *Zeithorizont* sie ausgehen, bis alle Technologien und Verfahren zur Realisierung einer zukunftsfähigen, umweltfreundlichen und wettbewerbsfähigen Biogaserzeugung in der Praxis zur Verfügung stehen. Für die Biogasspeicherung wird ein Zeithorizont von drei Jahren angenommen, für die stoffliche Nutzung von mehr als 15 Jahren. Ein Teil der Antworten betont, dass es sich bei Technikentwicklung und Optimierungsbedarf von Biogasanlagen um kontinuierliche Prozesse handele, die keinen Endpunkt hätten und Technologien bereits in einer Vielzahl zur Verfügung stünden. Wie die Frage zuvor bereits gezeigt hat, wird die fehlende Wirtschaftlichkeit als limitierender Faktor angesehen.

Bei der Frage nach dem *Weiterbetrieb von Anlagen* zeigt sich ein ambivalentes Bild. 4 von 10 Antwortenden räumen dem Weiterbetrieb bestehender Biogasanlagen nach Auslaufen der zwanzigjährigen

EEG-Förderung schlechte Chancen ein. Als Gründe wird ein geringer Ölpreis genannt, aber auch die reduzierte staatliche Förderung, die bereits den Betrieb unter EEG-Bedingungen schwierig gestalte. 4 von 10 Forschern schätzt die Chancen als gut ein, insbesondere für abfallwirtschaftliche Anlagen und Kleingülleanlagen sowie für Anlagen, die Repowering-Maßnahmen durchführen. Zwei Kommentare weisen darauf hin, dass eine Einschätzung schwer fiele und von den betrieblichen und zukünftigen politischen Rahmenbedingungen abhänge. Die Frage nach dem weiteren *Zubau von Biogasanlagen* unter den aktuellen EEG-Förderbedingungen zeigt ein klares Meinungsbild. Die Mehrheit der Antwortenden räumt dem Zubau landwirtschaftlicher Biogasanlagen aufgrund der schlechten Förderbedingungen kaum Chancen ein. Chancen werden für abfallwirtschaftliche Biogasanlagen und Kleingülleanlagen gesehen, deren Zahl aktuell leicht ansteigt.

Die Mehrzahl der Antwortenden schätzt die *Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Rest- und Abfallstoffen* mittel bis gut ein. Dies gilt jedoch in erster Linie für abfallwirtschaftliche Biogasanlagen, für landwirtschaftliche Anlagen sei der Transportaufwand zu hoch. Die Wissenschaftler geben zu bedenken, dass die Wirtschaftlichkeit für landwirtschaftliche Anlagen das Hauptkriterium darstellt, während abfallwirtschaftliche Anlagen in erster Linie der Kostenreduktion für die kommunale Abfallentsorgung dienen. Es wird deshalb angeregt, Anreize für die Verwendung von Rest- und Abfallstoffen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen zu schaffen, insofern dies im Vergleich zum Einsatz von NaWaRo die ökologisch sinnvollere Option darstellt.

4.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen

Der Rücklauf in diesem Komplex beträgt im Mittel etwa 22% und ist damit noch einmal etwas geringer als im Themenkomplex zuvor. Ein möglicher Grund ist, dass es sich primär um Fragen aus dem Umfeld der Begleitforschung handelt, die nur ein Teil des Verbunds beantworten kann. Zudem behandelt der Komplex Fragen, an denen aktuell noch geforscht wird und in die Zukunft gerichtete Entwicklungen, zu denen die Wissenschaftler noch keine Einschätzung geben können. Trotz der fehlenden Repräsentativität sollen im Folgenden besonders interessante Ergebnisse vorgestellt werden.

Auf die Frage, wie sich die Nachfrage nach Bioenergiepflanzen durch die im Verbundprojekt anvisierten Wertschöpfungsketten verändern wird, antwortet die Mehrzahl, dass diese vermutlich gleich bleibt. Die Begründungen hierfür sind zum einen, dass die vorhandenen Rest- und Abfallstoffe nicht ausreichen werden, um den Rohstoffbedarf der bestehenden Biogasanlagen zu decken. Zum anderen wird argumentiert, dass solche Einsatzstoffe unter technischen Gesichtspunkten nicht für den Einsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen geeignet seien, die bisher mit Energiepflanzen betrieben wurden.

Die Wissenschaftler wurden gefragt, welche erschließbaren, bisher noch nicht genutzten Potentiale von Rest- und Abfallstoffen in Baden-Württemberg für die Realisierung der geplanten Wertschöpfungsketten mobilisiert werden könnten. Nur 5 von 9 Antworten konnten eine Einschätzung zu den Potentialen geben. Diese beziehen sich jedoch in allen Fällen auf theoretisch vorhandene Potenziale, nicht auf erschließbare Mengen. Die Wissenschaftler geben an, dass sie das höchste Potenzial zum einen bei Gülle sehen, die in der gängigen Praxis überwiegend direkt aufs Feld ausgebracht würde, was jedoch zu negativen ökologischen Auswirkungen führe. Zum anderen wird bei Abfällen aus der Lebensmittelindustrie und biogenen Siedlungsabfällen ein Potenzial vermutet. Auch Landschaftspflegematerial und Klärschlamm werden vereinzelt genannt.

Die Mehrheit der Antwortenden geht davon aus, dass die mobilisierbaren Rest- und Abfallstoffe in Baden-Württemberg nicht ausreichen werden, um den Substratbedarf bestehender Biogasanlagen zu

decken. Es wird angenommen, dass der Ausbau von Abfallvergärungsanlagen weiterhin steigt, während das verfügbare Potenzial solcher Einsatzstoffe für landwirtschaftliche Biogasanlagen aufgrund von Konkurrenz mit anderen Nutzungspfaden eher gering sei. Zudem würden ökonomische Gründe (hohe Transportkosten) und rechtliche Hemmnisse (Notwendigkeit der Umwidmung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen) gegen einen breiten Einsatz von Rest- und Abfallstoffen sprechen. Handlungsbedarf wird zudem bei der Mobilisierung von Rest- und Abfallstoffen aus Privathaushalten und der Landwirtschaft gesehen.

Die Mehrzahl der Antwortenden hält Konkurrenzen zwischen dem Einsatz von Rest- und Abfallstoffen in Biogasanlagen und bereits etablierten Verwertungswegen für möglich. Der erwartete Ausbau von Abfallvergärungsanlagen und das Fehlen ungenutzter Biomassepotenziale werden als Gründe für eine mögliche Konkurrenz angeführt. Das höchste Konkurrenzpotential wird zur thermischen Behandlung gesehen, der jedoch gemäß der Abfallhierarchie auch keine Priorität zukommen solle. Biogaserzeugung und Kompostierung werden als sich ergänzende und keineswegs konkurrierende Verwertungspfade angesehen.

Zur Frage, ob eine Konkurrenzsituation zwischen dem Biogas-Pfad und dem Lignozellulose-Pfad im Hinblick auf bestimmte Ausgangsstoffe wie Miscanthus und Landschaftspflegematerial langfristig für wahrscheinlich gehalten wird, gibt es unterschiedliche Meinungen. Ein Drittel der Antworten hält dies für möglich, ein weiteres Drittel erwartet eher keine Konkurrenzbeziehungen, für das letzte Drittel ist eine Einschätzung (zurzeit noch) nicht möglich. Gegen eine potentielle Konkurrenz wird angeführt, dass diese Ausgangsstoffe für die Biogaserzeugung bisher eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Mehrzahl der Antworten erachtet siedlungsnahe Standorte bei verstärktem Einsatz von alternativen Substraten wie Lebensmittelabfällen für sinnvoll bzw. erforderlich. Es wird betont, dass dies vor allem unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll erscheine und auch für die Wärmenutzung Möglichkeiten biete. Die Forscher erwähnen Positivbeispiele für die Planung von siedlungsnahen Anlagen unter Einbindung von Anwohnern, kennen aus der Praxis jedoch auch Gegenbeispiele, die gescheitert sind. Haupthemmnisse werden in den rechtlichen Anforderungen für abfallwirtschaftliche Biogasanlagen und insbesondere in Akzeptanzproblemen der ansässigen Bevölkerung gesehen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Maßnahmen wie die Einbindung der Bevölkerung in den Entscheidungsprozess, Transparenz und Aufklärung helfen können, Einwänden vorzubeugen. Ein kleiner Teil der Antworten glaubt nicht, dass erhöhte Akzeptanzprobleme zu erwarten sind, da es zum einen genügend mögliche Standorte in Gewerbe- und Industriegebieten gäbe und zum anderen die Akzeptanz gegenüber Biogasanlagen hoch sei.

4.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer optimierten Biogasproduktion auf die Umwelt

Aufgrund des niedrigen Rücklaufs von 21% und der zum Teil geringen Aussagekraft der Kommentare, fällt die Auswertung zu diesem Komplex kürzer aus. Zu Beginn wurde die Frage gestellt, welche sowohl positiven als auch negativen ökologischen Auswirkungen durch die im Rahmen des Verbunds vorgesehene Nutzung mehrjähriger Energiepflanzen zu erwarten ist. Die Forscher weisen richtigerweise darauf hin, dass der Grad der Verbesserung gegenüber einjährigen Energiepflanzen von der Referenzart abhänge und standortabhängig bewertet werden müsse. Nichtsdestotrotz hält die Mehrzahl positive Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit, Wasserverfügbarkeit und Biodiversität aufgrund von verringertem Düngemitteleinsatz, geringerem Wasserverbrauch und verbessertem Erosionsschutz für möglich. Aber auch negative Wirkungen werden angeführt wie der Monokulturanbau, der auch bei mehrjährigen

Energiepflanzen erhalten bliebe. Des Weiteren wird angemerkt, dass ein höherer Energieaufwand bei der Produktion mehrjähriger Energiepflanzen bestünde, der eine schlechtere Energie- und Treibhausgas-Bilanz zur Folge hätte. In Bezug auf die Biodiversität bestehen unterschiedliche Meinungen. Einige Forscher erwarten positive Effekte, andere sprechen von negativen Auswirkungen auf seltene Arten wie die Feldlerche.

Bei der Frage, welche positiven und negativen Umweltauswirkungen vom Einsatz von Rest- und Abfallstoffen als Biogassubstrate anstelle von Energiepflanzen zu erwarten sind, zeigt sich ein heterogenes Bild. Ein Teil der Wissenschaftler glaubt, dass dies zu einem Rückgang des Energiepflanzenanbaus und dadurch zu positiven Effekten wie Flächenfreisetzungen und Emissionsminderungen führt. Zudem würde durch die Abfallverwertung auch die Ressourceneffizienz verbessert. Ein anderer Teil befürchtet negative Auswirkungen aufgrund möglicher Schadstoffbelastungen in den Abfällen, sich daraus ergebende Schwierigkeiten beim Umgang mit den Gärresten sowie eine steigende Nachfrage nach Abfall und somit auch Rohstoffen. Ein Forscher vermutet, dass sich durch einen verstärkten Einsatz von Rest- und Abfallstoffen keine wesentlichen Veränderungen in der Flächenbewirtschaftung ergeben und dass alleine die verbesserte Abfallverwertung positive Effekte mit sich bringt.

5. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Lignozellulosebasierte Wertschöpfungsketten“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4

5.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten

Die Rücklaufquote im Forschungsverbund Lignozellulose zum Fragenkomplex „Wertschöpfungsketten“ liegt im Durchschnitt der Fragen bei etwa 20% und ist damit ebenfalls geringer als im vorherigen Komplex. Bei Betrachtung der Antworten zeigt sich, dass vor allem Forscher aus der Begleitforschung die Beantwortung dieses Komplexes ausgesetzt haben. Dies mag, wie oben für den Biogas-Verbund bereits beschrieben, an der eingeschränkten Beantwortbarkeit der Fragen durch die Begleitforschung liegen. Durch den geringen Rücklauf sind die Ergebnisse nicht repräsentativ für den gesamten Verbund. Um ein vollständiges Bild zu erhalten, werden diese an relevanten Stellen um Informationen aus dem Verbundantrag ergänzt.

Der Forschungsverbund Lignozellulose befasst sich im Wesentlichen mit der ganzheitlichen Nutzung Lignozellulose-haltiger Biomasse zur Herstellung chemischer Produkte. Damit steht die stoffliche Nutzung im Vordergrund, die energetische Verwendung ist ausschließlich für nicht nutzbare Koppelprodukte vorgesehen. Als *Ausgangsstoffe* werden von den Befragten genannt:

> Lignozellulose-haltige Anbaubiomasse aus Forst- und Landwirtschaft (wie Buchenholz, Pappelholz oder Miscanthus aus KUP)
> Abfall- und Reststoffe aus Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Holzindustrie (z.B. Landschaftspflegematerial, Stroh, Sägemehl)

Im Vergleich zum Biogas-Verbund sind die technischen Aspekte der Erzeugung und Bereitstellung Lignozellulose-haltiger Biomasse (z.B. Auswahl von Pflanzenarten und Genotypen, Entwicklung von Bewirtschaftungskonzepten, Feldanalysen zu Auswirkungen auf Boden, Wasser, Biodiversität usw.) Gegenstand der Forschung im Verbund.

Zur *Konversion* kommen thermochemische und biochemische Verfahren zum Einsatz, wobei das Organosolv-Verfahren, die mikrobielle Fermentation, Pyrolyse und Hydrolyse häufig verwendete Verfahren darstellen. *Zielprodukte* sind Plattformchemikalien (z.B. Lösungsmittel, Weichmacher, Trägerstoffe), Biotenside, Proteine sowie ligninbasierte Werkstoffe. Als denkbare Einsatzgebiete bzw. *Produktlinien* auf Basis der Zielprodukte werden genannt:

> Plattformchemikalien: Imprägnierungen, Schäume, Farbstoffe, Klebstoffe
> darunter speziell Trägerlösungsmittel für: Farbstoffe, Antioxidationsmittel, Emulgatoren, Enzyme, Hautcremes, Zahnpasta, Mundwässer, Deos
> Biokunststoffe: PET-Flaschen
> Biotenside: Reinigungs- und Waschmittel, Kosmetikprodukte, Pflanzenschutz- und Düngemittel
> Proteine: Milchersatzstoffe in Pharmaprodukten, Humanalbumin (Arzneimittel, im Blut vorkommendes Protein), Hydrogele und Feuchthaltemittel in Kosmetikprodukten
> Ligninbasierte Werkstoffe: High-Performance Nanocomposite

Als *Zwischenprodukte* genannt werden Pyrolyseöl, Lignin, Cellulose- und Hemicellulose haltige Zuckerhydrolysate sowie aromatisierte Alkohole wie Catechole. Notwendige *Syntheseschritte*, um vom Zielprodukt zum Endprodukt zu gelangen ist im Fall der Trägerlösungsmittel die destillative Aufreinigung der Fermentationsbrühe, für die Biokunststoffherstellung die Polymerisation von Dicarbonsäuren und für Biotenside die Formulierung mit weiteren Komponenten.

Die *Auswahlkriterien* für die Festlegung auf eine spezielle Wertschöpfungskette sind vielfältig und umfassen:

> Technische/pragmatische Gründe wie:
  - die hohe Qualität der vorliegenden Lignozellulose bei Miscanthus
  - einfache Konversionsverfahren
  - vorhandene Erfahrungen am Institut
> Ökonomische Gründe wie:
  - die Verwertung von günstigen, bisher ungenutzten Abfallströmen
  - die Arbeit mit kostengünstigen Konversionsverfahren wie der Pyrolyse
  - hohe mögliche Wertschöpfung z.B. bei der Herstellung von Biokunststoffen und Biotensiden
  - Interesse der Industrie z.B. an der Biotensid-Forschung
> Ökologische Gründe wie:
  - Erforschung umweltverträglicherer Alternativen zur Nutzung fossiler Rohstoffe

Bei der Frage, ob durch die angestrebten Zielprodukte bestehende erdölbasierte Produkte substituiert oder *innovative Produkte* entstehen sollen, zeigt sich, dass die Forscher die parallele Verfolgung beider Pfade für möglich halten. Ein Kommentar erklärt einschränkend, dass angesichts des geringen Erdölpreises Substitutionsprodukte aus rein ökonomischer Sicht wenig Sinn machen würden und sich nur Produkte mit verbesserten Eigenschaften durchsetzen könnten. Die Hälfte der Antwortenden gibt an, dass *unabhängige Syntheserouten* aufgebaut werden sollen, die andere Hälfte antwortet, dass beide Wege − neue Syntheserouten sowie Einbindung der Zielprodukte in etablierte petrochemische Verwertungswege − möglich seien bzw. verfolgt werden sollen.

Die Mehrzahl der Antwortenden (ca. 60%) gibt an, dass in ihren Wertschöpfungsketten keine *Koppelprodukte bzw. Reststoffe* anfallen. In den restlichen Fällen fallen solche Stoffe an. Dabei handelt es sich

zum einen um Fermentationsüberstände, die als Dünger oder als Ausgangsstoff für die Biogasproduktion genutzt werden können. Zum zweiten sind es Zucker (Polysacharide), die für die Herstellung von Biokraftstoffen, aber auch von Biotensiden geeignet sind. Zum Dritten fällt Cellulose an, die in der Papierindustrie Anwendung findet sowie Hemicellulose, die zu Furfural umgewandelt als chemischer Grundkörper in Arzneimitteln, Lösemitteln und Kunstharzen dienen kann.

Fast alle Antwortenden gehen davon aus, dass die *Lignin- bzw. Terpenfraktionen* der Lignozellulose in absehbarer Zeit anderen Nutzungen als der Verbrennung zugeführt werden können. Als erfolgsversprechendste Option wird der Einsatz in der Produktion von Biopolymeren oder Klebstoffen gesehen. Aber auch die Umwandlung in Feinchemikalien wird für möglich gehalten.

Auf die Frage, von welchem *Zeithorizont* die Befragten ausgehen, bis eine ganzheitliche Nutzung von Lignozellulose haltiger Biomasse möglich ist, antwortet die Mehrzahl, dass dies aus technischer Sicht bereits möglich sei, die Verwendung von Lignin jedoch noch ein komplexes Forschungsgebiet darstelle. Die größten Hindernisse werden in der Wirtschaftlichkeit sowie in der großtechnischen Umsetzung gesehen. Der Großteil der Antwortenden vermutet, dass die Technologien in 10 bis 20 Jahren marktreif sind und wirtschaftlich betrieben werden können.

5.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen

Im Durchschnitt haben 21% der Befragten diesen Komplex beantwortet, was ungefähr dem Rücklauf im vorhergehenden Teil entspricht. Die Antwortenden sind der Meinung, dass bisher noch nicht genutzte, erschließbare Holzpotentiale für die Realisierung der geplanten Wertschöpfungsketten zur Verfügung stehen. Am häufigsten genannt wird die Anlage von schnellwachsenden Baumarten oder Miscanthus auf marginalen Standorten. Weiterhin in Frage kämen:

> Unerschlossene Potentiale im Wald
> Landschaftspflegematerial
> Reststoffe aus der Landwirtschaft wie Stroh
> Holzabfälle aus dem privaten und gewerblichen Bereich

Eine Antwort sieht keine Potenziale in der Rohstoffverfügbarkeit, jedoch in der Effizienzsteigerung von Konversionsverfahren, mit dem Ziel den benötigten Rohstoffinput zu minimieren.

Auf die Frage, welche alternativen Einsatzstoffe in Betracht kämen, antworten die Befragten Reststoffe aus Forst- und Landwirtschaft, aus der holzverarbeitenden Industrie sowie dem Privatbereich. Die Mehrzahl nimmt jedoch an, dass diese nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Gründe hierfür sind Nutzungskonkurrenzen (z.B. um landwirtschaftliche Reststoffe, die für die Biogasproduktion genutzt werden), Zielkonflikte (z.B. mit dem Naturschutz, der sich gegen die Entnahme von Altholz aus dem Wald ausspricht) sowie technische Hemmnisse wie der Bedarf einer einheitlichen Ligninqualität für bestimmte Konversionsverfahren, die bei Reststoffen nicht gegeben ist. Die Antwortenden sind sich weitgehend einig, dass die heimische Biomasse zur Befriedigung des absehbaren Rohstoffbedarfs nicht ausreichen wird und auch Importe aus dem Ausland notwendig sein werden. Die wenigen Antworten, die davon ausgehen, dass die in Baden-Württemberg vorhandenen Mengen ausreichen könnten, weisen einschränkend darauf hin, dass diese Annahme nur unter der Bedingung gelten kann, dass die heimischen Ressourcen vorrangig für die stoffliche Nutzung, nicht aber die energetische Nutzung verwendet werden oder andere Maßnahmen wie die Vermeidung von Lebensmittelabfällen und eine daraus resultierende reduzierte Nachfrage nach Lebensmitteln und Fläche greifen.

Es werden in der Mehrzahl Konkurrenzen um Ausgangsstoffe erwartet, vor allem mit dem Energieholzmarkt. Zum Teil fänden diese zwischen den Branchen bereits heute statt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die im Verbund angestrebte Nutzung von Lignozellulose nur schwer gegen die Holz-/Papier-/Bau- und Möbelindustrie bestehen kann, jedoch Synergien mit diesen Branchen zur Nutzung von Reststoffen oder Kaskadennutzung möglich wären.

Die Mehrheit (ca. 60% der Antwortenden) nimmt an, dass sich neue Landnutzungskonzepte mit mehrjährigen Lignozellulose liefernden Pflanzen in Baden-Württemberg nicht durchsetzen werden. Hauptgründe werden zum einen in bestehenden Rahmenbedingungen wie dem Verbot von Grünlandumbruch und fehlender Förderung gesehen, zum anderen in der ökonomischen Vorzüglichkeit anderer Kulturen. Es wird eine eingeschränkte Nutzung auf marginalen Standorten für möglich gehalten. Auch hält die Mehrzahl der Antwortenden die Deckung des zusätzlichen Flächenbedarfs für solche Anbaulignozellulose auf baden-württembergischen Flächen für unwahrscheinlich. Gründe hierfür sind der Vorrang von Nahrungsmittelproduktion und Naturschutzzielen, aber auch rechtliche Hemnisse wie das zuvor erwähnte Grünlandumbruch-Verbot, die die verfügbare Fläche deutlich reduzieren.

Bei der Frage, ob die geplante Umwandlung von Lignozellulose eher in Großanlagen oder in Kleinanlagen erfolgen wird, spricht sich der Großteil der Antwortenden für dezentrale Lösungen bzw. Kleinanlagen aus, aufgrund ihrer Nähe zur Rohstoffproduktion und den damit verbundenen geringeren Umweltbelastungen. Ein anderer Teil argumentiert für beide Varianten. Je nach benötigten Ausgangstoffen und Nutzungspfaden könnten Großanlagen in manchen Fällen vor allem aus ökonomischen Gründen vorteilhafter sein.

5.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer verstärkten Nutzung von Lignozellulose auf die Umwelt

Der Rücklauf für diesen Themenkomplex beträgt im Schnitt 15% und ist damit etwas geringer als im Komplex zuvor. Das mag damit zusammenhängen, dass sich nur ein Teil der Forscher mit Umweltfolgen befasst und kompetent fühlt, auf diese Fragen zu antworten.

Der Großteil der Antwortenden (über 80%) gibt an, dass die verstärkte Entnahme von holziger Biomasse aus Wäldern zu negativen ökologischen Auswirkungen führt. Dabei sind sich die Befragten einig, dass die Effekte auf den Boden am kritischsten sind. Genannt werden Bodenerosion, mit der Folge der Nährstoffauswaschung, Versauerung, Abnahme der Biodiversität und Ökosystemleistungen im Boden. Aber auch Verdichtung und dadurch bedingte verringerte Wasserspeicherkapazität werden angeführt. Insgesamt wird von einer Verringerung der Biodiversität ausgegangen, die mit der Entnahme von Nährstoffen und dem Verlust von Lebensraum und Rückzugsmöglichkeiten zusammenhängt. Dementgegen gibt es einzelne Nennungen, die positive Auswirkungen wie eine Erhöhung der Biodiversität durch regelmäßige Bewirtschaftung erwarten.

Als Maßnahmen, um negative Auswirkungen zu vermeiden, wird zum einen eine naturnahe multifunktionale Waldbewirtschaftung genannt, die Förderung von Mischkulturanbau anstatt von Monokulturen, die Begrenzung der Entnahme und eine vorausschauende Bewirtschaftungsweise sowie die Ernte verschiedener Holzqualitäten je nach Verwendungszweck. Zum anderen wird Potential in alternativen Kulturen wie KUP gesehen, die den Druck auf den Wald reduzieren könnten. Es wird angenommen, dass sich neuartige nachhaltige Waldbausysteme auch bei steigender Rohstoffnachfrage in ausreichendem Umfang in Baden-Württemberg umsetzen ließen, wenn durch die Politik Anreize gesetzt würden und zugunsten extensiver Waldbausysteme an andere Stelle intensiver bewirtschaftet

würde. Es gibt aber auch Gegenstimmen, die annehmen, dass diese Art der Waldbewirtschaftung bei steigender Rohstoffnachfrage schwer aufrecht zu erhalten ist. Aufgrund des geringen Rücklaufs von ca. 13% lässt sich diese Frage nur mit Vorbehalt interpretieren.

Auf die Frage, welche positiven und negativen ökologischen Auswirkungen vom Anbau mehrjähriger Lignozellulose liefernder Pflanzen auf Ackerflächen ausgehen, zeigt sich, dass die Mehrzahl der Antwortenden zugleich positive als auch negative Wirkungen für wahrscheinlich hält. Welche Wirkungen überwiegen, hänge meist von der Referenz ab, z.B. ob es sich um intensiv bewirtschaftetes Ackerland oder Grünland handelt. Als positiv bewertet wird die extensive Bewirtschaftung und lange Bodenruhe, die Verdichtung und Erosion entgegenwirkt, aber auch das verbesserte Wasserhaltevermögen und der verringerte Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln. Mögliche negative Wirkungen werden in Bezug auf den Monokulturanbau und die Verringerung der Biodiversität (im Vergleich zu Grünland) gesehen sowie im erhöhten Wasserbedarf der Kulturen. Jedoch werden die negativen ökologischen Auswirkungen im Vergleich zu konventionellen Energiepflanzen wie Mais und Raps in der Mehrzahl als geringer eingeschätzt, da es sich bei KUP um eine weniger intensive Bewirtschaftungsform handle.

Es besteht Einigkeit darüber, dass die Erhöhung der pflanzlichen Diversität z.B. im Rahmen von Agroforstsystemen dazu beitragen könnte, mögliche negative Auswirkungen des Anbaus mehrjähriger Kulturen einzuschränken. Es wird darauf hingewiesen, dass die pflanzliche Diversität in direkten Wechselwirkungen mit der Biodiversität stehe. Ein Kommentar schlägt abschließend vor, den Anbau mehrjähriger Pflanzen durch Instrumente der Landschaftsplanung zu lenken, um geeignete Standorte zu identifizieren.

6. Einschätzungen aus dem Forschungsverbund „Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährung“ zu den Themenkomplexen 2 bis 4

6.1 Themenkomplex 2: Wertschöpfungsketten

Der Rücklauf in diesem Komplex beträgt im Durchschnitt der Fragen 35% und ist damit nicht repräsentativ für den gesamten Verbund. Die Gruppe derjenigen, die die Beantwortung dieses Komplexes ausgesetzt oder die Beantwortung ganz abgebrochen hat, setzt sich zu zwei Dritteln aus Forschern des technischen Bereichs zusammen, die im Verbund jedoch auch stärker vertreten sind. Ein möglicher Grund für die im Vergleich zum Komplex 1 gesunkene Rücklaufquote mag die offene Frageweise sein, die mit einem höheren Aufwand für die Beantwortung verbunden ist. Um ein vollständigeres Bild zu erhalten, werden die Ergebnisse um Informationen aus dem Verbundantrag ergänzt.

Der Mikroalgen-Verbund befasst sich mit der Kultivierung von Mikroalgen, der Extraktion von Zellbestandteilen oder Verwendung von Ganzzellen, mit dem Ziel Inhaltsstoffe oder Produkte für die menschliche und tierische Ernährung zu entwickeln. Die Projekte sind entlang der Wertschöpfungskette von Kultivierung, über Konversion bis zur Produktentwicklung angeordnet. In Vivo-Tests zur Eignung von Algen in der Tierernährung, aber auch Analysen zur Lebensmittelsicherheit (z.B. Untersuchung auf toxische Bestandteile) sind Teil der Forschung im Verbund. Trotz der Ausrichtung auf Ernährung, gibt ein Antwortender an, zur energetischen Verwendung von Algen im Bereich von Biogas- und Biokraftstoffproduktion zu arbeiten, ein anderer parallel die Gewinnung von Lipiden und Aminosäuren

für die chemische Industrie zu untersuchen. Das lässt darauf schließen, dass im Verbund zumindest in geringem Umfang auch Interesse an der Erforschung weiterer Algen-basierter Nutzungspfade besteht.

Als Ausgangsbasis der Wertschöpfungsketten dienen verschiedene *Algenarten* wie Süßwasser- oder Kieselalgen, aber auch Cyanobakterien. Die Antwortenden nennen insgesamt sieben Arten, die von den Wissenschaftlern gleichermaßen verwendet werden:

> Chlorella vulgaris, protothecoides, sorokiniana
> Nannochloropsis limnetica, oceanica
> Phaeodactylum tricornutum
> Synechocystis sp.

Die *Kultivierungsverfahren* sind überwiegend photoautotroph (d.h. auf Photosynthese basierend), zum Teil aber auch je nach Algenart heterotroph (d.h. Umwandlung organischer Verbindungen wie Zucker) oder eine Mischung aus beidem (mixotroph). In der Mehrzahl der Fälle werden die Algen von den Forschern selbst kultiviert, etwa ein Fünftel der Antwortenden bezieht sie über Forschungspartner oder externe Unternehmen. Die Kultivierung findet mehrheitlich in geschlossenen Photobioreaktoren statt, teilweise aber auch in offenen Ponds.

Zielprodukte sind in erster Linie Algenbestandteile wie ungesättigte Omega-3-Fettsäuren, Carotinoide, Lipide, Aminosäuren bzw. Proteine. In einem Fall ist das Zielprodukt Biogas und Biodiesel. Es zeigt sich, dass ein Teil der Antwortenden auf hochwertiges Algenöl abzielt für den Einsatz in Lebensmitteln und ein anderer Teil auf die Gewinnung von Proteinen als Ersatz für tierisches Eiweiß. Die *Extraktion* erfolgt über den Einsatz von Lösungsmitteln wie Dichlormethan oder Ethanol, die bestimmte Verbindungen freigeben, Filtration und Mahlen per Kügelmühle. Wenige Antwortende geben an, die Algen als ganze Zellen zu verwenden.

Fast alle antwortenden Wissenschaftler geben an, dass *Koppelprodukte* auftreten. Zum einen handelt es sich um sogenannte „Restbiomasse“, z.B. bestehend aus Zellwänden, aber auch Biopolymere wie Proteine und Nukleinsäuren. Es wird angegeben, dass die Restbiomasse für die Biogasproduktion, Tierfütterung oder auch als Dünger verwendet werden kann. In einigen Fällen besteht noch Unklarheit darüber, welcher Nutzung die Koppelprodukte zugeführt werden sollen.

Die Mehrheit der Antwortenden sieht das *Einsatzgebiet* für Algen im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel und funktionalen Lebensmittel, danach folgen mit etwas Abstand Substitutionsprodukte für tierische Lebensmittel. Weiterhin, wenn auch in geringem Umfang, wird der Einsatz als Futtermittel für möglich gehalten.

Folgende *Verarbeitungsschritte* werden genannt, um von den Zielprodukten zu den angestrebten Lebensmittelbestandteilen bzw. Lebensmitteln zu kommen:

> Aufreinigung
> Zellaufschluss, Extraktion
> Befreiung von Geschmacks-, Geruchs- und Farbstoffen
> Einarbeitung in Lebensmittel oder Produktformulierungen (nicht weiter spezifiziert)

Dabei wird angemerkt, dass für eine Vermarktung als Lebensmittel weitere nicht-technische Schritte notwendig sind. Dau gehören in vivo-Studien am Mensch und die Prüfung auf Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen wie Höchstwerte für Verunreinigungen mit Bakterien o.ä.

Die *Auswahlkriterien* für die Festlegung auf die gewählte Wertschöpfungskette sind zum einen ökologische Vorteile der Mikroalgen, die nicht auf Ackerflächen angewiesen sind und somit keine Flächenkonkurrenz hervorrufen sowie die Möglichkeit einer alternativen Proteinquelle zu tierischem Eiweiß, dessen Erzeugung mit erheblichen negativen Umweltwirkungen verbunden ist. Zum anderen überwiegen ökonomische Vorteile der Algenproduktion, die zusammenhängen mit:

> den hohen Konzentration and Proteinen, Lipiden und Carotinoiden,
> der hohen möglichen Wertschöpfung,
> einer guten Kosten-Nutzen-Relation

Als Motivation wird weiterhin der hohe Bedarf an Grundlagenforschung angeführt und das Vorhandensein von Vorarbeiten, an die angeknüpft werden kann.

Bei der Frage, ob angestrebt werde, konventionelle tierische Lebensmittel zu *substituieren oder innovative Produkte* zu entwickelten, zeigt sich, dass die Antwortenden beiden Varianten eine ähnliche Bedeutung zumessen und sie zum Teil auch gleichermaßen verfolgen.

Auf die Frage, von welchem *Zeithorizont* auszugehen ist, bis alle Technologien und Verfahren zur Realisierung einer Nutzung von Mikroalgen für die Lebensmittelproduktion zur Verfügung stehen, gab mehr als die Hälfte der Antwortenden (6 von 11) einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren an, wobei es 3 Nennungen gibt, die mehr als zehn und sogar mehr als zwanzig Jahre annehmen. Zwei Antwortende betonen, dass Produkte auf Basis von Mikroalgen bereits verfügbar seien, deren Marktdurchdringung jedoch noch ausstünde.

6.2 Themenkomplex 3: Potenziale und Nutzungskonkurrenzen

Der Rücklauf in diesem Komplex beträgt im Durchschnitt 29%. Zu Beginn wurden Fragen zu möglichen Standorten und Flächenbedarfen der Algenproduktion gestellt. Die Antwortenden geben an, dass für die Produktion in Baden-Württemberg vor allem marginale landwirtschaftliche Flächen in Frage kämen, aber auch Dachflächen, ungenutzte Seen, ehemalige Mülldeponien und Bahndämme. Es werden weiterhin die Bedingungen umrissen, die die Algenkultivierung benötigt:

> hohe Lichteinstrahlung,
> Zugang zu Wasser,
> Zugang zu lebensmitteltauglichen CO_2-Quellen (d.h. ohne Schadstoffbelastung),
> Zugang zu günstiger Stromversorgung

Aufgrund der benötigten Faktoren spricht sich die Mehrzahl der Antwortenden dafür aus, die Algenkultivierung an Standorten außerhalb Deutschlands durchzuführen bzw. eine Standortkombinationen für die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette in Betracht zu ziehen. Vorgeschlagen wird, die Kultivierung in sonnreichen und küstennahen Gebieten im Mittelmeerraum anzusiedeln und die Rolle Baden-Württembergs eher auf die Weiterverarbeitung zu konzentrieren. Es gibt jedoch vereinzelt auch kritische Stimmen, die solche Kombinationen für nicht sinnvoll halten, in erster Linie unter ökonomischen, aber auch ökologischen Gesichtspunkten. Auch gibt es einige wenige Kommentare, die der Algenproduktion in Mitteleuropa Vorteile abgewinnen wie die nicht notwendige Kühlung im Sommer, die in Südeuropa erforderlich wäre und das Vorhandensein günstigen Stroms aus Windkraft und Photovoltaik. In Deutschland selbst werden nördliche Regionen aufgrund des Platzangebots (weniger Einwohner pro Fläche) für geeignet gehalten.

Auf die Frage, welcher Flächenbedarf für Mikroalgen-Reaktoren erwartet wird, konnten die Befragten nur bedingt eine Einschätzung geben. Die Mehrzahl der Antwortenden gibt an, dass dies von der zukünftigen Nachfrage nach Mikroalgen und den Kultivierungskonzepten abhänge. Zwei Kommentare gehen darauf ein, dass unter den klimatischen Bedingungen von Baden-Württemberg etwa 30 bis 40 Tonnen Algenbiomasse pro Hektar und Jahr erwirtschaftet werden könne. Zudem seien Mikroalgen auf die Flächeneinheit bezogen um das Fünffache produktiver als Agrarpflanzen, wodurch weniger Fläche benötigt würde. Demgegenüber betont ein Wissenschaftler, dass eine Algenproduktion im industriellen Maßstab einen hohen Bedarf an Fläche hat, die zugebaut würde und die Vorstellungen hierzu im Allgemeinen eher verklärt seien.

Einen limitierenden Faktor der Algenkultivierung stellt ihr CO_2-Bedarf dar. Nur einer von acht Antwortenden beziffert die Menge benötigen Kohlenstoffdioxids, mit 2 Tonnen CO_2 pro Tonne erzeugtem Lebensmittel. Als Quellen kommen laut der Befragten diverse Abgasströme in Frage, aus der Biogasproduktion, aus Blockheizkraftwerken, Gaskraftwerken, Bierbrauereien sowie der chemischen Industrie. Wichtig sei, dass die Abgase nicht mit Schadstoffen belastet sind, um den Einsatz der Algen in der Lebensmittelindustrie zu gewährleistet. Deswegen könnten z.B. keine Verbrennungsgase genutzt werden.

Ein entscheidender Faktor für das Potenzial von Mikroalgen in der Ernährung ist die Verbraucherakzeptanz. Diese wird mit einer deutlichen Mehrheit als hoch eingeschätzt, weil vor allem was den Einsatz als Lebensmittelbestandteile z.B. in funktionalen Lebensmitteln angeht. Hohe Akzeptanz wird von jüngeren, sowie gesundheits- und umweltbewussten Konsumenten erwartet. Die Akzeptanz gegenüber dem Einsatz als Substitut für Lebensmittel auf tierischer Basis wird als eher gering eingestuft. Folgende Akzeptanz fördernden sowie hemmenden Faktoren werden genannt:

Fördernd:

> Hoher Gesundheitswert von Algen (z.B. hoher Anteil an Omega-3-Fettsäuren)
> Nachhaltige Kultivierung
> Verbesserter Geschmack im Vergleich zu Fischöl-Produkten

Hemmend:

> Stark technisch aufbereitete Produkte, wird Anspruch auf Natürlichkeit nicht gerecht
> Qualitätseinbußen aufgrund von Verunreinigungen mit Bakterien
> Geringer Bekanntheitsgrad
> Kulturelle Barrieren (Farbe, Geschmack, Geruch)

Fast alle Antwortenden schätzen das Interesse der Lebensmittelindustrie an algenbasierten Produkten als sehr hoch ein, vor allem im Hinblick auf algenbasierte Inhaltsstoffe und Nischenprodukte (z.B. im Bereich veganer Lebensmittel, Produkte der Fitnessindustrie). Die Forscher sind einstimmig der Meinung, dass sich die Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln nur in sehr geringem Umfang auf algenbasierte Produkte verlagern wird. Hauptgründe sind die bisher fehlende Wirtschaftlichkeit der Algenproduktion, aber auch die schwierige Nachahmbarkeit des Fleischgeschmacks.

Weiterhin wurde gefragt, ob eine Konkurrenz zu Ansätzen erwartet wird, die den Tierschutz und die Umweltverträglichkeit in der konventionellen Landwirtschaft verbessern. Dies wurde von einer deutlichen Mehrheit (9 von 11 Nennungen) verneint. Nur zwei Kommentare sehen Konkurrenzpotenzial, falls die Produkte auf den gleichen Konsumentenkreis abzielen oder es zu Flächenkonkurrenzen käme. Auch Konkurrenzen zu anderen innovativen Ansätzen zur Substitution tierischer Lebensmittel wie in-

vitro Fleisch, Single Cell Protein oder Insekten werden als gering eingeschätzt. Begründet wurde die Annahme zum einen damit, dass Mikroalgen wenig erforscht seien und sich alle genannten Ansätze in einem ähnlichen Markt-unreifen Entwicklungsstadium befänden, aber auch in der Gesamtheit bzw. Kombination eine Beitrag leisten könnten, den Konsum tierischer Produkte zu reduzieren. Die andere Begründung zielt auf die Überlegenheit der Mikroalgen, für die z.B. die Akzeptanz im Vergleich zu Insekten und Laborfleisch höher sei. Das Meinungsbild zu erwarteten Veränderungen in der landwirtschaftlichen Tierhaltung und bei der Futtermittelproduktion durch Lebensmittel aus Mikroalgen ist nicht eindeutig. Ein Teil der Antwortenden kann keine Einschätzung geben, ein weiterer sieht keine bzw. geringe Auswirkungen, da keine großen Veränderungen im Fleischkonsum erwartet werden. Ein dritter Teil hält den Einsatz als Fisch- und Viehfutter, die Substitution außereuropäischer Sojaquellen und mikrobiologisch erzeugter Vitamine, Aminosäuren und Antibiotika für möglich. Ein Antwortender vermutet positive Effekte für Mensch, Tier und Umwelt wie Rückgang der Massentierhaltung, steigende Fleischqualität, Rückgang der Futter- und Düngemittelproduktion.

Eine Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung von Mikroalgen wird fast von allen (10 von 11) antwortenden Forschern für nicht wahrscheinlich gehalten, da die energetische Nutzung zu teuer und ihr Nutzen im Vergleich zu stofflichen Verwendungen, die eine höhere Wertschöpfung erzielen könnten, zu gering sei.

6.3 Themenkomplex 4: Auswirkungen einer Nutzung von Mikroalgen auf die Umwelt

Wie alle Produktionsprozesse sind auch Wertschöpfungsketten auf der Basis von Mikroalgen mit Ressourcenverbräuchen und Umweltwirkungen verbunden. Deshalb wurden verschiedene Fragen zu Wirkungen auf das Landschaftsbild und Ressourcenbedarfe gestellt. Die Mehrzahl der Antwortenden schätzt die Wirkungen auf das Landschafts- bzw. Stadtbild als gering bis eher positiv ein. Ein Argument ist, dass Mikroalgen-Reaktoren aufgrund ihres Bedarfs nach einer kostengünstigen Kohlendioxid-Quelle Industriegebiet-nah installiert werden und dort nicht zur optischen Beeinträchtigung führen, sondern eher zur Verschönerung beitragen. Auch die Verlagerung in die Stadt, z.B. auf Dächer wird nicht kritisch gesehen und eine Integration ins Stadtbild für möglich gehalten. Wenige Nennungen erwarten große Auswirkungen auf das Landschaftsbild, betonen jedoch, dass die Erfahrungen mit der optischen Wirkung und Akzeptanz von größeren Anlagen fehlen.

Die Antworten zeigen, dass die Energiebilanz der Algenproduktion überwiegend als negativ eingestuft wird, wobei Optimierungspotenzial durch autotrophe Kultivierung, Außenkultivierung und Prozessverbesserungen gesehen wird. Der Wasserbedarf hänge vor allem vom Reaktoren-Typ (geschlossen oder offen) und der Algenart ab. Werden geschlossene Systeme verwendet, so sei der Wasserbedarf auf den Ertrag bezogen deutlich niedriger als bei konventionellen landwirtschaftlichen Kulturen. Es wird angemerkt, dass durch die Wahl des Standorts in Küstennähe Wasser kein kritischer Faktor darstelle und die Kulturmedien generell auch recycelt und Wasser zurückgeführt werden könnte. Stickstoff, Phosphat und Eisen stellen die zentralen Nährstoffe dar. Der Nährstoffbedarf wird unter optimalen Kultivierungsbedingungen als hoch eingeschätzt, hänge jedoch von der verwendeten Algenart und Kultivierungsweise ab. Theoretisch könnten Abwasserströme sowie Meer- und Brackwasser verwendet werden. In der Praxis bestünden rechtliche Hemmnisse, da die Anforderungen an die Nährstoffquellen für Lebensmittel-Zulassungen sehr hoch seien, sodass letztendlich doch synthetische Düngemittel eingesetzt würden. Als weitere Hilfe- und Prozessstoffe genannt werden: CO_2 und Ethanol als Extraktionsmittel, Flockungshilfsmittel, Desinfektionsmittel zur Sterilisation der Reaktoren sowie Herbizide.

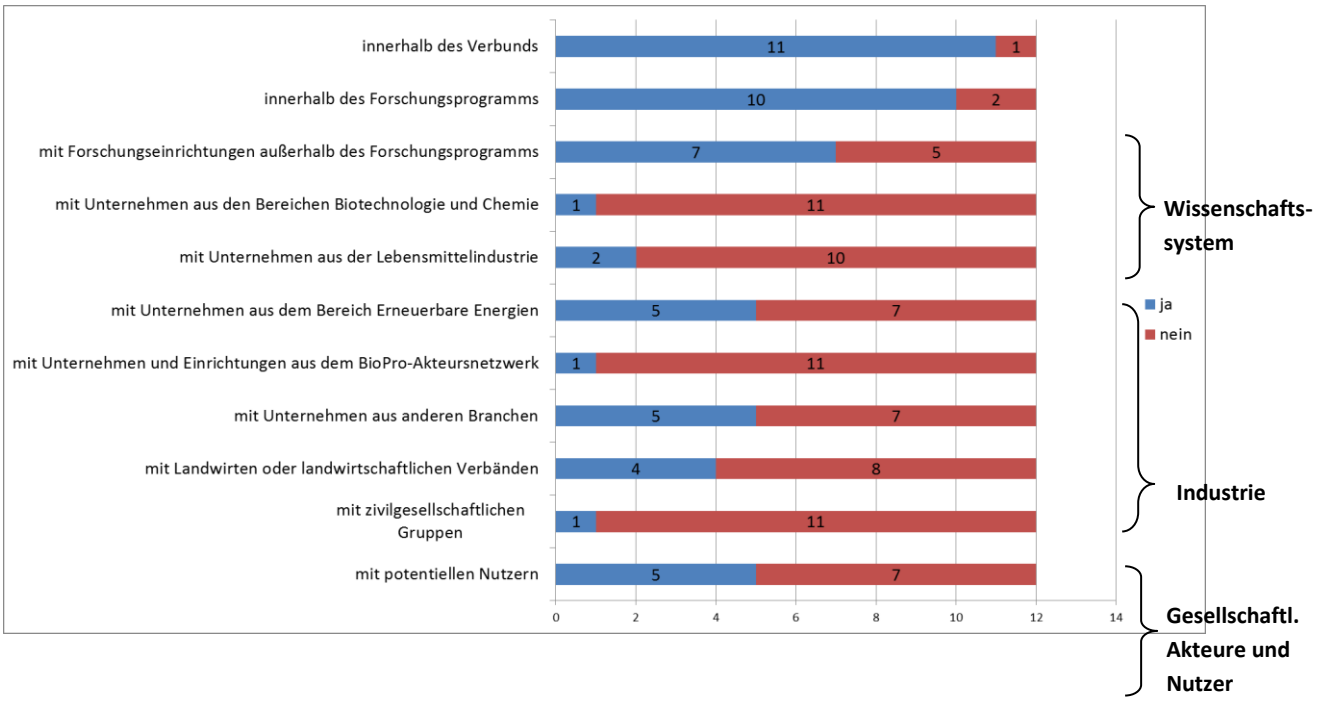
Die Mehrzahl der antwortenden Wissenschaftler bewertet die Umweltbilanz der betrachteten Wertschöpfungsketten im Vergleich zur landwirtschaftlichen Erzeugung tierischer Lebensmittel und Futtermittel insgesamt positiver, unter der Bedingung, dass die Algenkultivierung autotroph stattfindet, die Restbiomasse verwertet wird und die indirekten Effekte der Fleischerzeugung berücksichtigt werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass der Energiebedarf der Algenproduktion noch sehr hoch ist und den zentralen Hebel darstellt, um die Umweltbilanz weiter zu verbessern.

7. Themenkomplex 5: Kooperationen – Antworten aus allen Forschungsverbünden

7.1 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Biogas

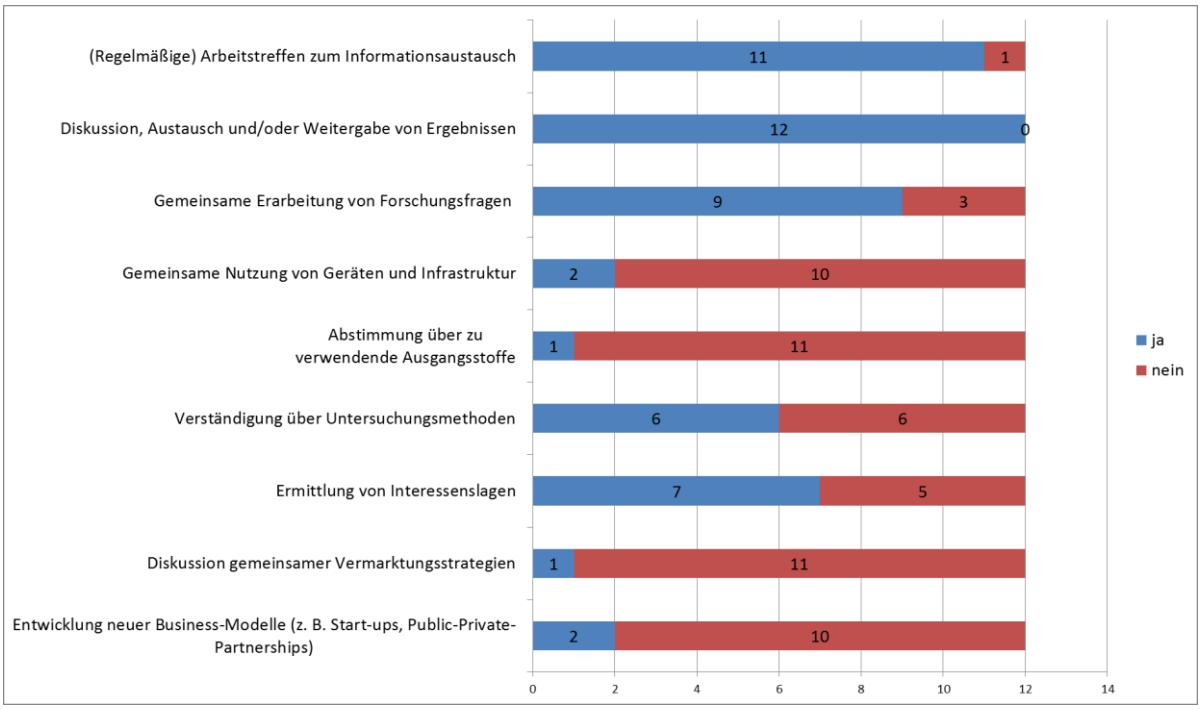
Die meisten Kooperationen bestehen innerhalb des Wissenschaftssystems, mit Forschungseinrichtungen innerhalb des Verbunds und des Forschungsprogramms, aber auch außerhalb (Abb. III.14). Als Forschungspartner außerhalb Baden-Württembergs werden verschiedene deutsche Universitäten, aber auch Institute aus anderen europäischen Ländern genannt. An zweiter Stelle steht die Zusammenarbeit mit Unternehmen. Dabei sind Kooperationen im Bereich Erneuerbare Energien häufig, zum Beispiel mit Energieversorgern, Stadtwerken, Entsorgungsbetrieben, staatlichen Biogasberatungsstellen und dem Biogasfachverband. Auch Kooperationen mit Landwirten und Anlagebetreibern sind vorhanden. Wenige Kooperationen bestehen zu zivilgesellschaftlichen Gruppen, zu Unternehmen aus dem Bereich Biotechnologie und Chemie sowie aus dem BioPro-Akteursnetzwerk. Einschränkend muss angemerkt werden, dass nur knapp 30% der Verbundmitglieder auf diese Frage geantwortet haben, sodass es sich um kein vollständiges Abbild der Kooperationen im gesamten Forschungsverbund handelt.

Abb. III. 22: Biogas – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 12, 29% Rücklauf)



Bei Betrachtung der Kooperationsformen fällt auf, dass klassische wissenschaftliche Kooperationsformate dominieren. So geben alle antwortenden Forscher an, dass sie Kooperationen für die Diskussion und den Austausch von Forschungsergebnissen nutzen (Abb. III.15). Dabei sind die Kooperationspartner in erster Linie Forschungseinrichtungen, vereinzelt auch Anlagenbetreiber und Energieversorger. Weiterhin finden Arbeitstreffen zum Informationsaustausch mit anderen Teilprojekten des Verbunds, mit den übrigen Verbünden sowie Entsorgungsbetrieben und Landwirten statt. Die Mehrzahl antwortet, die Kooperationen auch zur gemeinsamen Erarbeitung von Forschungsfragen zu nutzen. Wenige Kooperationen bestehen zur Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien und Entwicklung neuer Business-Modelle auf der einen Seite sowie zur Abstimmung über zu verwendende Ausgangsstoffe und die gemeinsame Nutzung von Geräten und Infrastruktur auf der anderen Seite. Das mag u.a. daran liegen, dass es sich bei knapp der Hälfte der Antwortenden um Wissenschaftler aus der Begleitforschung handelt, die weder im Bereich der Produktentwicklung aktiv sind, noch Geräte oder technische Infrastruktur nutzen.

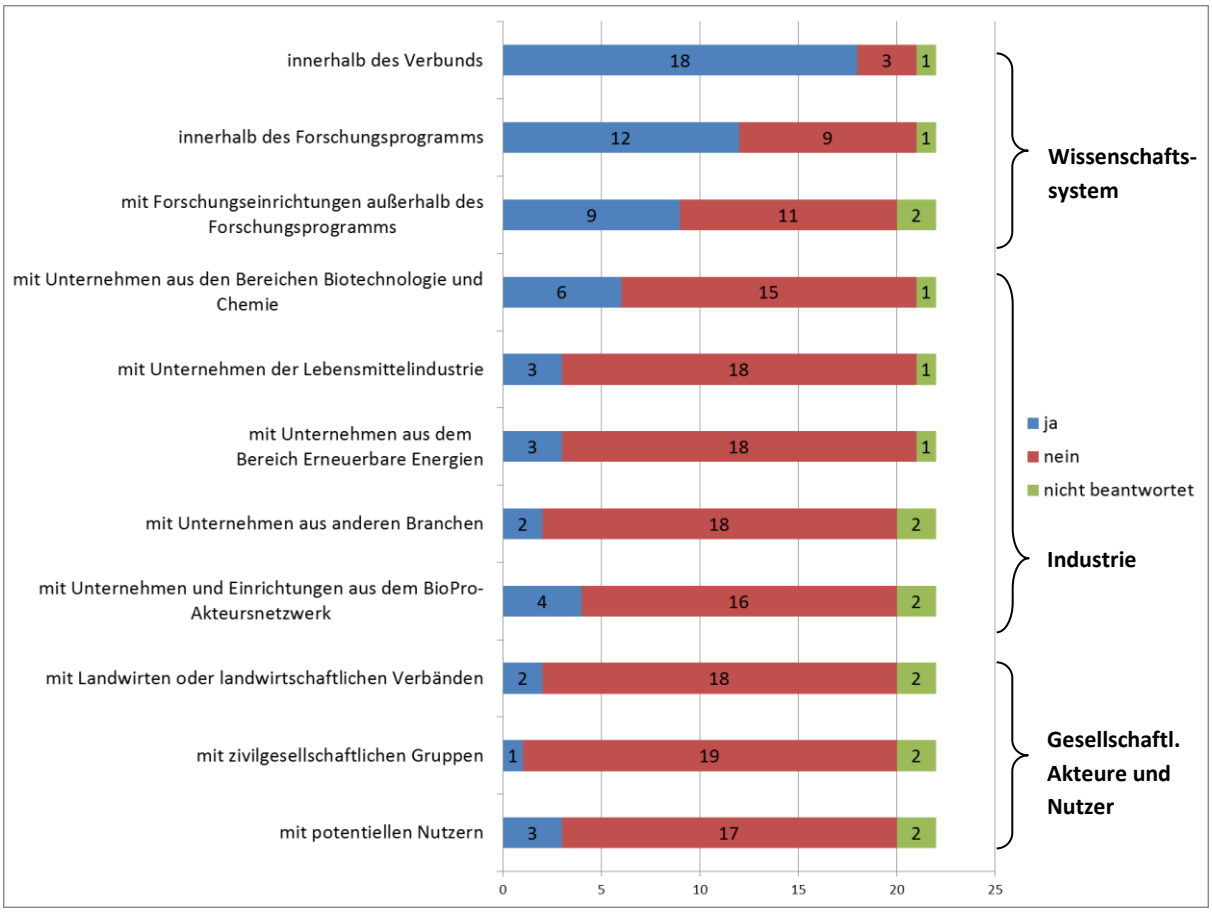
Abb. III. 23: Biogas – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 12, 29% Rücklauf)



7.2 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Lignozellulose

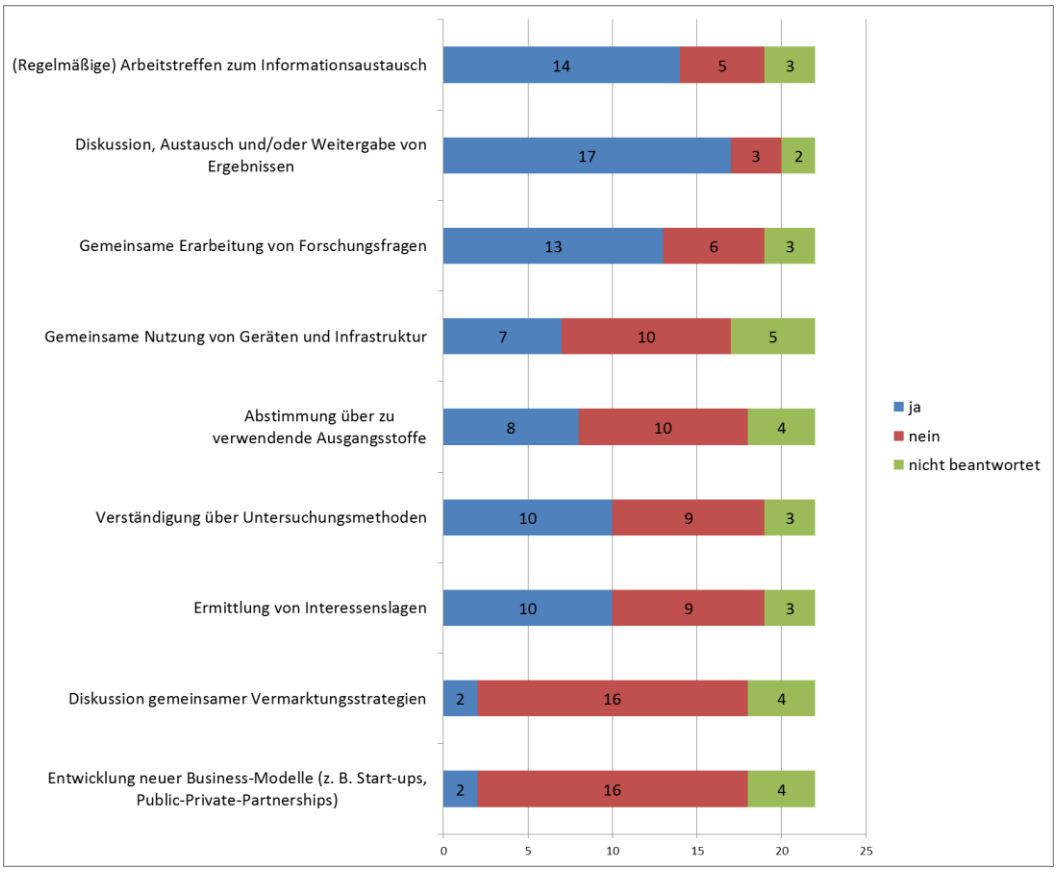
Bei den Kooperationspartnern zeigt sich im Lignozellulose-Verbund ein ähnliches Bild wie im Biogas-Verbund. Die meisten Antwortenden haben Kooperationen innerhalb des Wissenschaftssystems, mit Partnern aus dem Verbund oder innerhalb des Forschungsprogramms (Abb. III.16). Häufig sind auch Kooperationen mit Forschungseinrichtungen außerhalb des Programms. Es werden verschiedene deutsche Universitäten, aber auch Partner auf europäischer Ebene genannt, insbesondere aus Skandinavien. Kooperationen mit Unternehmen sind eher selten, wobei die die meisten Partnerschaften im Bereich Biotechnologie und Chemie bestehen. Wenige Kooperationen bestehen zu zivilgesellschaftlichen Gruppen und auch zu Landwirten und potentiellen Nutzern, wobei mit letztgenannten Akteuren weitere Kooperationen in Planung sind.

Abb. III. 24: Lignozellulose – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 22, 32% Rücklauf)



Auch die Kooperationsformen sind bis auf kleine Unterschiede mit dem Biogas-Verbund vergleichbar. Klassische wissenschaftliche Kooperationsformen wie Arbeitstreffen zum Informationsaustausch, die Diskussion von Ergebnissen und Erarbeitung von Forschungsfragen überwiegen. Dabei werden zahlreiche wissenschaftliche Einrichtungen und Institute innerhalb und außerhalb Baden-Württembergs genannt. Ein Unterschied zwischen den Verbünden besteht bei der Diskussion und Weitergabe von Ergebnissen, die im Biogasverbund etwas häufiger genannt wird. Das mag daran liegen, dass der Großteil der Forschung im Biogas-Verbund angewandte Forschung darstellt, die in Zusammenarbeit mit Praxispartnern stattfindet und mehr Austausch erzeugt, während die Forschung im Lignozellulose-Verbund stärker Grundlagen-orientiert ist. Weiterhin fällt auf, dass die gemeinsame Nutzung von Geräten und Infrastruktur und auch die Abstimmung über zu verwendende Ausgangsstoffe im Lignozellulose-Verbund als Kooperationsform häufiger genannt werden. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass der Anteil von Wissenschaftlern, die zu technischen Aspekten forschen unter den Antwortenden im Lignozellulose-Verbund höher ist, während im Biogas-Verbund die Begleitforschung überwiegt. Ebenfalls wenige Kooperationen bestehen zur Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien und Entwicklung neuer Business-Modelle.

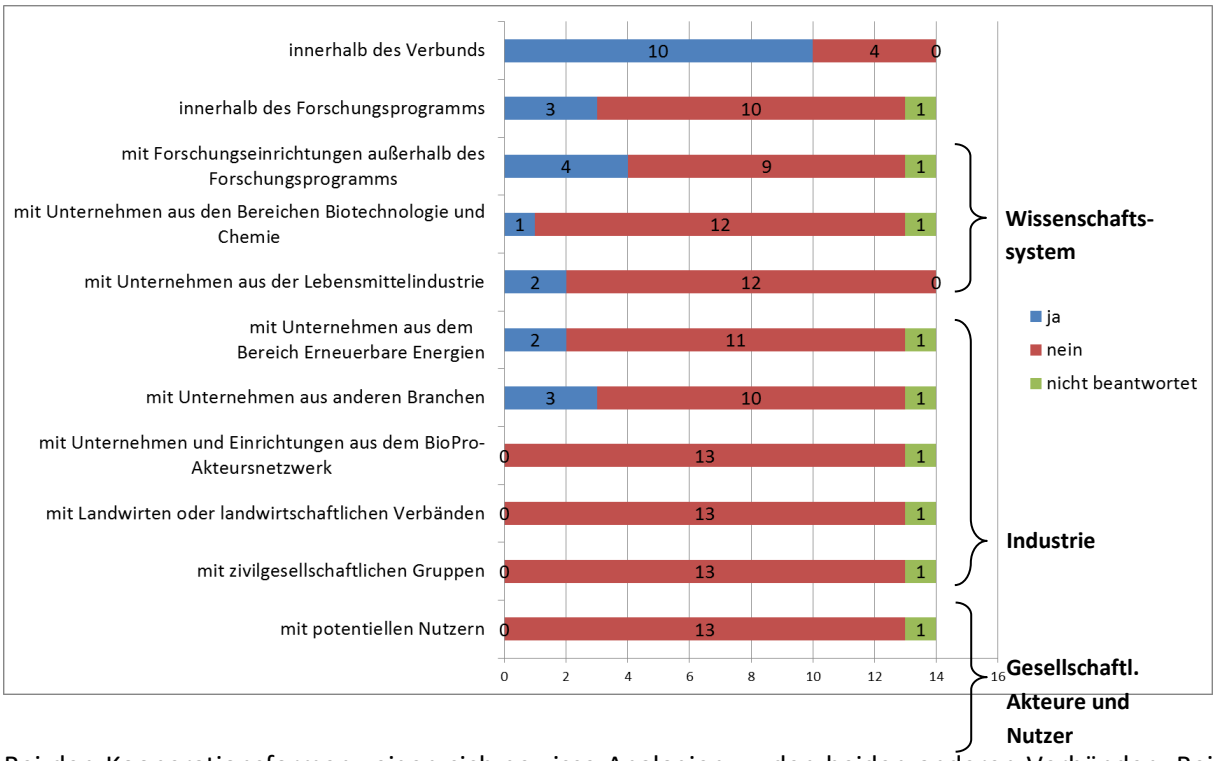
Abb. III. 25: Lignozellulose – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 22, 32% Rücklauf)



7.3 Angaben zu Kooperationen im Forschungsverbund Mikroalgen

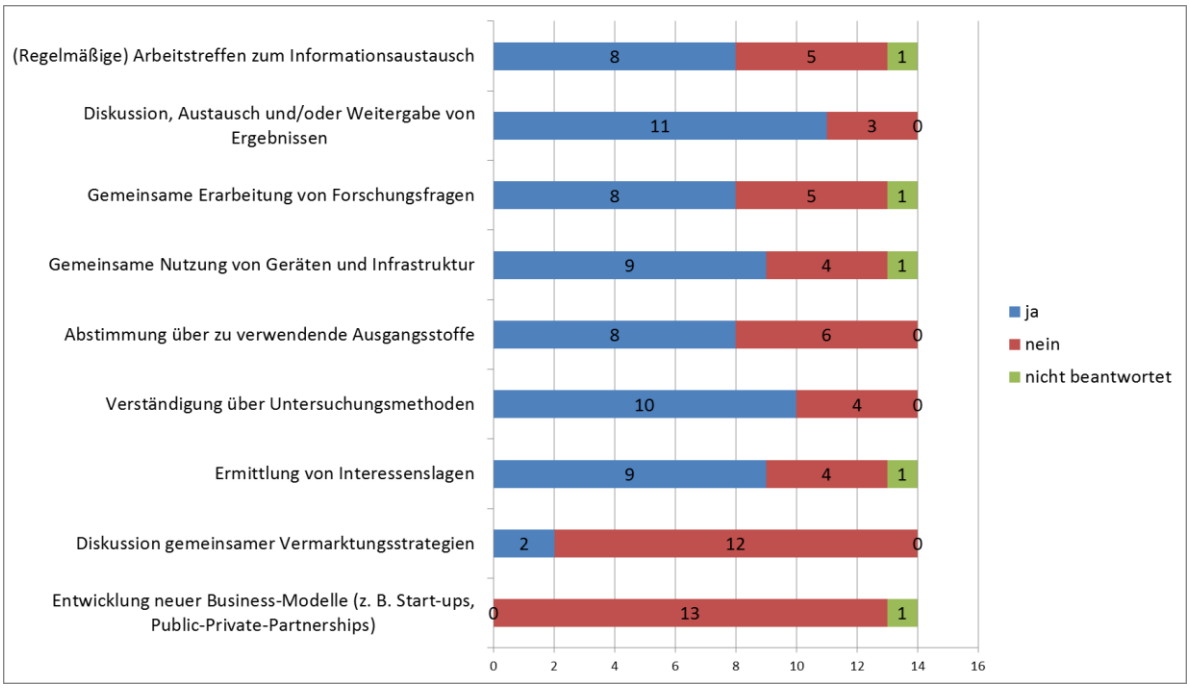
Die Kooperationen im Mikroalgen-Verbund beziehen sich wie in den anderen beiden Verbünden primär auf das Wissenschaftssystem (Abb. III.18). Die Mehrzahl der Antwortenden gibt an, Kooperationen innerhalb des Verbunds zu haben. Einige Forscher verfügen auch über Kooperationen innerhalb des Forschungsprogramms und darüber hinaus, jedoch betrifft dies die Minderheit der Antwortenden. Es bestehen ebenfalls einige, wenn auch wenige Kontakte zu Industrieunternehmen. Zu Unternehmen aus dem Bereich Lebensmittelindustrie sowie Biotechnologie, die für die stoffliche Nutzung von Algen naheliegend wären, bestehen wenige Kontakte, während Kontakte zu „Unternehmen aus anderen Branchen“ wie aus dem Bereich Energieerzeugung sowie Biokraftstoffe genannt werden. Kooperationen zu gesellschaftlichen Akteuren oder Nutzern, die z.B. für die Abfrage der Aufgeschlossenheit gegenüber algenbasierten Lebensmitteln wichtig wären, bestehen bisher noch keine. Da nur etwa 40% der Verbundmitglieder auf diese Frage geantwortet haben, ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse die Kooperationsstrukturen des Verbunds nicht vollständig abbilden. Nichtsdestotrotz kann davon ausgegangen werden, dass die im Vergleich zu den anderen Verbünden, insbesondere zum Biogas-Verbund, geringe Anzahl an Kooperationen damit zusammenhängt, dass es sich bei den Mikroalgen um ein relativ neues Forschungsfeld handelt und Kooperationen noch im Aufbau befindlich sind.

Abb. III. 26: Mikroalgen – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 14, 41% Rücklauf)



Bei den Kooperationsformen zeigen sich gewisse Analogien zu den beiden anderen Verbünden. Bei den Nennungen überwiegen klassische wissenschaftliche Kooperationsformen (Abb. III.19). Die entsprechenden Kooperationspartner sind in erster Linie Universitäten aus Baden-Württemberg. Die vorhandenen Kontakte werden überwiegend dazu genutzt, um sich über Forschungsergebnisse auszutauschen, aber auch die Verständigung über Untersuchungsmethoden und Ausgangsstoffe sowie die gemeinsame Nutzung von Geräten werden von der Mehrzahl der Antwortenden als Kooperationsformen angegeben. Es fällt auf, dass die Verständigung im Vergleich zu den anderen Verbünden, insbesondere zum Lignozellulose-Verbund, nochmals eine stärkere Bedeutung hat. Ein möglicher Grund hierfür könnte die spezielle Struktur des Forschungsverbunds sein, in dem die Projekte entlang der Wertschöpfungskette von Algenkultivierung, über Extraktion von Inhaltsstoffen, Konversion bis hin zum Produktdesign angeordnet sind und auf die Ergebnisse der vorherigen Stufen aufbauen, was einer engeren Abstimmung bedarf. Kooperationen mit dem Ziel der Erarbeitung von Vermarktungsstrategien und Business-Modellen sind wie in den anderen Verbünden auch selten.

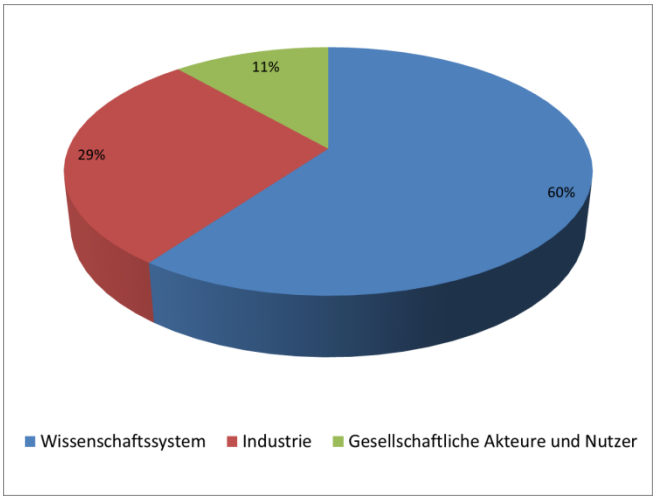
Abb. III. 27: Mikroalgen – Aufteilung der vorhandenen Kooperationen nach Kooperationsformen (n = 14, 41% Rücklauf)



Fazit 4

Den Forschungsverbünden ist gemeinsam, dass die meisten ihrer Kooperationen innerhalb des Wissenschaftssystems bestehen und die wenigsten zu gesellschaftlichen Akteuren und Nutzern (s. Abb. 20). Dabei gibt es gewisse Unterschiede zwischen dem Biogas-Verbund, in dem Kooperationen zu letztgenannter Akteursgruppe sowie zu Industrie-Unternehmen etwas häufiger sind als im Lignozellulose- und Mikroalgen-Verbund. Ein möglicher Grund ist, dass Partnerschaften in diesen Verbünden aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums der Pfade noch im Aufbau befindlich sind. Des Weiteren ist die Repräsentativität der Ergebnisse aufgrund des geringen Rücklaufs eingeschränkt. Bei den Kooperationsformen überwiegen klassische wissenschaftliche Formate wie Arbeitstreffen zum Informationsaustausch, die Diskussion von Ergebnissen und die Erarbeitung von Forschungsfragen, während wenige Kooperationen zur Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien und Entwicklung neuer Business-Modelle bestehen. Das mag daran liegen, dass insbesondere im Lignozellulose- und Algenverbund Grundlagen-orientierte Forschung im Vordergrund steht und die Vermarktung von Produkten untergeordnete Bedeutung hat. Unterschiede, jedoch in geringem Maße, bestehen bei der Diskussion und Weitergabe von Ergebnissen, die im Biogasverbund etwas häufiger genannt wird, bei der gemeinsamen Nutzung von Geräten und Infrastruktur sowie der Verständigung über Untersuchungsmethoden, für die es im Lignozellulose- und Algen-Verbund mehr Nennungen gibt. Dies hängt mit den Spezifika der Verbünde (u.a. mehr angewandte Forschung im Biogas-Verbund, Verbund-Struktur in der Algenforschung) zusammen.

Abb. III. 28: Aufteilung der in den drei Verbünden vorhandenen Kooperationen nach Kooperationspartnern (n = 48, 33% Rücklauf)



Literatur Kapitel III

Forschungsantrag Biogas (2014): Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas in Baden-Württemberg. Forschungsantrag an das MWK zur Förderaktivität „Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg“

BMBF (Bundesministerium für Forschung und Bildung) (2010): Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung) (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie - Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. Berlin

EC (European Commission) (2012): Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels

OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) (2009): The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main Findings and Policy Conclusions. Paris

IV. Akteursanalyse

1. Einleitung

Viele Akteursgruppen sind an der Gestaltung der Bioökonomie beteiligt und von der Entwicklung der Bioökonomie betroffen. Bisher durchgeführte Kartierungen von Akteuren beschränken sich allerdings auf Akteure der Biotechnologie und andere innovative Technologien in einer Region (Ehrenfeld, Kropfhäußer 2014; Ehrenfeld, Kropfhäußer 2017; Winther 2014). In diesem Projekt wird dagegen von einer weiten Definition der Bioökonomie ausgegangen. Die Analyse zielt darauf, alle Akteure entlang der Wertschöpfungsketten zu identifizieren und zu beschreiben. Dabei wird ein erweiterter Akteursbegriff zugrunde gelegt, der nicht nur die Akteure, die unmittelbar Teil neuer bioökonomischer Wertschöpfungsketten sind, einschließt, sondern auch die Akteure, deren Interessen potentiell betroffen sind, wie Umweltverbände oder potentiell verdrängte Industrien der traditionellen Bioökonomie.

In der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie wird bereits ein Überblick über die Akteure im Bereich Wissenschaft gegeben. Bei der Betrachtung der drei Bereiche Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen des Forschungsprogramms Bioökonomie sind zunächst diejenige Akteure, die entsprechende Wertschöpfungsketten entwickeln, realisieren und potentiell in diese direkt involviert sind. Neben den unmittelbar an den neuen Wertschöpfungsketten beteiligten sind weiterhin die Akteure aus der klassischen Bioökonomie (und anderen Wirtschaftssektoren) relevant, die von den innovativen bioökonomischen Wertschöpfungsketten betroffenen sind, beispielsweise durch Landnutzungskonkurrenzen, neue Konkurrenzprodukte oder eine sich verändernde Verbrauchernachfrage. Schließlich sind wichtige Akteure diejenigen, die Rahmenbedingungen (z.B. politische und rechtliche) setzen und gesellschaftliche Interessen artikulieren.

Ausgangspunkt der Akteursanalyse ist eine Beschreibung der Akteure entlang der Wertschöpfungsketten (Kap. IV.2). Die grundsätzliche Strukturierung der Wertschöpfungsketten (Kap. V.2.2), illustriert am Beispiel der Lebensmittel-Wertschöpfungskette Backwaren, ist:

> Primärproduzenten von Biomasse (Landwirte etc.)
> Biomassehändler (Landhandel etc.)
> Biomassekonditionierung/Primäraufschluss (Mühlen etc.)
> Primärkonversion der Biomasse und ggf. Sekundärkonversionen (Herstellung von Backmischungen etc.)
> Endproduktherstellung (Bäckerei etc.)
> Einzelhandel (Lebensmitteleinzelhandel etc.)
> Verbraucher
> Abfallentsorgung und Recycling

Die Produzenten und Anbieter von Vorleistungen (Anlagenbau, Düngemittel-, Pflanzenschutzmittelindustrie etc.) sind wichtig für die Bioökonomie-Wertschöpfungsketten, werden hier aber nicht in die Untersuchung einbezogen. In der Akteursanalyse werden die Bereiche Primärproduktion (Landwirtschaft incl. Gartenbau, Fischerei und Aquakultur sowie Forstwirtschaft) sowie Lebensmittel-, Bioenergie- und stoffliche Wertschöpfungsketten unterschieden. Ergebnis ist ein systematischer Überblick über die Akteure der Bioökonomie in Baden-Württemberg.

Im nächsten Schritt werden relevante Akteurskonstellationen untersucht (Kap. IV.3). Dabei wird herausgearbeitet, welche Akteure im Hinblick auf räumliche Ebenen von lokal bis international, die Unterscheidung von traditioneller und innovativer Bioökonomie sowie verschiedener gesellschaftlicher Funktionsbereiche relevant sind und welche Akteursnetzwerke sie bilden. Ergebnis ist ein vertiefter Einblick in die Struktur der Bioökonomie-Akteure.

Akteure der Bioökonomie kooperieren in vielfältiger Weise. Trotzdem haben sie nicht immer die gleichen Interessen und können potentiell um u.a. Biomasse-Ressourcen, Konversionswege, Nutzungspfade und Endproduktmärkte konkurrieren. Im Kap. IV.4 wird eine Systematik potentieller Interessenkonflikte entwickelt und diese beschrieben. Ergebnis ist ein Verständnis für die Interessen und Motivationen der in der Bioökonomie in Baden-Württemberg präsenten Akteure sowie die potentiell daraus resultierenden Konflikte.

Die Vielzahl der Akteure in der Bioökonomie agieren nicht nur als Einzelne, in ihren Gruppen und als wirtschaftliche Akteure miteinander in ihren Wertschöpfungsketten, sondern sie bilden auch Diskurs- bzw. Akteurskoalitionen, die gesellschaftliche Debatten und politische Entscheidungen zur Bioökonomie versuchen zu beeinflussen. Der wissenschaftliche Kenntnisstand zu Diskurs- bzw. Akteurskoalitionen im Bereich Bioökonomie wird analysiert und daraus Schlussfolgerungen für zukünftige Bioökonomie-Diskurse gezogen (Kap. IV.5).

Im Rahmen des Projektes wurde im Juni 2016 ein Stakeholder-Workshop durchgeführt, an dem Interessenvertreter aus den drei Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen, die außerdem verschiedene Stufen der Wertschöpfungsketten repräsentierten, sowie Vertreter der Landesregierung und von Umweltverbänden teilnahmen. Die Ergebnisse des Workshops werden im Kap. IV.6 vorgestellt und geben einen Einblick in den Stand der Bioökonomie-Diskussion sowie divergierende Ziele und Interessenslagen wichtiger Akteure in Baden-Württemberg.

Im Fazit (Kap. IV.7) werden schließlich die wesentlichen Ergebnisse der Akteursanalyse zusammengefasst.

2. Akteure in den Bereichen Lebens-/Futtermittel, Bioenergie und stoffliche Nutzung

Zunächst werden die Akteure der Primärproduktion von Biomasse behandelt, ohne Differenzierung nach der Nutzung der Biomasse, da insbesondere die landwirtschaftliche Produktion sowohl in die Erzeugung von Nahrungsmitteln als auch in die energetische und stoffliche Nutzung geht. Ebenso sind in der forstwirtschaftlichen Produktion energetische und stoffliche Nutzung gleichermaßen von Bedeutung. Anschließend werden die Akteure der Lebensmittelketten, der Bioenergieproduktion und der stofflichen Nutzung behandelt.

2.1 Akteure Primärproduktion

Bei den Akteuren der Primärproduktion werden die Bereiche Landwirtschaft (inkl. Gartenbau), Fischerei und Aquakultur sowie Forstwirtschaft unterschieden.

Landwirtschaft und Gartenbau

In Baden-Württemberg gab es 2013 42.400 landwirtschaftliche Betriebe gemäß der Agrarstrukturerhebung 2013 (Tab. IV.1). Die Landwirtschaft unterliegt einem permanenten Strukturwandel und die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe nimmt kontinuierlich ab. Im Vergleich zum Jahr 1999 hat sich die Anzahl der Betriebe im Jahr 2013 um rund ein Drittel verringert. Dabei hat sich seit der Jahrtausendwende die Abnahme deutlich verlangsamt. Mit der Abnahme der Betriebe erhöht sich die durchschnittliche *Betriebsgröße*, auf knapp 34 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) im Jahr 2013 (Seitz 2014). Der Südwesten weist die geringste durchschnittliche Betriebsgröße in Deutschland auf; nach Norden und insbesondere Osten nimmt die Betriebsgröße deutlich zu. Die kleinteilige Landwirtschaftsstruktur ist bedingt historisch durch das vielerorts übliche Realerbteilungsrecht, die begrenzte Flächenausstattung in den vielen Verdichtungs- und Ballungsräumen sowie dem hohen Anteil von fast 20% Dauerkulturbetrieben (vgl. Statistische Ämter 2011: 10). Betriebe mit mehr als 100 ha LF machen in Baden-Württemberg nur rund 7,5% aller Betriebe aus (gegenüber mehr als 50% im Bundesdurchschnitt), bewirtschaften allerdings ein Drittel der gesamten LF (Angaben für 2015, SL BW 2015b).

Landwirtschaftliche Betriebe unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer Betriebsgröße. Im Hinblick auf die *sozialökonomischen Betriebstypen* sind ein Drittel aller Betriebe Haupterwerbsbetriebe (Tab. IV.1), die etwas mehr als die Hälfte der gesamten LF in Baden-Württemberg bewirtschaften. Dominierend bei der Anzahl der Betriebe ist nach wie vor der Nebenerwerbsbetrieb, der sein Einkommen überwiegend aus außerbetrieblichen Quellen bezieht. Zunehmende Bedeutung gewinnen kooperative Betriebsformen, insbesondere GbR (Gesellschaft bürgerlichen Rechts), mit 3.100 Betrieben (7,2% aller Betriebe) im Jahr 2013. Die GbRs sind in ihrer Zusammensetzung und betrieblichen Struktur sehr vielfältig. Die Partner der Gesellschaft können aus dem engeren oder weiteren familiären Umkreis stammen oder keinen solchen Zusammenhang aufweisen. Die Kooperation kann den gesamten Betrieb umfassen oder nur einen speziellen Betriebszweig (z.B. Milchviehhaltung, Schweinemast). Im Bereich der Viehhaltung haben diese Kooperationen mittlerweile ein erhebliches Gewicht (Seitz 2014).

Tab. IV. 1: Landwirtschaftliche Betriebe in Baden-Württemberg (nach Agrarstrukturerhebung 2013)

Kategorie	Einheit	Baden-Württemberg 2013[1)]

Landwirtschaftliche Betriebe[2)]		
Landwirtschaftliche Betriebe insgesamt	Anzahl	**42.400**
Sozialökonomische Betriebstypen		
Einzelunternehmen	Anzahl	38.200
Haupterwerbsbetriebe Einzelunternehmen	Anzahl	14.000
Nebenerwerbsbetriebe Einzelunternehmen	Anzahl	24.200
Personengesellschaften + juristische Personen	Anzahl	4.200
Bewirtschaftungsform		
Konventionell wirtschaftende Betriebe gesamt	Anzahl	39.100
Ökologisch wirtschaftende Betriebe gesamt[3)]	Anzahl	3.300
Betriebswirtschaftliche Ausrichtung		
Ackerbaubetriebe	Anzahl	10.600
Futterbaubetriebe	Anzahl	14.800
Veredlungsbetriebe	Anzahl	1.500
Dauerkulturbetriebe insgesamt	Anzahl	8.300
davon Weinbaubetriebe	Anzahl	4.800
Gartenbaubetriebe	Anzahl	1.100
Betriebe mit Viehhaltung		
Viehhaltungsbetriebe insgesamt	Anzahl	25.400
Betriebe mit Rinderhaltung	Anzahl	16.300
Betriebe mit Schweinehaltung	Anzahl	6.500
Betriebe mit Geflügelhaltung	Anzahl	8.800
Betriebe mit Einhufern	Anzahl	5.700
Betriebe mit Schafhaltung	Anzahl	2.700
Betriebe nach Größenklassen		
Unter 5 ha	Anzahl	6.900
5 – 50 ha	Anzahl	26.200
50 – 100 ha	Anzahl	6.300
100 ha und mehr	Anzahl	3.000

Fortsetzung Tab. IV. 1: Landwirtschaftliche Betriebe in Baden-Württemberg (nach Agrarstrukturerhebung 2013)

Kategorie	**Einheit**	**Baden-Württemberg 2013[1)]**
Landwirtschaftliche Arbeitskräfte		

Arbeitskräfte insgesamt	Personen	**181.600**
vollbeschäftigte	Personen	31.100
teilbeschäftigte	Personen	150.500
Landwirtschaftliche Gesamtrechnung		
Produktionswert[4)]	Mill. EUR	4.627
Verkaufserlöse	Mill. EUR	3.433
Bruttowertschöpfung	Mill. EUR	1.635

Anmerkungen: 1) Angaben jeweils auf volle Hundert gerundet.
2) Landwirtschaftliche Betriebe ab 5 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche oder mit Mindesterzeugungseinheiten nach AgrStatG von 2010
3) Ökologisch wirtschaftende Betriebe: Betriebe, die zumindest Teile des Betriebs nach den Richtlinien der Verordnung (EG) Nr. 2092/91 bewirtschaften
4) Bewertet zu Erzeugerpreisen
5) Bewertet zu Herstellungspreisen einschließlich Gütersubventionen abzüglich Gütersteuern

Quelle: SL BW 2014; Statistische Ämter 2015

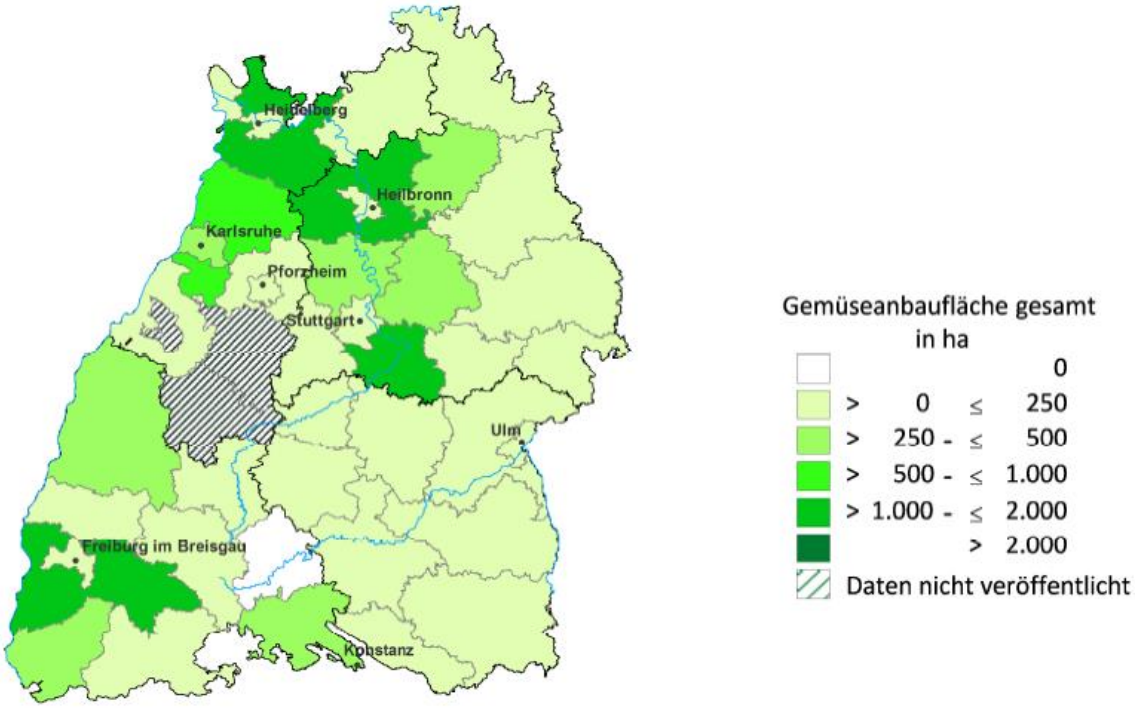
Vielfalt besteht ebenso hinsichtlich der betrieblichen Ausrichtung. Der Anteil der Betriebe mit *Viehhaltung* beträgt 60% und ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Ebenso ist der Bestand an Großvieh (Rinder, Schweine) rückläufig, während es beim Kleinvieh (Legehennen, Truthühner, Ziegen) Zunahmen gab (Seitz 2014). Futterbaubetriebe stellen nach wie vor den größten Anteil (Tab. IV.1). Veränderungen in der agrarstrukturellen Ausrichtung der Betriebe zeigen sich auch in der zunehmenden Zahl landwirtschaftlicher Betriebe mit *ökologischer Wirtschaftsweise* sowie der von ihnen bewirtschafteten Fläche. Im Jahr 2013 wirtschafteten 3.300 Betriebe (oder 7,8%) nach den Vorgaben des ökologischen Landbaus. Eine Besonderheit unter den Teilumstellungen in Baden-Württemberg sind die sogenannten "Streuobst-Ökos", wo konventionelle Betriebe ihre Streuobstflächen zusammen mit den Streuobstflächen anderer Betriebe zu einer eigenen ökologischen Einheit zusammenlegen (Seitz 2014). Der Weinbau im Weinbaugebiet Baden (13.800 ha) wird von 4.800 Winzern und der im Weinbaugebiet Württemberg (10.000 ha) von 4.500 Winzern betrieben (Jahr 2010). Ein Kennzeichen des baden-württembergischen Weinbaus ist die genossenschaftlich geprägte Vermarktungsstruktur (Statistische Ämter 2011: 26). Schließlich sind in Baden-Württemberg 17 Pflanzenzuchtbetriebe angesiedelt, die Mitglied im Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter sind.

Im *Gartenbau* ist in Deutschland der Gemüsebau die wichtigste Produktionssparte sowohl bei der Anbaufläche als auch bei der Bruttowertschöpfung. In Baden-Württemberg betrug im Jahr 2012 die Anbaufläche für Freilandgemüse 10.584 ha (Abb. IV.1), die von 1.291 Betrieben bewirtschaftet wurde. Mit einem Landesdurchschnitt von 8,2 ha Gemüseanbaufläche je Betrieb in Baden-Württemberg sind die Betriebe im bundesdeutschen Vergleich klein. Dies liegt daran, dass es noch viele Kleinbetriebe mit weniger als 2 ha Gemüseanbaufläche (42% aller Betriebe) gibt. Umgekehrt hat Baden-Württemberg den geringsten Anteil an Betrieben mit 20 ha und mehr Gemüseanbaufläche (unter 10%), die aber fast 60% der gesamten Gemüseanbaufläche bewirtschaften. Von 2004 bis 2015 hat sich in Baden-Württemberg die Anzahl der Gemüsebaubetriebe um 46% verringert[17], was zusammen mit der Zunahme

[17] Durch die Anhebung der Erfassungsgrenze sind allerdings auch Kleinstbetriebe aus der Statistik herausgefallen (Strohm et al. 2016: 22).

der Gemüseanbaufläche um 24% zu mehr als einer Verdopplung der durchschnittlichen Gemüseanbaufläche pro Betrieb geführt hat. Ökologischer Gemüseanbau wird von 206 Betrieben auf 1.291 ha durchgeführt, was einem Anteil von 11,4% an der gesamten Gemüseanbaufläche im Land entspricht. Der Gewächshausanbau ist von untergeordneter Bedeutung, wobei Baden-Württemberg mit ca. 410 ha die größte Gewächshausfläche unter den Bundesländern aufweist (Strohm et al. 2016: i, 17-23, 46-48, 90-92).

Abb. IV. 1: Gemüseanbaufläche in Baden-Württemberg im Jahr 2012



Quelle: Strohm et al. 2016: 46

Zierpflanzenanbau in Baden-Württemberg erfolgte im Jahr 2012 in 759 Betrieben mit insgesamt 732 ha, davon 213 ha Gewächshausfläche[18]. Auch im Zierpflanzenbau ist die Arbeitsteilung und Spezialisierung weit fortgeschritten. Nur wenige Betriebe kultivieren ihr gesamtes Sortiment an Topfpflanzen vom Samen oder Steckling bis zur Fertigware selbst. Die große Masse der Jungpflanzen wird von Jungpflanzenbetrieben angezogen und dann an Zierpflanzengärtner verkauft (Kappelmann 2013). Im Bereich Garten- und Landschaftsbau sowie der Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen gab es 4.208 Betriebe mit 12.419 Beschäftigten, die einen Umsatz von 1.392.091 Euro erzielten (Jahr 2013, s. Tab. IV.5). Hier steht allerdings nicht so sehr die Flächennutzung, sondern eher Dienstleistungen im Mittelpunkt der Unternehmenstätigkeit.

Ein Drittel aller landwirtschaftlichen Betriebe in Baden-Württemberg haben *Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie*, wobei mit einem Anteil von 97% Anlagen zur Erzeugung von Solarenergie in der Form von Photovoltaik oder Solarthermie eindeutig dominieren (Seitz 2014). Dagegen betreiben nur 2,1% aller Betriebe eine Biogasanlage (s. Kap. IV.2.3). Die Flächenbeanspruchung durch die baden-

18 Gewächshäuser mit Glas- oder Folienabdeckung oder andere hohe Schutzeinrichtungen

württembergischen Biogasanlagen wird auf rund 80.000 ha Ackerland und rund 35.000 ha (bezogen auf den Anlagenbestand Ende 2012) geschätzt (MLR 2013).

In der baden-württembergischen Landwirtschaft waren im Jahr 2013 rund 180.000 Personen beschäftigt, von denen allerdings nur 17% Vollzeitbeschäftigte sind. Ein Produktionswert von rund 6,6 Mrd. Euro und eine Bruttowertschöpfung von rund 1,6 Mrd. Euro wurde erwirtschaftet (Tab. IV.1). Die landwirtschaftlichen Produkte gehen überwiegend in Nahrungsmittel-Wertschöpfungsketten. Rund die Hälfte der Verkaufserlöse wird mit tierischen Produkten erzielt. Baden-Württemberg erreicht allerdings nur einen Selbstversorgungsgrad von 30 – 70% (z.B. 63% bei Getreide, 25% bei Gemüse, 59% bei Milch und Milcherzeugnissen, 24% bei Eiern und Eierprodukten)[19], so dass bei praktisch allen Agrarprodukten ein Zufuhrbedarf besteht (LEL, LfL 2016: 27).

Aquakultur und Fischerei

In Baden-Württemberg haben 210 Aquakultur-Betriebe (2013) bzw. 156 Betriebe (2015) jeweils 3.445 t Speisefisch erzeugt (Tab. IV.2). Die Produktion ist fast ausschließlich (98%) auf Forellenartige (Regenbogenforelle, Lachsforelle, Bachforelle, See- und Bachsaibling) beschränkt (Betzholz 2015). Die 96 Betriebe der Binnenfischerei (76 Haupterwerb und 20 Neben- und Zuerwerb) am Bodensee und Rhein stellen mit einem Fang von 366 t nur rund ein Zehntel der Aquakultur-Erzeugung von Speisefisch in Baden-Württemberg bereit. Eine spezielle Situation besteht auf dem Bodensee, den dort sind neben Fischern aus Baden-Württemberg und Bayern auch Fischer aus Österreich und der Schweiz aktiv. Mit Ausnahme der nationalen Haldenbereiche wird die gesamte Fläche des Bodensee-Obersees gleichberechtigt von allen Anrainern, die des Untersees ausschließlich von Baden-Württemberg und dem schweizerischen Kanton Thurgau befischt (Brämick 2014). Die Erzeugnisse von Aquakultur und Fischerei werden ausschließlich als Nahrungsmittel genutzt.

Tab. IV. 2: Aquakultur und Binnenfischerei in Baden-Württemberg

19 Schätzung aus Bundesverbrauch und Landeserzeugung, ohne Berücksichtigung von importierten Futtermitteln.

Kategorie	Einheit	Baden-Württemberg 2013
Aquakultur		
Betriebe mit Erzeugung von Fischen in Aquakultur	Anzahl	210
Erzeugter Fisch in Aquakultur	t	3.445
Binnenfischerei		
Betriebe der Binnenfischerei	Anzahl	96
Fang Seen und Flussfischerei	t	366
Angelfischerei (nichterwerbsmäßigen Fischfang)		
Gültige Fischereischeine	Anzahl	179.288
Fang	t	2.000

Quelle: Betzholz 2015; Brämick 2014

Forstwirtschaft

Der Wald in Baden-Württemberg setzt sich aus Staatswald, Körperschaftswald (auch Kommunalwald) und Privatwald zusammen. Der Staatswald ist fast ausschließlich im Eigentum des Landes und umfasst rund ein Viertel der gesamten Waldfläche (Tab. IV.3). Der Körperschaftswald (Wald im Alleineigentum der Gemeinden, Gemeindeverbände, Zweckverbände sowie sonstiger Körperschaften des öffentlichen Rechts nach § 3 Abs. 2 des Bundeswaldgesetzes, oft auch Kommunalwald genannt) verteilt sich auf 1.073 Eigentümer und umfasst fast 40% der gesamten Waldfläche. Der Privatwald unterteilt sich in 154.488 ha Kleinprivatwald (11,3 % der gesamten Waldfläche), d.h. auf die Waldeigentumsgrößen bis 5 ha, 186.107 ha (13,6 %) auf mittlere Eigentumsgrößen von über 5 bis 200 ha und 152.287 ha (11,1 %) auf Großprivatwald mit Eigentumsgrößen von über 200 ha (Kändler, Cullmann 2014: 10). Die Abbildung II.2 zeigt die Aufteilung in differenziertere Eigentumsgrößenklassen. Die Eigentümerstruktur im Privatwald ist somit durch eine große Zersplitterung gekennzeichnet; die Anzahl der Eigentümer wird auf etwa 260.000 geschätzt.

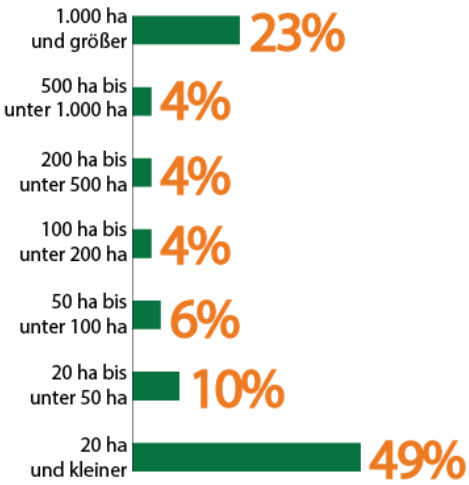
Der Staatswald in Baden-Württemberg ist seit 2014 nach den Standards des Forest Stewardship Council (FSC) sowie nach PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) zertifiziert. Der Staatswald Baden-Württemberg ist damit der größte FSC-zertifizierter Forstbetrieb in Deutschlands. Auch der Großteil der von ForstBW betreuten und beratenen Kommunal- und Privatwälder in Baden-Württemberg ist nach FSC oder PEFC zertifiziert. Insgesamt sind ca. 82% der Gesamtwaldfläche zertifiziert (ForstBW 2017).

Tab. IV. 3: Forstfläche und -eigentümer in Baden-Württemberg 2013

Kategorie	Einheit	Baden-Württemberg 2013
Gesamtwald		
Forstliche Betriebsfläche	ha	1.402.331
Anteil an der Landesfläche	%	38,1
Staatswald		
Forstliche Betriebsfläche Landeswald	ha	331.967
Anteil an der Waldfläche insgesamt	%	23,7
Eigentümer	Anzahl	1
Forstliche Betriebsfläche Bundeswald	ha	6.183
Anteil an der Waldfläche insgesamt	%	0,4
Eigentümer	Anzahl	1
Körperschaftswald		
Forstliche Betriebsfläche	ha	545.084
Anteil an der Waldfläche insgesamt	%	38,9
Eigentümer	Anzahl	1.073
Privatwald		
Forstliche Betriebsfläche	ha	507.812
Anteil an der Waldfläche insgesamt	%	36,2
Eigentümer	Anzahl	ca. 260.000
Waldfläche landwirtschaftlicher Betriebe	ha	135.400
Landwirtschaftliche Betriebe mit Waldfläche	Anzahl	23.600

Quellen: ForstBW 2014; ForstBW o.J.; SL BW 2014

Abb. IV. 2: Anteil der Eigentümergrößenklassen an der gesamten Privatwaldfläche in Baden-Württemberg



Quelle: Informationsdienst Privatwald o.J.

Baden-Württemberg hat bisher eine Einheitsforstverwaltung (Landesbetrieb Forst Baden-Württemberg – ForstBW). Forst BW erfüllt hoheitliche Aufgaben und ist für die Verwaltung, Pflege und Nutzung des Staatwaldes sowie für die Beratung, Betreuung und Förderung im Privat- und Körperschaftswald zuständig. Diese Struktur steht vor einem Umbruch, da durch ein Kartellverfahren die Betreuung und Vermarktung für private und kommunale Forstbetriebe über 100 ha untersagt wurde (s. Kasten). Der Landesbetrieb ForstBW soll in eine Anstalt öffentlichen Rechts überführt werden, die dann allein für den Staatswald und dessen Holzvermarktung zuständig sein soll. Die Holzvermarktung aus Kommunal- und Privatwald befindet sich dagegen auf dem Weg zur Kommunalisierung bzw. Privatisierung.

Kartellverfahren zur Holzvermarktung durch die baden-württembergische Forstverwaltung

Ausgehend von Klagen von Sägewerkbesitzern läuft seit 2009 ein Kartellverfahren gegen die zentrale Vermarktung von Rundholz durch die Landesforstbehörde ForstBW. Das Bundeskartellamt sieht darin ein Vertriebskartell, mit dem das Land die Holzpreise diktiere. 2015 untersagte das Bundeskartellamt die Holzvermarktung für Privat- und Kommunalwälder mit mehr als 100 ha sowie die vorbereitenden Tätigkeiten der Revierförster wie das Auszeichnen des Holzes, das Überwachen der Ernte und Pflegemaßnahmen. Das Land hat gegen diese Untersagungsverfügung des Bundeskartellamtes geklagt und ist damit vor dem zuständigen Oberlandesgericht (OLG) Düsseldorf im März 2017 gescheitert (OLG Düsseldorf VI-Kart 10/15 (V)). Zwar wurde Anfang 2017 durch Änderung des § 46 Abs. 1 des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) die Erbringung von forstwirtschaftlichen Dienstleistungen im Kontext der Holzernte aus dem Anwendungsbereich des deutschen Kartellrechts ausgenommen, aber das OLG sah das europäische Wettbewerbsrecht als maßgeblich an, dessen Anwendungsbereich durch deutsche Rechtsetzung nicht beschränkt werden könne, im Gegensatz zur Rechtsauffassung des Bundestages und Bundesrates. Die Landesregierung hat beschlossen, gegen das OLG Urteil beim Bundesgerichtshof Beschwerde einzulegen. Gleichzeitig stellt das Land die Holzvermarktung für den Kommunal- und Körperschaftswald ein, um weitere Schadensersatzrisiken zu vermeiden.

Die aus dem Urteil folgende Zerschlagung der einheitlichen Forststruktur in Baden-Württemberg wird neben der Landesregierung auch von den Kommunalen Landesverbänden und Umweltverbänden entschieden abgelehnt. An dem Kartellverfahren wird kritisiert, dass dabei der Wald ausschließlich als Wirtschaftsgut – "Ansammlung von ungesägten Brettern" – gesehen werde, seine Funktionen als Natur- und Erholungsraum unberücksichtigt blieben und eine gemeinwohlorientierte Waldbewirtschaftung behindert werde. Die Auflösung der Einheitsforstverwaltung würde außerdem mehr Bürokratie und höhere Kosten bedeuten. Da die Forstverwaltung zukünftig Dienstleistungen nur noch kostendeckend anbieten darf, werden die Betreuungs- und Vermarktungsentgelte vermutlich deutlich ansteigen.

(ForstBW 2017b; MLR 2017; Muschel 2017; Rieger 2017)

In Baden-Württemberg bestehen eine Reihe forstlicher Zusammenschlüsse, die hinsichtlich ihrer Struktur, Flächengröße und Mitgliederzahlen sowie im Hinblick auf personelle Ausstattung und Ziele sehr unterschiedlich sind (Abb. IV.3). Die wichtigste Gruppe sind *Forstbetriebsgemeinschaften* (FBGen) nach Bundeswaldgesetz. Ihre Gründung erfolgte oft in den 1960 und 70er Jahren, um die strukturellen Nachteile des kleineren Waldbesitzes durch Bündelung in Zusammenschlüssen zu überwinden. Sie erfassen überwiegend Privat- und Kommunalwald und zum Teil auch Staatswald. Es bestehen heute in

Baden-Württemberg fast 200 Forstbetriebsgemeinschaften[20], aber durch die enge Zusammenarbeit mit der Forstverwaltung bestanden bisher nur geringe Anreize zum Aufbau eigener Vermarktungs- und Bewirtschaftungsgesellschaften (Wippel 2014).

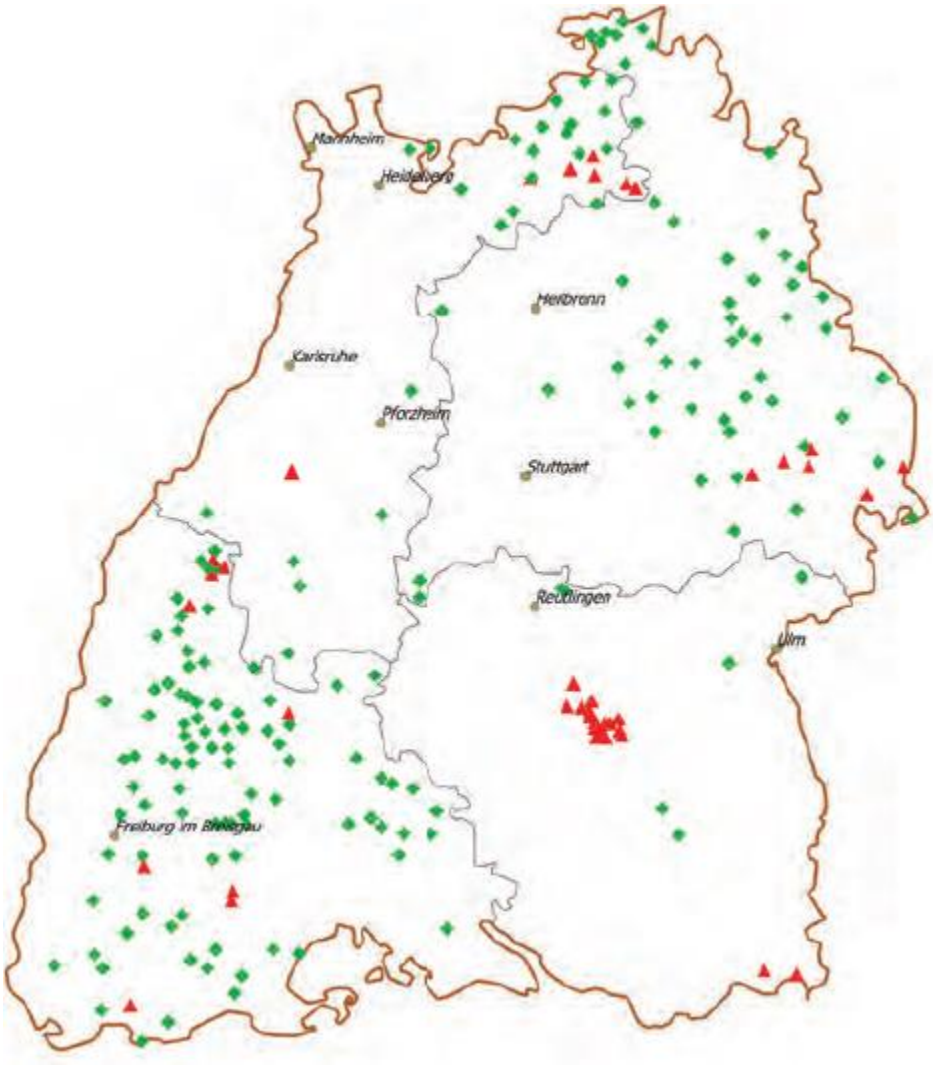
Seit den 1990er Jahren wurden anerkannte *Forstwirtschaftliche Vereinigungen* und andere regionale Dachorganisationen gegründet, im Kontext einer zunehmenden Bündelung von Vermarktungsaufgaben. In Baden-Württemberg gibt es vier Forstwirtschaftliche Vereinigungen und mehrere Genossenschaften als Dachorganisationen, deren Mitglieder meistens FBGen und Kommunen sind[21]. Sie übernehmen die Bündelung und Vermarktung von Holzmengen und arbeiten in professionellen Strukturen mit fest angestelltem Personal. Ihre Gründung und Entwicklung erfolgt mit finanzieller und struktureller Unterstützung des Landes, wobei sich aber das Leistungsangebot bisher durch die Konkurrenz des Vollservice durch die unteren Forstbehörden nicht entwickeln konnte. Zukünftig könnten die Dachorganisationen durch die Folgen des Kartellverfahrens eine wichtigere Rolle bei der Waldbewirtschaftung und Vermarktung spielen, wie dies in Teilen anderer Bundesländer schon geschehen ist (Wippel 2014).

Schließlich gibt es *Gemeinschaftswaldbetriebe*, die zum Privatwald gehören und bei denen die Eigentümer Anteile am Gemeinschaftswald halten (Wippel 2014). Die Gesamtfläche der Gemeinschaftswaldbetriebe wird auf mindestens 15.000 ha geschätzt (Wippel, Kehayova 2015).

20 Die Antworten von 92 FBG in einer Befragung ergab eine Gesamtfläche von 220.000 ha (Wippel 2014: 10).

21 Die Antworten von vier Dachorganisationen in einer Befragung ergab eine Gesamtfläche von rund 120.000 ha (Wippel 2014: 10).

Abb. IV. 3: Gemeinschaftswälder (Dreiecke in Rot) und Forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse (Vierecke in Grün) in Baden-Württemberg



Quelle: Wippel, Kehayova 2015

Vom Holzverkauf in Baden-Württemberg (Holzverkaufsbuchführung ForstBW) entfielen im Zeitraum 2000-2009 rund 88% auf Stammholz und 12% auf Industrieholz (Redmann et al. 2010: 59). Abnehmer des Stammholzes sind die Sägewerke sowie die Sperrholz- und Funierindustrie. Industrieholz wird von der Holzwerkstoffindustrie sowie der Holzstoff- und Zellstoffindustrie abgenommen (Mantau 2012b: 46-47). Rund Dreiviertel des Holzverkaufs blieben in diesem Zeitraum in Baden-Württemberg. Hauptabnehmer war die Sägeindustrie mit rund 65%, gefolgt von Handel (17,5%), sonstige Holzindustrie (5,7%), Zellstoff- und Papierindustrie (5,0%) sowie Selbstwerber (4,7%) (Redmann et al. 2010: 60-62). Nach der Holzrohstoffbilanz teilt sich die Holzverwendung (Waldholz und andere Holzrohstoffe wie Sägenebenprodukte, Schwarzlauge, Altholz) in Deutschland in etwa zu gleichen Teilen auf die stoffliche und energetische Nutzung auf (Mantau 2012b: 15; s. Kap. II.2.4).

In der Cluster-Statistik Forst und Holz werden für Baden-Württemberg 3.351 Unternehmen der Forstwirtschaft (Forstwirtschaft und Holzeinschlag) und 645 Unternehmen der forstwirtschaftlichen Dienstleistungen geführt (Tab. IV.4). In der Cluster-Studie „Forst und Holz Baden-Württemberg“ wird die Anzahl der Betriebe in der Forstwirtschaft auf ca. 13.000 geschätzt (Redmann et al. 2010: 10).

Tab. IV. 4: Forstwirtschaft in Baden-Württemberg 2013

Wirtschaftsabteilung	Unternehmen	SV-Beschäftigte	Umsatz
	Anzahl	Anzahl	1.000 Euro
Forstwirtschaft (WGR)[1)]	3.351	2.955	511.971
Forstwirtschaftliche Dienstleistungen	645[2)]	1.022	221.145[2)]

Anmerkung: 1) WGR = Waldgesamtrechnung des Thünen-Instituts für Forstökonomie
2) Jahr 2012

Quelle: Becher 2015

2.2 Akteure der Lebensmittel-Wertschöpfungsketten

Der Lebensmittelsektor ist der vorherrschende Abnehmer landwirtschaftlicher Biomasse (Efken et al. 2016; Hensche et al. 2011). Die Wertschöpfungsketten von Nahrungsmittelverarbeitung und -handel sind vielfältig und komplex. Die Akteure des Lebensmittelsektors in Baden-Württemberg sind über diese Wertschöpfungsketten eng mit zahlreichen Akteuren auf der nationalen, europäischen und internationalen Ebene verbunden. Der Lebensmitteleinzelhandel ist mittlerweile hoch konzentriert und nimmt eine dominierende Stellung in den Lebensmittelketten ein. Strukturwandel hin zu wenigeren und größeren Unternehmen hat ebenso in den ersten Stufen der Lebensmittelkette stattgefunden. Trotzdem gibt es nach wie vor ein Nebeneinander von regional agierenden Akteuren und national bzw. international ausgerichteten Akteuren. Letztere sind durchweg wirtschaftlich bestimmend, wobei es zwischen den verschiedenen Lebensmittelkategorien erhebliche Unterschiede gibt.

Einen Überblick zu den Hauptkategorien im Bereich Nahrungs- und Genussmittel gibt die Tab. IV.5, mit der Anzahl der Unternehmen, der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und der Höhe des Umsatzes. In dieser und den folgenden Tabellen wird außerdem zwischen Unternehmen und Betrieben unterschieden: Bei den Unternehmen mit Sitz in Baden-Württemberg werden auch Beschäftigte und Umsätze außerhalb von Baden-Württemberg erfasst. Bei den Betrieben in Baden-Württemberg handelt es sich ausschließlich um Beschäftigte in Baden-Württemberg. Deutliche Abweichungen zwischen Unternehmen und Betrieben treten allerdings nur beim Lebensmitteleinzelhandel auf (Tab. IV.8, Wirtschaftsklasse 47.11, Einzelhandel mit Waren verschiedener Art, Hauptrichtung Nahrung- und Genussmittel, Getränke und Tabakwaren). Dies ist bedingt durch den Unternehmenssitz der Schwarz-Gruppe in Neckarsulm, die der drittgrößte Lebensmitteleinzelhändler in Deutschland ist (LEL, LfL 2016: 20). Eigentlich nicht zur Lebensmittelkette gehörend, aber als Teil der Bioökonomie ist in der Tab. IV.5 auch der Bereich Garten- und Landschaftsbau sowie Erbringung von sonstigen gärtnerischen Dienstleistungen ergänzend aufgeführt.

Nahrungs- und Futtermittelmittelherstellung

Die Nahrungs- und Futtermittelmittelherstellung in Baden-Württemberg umfasst insgesamt rund 5.000 Unternehmen mit fast 80.000 Beschäftigten und einem Umsatz von nahezu 18 Mrd. Euro (Tab. IV.6).

Die wirtschaftlich wichtigste Branche mit fast 5,5 Mrd. Euro Umsatz (Jahr 2013) und 2.156 Unternehmen ist der Bereich *Schlachten und Fleischverarbeitung*. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Anzahl sowie die Struktur der Schlachtbetriebe deutlich verändert. Anstelle kommunaler Schlachthöfe in den Städten haben sich große Schlachtbetriebe in den Schwerpunktgebieten der Viehzucht herausgebildet. Zwei der zehn größten Schlachtbetriebe für Rinder liegen in Baden-Württemberg (Heinrich-Böll-Stiftung, BUND 2016: 13), und mit Edeka Südwestfleisch eines der führenden Fleischwerke des Handels (afz 2016). Insgesamt gab es 2016 in Baden-Württemberg 20 meldepflichtige[22] Rinder- und 37 Schweineschlachtbetriebe (MLR 2016). Nach älteren Angaben für 2012 verfügten 962 Lebensmittelbetriebe über eine hygienerechtliche Zulassung für die Schlachtung von Rindern, Schweinen, Schafen, Ziegen oder Pferden. Dies sind ganz überwiegend Schlachtstätten von Metzgern sowie von landwirtschaftlichen Direktvermarktern (MLR 2012). Die hohe Anzahl der Unternehmen bzw. Betriebe im Bereich Schlachten und Fleischverarbeitung ergibt sich durch das Fleischerhandwerk (Metzgereien). In Baden-Württemberg gibt es 2.154 Betriebe des Fleischerhandwerks, die zusätzlich 1.336 Filialen betreiben (Deutsche Fleischer-Verband 2016: 12).

Die *Molkereien* in Baden-Württemberg sind mittelständisch strukturiert. Der überwiegende Teil der Milch wird in Unternehmen mit 100 – 800 Mio. kg Jahresmenge verarbeitet. Kleinere Molkereien bedienen Spezial- und Nischenmärkte (Bioprodukte, Käse). Knapp Dreiviertel der im Land erzeugten Milch wird als Milch der Mitglieder in der eigenen Molkereigenossenschaft verarbeitet. Der Genossenschaftsanteil ist in Baden-Württemberg überdurchschnittlich hoch. Nach der Statistik der BLE gab es im Jahr 2015 in Baden-Württemberg 19 milchwirtschaftliche Unternehmen[23] (6 Genossenschaften, 12 Kapitalgesellschaften und eine Personengesellschaft) (BLE 2017a). Nach den Daten des Statischen Landesamtes Baden-Württemberg umfasste die Milchverarbeitung 83 Unternehmen mit 3.631 Beschäftigten (Jahr 2013, Tab. IV.6). Sie steht an dritter Stelle beim Umsatz des Bereichs Nahrungs- und Genussmittel.

Am Anfang der Wertschöpfungsketten von Getreide steht die *Mühlenbranche*, deren Herstellung von Mehl und anderen Mahlerzeugnissen wie Schrot, Grieß und Dunst die Grundlage für die große Vielfalt an Backwaren sowie auch für zahlreiche andere Produkte sind. In Baden-Württemberg gibt es 56 Mühlen mit über 500 t Jahresvermahlung, die 776.000 t Brotgetreide vermahlen (Verband Deutscher Müller 2017). Insgesamt umfassen die Mahl- und Schälmühlen sowie die Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnissen 176 Unternehmen (Tab. IV.6). Exemplarisch für den Strukturwandel in der nahrungsmittelverarbeitenden Industrie sind die Veränderungen in der Mühlenwirtschaft: Die Zahl der Mühlen ist in Baden-Württemberg von 1.097 im Wirtschaftsjahr 1965/66 auf 51 im Wirtschaftsjahr 2015/16 zurückgegangen[24] (BLE 2017b).

---

22 Schlachtbetriebe, die wöchentlich über 200 Schweine oder 75 Rinder schlachten, sind nach der ersten Fleischgesetz-Durchführungsverordnung meldepflichtig.

23 Unternehmen, die im Durchschnitt eines Jahres täglich mindestens 3 000 Liter Rohmilch zur Herstellung von Milcherzeugnissen verarbeiten oder Milch nach einer Wärmebehandlung zur weiteren Be- oder Verarbeitung an andere Unternehmen abgeben (BLE 2017: 27).

24 Der reale Rückgang der Mühlen ist allerdings geringer, da durch neue Erfassungsgrenzen von 250 t Jahresvermahlung ab dem Wirtschaftsjahr 1982/83 und von 500 t Jahresvermahlung ab dem Wirtschaftsjahr 2000/01 kleine Mühlen aus der Statistik herausgefallen sind.

Tab. IV. 5: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmittel in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe / -klasse	Wirtschaftsabteilung	Alle Unternehmen			Alle Betriebe	
		Anzahl	**SV-Beschäftigte**	**Umsatz**	**Anzahl**	**SV-Beschäftigte**
			Anzahl	1.000 Euro		Anzahl
10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	5.156	79.767	17.944.449	5.270	75.287
11	Getränkeherstellung	449	6.100	2.027.764	461	7.475
12	Tabakverarbeitung	6	505	275.246	6	321
46.2 + 46.3	Großhandel	2.422	27.284	31.044.333	2.632	26.468
47.1 + 47.2 + 47.8	Einzelhandel	11.161	145.161	34.311.814	14.995	109.374
56	Gastronomie	26.958	ngs66.066	6.121.329	27.965	69.681
-	**Nahrungs- und Genussmittel gesamt**	**46.152**	**324.883**	**91.724.935**	**51.329**	**288.606**
81.3	Garten- und Landschaftsbau sowie Erbring. v. sonst. gärtner. Dienstl.	4.208	12.419	1.392.091	4.228	12.718

Anmerkungen: Bei den Unternehmen mit Sitz in Baden-Württemberg werden auch Beschäftigte des Unternehmens, die außerhalb Baden-Württembergs tätig sind, erfasst. Dagegen umfassen die Beschäftigten der Betriebe in Baden-Württemberg alle in Baden-Württemberg Beschäftigten. Der Umsatz wird nur für die Unternehmen und nicht für die Betriebe erhoben.

SV-Beschäftigte = Sozialversicherungs-pflichtige Beschäftigte

Quelle: SL BW 2016

Tab. IV. 6: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Futtermittelmittelherstellung in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-klasse	Wirtschaftsabteilung	Alle Unternehmen			Alle Betriebe	
		Anzahl	SV-Beschäftigte	Umsatz	Anzahl	SV-Beschäftigte
			Anzahl	1.000 Euro		Anzahl
10.1	Schlachten und Fleischverarbeitung	2.158	21.538	5.414.737	2.191	20.526
10.2	Fischverarbeitung	13	98	.	13	98
10.3	Obst- und Gemüseverarbeitung	119	2.979	954.810	125	3179
10.4	Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen u. Fetten	22	331	.	22	330
10.5	Milchverarbeitung	83	3.631	2.947.557	87	2.809
10.6	Mahl- u. Schälmühlen, Herstellung v. Stärke u. Stärkeerzeugnissen	176	1.261	664.565	178	1.260
10.7	Herstellung v. Back- und Teigwaren	2.326	38.241	2.752.041	2.379	34.932
10.8	Herstellung von sonstigen Nahrungsmitteln	213	10.420	3.831.342	225	10.722
10.9	Herstellung von Futtermitteln	46	1.268	694.138	50	1.431

Quelle: SL BW 2016

Die *Herstellung von Back- und Teigwaren* ist die Wirtschaftsabteilung innerhalb der Nahrungs- und Futtermittelmittelherstellung mit den meisten Unternehmen und Beschäftigten: 2.326 Unternehmen und 38.241 Beschäftigten (Tab. IV.6). Dies ist durch die Unternehmen des Bäckereihandwerks bedingt. Im Jahr 2013 gab es in Baden-Württemberg 2.066 Handwerksbäckereien mit einem Umsatz von insgesamt 2,391 Milliarden Euro (MFW 2014). Die Bäckereien mit weniger als 500.000 Euro Jahresumsatz stellten 67,4% aller Betriebe, hatten aber nur einen Anteil von 10% am gesamten Umsatz. Dagegen machen Betriebe mit 5 Mio. Euro Umsatz nur 3,8% aller Betriebe aus, erwirtschaften aber 63% des gesamten Umsatzes (MFW 2014).

Handwerksbäckereien konkurrieren mittlerweile mit einer Reihe von alternativen Vertriebswegen (Meyer 2004; MFW 2014):

> Discountbäckereien: Dies sind Filialbäckereien mit Selbstbedienung in Innenstadtlagen, die ein schmales Sortiment anbieten.
> Filialbäckereien: Diese untergliedern sich in Kapitalgesellschaften, inhabergeführte Filialbetriebe und Bäckereifilialisten des Handels. Ihr Produktsortiment und Verkaufspraxis unterscheidet sich in der Regel nicht von Handwerksbetrieben.
> Backshop im Vorkassenbereich des Lebensmitteleinzelhandels (Shop-in-Shop): Praktisch alle neueren oder modernisierten Märkte der führenden Lebensmitteleinzelhändler haben im Vorkassenbereich eine Bäckereifiliale, betrieben entweder von einem handelsgeführten Unternehmen (z.B. die Firma K&U als 100% Tochter von Edeka-Südwest) oder durch einen regionalen Filialbäcker (z.B. bei Rewe).
> Ladenbackstation (Instore-Bäckerei) und SB-Frischeregal: Tiefgekühlte Brote und Backwaren werden an den LEH geliefert und in einem Backshop innerhalb der Verkaufsfläche aufgebacken und angeboten. In allen LEH-Typen inclusive Discountern verfügen mittlerweile über Backstationen; ihre Anzahl wird auf 4.000 bis 5.000 in Baden-Württemberg geschätzt.
> SB-Regal: Ware wird fertig gebacken und verpackt von Großbäckerei an LEH geliefert und dort im SB-Regal angeboten.

Diese Vielfalt der Vertriebswege ist eng verbunden mit Weiterentwicklungen bei Produktion, Konservierung und Verpackung, die erst die räumliche und zeitliche Trennung von Produktions- und Vermarktungsschritten und eine zunehmende Arbeitsteilung in den Wertschöpfungsketten möglich machten (Meyer 2004: 201).

Gegenüber der Nahrungsmittelverarbeitung haben die *Hersteller von Futtermitteln*, die Inputs für die landwirtschaftliche Produktion herstellen, mit 46 Unternehmen in Baden-Württemberg nur einen geringen Anteil an der gesamten Wirtschaftsgruppe. Dazu gehören 21 Mischfutterhersteller mit einer Jahresproduktion von 827.000 t im Wirtschaftsjahr 2014/15 (BMEL 2016a). Schließlich umfasst die Sammelkategorie *Herstellung von sonstigen Lebensmitteln* nur 213 Unternehmen, steht aber beim Umsatz an zweiter Stelle.

Großhandel

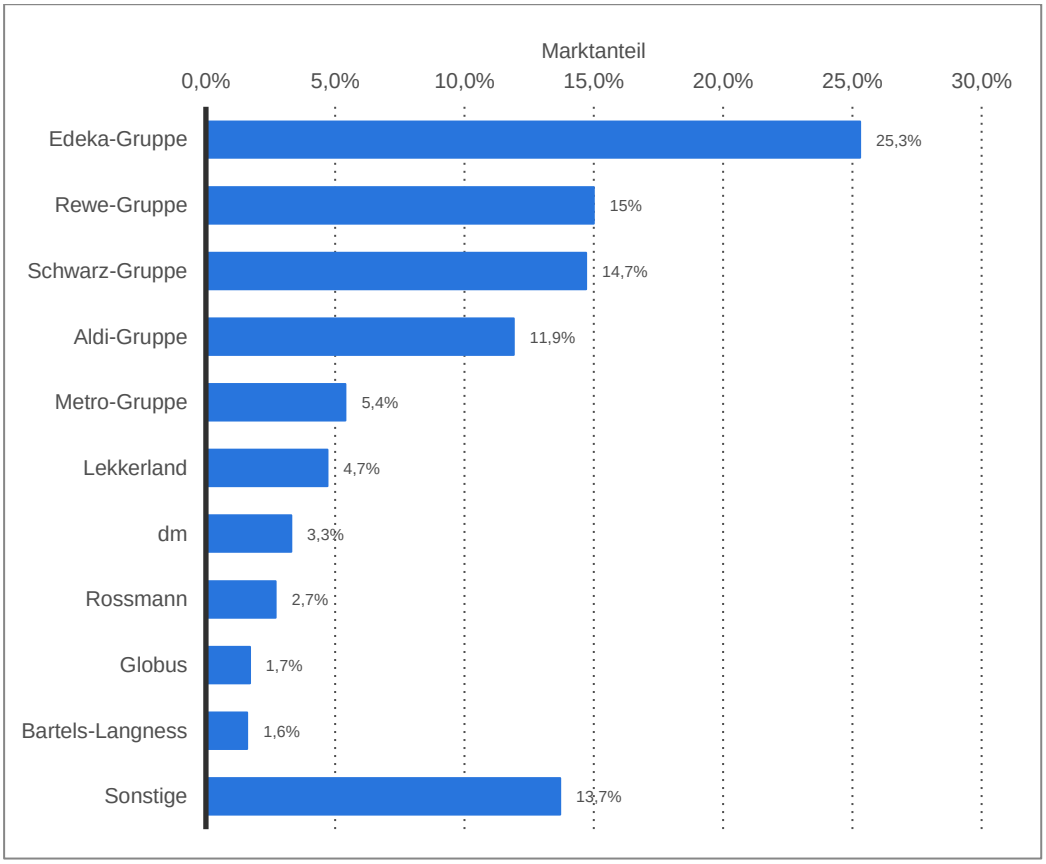
Im der Landwirtschaft vorgelagerten Bereich des *Großhandels mit landwirtschaftlichen Grundstoffen und lebenden Tieren* sind in Baden-Württemberg 708 Unternehmen, mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 5,5 Mio. Euro pro Unternehmen und durchschnittlich 7 SV-Beschäftigten pro Unternehmen, tätig. Im nachgelagerten Wirtschaftsbereich des *Großhandels mit Nahrungs- und Genussmitteln, Getränken und Tabakwaren* sind es 1.714 Unternehmen, mit einem durchschnittlichen Umsatz von

rund 15,8 Mio. Euro pro Unternehmen und durchschnittlich 13 SV-Beschäftigten pro Unternehmen (Tab. IV.7). In beiden Bereichen sind diese Unternehmen über zahlreiche Wertschöpfungsketten mit Akteuren auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene verbunden, d.h. die landwirtschaftlichen Grundstoffe werden nicht zwangsläufig in Baden-Württemberg produziert und die gehandelten Nahrungs- und Genussmitteln stammen nur teilweise aus baden-württembergischer Produktion.

Einzelhandel

Die fünf führenden Lebensmitteleinzelhändler haben in Deutschland einen Marktanteil von rund 75% (Abb. IV.4). Edeka weist im Verhältnis zu ihren jeweiligen nächsten Wettbewerbern eine etwa doppelt so hohe Gesamtverkaufsfläche sowie eine doppelt so hohe Standortdichte auf. Die Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels bündeln ihre Nachfrage in Einkaufskooperationen. So bestehen Beschaffungsgemeinschaften insbesondere um Edeka und um Rewe. Sie gehen über die reine Bündelung von Beschaffungsvolumina hinaus und beinhalten in der Regel die Übernahme der Handelsmarken des großen Partners, eine (teilweise) Angleichung der Sortimente sowie (einseitige) Gebietsschutzvereinbarungen. Insbesondere die beiden Genossenschaften Edeka und Rewe haben ihren Einflussbereich in den letzten Jahren über Fusionen und über Einkaufskooperationen kontinuierlich ausgeweitet. Die überwiegende Zahl der Lebensmitteleinzelhändler ist heute in Teilbereichen auch in der Produktion tätig, wobei die vertikale Integration am weitesten bei der Edeka fortgeschritten ist, die gezielt einen Ausbau ihrer Eigenproduktion verfolgt (Bundeskartellamt 2014: 3).

Abb. IV. 4: Marktanteile führender Unternehmen im Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland



Quelle: BVE o.J.

Tab. IV. 7: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Großhandel mit landwirtschaftlichen Grundstoffen, Nahrungs- und Genussmitteln in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-klasse	Wirtschaftsabteilung	Alle Unternehmen			Alle Betriebe	
		Anzahl	SV-Beschäftigte	Umsatz	Anzahl	SV-Beschäftigte
			Anzahl	1.000 Euro		Anzahl
46.2	Großh. m. landwirtsch. Grundstoffen u. lebenden Tieren	708	4.995	3.927.483	798	4.081
46.3	Großh. m. Nahrungs- u. Genussmitteln, Getränken u. Tabakwaren	1.714	22.289	27.116.850	1.834	22.387

Quelle: SL BW 2016

Tab. IV. 8: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmitteleinzelhandel in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-klasse	Wirtschaftsabteilung	Alle Unternehmen			Alle Betriebe	
		Anzahl	SV-Beschäftigte	Umsatz	Anzahl	SV-Beschäftigte
			Anzahl	1.000 Euro		Anzahl
47.1	*Einzelhandel mit Waren verschiedener Art (in Verkaufsräumen), davon*	*5.001*	*127.168*	*31.215.802*	*7.435*	*86.176*
47.11	Einzelhandel mit Waren verschiedener Art, Hauptrichtung Nahrung- und Genussmittel, Getränke und Tabakwaren	2.987	115.409	28.060.248	5.073	75.031
47.19	Sonstiger Einzelhandel mit Waren verschiedener Art	2.014	11.759	3.155.554	2.362	11.145
47.2	*Einzelhandel mit Nahrungs- u. Genussmittel, Getränken und Tabakwaren (in Verkaufsräumen), davon*	*5.421*	*16.905*	*2.888.618*	*6.788*	*22.127*
47.21	Einzelhandel m. Obst, Gemüse und Kartoffeln	817	1.205	251.243	816	1.252
47.22	Einzelhandel m. Fleisch und Fleischwaren	413	1.470	183.986	581	2.330
47.23	Einzelhandel m. Fisch, Meeresfrüchten u. Fischerzeugnissen	87	143	30.513	100	340
47.24	Einzelhandel m. Back- und Süßwaren	786	7.928	603.861	1.716	10.931
47.25	Einzelhandel m. Getränken	1.648	3.367	1.021.027	1.749	3.159
47.26	Einzelhandel m. Tabakwaren	468	696	337.280	510	750
47.29	Sonstiger Einzelhandel m. Nahrungs- und Genussmitteln	1.202	2.096	460.708	1.316	3.365
47.8	*Einzelhandel an Verkaufsständen und auf Märkten*	*739*	*1.088*	*207.394*	*772*	*1.071*

Quelle: SL BW 2016

Bei den fast 3.000 Unternehmen des *Einzelhandels mit Hauptrichtung Nahrungs- und Genussmittel, Getränke und Tabakwaren* sind auch in Baden-Württemberg die führenden Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels für einen großen Teil der Beschäftigten und des Umsatzes verantwortlich (Tab. IV.8). Die Anzahl der Unternehmen beim Spezialhandel für bestimmte Lebensmittelkategorien ist zwar fast doppelt so hoch wie beim allgemeinen Lebensmittelhandel, aber der Umsatz liegt nur bei rund 10% des allgemeinen Lebensmittelhandels. Hier ist der Einzelhandel mit Getränken führend bei der Anzahl der Unternehmen und beim Umsatz. Die meisten Beschäftigten gibt es dagegen beim Einzelhandel mit Back- und Süßwaren. Der Einzelhandel an Verkaufsständen und auf Märkten spielt schließlich nur eine marginale Rolle (Tab. IV.8).

Insgesamt sind die der Landwirtschaft nachgelagerten Bereiche der Lebensmittel-Wertschöpfungsketten ökonomisch erheblich bedeutender als die Landwirtschaft selbst und stellen einen relevanten Teil der gesamten Volkswirtschaft. Die Unternehmen der Lebensmittelkette stellen 9,37% aller Unternehmen in Baden-Württemberg, in ihnen sind 8,15% aller sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer beschäftigt und sie erzielen 10,05% des gesamten Umsatzes in Baden-Württemberg (Tab. IV.9). Die Anzahl der Akteure in den Lebensmittel-Wertschöpfungsketten ist hoch, aber ausgehend vom Lebensmitteleinzelhandel finden auf allen Stufen Konzentrationsprozesse mit relativ wenigen führenden Unternehmen statt.

Tab. IV. 9: Anteil der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Bereich Nahrungs- und Genussmittel an der Gesamtzahl der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe / -klasse	**Wirtschaftsabteilung**	**Anteil an Unternehmen** %	**Anteil an SV-Beschäftigte** %	**Anteil am Umsatz** %
10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	1,05	2,00	1,93
11	Getränkeherstellung	0,09	0,15	0,22
12	Tabakverarbeitung	0,00	0,01	0,22
46.2 + 46.3	Großhandel	0,49	0,69	3,33
47.1 + 47.2 + 47.8	Einzelhandel	2,27	3,64	3,69
56	Gastronomie	5,47	1,66	0,66
	Nahrungs- und Genussmittel gesamt	**9,37**	**8,15**	**10,05**
81.3	Garten- und Landschaftsbau sowie Erbring. v. sonst. gärtner. Dienstl.	0,85	0,31	0,15

Anmerkung: In den Gesamtzahlen der Unternehmensstatistik sind Wirtschaftsabschnitte A (Land- und Forstwirtschaft, Fischerei), O (Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherungen), T (Private Haushalte mit Hauspersonal, Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf) und U (Exterritoriale Organisationen und Körperschaften) nicht enthalten.

Quelle: SL BW 2016, eigene Berechnung

2.3 Akteure Bioenergie

In den letzten 20 Jahren haben sich viele neue Akteure im Bereich der Bioenergie-Erzeugung etabliert und entsprechende Akteursnetzwerke herausgebildet. Dies gilt sowohl für den Bereich Biogas als auch für die Nutzung biogener Festbrennstoffe.

Akteure Biogas

Im Jahr 2016 gab es in Baden-Württemberg 928 **landwirtschaftliche Biogasanlagen** (Tab. IV.10). Kleinere Biogasanlagen werden meist von Landwirten betrieben. Neben Gülle wird vor allem Mais als Substrat eingesetzt, vom eigenen Betrieb oder benachbarten Betrieben. Betreiber größerer Biogasanlagen sind meistens industrielle Betreiber, Kommunen oder Energieversorgungsunternehmen. Die elektrische Leistung der in Baden-Württemberg betriebenen Biogasanlagen beträgt im Mittel rund 350 kW (LUBL 2017). Regionale Schwerpunkte der Biogaserzeugung sind Hohenlohe-Schwäbisch Hall und Oberschwaben. Mehr als 50 Biogasanlagen pro Landkreis finden sich in den Landkreisen Schwäbisch Hall, Alb-Donau, Biberach, Ravensburg und Sigmaringen (LEL 2017).

Mindestens 41 **Betriebe des ökologischen Landbaus** betreiben eine Biogasanlage (Anspach et al. 2010, S. 15; Tab. IV.10). Da sich diese Angabe auf das Jahr 2009 bezieht, könnte die Anzahl mittlerweile höher sein. Der ökologische Landbau zählt zu den Pionieren der Biogaserzeugung in Deutschland, insbesondere in Süddeutschland. Ziele der ökologisch wirtschaftenden Betriebe waren dabei das Streben nach Energieautarkie und eine bessere Schließung von Nährstoffkreisläufen (Meyer, Priefer2012, S. 80). Aus ökonomischen Gründen (höhere Investment- und Biomassekosten) hat die Errichtung von Biogasanlagen im ökologischen Landbau aber nicht so zugenommen wie in der konventionellen Landwirtschaft (Blumenstein et al. 2016). Außerdem ergibt sich aus den Datenblättern zu Bioenergiedörfern (BMEL 2016, UM BW 2016), dass 55 Biogasanlagen in baden-württembergischen **Energiedörfern** stehen und dort zur Nahwärmeversorgung beitragen (s.u.).

Von 2005 bis 2012 ist die Anzahl der Biogasanlagen stark gestiegen und hat die Stromerzeugung durch Biogasanlagen erheblich zugenommen, bedingt durch die Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Seit dem EEG 2014 sind nur noch in sehr begrenzten Umfang kleine Biogasanlagen, die mindestens über 80 Masseprozent Gülle bzw. Mist einsetzen und ein Blockheizkraftwerk mit maximal 75 kW installierter elektrischer Leistung betreiben, dazugekommen. Unter den Bedingungen des EEG 2014 sind Investitionen in alle anderen Typen von Biogasanlagen nicht profitabel (Blumenstein et al. 2016). Aus der für 20 Jahre garantierten Einspeisevergütung ergibt sich, dass ab dem Jahr 2020 Biogasanlagen aus der EEG-Vergütung herausfallen werden. Bis 2034 wird für fast alle heutigen Biogasanlagen die EEG-Vergütung enden. Mit dem EEG 2017 wurde allerdings die Möglichkeit geschaffen, dass sich auch Bestandsanlagen an den Ausschreibungen beteiligen und bei erfolgreicher Bewerbung eine weitere Förderung von 10 Jahren erhalten können (s. Kap.VII.2.1.1). Ob damit die von Biogasverbänden geforderte verlässliche Regelungen für Bestandsanlagen nach dem Auslaufen der ursprünglichen EEG-Vergütung (Fachverband Biogas 2016a) geschaffen wurde, werden erst die Ergebnisse der Ausschreibungsrunden der nächsten Jahre zeigen.

Tab. IV. 10: Biogas- und Biomethaneinspeiseanlagen in Baden-Württemberg 2016

Art der Anlage	Anzahl der Anlagen	Elekt. Bemessungs-leistung gesamt (MW)	Biomethan-Einspei-sung gesamt (Mio. Nm³/a)
Biogasanlagen gesamt	928	323,6	-
Biogasanlagen ökologisch wirtschaftender Betriebe[1)]	41	-	-
Biogasanlagen in Bioenergiedörfern	55		
Biomethaneinspeiseanlagen	14	-	ca. 45,4
Klär- und Deponiegas-BHKW	121	35	-
Abfallvergärungsanlagen[2)]	28	-	-
Abfallvergärungsanlagen nach DBFZ Datenbank[3)]	20	-	-

Anmerkung: 1) Angabe für das Jahr 2009
2) Angabe für das Jahr 2014
3) Angabe für 11-2013

Quellen: AEE 2013, Anspach et al. 2010, LEL 2017, LUBL 2016b, SL BW 2015

In den **Bereichen Abwasser und Deponien** gibt es in Baden-Württemberg 121 Biogasanlagen. Aufgrund der seit Anfang 2015 nach § 11 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) bestehenden Pflicht, häusliche Bioabfälle separat zu erfassen und hochwertig zu verwerten, werden in den nächsten Jahren bei der Erzeugung von Biogas aus Bioabfällen noch Zuwachsraten erwartet (LUBL 2016a). Die Angaben zu den **Abfallvergärungsanlagen** in Baden-Württemberg sind uneinheitlich, sie reichen von 20 Anlagen (2013) (Scheftelowitz et al. 2014: 15) über 28 Anlagen (2014) (SL BW 2015) bis 56 Anlagen (2013) (Schmidt 2014). Dies liegt daran, dass der Begriff Bioabfall unterschiedlich definiert und die Datenlage zu Biogasanlagen, in denen Bio- und Grünabfälle und/oder andere organische Abfälle eingesetzt werden, statistisch nicht eindeutig erfasst ist (Schüch et al. 2014).

Schließlich gibt es in Baden-Württemberg aktuell 14 **Biomethaneinspeiseanlagen**, die das erzeugte Biogas zu Biomethan (Bioerdgas) aufbereiten und in das allgemeine Gasnetz einspeisen. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, bei der Stromerzeugung mittels eines BHKW vor Ort eine externe Wärmenutzung zu realisieren. Der Einsatz von Biomethan stellt eine Möglichkeit dar, entsprechend dem Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (EWärmeG) den Wärmeenergiebedarf von Gebäuden aus regenerativen Energien anteilig (Erfüllungsoption 10 %) zu decken (LUBL 2016b). Die Einspeiseanlagen werden von industriellen Betreibern, Stadtwerken oder Energieversorgungsunternehmen betrieben.

Die (landwirtschaftliche) Biogaserzeugung ist in breitere **Akteursnetzwerke** eingebunden. Auf der Seite der Wirtschaft sind dies insbesondere die Planer und Hersteller von Biogasanlagen, die Hersteller

und Anbieter von Anlagenkomponenten sowie Unternehmen aus dem Bereich Beratung und Dienstleistungen. Einen Überblick über die beim Fachverband Biogas gelisteten Firmen gibt die Tabelle IV.11. Viele dieser Firmen sind nicht nur im Geschäftsfeld Biogas tätig.

Tab. IV. 11: Firmen im Geschäftsfeld Biogasanlagen in Baden-Württemberg

Geschäftsfeld	Anzahl Firmen
Planer und Hersteller von Biogasanlagen	11
Hersteller und Anbieter von Anlagenkomponenten	32
Beratung und Dienstleistungen	14

Quelle: Fachverband Biogas (2016b)

Weitere Akteure im Bereich Biogas sind die Forschung zur Biogastechnologie (insbesondere Universität Hohenheim und Fraunhofer IGB), die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie in Stuttgart als Bindeglied zwischen universitärer Forschung und landwirtschaftlicher Praxis, das Internationale Biogas- und Bioenergie Kompetenzzentrum (IBBK) in Kirchberg/Jagst mit seiner Bildungs- und Projektarbeit und Interessensverbände (z.B. Fachverband Biogas).

Akteure Feste Biobrennstoffe

Der Anteil fester biogener Brennstoffe am Endenergieverbrauch bei der Wärmeerzeugung betrug im Jahr 2014 in Baden-Württemberg 8,2 % (LUBW 2016a). Die **traditionelle Wärmeerzeugung** aus Holz hat in Baden-Württemberg einen Anteil von mehr als 50% an der erbrachten Wärmeleistung (Tab. IV.12). Kamin- bzw. Kachelöfen, offene Kamine, Beistellherde und Holz-/Kohleöfen zählen zu den traditionellen Anlagen zur Wärmeerzeugung aus Biomasse. Die Bestimmung der in diesem Segment eingesetzten Holzmenge bzw. der damit erzeugten Wärmemenge ist mit großen Unsicherheiten behaftet, da der entsprechende Markt für Energieholz eine geringe Transparenz aufweist und ein großer Teil des dafür eingesetzten Holzes nicht kommerziell gehandelt wird (UM BW 2015, S. 7). Bundesweit nutzten 2014 7,1 Mio. Privathaushalte oder 19,5% aller Haushalte Holz als Brennstoff zum Heizen. Der Anteil der mit Holz heizenden Haushalte in Ein- und Zweifamilienhäusern lag bei 36,6%. Für das Jahr 2010 wurde ein Brennholzverbrauch in privaten Haushalten von ca. 32 Mio. Fm ermittelt, im Jahr 2014 lag der Verbrauch nach verhältnismäßig milden Wintermonaten bei ca. 27,6 Mio. Fm. Etwa drei Viertel des Verbrauchs ist Waldscheitholz. Bezugsquellen von Brennholz sind vor allem Waldbesitzer und Forstämter, Selbstwerber und Bekannte (Döring et al. 2016, S. 6, 15, 26). Akteure im Bereich traditioneller Wärmeerzeugung sind somit private Haushalte, Waldbesitzer und Forstämter sowie die Hersteller von Kamin- und Kachelöfen.

In Baden-Württemberg gab es im Jahr 2011 mindestens 47.700 **Holzzentralheizungen**, insbesondere Holzpelletheizungen und Scheitholzheizungen (Tab. IV.12). Holzzentralheizungen umfassen automatisch befeuerte Zentralheizungen bis 100 kW installierte Leistung, die Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Gebäudekomplexe mit Wärme versorgen. Datengrundlage sind die über das Marktanreizprogramm (MAP) geförderten Anlagen, die seit 2001 finanziell unterstützt wurden. Der tatsächliche Anlagenbestand ist jedoch größer, da auch Anlagen ohne MAP-Förderung und/oder vor 2001 errichtet wurden (AEE 2013, S. 23).

Deutschlandweit gab es im Jahr 2010 etwa 51.200 Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung ab 15 kW bis 1 MW im gewerblichen und kommunalen Bereich. Ihr Brennstoffeinsatz wird auf rund 5,25 Mio. t lutro[25] Holz geschätzt, wobei etwa 37% auf Waldrestholz, 31% auf Sägenebenprodukte und Industrierestholz, 11% auf Waldrundholz und 10% auf Holzpellets entfallen (Mantau et al. 2012, S. 18). Hier liegt keine regionale Differenzierung nach Bundesländern vor.

Holzheizwerke sind Anlagen, die große Gebäudekomplexe, Nahwärmenetze oder Industriebetriebe mit Wärme versorgen (AEE 2013, S. 24). Erfasst sind genehmigungspflichtige Biomassefeuerungsanlagen mit einer Wärmeleistung von mehr als 1 MW, für die Emissionserklärungen der Betreiber nach der 11. BImSchV bei der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) vorliegen. Die Auswertung bezieht sich auf die Emissionserklärungen von 2012. Danach sind für Baden-Württemberg 100 Holzheizkraftwerke erfasst (LUBL 2015). Diese hatten einen Holzeinsatz von 1.461.000 t/a, wobei Rest- bzw. Abfallholz aus der Holzindustrie (z.B. Sägewerke, Möbelindustrie), Energieholz und Altholz eingesetzt werden.

Holzheizwerke werden betrieben von:

> speziellen Unternehmen der Wärme- und Kälteversorgung,
> Unternehmen der Elektrizitätserzeugung, u.a. Stadtwerke,
> Unternehmen der Holzindustrie (Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke; Möbelindustrie; Fertighausbau; Herstellung von Holzwaren; Herstellung von Furnier-, Sperrholz-, Holzfaser- und Holzspanplatten),
> Unternehmen der Papier-, Karton- und Pappeherstellung; Verpackungsindustrie.
> Schulen, Krankhäuser und Betreuungseinrichtungen.

Die Heizwerke weisen große Unterschiede in ihrer installierten Leistung auf, von 1 bis 85 MW. Heizwerke der Holzindustrie dürften im Wesentlichen ihr eigenes Rest- bzw. Abfallholz einsetzen, wobei die niedrigste installierte Leistung bei Sägewerken, mittlere Werte bei der Möbelindustrie und mit 57 WM die höchste Wärmeleistung bei einem Unternehmen der Papier-, Karton- und Pappeherstellung vorliegt. Insbesondere Unternehmen des Wirtschaftszweigs Elektrizitätserzeugung betreiben Anlagen mit hoher installierter Leistung, bis 67 MW. Wenige kleine Holzheizwerke gehören Energiegenossenschaften.

25 Lutro = lufttrocken

Tab. IV. 12: Biomassefeuerungsanlagen in Baden-Württemberg

Art der Anlage	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung (MW)	Erbrachte Wärmemenge (GWh/a)	Holzmenge (t/a)
Scheitholzöfen und -kamine[1)2)]	k.A.	k.A.	7.240	k.A.
Holzzentralheizungen[3)4)]	47.700	1.077	k.A.	k.A.
davon				
Holzpelletheizungen[4)]	29.200	531	k.A.	k.A.
Holzhackschnitzelheizungen[4)]	1.100	59	k.A.	k.A.
… Scheitholzheizungen[4)]	17.400	487	k.A.	k.A.
Holzheizwerke[5)6)]	100	963[7)]	x	1.460.999
Holz(heiz-)kraftwerke[4)8)]	47	164	k.A.	k.A.
Moderne feste biogene Brennstoffe gesamt[2)]	k.A.	k.A.	5.347	k.A.

Anmerkungen: 1) Beistellherde, Kamin- bzw. Kachelöfen, offene Kamine und Holz-/Kohleöfen
2) Jahr 2014
3) automatisch befeuerte Zentralheizungen bis 100 kW Leistung, die Ein- und Mehrfamilienhäuser und Gebäudekomplexe mit Wärme versorgen
4) Jahr 2011
5) Genehmigungspflichtige Biomassefeuerungsanlagen der Gewerbeaufsicht mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 1 MW, für die Emissionserklärungen der Betreiber nach der 11. BImSchV bei der LUBW vorliegen.
6) Jahr 2012
7) Daten zur installierten Leistung von 25 Biomassefeuerungsanlagen liegen nicht vor.
8) Anlagen ab 10 kW, die Strom und teilweise gleichzeitig Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugen. Eingeschlossen ist ein Kraftwerk der Zellstoffindustrie mit 20 MW Leistung.

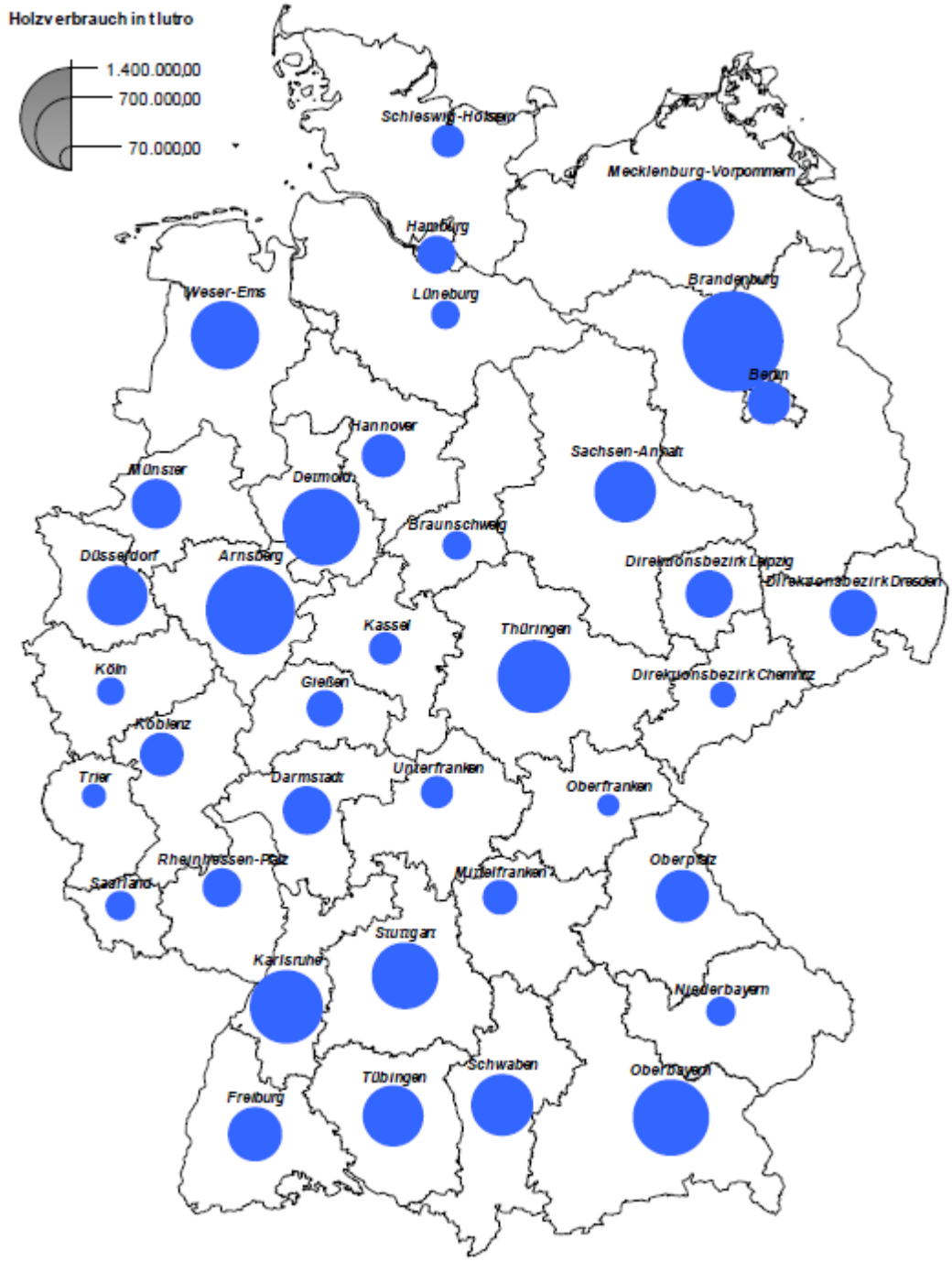
Quellen: AEE 2013, LUBL 2015, UM BW 2015

Holzkraftwerke (bzw. Holzheizkraftwerke) sind Anlagen, die Strom und teilweise gleichzeitig Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugen. Die Angaben zur installierten Leistung im Bundesland beinhalten keine Kleinst-KWK-Anlagen (unter 10 kW) sowie eine nicht vollständige Zuordnung an Holzvergasungsanlagen. Eingeschlossen ist ein Kraftwerk der Zellstoffindustrie mit 20 MW Leistung. Für das Jahr 2011 werden von der Agentur für Erneuerbare Energien 47 Anlagen für Baden-Württemberg aufgeführt (Tab. IV.12).

Deutschlandweit wurden 2011 etwa 14 Mio. t lutro Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen ab 1 MW eingesetzt. Altholz hat mit fast 44% den größten Anteil am eingesetzten Holzsortiment. 14,5% der Gesamtmenge sind Sägenebenprodukte und Industrieholz als Koppelprodukte der Holz be- und verarbeitenden Industrie. Waldrestholz hat einen Anteil von rund 17% und Landschaftspflegeholz von rund

11%. Diese Angaben beruhen auf einer Befragung von 541 Betreibern von Holz- und Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland (Weimar et al. 2012, S. 10, 12). Den regionalen Holzverbrauch in Biomassefeuerungsanlagen zeigt die Abbildung IV.5.

Abb. IV. 5: Holzverbrauch in Biomasse-Großfeuerungsanlagen im Jahr 2011 nach Regierungsbezirken



Quelle: Weimar et al. 2012, S. 16

Bioenergiedörfer und -regionen

Bioenergiedörfer sind definiert als Dörfer, die ihren Energiebedarf (Strom und Wärme) zu mindestens 50% aus regional erzeugter Bioenergie decken, auf der Basis von Biomasse aus der unmittelbaren Umgebung (BMEL 2016). Die Entwicklung von Bioenergiedörfern ist durch Bundes- und Landesprogramme gefördert worden. Ausgangspunkt ist in der Regel eine Biogasanlage. Zur Nutzung der Wärme aus dem BHKW der Biogasanlage erfolgt der Aufbau eines Nahwärmenetzes, wobei die Wärmebereitstellung auf der Basis von Biogas in fast allen Bioenergiedörfern durch eine Biomassefeuerung, in der Regel einen Holzhackschnitzelkessel, in seltenen Fällen auch einen Pflanzenölkessel, und einen Pufferspeicher ergänzt wird. Mit dem Biogas-BHKW wird durchweg eine rechnerische Selbstversorgung mit Strom erreicht. In einigen Dörfern wird die Bioenergie durch andere regenerative Energien (Wasser, Wind, Solarthermie, Photovoltaik) ergänzt. Die Bioenergiedörfer haben zwischen 40 und knapp 6.000 Einwohner. Das BMEL führt für Baden-Württemberg 58 Bioenergiedörfer auf, nach Angaben des Umweltministeriums Baden-Württemberg gab es im Juni 2015 insgesamt 82 Bioenergiedörfer (BMEL 2016, UM BW 2016; Tab. IV.13). Betreiber der Bioenergiedorf-Projekte sind in zahlreichen Fällen Bürgergenossenschaften und -unternehmen, aber auch Landwirte, Sägewerkbetreiber, Stadtwerke und gewerbliche Betreiber. Insgesamt gab es 2013 in Baden-Württemberg 145 Energiegenossenschaften, im Jahr 2010 waren es erst 59 (AEE 2016).

Tab. IV. 13: Bioenergiedörfer und -regionen in Baden-Württemberg

Bioenergiedörfer/-regionen	Anzahl
Bioenergieregionen	2
Bioenergiedörfer gesamt (BMEL)	58
Bioenergiedörfer	33
Auf dem Weg zum Bioenergiedorf	25
Bioenergiedörfer gesamt Juni 2015 (UM BW)	82
Bioenergiedörfer EFRE-Förderprogramm 2007-20134	21

Quelle: BMEL (2016), UM BW (2016)

Baden-Württemberg weist zwei Bioenergieregionen auf, die Regionen Hohenlohe-Odenwald-Tauber und Bodensee (BMEL 2015). Beide enthalten eine bedeutende Zahl von Bioenergiedörfern. Die Förderung der Bioenergieregionen zielte vor allem darauf, Akteursnetzwerke langfristig zu etablieren. Diese Akteursnetzwerke schließen Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung, Wirtschaftsakteure entlang der Wertschöpfungsketten sowie Umwelt- und Sozialverbände ein (BMEL 2015).

2.4 Akteure stofflicher Wertschöpfungsketten

Die stofflichen Wertschöpfungsketten werden zum größten Teil von Akteuren traditioneller Nutzungen bestimmt. Zunächst werden die Akteure der Holzwirtschaft, dem wirtschaftlich wichtigsten Bereich stofflicher Nutzungen, vorgestellt. Dann wird kurz auf andere traditionelle stoffliche Nutzungen von Biomasse eingegangen. Als dritter Bereich werden die chemische und pharmazeutische Industrie untersucht, wobei auch Akteure innovativer Biomassenutzungen wie Biokunststoffhersteller und Biotechnologie-Unternehmen einbezogen werden.

Holzwirtschaft

Einen Überblick über die Anzahl der Unternehmen und Beschäftigten sowie die Umsätze in der Holzwirtschaft geben die Tabellen IV.14 und IV.15. Die Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg und des Thünen-Instituts zum Cluster Holz weichen etwas voneinander ab, was u.a. an unterschiedlichen Abgrenzen der Holzwirtschaft bzw. des Clusters Holz liegt.

Das in der Forstwirtschaft eingeschlagene Stammholz (Rundholz) wird fast ausschließlich von *Sägewerken* aufgenommen, die zu 98% heimisches Holz verarbeiten (Gothe, Hahne 2005: 11). Aus dem Einschnitt der Sägewerke gehen zu rund 60% Schnittholzprodukte und zu rund 40% Sägenebenprodukte (z.B. Hackschnitzel, Hobelspäne, Sägemehl) hervor. Die Sägenebenprodukte gehen neben einer Eigenverwendung vor allem an Abnehmer zur stofflichen und energetischen Verwertung. Bei den Abnehmern der Sägenebenprodukte dominieren Holzwerkstoffproduzenten, die Holz- und Zellstoffindustrie sowie Pellethersteller (Döring, Mantau 2012: 6). Die wichtigsten Abnehmer von Schnittholz sind das Baugewerbe und die Möbelindustrie. Vom Gesamteinschnitt entfallen über 90% auf Nadelholz (Döring, Mantau 2012: 15). In einem Teil der Betriebe wird das hergestellte Schnittholz in Hobelwerken weiterverarbeitet sowie sonstige Holzhalb- und Fertigwaren hergestellt (Döring, Mantau 2012: 39). Viele Sägewerke sind außerdem Betreiber von Biomassekraftwerken. Die Sägewerkindustrie ist durch Strukturveränderungen gekennzeichnet, hin zu hohen Verarbeitungskapazitäten und wenigen, logistisch günstig gelegenen Standorten (Gothe, Hahne 2005: 3). Baden-Württemberg weist allerdings noch eine deutliche Mischung von Sägewerken unterschiedlicher Größenklassen mit einer vergleichsweise großen Anzahl mittelgroßer Betriebe (200.000 bis 500.000 Fm Jahreseinschnitt) auf (Abb. IV.6). Die Exportquote der Sägeindustrie liegt bei rund 40% (Redmann et al. 2010: 75).

Die *Holzwerkstoffindustrie* ist eine heterogene Branchengruppe, zu der die Spanplatten-, Holzfaser-, OSB[26]-Platten- und Massivholzplattenhersteller sowie die Furnier- und Sperrholzerzeuger zählen. Rohstoffbasis der *Span- und Faserplattenhersteller* sind insbesondere Sägenebenprodukte, Industrieholz (Derbholz) und Altholz. Span- und Faserplatten werden vor allem in der Möbelindustrie, der Bauindustrie (z.B. Betonverschalung, Innenausbau inkl. Dämmung, Fertighausbau) und Fahrzeugbau verwendet. In Baden-Württemberg gibt es fünf Spanplatten- und/oder Faserplattenproduzenten (Mantau 2012a). Weitere Holzwerkstoffe werden von *der Sperrholz- und Furnierindustrie* hergestellt. Ausgangsbasis der Furnierindustrie ist Stammholz (Furnierstämme höchster Qualität); die verschiedenen Produkte finden vielfältige Verwendung. Furnieranbieter in Baden-Württemberg, die oft aus ehemals selbst produzierenden Werken entstanden sind, produzieren heute nicht mehr selbst Furniere oder haben die Produktion ins Ausland bzw. in Lohnmesserei verlagert (Redmann et al. 2010: 86). WPC (Wood Plastic Composites) sind ein weiterer, relativ neuer stofflicher Verwendungsbereich von Holzrohstoffen. Die Cluster-Studie Baden-Württemberg führt nur 9 Betriebe der Holzwerkstoffindustrie auf (Redmann et al. 2010: 85), während es in der Cluster-Statistik des Thünen-Instituts 51 Unternehmen für Baden-Württemberg sind[27].

Innerhalb der Holz verarbeitenden Industrie ist die Möbelindustrie in Deutschland und Baden-Württemberg wirtschaftlich am bedeutendsten, mit der höchsten Beschäftigten- und Umsatzzahl (Tab. IV.15). In Baden-Württemberg gibt es rund 1.600 Unternehmen im Bereich Herstellung von Möbeln. Namhafte große Unternehmen wie Alno, Leicht-Küchen, Rauch-Möbel, Rolf Benz und viele KMU haben

26 OSB-Platten = oriented strand board bzw. oriented structural board, Grobspanplatten

27 Die Cluster-Statistik des Thünen-Instituts basiert auf Daten von Unternehmen mit Umsatz über 17.500 Euro/Jahr bzw. Steuer über 1.000 Euro/Jahr. Die Cluster-Studie Baden-Württemberg beruht dagegen auf Daten von Betrieben mit 20 und mehr Beschäftigten. Vergleichbare Unterschiede treten auch beim Holz verarbeitenden Gewerbe auf.

ihren Sitz in Baden-Württemberg. Neben diesen Herstellern von Polstermöbeln, Küchen, Schränken, Büromöbeln etc. gibt es eine breite und ausdifferenzierte Zulieferstruktur. Der nationale wie auch der internationale Möbelmarkt ist durch einen harten Wettbewerb gekennzeichnet. Die Lage der Möbelindustrie in Baden-Württemberg wird geprägt durch einen scharfen Preiskampf, der vor allem von den großen Abnehmern der Möbelhersteller und den marktmächtigen Einkaufsverbänden ausgeht. Hinzu kommt eine zunehmende Polarisierung in Niedrigpreis- und Hochpreissegmente auf Kosten der mittleren Segmente, insbesondere bei Wohn- und Küchenmöbeln (Gothe, Hahne 2005: 13; Redmann et al. 2010: 115). Bei den meisten Unternehmen der Möbelindustrie besteht nur eine geringe direkte Einbindung in regionale Holz-Wertschöpfungs-ketten, da der weitaus größte Teil mit Holzwerkstoffen als Vorprodukt arbeitet, die unter Kostengesichtspunkten ohne regionale Beschränkung bezogen werden (Redmann et al. 2010: 114).

Die *Holzpackmittelindustrie* stellt vor allem Paletten und Kisten u.a. für den Maschinenbau, die Lebensmittelindustrie und die chemische Industrie her, d.h. in der Regel für gewerbliche Abnehmer. Im Verpackungsmarkt konkurrieren Holzverpackungen, deren Marktanteil unter 2% liegt, mit Kunststoffverpackungen und Verpackungen aus Papier/Pappe, aber jedoch bei Transportverpackungen (Paletten, Kisten) ist Holz nach wie vor der wichtigste Rohstoff. Holzpackmittel sind stark konjunktur- und exportabhängig (Redmann et al. 2010: 121).

Der *industrielle Holzbau* umfasst die Herstellung von Konstruktionsteilen, Fertigbauteilen, Ausbauelementen und Fertigteilbauten aus Holz und ist nach Anzahl der Unternehmen und Beschäftigte sowie nach Umsatz die zweitwichtigste Branche innerhalb des Holz verarbeitenden Gewerbes (Tab. IV.5). In Baden-Württemberg betrug die Holzbauquote 22% im Jahr 2007 und war damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt. Die Unternehmen des industriellen Holzbaus sind sowohl regional als auch national und international ausgerichtet und auf den Bau von standardisierten Ein- und Zweifamilienhäusern spezialisiert (Redmann et al. 2010: 129). Der absolute Verbrauch an Holz ist im Vergleich zu anderen Branchen des Clusters eher gering und es wird vor allem Konstruktionsvollholz- und Brettschichtholz verwendet, das oftmals nicht aus regionaler Herkunft stammt (Redmann et al. 2010: 131).

Die Wertschöpfungsketten der *Zellstoff- und Papierindustrie* umfassen die Produktion von Holzstoff bzw. Zellstoff als erste Bearbeitungsstufe, die Erzeugung von Papier, Pappe und Karton auf der Basis von Holz- und Zellstoff als zweite Bearbeitungsstufe und die Verarbeitung von Papier, Pappe und Karton, beispielsweise zu Verpackungskartons, als dritte Bearbeitungsstufe. In der Zellstoffindustrie werden Industrieholz und Sägenebenprodukte eingesetzt (Mantau 2012b). Die meisten Erzeuger von Holz- und Zellstoff sind integrierte Betriebe, d. h. sie verarbeiten Holz- bzw. Zellstoff im eigenen Betrieb zu Papier, Pappe oder Karton. Zusätzlich existieren Erzeuger von Papier, Pappe und Karton, die den notwendigen Rohstoff nicht selbst erzeugen, sondern von Dritten zukaufen. In Baden-Württemberg entfallen rund 70% des Umsatzes im Papiergewerbe auf die Papierherstellung, wogegen mehr als die Hälfte der Unternehmen und Beschäftigten in der Papierverarbeitung tätig sind (Tab. IV.15). Zur Papierverarbeitung zählen die Herstellung von Wellpapier und Pappe, Herstellung von Haushalts-, Hygiene- und Toilettenartikeln, Herstellung von Schreibwaren und Bürobedarf, Herstellung von Tapeten sowie die Herstellung von sonstigen Waren aus Papier, Pappe und Karton (Redmann et al. 2010: 94).

Die Papierindustrie ist die Branche mit der höchsten Recyclingrate bzw. Kaskadennutzung. In Deutschland wurde bei der Produktion von Papier und Pappe im Jahr 2016 eine Altpapiereinsatzquote[28] von

[28] Altpapierverbrauch im Verhältnis zur Papier- und Pappeerzeugung.

75% erreicht (VDP 2017: 66). Am Rohstoffverbrauch der deutschen Papierindustrie hat das Altpapier einen Anteil von 64%[29]. Die Produktion von Holzstoff (4% des Rohstoffverbrauchs) und Zellstoff (17,6% des Rohstoffverbrauchs) beruht auf Durchforstungsholz (Industrieholz) und Sägewerknebenprodukten. Allerdings werden rund zwei Drittel des Zellstoffverbrauchs importiert, wobei die wichtigsten Bezugsländer Brasilien, Finnland und Schweden sind (VDP 2017: 29). Daten zum Rohstoffeinsatz der Zellstoff- und Papierindustrie in Baden-Württemberg stehen nicht zur Verfügung.

Tab. IV. 14: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze im Bereich Holzwirtschaft in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe / -klasse	**Wirtschaftsabteilung**	**Unternehmen** Anzahl	**SV-Beschäftigte** Anzahl	**Umsatz** 1.000 Euro
16.1	Säge-, Hobel- u. Holzimprägnierwerke	467	4.968	1.608.543
16.2	Herstellung v. sonstigen Holz-, Kork-, Flecht- u. Korbwaren (ohne Möbel)	2.353	15.331	3.038.424
17.1	Herstellung v. Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	62	9.112	4.289.536
17.2	Herstellung v. Waren aus Papier, Karton und Pappe	282	19.210	4.251.215
31	Herstellung v. Möbeln	1.564	20.488	3.379.548
-	**Holzwirtschaft gesamt**	**4.728**	**69.109**	**16.567.266**

Quelle: SL BW 2016

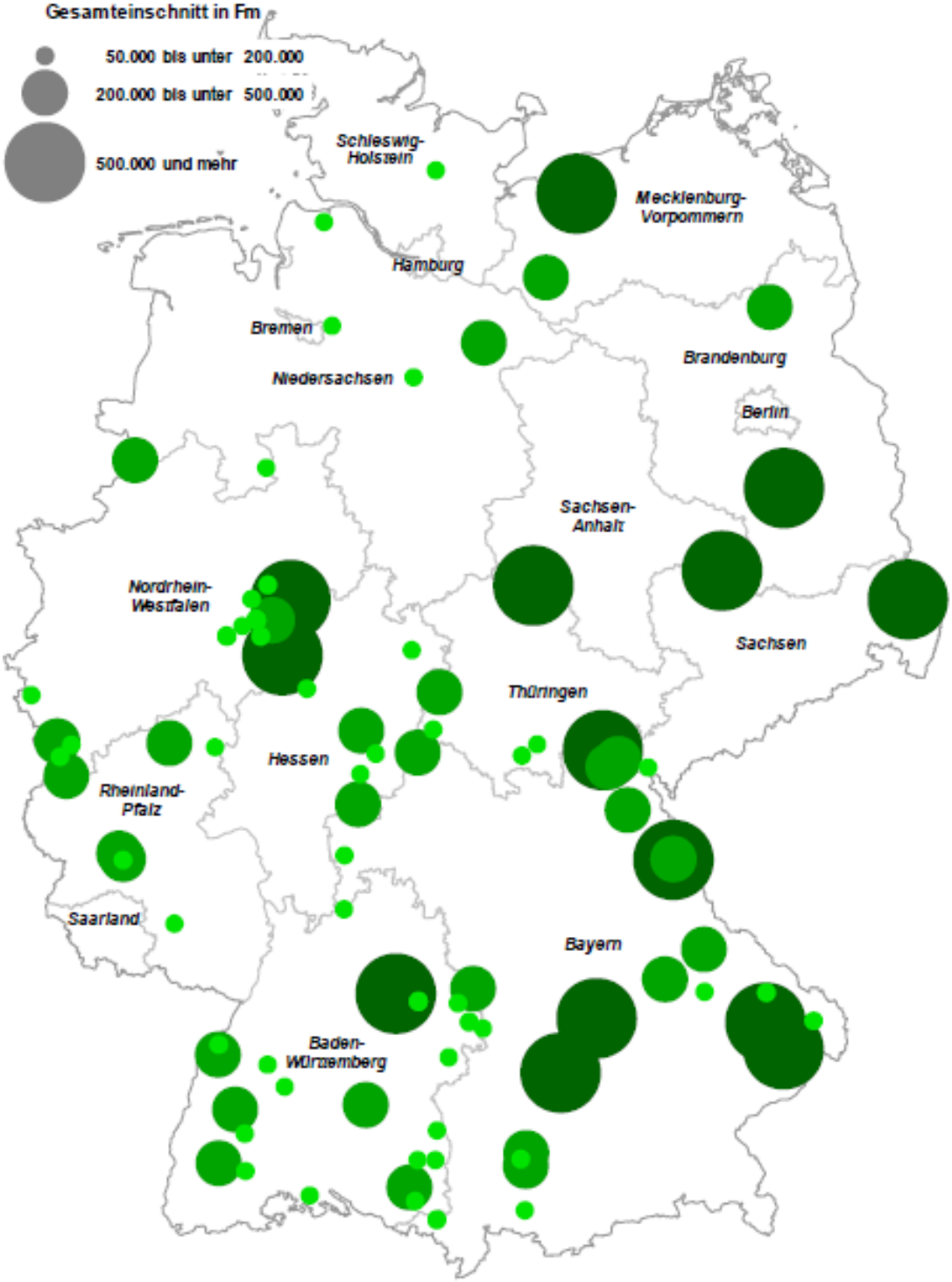
29 Der Unterschied zwischen Altpapiereinsatzquote und Altpapieranteil am Ressourcenverbrauch ist durch Verluste bei der Altpapieraufbereitung bedingt.

Tab. IV. 15: Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Cluster Holz in Baden-Württemberg 2013

Wirtschaftsabteilung	**Unternehmen** Anzahl	**SV-Beschäftigte** Anzahl	**Umsatz** 1.000 Euro
Holz bearbeitendes Gewerbe	*639*	*7.067*	*2.574.317*
Sägeindustrie	588	5.482	2.087.426
Holzwerkstoffindustrie	51	1.585	486.891
Holz verarbeitendes Gewerbe	*3.342*	*32.072*	*6.083.692*
Möbelindustrie	1.640	18.971	4.151.750
Holzpackmittelindustrie	180	1.362	441.994
Industrielles Holzbauwesen	1.483	8.567	1.251.385
Sonstige Holzverarbeitung	39	3.172	238.563
Holz im Baugewerbe	*5.870*	*25.400*	*3.458.823*
Zimmerer	3.136	11.681	1.887.496
Bautischlerei und -schlosserei	2.513	11.353	1.253.128
Holzfertigbau	221	2.366	318.199
Papiergewerbe	*248*	*20.903*	*4.803.670*
Holz- und Zellstofferzeugung	10	1.146	30.446
Papierherstellung	102	7.087	3.338.541
Papierverarbeitung	136	12.670	1.434.684
Holzhandel	*326*	*2.006*	*1.289.825*
Holzhandel mit Roh- u. Schnittholz	132	848	639.629
Großhandel mit sonstigen Holzhalbwaren sowie Bauelementen aus Holz	194	1.158	650.196
Cluster Holz gesamt	**10.425**	**87.448**	**18.210.327**

Quelle: Becher 2015, ohne Verlags- und Druckereigewerbe

Abb. IV. 6: Nadelholzsägewerke (≥90% Nadelholz) mit mindestens 50.000 Fm Jahreseinschnitt



Quelle: Döring, Mantau 2012: 47

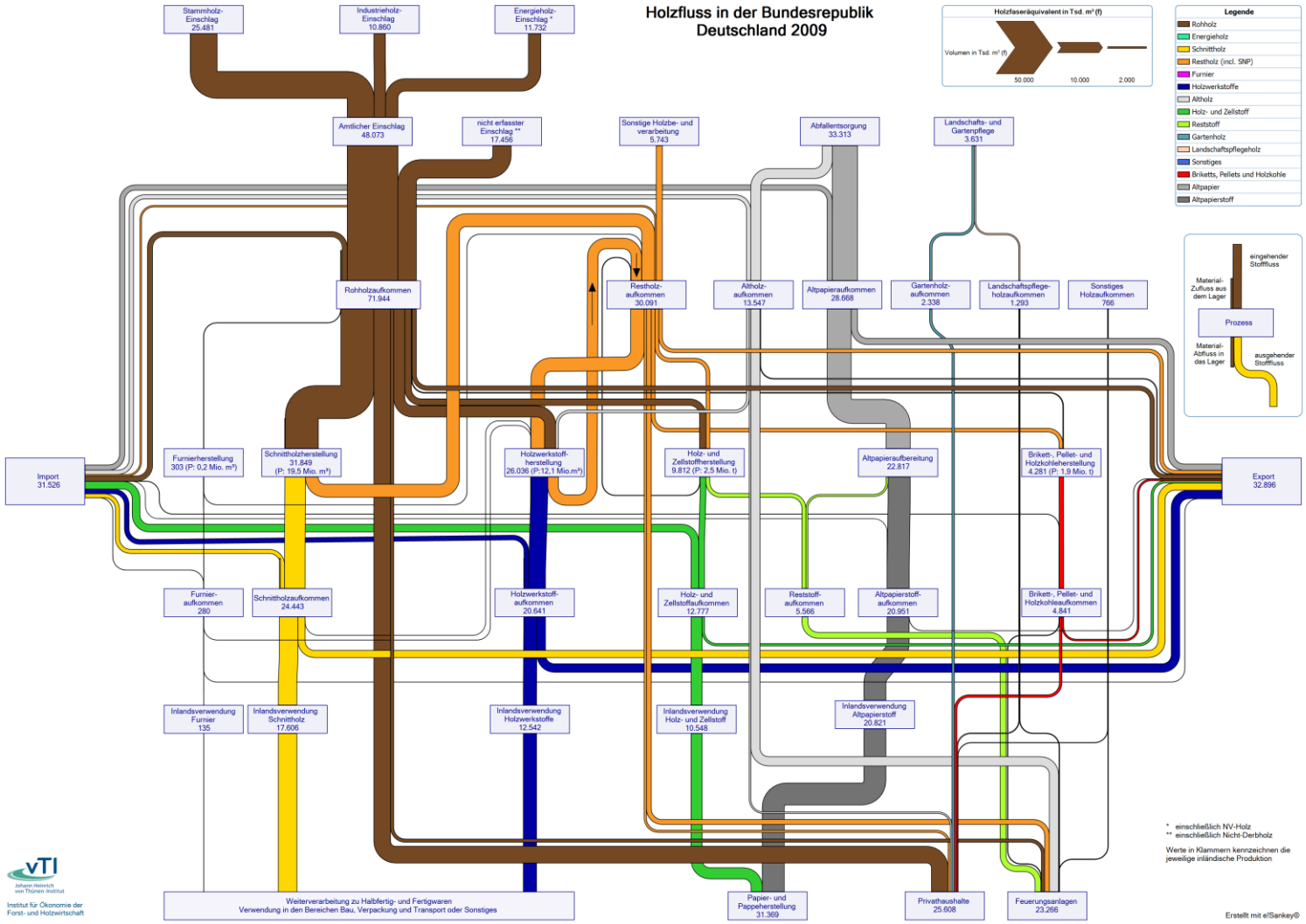
Insgesamt umfasst die Holzwirtschaft rund 1% der Unternehmen und rund 1,75% der Beschäftigten und des Umsatzes aller Unternehmen in Baden-Württemberg (Tab. IV.16). Die stofflichen Verknüpfungen in der Holzwirtschaft sowie die Gewichte einzelner Rohstoffe und Halbwaren, Rückflüsse und Schnittstellen zeigt die Abbildung II.7.

Tab. IV. 16: Anteil der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze im Bereich Holzwirtschaft an der Gesamtzahl der Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe / -klasse	**Wirtschaftsabteilung**	**Unternehmen** %	**SV-Beschäftigte** %	**Umsatz** %
16.1	Säge-, Hobel- u. Holzimprägnierwerke	0,09	0,12	0,17
16.2	Herstellung v. sonstigen Holz-, Kork-, Flecht- u. Korbwaren (ohne Möbel)	0,48	0,38	0,33
17.1	Herstellung v. Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	0,01	0,23	0,46
17.2	Herstellung v. Waren aus Papier, Karton und Pappe	0,06	0,48	0,46
31	Herstellung v. Möbeln	0,32	0,52	0,36
-	**Holzwirtschaft gesamt**	**0,96**	**1,73**	**1,78**

Quelle: SL BW 2016, eigene Berechnung

Abb. IV. 7: Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009



Quelle: Weimar 2011

Andere traditionelle stoffliche Nutzungen

Baden-Württemberg gehört zu den traditionellen Textilstandorten in Deutschland. Strukturwandel und Globalisierung sind im Textilbereich besonders ausgeprägt. Gab es 1970 noch ca. 200.000 Beschäftigte in der Textil- und Bekleidungsindustrie Baden-Württembergs (Weidenhausen 2010), so sind es jetzt nur ein Zehntel davon. Ein Großteil der Branche, insbesondere die Bekleidungsindustrie, hat sich in ost- und südostasiatische Länder, teilweise auch in Mittelmeerländer und osteuropäische Länder verlagert, angetrieben durch niedrige Lohnkosten, die Liberalisierung des Welttextilhandels und der Öffnung der Märkte in der EU. Soweit Unternehmen den Strukturwandel überlebt haben, sind am Standort Deutschland Design, Entwicklung, Musterung, Vermarktung sowie kapital- und technologieintensive Produktionen verblieben (Tab. IV.17). Die Liefer-, Produktions- und Absatzstrukturen stellen heute komplexe, globale Netzwerke dar, in denen Handelsketten- und Markenunternehmen bestimmend sind (Beckert 2014). Zusätzlich sind in den letzten Jahrzehnten zunehmend Naturfasern durch synthetische Fasern bzw. Stoffe ersetzt worden. Es konnten keine Angaben gefunden werden, in welchem Umfang die baden-württembergische Textilindustrie heute auf bio-basierten Rohstoffen beruht. In der Schuhindustrie ist eine vergleichbare Entwicklung abgelaufen. Allen Branchen in der Tab. IV.17 ist gemeinsam, dass nur ein Teil ihrer Rohstoffbasis biologische Materialien sind und sie somit nur teilweise zur Bioökonomie gehören.

Tab. IV. 17: Unternehmen, Beschäftigten und Umsätze in weiteren Branchen mit traditionellen stofflichen Nutzungen von Biomasse in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe	**Wirtschaftsabteilung**	**Unternehmen** Anzahl	**SV-Beschäftigte** Anzahl	**Umsatz** 1.000 Euro
13	Herstellung von Textilien	819	12.751	2.255.385
14	Herstellung von Bekleidung	546	9.858	2.238.465
15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	212	1.658	565.068
32.2	Herstellung von Musikinstrumenten	261	1.268	157.874
-	**Weitere Branchen mit traditioneller stofflicher Nutzung von Biomasse gesamt**	**1.838**	**25.535**	**5.216.792**

Quelle: SL BW 2016

Chemische und pharmazeutische Industrie sowie Biotechnologie-Industrie

In Baden-Württemberg waren 570 Unternehmen der chemischen Industrie und 130 Unternehmen der pharmazeutischen Industrie im Jahr 2013 ansässig (Tab. IV.18). Baden-Württemberg gehört zu den führenden Chemiestandorten in Deutschland. Mehr als die Hälfte des Umsatzes und der Beschäftigen in der deutschen Chemieindustrie entfällt auf die führenden Chemiekonzerne, und fast 60% des Gesamtumsatzes wird im Ausland erzielt (Bioökonomierat 2015). Die große Mehrzahl der Unternehmen ist mittelständisch und meist anwendungsnaher Veredler von Grund- und Spezialchemikalien.

Tab. IV. 18: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze in der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Baden-Württemberg 2013

Wirtschafts-gruppe	**Wirtschaftsabteilung**	**Unternehmen** Anzahl	**SV-Beschäftigte** Anzahl	**Umsatz** 1.000 Euro
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	570	28.680	9.330.515
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	130	26.782	8.820.002
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	1.450	67.982	15.458.238
-	**Chemische und pharmazeutische Industrie gesamt**	**2.150**	**123.444**	**33.608.755**

Quelle: SL BW 2016

Die Chemieindustrie ist gekennzeichnet durch vielstufige und vielfach verzweigte Wertschöpfungsketten, in denen über komplexe und sehr unterschiedliche Prozesse mehr als 100.000 Produkte hergestellt werden. Am Anfang der petrochemischen Produktion in Europa steht das Spalten von Rohbenzin (Naphtha) in einige Basischemikalien. Nachwachsende Rohstoffe, also die Nutzung von Biomasse, haben sich überall dort erhalten oder durchgesetzt, wo technische und ökonomische Vorteile gegenüber fossilen Einsatzstoffen bestehen. Der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe an der Rohstoffbasis der organischen Chemie beträgt 13% im Jahr 2013 und wird überwiegend zur Produktion von Spezialchemikalien genutzt. Davon entfallen knapp die Hälfte auf Fette und Öle, die vorwiegend in der Oleochemie genutzt werden, unter anderem zur Herstellung von Tensiden (waschaktive Substanzen in Waschmitteln). Stärke und Zucker (rund 12% der genutzten nachwachsenden Rohstoffe) finden diverse Anwendungen, u.a. als Rohstoff für Fermentationsprozesse in der industriellen Biotechnologie. Zellulose (rund 15% der genutzten nachwachsenden Rohstoffe) wird vor allem für die Herstellung von Chemiefasern (Viskose) genutzt (VCI 2017). Wiederum gibt es keine Daten, in welchem Umfang insgesamt die chemische und pharmazeutische Industrie in Baden-Württemberg nachwachsende Rohstoffe bzw. biologische Materialien einsetzt. Im Folgenden werden die Akteure in Baden-Württemberg für ausgewählte Bereiche der Biomassenutzung in der chemischen Industrie identifiziert.

Biokunststoffhersteller

Führende multinationale Chemieunternehmen wie BASF, Bayer Material Science, Dow Chemical und Procter & Gamble mit Unternehmenssitz außerhalb von Baden-Württemberg bieten mittlerweile einzelne Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. biologisch abbaubare Kunststoffe an. Für Baden-Württemberg verzeichnet das Branchenportal Biokunststoffe 9 mittelständische Unternehmen, die Biokunststoffe herstellen und vertreiben. Die Produktpallette reicht von Müllbeuteln, Verpackungen, Trinkhalmen bis zu Kunststoffhalbzeuge, Pflanzcontainer und biologisch abbaubare Polymere für die Agrarindustrie (Biokunststoffe 2016).

Biotechnologie-Unternehmen

Der deutsche Biotechnologie-Sektor im Jahr 2015 umfasste 593 Unternehmen, hatte einen Umsatz von 3,28 Mrd. Euro und tätigte Investitionen in Forschung und Entwicklung von 1,04 Mrd. Euro. Von diesen Biotechnologie-Unternehmen sind rund 3% der landwirtschaftlichen und rund 10% der industriellen Biotechnologie zugeordnet. Der Umsatz in der industriellen Biotechnologie betrug 244,4 Mio. Euro.

Diese Angaben beruhen nicht auf einer offiziellen statistischen Erhebung, sondern wurden mittels einer Unternehmensbefragung auf der Basis von OECD Guidelines erhoben (BIOCOM 2016a). Für Baden-Württemberg sind 93 dezidierte Biotechnologie-Unternehmen ausgewiesen (Tab. IV.19), die insgesamt 3.010 Beschäftigte haben. Hinzu kommen 13 Unternehmen, die neben anderen Tätigkeitsfeldern im Bereich Biotechnologie aktiv sind. Die meisten Unternehmen sind auf den Bereich Gesundheit und Medizin ausgerichtet.

Tab. IV. 19: Biotechnologie-Unternehmen in Baden-Württemberg nach Biotechnologie-Datenbank

Ausrichtung der Biotechnologie-Unternehmen	**Unternehmen** Anzahl
Biotech-Unternehmen dezidiert, alle Ausrichtungen	93
Biotech-Unternehmen dezidiert, Ausrichtung Gesundheit, Medizin, Tiergesundh.	53
Biotech-Unternehmen dezidiert, Ausrichtung Landwirtschaft	4
Biotech-Unternehmen dezidiert, Ausrichtung industrielle Produktion	2
Biotech-Unternehmen dezidiert, Ausrichtung Umweltschutz, Erhalt natürlicher Ressourcen	3
Biotech-Unternehmen dezidiert, Ausrichtung nicht spezifische Anwendungen, Bioinformatik	35
Biotech-Unternehmen sonstige, alle Ausrichtungen	13

Quelle: BIOCOM 2016b

Biotechnologie-Regionen

Baden-Württemberg verfügt über fünf ausgewiesene Biotechnologie-Regionen, die auch als BioRegionen bezeichnet werden (Tab. IV.20). Zielsetzung der Biotechnologie-Regionen ist die Vernetzung und Innovationsförderung. Die Schwerpunkte liegen in den Bereichen Medizin und Medizintechnik, Diagnostik und Biopharmazie, Analytik und Umweltschutz. Nur in der BioRegion Freiburg liegt ein Schwerpunkt auf Pflanzenbiotechnologie.

Tab. IV. 20: BioRegionen in Baden-Württemberg Quelle: BioRegionen (2016)

BioRegion	F&E Schwerpunkte	Mitglieder / Anzahl Unternehmen in der Region
BioLAGO e.V. (http://www.biolago.org/): Grenzüberschreitendes Netzwerk für Life Sciences in der Vierländerregion Bodensee (Deutschland, Schweiz, Österreich und Liechtenstein)	Pharma, Diagnostik, Biotechnologie, Medizintechnik, Ernährung, Umweltschutz, Analytik, Medizin- und Bioinformatik	84 (Mitglieder, davon 7 Kernbranche Biotechnologie)
BioRegio STERN Management GmbH (http://www.bioregio-stern.de/): Interkommunale Wirtschaftsförderung von Region und Stadt Stuttgart, Tübingen, Esslingen am Neckar, Reutlingen, Regionalverband Neckar-Alb	Biotechnologie, Medizintechnik, Regenerative Medizin, Engineering & Automation	56 (Unternehmen Biotechnologie) ca. 120 (Unternehmen Medizintechnik)
BioRegion Ulm (http://www.bioregion-ulm.de/home/): Clusterinitiative BioPharMaXX als regional und international offense Netzwerk	Entwicklung und Herstellung biopharmazeutischer Wirkstoffe, Comprehensive Cancer Center, Ulm; Zelluläre Differenzierung, Regenerative Medizin	20 (Unternehmen Biotechnologie/Pharma) 100 (Unternehmen gesamt)
BioRegio Freiburg / BioValley (http://www.bioregion-freiburg.de/): Partner des trinationalen Life Sciences und Medizintechnik-Clusters BioValley (Netzwerk von Biotech- und Life-Sciences Unternehmen) der Region am Oberrhein im Dreiländereck Deutschland – Frankreich – Schweiz	Pflanzenbiotechnologie, Tissue Engineering, Onkologie, Immunologie, Molekularbiologie / Molekulare Medizin, Neurowissenschaften, Biomimetik, Nanotechnologie, Systembiologie, Materialwissenschaften	55 (Mitglieder BioValley) ca. 600 (Unternehmen mit Life-Science-Aktivitäten)
Technologiepark Heidelberg GmbH (http://www.technologiepark-heidelberg.de/): Gesellschafter Stadt Heidelberg und Industrie- und Handelskammer Rhein-Neckar; Impulsgeber für Wissenschaft und Wirtschaft	Biotechnologie, Pharma, Diagnostik, Medizintechnik, IKT, Organic Electronics, Green Technologies	ca. 80 (Biotechnologie-/ Pharmazeutische Unternehmen)

2.5 Akteure im Umfeld der Bioökonomie

Nicht zur Bioökonomie zählen vorgelagerte Wirtschaftsbereiche, die für die Primärproduktion sowie die Konversion von Biomasse Produktionsmittel und Investitionsgüter liefern sowie Dienstleistungen bereitstellen. Sie bilden damit wichtige Grundlagen für eine funktionierende Bioökonomie und beeinflussen ihre Ausprägung. Sie teilen und prägen vorherrschende technologische Paradigmen und Trajektorien und somit auch, welche Innovationen zum Zuge kommen und welche eher nicht (Vanloqueren, Baret 2009).

Wichtige Akteure im Umfeld der Bioökonomie sind unter anderem:

> Hersteller landwirtschaftlicher Produktionsmittel (z.B. Düngemittelhersteller, Pflanzenschutzmittelhersteller) sowie landwirtschaftlicher Maschinen und Bauten
> Hersteller forstwirtschaftlicher Maschinen
> Anlagen- und Maschinenbau (z.B. Hersteller von Konversionsanlagen wie Biogasanlagen)
> Transportgewerbe
> Dienstleistungsunternehmen (z.B. in den Bereichen Finanzierung, Informations- und Kommunikationstechnik, Steuer- und Rechtsberatung, Vermarktung)

Landwirtschaftliche Betriebe sind in der Regel regional eng mit den Vorleistungslieferanten vernetzt. Die räumliche Distanz zwischen landwirtschaftlichem Betrieb und Zulieferer wird umso größer, je produktionsspezifischer ein Zulieferer ist (Hensche et al. 2011: 147-148). Jenseits der unmittelbaren Vorleistungslieferanten verliert sich der regionale Bezug, da die Produktion wichtiger landwirtschaftlicher Vorleistungen (z.B. Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Landmaschinen) von multinationalen Unternehmen beherrscht wird.

Eine Untersuchung der Wertschöpfungsketten von Unternehmen der Agrartechnik in Nordwestdeutschland zeigt, dass es bei den Zulieferernetzwerken eine starke Agglomeration von Zulieferern in direkter räumlicher Nähe gibt, aufgrund der Transportkostenoptimierung, der größeren Flexibilität und der Zusammenarbeit mit bekannten Unternehmen. In unterschiedlichem Maße sind allerdings auch Zulieferer aus anderen europäischen Ländern eingebunden. Gleichzeitig sind internationale Absatzmärkte von hoher Bedeutung. Ein untersuchtes Unternehmen hat zusätzlich zum Vertrieb auch für die Aktivitäten Logistik und Einkauf globale Strukturen an Orten des Absatzes geschaffen (Tepe 2015).

3. Akteurskonstellationen

Für die identifizierten Akteure der Bioökonomie sind neben ihrer Zuordnung zu Wertschöpfungsketten verschiedene weitere Strukturierungen relevant, die im Folgenden herausgearbeitet werden.

3.1 Akteure lokal bis international

Von der lokalen bis zur globalen Ebene sind wichtige Akteurskonstellationen anzutreffen. Neben den Aktivitäten und der Zusammenarbeit auf der jeweiligen räumlichen Ebene bestehen vielfältige Beziehungen und Wechselwirkungen über die Ebenen hinweg.

Lokale Netzwerke

Diese haben sich in Baden-Württemberg insbesondere im Rahmen der *Bioenergiedörfer* entwickelt (Kap. IV.2.3). In diesen Netzwerken findet eine Kooperation insbesondere von Land- und Forstwirten, Bürgern und Kommunen sowie regionalen Handwerkern, die im Rahmen der Anlageninstallation sowie Wartung und Instandhaltung eingebunden sind, statt (vgl. FNR 2014: 108). Sie gehen auf lokale Initiativen zurück und stellen somit einerseits endogene Entwicklungen dar. Andererseits kommen Anstöße und Förderung durch spezielle Bundes- und Landesprogramme und die ökonomische Realisierbarkeit ist von der EEG-Förderung abhängig.

Industrielle Symbiosen sind ein weiteres Konzept lokaler Netzwerke. In einer industriellen Symbiose arbeiten Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen zusammen, um Koppelprodukte und Abfälle untereinander auszutauschen und zu verwerten. Die Kalundborg-Symbiose in Dänemark ist ein schon

länger bestehendes Beispiel, bei dem 20 verschiedene Unternehmen Dampf, Gase, Wärme, Flüssigschlämme und andere Abfallstoffe gegenseitig nutzen (Winther 2014: 34). Ein weiteres Beispiel ist der im Aufbau befindliche Biobased Economy Park Cuijk in den Niedelanden (Ganzevles et al. 2015). Die komplexe Verbundproduktion in den großen Unternehmen der Chemieindustrie kann allerdings auch, ohne Austausch zwischen Unternehmen, als industrielle Symbiose angesehen werden.

Eine ganz andere Art von lokalen Netzwerken entsteht durch die *Direktvermarktung von Nahrungsmitteln* durch Landwirte. Der Verkauf der eigenen landwirtschaftlichen Produkte kann auf dem Betrieb (Hofladen etc.) oder lokal über Marktstände, Lieferservice etc. erfolgen und schafft einen engen Kontakt mit Verbrauchern. Gleiches gilt für die solidarische Landwirtschaft (Community Supported Agriculture) und Food-Kooperativen (Albrecht et al. 2014). Nur ein sehr kleiner Teil der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion geht in die Direktvermarktung, für einzelne landwirtschaftliche Betriebe kann sie aber ein wichtiges Standbein sein, und sie erfüllt wichtige soziale Funktionen durch den direkten Austausch zwischen Landwirten und Verbrauchern.

Regionale Netzwerke und Cluster

Die *Landwirtschaft* ist mit ihren direkten Marktpartnern regional eng vernetzt, wobei die Abnehmer der landwirtschaftlichen Produkte tendenziell eine größere räumliche Distanz aufweisen als die Zulieferer von Betriebsmitteln, Investitionsgütern und Dienstleistungen (Hensche et al. 2011: 147). Die direkten Marktpartner wie Landmaschinenhandel, Warengenossenschaft, Maschinenring etc. auf der Vorleistungsseite und Molkereien, Mühlen, Landhandel auf Abnehmerseite sind durchweg mittelständische Unternehmen. Dieser regionale Bezug geht im weiteren Verlauf der Wertschöpfungsketten dann oftmals verloren. Die Herstellung landwirtschaftlicher Produktionsmittel ist hoch konzentriert in wenigen multinationalen Unternehmen (s.u.). Ebenso sind Lebensmittel-Wertschöpfungsketten durch eine zunehmende Unternehmenskonzentration in vielen Bereichen der Nahrungsmittelindustrie und im Lebensmitteleinzelhandel sowie nationale und internationale Warenströme gekennzeichnet (s. Kap. IV.2.2). Selbst regionale Spezialitäten mit geschützten Herkunftsbezeichnungen werden teilweise international vermarktet (vgl. Albrecht et al. 2014). Gleichzeitig haben in den letzten Jahren regionale Lebensmittel im Einzelhandel an Bedeutung gewonnen und zunehmend werden Produkte mit dem Label „Regionalfenster“ vermarktet.

Zwischen *Forstwirtschaft* und zumindest der ersten Stufe der traditionellen Wertschöpfungsketten der Holzwirtschaft (Sägewerken) besteht eine enge regionale Verknüpfung (s. Kap. IV.2.1 Forstwirtschaft). In den weiteren Stufen der Holzwirtschaft wie beispielsweise der Möbelindustrie oder der Verwendung von Holzwerkstoffen besteht allerdings in der Regel kein regionaler Bezug mehr. Regionale Kooperationen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg beispielsweise im Holzhausbau oder in der Möbelherstellung stellen eine Ausnahme dar. Diese haben zwar ein großes Potential die regionale Wertschöpfung zu steigern, sind aber schwierig zu realisieren (Gothe, Hahne 2005).

Die Förderung von *regionalen Clusterbildungen* ist ein häufig genutztes Instrument der Forschungs- und Innovationspolitik. Die Erwartung ist, dass mit der Verknüpfung von Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und anderen Akteuren in räumlicher Nähe besonders starke Innovationsimpulse erreicht werden können. Cluster-Initiativen können vom Land, Bund und der EU unterstützt werden. In Baden-Württemberg sind solche Cluster mit Relevanz für die Bioökonomie im Bereich der Biotechnologie (BioRegionen – Kap. IV.2.4) und der Bioenergie (Bioenergieregionen – Kap. II.2.3) initiiert und gefördert worden. Weitere Cluster-Initiativen sind (MW BW 2017):

> Biomastec: Marktorientierte Erforschung und Entwicklung von innovativen Verfahren, Produkten und technischen Dienstleistungen für die Nutzung von Abfall-Bioressourcen, Region Ostwürttemberg;
> Holzkette Schwarzwald: Zusammenschluss aus Vertretern von Gemeinden, Forst- und Holzwirtschaft, Handwerks- und Gewerbetrieben aus der Holzbranche, Dienstleistungsunternehmen, u.a. mit dem Ziel die Zusammenarbeit und den Holzabsatz zu fördern;
> proHolz Schwarzwald: Plattform für Branchenmitglieder über die Wertschöpfungskette hinweg zur Information der Öffentlichkeit und zum Informationsaustausch;
> Regioholz Nordschwarzwald: Plattform für die Unternehmen der Holz- und Möbelbranche in der Region.

Bioökonomie-Cluster bestehen auch in anderen Bundesländern. Im Bereich der Wertschöpfungsketten Holz und Chemie ist der BioEconomy Cluster Mitteldeutschland[30] angesiedelt, der vom BMBF im Rahmen der Spitzencluster Initiative gefördert wird und mehr als 50 Unternehmen sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen eng verzahnt. In dieser Region wurde außerdem eine Pilotanlage einer Lignozellulose-Bioraffinerie aufgebaut[31]. Nordrhein-Westfalen hat das interdisziplinäre Bioeconomy Science Center (BioSC)[32] unter Beteiligung der Universitäten Aachen, Bonn und Düsseldorf und dem Forschungszentrum Jülich initiiert.

Akteure auf Länderebene

Die Landesregierung ist wichtiger Akteur. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) Baden-Württemberg bündelt und unterstützt mit seinem Forschungsprogramm Bioökonomie Forschungsaktivitäten in den Bereichen Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) Baden-Württemberg gestaltet genauso wichtige Bereiche der Bioökonomie mit dem Förderprogramm Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) sowie weiteren Förderprogrammen. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg ist beispielsweise mit der Landesstrategie Ressourceneffizienz relevant für die Bioökonomie. Schließlich ist das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg mit seinen Aktivitäten zur Innovationsförderung relevant. Dazu kommen eine Reihe von nachgeordneten Behörden bzw. Organisation wie beispielsweise:

> Landesanstalten im Geschäftsbereich des MLR[33]
> Landesforstverwaltung und -betrieb (ForstBW)[34]
> BIOPRO Landesgesellschaft[35]
> Clusterinitiative Forst und Holz Baden-Württemberg[36]

Weitere Akteure sind die Landesverbände von Unternehmens- bzw. Branchenverbänden sowie Landesverbände zivilgesellschaftlicher Akteure wie Umwelt- und Verbraucherorganisationen, wobei sich viele noch nicht sehr intensiv mit der Bioökonomieforschung und -politik auseinandergesetzt haben.

30 http://www.bioeconomy.de/
31 http://lignocellulose-bioraffinerie.de/
32 https://www.biosc.de/biosc
33 https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/,Lde/Startseite/Dienststellen/Landesanstalten
34 http://www.forstbw.de/
35 https://www.bio-pro.de/de/
36 http://www.cluster-forstholz-bw.de/

Akteure auf Bundesebene

Die Bundesregierung ist hier ein wichtiger Akteur mit der Forschungsstrategie Bioökonomie unter Federführung des BMBF (BMBF 2010) und der Politikstrategie unter Federführung des BMEL (BMEL 2014). Dazu kommt der Bioökonomierat[37] als Beratungsgremium. Die Forschungsförderung von BMBF und BMEL ist von zentraler Bedeutung für die Bioökonomieforschung vor Ort. Forschungs- und Assessmentaktivitäten zur Bioökonomie finden außerdem u.a. in Bundesforschungsanstalten und Großforschungseinrichtungen statt. Hier spielen auch Interessenverbände der Industrie (z.B. VDI), der Landwirtschaft (z.B. DBV, AbL) und des Natur- und Umweltschutzes (z.B. NABU) eine wichtige Rolle in der Meinungsbildung und den Diskursen.

Europäische Akteure

Die Bioökonomie-Strategie der Europäischen Kommission ist in der DG (Generaldirektion) Forschung und Innovation angesiedelt, und Bioökonomie spielt eine wichtige Rolle im Rahmen der „Horizon 2020“ Forschungsförderung. Die Aktivitäten der Kommission werden von einem „Bioeconomy Stakeholders Panel“ begleitet. Das „Bio-Based Industries Joint Undertaking“ ist eine Public-Private Partnerschaft zwischen der EU und einem Konsortium bio-basierter Industrieunternehmen mit einem Volumen von 3,7 Mrd. €[38]. Hinzu kommen diverse Technologie-Plattformen Europäische Technologieplattform (ETP) wie z.B. „Food for Life“ und „Plants for the Future“. Eine ERA-NET Plattform zur Bioökonomie[39] sowie „Joint Programming Initiatives“ sollen die Koordination der Forschungsaktivitäten der Mitgliedsstaaten unterstützen. Das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT) der EU in Budapest hat 2017 eine „Wissens- und Innovationsgemeinschaft“ (Knowledge and Innovation Community (KIC)) im Bereich Lebensmittel[40] gestartet, an dem Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen beteiligt sind. Wichtige Interessensverbände sind beispielsweise EuropaBio (The European Association of Bioindustries[41]) auf Seiten der Industrie und Friends of the Earth Europe[42] auf Seiten der Umweltverbände.

Internationale Akteure

Globale Akteure mit engem Bezug zur Bioökonomie sind zunächst die zuständigen UN-Institutionen, insbesondere die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) und UNEP (United Nations Environment Programme) sowie die internationale Agrarforschung (CGIAR – Consultative Group on International Agricultural Research und seine 15 internationalen Forschungszentren; GFAR – The Global Forum on Agricultural Research), auch wenn ihre Aktivitäten durchweg nicht unter dem Label Bioökonomie geführt werden. Als nächstes ist die OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) zu nennen, die schon 2009 einen Report zur Bioökonomie vorgelegt hat. 2015 hat erstmals in Berlin der „Global Bioeconomy Summit“, organisiert vom deutschen Bioökonomierat als globale Austauschplattform, stattgefunden; der zweite Global Bioeconomy Summit ist für April 2018 geplant.

37 http://biooekonomierat.de/
38 https://bbi-europe.eu/
39 http://era-platform.eu/
40 https://eit.europa.eu/eit-community/eit-food
41 https://www.europabio.org/
42 http://www.foeeurope.org/

Die zweite wichtige Gruppe von globalen Akteuren sind multinationale Unternehmen. Eine hohe Unternehmenskonzentration mit hohen globalen Marktanteilen weniger multinationaler Unternehmen besteht in den Bereichen Saatgut, Pflanzenschutzmittel, Düngemittel, Landmaschinen, Agrarhandel, Tierzucht und Biotechnologie. Der Marktanteil der Top-10-Konzerne am globalen Saatgutmarkt beträgt 75%, am Düngemittelmarkt 41%, am Pflanzenschutzmittelmarkt 95% und an der Nahrungsmittelverarbeitung 28% sowie der Marktanteil der Top-4-Konzerne am internationalen Handel mit Agrarrohstoffen 75% (EvB et al. 2014).

Schließlich gibt es auch auf globaler Ebene Organisationen der Zivilgesellschaft wie Greenpeace International, Friends of the Earth oder ETC Group[43], die kritisch zur Bioökonomie Stellung nehmen.

3.2 Akteure der traditionellen und innovativen Bioökonomie

Eine weitere wichtige Unterscheidung kann zwischen Akteuren der etablierten, traditionellen Wertschöpfungsketten und neuer, innovativer Bioökonomie-Aktivitäten vorgenommen werden

Akteure der traditionellen Bioökonomie finden sich insbesondere in den Bereichen der Landwirtschaft und Lebensmittelkette sowie der Forst- und Holzwirtschaft. Sie agieren in lange etablieren Netzwerken. Für sie steht die Weiterentwicklung ihrer traditionellen Aktivitäten im Vordergrund. Sie müssen sich beispielsweise mit Änderungen der EU-Agrarpolitik, Erzeugerpreisentwicklungen, Strukturwandel oder Nachfrageveränderungen auseinandersetzen. Allerdings werden auch sich bietende Chancen neuer Bioökonomie-Aktivitäten genutzt. Viele landwirtschaftliche Betriebe haben Photovoltaik-Anlagen installiert und die Anzahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist von 2000 bis 2012 stark gestiegen (s. Kap. IV.2.1). In der Holzindustrie ist die energetische Nutzung von Holznebenprodukten ausgebaut worden (s. Kap. IV.2.3). Voraussetzung war die Verfügbarkeit ausgereifter Technologien und eine attraktive staatliche Förderungen.

Neue, innovative Wertschöpfungsketten werden in unterschiedlichen Konstellationen entwickelt und eingeführt:

> Start-ups, die mit neuen Technologien und/oder neuen bio-basierten Produkten an den Markt gehen;
> Mittelständische Unternehmen, die ihr Produktportfolio mit bio-basierten Produkten ergänzen bzw. auf diese umstellen;
> Multinationale Unternehmen, die ergänzend die Produktion und Vermarktung neuer bio-basierter Produkte aufnehmen.

Ein Beispiel für eine regional verankerte Produktion aus dem Feld innovativer Wertschöpfungsketten ist die „Biowert“ Bioraffinerie in Brensbach im Odenwald[44], wo aus Wiesengras, das von Landwirten aus der Region geliefert wird, in mehreren Schritten innovative Materialien wie Kunststoffe, Dämmstoffe und Düngemittel hergestellt sowie über Biogas Strom erzeugt wird. Ein Beispiel für den Aufbau einer Wertschöpfungskette auf nationaler Rohstoffbasis ist die seit 2011 in Brasilien im großen Maßstab erfolgende Produktion von Bio-Polyethylen aus Bioethanol durch das brasilianische Unternehmen Braskem, São Paulo (Gandert 2015), wobei die Produktion von Bioethanol aus Zuckerrohr schon lange

43 http://www.etcgroup.org/
44 http://www.biowert.de/

in Brasilien etabliert ist. Im Fall von Zucker und Stärke, beispielsweise für die biotechnologische Herstellung von Biokunststoffen, erfolgt die Rohstoffversorgung über globale Märkte und wird vom Preis bestimmt.

3.3 Akteure verschiedener gesellschaftlicher Funktionsbereiche

In der Bioökonomie wirken schließlich Akteure verschiedener gesellschaftlicher Funktionsbereiche zusammen.

Wissenschaft

Wissenschaftler waren maßgeblich an der Ausarbeitung von Bioökonomie-Strategien beteiligt und beraten die Politik, beispielsweise über den Bioökonomierat. Wissenschaftler verschiedener Disziplinen entwickeln mit ihrer Forschung neue Technologien und andere Innovationen in der Bioökonomie. Neben der öffentlichen Forschung spielt die Industrieforschung eine wichtige Rolle. Darüber hinaus beschäftigt sich die Wissenschaft mit möglichen Auswirkungen neuer Technologien und Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie, u.a. hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und sozialer Wirkungen. Schließlich liefern Wissenschaftler wichtige Beiträge zur kritischen Reflexion der Bioökonomie-Strategien, zur Formulierung alternativer Visionen und zum gesellschaftlichen Diskurs.

Politik

Bioökonomie ist gleichzeitig ein politisches Projekt und Akteure der Forschungs- und Innovationspolitik spielen eine zentrale Rolle. Bioökonomie im weiteren Sinne betrifft gleichzeitig klassische Politikbereiche wie Agrar-, Forst- und Umweltpolitik. Eine Vielzahl von politischen Akteuren ist involviert, die ihre spezifischen politischen Gestaltungsmöglichkeiten und Interessen einbringen. Koordinierungsbedarf besteht zwischen verschiedenen Politikfeldern bzw. Ministerien (wahrgenommen z.B. durch interministerielle Arbeitsgruppen) und zwischen den politischen Ebenen von der EU bis zu den Bundesländern. Kennzeichnet für die Bioökonomie ist daher eine Multilevel- und Multisektor-Governance.

Wirtschaft

Die Biotechnologieindustrie hat wesentlich zur Entstehung des Bioökonomie-Konzepts beigetragen. Mit den transformationsorientierten Bioökonomie-Strategien sind mittlerweile andere Industrien sowie Land- und Forstwirtschaft mit einbezogen. Viele Unternehmen sehen sich aber nicht unbedingt als Teil der Bioökonomie, sondern verorten sich in traditionellen Wirtschaftszweigen. Neue bioökonomische Aktivitäten sind in der Regel beschränkt auf Pioniere oder stellen eine Ergänzung bestehender Unternehmensfelder dar.

Gesellschaft

Eine breite gesellschaftliche Debatte zu Bioökonomie-Strategien oder zur Bioökonomie allgemein gibt es bisher nicht. Große gesellschaftliche Resonanz hat dagegen die Teller-Tank-Diskussion um Biokraftstoffe gefunden. Gleiches gilt für die kritische Diskussion des starken Ausbaus der Biogasproduktion mit dem damit verbundenen Anbau von Silomais (s. Kap. IV.5). Umweltverbände auf Bundesebene und EU-Ebene setzen sich kritisch mit der Bioökonomie auseinander. Auf der Ebene der Landesverbände und Ortsgruppen stehen dagegen aktuelle Umwelt- und Naturschutzfragen im Vordergrund; eine Auseinandersetzung mit Bioökonomie spielt keine große Rolle.

4. Potentielle Interessenkonflikte zwischen Akteuren

Einerseits gibt es zwischen den Akteuren der Bioökonomie vielfältige Kooperationen und Akteursnetzwerke, andererseits sind ihre Interessen nicht immer gleich gerichtet. In diesem Kapitel wird der Versuch unternommen, eine Systematik potentieller Interessenkonflikte zu entwickeln.

4.1 Potentielle Interessenkonflikte innerhalb von Wertschöpfungsketten

Innerhalb der Wertschöpfungsketten sind die nachgelagerten Stufen daran interessiert, ihre biologischen Rohstoffe bzw. Vorprodukte möglichst preisgünstig zu beziehen. Dieser Druck auf Erzeugerpreise ist in Lebensmittelketten stark ausgeprägt, wo der Lebensmitteleinzelhandel mittlerweile eine preisbestimmende Position hat. Entsprechende potentielle Interessenkonflikte sind auch für neue Wertschöpfungsketten zu erwarten. Damit haben Akteure einer Wertschöpfungskette potentiell auch unterschiedliche Interessen hinsichtlich der Gestaltung politischer Rahmenbedingungen, die Biomassepreise beeinflussen, wie beispielsweise im Hinblick auf Außenschutz und Handelshemmnisse.

Die Verarbeitungsstufen haben Anforderungen an Qualität, Menge und Termin der Biomasselieferungen, sowohl in traditionellen als auch in innovativen Wertschöpfungsketten, die nicht immer leicht von den Biomasseerzeugung zu erfüllen sind. Dies hat das Potential zu Konflikten. Außerdem sind beispielsweise Bioraffinerien auf eine langfristig gesicherte und zuverlässige Biomasseversorgung angewiesen, wobei eine entsprechende Vertragsbindung Landwirten bzw. Waldeigentümern die Möglichkeit nimmt, in der Zwischenzeit ökonomisch attraktivere Alternativen zu nutzen.

4.2 Potentielle Interessenkonflikte zwischen traditioneller und innovativer Bioökonomie

Interessenkonflikte zwischen Akteuren traditioneller und innovativer Wertschöpfungsketten können potentiell verursacht werden durch

> Konkurrenzen um Biomasse und
> Konkurrenzen um Endproduktmärkte.

Im ersteren Fall sind Interessenkonflikte insbesondere dann zu erwarten, wenn eine neue, zusätzliche Nachfrage nach Biomasse nicht auf eine parallele Ausweitung des Biomasseangebots oder eine Etablierung neuer Kaskadennutzungen trifft. Interessengegensätze werden noch verschärft, wenn die dadurch bedingte Verteuerung von Biomasse von traditionellen Akteuren nicht auf ihre Produkte abgewälzt werden kann bzw. zu Absatzrückgängen führt. So hat beispielsweise die Holzwerkstoffindustrie schon in den letzten Jahren beklagt, dass die hohe Nachfrage nach Energieholz zu einem hohen Niveau der Holzpreise und somit einer Verteuerung ihrer Rohstoffbasis geführt hat.

Konkurrenzen um Produktmärkte treten dann auf, wenn Produkte innovativer bio-basierter Wertschöpfungsketten die entsprechenden Produkte auf fossiler Basis bzw. aus traditionellen Biomasse-Wertschöpfungsketten ersetzen sollen. Interessenkonflikte können insbesondere dann erwartet werden, wenn innovative bio-basierte Produkte durch neue Akteure auf den Markt gebracht werden und nicht durch eine Weiterentwicklung etablierter Akteure. Je stärker die Pfadabhängigkeit von etablierten Biomasse-Wirtschaftssektoren ist, umso größer ist das potentielle Konfliktpotential.

4.3 Potentielle Interessenkonflikte zwischen verschiedenen innovativen Wertschöpfungsketten

Interessenkonflikte bestehen schon derzeit zwischen energetischer und stofflicher Nutzung von Biomasse. So wird argumentiert, dass mit der EEG-Förderung, Biokraftstoffquoten usw. ungleiche Wettbewerbsbedingungen zu Ungunsten der stofflichen Biomassenutzung bestehen (Carus et al. 2016). Bei der Transformation zu einer bio-basierten Chemieindustrie bestehen konkurrierende Vorstellungen hinsichtlich der wünschenswerten und erfolgversprechenden Strategie (Carus et al. 2016; Kovacs 2015): Einerseits wird auf bio-basierte Grundchemikalien gesetzt, die bestehende Wertschöpfungsnetzwerke nutzen und große Marktvolumina erreichen können. Andererseits werden bio-basierte Spezialchemikalien favorisiert, die neue Eigenschaften aufweisen, neue Wertschöpfungsketten bilden sowie höhere Preise und Wertschöpfung erzielen können. Außerdem gibt es konkurrierende Konzepte für Bioraffinerien (Bundesregierung 2012), beispielsweise Lignozellulose- und Synthesegas-Bioraffinerie, die parallel verfolgt werden.

Grundsätzlich können unterschiedliche Interessen in Bezug auf innovative bio-basierte Wertschöpfungsketten insbesondere dann relevant werden, wenn

> von verschiedenen Wertschöpfungsketten die gleiche Biomasse genutzt werden kann,
> Preiseffekte von Veränderungen der Biomassenachfrage ausgelöst werden,
> verschiedene innovative Technologien und Verwertungswege auf vergleichbare Endprodukte zielen,
> die ökologischen Vorteile und Risiken im Vergleich von innovativen Wertschöpfungsketten umstritten sind,
> Wertschöpfungsketten mit widerstreitenden gesellschaftlichen Wertvorstellungen und Prioritäten verbunden sind.

4.4 Potentielle Interessenkonflikte zwischen Bioökonomie und anderen Wirtschaftssektoren

Der mit den Bioökonomie-Strategien intendierte Transformationsprozess wird nicht nur zu Veränderungen in der Bioökonomie selbst führen, sondern potentiell auch vor- und nachgelagerte Wirtschaftsbereiche herausfordern. Vorgelagerte Industrien wie die Hersteller von Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, Land- und Forstmaschinen werden nur dann betroffen sein, wenn es zu grundlegenden Veränderungen in den Produktionsverfahren der Land- bzw. Forstwirtschaft kommt, was derzeit nicht erkennbar ist. Dagegen sind die Hersteller von Biomassekonversionsanlagen in besonderer Weise auf verlässliche Förderbedingungen bzw. einen stabilen Markt angewiesen. So haben die Veränderungen der EEG-Förderung für Biogas in den letzten Jahren zum Zusammenbruch des inländischen Marktes für Biogasanlagen geführt und kontroverse Debatten ausgelöst (s. Kap. IV.6).

Eine Transformation zu bio-basierten Stoffen und Materialien betrifft potentiell sehr viele Wirtschaftssektoren, auf nationaler, europäischer und globaler Ebene, da die bisherigen erdöl-basierten Produkte ein breites Verwendungsspektrum haben. Eine Umstellung auf bio-basierte Stoffe und Produkte kann im nachgelagerten Teil der Wertschöpfungsketten zu Interessenkonflikten führen, wenn damit Veränderungen der Vorproduktpreise, der Produktionsprozesse oder Produkteigenschaften der Endprodukte verbunden sind.

Vom Strukturwandel zu einer bio-basierten Wirtschaft unmittelbar betroffen ist die petrochemische Industrie mit ihrem Bestand an Produktionsanlagen und -netzwerken, Produktportfolios und Geschäftsbeziehungen. Interessenkonflikte sind hier unwahrscheinlich, wenn die Produktions- und Marktstrukturen der petrochemischen Industrie weitgehend unverändert bleiben (z.B. im Fall von bio-basierte Drop-In Grundchemikalien), wenn der Wandel von den führenden multinationalen Unternehmen der chemischen Industrie selbst gestaltet wird oder wenn sich die Veränderungen zumindest zunächst auf Spezialprodukte und -märkte beschränkt.

4.5 Potentielle Interessenkonflikte zwischen Akteuren verschiedener räumlicher Anordnungen

Bioraffinerien und ihre Wertschöpfungsketten können potentiell in verschiedenen räumlichen Ausprägungen realisiert werden:

> *Bioraffinerie auf der Basis inländischer regionaler Biomasseversorgung*: Die Biomasseerzeugung bzw. -bereitstellung erfolgt regional in Deutschland im Umfeld der Bioraffinerie. Die Vermarktung der erzeugten Produkte kann sowohl regional als auch überregional erfolgen. Voraussetzungen für eine Realisierung dieser Ausprägung sind ausreichende regionale Biomasse zu konkurrenzfähigen Kosten, innovative Akteure vor Ort, regionale Akzeptanz für Bioraffinerien und politische Unterstützung. Dies würde im Prinzip dem Modell der regionalen Lebensmittel entsprechen.

> *Bioraffinerie auf der Basis importierter Biomasse*: Die Produktion von Biomasse erfolgt in Übersee in Ländern mit großem Biomassepotential und niedrigen Produktionskosten. Diese Biomasse wird nach Europa bzw. Deutschland importiert und die Konversionsanlagen werden im Hafenbereich bzw. Hafennähe errichtet. In diesem Modell sind hohe Anlagenkapazitäten und eine starke räumliche Konzentration der Biomassekonversion denkbar. Die Konversionsprodukte würden in europäische und internationale Wertschöpfungsketten eingespeist. Voraussetzungen für eine Realisierung von Hafen-Bioraffinerien sind verlässliche und kostengünstige überseeische Biomasseproduzenten, niedrige Transportkosten, uneingeschränkte Handelbarkeit von Biomasse ohne Außenschutz, Nachhaltigkeitszertifizierungen und gesellschaftliche Akzeptanz. Mit dem Import von Futtermitteln und der Konzentration der Tierhaltung in Hafennähe ist eine vergleichbare räumliche Anordnung in der Tierproduktion schon realisiert.

> *Bioraffinerie in Übersee in Ländern mit günstiger Biomassebereitstellung*: Die Wertschöpfungskette von der Biomasseproduktion bis einschließlich der Konversion erfolgt in Ländern mit hohem Biomassepotential und günstigen Produktionsbedingungen. Dies könnten insbesondere Länder in Lateinamerika und Afrika sein. Im Fall von Lignozellulose-Bioraffinerien kämen auch Skandinavien und Russland in Frage. Die erzeugten bio-basierten Grundchemikalien oder Zwischenprodukte werden exportiert. Europa würde damit zu einem Importeur von bio-basierten Stoffen und Produkten. Voraussetzungen sind hier eine sichere Biomassebereitstellung, die inländische Entwicklung einer Biomassekonversionsindustrie bzw. ausländische Direktinvestitionen, der Aufbau von Zertifizierungssystemen zur Nachhaltigkeit sowie der ungehinderte internationale Handel mit bio-basierten Stoffen und Produkten. Diese räumliche Ausprägung ist aktuell teilweise in der EU bei der Biokraftstoffversorgung realisiert.

Diese räumlichen Varianten bio-basierter Wertschöpfungsketten sind verbunden mit unterschiedlichen Akteurskonstellationen, die jeweils spezifische Interessen verfolgen. Außerdem stellen sich für jede räumliche Ausprägung spezifische Nachhaltigkeitsfragen, die Anlass zu gesellschaftlichen Debatten sind.

4.6 Potentielle Interessenkonflikte vor Ort

Die Errichtung von Biomassekonversionsanlage und Veränderungen der lokalen bzw. regionalen Biomasseproduktion können zu Konflikten mit der unmittelbar betroffenen Bevölkerung vor Ort führen. So ist beispielsweise in Deutschland die Errichtung von Biogasanlagen in einzelnen Fällen auf lokalen Widerstand, u.a. in der Form von örtlichen Bürgerinitiativen, gestoßen (Griesen 2010). Agrovoltaikanlagen[45] können als störend in der Kulturlandschaft empfunden werden (Rösch 2016). Eine Manifestation lokaler Interessenkonflikte ist abhängig von den Eigenschaften der Biomassekonversionsanlage (u.a. Auswirkungen auf Landnutzung, Transportaufkommen, Erscheinungsbild und Größe der Anlage, Emissionen, Veränderungen des Landschaftsbildes) und von der Gestaltung des Planungs- und Genehmigungsprozesses (u.a. frühzeitige Einbeziehung der Bevölkerung vor Ort). Die Akzeptanz hängt auch davon ab, ob es sich um eine lokale Initiative (z.B. Bürgerenergiegenossenschaft) oder externe Investoren handelt.

4.7 Potentielle Interessenkonflikte zwischen ökonomischen und zivilgesellschaftlichen Akteuren

Mit der zunehmenden Erzeugung und Nutzung von Biokraftstoffen sowie dem Anstieg der Agrarpreise 2007/08 hat sich eine breite kritische Debatte zu Biokraftstoffen entwickelt. Ebenso wurde der Ausbau der Biogaserzeugung in Deutschland unter dem Stichwort „Vermaisung der Landschaft“ gesellschaftlich umstritten (Brendel 2011; Herbes et al. 2014). Schließlich wird auch der Ausbau der energetischen Nutzung von Holz zunehmend kritisch gesehen (z.B. Sluka, Peck 2015). Während kritische Stellungnahmen zur Bioenergie sehr zahlreich sind, ist die Anzahl der Stellungnahmen zur Bioökonomie insgesamt und zu stofflichen Nutzungen geringer.

Die Kritik von Nichtregierungsorganisationen, insbesondere Umwelt- und Naturschutzverbänden, reicht von konkreten Auswirkungen bis zu grundsätzlichen Problematisierungen. Insbesondere werden thematisiert (z.B. ETC Group 2010; Fatheuer 2015; Giljum et al. 2016; Mills 2015; Ober 2010; Petschow 2011):

> Flächenverbrauch und Landnutzungsänderungen,
> Intensivierung der Agrarproduktion, Ressourcenübernutzung und negative Umweltwirkungen auf Boden, Wasser und Biodiversität,
> „Land grabbing“, Nachteile für lokale Gemeinschaften und indigene Völker, Vertreibung von Kleinbauern, insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern,
> Stärkung multinationaler Konzerne, Monopolbildung, „Biomassters“,
> Neoliberaler Ansatz und Wissen als Ware,
> Technik-zentrierter Ansatz und Vernachlässigung von sozialen Innovationen,
> Arbeitsbedingungen und Verlust von Arbeitsplätzen und Einkommensmöglichkeiten,
> Ernährungssicherung und zunehmende Schwankungen bei Agrar- und Lebensmittelpreisen.

45 Gleichzeitig Flächennutzung mit aufgeständerten Photovoltaikmodulen sowie Anbau von Feldfrucht- und Gemüsekulturen.

5. Diskurs- und Akteurskoalitionen

Die Vielzahl der Akteure in der Bioökonomie agieren nicht nur als Einzelne, in ihren Gruppen und als wirtschaftliche Akteure miteinander in ihren Wertschöpfungsketten, sondern sie bilden auch Diskurs- bzw. Akteurskoalitionen, die gesellschaftliche Debatten und politische Entscheidungen zur Bioökonomie versuchen zu beeinflussen. Untersuchungen zu Diskurs- und Akteurskoalitionen in Deutschland liegen insbesondere zum Bioenergiediskurs (Zschache et al. 2010) sowie speziell zum Biokraftstoffdiskurs (Beneking 2011; Kaup, Selbmann 2013; Puttkammer, Grethe 2015) und Biogasdiskurs (Herbes et al. 2014; Linhart, Dhungal 2013) vor. Bos et al. (2009) untersuchen für die Niederlande die Entwicklung der Akteurskoalitionen und Politikgestaltung zu nachwachsenden Rohstoffen über einen Zeitraum von 25 Jahren. Die Studien nutzen unterschiedliche methodische Ansätze: Politikzyklus-Analyse, Advocat-Koalitionen-Ansatz, Diskurs-Koalitionen-Ansatz, Diskursanalyse, Clusteranalyse, Medienanalyse.

Ein Teil der Diskursanalysen – Zschache et al. 2010 für Bioenergie, Herbes et al. (2014) und Linhart und Dhungal (2013) für Biogas sowie Puttkammer und Grethe (2015) für Biokraftstoffe – identifiziert Deutungsmuster bzw. Story Lines und betrachtet sie als Teil von Pro- und Kontra-Diskursen. Eine entsprechende Herausarbeitung von Unterstützung und Ablehnung mit Zuordnung von (bodenrelevanten) Akteuren wurde auch schon für die Bioökonomie-Transformation vorgenommen (Jürges 2016). Vor allem findet dies aber in den letzten Jahren seine Fortsetzung im Diskurs um alternative Visionen und Umsetzungspfade der Bioökonomie (Review dazu in Meyer (2017) und Priefer et al. (2017)). Ein Teil der Diskursmuster wird fortgeführt, wie die Kritikargumente der potentiellen Flächenkonkurrenz (Teller oder Tank) oder der negativen Wirkungen auf Subsistenz-Landwirte, Wanderweidewirtschaft und Waldbewohner in Entwicklungs- und Schwellenländern (Richardson 2012). Es kommen aber auch neue Diskurse hinzu, wie beispielsweise das Pro-Argument der Effizienzsteigerung zur Lösung von Problemen.

Über die Dichotomie von Pro und Contra bzw. offizieller und alternativer Vision und Umsetzungspfad der Bioökonomie (s. Kapitel II) hinausgehend, wurden in einem zweidimensionalen Optionenraum vier Narrative zur Bioökonomie identifiziert (Hausknost et al. 2017):

> „Sustainable Capital“: Diese Vision glaubt an eine Technologie-geführte Transformation zu einer (globalen) Bioökonomie bei Fortführung des kapitalistischen Wachstums. Die Mehrzahl der offiziellen politischen Dokumente und Bioökonomie-Strategien sowie ihre Unterstützer folgen diesem Narrativ.
> „Eco-Growth“: Diese Vision ist charakterisiert durch die Forderung nach agrar-ökologischen Ansätzen und ökologischem Landbau einerseits und eine unveränderte, Wachstum-basierte kapitalistische Ökonomie andererseits. Akteure sind nationale und europäische Verbände, Think-Tanks (z.B. Europäische Technologieplattform Organics), Unternehmen und Forschungsinstitute des ökologischen Landbaus.
> „Eco-Retreat“: Hier werden ökologische Praktiken der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei mit der Perspektive eines sozio-ökonomischen Wandels hin zu mehr Suffizienz kombiniert. Akteure kommen aus den Degrowth und Food Sovereignty Bewegungen, Kleinbauernorganisationen, der Umweltbewegung und Grünen Think Tanks und umfassen kritische Wissenschaftler.
> „Planned Transition“: Eine Kombination von High-Tech und Suffizienz ist derzeit nicht auffindbar, könnte aber angesichts planetarischer Grenzen als staatlich gesteuerte Transformation relevant werden.

Zivilgesellschaftliche Akteure nehmen unterschiedliche Positionen zur Bioökonomie ein: Einerseits gibt es NGOs, die eng mit Unternehmen zusammenarbeiten, zum Beispiel in Multistakeholder-Initiativen zur Nachhaltigkeitszertifizierung, und andererseits NGOs, die einen stärker oppositionellen Standpunkt einnehmen (Richardson 2012).

Diskurs- und Akteurskoalitionen sind nicht unveränderlich, d.h. ihre Zusammensetzung sowie ihr inhaltlicher Fokus und politischer Einfluss können sich über die Zeit ändern. Ein Teil der Veröffentlichungen untersucht solche Veränderungen und arbeitet verschiedene Diskurs- und Politikphasen heraus. Danach hat die deutsche Biokraftstoffpolitik folgende Phasen durchlaufen (Beneking 2011; Kaup, Selbmann 2013):

> In der Startphase der Biokraftstoffpolitik mit der Steuerbefreiung von Biokraftstoffen war das Ziel, im Mobilitätsbereich den Aufbau einer landwirtschaftlich-mittelständischen Biokraftstoffwirtschaft anzustoßen, im Kontext einer politisch angestrebten Dezentralisierung der Energieversorgungsstrukturen. Eine Interessenkoalition aus Vertretern der Landwirtschaft (Bauernverband und andere), der Ethanol- und Zuckerwirtschaft, der erneuerbaren Energieverbände und der Automobilwirtschaft unterstützten diese Politik. Maßgebliche Initiativen zur Förderung von Biokraftstoffen kamen aus dem Parlament. Die Anti-Biokraftstoff-Koalition ist schwach ausgeprägt und argumentiert hauptsächlich mit den hohen Klimagasvermeidungskosten.
> Mit der Einführung der Biokraftstoffquote wurde die Förderpolitik grundlegend umgestaltet und die Automobil- und Mineralölwirtschaft zu Schlüsselakteuren. Auch der Bauernverband unterstützte den Politikwechsel. Der Diskurs um eine ökologische Industriepolitik gewinnt stark an Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf Biokraftstoffe der zweiten Generation. Die Initiative geht insbesondere von Bundesministerien aus, wobei das BMF eine zentrale Rolle einnimmt. Der Erfolg der Steuerbefreiung mit steigenden Steuerausfällen durch Biokraftstoffe wird zum Stolperstein für die Biokraftstoffbranche, so dass diese und ihre Verbündeten sich mit ihrer Forderung nach einer Beibehaltung der Steuerbefreiung nicht durchsetzen konnten. Die Kontra-Biokraftstoff-Fraktion wird insbesondere durch Stellungnahmen wissenschaftlicher Beiräte gestärkt.
> Mit der Absenkung der Biokraftstoffquoten und der Einführung einer Nachhaltigkeitszertifizierung wird auf eine zunehmend breite und kritische Debatte um Biokraftstoffe reagiert, ohne den Regulierungsansatz grundlegend zu verändern. Die dominierende Akteurskoalition bleibt unverändert, wobei die Erwartungen an die Biokraftstoffe der 2. Generation noch an Bedeutung gewinnen. Die Biokraftstoffindustrie musste sich mit den veränderten Rahmenbedingungen arrangieren. Die Kontra-Biokraftstoff-Koalition kann sich mit ihrer Forderung nach einem Ausstieg aus der Biokraftstoffförderung nicht durchsetzen.

Für zukünftige Bioökonomie-Diskurse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

> Eine Kopplung von Diskursen und Politikzielen (z.B. Agrarpolitik und alternative Energien, vgl. Kaup, Selbmann 2013) trägt zur erfolgreichen Durchsetzung bei. Dabei erscheint es wirkmächtiger, eine eigene Story Line mit einer eigenständigen Problemdefinition und entsprechender Lösungsmöglichkeit zu erarbeiten, als zu versuchen, bestehende Story Lines zu widerlegen oder umzudeuten (vgl. Herbes et al. 2014).
> In der Startphase von Diskursen gibt es eine Neigung, sich ausschließlich auf positive und erwünschte Effekte zu konzentrieren. Dies trifft oftmals auf eine aufgeschlossene gesellschaftliche Wahrnehmung. Unrealistische Erwartungen bzw. Versprechungen können zu späteren Enttäuschungen und Konflikten führen.

> Der Politikwandel in kleinen Politikfeldern (z.B. Biokraftstoffpolitik, vgl. Herbes et al. 2014) wird sehr stark von Problemen, die nicht Teil des Politikfelds sind, beeinflusst. „Externe“ Ereignisse (z.B. Nahrungsmittelkrise) können erhebliche Auswirkungen auf den Diskurs haben.
> Verschiebungen in der dominanten Diskurs-Koalition können zu raschen Veränderungen in der politischen Gestaltung („Schaukelpolitik“, vgl. Kaup, Selbmann 2013) führen.
> Diskurse um Bioökonomie spalten sich nicht nur in Pro- und Kontra-Argumente auf, sondern es bilden sich tendenziell mehrere Varianten aus. Eine Übertragung von Koalitionen und Argumenten auf neue Bioökonomie-Felder kann erwartet werden.

6. Workshop „Stakeholder-Perspektiven auf Bioökonomie als gesellschaftlicher Transformationsprozess“

Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) führte am 20. Juni 2016 in Stuttgart einen Workshop zum Thema „Stakeholder- Perspektiven auf Bioökonomie als gesellschaftlicher Transformationsprozess“ durch, der zugleich Teil des gemeinsam mit der BIOPRO Baden-Württemberg GmbH organisierten „Beteiligungsworkshop Bioökonomie“ zur Bioökonomieforschung Baden-Württemberg war. An dem Workshop nahmen Interessenvertreter aus den drei Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen teil, die außerdem verschiedene Stufen der Wertschöpfungsketten repräsentierten. Beteiligt waren Vertreter bzw. Vertreterinnen aus der Landwirtschaft, der Forst- und Holzwirtschaft, der chemischen Industrie, der Fleischwirtschaft, dem Bereich Biogas und Bioenergie sowie der Naturschutz- und Umweltverbände. Weiterhin waren die Ministerien für Wissenschaft, Forschung und Kunst, für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau, für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz sowie für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, die alle mit Fragen der Bioökonomie befasst sind, vertreten (Tab. IV.21). Der Teilnehmerkreis spiegelte somit die Vielfalt der Bioökonomie wider und schloss sowohl direkt Involvierte als auch indirekt Betroffene ein. Ziel des Workshops war ein Meinungsaustausch über Chancen, Risiken und Herausforderungen der Bioökonomie in Baden-Württemberg, wobei Entwicklungspotenziale, Hemmnisse und mögliche Zielkonflikte im Mittelpunkt stehen sollten. Um den Teilnehmern einen Eindruck zu geben, welche Themen und Fragestellungen bei dem Treffen diskutiert werden sollten, wurde im Vorfeld ein Hintergrundpapier zu den Schwerpunkten und Leitfragen des Workshops versandt.

Zu Beginn des Workshops führte ein Vertreter von ITAS in die Thematik des Workshops ein. Im ersten Themenkomplex ging es um Einschätzungen, Perspektiven und Erwartungen im Hinblick auf die Bioökonomie allgemein sowie um möglich alternative Umsetzungspfade. Der zweite Themenkomplex war den drei im Rahmen des Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg geförderten Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen gewidmet. Der dritte Themenschwerpunkt befasste sich mit dem Komplex der Forschungsförderung und fragte nach bestehenden Defiziten und künftigen Prioritätensetzungen in der Förderung.

Tab. IV. 21: Teilnehmer des ITAS-Workshops „Stakeholder-Perspektiven auf Bioökonomie als gesellschaftlicher Transformationsprozess“ am 20. Juni 2016 in Stuttgart

Name	Organisation	Ort
Bartelme, Hans	Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau (AÖL) – Naturland	77866 Rheinau

Braunwald, Dr. Teresa	Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg	70173 Stuttgart
Föll, Antje	Bioenergieregion Bodensee	78224 Singen
Gronbach, Gottfried	Fachverband Biogas e.V.	74549 Wolpertshausen
Jäger, Ludwig	Verband der Säge- und Holzindustrie Baden-Württemberg e. V. (VSH)	70174 Stuttgart
Jaumann, Dr. Siegfried	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg	70173 Stuttgart
Jörissen, Juliane	Institut für Technikfolgen-abschätzung und System-analyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	76133 Karlsruhe
Kimmer, Frank	Verband der Fleischwirtschaft e.V. (VDF)	53113 Bonn
Kolarek, Martina	Naturschutzbund Deutschland (NABU)	10117 Berlin
Liepert, Dr. Caroline	Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg	70173 Stuttgart
Meyer, PD Dr. Rolf	Institut für Technikfolgen-abschätzung und System-analyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	76133 Karlsruhe
Möndel, Alexander	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg	70182 Stuttgart
Müller-Sämann, Dr. Karl	Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften (ANNA)	79106 Freiburg
Priefer, Carmen	Institut für Technikfolgen-abschätzung und System-analyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	76133 Karlsruhe
Saken-Braunstein, Dr. Elisabeth	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg	70182 Stuttgart
Sauerwein, Dr. Peter	Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V. (VHI)	35396 Gießen
Schlegel, Dr. Katharina	Biopolymerforschung, BASF	67056 Ludwigshafen am Rhein
Schweizer, Franz	Landwirtschaftes Zentrum Baden-Württemberg (LAZ BW)	88326 Aulendorf
Trube, Dr. Anke	Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg (LNV)	70182 Stuttgart

6.1 Verständnis der Bioökonomie

Um einen Überblick über das Spektrum der im Workshop vertretenen Meinungen zu gewinnen, wurden die Teilnehmer zu Beginn gebeten, ihr Verständnis der Bioökonomie jeweils in einem kurzen Statement zu skizzieren.

Übereinstimmend wurde die Bioökonomie als Chance für die Entwicklung des ländlichen Raums gesehen und als Möglichkeit, den Klimaschutz voranzutreiben, die Versorgungssicherheit zu erhöhen und

eine gewisse Unabhängigkeit vom Erdöl zu erreichen. In Anbetracht der Bindung nachwachsender Rohstoffe an die begrenzte Ressource Fläche und der Gefahr von Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion, wurde eine vollständige Substitution fossiler durch nachwachsende Rohstoffe als ziemlich unrealistisch eingeschätzt, zumindest auf der Basis des derzeitigen Verbrauchs fossiler Rohstoffe. Die Vorstellung mancher Forscher, etwa aus dem Bereich der synthetischen Biologie, dass natürliche bio-basierte Ressourcen ganz oder teilweise durch die Entwicklung biologischer Systeme mit neuen Eigenschaften im Labor ersetzt werden könnten, wurde eher zurückhaltend bis ablehnend beurteilt. Als Basis der Bioökonomie wurden übereinstimmend vorwiegend natürliche nachwachsende Rohstoffe gesehen, deren Erzeugung in der Land- und Forstwirtschaft erfolgt. Der Vertreter der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau äußerte in diesem Zusammenhang die Hoffnung, dass sich die Bioökonomie auch als Chance für die Biolandwirtschaft mit extensiver Flächenbewirtschaftung herausstellen möge.

Mehrheitlich wurde die Auffassung vertreten, dass das begrenzte Potenzial biogener Rohstoffe nur dort eingesetzt werden sollte, wo hochwertige Wertschöpfungsketten aufgebaut werden können. Im Bereich der energetischen Nutzung sollte Biomasse nach mehrheitlicher Meinung nicht für die Grundversorgung, sondern nur als Regelenergie für den Lastausgleich anderer erneuerbarer Energien Verwendung finden, um die Energiewende zu unterstützen. Außerdem wurde hervorgehoben, dass sich biogene Rohstoffe nur dort als Alternative zu fossilen Quellen durchsetzen werden, wo die Substitution aus Sicht der Unternehmen wirtschaftlich vertretbar sei. Jedes Unternehmen werde darauf achten, dass der Bezug von Rohstoffen möglichst preisgünstig erfolgt. Angesichts der beschränkten heimischen Anbauflächen und damit des beschränken heimischen Biomasseangebots sei damit zu rechnen, dass biogene Rohstoffe kostengünstig aus Drittländern importiert würden. Da sich die Herkunft der Rohstoffe nicht im Produkt niederschlägt, wurde der Import von Biomasse von Teilen der Diskutanten/-innen nicht als problematisch eingeschätzt, sofern die Rohstoffe nachhaltig (im Sinne von dauerhaft umwelt- und sozialverträglich) erzeugt seien. Die jeweilige Biomasse sollte dort produziert werden, wo die besten Bedingungen für den Anbau gegeben wären. Dem wurde entgegen gehalten, dass die Kontrolle über die Einhaltung von Nachhaltigkeitsanforderungen umso schwieriger werde, je weiter Erzeugung und Nutzung von Biomasse auseinander liegen. Für die Verbreitung bio-basierter Produkte wurde außerdem die Akzeptanz durch die Konsumenten als eine essentielle Voraussetzung angesehen.

Von verschiedenen Teilnehmern wurde betont, dass es bei der Bioökonomie nicht nur um einen Wechsel der Rohstoffbasis gehen dürfe, sondern um einen grundlegenden gesellschaftlichen Transformationsprozess, dessen Leitmotiv die „nachhaltige Bioökonomie“ sein müsse. Das bisherige Wohlstandsmodell und auch weiteres Wirtschaftswachstum müssten im Rahmen und unter Berücksichtigung der natürlichen Grenzen der Biosphäre in Frage gestellt und neu beurteilt werden. Eine so verstandene Bioökonomie könnte dann sogar ein Modell für die langfristige Überlebensfähigkeit sozialer Systeme darstellen.

Mehrere Teilnehmer vertraten die Auffassung, dass im Mittelpunkt des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg regionale Wirtschaftspotentiale und die ökonomische Verwertung biologischer Prozesse und Rohstoffe im Rahmen regionaler Wertschöpfungsketten stehen sollte. Gleichwohl wurde betont, dass sich die Perspektive der Umsetzung nicht auf dieses Bundesland beschränken sollte, sondern Strategien und technische Lösungen entwickelt werden sollten, die auch auf andere Länder übertragbar seien. Diese sollten jedoch auf regionaler Ebene im engen Kontakt der verschiedenen Akteure entwickelt und erprobt sein.

Im Anschluss an die einleitenden Statements zur Bioökonomie wurden die Teilnehmer gebeten, zu der von ITAS mit dem Vorbereitungspapier verschickten Tabelle IV.22 zu denkbaren alternativen Umsetzungspfaden Stellung zu nehmen.

Tab. IV. 22: Alternative Umsetzungspfade der Bioökonomie

Elemente	Alternative Umsetzungspfade	
Landwirtschaftliche Produktion	Produktionssteigerung im Rahmen einer intensiven konventionellen Landwirtschaft	Stärkung einer multifunktionalen, dezentralen, agro-ökologischen Landbewirtschaftung
Naturverständnis	Anpassung der Natur an industrielle Prozesse und Kreisläufe	Anpassung des industriellen Metabolismus an natürliche Kreisläufe
Ressourcennutzung	Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang bio-basierter Wertschöpfungsketten (weniger Rohstoffinput pro Produkteinheit, Schließung von Kreisläufen, Koppel- und Kaskadennutzung)	Förderung nachhaltiger Konsummuster (z.B. Reduktion des Fleischverzehrs, Konsum regional erzeugter Nahrungsmittel, Vermeidung von Lebensmittelverschwendung)
Innovation	Ausbau der Technologie-Führerschaft, Schutz geistigen Eigentums (z.B. Patente) und zentrale Rolle multinationaler Unternehmen	Förderung sozialer Innovationen und der Nutzung von lokalem Wissen und den Erfahrungen verschiedener Stakeholder (Landwirte, KMU, zivilgesellschaftliche Gruppen)
Räumliche Ebene	Förderung des internationalen Austauschs und Schaffung globaler Wertschöpfungsketten, Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit	Förderung des ländlichen Raums, Schaffung regionaler Wertschöpfungsketten und Vernetzung lokaler Akteure
Akteure	Enge Partnerschaften zwischen Unternehmen, Forschung und Politik	Beteiligung der Zivilgesellschaft an der Ausgestaltung einer Bioökonomie

Quelle: Eigene Darstellung

In der Diskussion wurde deutlich, dass eine Mehrheit der Teilnehmer die von ITAS dargestellten Entwicklungspfade nicht als sich gegenseitig ausschließende Alternativen betrachtete, sondern viele der angeführten Elemente sich ihrer Ansicht nach auch kombinieren ließen und kombiniert werden müssten. So sei eine Erhöhung der Effizienz bei der Nutzung von Rohstoffen ebenso wichtig wie eine Änderung der Konsummuster in Richtung auf einen nachhaltigen Konsum. Eine enge Kooperation zwischen Politik, Wissenschaft und Unternehmen sei von genauso großer Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung der Bioökonomie wie die Beteiligung zivilgesellschaftlicher Organisation und der allgemeinen Öffentlichkeit an ihrer Ausgestaltung. Die Anmeldung von Patenten sei ebenso relevant wie die Förderung sozialer Innovationen wie der Aufbau von Netzwerken sowie der Erhalt und die Nutzung lokalen

Wissens. Der Vertreter des Verbandes der Fleischwirtschaft wies in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Patente für neue Verfahren der stofflichen Nutzung insbesondere auch kleineren und mittelständischen Unternehmen zugänglich gemacht werden müssten und dazu Unterstützung durch die Politik erforderlich sei.

Eine Repräsentantin von BIOPRO vertrat den Standpunkt, dass praktisch bei allen Elementen der Tabelle ein Kompromiss denkbar sei, lediglich die beiden unter der Kategorie „Naturverständnis" angeführten Pole seien aus ihrer Sicht unvereinbar. Bisher dominiere in der Bioökonomie eine technikzentrierte Sicht auf die Natur und es gebe kaum Maßnahmen, den industriellen Metabolismus an natürliche Kreisläufe anzupassen. Dem wurde entgegen gehalten, dass die beiden im Rahmen der Bioökonomie verfolgten Prinzipien der Kaskadennutzung und der Kreislaufwirtschaft durchaus als Ansätze gelten könnten, industrielle Prozesse in natürliche einzubetten.

In Hinblick auf die Frage, welche Form der Landwirtschaft – die konventionelle Intensivlandwirtschaft oder eine multifunktionale, dezentrale, agro-ökologische Form der Landbewirtschaftung – die Basis der Bioökonomie bilden sollte, ergab sich kein einheitliches Bild. Der Vertreter des Landesbauernverbandes Baden-Württemberg wies darauf hin, dass die Landwirtschaft kein Wirtschaftszweig sei, den man bis ins Einzelne staatlich reglementieren könne. Was der Bauer auf seinem Acker anbaue und mit welchen Methoden, müsse er vielmehr je nach den natürlichen Gegebenheiten und den Bedingungen des Marktes selbst entscheiden. Diese Position wurde von dem Vertreter des Landwirtschaft-Zentrums Baden-Württemberg unterstützt. Das Kerngeschäft der Landwirtschaft sei die Erzeugung von Nahrungsmitteln, die den Anforderungen des Marktes folgen müsse. Im Hinblick auf die Bioenergie ergäben sich allerdings insofern Verzerrungen, als der Marktmechanismus infolge staatlicher Subventionen außer Kraft gesetzt sei. Aus Sicht des Landesnaturschutzverbandes Baden-Württemberg und der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau wäre eine multifunktionale, dezentrale Landwirtschaft unter Umweltgesichtspunkten die beste oder sogar einzige Grundlage für die Bioökonomie. Einschränkend wurde angemerkt, dass diese Form der Landbewirtschaftung möglicherweise nicht genug Biomasse für den großtechnischen Einsatz liefern würde. Auch mit Bezug auf die Frage, ob großtechnische Lösungen oder kleine dezentrale Anlagen bevorzugt werden sollte, gab es keinen Konsens. Einerseits wurde bedauert, dass die Industrie nach wie vor auf große Anlage setzte, um die „Economies of Scale" zu nutzen, obwohl kleine Anlagen, die auf das regionale Biomassengebot zugeschnitten sind, die bessere Lösung wären. Dem wurde entgegen gehalten, dass kleine Anlagen häufig nicht nur unter Kostenaspekten, sondern auch unter Umweltaspekten ungünstiger seien als große.

6.2 Entwicklungsperspektiven der Bioökonomie in Baden-Württemberg

Das baden-württembergische Forschungsprogramm Bioökonomie fördert Forschung und Innovation in drei verschiedenen Nutzungspfaden, die sich im Hinblick auf ihre Umsetzungsperspektive unterscheiden:

> Erzeugung und Nutzung von Biogas für energetische Zwecke (kurzfristige Umsetzungsperspektive)
> Lignozellulose-Wertschöpfungsketten auf Basis des Bioraffinerie-Konzepts für die stoffliche Nutzung (mittelfristige Umsetzungsperspektive)
> Mikroalgen für Nahrungs- und Futtermittel (langfristige Umsetzungsperspektive)

Im Workshop wurden wichtige Fragestellungen und Umsetzungsprobleme getrennt für jeden Nutzungspfad diskutiert.

Nutzungspfad Biogas

Der Vertreter des Fachverbands Biogas monierte, dass die Novelle des EEG die bestehende Förderstruktur völlig verändert habe und dadurch viele gute Ansätze im Keim erstickt worden seien. Wenn die Förderung für Biogasanlagen nach zwanzig Jahren entfällt, werden diese Anlagen vermutlich stillgelegt werden, so dass der Bestand an Biogasanlagen und ihr Beitrag zur erneuerbaren Stromerzeugung abnehmen werde. Insgesamt seien die Perspektiven für Biogasanlagen angesichts ungünstiger Rahmenbedingungen und fallender Ölpreise schlecht. Auch die Hoffnung, Strom als Regelenergie teuer verkaufen zu können, habe sich nicht erfüllt. Die Nutzung von Rest- und Abfallströmen aus der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie als Alternative zu Anbaubiomasse sei ebenfalls mit gewissen Problemen behaftet. Biogas aus Speiseresten und Gülle stoße in der Bevölkerung aus hygienischen Gründen häufig auf erhebliche Akzeptanzprobleme. Zusätzlich wurde die Problematik benannt, dass es zu möglichen Schadstoff-Anreicherungen auf den Ausbringflächen für Substrate kommen könne, wenn der Input in die Biogasanlage nicht zweifelsfrei belegbar ist, wie aus der Klärschlamm-Problematik bekannt.

Positiv seien die Aussichten derzeit nur für kleine Anlagen (bis zu 75 kW) zur Vergärung von Gülle bzw. Bioabfällen, für die eine Sondervergütungsklasse weiterhin besteht. Insgesamt sei diese Entwicklung bedauerlich, da Biogas speicherbar und als Regelenergie unverzichtbar sei. Andere Teilnehmer widersprachen dieser Auffassung mit dem Argument, dass diese Bioenergie keine positive Ökobilanz aufweise und die stoffliche Nutzung in Kaskaden bei weitem vorzuziehen sei, weil sie umweltfreundlicher und ökoeffizienter sei. Es wäre deswegen richtig gewesen, die Rahmenbedingungen entsprechend anzupassen.

Die Aussichten für Biogasanlagen wurden von den Teilnehmern insgesamt eher negativ eingeschätzt. Anlagen ohne Wärmenutzung müssten voraussichtlich schließen. Für Anlagen mit Wärmenutzung stelle sich die Situation nicht wesentlich besser dar, da alternative Wärmenetze, die auf anderen Energieträgern beruhen, auch ohne staatliche Förderung wirtschaftlich betrieben werden könnten. Die Biogaserzeugung auf Basis von Rest- und Abfallstoffen fand breite Zustimmung, allerdings wurden dabei auch viele Schwierigkeiten im Detail gesehen. Als mögliche Substrate kämen z.B. biogene Haushaltsabfälle, Landschaftspflegematerial, Grünschnitt aus artenreichem Grünland oder nährstoffarme Pflanzen aus der Begrünung von Gewässerrandstreifen in Betracht. Im Hinblick auf biogene Haushaltsabfälle bestehe eine Konkurrenzsituation, da diese bisher meist kompostiert worden seien. Dieser Kompost sei als Dünger zum Bodenaufbau besser geeignet als die Rückstände von Biogasanlagen. Ein möglicher Kompromiss wurde darin gesehen, die flüssige Fraktion von biogenen Haushaltsabfällen als Substrat für Biogasanlagen zu nutzten und die festen Bestandteile zu kompostieren. Grünschnitte aus artenreichem Grünland oder nährstoffarme Pflanzen aus der Begrünung von Gewässerrandstreifen wurden als gangbare Alternative angesehen, wobei allerdings vermutet wurde, dass diese nicht in nennenswertem Umfang zur Verfügung stünden. Landschaftspflegematerial wurde aus technischen Gründen als eher ungeeignet für Biogasanlagen eingeschätzt.

Nutzungspfad Lignozellulose

Der Vertreter des Verbandes der Deutschen Holzwerkstoffindustrie bemängelte, dass die stoffliche Nutzung von Holz in der Bioökonomie nach wie vor durch ungünstige Rahmenbedingungen behindert werde. Dazu gehörten das Marktanreizprogramm für die energetische Nutzung von Holz und der reduzierte Mehrwertsteuersatz auf Holz zur Verbrennung im Haushalt. Diese Anreizstruktur habe dazu

geführt, dass zurzeit ca. 50% des Rohstoffs Holz verheizt würden, obwohl die stoffliche Nutzung eine sehr viel höhere Wertschöpfung und ein deutlich höheres CO2-Vermeidungspotential beinhalte. Außerdem gebe es nach wie vor ungenutzte Potentiale wie z.B. Altholz, das in einigen EU-Ländern noch auf der Deponie lande. Die holzhaltige Fraktion des Sperrmülls (alte Möbel etc.) liefere einen weiteren bisher noch nicht genutzten Reststoffstrom.

Die Vertreterin der Chemischen Industrie wies darauf hin, dass Holz als Alternative zu Erdöl für die Herstellung von Grundchemikalien in der chemischen Industrie bisher noch zu teuer sei. Die größten Chancen wurden insgesamt für die Herstellung innovativer hochwertiger bio-basierter Produkte gesehen, die mit Hilfe ganz neuer Syntheserouten entstehen, aber nur ein begrenztes Marktvolumen haben. Auf die Frage, ob die chemische Nutzung von Lignin forciert werden sollte, wurde geantwortet, dass dies zurzeit nicht sehr aussichtsreich wäre, da weltweit bisher nur 1.2 Mio. Tonnen von diesem Stoff anfielen.

Weiterhin wurde die Frage aufgeworfen, welches Potential in der klassischen Holznutzung, z.B. im Wohnungsbau liege. Der Vertreter des Verbandes der Deutschen Holzwerkstoffindustrie erwiderte, dass das Potential im Prinzip hoch sei, seiner Ausschöpfung aber ebenfalls politische und rechtliche Hemmnisse entgegenständen. Eines dieser Hemmnis sei z.B. eine fehlende Musterbauordnung, die einheitlich für alle Bundesländer Geltung haben müsste. Außerdem habe Deutschland bisher keine Tradition im Bereich mehrgeschossiger Holzbauten. Er äußerte die Hoffnung, dass eine Änderung vielleicht durch das Programm zur Errichtung von Flüchtlingsunterkünften in Holzbauweise, die rasche und flexible Wohnraumkonzepte ermögliche, eintreten könnte.

Nutzungspfad Mikroalgen

Die Vertreterin der Chemischen Industrie hob hervor, dass die hohen Investitionskosten und der jetzige Stand der Technik eine breitangelegte Nutzung von Mikroalgen nicht attraktiv erscheinen lasse. Relativ großer Konsens bestand darüber, dass in anderen Ländern mit hoher Sonneneinstrahlung (Australien, Mittelmeerländer) die besseren Standortvoraussetzungen gegeben seien und dort auch größere Freiflächen für die Algenkultivierung zur Verfügung ständen als in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland. Außerdem verfügten andere Länder zum Teil über größere Erfahrung in diesem Bereich.

Übereinstimmend wurde festgestellt, dass sich Mikroalgen als Ersatz für tierisches Eiweiß bisher weder im Bereich der Lebensmittel- noch der Futtermittelproduktion durchgesetzt haben. Da die Anzucht von Mikroalgen als viel zu kostspielig eingeschätzt wurde, um den Einsatz als schlichtes Substitut für tierische Nahrungsmittel wirtschaftlich lukrativ zu machen, wurden ihnen vor allem Chancen als Bestandteil hochwertiger innovativer Spezialprodukte eingeräumt. Potentiale für Mikroalgen wurden insbesondere bei Arzneimitteln, funktionalen Lebensmitteln, Nahrungsergänzungsmitteln und speziellen Nahrungsmitteln für Allergen-sensible Personen gesehen.

6.3 Perspektiven der Forschungsförderung

Die Förderung von Forschung und Innovation ist bisher auf allen Ebenen (EU, Nation, Land) das zentrale Instrument, um die Entwicklung der Bioökonomie voranzutreiben. Die bisherige Forschung verfolgt eine industrielle Perspektive, im Mittelpunkt stehen technikinduzierte Innovationen insbesondere im Bereich der Biotechnologie, Bioinformatik und synthetischen Biologie. Aufgrund dieser Schwerpunktsetzung wird in der aktuellen Debatte bisweilen die Kritik geäußert, dass bestimmte Disziplinen, etwa

die sozialwissenschaftliche Forschung und bestimmte Forschungsthemen wie z.B. die agrar-ökologische Landwirtschaft in der Forschungsförderung unterrepräsentiert sind. Vor diesem Hintergrund wurde zu Beginn von ITAS die Frage aufgeworfen, ob es aus Sicht der Teilnehmer Defizite gebe und welche Ziele mit der Forschungsförderung erreicht werden sollten.

Die Vertreter des Naturschutzbunds Deutschland und der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau stimmten der skizzierten Kritik zu und vertraten den Standpunkt, dass Forschung z.B. zu dem Spannungsverhältnis zwischen Bioökonomie und Naturschutz aber auch soziologische Fragestellungen etwa mit Bezug auf Partizipationsmodelle und -methoden in der Bioökonomie unzureichend gefördert würden. Weiterhin gebe es ein Ungleichgewicht zwischen technikbezogener Forschung und agrarwirtschaftlichen Fragestellungen, obwohl der Landwirtschaft als dem wichtigsten Rohstofflieferanten der Bioökonomie zentrale Bedeutung zukomme. Dem hielt die Vertreterin der Chemischen Industrie entgegen, dass die Biotechnologie eine noch junge Wissenschaft sei und daher im Gegensatz zu etablierten Disziplinen wie der Agrarwissenschaft erheblicher Nachholbedarf bestehe, sowohl im Hinblick auf die Methodenentwicklung als auch im Hinblick auf die Erforschung grundlegender Zusammenhänge. Wenn die Forschung in diesem Feld nicht forciert werde, bestehe die Gefahr, dass Deutschland den Anschluss an die internationale Forschungslandschaft verliere.

Ein weiterer wichtiger Aspekt wurde in der Förderung der Akzeptanzforschung gesehen, um zu erkunden, inwieweit Konsumenten bereit wären, bio-basierte Produkte auch zu nutzen. Die Vertreterin des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg wies darauf hin, dass die Sozialwissenschaften in allen Ausschreibungen ihres Hauses explizit aufgefordert worden wären, sich zu beteiligen, die bisherige Resonanz jedoch eher verhalten gewesen sei. Die angestrebte Integration sozialwissenschaftlicher Fragestellungen in naturwissenschaftliche Themen sei bisher nur unzureichend gelungen. Aufgrund ganz unterschiedlicher Denkweisen und Forschungsmentalitäten gestalte sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Sozial- und Geisteswissenschaftlern einerseits und Natur- und Ingenieurwissenschaftlern andererseits nach wie vor schwierig. Gleichwohl wurde die integrative Bearbeitung sozio-ökonomischer, ökologischer und ethischer Fragestellungen als unabdingbar angesehen, vor allem um die Anforderung einer nachhaltigen Bioökonomie weiter zu präzisieren.

Bei der Frage, welchem Zweck die Forschung dienen soll, bestand weitgehende Einigkeit, dass das Ziel eine verstärkte Nutzung nachwachender Rohstoffe sei, wobei in einer sehr langfristigen Perspektive die Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis von fossilen auf biogene Rohstoffe angestrebt werde. Dieses Ziel sei jedoch nicht innerhalb von wenigen Generationen erreichbar, sondern bedürfe eines langwierigen Entwicklungsprozesses. In der heutigen Situation gehe es darum, diese Entwicklung anzustoßen, wobei möglichst konkrete Projekte gefördert werden sollten. Nach Ansicht der Vertreterin des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg dürfe man die Bioökonomie nicht isoliert betrachten, sondern eingebettet in das gesamtwirtschaftliche System, in dem es immer ein Nebeneinander von fossilen und biogenen Rohstoffen geben werde.

Im Hinblick auf die von ITAS gestellte Frage, ob in der Bioökonomie verschiedene Pfade parallel verfolgt oder ob die Forschung auf einen dominanten Pfad fokussiert werden sollte, bestand unter den Teilnehmern weitgehender Konsens, dass mehrere Pfade gleichzeitig verfolgt werden sollten. In einem sich schnell entwickelnden Feld wie der Bioökonomie dürfe man die Forschung nicht vorschnell auf einen Pfad beschränken, da sonst die Gefahr bestehe, Innovationsmöglichkeiten zu übersehen und Prioritäten falsch zu setzen. Gerade weil technologische Durchbrüche und die künftige Wirtschaftlich-

keit bestimmter Wertschöpfungsketten heute noch nicht abschätzbar wären, sei es wichtig, verschiedene alternative Ansätze parallel zu verfolgen. Die Vertreterin des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst machte einschränkend geltend, dass die finanziellen Ressourcen eines Bundeslandes begrenzt seien. Man müsse deshalb auf den im Land vorhandenen Stärken aufbauen, statt den Versuch zu unternehmen, Schwächen auszugleichen. Spezielle Fragen im angewandten Bereich seien Aufgabe der Ressortforschung und nicht ihres Ministeriums, bei dem der Akzent auf der Grundlagenforschung und im Weiteren auf der Verbindung von Grundlagenforschung und angewandter Forschung liege. Auf die Frage eines Teilnehmers , ob es in einem so komplexen Feld wie der Bioökonomie nicht auch sinnvoll sei, heute noch utopisch anmutende Ansätze, deren Nutzen nicht erwiesen sei, zu erforschen, antwortete sie, dass ihr Ministerien bezüglich solcher Ansätzen Machbarkeitsstudien in Auftrag gebe. Ihre Kollegin aus dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft ergänzte, dass hier auch die Vernetzung der Forschung mit anderen Bundesländern eine große Rolle spiele, da es zwischen den Bundesländern eine gewisse Arbeitsteilung bezüglich der Schwerpunktsetzung innerhalb der Forschung zur Bioökonomie gebe. Der Vertreter der Deutschen Holzwerkstoffindustrie regte an, eine SWOT-Analyse zu den Vor- und Nachteilen der Bioökonomie zu erstellen, die als Richtschnur für die künftige Prioritätensetzung in der Forschungspolitik dienen könnte.

Als letzter Punkt in diesem Themenbereich wurde von ITAS die Frage aufgeworfen, ob neben der Forschungsförderung als dem heute favorisierten Instrument zum Aufbau der Bioökonomie noch andere regulatorische oder finanzielle Instrumente zur Anwendung kommen sollten, z.B. Subventionen oder Quoten, wie sie im Bereich der Bioenergie eingesetzt wurden. Darauf antwortete die Vertreterin des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, dass die Einführung der Bioökonomie, wenn man diese als einen grundlegenden Strukturwandel begreife, natürlich eine Anpassung des bestehenden regulatorischen Instrumentariums erfordere. Dies gelte vor allem für den Umweltschutz (Gewässer- und Bodenschutz) und die Landwirtschaft angesichts zunehmender Flächenkonkurrenz, aber ebenso für das Abfallrecht. Wenn z.B. Bioabfälle verstärkt stofflich genutzt werden sollen, würden sie zum Rohstoff und müssten ihre Abfalleigenschaft ablegen, was eine entsprechende Änderung der abfallrechtlichen Bestimmungen verlange. Der Vertreter des Landesbauernverbandes Baden-Württemberg vertrat den Standpunkt, dass der Gesetzgeber im Bereich der Landwirtschaft, bei der die lokalen Bedingungen ausschlaggebend seien, dem Prinzip der Subsidiarität größeres Gewicht zukommen lassen sollte. Vorschriften wie etwa das Verbot des Grünlandumbruchs oder die Anlage von Blühstreifen sollte nicht auf übergeordneter Ebene festgelegt werden, sondern auf der regionalen Ebene, um den jeweils vor Ort gegebenen Voraussetzungen Rechnung zu tragen. Andere Teilnehmer hielten vor allem den regen Austausch zwischen der Politik und den betroffenen Stakeholdern bei der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen für die Bioökonomie für wichtig. Einigkeit bestand darüber, dass die Rahmenbedingungen in erster Linie klar und verlässlich sein müssten.

Ein wichtiges Ergebnis des Meinungsaustauschs war, dass eine Mehrheit der Teilnehmer die vollständige Substitution fossiler durch nachwachsende Rohstoffe für eher unrealistisch hält und die größeren Chancen der Bioökonomie insbesondere in der Produktion hochwertiger bio-basierter Produkte mit neuen Eigenschaften sieht. Da sich anderseits gezeigt hat, dass in dem komplexen Feld Bioökonomie zu vielen Punkten nach wie vor sehr unterschiedliche Einschätzungen bestehen, erscheint die Fortführung eines solchen Dialogs zwischen Wissenschaft, Politik und Stakeholdern sehr wünschenswert.

7. Fazit

Die Akteure der Bioökonomie in weiterem Sinne sind äußerst vielfältig. Sie bilden eine *multidimensionale Akteursmatrix*. Diese Matrix setzt sich zusammen aus:

> Akteuren der verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten: Von den Biomasseproduzenten über Konversion und Verarbeitung sowie den Herstellern von Endprodukten bis hin zu Konsumenten und Entsorgern bzw. Recyclern;
> Akteuren verschiedener räumlicher Ebenen: Von lokal bzw. regional bis global agierenden Akteuren;
> Akteuren der verschiedenen gesellschaftlichen Funktionsbereiche: Bioökonomie-Engagierte aus Forschung und Entwicklung, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft;
> Akteuren der traditionellen und innovativen Bioökonomie: Beteiligte in den etablierten Wertschöpfungsketten und Akteure, die innovative Ansätze der Bioökonomie entwickeln und umsetzen;
> Akteuren mit verschiedenen Visionen und präferierten Umsetzungspfaden der Bioökonomie: Verantwortliche und Unterstützer der offiziellen Bioökonomie-Strategien versus Vertreter einer alternativen Ökologie-zentrierten Vision.

Auf jeden Akteur entfallen potentiell mehrere dieser Zuordnungen. Innerhalb dieser komplexen Akteursmatrix gibt es verschiedene spezifische Vernetzungen, Kooperationen und Interessenkoalitionen. Diese sind nicht als starr zu verstehen, sondern in der Zeit dynamischen Veränderungen unterworfen.

Die Akteure der Lebensmittelkette sowie der Holzwirtschaft sind in Baden-Württemberg (ebenso wie in Deutschland und Europa) nach wie vor dominierend im Hinblick auf Anzahl der Unternehmen und unterstützenden Akteuren, der wirtschaftlichen Bedeutung und etablierten Vernetzungen. Biomasseproduktion und -verarbeitung in diesen Bereichen sind durch einen kontinuierlichen Strukturwandel hin zu größeren Einheiten gekennzeichnet. Insbesondere die Landwirtschaft und mittelständische Nahrungsmittelverarbeiter sind durch eine hohe Unternehmenskonzentration in vorgelagerten Bereichen der landwirtschaftlichen Produktionsmittel und am Ende der Lebensmittelkette im Einzelhandel „eingezwängt“. Als Gegenbewegung haben in den letzten Jahren die Direktvermarktung und regionale Lebensmittel an Bedeutung gewonnen, allerdings bei weiterhin geringen Marktanteilen trotz großer gesellschaftlicher Aufmerksamkeit.

Die Entwicklung und Markteinführung neuer Technologien und Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie erfolgt sowohl durch neue Akteure (z.B. Start-ups) und Umstrukturierungen in mittelständischen Unternehmen als auch durch multinationale Unternehmen. Die bisherigen Erfahrungen bei innovativer Biotechnologie für medizinische Anwendungen zeigen, dass oftmals erfolgreiche Start-ups von großen Konzernen übernommen wurden und der Prozess der Unternehmenskonzentration durch Übernahmen und Fusionen zwischen multinationalen Unternehmen eher verstärkt wurde. Ebenso hat die Einführung von Biokraftstoffen nicht zu einer grundlegenden Veränderung der Unternehmensstrukturen im Kraftstoffsektor geführt. Für zukünftige innovative bio-basierte Wertschöpfungsketten ist es deshalb wahrscheinlich, dass trotz zunächst teilweise neuer und vielfältigerer Akteure bei Erreichen von Marktrelevanz wiederum Konzentrationsprozesse und Übernahmen stattfinden.

In den letzten zehn Jahren hat sich insbesondere zu Biokraftstoffen ein breiter gesellschaftlicher Diskurs verbunden mit der Herausbildung von Akteurskoalitionen, die deutliche Pro- und Kontra-Positio-

nen vertreten, entwickelt. Die Kritik an der Förderung von Biokraftstoffen konzentriert sich auf ökologische Argumente wie Landnutzungsänderungen, Intensivierung der Landbewirtschaftung und geringe Reduktion der Klimagasemissionen sowie soziale Argumente wie Land Grabbing und Nachteile für Kleinbauern. Diese Argumente und Positionierungen bzw. Diskurs- und Akteurskoalitionen können auch für zukünftige Diskurse um neue Entwicklungen in der Bioökonomie relevant sein.

Einerseits gibt es zwischen Akteuren der Bioökonomie vielfältige Kooperationen und Akteursnetzwerke, andererseits sind ihre Interessen nicht immer gleich gerichtet. Die systematische Analyse hat folgende möglichen Ausprägungen von potentiellen Interessenskonflikten identifiziert:

> Innerhalb von Wertschöpfungsketten
> Zwischen traditioneller und innovativer Bioökonomie
> Zwischen verschiedenen innovativen Wertschöpfungsketten
> Zwischen Bioökonomie und anderen Wirtschaftssektoren
> Zwischen Akteuren verschiedener räumlicher Ebenen
> Mit der Bevölkerung vor Ort
> Zwischen ökonomischen Akteuren und Zivilgesellschaft

Die Diskussionen des Stakeholder-Workshops haben gezeigt, dass die teilnehmenden Akteure aus Baden-Württemberg positive Wirkungen der Bioökonomie erwarten, wenn die richtigen Rahmenbedingungen gesetzt werden. Dabei wurde die weitgehende Vision einer vollständigen Substitution fossiler durch nachwachsende Rohstoffe zumindest beim derzeitigen Verbrauch fossiler Rohstoffe als unrealistisch eingeschätzt, bedingt durch die begrenzte Ressource Fläche und der Gefahr von Übernutzungen und Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion. Als Basis der Bioökonomie wurden übereinstimmend vorwiegend Biomassen, die in der Land- und Forstwirtschaft erzeugt werden, gesehen. Nach mehrheitlicher Auffassung sollte das begrenzte Potenzial biogener Rohstoffe für hochwertige Wertschöpfungsketten eingesetzt werden.

Technische Zielsetzungen wie eine Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang bio-basierter Wertschöpfungsketten sollten durch weitere Elemente, wie beispielsweise nachhaltigere Konsummuster und soziale Innovationen, ergänzt werden. Weiterhin wurde befürwortet, neben einer engen Kooperation zwischen Wissenschaft, Unternehmen und Politik auch zivilgesellschaftliche Organisationen und Bürger an der Ausgestaltung der Bioökonomie zu beteiligen. Im Hinblick auf die Forschungsförderung wurde dafür plädiert, unterschiedliche Nutzungspfade und Wertschöpfungsketten parallel zu verfolgen, da technologische Durchbrüche und zukünftige Wirtschaftlichkeit noch nicht absehbar sind.

Im Hinblick auf die mit der Bioökonomie-Strategie Baden-Württemberg geförderten Nutzungspfade gab es bei Biogas tendenziell unterschiedliche Einschätzungen, inwieweit die neuen Regelungen des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes die Errichtung neuer Biogasanlagen auf der Basis von Rest- und Abfallstoffen sowie nach dem Ende der 20-jährigen Förderperiode Weiterbetrieb und Modernisierung bestehender landwirtschaftlicher Biogasanlagen ermöglichen werden. Beim Nutzungspfad Lignozellulose werden Chancen insbesondere für innovative hochwertige bio-basierte Produkte erwartet, die mit Hilfe ganz neuer Syntheserouten entstehen, aber nur ein begrenztes Marktvolumen haben. In ähnlicher Weise wurden bei Mikroalgen für die Nahrungsmittelproduktion zukünftige Potentiale vor allem bei innovativen Nutzungen wie speziellen Nahrungsergänzungsmitteln gesehen. Dagegen wurden einem umfassenden Einsatz als Substitutionsprodukte für tierische Lebensmittel geringere Chancen ein-

geräumt. Die integrierte Bearbeitung von sozio-ökonomischen, ökologischen und ethischen Fragestellungen in der baden-württembergischen Bioökonomie-Forschung wurde sehr begrüßt, um Fehlentwicklungen frühzeitig erkennen und verhindern zu können.

Literatur Kapitel IV

AEE (Agentur für Erneuerbare Energien) (2013): Potenzialatlas. Bioenergie in den Bundesländern. Teilkapitel: Baden-Württemberg

AEE (2016): TOP 10 - Eine Auswahl wichtiger Daten und Statistiken zu Erneuerbaren Energien und der Energiewende in den Bundesländern. Baden-Württemberg (BW). http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/BW/kategorie/top%2010/auswahl/483-anzahl_energiegenoss/sicht/diagramm/#goto_483

afz (Allgemeine Fleischer Zeitung) (2016): Fleischmärkte im Überblick. Marktanalyse 2016. Daten, Märkte, Fakten. Frankfurt/M.: Deutscher Fachverlag

Albrecht, S.; Stirn, S.; Meyer, R. (2014): Global Versus Regional Food. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 23 (3), 41-51

Anspach, V.; Siegmeier, T.; Möller, D. (2010): Biogaserzeugung im ökologischen Landbau. Strukturen und Perspektiven. Kassel: kassel university press

Becher, G. (2015): Clusterstatistik Forst und Holz. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2013. Thünen Working Paper 48

Beckert, S. (2014): King Cotton. Eine Geschichte des globalen Kapitalismus. München: C.H. Beck

Beneking, A. (2011): Genese und Wandel der deutschen Biokraftstoffpolitik. Eine akteuerszentrierte Policy-Analyse der Förderung biogener Kraftstoffe in Deutschland. Fair Fuels? Working Paper 3. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

Betzholz, T. (2015): Forellen, nichts als Forellen! Ergebnisse der Aquakulturstatistik 2014. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 11/2015: 33-34

BIOCOM (2016a): The German Biotechnology Sector 2016 Facts & Figures. Berlin: BIOCOM AG

BIOCOM (2016b): Biotechnologie-Datenbank. http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/Datenbank/biotechnologie-db.html

Biokunststoffe (2016): Verzeichnis Biokunststoff-Anbieter. http://www.biokunststoffe.de/de/verzeichnis-biokunststoff-anbieter

Bioökonomierat (2015): Die deutsche Chemieindustrie – Wettbewerbsfähigkeit und Bioökonomie. BÖRMEMO 02, 13.1.2015

BioRegionen (2016): Mitglieder des Arbeitskreises der BioRegionen. http://www.biodeutschland.org/mitglieder-des-ak-bioregio.html

BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2017a): Die Unternehmensstruktur der Molkereiwirtschaft in Deutschland. Bonn

BLE (2017b): Struktur der Mühlenwirtschaft 2016 – Wirtschaftsjahr 2015/16. Bonn. http://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide-Getreideerzeugnisse/getreide-getreideerzeugnisse_node.html;jsessionid=CD42429C7C9965A6EAD0A2B4431F7AA4.1_cid325

Blumenstein, B.; Siegmeier, T.; Möller, D. (2016): Economics of anaerobic digestion in organic agriculture: Between system constraints and policy regulations. Biomass and Bioenergy 86, 105-119

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2010): Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.) (2015): Bioenergie-Regionen 2009-2015. Vorreiter der Energiewende im ländlichen Raum

BMEL (2016): Wege zum Bioenergiedorf. http://www.wege-zum-bioenergiedorf.de/bioenergiedoerfer/

BMEL (2016a): Struktur der Mischfutterhersteller 2013- 2015. Reihe: Daten-Analysen. http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide_Getreideerzeugnisse/StrukturberichtMischfutter13_15.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Bos, H.L.; Slingerland, M.A.; Elbersen, W.; Rabbinge, R. (2009): Beyond agrification: Twenty-five years of policy and innovation for non-food application of renewable resources in the Netherlands. Biofuels Bioprod. Bioref. 2, 343–357

Brämick, U. (2014): Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei und Binnenaquakultur 2013. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/EU-Fischereipolitik-Meeresschutz/JahresberichtBinnenfischerei.pdf?__blob=publicationFile

Brendel, F. (2011): Energie im großen Stiel. Auswirkungen des Biogas-Booms auf Umwelt, Artenvielfalt und Landwirtschaft. Berlin: WWF Deutschland

Bundeskartellamt (2014): Zusammenfassung der Sektoruntersuchung Lebensmitteleinzelhandel. Darstellung und Analyse der Strukturen und des Beschaffungsverhaltens auf den Märkten des Lebensmitteleinzelhandels in Deutschland. Bonn

Bundesregierung (2012): Roadmap Bioraffinerien. Berlin. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/RoadmapBioraffinerien.pdf

BVE (o.J.): Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland: Marktanteile führender Unternehmen in Jahr 2015. Statista – Das Statistik-Portal, Statist https://de.statista.com/statistik/daten/studie/4916/umfrage/marktanteile-der-5-groessten-lebensmitteleinzelhaendler/

Carus, M.; Raschka, A.; Iffland, K.; Dammer, L.; Essel, R.; Piotrowski, S. (2016): How to Shape The Next Level of The European Bio-Based Economy? Renewablematter 08.2016, 27-36. http://www.renewablematter.eu/art/170/How_to_Shape_The_Next_Level_of_The_European_BioBased_Economy

Deutsche Fleischer-Verband (2016): Geschäftsbericht 2015-2016. http://www.fleischerhandwerk.de/presse/geschaeftsbericht-zahlen-und-fakten.html

Döring, P.; Mantau, U. (2012): Standorte der Holzwirtschaft - Sägeindustrie - Einschnitt und Sägenebenprodukte 2010. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich: Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Efken, J.; Dirksmeyer, W.; Kreins, P.; Knecht, M. (2016): Measuring the importance of the bioeconomy in Germany: Concept and illustration. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences 77, 9–17. DOI: 10.1016/j.njas.2016.03.008

Ehrenfeld, W.; Kropfhäußer, F. (2014): Plant-based Bioeconomy in Central Germany – Mapping of Actors, Industries and Places. IWH Discussion Papers No. 7

Ehrenfeld, W.; Kropfhäußer, F. (2017): Plant-based Bioeconomy in Central Germany – Mapping of Actors, Industries and Places. Technology Analysis and Strategic Management 29, 514-527. DOI: 10.1080/09537325.2016.1140135

EvB (Erklärung von Bern), Forum Umwelt und Entwicklung, Misereor (2014): Agropoly. Wenige Konzerne beherrschen die weltweite Lebensmittelproduktion. Bern, Berlin, Aachen

ETC Group (2010): The New Biomassters. Synthetic Biology and the Next Assault on Biodiversity and Livelihoods.

Fachverband Biogas (2016a): Biogasbranche vereint in Forderung nach verlässlichen Regelungen für Bestandsanlagen. Gemeinsame Pressemeldung der Organisationen Fachverband Biogas e.V., Verein Nachhaltige Energien e.V. (VNE), Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas und Bioenergienutzung e.V. (FnBB), Biogasförderverein Schwarzwald Baar e.V., AK Biogas Südwest und renergie Allgäu e.V. mit einer Forderung nach Verlässlichen Regelungen für Bioenergieanlagen. http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Gemeinsame-PM

Fachverband Biogas (2016b): Firmen. http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Alle_Firmen_sortiert_nach_Firma

Fatheuer, T. (2015): Biomasse für die Green Economy. Thesen zum Handlungsfeld Bioökonomie im entwicklungspolitischen Kontext. FDCL-Arbeitspapier. Berlin: Forschungs- und Dokumentationszentrum Chile-Lateinamerika

ForstBW (2014): Jahresbericht 2013 des Landesbetriebes ForstBW. 59. Jahrgang, Forstwirtschaftsjahr 2013. http://forstbw.de/fileadmin/forstbw_pdf/geschaeftsbericht/Jahresbericht_ForstBW_Materialband_2013.pdf

ForstBW (o.J.): Leistungsbilanz für Wald und Forstwirtschaft in Baden-Württemberg. http://forstbw.de/fileadmin/forstbw_pdf/Leistungsbilanz_von_ForstBW.pdf [10.04.2016]

ForstBW (2017): Zertifizierte Waldwirtschaft. http://www.forstbw.de/schuetzen-bewahren/zertifizierte-waldwirtschaft/

ForstBW (2017b): Ministerrat erteilt Auftrag zur Weiterentwicklung der Forstverwaltung - Pressemitteilung 117/ 2017. http://www.forstbw.de/news/detailansicht/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=816&cHash=b6e69860ad9895fba78239ce14fd428a

Gandert, E. (2015): Rohstoff-Basis für Biokunststoffe. Plastverarbeiter 13.04.2015. http://www.plastverarbeiter.de/50969/rohstoff-basis-fuer-biokunststoffe/

Ganzevles, J.; Asveld, L.; Osseweijer, P. (2015): Extending bioenergy towards smart biomass use. Issues of social acceptance at Park Cuijk, The Netherlands. Energy, Sustainability and Society 5:22. DOI: 10.1186/s13705-015-0053-9

Giljum, S.; Bruckner, M.; Gözet, B.; de Schutter, L. (2016): Land under Pressure. Global Impacts oft he EU Bioeconomy. Brussels: Friends of the Earth Europe

Griesen, M. (2010): Akzeptanz von Biogasanlagen. Dissertation Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

Hausknost, D.; Schriefl, E.; Lauk, C.; Kalt, G. (2017): A Transition to Which Bioeconomy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. Sustainability 9, 669. DOI: 10.3390/su9040669

Heck, P.; M. Sc., Anton, T.; Böhmer, J.; Patrick Huwig, P.; Meisberger, J.; Menze, S.; Pietz, C.; Reis, A.; Schierz, S.; Synwoldt, C.; Wagener, F.; Wangert, S. (2014): Bioenergiedörfer. Leitfaden für eine praxisnahe Umsetzung. Gülzow: FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.)

Heinrich-Böll-Stiftung, BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland) (Hrsg.) (2016): Fleischatlas, Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel. Berlin

Hensche, H.-U.; Lorleberg, W.; Schleyer, A.; Wildraut, C.; Kathmann, J.; Orth, S. (2011): Volkswirtschaftliche Neubewertung des gesamten Agrasektors und seiner Netzwerkstrukturen. Forschungsberichte des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest Nr. 27. Soest: Fachhochschule Südestfalen

Herbes, C.; Jirka, E.; Braun, J.P.; Pukall, K. (2014): Der gesellschaftliche Diskurs um den „Maisdeckel“ vor und nach der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012. GAIA 23 (2), 100-108

Informationsdienst Privatwald (o.J.): Länderprofil Baden-Württemberg. http://www.info-privatwald.de/index.php/laendersteckbriefe/baden-wuerttemberg

Jürges, N. (2016): Wahrnehmung und Funktionen in der Transformation zur Bioökonomie – eine Akteursanalyse im Politikfeld "Boden". UFZ Discussion Papers 6/2016. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

Kändler, G.; Cullmann, D. (2014): Der Wald in Baden-Württemberg. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. ForstBW http://www.fva-bw.de/publikationen/sonstiges/bwi3_bundeswaldinventur_3_forstbw.pdf

Kappelmann, U. (2013): Bunte Vielfalt – Zierpflanzenanbau in Baden-Württemberg. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 3/2013, 34-37

Kaup, F.; Selbmann, K. (2013): The seesaw of Germany's biofuel policy – Tracing the evolvement to its current state. Energy Policy 62, 513-521

Kovacs, B. (Ed.) (2015): Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy – A Challenge for Europe. 4th SCAR Foresight Exercise. European Commission: Brussels. https://ec.europa.eu/research/scar/pdf/ki-01-15-295-enn.pdf

LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume) Schwäbisch Gmünd (2016): Biogasanlagen in Baden-Württemberg. https://www.lel-web.de/app/ds/lel/a3/Online_Kartendienst_extern/Karten/14614/index.html

LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume) (2017): Biogasanlagen in Baden-Württemberg. Zahl der Anlagen und elektrische Bemessungsleistung. https://www.lel-web.de/app/ds/lel/a3/Online_Kartendienst_extern/Karten/52825/index.html

LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume), LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2016): Agrarmärkte, Jahresheft 2016. http://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LEL-SG,Lde/Startseite/Unsere+Themen/Agrarmaerkte+2016

Levidow, L. (2013): EU criteria for sustainable biofuels: Accounting for carbon, depoliticising plunder. Geoforum 44, 211-223

Linhart, E.; Dhungal, A.-K. (2013): Das Thema Vermaisung im öffentlichen Diskurs. Berichte über Landwirtschaft 91 (2). http://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/22/linhart-pdf

LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2015): Energieatlas BW. Bestehende Biomassefeuerungsanlagen. http://www.energieatlas- bw.de/biomasse/bestehende-biomassefeuerungsanlagen

LUBW (2016a): Energieatlas BW. Bioenergie in Baden-Württemberg. Hintergrundinformationen. http://www.energieatlas-bw.de/biomasse/hintergrundinformationen

LUBW (2016b): Energieatlas BW. Bestehende Biomethaneinspeiseanlagen. http://www.energieatlas-bw.de/biomasse/bestehende-biogasanlagen

Mantau, U. (2012a): Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring, Holzwerkstoffindustrie – Kapazitätsentwicklung und Holzrohstoffnutzung im Jahr 2010. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Mantau, U. (2012b): Holzrohstoffbilanz Deutschland, Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung 1987 bis 2015, Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Mantau, U.; Möller, B.; Jochem, D. (2012): Die energetische Nutzung von Holz in Biomasseanlagen unter 1 MW in Nichthaushalten im Jahr 2010. Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Meyer, R. (2004): Nahrungsmittelqualität der Zukunft, Handlungsfelder und Optionen. Berichte des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Frankfurt/M.: Deutscher Fachverlag

Meyer, R. (2017): Bioeconomy Strategies: Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. Sustainability 9, 1031. doi: 10.3390/su9061031

Meyer, R.; Priefer, C. (2012): Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze. TAB-Arbeitsbericht Nr. 151. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

MFW (Ministerium für Finanzen und Wirtschaft) (2014): Situation der Handwerksbäckereien in Baden-Württemberg. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 15/5151

Mills, E. (2015): The Bioeconomy a primer. Transnationalinstitute (TNI) und Hands on the Land for Food Sovereignty

MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz) (2013): Schlachtbetriebe in Baden-Württemberg im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Regionalität. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 15/1237

MLR (2013): Für Ernährungszwecke belegte Fläche der Agrar- und Lebensmittelindustrie. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 15/4086

MLR (2016): Entwicklung der Schlachthofstruktur in Baden-Württemberg und Folgen für die tierhaltenden Betriebe. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 16/1241

MLR (2017): "Wir brauchen für den Wald in Baden-Württemberg eine Lösung aus einem Guss". Pressemitteilung Nr. 102/2017. http://www.forstbw.de/fileadmin/Medien/newsletter_intern/ik55_Gemeinsame_Erklaerung_Min_Landkreistag_Staedtetag_und_Gemeindetag.pdf

Muschel, R. (2017): Hauk kritisiert Richter nach Kartellurteil. Südwest-Presse neckar-chronik.de 16.03.2017. http://www.neckar-chronik.de/Nachrichten/Hauk-kritisiert-Richter-nach-Kartellurteil-324528.html

MW BW (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg) (2017): Clusterportal Baden-Württemberg, Forst und Holz. https://www.clusterportal-bw.de/clusterdaten/technologiefelder/technologiefelder-detailseite/forst-und-holz/clusterdb/Innovationsfeld/show/

Ober, S. (2010): Technikfreunde. Gen-ethischer Informationsdienst Nr. 200, 15-17

Petschow, U. (2011): Bioökonomie. Können neue Technologien die Energieversorgung und die Welternährung sichern. Berlin: Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Priefer, C.; Jörissen, J.; Frör, O. (2017): Pathways to Shape the Bioeconomy. Resources 6, 10. doi: 10.3390/resources6010010

Puttkammer, J.; Grethe, H. (2015): The Public Debate on Biofuels in Germany: Who Drives the Discourse? GJAE 64, 263-273

Redmann, M.; Dispan, J.; Held, C.; Lückge, F.-J. (2010): Clusterstudie Forst und Holz Baden-Württemberg. Stuttgart: Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). http://www.cluster-forstholz-bw.de/fileadmin/cluster/cluster_pdf/Clusterstudie_Forst_und_Holz_BW.pdf

Richardson, B. (2012): From a fossil-fuel to a biobased economy: the politics of industrial biotechnology. Environment and Planning C: Government and Policy 30, 282-296. DOI: 10.1068/c10209

Rieger, A. (2017): Der lange Abschied vom Einheitsförster. Stuttgarter Nachrichten 11. Januar 2017. http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.zukunft-des-waldes-der-lange-abschied-vom-einheitsfoerster.3f2e97a8-b62f-4198-ad3d-7b962a81fe7b.html

Rösch, C. (2016): Agrophotovoltaik – die Energiewende in der Landwirtschaft. GAIA 25, 242-246

Scheftelowitz, M. et al. (2014): Vorhaben IIa, Stromerzeugung aus Biomasse. Wissenschaftlicher Bericht. Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Schmidt, K. (2014): Bioabfallverwertung in Baden-Württemberg: Ein Baustein für Ressourcen- und Klimaschutz. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 11/2014, 41-46

Schüch, A.; Daniel-Gromke, J.; Liebetrau, J.; Nelles, M. (2014): Stand und Perspektiven der Abfall- und Reststoffvergärung in Deutschland. Biogas Journal 2-2014, 34-38

Seintsch, B. (2013): Cluster Forst und Holz nach neuer Wirtschaftszweigklassifikation. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2011. Thünen Working Paper 5

Seitz, R. (2014): Agrarstruktur im Wandel. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 3/2014, 3-12

SL BW (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg) (2014): Agrarstrukturerhebung 2013 in Baden-Württemberg. Reihe Statistische Daten 03/2014. Stuttgart

SL BW (2015): Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg. Statistik aktuell. http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Statistik_AKTUELL/803415004.pdf#search=abfall-verg%C3%A4rungsanlagen

SL BW (2015b): Landwirtschaftliche Betriebe in Baden-Württemberg 2015 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche – Ergebnisse der Bodennutzungshaupterhebung. Artikel-Nr. 3465 15001. http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/346515001.pdf

SL BW (2016): Auszug aus Unternehmen und Betriebe sowie deren Beschäftigte und Umsätze in Baden-Württemberg 2013 nach Wirtschaftsabteilungen. Bereitgestellt vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg Mai 2016

Sluka, C.; Peck, P.C. (2015): Stakeholder dynamics in the EU forst energy sector: key issues to manage and ways forward. Biofuels, Bioprod. Bioref. 9, 51-71. DOI: 10.1002/bbb.1501

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Agrarstruktur in Deutschland, Einheit in Vielfalt. Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Stuttgart

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2015): Regionale Landwirtschaftliche Gesamtrechnung. http://www.statistik-bw.de/LGR/DE_home.asp

Strohm, K.; Garming, H.; Dirksmeyer, W. (2016): Entwicklung des Gemüsebaus in Deutschland von 2000 bis 2015: Anbauregionen, Betriebsstrukturen, Gemüsearten und Handel. Thünen Working Paper 56

Tepe, M. (2015): Die Organisation von Wertschöpfungsketten in räumlicher Perspektive. Am Beispiel von sechs Unternehmen der Agrartechnik in Norddeutschland. VSG, Vechtaer Studien zur Geographie Band 5 / 2015

UM BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (2015): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2014. Erste Abschätzung, Stand April 2015. http://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/24483/Erneuerbare_Energien_2014_Erste_Abschaetzung/f42923f8-5f85-49ad-9433-28f2061dee21

UM BW (2016): Bioenergiedörfer, EFRE-Förderprogramm des UM. https://um.baden-wuerttemberg.de/?id=5564

Vanloqueren, G.; Baret, P. (2009): How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. Research Policy 38, 971–983. DOI: 10.1016/j.respol.2009.02.008

VCI (Verband der chemischen Industrie) (2017): Rohstoffbasis der chemischen Industrie. Daten und Fakten. Stand: 2. März 2017. https://www.vci.de/vci/downloads-vci/top-thema/daten-fakten-rohstoffbasis-der-chemischen-industrie-de.pdf

VDP (Verband Deutscher Papierfabriken) (2017): Papier 2017. Ein Leistungsbericht. Bonn: VDP

Verband Deutscher Müller (2017): Mühlenwirtschaft in Deutschland. http://www.muehlen.org/fileadmin/Dateien/2_Branche/Schaubild_13_Muehlenwirtschaft_2-Deutschlandkarte.pdf

Weidenhausen, E.M. (2010): Globalisierungsprozesse in der Textilwirtschaft, insbesondere in der ökologisch ausgerichteten Branche. Promotion Geographisches Institut der Universität Stuttgart

Weimar, H.; Döring, P.; Mantau, U. (2012): Einsatz von Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen 2011. Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Winther, T. (2014): A Bioeconomy for the Baltic Sea Region – mapping of stakeholders, practices and opportunities. Innogate ApS, Copenhagen and norden, Nordic Council of Ministers

Wippel, B. (2014): Struktur und Motive forstlicher Zusammenschlüsse in Baden-Württemberg. Abschlussbericht. Unique forestry and land use: Freiburg. http://www.cluster-forstholz-bw.de/fileadmin/cluster/cluster_pdf/2014-06-13%20Bericht%20FWZ-final.pdf

Wippel, B.; Kehayova, E. (2015):Eine Momentaufnahme der Gemeinschaftswaldbetriebe in Baden-Württemberg. In: Forstkammer Baden-Württemberg: Gemeinschaftswälder – eine Chance zur Überwindung von Strukturhemmnissen. 8-14

Zschache, U.; von Cramon-Taubadel, S.; Theuvsen, L. (2010): Öffentliche Deutungen im Bioenergiediskurs: eine qualitative Medienanalyse. Berichte über Landwirtschaft 88 (3), 502-512. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Service/BerichteLandwirtschaft/2010_Heft3_Band88.pdf?__blob=publicationFile

V. Wertschöpfungsketten

1. Einleitung

Zielsetzung der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie ist es, Bioökonomie in Wertschöpfungsketten und als Gesamtsystem zu betrachten (MWK BW 2013). Die Bioökonomie-Strategien der Bundesregierung fordern ebenfalls einen systemischen Ansatz (BMBF 2010; BMEL 2014). Wertschöpfungsketten (Value Chains) spielen damit eine zentrale Rolle in der Bioökonomie-Forschung und -Politik. Sie beschreiben die Stufen einer Produktion als eine geordnete Reihung von Tätigkeiten, wobei dieses Konzept ursprünglich auf der Ebene von Unternehmen entwickelt wurde (Porter 1986). Im Kontext der Bioökonomie ist damit die Betrachtung des gesamten Lebensweges von der Biomasseproduktion bzw. -bereitstellung über die Biomassekonversionen bis zur Endproduktherstellung, -vermarktung und -nutzung gemeint.

Die Ergebnisdarstellung der Analyse der Wertschöpfungsketten im Projekt ist wie folgt aufgebaut:

> Im Kapitel V.2 werden verschiedene Ansätze zur Darstellung und Analyse biogener Wertschöpfungsketten diskutiert und das Verständnis von Wertschöpfungsketten im Projekt entwickelt.
> Im Kapitel V.3 werden dann die potentiell aus- bzw. aufzubauenden Wertschöpfungsketten in den drei Forschungsfeldern Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen untersucht.
> Das Kapitel V.4 gibt einen systematischen Überblick über Substitutions- und Konkurrenzbeziehungen.
> Im Kapitel V.5 werden schließlich Fragen der Kaskadennutzung behandelt.

2. Das Konzept der Wertschöpfungsketten

2.1 Untersuchungsansätze und Beschreibungen von Wertschöpfungsketten

Im Folgenden werden wissenschaftliche Ansätze vorgestellt, die potentiell für die Darstellung und Analyse von Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie von Relevanz sein können.

2.1.1 Materialflussrechnung, Materialflussanalysen und Biomasseflüsse

Die **Materialflussrechnung** (Material flow accounting; MFA) liefert Informationen über die Zusammensetzung und Veränderung der physikalischen Struktur sozio-ökonomischer Systeme in hoch aggregierter Form (Fischer-Kowalski et al. 2011). Daraus abgeleitete Indikatoren wie inländischer Materialverbrauch (Domestic material consumption, DMC) beschreiben das Verhältnis zwischen wirtschaftlicher Tätigkeit und dem Verbrauch natürlicher Ressourcen, also die Ressourcenproduktivität einer Volkswirtschaft. Mit der Materialflussrechnung besteht eine EU-weit harmonisierte Methode zur Erfassung der gesamten Zufuhr von Rohstoffen in das ökonomische System (Eurostat 2017). Der Verbrauch von Biomasse wird nur insgesamt bestimmt, ohne diese weiter aufzuschlüsseln und die Wege innerhalb der Volkswirtschaft zu erfassen.

Einige **Materialflussanalysen** liefern eine detaillierte Beschreibung biogener Stoffflüsse in einer Volkswirtschaft. Die Ergebnisse werden in der Regel in sogenannten Sankey-Diagrammen dargestellt (Abb. V.1). Dabei handelt es sich um eine mengenproportionale Visualisierung von Massen- (und Energie-)daten, wobei Inputflüsse auf der linken Seite eines „Knoten“ (= Quelle, Verarbeitungsprozesse

bzw. -sektoren, Senken) enden und Outputflüsse an der rechten Seite beginnen. In der Gegenrichtung wird die Verwertung von Reststoffen, Abfällen usw. erfasst, so dass Schleifen entstehen.

Umfassende Untersuchungen der Struktur der Prozesse und Mengen (bzw. auch Energiegehalte) aller biogener Güter- bzw. Materialflüsse von der Produktion über die Verarbeitung bis zur Nutzung und Entsorgung liegen für Österreich (Kalt, Amtmann 2014; Kalt 2014) und die Schweiz (Baum, Baier 2008) sowie für ausgewählte Biomassekategorien für die Niederlande (Goh et al. 2014) vor, nicht jedoch für Deutschland. Allerdings gibt es eine detaillierte mengen- und wertmäßige Analyse der importierten Biomasseflüsse in Deutschland auf der Basis der Außenhandelsstatistik (Domnik et al. 2016). Die Abbildung V.1 zeigt exemplarisch die Biomasseflüsse in Österreich.

Spezielle Holzbilanzen gibt es für Deutschland (Weimar 2016), Frankreich (Lenglet et al. 2016), Österreich (Österreichische Energieagentur 2016; Windsperger, Windsperger 2016), Schweiz (Suter et al. 2016; Baum, Baier 2008) und die Niederlande (Goh et al. 2014; Goh et al. 2016). Sie unterscheiden sich jeweils hinsichtlich Systemgrenzen, Detailierungsgrad und Darstellung (exemplarisch Abb. V.2). Außerdem liegt eine detaillierte Materialflussanalyse für Getreide-Wertschöpfungsketten in Frankreich vor (Courtonne et al. 2015).

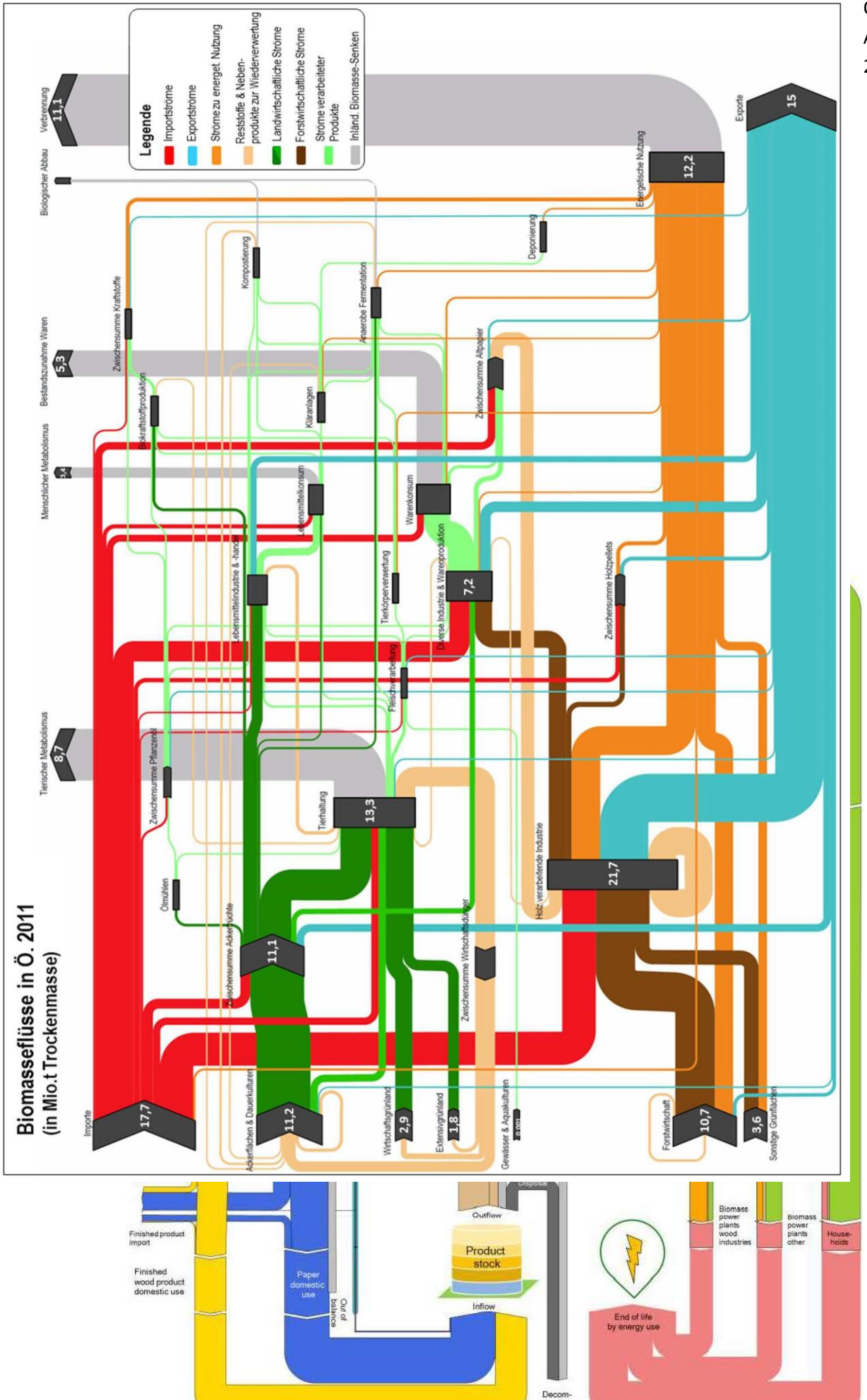
Stärken dieser Darstellung von Biomasseflüssen sind:

> Die Biomassenutzungen in den Bereichen Lebensmittel, stoffliche und energetische Nutzung können erfasst und verglichen werden.
> Die mengen- und wertmäßigen Biomasseflüsse zwischen wichtigen Wirtschaftsgruppen können analysiert werden.
    > Rückflüsse von Biomasse können dargestellt und der Umfang von Kaskadennutzungen kann bestimmt werden.

Andererseits besteht eine Reihe von *Schwächen*:

> Die Darstellung ist aggregiert und erfasst verschiedene Wirtschaftsaktivitäten und zahlreiche Wertschöpfungsketten in den jeweiligen Knoten und Biomassesträmen gemeinsam.
> Die Datenerhebung und -auswertung ist schwierig aufgrund des Fehlens sektorübergreifender Berichtssysteme, der fehlenden Transparenz bio-basierter Wertschöpfungsketten, der unzureichenden Daten zum Anteil bio-basierter Inputs in Produktionsprozessen und der geringen Zuverlässigkeit internationaler Handelsstatistiken (Efken et al. 2016; Goh et al. 2014).

Abb. V. 1: Biomasseflüsse in Österreich 2011 (in Mio. t Trockenmasse)



Quelle: Kalt, Amtmann 2014: 40

Quelle: Vis et al. 2016: 26

2.1.2 Systematische Erfassung von bio-basierten Wirtschaftsbereichen

Im Rahmen der Bioökonomie-Strategien besteht großes Interesse, die aktuelle Bedeutung der bio-basierten Wirtschaft abzuschätzen sowie im Rahmen eines Monitorings zukünftige Veränderungen zu erfassen (z.B. BMEL 2014). Dazu werden Studien durchgeführt, um die volkswirtschaftliche Bedeutung der Produktion von bio-basierten Erzeugnissen in der Gesamtwirtschaft Deutschlands zu erfassen (Efken et al. 2012, 2016). Zielsetzung ist, Informationen über Wertschöpfung, Beschäftigungszahlen, Umsatz und Anzahl der Unternehmen bereitzustellen, hauptsächlich auf der Basis amtlicher Statistiken. Dabei wird die Definition des Bioökonomierates zur Systemabgrenzung genutzt (Efken et al. 2012: 1), nach der zur Bioökonomie bzw. bio-basierten Wirtschaft alle Sektoren gehören, die biologische Ressourcen produzieren, be- und verarbeiten oder in irgendeiner Form nutzen (Bioökonomierat 2010: 10). Daraus ergibt sich die Aufgabenstellung, nach einem nachvollziehbaren und über alle Branchen/Sektoren/Wirtschaftszweige bzw. Produktionsprozesse und Produkte hinweg einheitlichen Schema diejenigen Aktivitäten abzugrenzen, die zur bio-basierten Wirtschaft zählen (Efken et al. 2012: 3). Es werden die Wirtschaftszweige, die ausschließlich bio-basiert sind, sowie die Wirtschaftszweige, die zu einem Anteil bio-basierte Inputs einsetzen, bestimmt und in die Abschätzung einbezogen (exemplarisch Abb. V.3).

Da in der amtlichen Statistik Unternehmen einem Wirtschaftszweig nach dem Schwerpunktprinzip zugeordnet werden, ergeben sich zwei Zuordnungsfehler (Efken et al. 2012: 5):

> Die berücksichtigten bio-basierten Wirtschaftszweige enthalten Aktivitäten, die nicht bio-basiert sind und somit nicht der bio-basierten Wirtschaft zugeordnet werden sollten.
> Nicht berücksichtigte Wirtschaftszweige umfassen auch Aktivitäten, die bio-basiert sind und eigentlich der bio-basierten Wirtschaft zugerechnet werden sollten.

Es kann derzeit nicht beurteilt werden, ob es dadurch zu einer systematischen Über- oder Unterschätzung der Bioökonomie kommt (Efken et al. 2012: 5).

Stärken der systematischen Erfassung von bio-basierten Wirtschaftsaktivitäten sind:

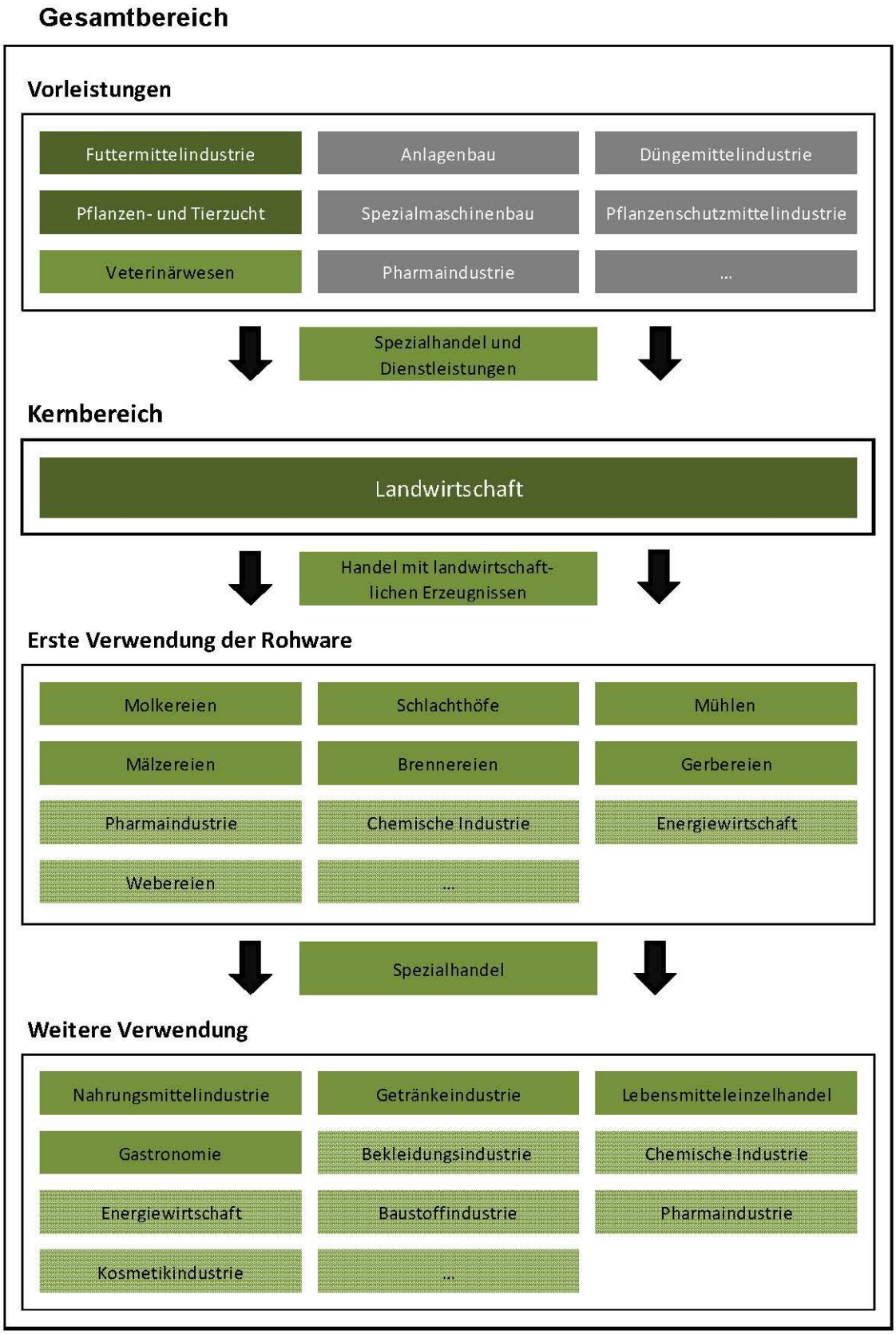
> Überblick über alle wirtschaftlichen Aktivitäten, die zur bio-basierten Wirtschaft gehören.
> Eine Einschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der bio-basierten Wirtschaft wird möglich.

Als *Schwächen* dieses Ansatzes sind zu betrachten:

> Kausale Zusammenhänge zwischen Branchen und Wirtschaftsgruppen bzw. -klassen werden nicht abgebildet.
> Die Wirtschaftsgruppen bzw. -klassen fassen die jeweilige Stufe zahlreicher Wertschöpfungsketten zusammen, so dass es sich um eine aggregierte Darstellung verschiedener Wirtschaftsaktivitäten handelt.
> Neue, innovative Wertschöpfungsketten können nicht identifiziert werden.

> Datenlücken bestehen insbesondere im Dienstleistungsbereich.

Abb. V. 3: Schematische Darstellung der bio-basierten Wirtschaftsbereiche (Landwirtschaft)



Quelle: Efken et al. 2012, S. 45

2.1.3 Kartierung von Wertschöpfungsketten

Die vergleichende Kartierung von Wertschöpfungsketten wurde im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen am Beispiel von gv Mais entwickelt (Herrero et al. 2015). Über den Lebensweg hinweg werden alle Orte (Knotenpunkte) und Bewegungen (Übergänge) erfasst und in eine System-Karte eingetragen (Abb. V.4). Zielsetzung ist, die materiellen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Beziehungen zu erfassen.

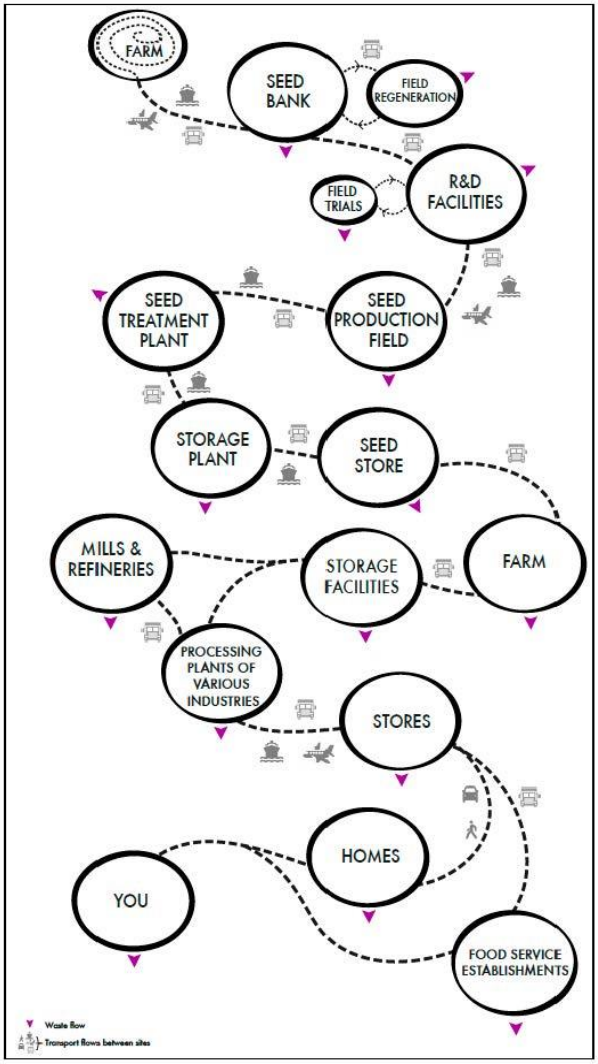
Stärken des Kartierungsansatzes sind:

> Alle Stationen von den Vorleistungen bis zum Endverbraucher werden erfasst.
> Orte und geographische Beziehungen werden einbezogen.
> Akteure und ihre Diskurse, Werte und Weltanschauungen sind Gegenstand der Untersuchung.

Schwächen des Ansatzes sind:

> Die Wertschöpfungskette wird zur Vereinfachung als ein linearer Prozess angeordnet.
> Es handelt sich um eine rein qualitative Beschreibung.

Abb. V. 4: Knotenpunkte und Orte des gv Mais des Landwirtschaft-Nahrungsmittel-Systems in Spanien



Quelle: Herrero et al. 2015

2.1.4 Produktionsstammbäume

Im Kontext der Beschreibung der gegenwärtigen bio-basierten Industrien und der Abschätzung zukünftiger Marktentwicklungen liegen verschiedene Darstellungen der Pfade einer stofflichen Nutzung vor (exemplarisch Abb. V.5 und V.6). Dabei gibt es keine einheitliche Vorgehensweise. Ausgangspunkt sind in der Regel Inhaltsstoffe der Biomasse wie Zucker, Stärke oder pflanzliche Öle. Teilweise werden Gruppen von Endprodukten genannt, teilweise endet die Darstellung bei bio-basierten Basiskomponenten bzw. Grundstoffe, sogenannten „Building Blocks“.

Stärken einer Darstellung von Produktionsstammbäumen sind:

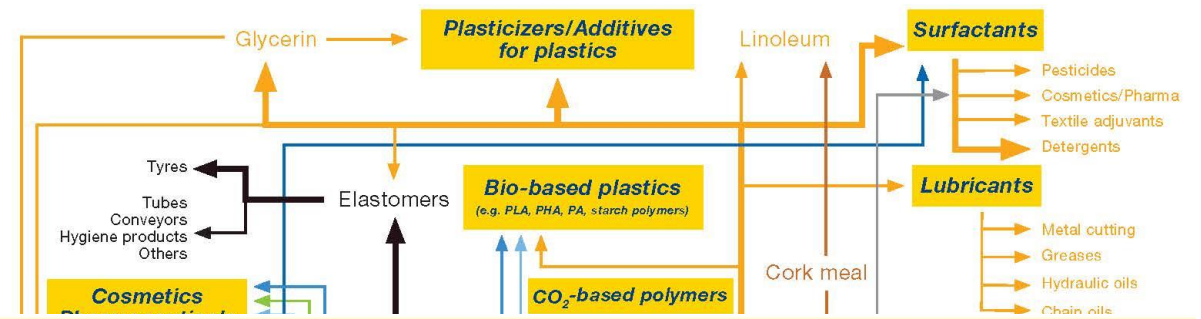
> Die Vielfalt der stofflichen Nutzungspfade wird erkennbar.
> Die verschiedenen Konversionsschritte bzw. Verarbeitungsstufen werden teilweise herausgearbeitet.

Schwächen dieses Ansatzes sind:

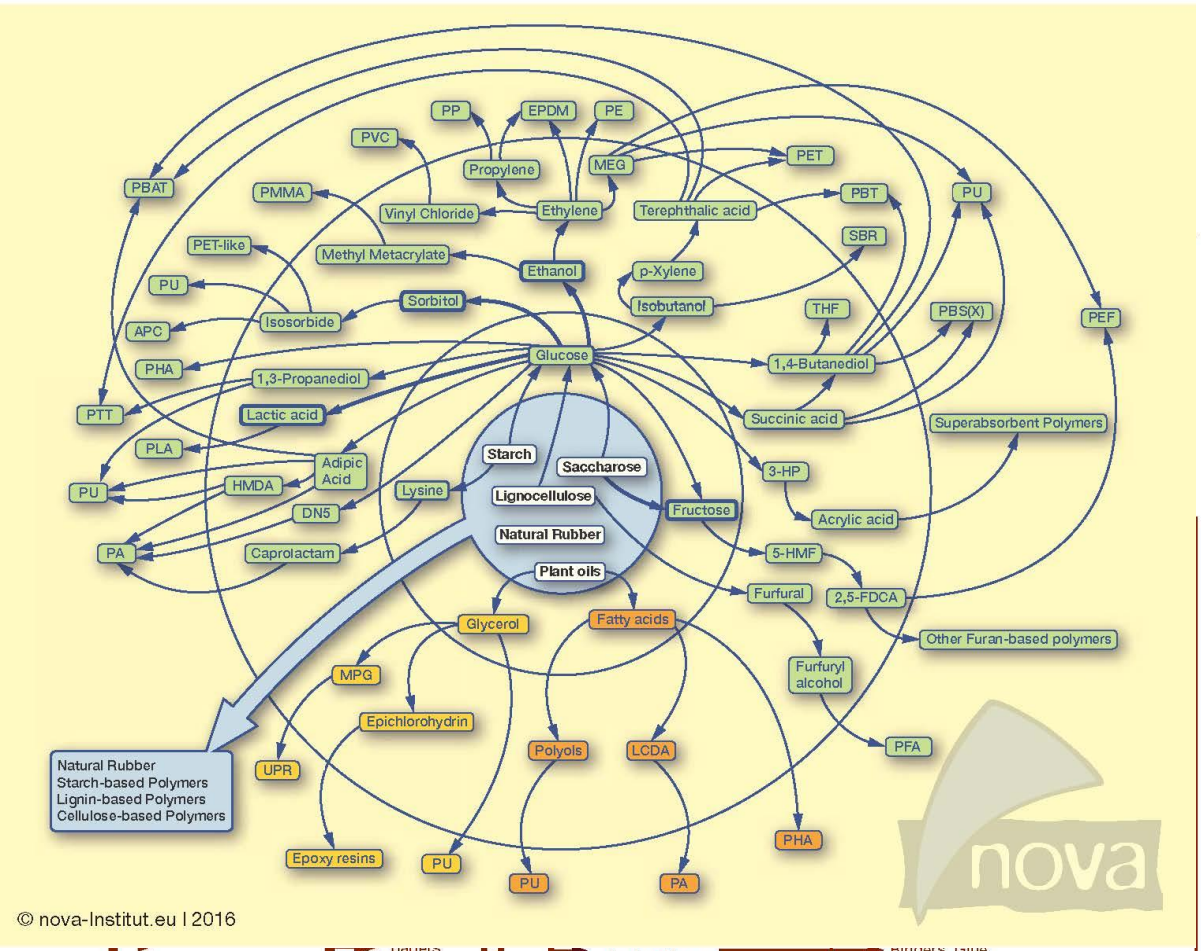
> Die landwirtschaftliche bzw. forstwirtschaftliche Produktion als Teil der Wertschöpfungskette wird nicht dargestellt.
> Die Vielfalt der Endprodukte bio-basierter Wertschöpfungsketten wird auch mit diesem Ansatz nicht systematisch erfasst.

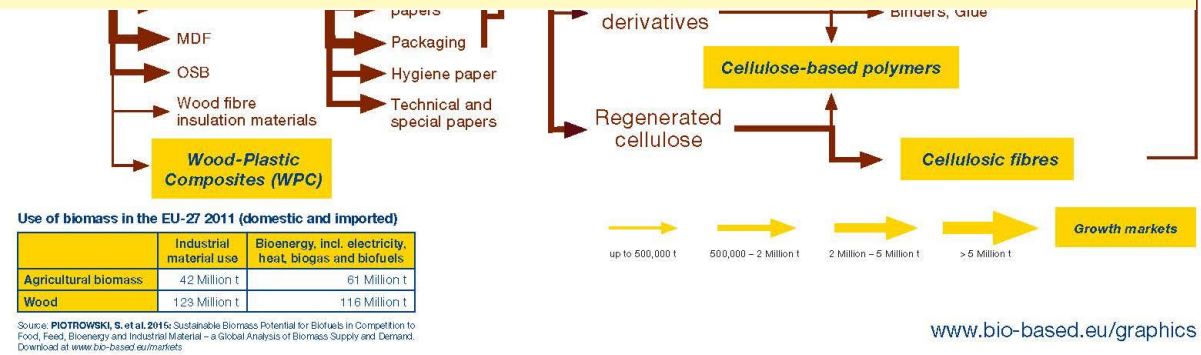
Abb. V. 5: Industrielle Nutzung von Biomasse in Europa 2015

Quelle: Nova Institut 2015



Quelle:





Use of biomass in the EU-27 2011 (domestic and imported)

	Industrial material use	Bioenergy, incl. electricity, heat, biogas and biofuels
Agricultural biomass	42 Million t	61 Million t
Wood	123 Million t	116 Million t

Source: **PIOTROWSKI, S. et al. 2015:** Sustainable Biomass Potential for Biofuels in Competition to Food, Feed, Bioenergy and Industrial Material – a Global Analysis of Biomass Supply and Demand. Download at *www.bio-based.eu/markets*

Aeschelmann, Carus 2016

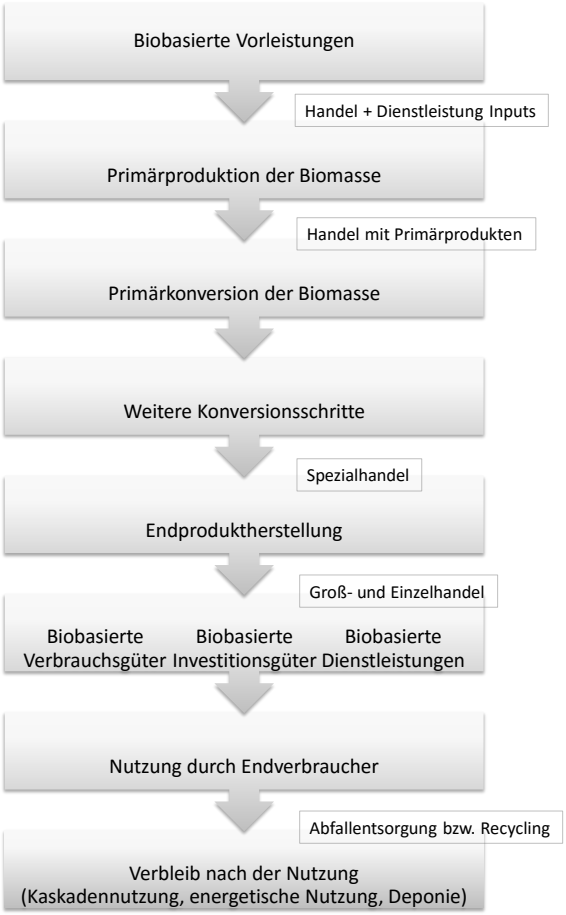
2.1.5 Fazit

Die Idee der Wertschöpfungsketten ist mittlerweile weit verbreitet und findet sich in verschiedenen Untersuchungsansätzen. Eine vollständige Analyse von Wertschöpfungsketten von der Primärproduktion bis zum Konsum liegt allerdings nur in hoch aggregierter Form vor, wobei viele Aktivitäten in einem Stofffluss bzw. Wirtschaftszweig zusammengefasst werden. Außerdem wird in der Regel nur ein Aspekt der Wertschöpfungsketten behandelt, beispielsweise die Biomasseflüsse oder wirtschaftlichen Kennzahlen. Nur mit dem Kartierungsansatz liegt ein Versuch vor, auch Aspekte wie Akteure, Diskurse, Werte und Weltanschauungen einzubeziehen. Während die systematische Erfassung von bio-basierten Wirtschaftsbereichen und die Kartierung mit einer linearen Darstellung von Wertschöpfungsketten arbeiten, wird bei den Materialflussanalysen und Produktionsstammbäumen deutlich, dass Wertschöpfungsketten zahlreiche Verzweigungen und Rückflüsse beinhalten.

2.2 Unser Verständnis von Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie

Nach unserem Verständnis werden unter dem Begriff Wertschöpfungsketten Biomasseflüsse, ökonomische Zusammenhänge und Interaktionen von Akteuren beschrieben. Wertschöpfungsketten umfassen somit gleichzeitig stoffliche, ökonomische und organisatorische Zusammenhänge. Idealerweise sollte bei einer Analyse von Wertschöpfungsketten der gesamte Lebensweg von bio-basierten Vorleistungen (z.B. Saatgut) bis zur Verwendung nach der Nutzungsphase eines basierten Produktes (z.B. energetische Nutzung in der Müllverbrennung) einbezogen werden (Abb. V.7). Je stärker Wertschöpfungsketten disaggregiert werden, desto mehr Varianten, beispielsweise hinsichtlich eingesetzter Biomassearten und in der Biomasseproduktion genutzter Vorleistungen, unterschiedlicher Ausprägungen der Konversionstechnologien und verschiedener Standorte der Konversion sowie erzeugter Endprodukte, sind zu betrachten.

Abb. V. 7: Allgemeines Schema bio-basierter Wertschöpfungsketten



Quelle: Eigene Darstellung

Die lineare Darstellung in der Abbildung V.7 stellt allerdings eine grobe Vereinfachung dar. Wertschöpfungsketten sind in Realität bedeutend komplexer. Sie können in vielen Varianten auftreten und weichen in der Regel von einer rein linearen Abfolge ab. Die Komplexität von Wertschöpfungsketten wird wesentlich bestimmt durch:

> Verzweigungen bzw. Varianten
> Räumliche Dimension
> Zeitliche Dimension
> Rückflüsse bzw. Kaskadennutzungen

Verzweigungen bzw. Varianten sind insbesondere in drei Stufen der Wertschöpfungsketten von hoher Relevanz:

> *Eine Primärkonversion ist häufig Upstream mit mehreren Biomasse-Wertschöpfungsketten verbunden*. Viele Konversionsverfahren können verschiedene Biomassetypen nutzen bzw. verwenden gleichzeitig mehrere Arten von Biomasse. Beispielsweise werden in Biogasanlagen sowohl Gülle (also Reststoff aus der Tierproduktion) und Silomais (als eine Energiepflanze aus der Pflanzenproduktion) sowie andere Biomassetypen eingesetzt. Ebenso ist eine wichtige Zielsetzung bei der Entwicklung von Lignozellulose-Bioraffinerien, den Einsatz von verschiedenen Lignozellulose-Biomassen zu ermöglichen, die sowohl aus der Forstwirtschaft als auch aus der Landwirtschaft stammen

können. Jede Art von Biomasse ist mit jeweils spezifischen Produktionsverfahren und Vorleistungen verbunden. Die verschiedenen Biomasseströme, die in eine Konversion münden, sind die Kehrseite der multiplen Nutzung eines Biomassetyps, was unter dem Begriff „Flex Crop“ diskutiert wird (Borras et al. 2016).

> *Die Primärkonversion mündet in vielen Fällen Downstream in zahlreiche Wertschöpfungsketten*. Dies gilt insbesondere für Nahrungsmittelketten und stoffliche Wertschöpfungsketten. Beispielsweise können auf der Basis von Zucker zahlreiche bio-basierte Basiskomponenten bzw. Grundstoffe („Building Blocks“) hergestellt werden, aus denen sich verschiedene bio-basierte Polymere synthetisieren lassen (Abb. V.6). Dies gilt genauso für traditionelle stoffliche Wertschöpfungsketten, wo z.B. Schnittholz aus dem Sägewerk in zahlreichen Wertschöpfungsketten weiter verwendet werden kann. Das Konzept der Bioraffinerie beinhaltet eine ganzheitliche bzw. weitgehende Nutzung der gesamten Biomasse (vgl. MWK BW 2013: 81), was zu zahlreichen Downstream-Wertschöpfungsketten und Endprodukten führt.

> Aus einem bio-basierten Grundstoff können schließlich in der Regel eine große Anzahl von *Endprodukten* hergestellt werden. Bei bio-basierten Chemikalien, die erdöl-basierte ersetzen, reflektiert dies die große Vielfalt von Endprodukten, die aus den entsprechenden erdöl-basierten Grundstoffen und Zwischenprodukten hergestellt werden. Dies gilt genauso für traditionelle Biomasse-Wertschöpfungsketten, wo beispielsweise bei der Lebensmittelherstellung Zucker in einer großen Zahl von Lebensmitteln verwendet wird. Die Komplexität der möglichen Endprodukte ist ein Grund, warum in vielen Produktionsstammbäumen die Endprodukte nicht oder nur unspezifisch einbezogen werden.

Räumliche Dimension: Die jeweiligen Stufen von Wertschöpfungsketten können an verschiedenen konkreten Orten stattfinden und damit unterschiedliche räumliche Verbindungen und Akteurskonstellationen aufweisen. Zwischen einer dezentralen und einer zentralen Ausprägung einer Wertschöpfungskette bestehen beispielsweise Unterschiede hinsichtlich eingesetzter Technologien, Transportvorgängen, Wirtschaftlichkeit und Umweltauswirkungen. Eine weitere wichtige Unterscheidung ist, ob Wertschöpfungsketten auf inländisch produzierter oder importierter Biomasse beruhen bzw. Konversionsschritte im Inland oder in Drittländern erfolgen. Der geographische Aspekt soziotechnischer Transformationen findet zunehmend Beachtung (Calvert et al. 2017). So hat auch die Teller-Tank-Diskussion einen starken räumlichen Bezug, indem sie den Ort des Biomasseanbaus für Biokraftstoffe sowie die räumliche Verlagerung anderer Biomasse-Wertschöpfungsketten und damit verbundene mögliche indirekte Landnutzungsänderungen thematisiert.

Zeitliche Dimension: Wertschöpfungsketten haben sehr unterschiedliche zeitliche Horizonte. Zum einen ist in der Regel die diskontinuierlich anfallende Biomasse mit einer kontinuierlichen Produktion bzw. Nachfrage konfrontiert. Traditionell wird dies durch Lagerhaltung, Haltbarmachung usw. ausgeglichen, aber gerade im Lebensmittelbereich (z.B. bei Obst und Gemüse) wird zunehmend durch internationale Wertschöpfungsketten eine saisonunabhängige Versorgung ermöglicht. Zum anderen kann insbesondere die Nutzungsphase von Endprodukten sehr unterschiedliche Zeiträume umfassen. Ein Beispiel aus dem Bereich Lignozellulose: Während der gesamte Lebenszyklus einer bio-basierten Plastiktüte höchstens einige Monate dauert, kann er bei einem Möbel aus Holz Jahrzehnte und bei einem Holzhaus Jahrhunderte betragen.

Rückflüsse und Kaskadennutzungen: Biomasseflüsse und ökonomische Beziehungen bestehen nicht nur in einer Richtung von der landwirtschaftlichen bzw. forstwirtschaftlichen Biomasseproduktion

über Konversions- und Verarbeitungsstufen bis hin zu den Endprodukten, sondern in potentiell vielfältiger Form auch in die Gegenrichtung. Solche gegenläufigen Beziehungen können auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette stattfinden. Bei der Biomassekonversion können Koppelprodukte anfallen, die wiederum in der Primärproduktion, insbesondere in der Landwirtschaft genutzt werden. So wandern beispielsweise Koppelprodukte aus der Biokraftstoffherstellung (z.B. Presskuchen der Herstellung von Biodiesel aus Ölfrüchten bzw. Bioethanol aus Mais) als Futtermittel zurück in die Landwirtschaft. Ebenso können Biomasseflüsse von höheren Verarbeitungsstufen zur Primärverarbeitung bzw. -konversion oder zu davorliegenden Verarbeitungsstufen auftreten. Schließlich können am Ende der Nutzungsphase von Endprodukten mittels Recycling Weiternutzungs-Kreisläufe etabliert werden, was auch als Kaskadennutzung bezeichnet wird (Kap. V.5).

3. Wertschöpfungsketten im Kontext Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg

In diesem Kapitel erfolgt ein systematischer Überblick über die Wertschöpfungsketten in den drei Nutzungsfeldern Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Es wird untersucht, welche insbesondere in Baden-Württemberg relevanten Wertschöpfungsketten in den drei Nutzungsfeldern bestehen bzw. sich in der Entwicklung befinden und wie sie strukturiert sind. Außerdem wird dargestellt, zu welchen Aspekten dieser Wertschöpfungsketten im Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg Forschungsprojekte durchgeführt werden. Damit soll herausgearbeitet werden, wie sich die Forschungsarbeiten in den Kontext der Wertschöpfungsketten einordnen.

3.1 Wertschöpfungsketten Biogas

Die Wertschöpfungsketten Biogas umfassen grundsätzlich folgende Stufen (Bundesnetzagentur 2014: 16; Guenther-Lübbers, Theuvsen 2015; Klagge, Arbach 2013: 58):

> *Substratproduktion bzw. -bereitstellung*: Produktion bzw. Bereitstellung der benötigten Biomasse für die Biogasproduktion, wie Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger, landwirtschaftliche Reststoffe, organische Abfälle und/oder Landschaftspflegematerial durch Landwirte, Kommunen, Entsorgungsunternehmen und/oder Industrie.

> *Transport und Lagerung der Substrate*: Transport der Biomasse von den Anbauflächen bzw. dem Ort des Anfallens zur Biogasanlage durch Landwirte, Maschinenringe/Lohnunternehmer, Transportunternehmen oder spezialisierte Entsorgungsunternehmen.

> *Biogasproduktion*: Konversion der Biomasse durch anaerobe Vergärung zu Biogas in einer Biogasanlage durch Landwirte, Gemeinschaftsanlagen mehrerer Landwirte, Projektentwickler, Anlagenhersteller, Energieversorgungsunternehmen oder Genossenschaft/Fondgesellschaft.

> *Biogasnutzung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) vor Ort*: Umwandlung des Biogases in einem BHKW oder Satelliten-BHKW in elektrische Energie, die in das Stromnetz eingespeist wird, und Wärme, die vor Ort genutzt oder über ein kleines, lokales Nahwärmenetz an private Haushalte, öffentliche Einrichtungen und/oder Industriebetriebe vermarktet wird. Dies erfolgt in der Regel durch den jeweiligen Betreiber der Biogasanlage.

> *Nutzung der Gärreste*: Die Gärreste werden als organischer Dünger auf Acker- und Grünlandflächen eingesetzt, im Allgemeinen durch Landwirte.

Alternativ (zur Nutzung im BHKW vor Ort):

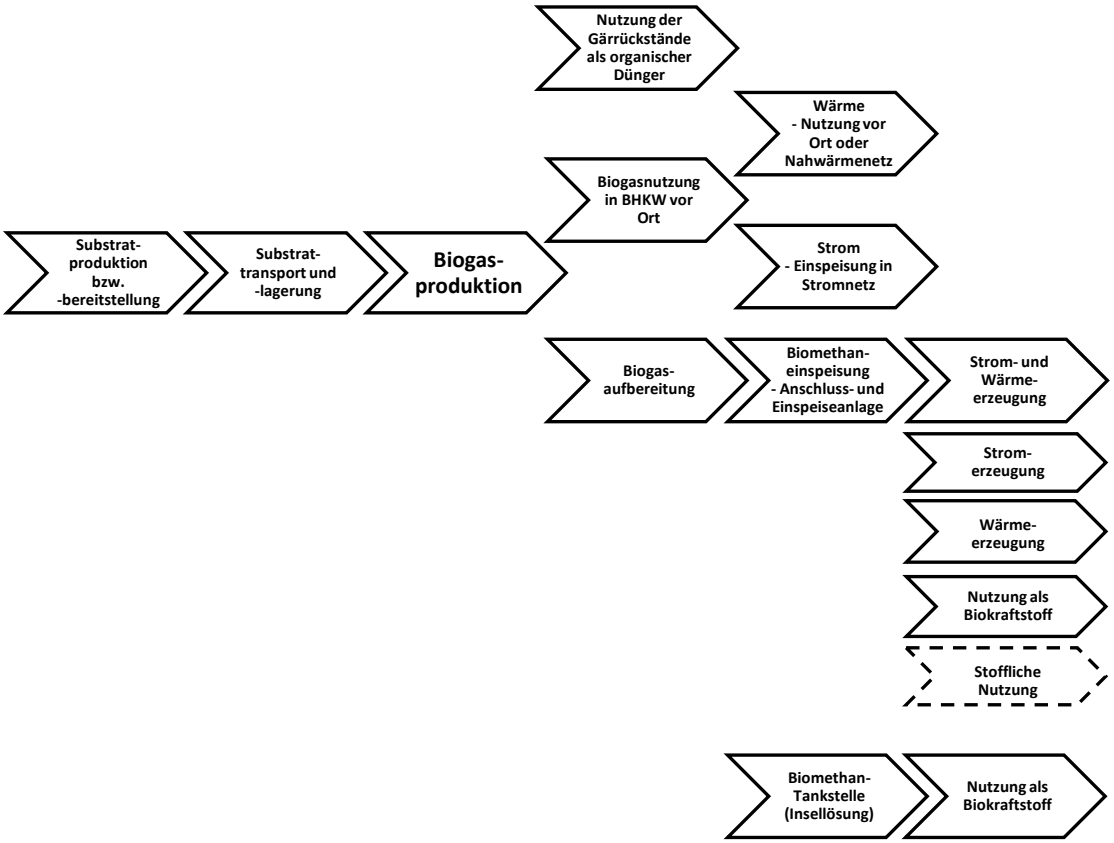
> *Gasaufbereitung*: Die Reinigung und Aufbereitung des erzeugten Biogases hat das Ziel, das Gas als Biomethan netzkompatibel zu machen und insbesondere den Methangehalt zu erhöhen. Gasaufbereitungsanlagen werden betrieben durch Landwirte, als Gemeinschaftsanlagen mehrerer Landwirte oder von Projektentwicklern, Anlagenherstellern oder Energieversorgungsunternehmen.
> *Anschluss- und Einspeiseanlage*: Bei der Einspeisung ins Erdgasnetz wird das Biomethan je nach Druckstufe des Einspeisenetzes verdichtet oder entspannt und odoriert. Diese Stufe der Wertschöpfungskette wird in der Regel vom Betreiber der Gasaufbereitung durchgeführt.
> *Vertrieb und Nutzung des Biomethans*: Die Nutzungspfade des Biomethans über das Gasnetz sind die Strom- und Wärmeerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung), die reine Stromerzeugung, die reine Wärmeerzeugung und die Verwendung als Kraftstoff räumlich unabhängig von der Biomethaneinspeisung. In den meisten Fällen erfolgt die Vermarktung durch regionale und überregionale Energieversorger.

Alternativ (zur Einspeisung in Erdgasnetz):

> *Biomethan-Tankstelle*: Das aufbereitete Biogas, also der Biomethan-Kraftstoff, wird als Insellösung in einer angeschlossenen Tankstelle vom Betreiber der Biogasaufbereitung vermarktet.
> *Nutzung des Biomethan-Kraftstoffes*: Die Verwendung erfolgt als Biokraftstoff in entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen.

Die Biogas-Wertschöpfungsketten können mit verschiedenen Geschäftsmodellen realisiert werden (KTBL 2014). Die Abbildung V.8 gibt einen Überblick über die grundsätzliche Struktur der Wertschöpfungsketten Biogas.

Abb. V. 8: Allgemeines Schema der Wertschöpfungsketten Biogas



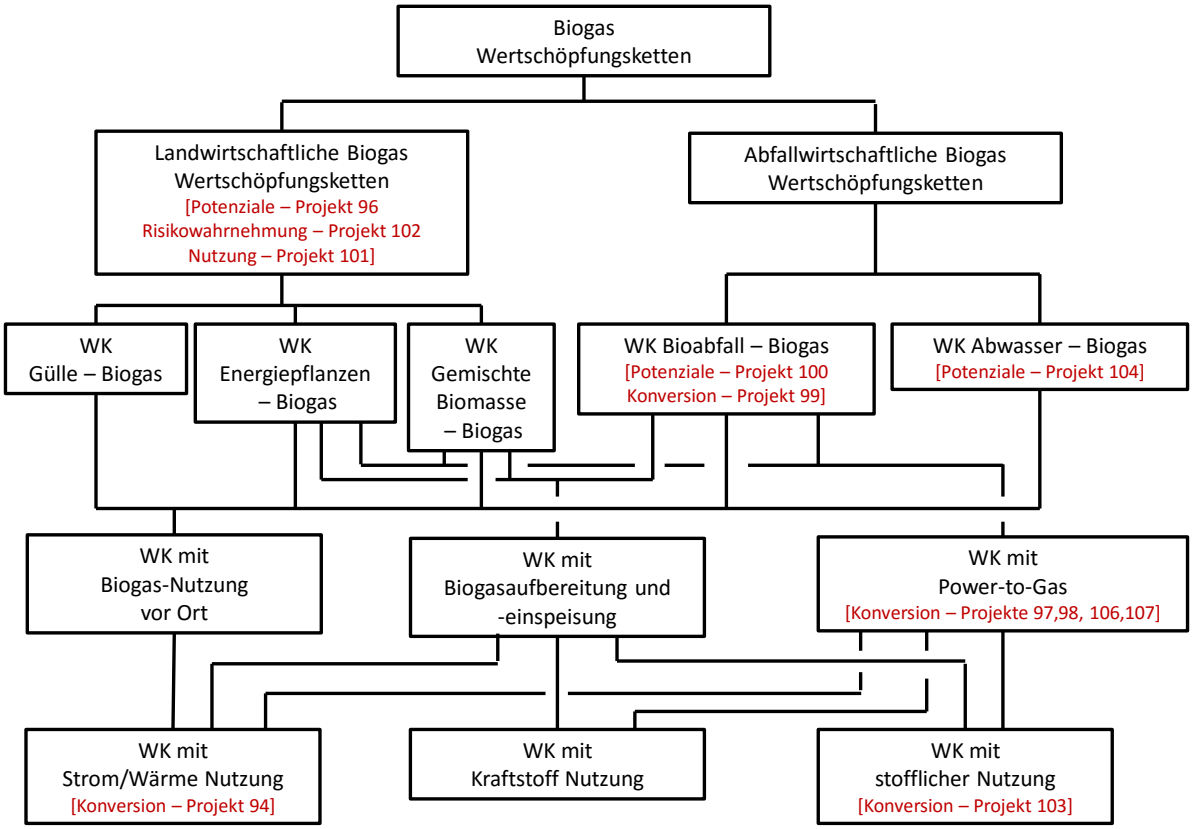
Erläuterung: geschlossene Umrandung = etablierte Elemente der Wertschöpfungsketten gestrichelte Umrandung = in der Entwicklung befindliche Elemente der Wertschöpfungsketten

Quelle: Eigene Darstellung

Ein erster Schritt der Differenzierung ist die Unterscheidung zwischen landwirtschaftlichen und abfallwirtschaftlichen Biogas-Wertschöpfungsketten (Abb. V.9). Diese unterscheiden sich grundsätzlich im Hinblick auf die eingesetzte Biomasse, technische Ausgestaltung der Biogasanlage, die involvierten Akteure, den rechtlichen Rahmen und die EEG-Förderung. Bei den **abfallwirtschaftlichen Biogas-Wertschöpfungsketten** sind wiederum zwei Arten von Wertschöpfungsketten zu unterscheiden:

> Biogas-Wertschöpfungsketten auf Basis von Bioabfall, Grünabfall und Speiseresten
> Biogas-Wertschöpfungsketten auf Basis von Klärschlamm

Abb. V. 9: Systematik der Biogas Wertschöpfungsketten (WK) mit Zuordnung der Biogas-Projekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie

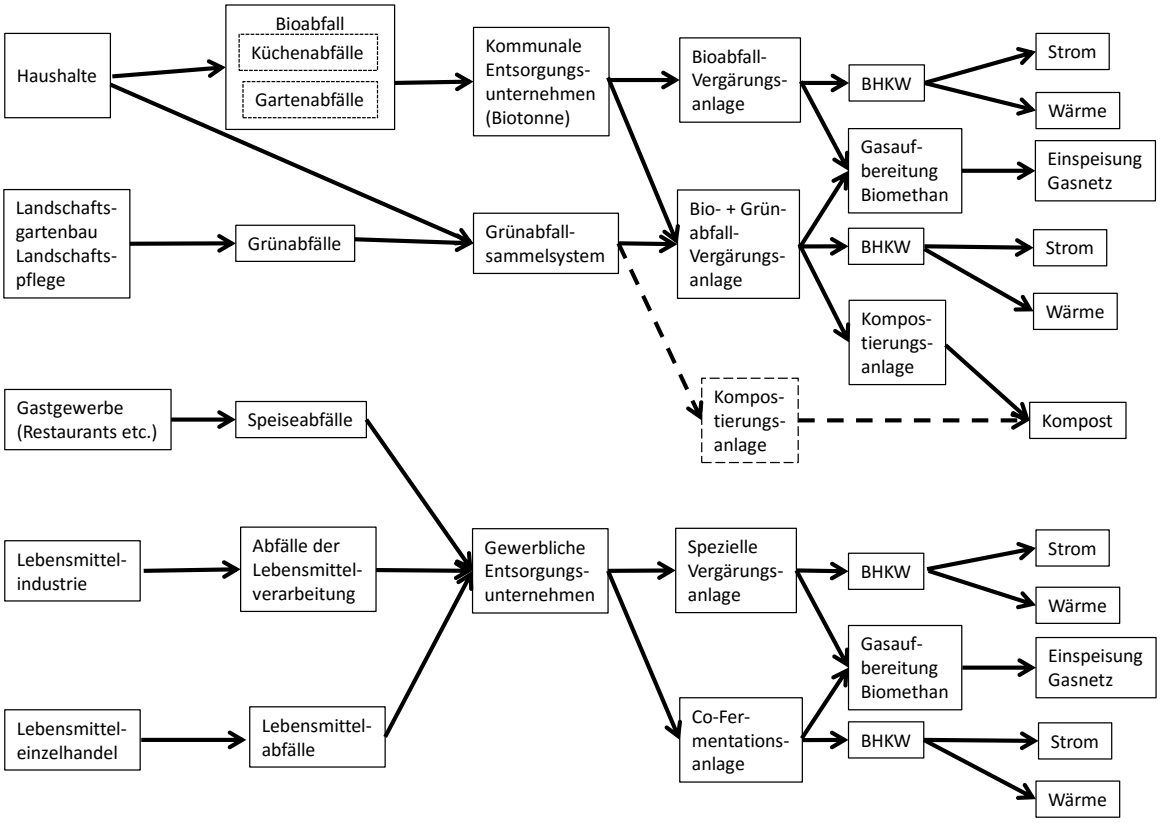


Quelle: Eigene Darstellung

Biogas-Wertschöpfungsketten auf Basis von Bioabfall, Grünabfall und Speiseresten (Abb. V.10): Bioabfälle sind die von kommunalen Entsorgern über die Biotonne erfassten Küchenabfälle sowie miterfassten Gartenabfälle. Als Grünabfälle werden die über separate Sammelsysteme erfassten Gartenabfälle und Strauchschnitte bezeichnet. Speisereste aus Restaurants, Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen usw. werden gewerblich gesammelt. Neben der Verwertung über Kompostieranlagen entweder ausschließlich für Grünabfälle oder für Bio- und Grünabfälle können verschiedene Typen von Bioabfallvergärungsanlagen genutzt werden (UBA 2012). Es gibt sowohl Biogasanlagen ausschließlich für Bioabfälle als auch sogenannte Vorschaltanlagen, bei denen die Vergärung des Bio- und Grünabfalls vor der Kompostierung erfolgt (Schüch et al. 2014). Vergärungsverfahren können die kontinuierliche Nassfermentation, kontinuierliche Trockenfermentation und die diskontinuierliche Trockenfermentation im Perkolationsverfahren sein (UBA 2012: 24). Neben den reinen Bio- und Grünabfallvergärungsanlagen gibt es in Deutschland Vergärungsanlagen ausschließlich für organische Abfälle wie Speisereste sowie zahlreiche Co-Fermentationsanlagen, die für den Einsatz von Nebenprodukten aus Schlachtbetrieben, Lebensmitteln sowie Küchen- und Speiseabfällen zugelassen bzw. registriert sind, wobei diese Co-Fermentationsstubstrate aber nur einen kleinen Teil des Substratinputs ausmachen (Schüch et al. 2014). Das Biogas wird in der Regel direkt über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) für die Erzeugung von Strom und Wärme genutzt. Grundsätzlich ist aber auch eine Gasaufbereitung und Einspeisung als Biomethan in das Gasnetz möglich. Der Gärrückstand kann als flüssiger Gärrückstand direkt in der Landwirtschaft eingesetzt oder nach einer Kompostierung als fester Gärrückstand (Frisch- oder Fertig-Kompost) vermarktet werden (UBA 2012: 25). Durch eine anaerobe Vergärung und aerobe

Nachkompostierung wird mindestens die Kompost-Qualität erreicht wie durch eine ausschließlich aerobe Kompostierung (LUBW 2010: 19).

Abb. V. 10: Biogas-Wertschöpfungsketten auf Basis von Bioabfall, Grünabfall, Speiseresten und anderen Abfällen aus der Lebensmittelkette



Quelle: Eigene Darstellung

Von den gut 1,1 Mio. t organischer Abfälle im Jahr 2014 in Baden-Württemberg wurden rund zwei Drittel in Kompostierungsanlagen und ein Drittel in Vergärungs- und Biogasanlagen verwertet, wobei 214.000 t Gärrückstände und 398.000 t Kompost erzeugt wurden. Insgesamt wurden 72 Mill. m^3 Biogas produziert, das zu 55% unmittelbar zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt und zu 42% zu Biomethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist wurde (SL BW 2015).

Perspektiven: Da seit 2015 die flächendeckende getrennte Sammlung für kommunalen Bioabfall verpflichtend ist, wird ein Zuwachs der Sammelmengen und damit des Biogaspotenzials erwartet (Daniel-Gromke et al. 2014). Auch im EEG 2017 gibt es spezielle Einspeisevergütungen für Bioabfallanlagen von 14,88 ct/kWh für Anlagen bis 500 kW und von 13,05 ct/kWh für Anlagen > 500 kW bis 1 MW im ersten Halbjahr 2017. Der Ausbau von Bioabfall-Vergärung wird auf kommunaler Ebene entschieden.

Im *Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg* werden in zwei Projekten Teile der Bioabfall-Biogas-Wertschöpfungskette untersucht:

> Bioabfallpotenziale aus Haushalten (Projekt 100): Zielsetzung ist die Verknüpfung von räumlichen mit abfallwirtschaftlichen Daten, so dass räumliche Biomassepotenziale für ganz Baden-Württemberg erhoben, hochgerechnet, dargestellt und analysiert werden können.

> Optimierungspotenziale bei Bioabfall-Vergärungsanlagen in Baden-Württemberg (Projekt 99): Zielsetzung ist die Erarbeitung einer fundierten Datenbasis von Kennzahlen über etablierte Konzepte von Bioabfall-Vergärungsanlagen, um Optimierungspotenziale wie höhere Energieausbeute, gezielter Substrateinsatz, erhöhte Energie- und Ressourceneffizienz zu erkennen.

Biogas-Wertschöpfungskette auf Basis Klärschlamm: Der bei der Abwasserreinigung in der Kläranlage zwangsläufig anfallende Klärschlamm kann in einer Vergärungsanlage (anaerobe Schlammstabilisierung) zur Erzeugung von Biogas genutzt werden. Aus dem Biogas wird in einem BHKW Strom und Wärme erzeugt. Der erzeugte Strom wird im Eigenverbrauch zum Betrieb der Kläranlage genutzt und der Überschussstrom in das Netz eingespeist.

Der resultierende Klärschlamm stellt eine Schadstoffsenke dar und enthält eine Bandbreite von über 100.000 Chemikalien, die in Haushalten, Industrie und Gewerbe eingesetzt werden. Seit Mitte 2005 ist eine Ablagerung von unbehandelten Klärschlämmen auf Deponien nicht mehr zulässig. Ebenso hat die Nutzung in der Landwirtschaft und bei Landschaftsbau bzw. Rekultivierungsmaßnahmen stark abgenommen. Mittlerweile erfolgt in Baden-Württemberg ganz überwiegend eine thermische Verwertung in industriellen Mitverbrennungsanlagen (z.B. Zementwerke, Kohlekraftwerke) oder eine thermische Behandlung in Monoverbrennungsanlagen (LUBW 2017). Da die Phosphorreserven begrenzt sind und Klärschlamm eine wichtige Sekundärrohstoffquelle für Phosphor darstellt, hat Baden-Württemberg eine Phosphor-Rückgewinnungsstrategie, und mit Pilotanlagen wird die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm bzw. Klärschlammasche entwickelt (MUKE BW 2012).

Perspektiven: Chancen werden gesehen für eine Umstellung von aerober Schlammstabilisierung auf anaerobe Stabilisierung (Klärschlammfaulung) für Kläranlagen im Bereich von 10.000 bis 50.000 Einwohnerwerten, aufgrund gestiegener Energiekosten, kostenoptimierter Anlagen und Klimaschutzbestrebungen (vgl. BLfU 2015; Gretzschel et al. 2012). Eine Umrüstung des Kläranlagenbetriebs auf anaerobe Schlammstabilisierung (Faulungsanlage mit Biogasnutzung) stellt allerdings eine erhebliche verfahrenstechnische Veränderung mit weitreichenden Umbaumaßnahmen dar. Den Investitionskosten und dem erhöhten betrieblichen Aufwand stehen geringere Stromkosten durch Eigenversorgung und geringere Entsorgungskosten durch eine reduzierte Klärschlammmenge gegenüber, deren Ausprägung von vielen Faktoren beeinflusst wird und im Einzelfall abgewogen werden muss (MUKE BW 2015).

Im *Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg* wird ein Projekt zur Klärschlamm-Biogas-Wertschöpfungskette durchgeführt:

> Potenzialanalyse zur Erzeugung von Biogas in Klärschlammvergärungsanlagen (Projekt 104): Zielsetzung des Projektes ist, das Potenzial des Abfallstoffes Klärschlamm zur Erzeugung von Biogas in Baden-Württemberg aufzuzeigen und insbesondere die Möglichkeiten der Umrüstung von aerober auf anaerobe Schlammstabilisierung zu untersuchen.

Landwirtschaftliche Biogas-Wertschöpfungsketten können in vielfältigen Varianten ausgestaltet werden. Wichtige Unterscheidungsmerkmale sind das eingesetzte Biomassesubstrat, die Anlagegröße (bzw. installierte elektrische Anlagenleistung) und die Nutzung des Biogases. Beim *eingesetzten Biomassesubstrat* sind wichtige Varianten:

> Überwiegender Einsatz von Wirtschaftsdünger (insbesondere Gülle-Kleinanlagen bis 75 KW mit spezieller Einspeisevergütung)

> Ausschließlicher Einsatz von Energiepflanzen
> Einsatz eines Substratmixes (Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger, Grassilage, organische Abfälle) in unterschiedlicher Zusammensetzung
> Biomassesubstrate aus ökologischen Landbau

Die Ausprägung bei den genutzten Biomassesubstraten ist insbesondere abhängig von der Struktur des landwirtschaftlichen Betriebes bzw. der beteiligten Betriebe, der Leistungsklasse der Biogasanlage sowie den EEG-Förderbedingungen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Aus einer bundesweiten Anlagenbetreiberbefragung ergibt sich, dass im Jahr 2012 in Biogasanlagen mit BHKW massenbezogen rund 55% Energiepflanzen und rund 40% Wirtschaftsdünger als Substrat eingesetzt wurden, während bei Biogasanlagen mit Gasaufbereitung und Biomethan-Einspeisung der Anteil der Energiepflanzen bei über 70% und der Anteil des Wirtschaftsdüngers nur bei rund 10% lag (Scheftelowitz et al. 2014a: 17). Bei den Biogasanlagen auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben war der Einsatz von Wirtschaftsdünger im Jahr 2011 mit 55% und von Kleegras- und Grassilage mit 21% deutlich höher als im Gesamtdurchschnitt der deutschen Biogasanlagen (Meyer, Priefer 2012: 83). Da nach dem Jahr 2012 nur eine begrenzte Zahl neuer Biogasanlagen dazu gekommen ist, dürften die grundsätzlichen Relationen unverändert sein. Angaben zum Substrateinsatz in baden-württembergischen Biogasanlagen konnten nicht gefunden werden.

Bei der *Anlagengröße* und damit dem Substratbedarf der jeweiligen Biogasanlage besteht eine große Spannweite. Das DBFZ unterscheidet bei seinen Erhebungen zum EEG-Monitoring die Leistungsklassen < 70 KW_{el}, 70 – 150 KW_{el}, 151 – 500 KW_{el}, 501 – 1.000 KW_{el} und > 1.000 KW_{el}. Bundesweit liegen die meisten Biogasanlagen in der Leistungsklasse 151 – 500 KW_{el} (Scheftelowitz et al. 2014b: 8). Während der Wachstumsphase hat die Leistung der Biogasanlagen kontinuierlich zugenommen. In Baden-Württemberg beträgt die durchschnittliche Leistung je Anlage 349 KW_{el} pro Anlage (Jahr 2016). Eine durchschnittliche Leistung je Anlage von über 600 KW_{el} pro Anlage besteht in den Landkreisen Böblingen, Heilbronn, Rastatt, Enzkreis und Emmendingen (LEL 2017).

Schließlich kann noch unterschieden werden zwischen:

> Repowering und Flexibilisierung von Bestandsbiogasanlagen und
> Errichtung von Neuanlagen.

Bei der *Nutzung des Biogases* sind folgende Varianten realisiert oder befinden sich in der Entwicklung:

> Biogasnutzung in BHKW mit unvollständiger (betrieblicher) Wärmenutzung
> Biogasnutzung in BHKW mit Nahwärmenetz (bzw. Satelliten-BHKW)
> Biogasnutzung über Gasaufbereitung und Einspeisung des Biomethans in Erdgasnetz
> Biogasnutzung über Gasaufbereitung und Biomethan-Tankstelle als Insellösung
> Biogasnutzung über Power-to-Gas und Biomethan-Einspeisung
> Nutzung von Biomethan zur Herstellung chemischer und pharmazeutischer Produkte

Die Biogasnutzung beschränkt sich derzeit auf die ersten vier Varianten, wobei insbesondere die ersten drei relevant sind. In Baden-Württemberg betrug die im Jahr 2016 installierte Leistung der Biogasanlagen 323,6 MW, im Jahr 2015 wurden 2.760 Mio. kWh Strom aus Biogas erzeugt (AEE 2017; LEL 2017). Die gesamte Aufbereitungs- bzw. Einspeisekapazität der Biomethananlagen betrug in Baden-Württemberg 6.185 $m^3_{i.N.}$/h und die durchschnittliche Einspeisekapazität pro Anlage 412 $m^3_{i.N.}$/h (Scheftelowitz et al. 2015: 53).

Die Wertschöpfungsketten der energetischen Biogasnutzung sind in ihrer Anzahl begrenzt (Strom, Wärme, Kraftstoff) und seit einiger Zeit in der Praxis realisiert. Im Gegensatz dazu befinden sich Wertschöpfungsketten einer stofflichen Nutzung noch in einer konzeptionellen Phase und müssen erst etabliert werden. Die Ausgestaltung stofflicher Wertschöpfungsketten ist ab dem Biomethan bzw. daraus hergestellter Grundchemikalien noch offen und kann potentiell zu einer Vielzahl von möglichen Endprodukten führen. Dies stellt einerseits durch die Vielfalt der Möglichkeiten eine Chance dar, aber produziert andererseits Unsicherheiten über die aussichtsreichsten zukünftigen Wertschöpfungsketten.

Perspektiven: Seit dem EEG 2014 sind Investitionen in neue Biogasanlagen in den aller meisten Fällen nicht mehr wirtschaftlich (Blumenstein et al. 2016), und Neuanlagen sind nur noch in sehr begrenzten Umfang als Gülle-Kleinanlagen bis 75 KW errichtet worden. Die Vergütungssituation hat sich mit dem EEG 2017 nicht verändert. Ab dem Jahr 2020 werden Bestandsanlagen nach 20 Jahren garantierter Einspeisevergütung aus der EEG-Förderung rausfallen. Mit der Einführung von Ausschreibungen ab 2017 können sich auch Bestandsanlagen (frühestens acht Jahre vor Ablauf ihrer Vergütungsdauer nach EEG) an der Ausschreibung beteiligen und bei Zuschlag einmalig für weitere 10 Jahre eine Förderung erhalten. Dann gelten sie jedoch als neu in Betrieb genommene Anlage und unterliegen vollständig den neuen Bestimmungen. Ob damit ausreichende Anreize für eine längerfristige Fortführung und Weiterentwicklung der Biogasnutzung in Deutschland geschaffen wurden, ist augenblicklich schwer zu beurteilen. Die Ergebnisse der ersten Ausschreibungsrunden werden hier erste Hinweise geben.

Im *Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg* werden folgende Projekte zu Biogas-Wertschöpfungsketten insgesamt bzw. insbesondere zur Stufe der Konversion durchgeführt:

> Ökologisch-ökonomische Analyse der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion in Baden-Württemberg (Projekt 96): Zielsetzung ist die Einschätzung der regionalen Wettbewerbssituation von unterschiedlicher landwirtschaftlicher Biomasseproduktion in Baden-Württemberg unter sich zukünftig ändernden agrar-, umwelt- und energiepolitischen Rahmenbedingungen. Berücksichtigt werden die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln, die Produktion verschiedener Biogassubstrate und die Produktion mehrjähriger Lignozellulose lieferender Pflanzen.
> Repowering von Biogasanlagen in Baden-Württemberg (Projekt 94): Maßnahmen zur Umrüstung und Weiterentwicklung von Bestandsanlagen sollen im Hinblick auf eine Verbesserung der Energieeffizienz sowie eine Senkung der Gestehungskosten, Emissionen und des Flächenbedarfs identifiziert, analysiert und bewertet werden.
> Potenziale flexibler Biogasspeicherung und -verwendungskonzepte (Projekt 101 – SYMBIOSIS): Die drei Verwertungskonzepte Verstromung und Wärmeintegration, Einspeisung in das Erdgasnetz oder Nutzung in einer Direkttankstelle sollen abgebildet werden, um flexible, effiziente Biogasnutzungskonzepte zu bestimmen und zu evaluieren.
> Einsatz der biologischen Methanisierung für Power-to-Gas Konzepte (Verbundprojekt mit den Projekten 97, 98, 106, 107): Zielsetzung ist, verschiedene Ansätze zum Einsatz der biologischen Methanisierung in Power-to-Gas Konzepten zu untersuchen. Power-to-Gas Konzepte umfassen die Erzeugung von Wasserstoff aus fluktuierend anfallendem erneuerbarem Strom über die Elektrolyse, um im Anschluss aus diesem Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid Methan herzustellen. Dieses Methan soll in das vorhandene Erdgasnetz eingespeist werden, um dort gespeichert, transportiert und zur bedarfsgerechten Rückverstromung oder im Bereich der Mobilität flexibel genutzt zu werden.

> Beurteilung der Risikowahrnehmung biologischer Methanisierung als Quelle von Energie und Kohlenstoff (Projekt 102): Zielsetzung ist, die Risikoeinschätzung von Schlüsselakteuren im Biogasbereich zu erfassen und zu analysieren.
> Entwicklung eines Bioreaktors zur stofflichen Verwertung von Biogas (Projekt 103): Zielsetzung ist, ein spezielles Membranreaktorkonzept mit blasenfreier Begasung für eine effektive stoffliche Verwertung (chemische und pharmazeutische Produkte) des Methans durch aerobe, methanotrophe Mikroorganismen mit Hilfe geeigneter Membranen zu entwickeln.

3.2 Wertschöpfungsketten Lignozellulose

Im Gegensatz zu den etablierten Biogas-Wertschöpfungsketten befindet sich die Technikentwicklung im Forschungsfeld Lignozellulose noch größtenteils im Labor- und Demonstrationsstadiums. Somit sind hier vollständige Wertschöpfungsketten in der Regel noch nicht realisiert. Die grundsätzlichen Stufen der Wertschöpfungsketten mit Bioraffinerien auf der Basis Lignozellulose sind (Abb. V.11; Bundesregierung 2012: 22-29):

> Biomasseproduktion bzw. -bereitstellung
> Transport und Lagerung der Biomasse
> Vorbehandlung und Konditionierung der Biomasse
> Primärraffination: Umwandlung der Biomasse bzw. Auftrennung der Biomassekomponenten zu Intermediaten (Rohprodukte bzw. Plattform)
> Sekundärraffination: Herstellung von Zwischen- bzw. Vorprodukten (Basischemikalien) in weiteren Konversionsschritten aus Intermediaten
> Weiterverarbeitung: Veredelung bzw. Weiterverarbeitung zu einer größeren Zahl an Produkten (Halbfabrikate)
> Endproduktherstellung: Herstellung von bio-basierten Fertigfabrikaten

Lignozellulose-haltige Biomasse kann aus verschiedenen Quellen stammen:

> Landwirtschaftliche Anbaubiomasse (z.B. Kurzumtriebsplantage, Miscanthus)
> Landwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Stroh, Maisspindeln)
> Forstwirtschaftliches Holz (z.B. Stamm- und Industrieholz, Plantagenholz)
> Forstwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Waldrestholz)
> Landschaftspflegeholz
> Biogene Reststoffe aus der Holzindustrie (z.B. Sägenebenprodukte, Reststoffe aus der Holz verarbeitenden Industrie)
> Andere industrielle biogene Reststoffe (z.B. Reststoffe aus der Papierherstellung)
> Biogene Abfallstoffe (z.B. Altholz, Grünabfälle)

Die bisherigen Entwicklungs- und Demonstationsaktivitäten konzentrieren sich in Deutschland auf Getreidestroh und Waldholz als Biomassequelle für die Bioraffinerie.

Abb. V. 11: Allgemeines Schema der Wertschöpfungsketten Bioraffinerie mit Lignozellulose

Quelle: Eigene Darstellung

Der Prozess der Erfassung ist von der Art der Biomasse abhängig und dient dazu, die Biomasse an ihrem Aufkommensort zu größeren Mengen zusammenzufassen und transportierfähig zu machen. Für die Erfassung und Konditionierung des Waldrestholzes können je nach örtlichen Gegebenheiten (Geländeverhältnisse, Waldaufbau, Holzentnahme, Besitzstruktur, u.a.) unterschiedliche, mehr oder weniger stark mechanisierte Erntesysteme bzw. -techniken zur Herstellung von Holzhackschnitzeln genutzt werden. Im Falle von Stroh stellt die Erfassung mit leistungsstarken Ballenpressen ein in der Praxis ebenso gängiges wie bewährtes Verfahren für eine kostengünstige Erfassung dar (Leible et al. 2011: 15-16).

Insbesondere die Lignozellulose-Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft fällt stark räumlich verteilt an und muss zur nächsten Stufe der Wertschöpfungskette transportiert werden. Aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der aufkommensrelevanten Flächen und der Nutzungsstrukturen ergibt sich eine sehr inhomogene Verteilung und Verfügbarkeit von Lignozellulose. Bioraffinerien werden auf Grund der Skaleneffekte als Großanlagen konzipiert, was große Transportentfernungen bei der Anlieferung der Biomasse bedingt, so dass Transportkosten eine bedeutende Rolle spielen (Leible et al. 2011: 16-18). Außerdem erfolgt die Bereitstellung von land- und forstwirtschaftlicher Biomasse nur über einen begrenzten Zeitraum, so dass eine Lagerung für einen kontinuierlichen Betrieb einer Bioraffinerie erforderlich ist.

Die Prozesskette in einer Bioraffinerie besteht im Wesentlichen aus den Anlagenkomponenten zur Vorbehandlung und Aufbereitung der Biomasse, zur Auftrennung in Biomassekomponenten (Pri-

märraffination) und zu den nachfolgenden Konversions- und Veredelungsschritten (Sekundärkonversion). Prozesse der Vorbehandlung bzw. Konditionierung können auch dezentral erfolgen (z.B. Schnellpyrolyse im Rahmen des bioliq-Prozesses), um Transportaufwand bzw. -kosten zu verringern. Die Primärraffination beinhaltet die Auftrennung der Biomassekomponenten zu Intermediaten (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) oder die Umwandlung der Lignozellulose-Biomasse zu Intermediaten (Synthesegas). In der Sekundärraffination werden in einer Bioraffinerie aus den Intermediaten über weitere Konversionsschritte Vorprodukte bzw. Zwischenprodukte erzeugt (Bundesregierung 2012: 22).

Grundlegende Bioraffinerie-Konzepte für Lignozellulose sind (Bundesregierung 2012: 32-33):

> Lignozellulose-Bioraffinerie: In der Primärraffination erfolgt ein mechanischer, chemischer und biochemischer Aufschluss zu komplexen Molekülen. Aus dem Aufschlussprozess resultieren flüssige Intermediate (Cellulose, Hemicellulose, Lignin). Der Aufschluss kann mit dem Organosolv-Prozess oder weiteren Verfahren (s. Luciano Silveira et al. 2015) erfolgen. Die Sekundärraffination beinhaltet die Umwandlung bzw. den Abbau der komplexen Moleküle der Intermediate bei Nutzung der biologischen Synthesevorleistung (Top-Down-Prinzip). Die Polysaccharide Cellulose und Hemicellulose werden dabei in die Zucker Glucose und Xylose aufgespalten. Mögliche Produkte sind Chemikalien und Werkstoffe, Brenn- und Kraftstoffe sowie Nahrungs- und Futtermittel.
> Synthesegas-Bioraffinerie: In der Primärraffination erfolgt eine thermische und thermo-katalytische Spaltung zu einfachen Molekülen. Mit der Pyrolyse und Vergasung wird ein gasförmiges Intermediat (Synthesegas) erzeugt. Synthesegas ist eine Mischung aus CO und H_2. In der Sekundärraffination werden komplexe Moleküle aus den einfachen Vorstufen hergestellt (Bottom-up-Prinzip). Verfahren der Sekundärraffination sind u.a. die Fischer-Tropsch(FT)-Synthese und die Methanolsynthese. Mögliche Produkte sind Chemikalien und Werkstoffe sowie Brenn- und Kraftstoffe.

Mit beiden Konzepten war ursprünglich die Zielsetzung der Biokraftherstellung verbunden: Die Lignozellulose-Bioraffinerie hatte ihren Startpunkt bei der Herstellung von Lignozellulose-Ethanol, insbesondere in den USA (Brown, Brown 2013). Mit der Synthesegas-Bioraffinerie war zunächst die Herstellung von BtL-Kraftstoffen verbunden (Leible et al. 2011). Mittlerweile stehen insbesondere in Deutschland und Europa allerdings stoffliche Nutzungen im Mittelpunkt des Interesses. Eine weitere Differenzierung besteht darin, welcher Entwicklungsansatz für Bioraffinerien verfolgt wird (Bundesregierung 2012: 35). Unterschieden werden:

> Erweiterung vorhandener Biomasseverarbeitungsanlagen (Bottom-up-Bioraffinerieansatz), beispielsweise ausgehend von der Zellstoff- und Papierherstellung;
> Neukonzeption von hoch integrierten Bioraffinerien-Anlagen (Top-down-Bioraffinerieansatz), beispielsweise die bioliq-Anlage am KIT in Karlsruhe.

Daraus ergeben sich die folgenden Standortalternativen für Bioraffinerien:

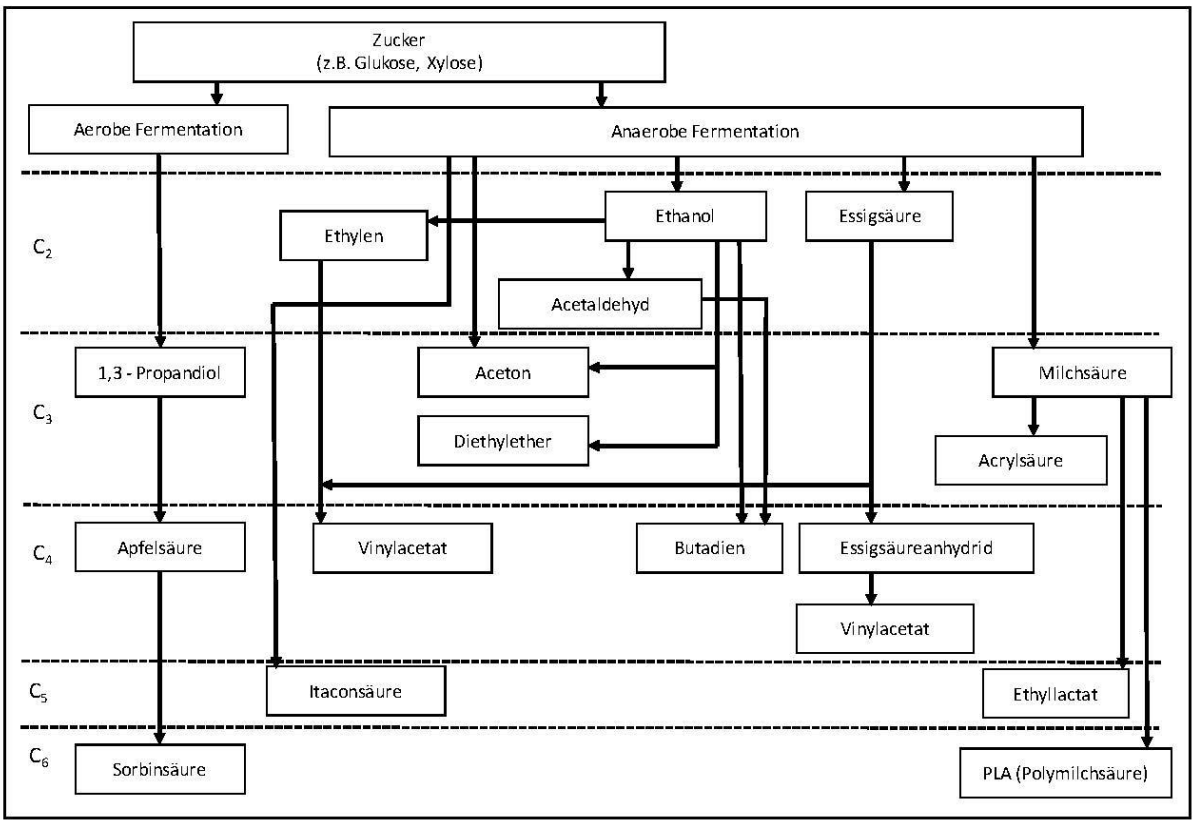
> Inländischer Petrochemie-Standort (Modell Leuna)
> Inländischer Biomasse-Standort (Modell Choren)
> Inländische bzw. europäische Zellstoff- und Papierherstellungs-Standorte (Modell Borregaard Norwegen)
> Inländischer bzw. europäischer Hafenstandort (Modell Rotterdam)
> Außereuropäischer Biomasse-Standort (Modell Brasilien)

In der Lignozellulose-Bioraffinerie können aus den aus Cellulose und Hemicellulose aufgeschlossenen Zucker-Monomeren mittels enzymatischer, fermentativer und/oder chemischer Umwandlung eine ganze Reihe von Basischemikalien hergestellt werden (Abb. V.12). Wichtige Beispiele für diese Basischemikalien (bzw. Plattformchemikalien), geordnet nach der Anzahl der Kohlenstoffatome in ihrer Struktur, sind (Cherubini, Strømman 2011; Haase 2012: 11-13):

> C1: Methanol
> C2: Ethanol, Ethylen, Essigsäure
> C3: Aceton, Milchsäure, Acrylsäure, 3-Hydroxypropionsäure, 1,3-Propandiol
> C4: Fumarsäure, Bernsteinsäure, Apfelsäure, Vinylacetat
> C5: Fufural, Itaconsäure, Xylit, Ethylacetat
> C6: Sorbinsäure, Polymilchsäure (PLA), Gluconsäure, 2,5-Furandicarbonsäure (FDCA)

Die wichtigste C1-Plattformchemikalie ist Methanol, aus der eine Vielzahl weiterer Plattformchemikalien hergestellt werden kann. Methanol wird über die Synthesegasroute bisher hauptsächlich aus Erdgas hergestellt und kann durch bio-basiertes Synthesegas ersetzt werden. Die wichtigste Plattformchemikalie der chemischen Industrie insgesamt ist die C2-Plattformchemikalie Ethylen, die bisher aus Erdöl (Naphta) und Erdgas (Ethan) gewonnen wird. Ethylen ist die Grundlage für viele Polymere, wie Polyethylen (PE) und Polyvinylchlorid (PVC). Bio-basiertes Ethylen kann fermentativ durch alkoholische Gärung aus Zucker und eine anschließende Dehydratisierung des Ethanols hergestellt werden. Die wichtigste C3-Plattformchemikalie ist Propylen, die derzeit durch thermisches Cracken aus Erdgas oder Naphtha hergestellt und insbesondere zur Produktion von Polypropylen, aber auch anderen Produktlinien (z.B. Acrylsäure als Ausgangsstoff für Superabsorber, Lacke und Kunststoffe) genutzt wird. Bio-basiertes Propylen kann über Methanol aus Synthesegas erzeugt werden. Über andere Syntheserouten können aus Glycerin als Koppelprodukt der Biodieselproduktion viele Chemikalien erzeugt werden, die derzeit aus Propylen synthetisiert werden. Milchsäure, die biotechnologisch aus Zucker gewonnen werden kann, ist eine weitere C3-Plattformchemikalie. Verschiedene Butene als C4-Plattformchemikalien fallen beim Cracken von Naphtha an und sind Ausgangsstoffe für synthetischen Kautschuk, Co-Monomere von Polyethylen und Polypropylen sowie die Kraftstoffzusätze MTBE und ETBE. Alternativ bestehen auch bio-basierte Wege zur Herstellung dieser Plattformchemikalien. Eine weitere wichtige C4-Plattformchemikalie ist die Bernsteinsäure, aus der sich verschiedene Feinchemikalien ableiten und die wiederum auf fossiler als auch bio-basierter, fermentativer Basis hergestellt werden kann (Michels 2017). Aus diesen Plattformchemikalien können mittels enzymatischer, fermentativer oder chemischer Umwandlungen eine große Zahl weiterer Vorprodukte gewonnen werden (s. Cherubini, Strømman 2011).

Abb. V. 12: Biotechnologische Umwandlung von Zucker-Monomeren zu Basischemikalien



Quelle: Haase 2012: 12

Lignin fällt bisher in großen Mengen als Nebenprodukt in Zellstoffwerken an und wird dort größtenteils zur Wärme-, Dampf- und Stromerzeugung für die Zellstoffherstellung verbrannt. Außerdem wird es bereits zur Herstellung des Geschmacksstoffs Vanillin, des Lösungsmittels Dimethylsulfoxid (DMSO) sowie von Emulgatoren, Dispergiermitteln, Bindemitteln und Komplexbildnern verwendet. Als zukünftige Einsatzmöglichkeiten von Lignin als Makromolekül werden die Herstellung von Carbonfasern sowie von Additiven für Polymere und Harze gesehen (Haase 2012: 14). In der Entwicklung befinden sich eine nicht-selektive Depolimerisierung des Lignins, d.h. die Spaltung des Makromoleküls in aromatische Einheiten wie Benzol, Toluol, Phenol und Xylol sowie kurzkettige aliphatische Verbindungen, die wichtige Basischemikalien der organischen Chemie darstellen (Haase 2012: 15; Holladay et al. 2007). Durch eine selektive Depolimerisierung von Lignin zu komplexen aromatischen Verbindungen könnten Aromate gewonnen werden, die über konventionelle Wege nur sehr schwer synthetisiert werden können (Cherubini, Strømman 2011). Die selektive Depolimerisierung ist noch in einem frühen Entwicklungsstadium und die komplexen Strukturen, Zusammensetzung und Variation von Lignin stellen erhebliche Hindernisse für eine selektive Depolimerisierung dar (Bozell 2014).

In der Synthesegas-Bioraffinerie können u.a. folgende Basischemikalien aus dem Synthesegas über chemisch-technische Synthesewege hergestellt werden:

> Methanol und Ethanol mittels Alkoholsynthese,
> Methan mittels Methanisierung,
> n-Butanol mittels Oxosynthese,
> Naphtha mittels FT-Synthese.

Synthesegas kann außerdem biotechnologisch genutzt werden, um mittels Fermentation Produkte wie beispielsweise Ethanol, Butanol, 1,2-Propandiol, Aceton sowie organische Säuren herzustellen.

Beschreibungen und Bewertungen der Wertschöpfungs- bzw. Prozessketten der Lignozellulosenutzung in Bioraffinerien enden in der Regel mit den Intermediaten bzw. Basischemikalien (z.B. Haase 2012; Michels 2014). Die in der Sekundärraffination hergestellten Basischemikalien können in einer Vielzahl von Wertschöpfungsketten zu einer großen Anzahl von Endprodukten für verschiedene Anwenderindustrien weiterverarbeitet werden. Die Abbildung V.13 illustriert diesen Sachverhalt. Durchweg werden beim gegenwärtigen Stand der Bioraffinerie-Forschung und -Entwicklung nur allgemeine Produktkategorien wie Biokunststoffe und Biotenside als Zielprodukte genannt (vgl. Kap. III.4.1). Damit stellt die weitere Gestaltung der Wertschöpfungsketten bei Bioraffinerien auf der Basis von Lignozellulose ein noch offenes und unbestimmtes Feld dar.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Wertschöpfungsketten basierend auf

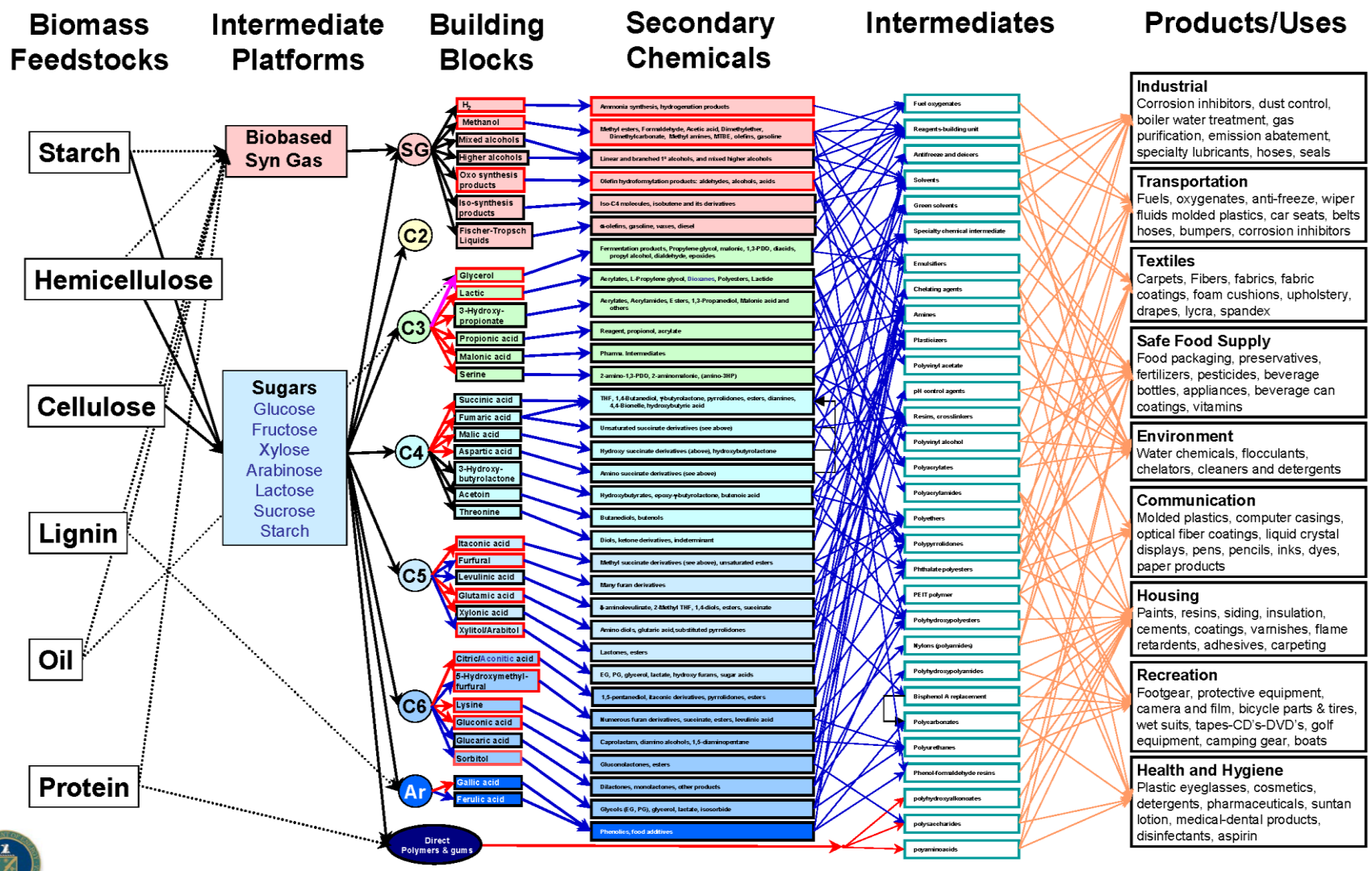
> Basischemikalien bzw. Drop-In-Chemikalien und
> Spezialchemikalien bzw. innovativen Verwertungswegen (Carus et al. 2016; Kovacs 2015).

Beim *Drop-In-Ansatz* ersetzen die oben beschriebenen bio-basierten Basischemikalien die analogen fossilen Basischemikalien, so dass die existierenden Wertschöpfungsketten und -netzwerke der chemischen Industrie unverändert weiter genutzt werden können. Die Methanolsynthese aus Biogas oder Synthesegas anstelle einer Synthese aus Erdgas ist ein Beispiel für die Nutzung einer bio-basierten Plattformchemikalie im Drop-In-Ansatz. Eine Variante hierzu sind neue bio-basierte Basischemikalien mit vergleichbaren Eigenschaften wie die zu ersetzenden fossilen Basischemikalien. Ein Beispiel ist Polylactid (PLA), das aus Milchsäure polymerisiert wird und ähnliche Eigenschaften wie Polypropylen (PP) oder Polyethylenterephtalat (PET) aufweist (Michels 2017: 86).

Mit bio-basierten Drop-In-Chemikalien sind potentiell große Marktvolumen und relevante Reduktionen von Klimagasemissionen erreichbar, wenn sie wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber den zu ersetzenden fossilen Basischemikalien werden (Philp 2015). Nachteile des Drop-In-Ansatzes sind die geringe Effizienz der Biomassenutzung, der hohe Biomassebedarf als Input, das noch frühe Entwicklungsstadium Kosten-effizienter Konversionstechnologien sowie die aktuell höheren Produktionskosten im Vergleich zu entsprechenden niedrig-preisigen Petrochemikalien (Carus et al. 2016; Kovacs 2015).

Wertschöpfungsketten mit bio-basierten Basischemikalien können im Hinblick auf eine Kennzeichnung als bio-basiert unterschieden werden in zwei Varianten: Zum einen können bio-basierte Basischemikalien eingespeist werden, ohne dass dies bei den Endprodukten erkennbar ist bzw. gekennzeichnet wird. Zum anderen können die auf der Grundlage bio-basierter Basischemikalien hergestellten Endprodukte explizit als bio-basierte Endprodukte ausgewiesen werden. Abgesehen von der veränderten Rohstoffbasis unterscheiden sie sich in ihren weiteren Eigenschaften allerdings nicht von den erdölbasierten Vergleichsprodukten.

Abb. V. 13: Potentielle Wertschöpfungsketten für bio-basierte Zucker und Sythesegas



Quelle: Werpy, Petersen 2014: 11

Als Alternative zum Drop-In-Ansatz wird die *Entwicklung innovativer bio-basierter Wertschöpfungsketten* vorgeschlagen. Diese sollen zu bio-basierten Spezialchemikalien mit neuen Eigenschaften für spezielle Anwendungen führen (Carus et al. 2016; Kovacs 2015). Weiterhin ist eine Zielsetzung, die komplexen Strukturen der Biomasse besser zu nutzen und nicht zu einfachen Bausteinen herunter zu brechen (vgl. Cherubini, Strømman 2011). Mit den sogenannten „Produktkliniken" wurden im Forschungsverbund Lignozellulose Anstrengungen unternommen, solche innovativen Wertschöpfungsketten auf der Basis von Lignozellulose zu identifizieren.

Vorteile dieses Ansatzes sind eine hohe Effizienz der Biomassenutzung sowie höhere erzielbare Produktpreise. Dies erfordert allerdings auch den Aufbau neuer Prozessketten und Produktionskapazitäten sowie eine Markterschließung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Resultierende Nachteile sind, dass eine langsame Entwicklung bio-basierter Industrien, eine begrenzte Änderung der Ressourcenbasis und geringere Beiträge zur Reduktion von Klimagasemissionen zu erwarten sind (Meyer 2017).

Eine Analyse der bestehenden Produktion von Lignozellulose-Ethanol in Europa zeigt im Wesentlichen zwei Konstellationen (Gregg et al. 2017):

> Diversifikation der Zellstoff- und Papierherstellung im Kontext einer starken Forstindustrie in Norwegen oder Schweden;
> Entwicklung und Lizensierung von Lignozellulose-Ethanol-Technologien als primäres Ziel in Pilot- und Demonstrationsanlagen und Zweitrangigkeit der bio-basierten Ethanolproduktion.

Außerdem zeigt die Untersuchung, dass Demonstrationsanlagen eine größere Vielfalt an Biomasse-Inputs nutzen, Forst-basierte Anlagen eine größere Spannweite an Outputs haben und die Vielfalt der eingesetzten Biomasse und Outputs abnimmt, wenn die Produktionskapazität steigt. Die Realisierung von Verbund- bzw. Diversifikationsvorteilen (economy of scope) werden als eine entscheidende Hürde angesehen (Gregg et al. 2017). Derzeit ist die Herstellung neuer Bioraffinerie-Produkte ausgehend von der Zellstoffherstellung am weitesten entwickelt (Rødsrud et al. 2012). Aber beim derzeitigen Stand der Bioraffinerie-Technologien können insgesamt auf der Basis der bestehenden Anlagen noch keine Aussagen getroffen werden, welche Bioraffinerie-Konzepte und Produktkategorien sich zukünftig durchsetzen werden.

Im *Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg* werden folgende Projekte zu Elementen der Lignozellulose-Wertschöpfungsketten durchgeführt (Abb. V.14):

> Landwirtschaftliche Biomasseproduktion: Dies umfasst Projekte zu Lignozellulose-Potentialen in der Landwirtschaft (Projekt 71: Analyse der Rentabilität und Akzeptanz des Anbaus Lignocellulose-liefernder Pflanzen; Projekt 76: Lignozellulose: Landnutzung, Potenzial und Markteffekte), Miscanthus (Projekt 70: Miscanthus-Genotypen für lignozellulosebasierte Wertschöpfungsketten; Projekt 74: Transkriptionelle Regulierung der Lignin-Biosynthese in Miscanthus) und KUP (Projekt 82: Baum-Diversität, Produktivität und Stabilität von Kurzumtriebsplantagen; Projekt 109: Auswirkungen der Bioökonomie auf Umwelt und Wasserkreislauf - Chancen und Risikominimierung).
> Forstwirtschaftliche Biomasseproduktion: Schwerpunkte sind die Lignozellulose-Potentiale der Forstwirtschaft (Projekt 72: Darstellung der Handlung von Waldeigentümern in der Holzaufkommensmodellierung; Projekt 79: Regionale Verfügbarkeit von Lignozellulose als Primärrohstoff für Baden-Württemberg) und das System Wald (Projekt 78: Auswirkungen von Holzernteintensitäten

auf Arten- und Strukturdiversität von Wäldern; Projekt 81: Bodenökologische Risiken und Potentiale der Lignozellulose-Nutzung).

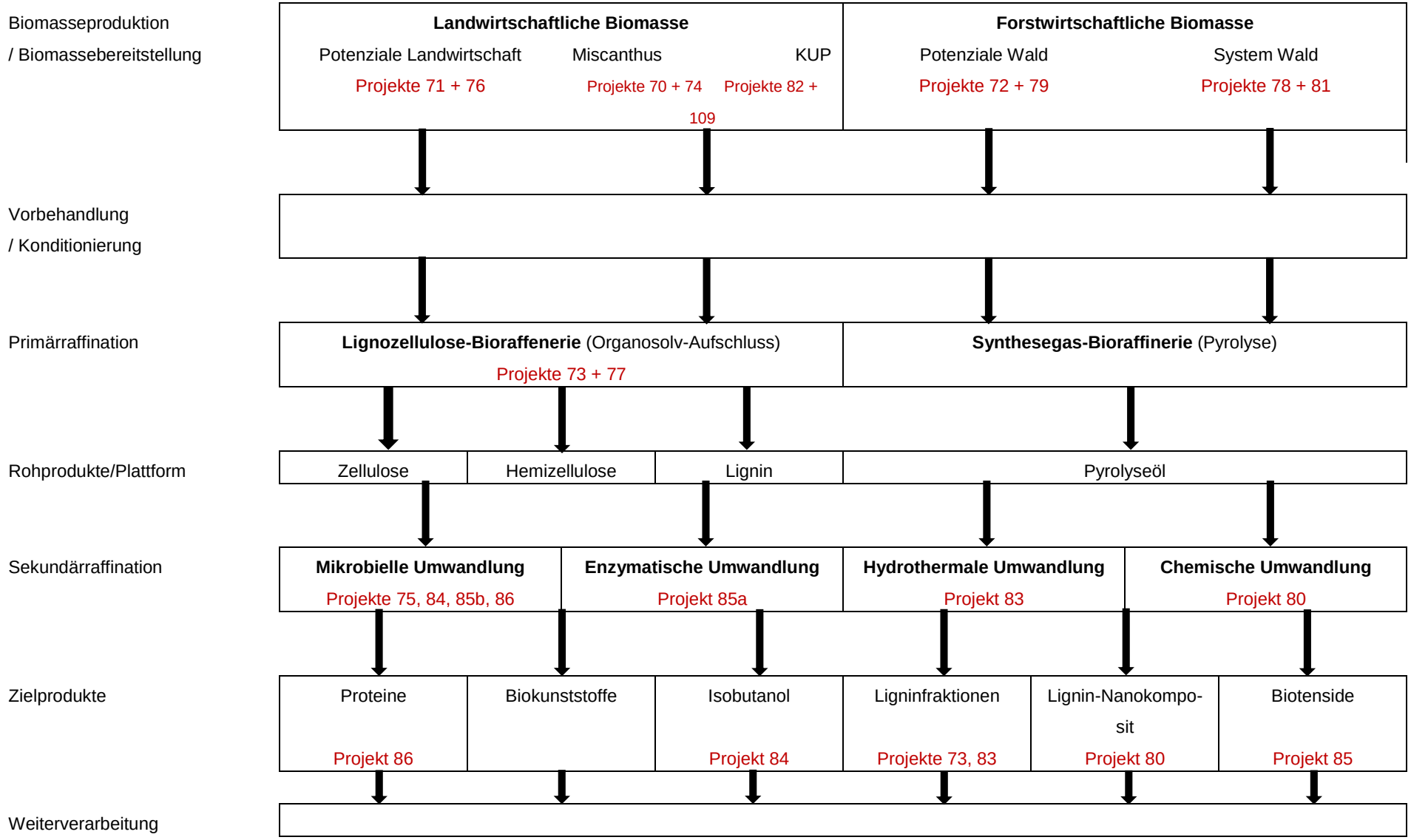
> Primärraffination: Hier werden Fragestellungen im Kontext des Organosolv-Verfahrens untersucht (Projekt 73: Optimierung Organosolv-Aufschluss: Ligninfraktionierung und -modifizierung; Projekt 77: Optimierte Fraktionierung von Lignozellulose).

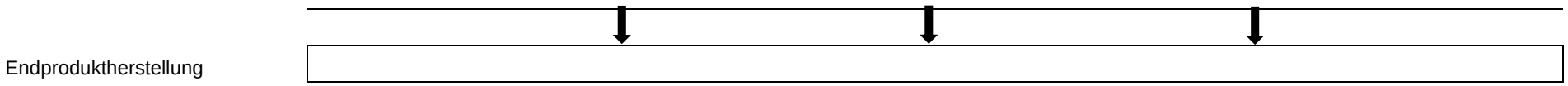
> Sekundärraffination: Untersucht werden Ansätze der mikrobiellen Umwandlung (Projekt 75: Evaluierung von Pyrolyseöl als Plattformsubstrat für die Fermentation; Projekt 84: Entwicklung und Optimierung mikrobieller Lignocellulose-basierter Fermentationsverfahren zur Herstellung von Bulk-Chemikalien und Treibstoffen; Projekt 85b: Mikrobielle Synthese von Biotensiden auf der Basis von Lignozellulose; Projekt 86: Entwicklung eines selbstregulierenden mikrobiellen Systems zur Herstellung von rekombinanten Proteinen aus nachwachsenden Rohstoffen), der enzymatischen Umwandlung (Projekt 85a: Enzymatische Synthese von Biotensiden auf der Basis von Lignocellulose), der hydrothermalen Umwandlung (Projekt 83: Gewinnung von bifunktionalen Verbindungen aus Lignin) und der chemischen Umwandlung (Projekt 80: Bionisches Lignozellulose-Nanokomposit).

> Zielprodukte: Als spezifische Zielprodukte werden Proteine (Projekt 86: Projekt 86: Entwicklung eines selbstregulierenden mikrobiellen Systems zur Herstellung von rekombinanten Proteinen), Isobutanol (Projekt 84: Entwicklung und Optimierung mikrobieller Lignocellulose-basierter Fermentationsverfahren), Biotenside (Projekt 85: Mikrobielle und enzymatische Synthese von Biotensiden), Ligninfraktionen (Projekt 73: Ligninfraktionierung und -modifizierung; Projekt 83: Gewinnung von bifunktionalen Verbindungen aus Lignin) und Lignin-Nanokomposite (Projekt 80: Bionisches Lignozellulose-Nanokomposit) entwickelt.

Zielprodukte stellen noch keine Endprodukte dar, sodass die Wertschöpfungsketten und ihre Technologien ab der Sekundärraffination nicht mehr direkt Gegenstand der Forschungsprojekte sind. Die aktuelle „Technologie-Initiative Bioraffinerie“ des BMBF beschränkt sich ebenfalls auf die Primär- und Sekundärraffination sowie Nutzungskonzepte für anfallende Koppel- und Nebenprodukte (BMBF 2017).

Abb. V. 14: Wertschöpfungsketten mit Zuordnung der Lignozellulose-Projekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie




Endproduktherstellung

3.3 Wertschöpfungsketten Mikroalgen

Mikroalgen werden heute schon kommerziell zur Produktion hochwertiger Lebensmittelinhaltsstoffe und Nahrungsergänzungsmittel genutzt. Dies umfasst Farbstoffe (Carotinoide, Chlorophylle), Omega-3-Fettsäuren (DHA – Dehydroascorbinsäure, EPA – Eicosapentaensäure) und getrocknetes Algenpulver für den Nahrungsmittelbereich sowie Mikroalgen zur Verwendung als Fischfutter (Enzing et al. 2014; Vigani et al. 2015; vgl. MWK BW 2013: 94). In der EU produzieren derzeit Unternehmen in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden, Portugal, Schweden und der Schweiz kommerziell Nahrungs- und/oder Futtermittelprodukte aus Mikroalgen (Vigani et al. 2015). Schon in den 1980er Jahren wurden große Mikroalgen-Produktionsanlagen in Ostasien, Indien, USA, Israel und Australien etabliert (Enzing et al. 2014). Bei großen technischen Fortschritten mit entsprechender Senkung der Produktionskosten wird erwartet, dass mit Mikroalgen-Proteinen als Ersatz für pflanzliche und tierische Eiweiße sowie mit Mikroalgen-Ölen Massenmärkte erschlossen werden können (Draaisma et al. 2013).

Die Mikroalgen-Wertschöpfungsketten unterscheiden sich grundsätzlich von den zuvor behandelten Wertschöpfungsketten, indem nicht Anbaubiomasse genutzt, sondern die Mikroalgen-Biomasse in technischen Anlagen erzeugt wird. Die grundsätzlichen Stufen der Wertschöpfungsketten Mikroalgen für Verwendungen als Nahrungs- und Futtermittel sind:

> Mikroalgen-Starterkultur
> Mikroalgen-Kultivierung
> Mikroalgen-Ernte
> Zellaufschluss, Extraktion und Fraktionierung
> Weiterverarbeitung
> Endproduktherstellung

Anstelle von Saatgut wird ein Inokulum des zu kultivierenden Mikroalgen-Stammes zum Kulturstart benötigt. Die Starterkultur kann aus dem eigenen Betrieb bzw. Unternehmen oder von einem Dritten stammen. Wie Pflanzen wachsen Mikroalgen zwar im Prinzip auch mit Kohlenstoffdioxid aus der Luft, für eine effiziente Produktion ist allerdings bei der Mikroalgen-Kultivierung eine Erhöhung der Kohlenstoffdioxidkonzentration im Wasser notwendig, d.h. eine Zufuhr von Kohlenstoffdioxid. Grundsätzlich können genutzt werden:

> Technisches CO_2
> CO_2 aus Abgasen von Energiegewinnungs- und Industrieanlagen
> CO_2 aus Biogasanlagen
> Luft-CO_2

Die *Kohlenstoffdioxid-Quelle* hat dabei einen Einfluss auf Standort und Verfahren der Mikroalgen-Kultivierung. Neben den Mikroalgen und dem CO_2 sind die wichtigsten weiteren Inputs bei der Mikroalgen-Kultivierung Sonnenlicht, Wasser, Stickstoff und Phosphor (Enzing et al. 2014: 13). Lichtversorgung und Temperatur steuern entscheidend die Produktivität. Bei der *Kultivierung von Mikroalgen* gibt es folgende grundsätzliche Varianten:

> Offene Systeme (sog. „Ponds“)
> Geschlossene Systeme
> Kombination von geschlossenen und offenen Systemen

Übliche offene Systeme sind Rundbecken und Laufbahnbassins. Die Zirkulation wird mit einem Rührarm oder Schaufelrad erzielt. Vorteil offener Systeme sind die niedrigeren Investitionskosten. Nachteile sind, dass nur bestimmte Mikroalgen kultiviert werden können, die Temperatur nicht kontrolliert werden kann, es zu Wasserverlusten durch Verdunstung kommt, die Effizienz der CO_2-Nutzung gering ist, die Konzentration der Mikroalgen-Biomasse niedrig ist und es zu potentiellen Kontamination mit unerwünschten Algen und anderen Mikroorganismen kommen kann (Enzing et al. 2014: 10-12).

Bei geschlossenen Systemen sind horizontale und vertikale Röhren-Photobioreaktoren sowie vertikal Panel-Photobioreaktoren möglich. Geschlossene Systeme erlauben die Einspeisung von angereichertem CO_2, z.B. aus Abgasen. Vorteile sind der geringere Flächenbedarf, die bessere Kontrolle der Kulturvierungsbedingungen (z.B. Temperatur, Nährstoffversorgung, pH-Wert), Verhinderung der Verdunstung und Verringerung des Wasserbedarfs, geringe CO_2-Verluste, Minimierung des Kontaminationsrisikos, höhere Mikroalgen-Konzentration pro Volumen und die geringeren Erntekosten. Nachteile sind die deutlich höheren Investitions- und Betriebskosten (Enzing et al. 2014: 12-13). Bei einer Kombination beider Systeme werden geschlossene Photobioreaktoren für die Wachstumsphase der Mikroalgen genutzt und anschließend in einem offenen System die gezielte Anreicherung von gewünschten Inhaltsstoffen in den Mikroalgen durch Steuerung der Kultivierungsbedingungen vorgenommen.

Die größten Herausforderungen bei der Kultivierung von Mikroalgen für Nahrungs- und Futtermittel sind die Senkung der Produktionskosten, das Upscaling des Kultivierungsvolumens und die Stabilität bzw. Zuverlässigkeit der Kultivierung im großen Maßstab ohne Kontamination und Zusammenbruch der Kultur (Enzing et al. 2014: 18).

Als geographische Standorte der Mikroalgen-Kultivierung sind Südeuropa und Nordafrika deutlich im Vorteil gegenüber Mitteleuropa (Deutschland bzw. Baden-Württemberg) durch günstigere Temperaturen und eine höhere Anzahl von Sonnentagen, was sich in deutlich niedrigeren Produktionskosten wiederspiegelt (Ruiz et al. 2016). In Deutschland bzw. Baden-Württemberg kommen marginale Standorte und peri-urbane Industriegebiete in Frage. Mögliche Standorte können außerdem von der Nähe zur benötigten CO_2-Quelle abhängig sein.

Zur *Ernte der Mikroalgen-Biomasse* muss die niedrige Konzentration der Biomasse in der Mikroalgen-Suspension bis um den Faktor 1.000 aufkonzentriert werden. Im Labormaßstab werden verschiedene Techniken wie Zentrifugation, Filtration, Ausflockung mit verschiedenen anorganischen Salzen, Schwerkrafttrennung, Druckentspannungsfloatation und Elektroflotation genutzt. Nicht alle diese Verfahren lassen sich im großtechnischen Maßstab effizient und kostengünstig realisieren (Koley et al. 2017).

Nächster Schritt in der Wertschöpfungskette ist die *Aufbereitung der Mikroalgen*, die Zellaufschluss, Extraktion und Fraktionierung umfasst. Die Aufbereitung kann am Ort der Kultivierung oder nach Trocknung und Transport an einem anderen Verarbeitungsort geschehen. Es stehen verschiedene Zellaufschlussmethoden sowie Extraktions- und Fraktionierungsverfahren zur Verfügung. Aufgrund der großen Bandbreite der Inhaltsstoffe und der unterschiedlichen Zellwandeigenschaften verschiedener Mikroalgenspezies ist eine gezielte Aufarbeitung der Biomasse notwendig, um hochwertige Produkte aus Mikroalgen effektiv gewinnen zu können.

Bei der Aufbereitung von Mikroalgen sind verschiedene Hürden zu überwinden. Der Zellaufschluss ist bisher noch Energie-intensiv und daher ein wichtiger Kostenfaktor. Verschiedene Zellaufschlusstechnologien befinden sich in der Entwicklung, die die Kosten potentiell senken könnten (Ruiz et al. 2016).

Die Aufreinigung von Protein und hochwertigen Inhaltsstoffen wie Omega-3-Fettsäuren ist aufwendig und verursacht ebenfalls erhebliche Kosten (Ruiz et al. 2016). Neben spezifischen hochwertigen Inhaltstoffen können aus Mikroalgen insbesondere Proteine und Öle gewonnen werden.

Auf der Basis von Mikroalgen sind folgende heute realisierte und potentiell zukünftige *Endprodukte* für den Lebens- und Futtermittelbereich möglich:

> Nahrungsergänzungsmittel
> Neuartige Lebensmittelzutaten
> Substitution von pflanzlichen/tierischen Lebensmittelzutaten
> Neuartige Lebensmittel
> Bestandteile für Tierfutter
> Futter für Aquakultur

Ausgehend von den schon auf dem Markt befindlichen Produkten sind zunächst weitere hochwertige Nahrungsergänzungsmittel und Lebensmittelinhaltsstoffe aus Mikroalgen zu erwarten. Potentielle hochpreisige Mikroalgen-Inhaltsstoffe stellen allerdings nur Nichenmärkte dar, deren Marktvolumen schnell ausgeschöpft ist (Laurens et al. 2017). Neuartige Lebensmittel sowie neue Lebensmittelzutaten, die pflanzliche bzw. tierische Lebensmittelzutaten substituieren, befinden sich noch einem frühen Entwicklungsstadium und werden kurz- bis mittelfristig nicht zur Verfügung stehen. Solche Mikroalgenprodukte, die auf Massenmärkte zielen, müssen mit entsprechenden pflanzlichen bzw. tierischen Produkten preislich konkurrieren, soweit sie keine neuen, wertvollen Eigenschaften aufweisen.

Nach der Aufbereitung können Weiterverarbeitungs- bzw. Veredlungsschritte notwendig werden, um zu neuartigen Lebensmitteln oder neuen Lebensmittelzutaten auf Algenbasis zu gelangen. Notwendige Anpassungen sind zu erwarten beispielsweise im Hinblick auf Verarbeitungstechnologie, Produktzusammensetzung, Rezeptur und Produktkennzeichnung. Da die Auswahl von vielsprechenden Mikroalgenspezies, die Kultivierung von Mikroalgen im industriellen Maßstab sowie die großtechnische Extraktion und Fraktionierung noch in einem frühen Entwicklungsstadium sind, können derzeit über die notwendigen weiteren Verarbeitungsschritte und die Wertschöpfungsketten bis hin zu Lebens- und Futtermitteln als Endprodukte für Massenmärkte noch keine fundierten Aussagen getroffen werden.

Die Herstellung von hochwertigen Mikroalgen-Nahrungsmitteln, -Nahrungsmittelzutaten und -Nahrungsergänzungsmitteln wird auch als Bestandteil einer Mikroalgen-Bioraffinerie konzipiert. Neben der Gewinnung spezifischer hochwertiger Produkte wie Pigmente, Lipide, Vitamine oder Anti-Oxidantien für Anwendungen in der Lebensmittel-, Kosmetik- und Pharmaindustrie soll die restliche Mikroalgen-Biomasse für stoffliche Nutzungen (beispielsweise hochpreisige Chemikalien wie Polysaccharide, Lipide und lipophile Wertstoffe) und energetische Nutzungen (beispielsweise Produktion von Biodiesel aus dem Hauptteil der Lipidfraktion, Verwertung der Restbiomasse in einer Biogasanlage) verwendet werden. Die Erwartung ist, dass mit einem solchen Konzept eine bessere Wirtschaftlichkeit gegenüber der ausschließlichen Gewinnung von Biokraftstoffen aus Mikroalgen erzielt werden kann. Mögliche Ausgestaltungen einer Mikroalgen-Bioraffinerie mit konkreten Bioraffineriepfaden und Produkten können derzeit noch nicht bestimmt werden, da sich die Technikentwicklung noch in einem frühen Stadium befindet und belastbare Daten und Kennzahlen noch nicht ausreichend vorliegen (Bundesregierung 2012: 48-51; Chew et al. 2017).

Lebensmittel mit Nutzung von Mikroalgen-Inhaltsstoffen können potentiell von neuen Unternehmen als auch von etablierten Lebensmittelherstellern angeboten werden, genauso wie vegane Fleisch- und

Wurstersatzprodukte sowohl von neu in den Markt eingetretenen Herstellern als auch von großen Fleisch- und Wurstproduzenten angeboten werden.

Das *Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg* untersucht Mikroalgen für die Ernährung und als Futtermittel, wobei folgende Stufen der Wertschöpfungsketten in den Teilprojekten abgedeckt werden:

Mikroalgen-Kultivierung:

> Das Teilprojekt „Prozessentwicklung zur marktgerechten Herstellung von Wertstoffen aus Mikroalgen“ (Projekt 88) hat die Zielsetzung, Prozessparameter für die Biomasseproduktion so zu optimieren, dass mit möglichst geringem Energieaufwand eine hohe Produktivität und eine angemessene Produktqualität erreicht werden kann.
> Ziel des Teilprojektes „Maximierung des Potenzials von Mikroalgen für die Produktion von essenziellen Aminosäuren“ (Projekt 92) ist es, die effiziente und wirtschaftliche Produktion von essenziellen Aminosäuren mit Hilfe von Cyanobakterien zu erforschen und zu etablieren. Diese bilden den Speicherstoff Cyanophycin, aus dem reines L-Arginin gewonnen werden kann. L-Arginin wird als Nahrungsergänzungsmittel eingesetzt, u.a. zum Muskelaufbau oder auch als Tierfutterzusatz.

Mikroalgen-Aufbereitung:

> Im Teilprojekt „Entwicklung von Zellaufschluss- und Extraktionsverfahren zur Kaskadennutzung von Algenbiomasse“ (Projekt 93) werden durch die Kombination geeigneter Zellaufschlussmethoden (z.B. mechanisch mittels Kugelmühle oder enzymatisch) mit Extraktions- und Fraktionierungsverfahren (z.B. überkritische CO_2 Extraktion, Accelerated Solvent Extraction) Prozesse entwickelt, mit denen die Biomasse für die Verwendung im Nahrungsmittelsektor aufgearbeitet werden kann.

Mikroalgen-Inhaltsstoffe:

> Im Teilprojekt „Prozessführung zur Qualitätsoptimierung von Lebensmitteln aus Mikroalgeninhaltsstoffen“ (Projekt 87) werden die Lebensmitteltechnofunktionalität (z.B. Emulgierfähigkeit, Gelbildungseigenschaften), das Mischungsverhalten mit konventionellen Lebensmittelbestandteilen (Protein, Fette, Kohlenhydrate aus pflanzlichen und tierischen Quellen) und das Verhalten während des Herstellungsprozesses untersucht.
> Ziel dieses Teilprojekts „Verwertung von Mikroalgen und deren Verarbeitungsrückständen in der Tierernährung“ (Projekt 90) ist, verschiedene Mikroalgenspezies und insbesondere deren Verarbeitungsrückstände auf die Eignung als Futtermittel zu untersuchen. Dabei sollen insbesondere die Futterwerteigenschaften für die Wiederkäuerernährung näher charakterisiert werden.
> Das Teilprojekt „Bioverfügbarkeit, gesundheitlicher Nutzen und Sicherheit von Nährstoffen aus Mikroalgen“ (Projekt 91) untersucht für verschiedene Mikroalgen-Gattungen die Bioverfügbarkeit der Nährstoffe in Abhängigkeit vom gewählten Aufschlussverfahren, die Rolle des intestinalen Mikrobioms bei der Verdauung und Aufnahme der Nährstoffe sowie Sicherheitsaspekte. Dabei kommen aufgeschlossene Mikroalgen sowie vereinzelte Lipidfraktionen und lipophile Komponenten zum Einsatz.
> Das Teilprojekt „Mikrobiologische Sicherheit der Produktion von Nahrungsmitteln und Tierfutter aus Mikroalgen“ (Projekt lgfg055) untersucht die im Konsortium produzierte Biomasse und die daraus entwickelten Produkte auf ihre mikrobielle Begleitflora. Des Weiteren sollen Veränderungen der begleitenden Mikrobiota über die Prozesskette hinweg untersucht werden. Auf der Grundlage

dieser Ergebnisse werden die Eintragsquellen von mikrobiellen Kontaminationen bestimmt und Vorschläge zur hygienischen Verbesserung der Produktionsprozesse gemacht.

4. Konkurrenzbeziehungen

Konkurrenzen der Wirtschaftsakteure um Biomasse, Technologie- und Wertschöpfungspfade sowie Endproduktmärkte findet kontinuierlich statt und sind konstitutiver Bestandteil des Wirtschaftssystems. Trotzdem sind Konkurrenzbeziehungen, insbesondere Flächennutzungskonkurrenzen, ein wichtiges Debattenthema im Kontext der Bioökonomie. Konkurrenzbeziehungen sind aus zwei Gründen von Interesse:

> Zum einen bestimmen sie entscheidend, in welche Richtung sich bioökonomische Aktivitäten zukünftig entwickeln.
> Zum anderen sind von ihnen Veränderungen bei Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen abhängig.

Letzteres bedeutet, dass die Entwicklung der Wertschöpfungsketten und ihre Konkurrenzbeziehungen wesentlich die Nutzungskonkurrenzen um Ressourcen und Umweltgüter bestimmen.

Somit sind zunächst die ökonomischen Konkurrenzbeziehungen zu betrachten, um darauf aufbauend Aussagen zu Konkurrenzen um Ressourcen und Umweltgüter treffen zu können. Die Tabelle V.1 gibt einen systematischen Überblick über potentielle ökonomische Konkurrenzbeziehungen. Dieser Überblick macht deutlich, dass es sowohl zwischen als auch innerhalb der drei Nutzungsbereiche (stoffliche Nutzung, energetische Nutzung, Nutzung als Nahrungsmittel) Konkurrenzbeziehungen gibt, und sich Konkurrenzbeziehungen auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten manifestieren können. Die Tabelle beginnt bewusst mit den Endprodukten, da die Resultate aus diesen Konkurrenzbeziehungen das Auftreten und die Ausprägung von Konkurrenzen in den davor liegenden Stufen der Wertschöpfungsketten bestimmen. Zwischen einzelnen Konkurrenzbeziehungen auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten bestehen kausale Zusammenhänge, die in der Tabelle nicht dargestellt sind, die aber im Folgenden diskutiert werden müssen. Ebenso bleibt die räumliche Dimension in der Tabelle unberücksichtigt. Die konkreten Orte, an denen sich Wertschöpfungsketten realisieren, haben allerdings erheblichen Einfluss auf die Nutzungskonkurrenz um Flächen, Ressourcen und Umweltgüter.

Tab. V. 1: Potentielle Konkurrenzbeziehungen in der Bioökonomie

Stufe der Wertschöpfungskette	**Stoffliche Nutzung**	**Energetische Nutzung**	**Nutzung als Nahrungsmittel**
Endprodukt	Fossil/anorganisch basierte Produkte ↔ Bio-basierte Produkte Innovative bio-basierte Produkte ↔ Traditionelle bio-basierte Produkte Bio-basierte Produkte aus Biomasseproduktion ↔ Bio-basierte Produkte aus Kaskadennutzung	Fossile Energiebereitstellung ↔ Bioenergie Bioenergie ↔ Andere regenerative Energien Bio-basierter Strom/Wärme ↔ Biokraftstoffe 1. Generation ↔ Biokraftstoffe 2./3. Generation Reine Biokraftstoffe ↔ Beimischung von Biokraftstoffen	Innovative Lebensmittel ↔ Etablierte Lebensmittel Konventionelle Lebensmittel ↔ Ökologische Lebensmittel Gentechnisch veränderte Lebensmittel ↔ Gentechnikfreie Lebensmittel Regionale Produkte ↔ Lebensmittel ohne Ortsbezug
Konversion	Zucker/Stärke-Bioraffinerie ↔ Lignozellulose Bioraffinerie (↔ Andere Bioraffineriekonzepte) Zentrale ↔ Dezentrale Biomassekonversion Inländische Konversionsstandorte ↔ Internationale Konversionsstandorte Kaskadennutzung ↔	Feste Bioenergieträger: Kleinfeuerungsanlagen ↔ Heizkraftwerke Biogas: Dezentrale Biogasnutzung ↔ Biogaseinspeisung Biokraftstoffe: 1. Generation ↔ 2./3. Generation Energet. Nutzung biogener Abfälle	Traditionelle Lebensmittelverarbeitung ↔ Moderne Lebensmittelverarbeitung Konventionelle Lebensmittelketten ↔ Ökologische Lebensmittelketten Kurze Lebensmittelketten ↔ Komplexe Lebensmittelketten
Biomasseerzeugung	Landwirtschaftliche Biomasse für stoffliche Nutzung ↔ Forstwirtschaftliche Biomasse für stoffliche Nutzung ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe für stoffliche Nutzung ↔ Inländische Biomasseerzeugung ↔ Biomasseimport Biomasse von Nahrungsmittel-Pflanzen ↔ Biomasse von Nicht- Nahrungsmittel-Pflanzen	Landwirtschaftliche Biomasse für energetische Nutzung ↔ Forstwirtschaftliche Biomasse für energetische Nutzung Biogene Rest- und Abfallstoffe für energetische Nutzung Inländische Biomasseerzeugung ↔ Biomasseimport Biomasse von Nahrungsmittel-Pflanzen ↔ Biomasse von Nicht- Nahrungsmittel-Pflanzen	Landwirtschaftliche Biomasse für Nahrungsmittel Konventionelle Landbewirtschaftung ↔ Ökologischer Landbau Massentierhaltung ↔ Bäuerliche Tierhaltung Landwirtschaftliche Produktion für regionale Lebensmittel ↔ Import landwirtschaftlicher Nahrungsmittelrohstoffe und verarbeiteter Nahrungsmittel

	Anbaubiomasse ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe	Anbaubiomasse ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe

4.1 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Endprodukte

Auf der Ebene der Endprodukte bestehen Konkurrenzen nur jeweils innerhalb der drei Nutzungsbereiche, da die Konsumentscheidungen der Verbraucher nicht zwischen stofflichen Produkten, Energienachfrage und Nahrungsmitteln stattfinden. Innerhalb der *stofflichen Nutzung* sind die wichtigsten Konkurrenzbeziehungen:

> Bio-basierte Produkte konkurrieren mit fossilen bzw. anorganisch basierten Produkten, die sie ersetzen sollen. Ein Beispiel wäre hier die Kunststoff-Einkaufstüte hergestellt auf der Basis von Erdöl und die Alternative einer bio-basierten Einkaufstüte.
> Innovative bio-basierte Produkte stehen in Konkurrenz mit traditionellen bio-basierten Produkten, soweit sie gleiche oder ähnliche Produkteigenschaften aufweisen. Ein Beispiel wäre hier die zuvor erwähnte bio-basierten Einkaufstüte, hergestellt in einem Bioraffinerie-Prozess, und eine Papier-Einkaufstüte.
> Eine weitere Konkurrenzbeziehung besteht zwischen bio-basierten Produkten aus primärer Biomasseproduktion und bio-basierten Produkten aus Kaskadennutzung, also aus Biomasse, die schon einen Nutzungszyklus durchlaufen hat.

Etablierte bio-basierte Produkte insbesondere aus Zucker und Stärke, Fetten und Ölen machen den größten Teil der stofflichen Nutzung von Biomasse in der chemischen Industrie aus (FNR 2016). Die daraus hergestellten Endprodukte sind in der Regel für den Verbraucher nicht erkennbar. Ähnlich ist die Situation beim Natur- und Holzfasereinsatz in Verbundwerkstoffen der Automobilindustrie. Mittlerweile gibt es allerdings freiwillige Kennzeichnungen (und entsprechende Normen) für bio-basierte Kunststoffe sowie zur biologischen Abbaubarkeit. Anders ist die Situation bei vielen traditionellen bio-basierten Materialien, wo der Biomasserohstoff im Endprodukt unmittelbar erkennbar ist, wie bei vielen Holzprodukten.

Innerhalb der *energetischen Nutzung* sind die wichtigsten Konkurrenzbeziehungen:

> Die verschiedenen Varianten der Bioenergie konkurrieren zunächst mit der entsprechenden fossilen Energiebereitstellung.
> Gleichzeitig steht die Bioenergie in Konkurrenz mit anderen regenerativen Energien wie Sonne und Wind, insbesondere im Strom- und Wärmemarkt.
> Innerhalb der Bioenergie besteht eine grundlegende Alternative zwischen bio-basiertem Strom und/oder Wärme einerseits sowie Biokraftstoffen andererseits.
> Innerhalb der Biokraftstoffe sind Biokraftstoffe der 1. Generation potentiell durch Biokraftstoffe der 2. bzw. 3. Generation ersetzbar.
> Schließlich gibt es bei Biokraftstoffen noch die Alternative zwischen reinen Biokraftstoffen und der Beimischung von Biokraftstoffen.

Die Ausprägung dieser Konkurrenzbeziehungen wird zunächst von den Preisrelationen, die von den jeweiligen Produktionskosten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abhängig sind, bestimmt und durch die Anbieter der Endprodukte gesteuert. Während in manchen Bereichen die Verbraucher zwischen fossilen und bio-basierten Alternativen entscheiden können, ist der Kraftstoffbereich ein Beispiel, wo Kraftstoffkauf zwangsweise mit einer Abnahme von Biokraftstoffen verbunden ist, bedingt durch die Beimischung von Biokraftstoffen entsprechend der Quotenregelung. Ebenso wird die Konkurrenzbeziehung zwischen Biokraftstoffen der 1. und 2. Generation derzeit wesentlich durch staatliche Vorgaben geprägt. Im Strommarkt können sich Verbraucher einerseits für Ökostrom entscheiden,

andererseits nehmen sie auf jeden Fall einen bestimmten Anteil regenerativen Strom entsprechend dem Strommix ab, bedingt durch Abnahmepflicht der Netzbetreiber und die Einspeisevergütung des EEG.

Neben der wirtschaftlichen Vorzüglichkeit sind somit weitere wichtige Einflussfaktoren:

> Staatliche Fördermaßnahmen, wie Steuerbefreiung bzw. -minderung, Verwendungsquoten, Verbraucherumlagen oder Investitionsbeihilfen, die die Wettbewerbsfähigkeit bio-basierter Produkte erhöhen bzw. herstellen oder einen bestimmten Absatz garantieren, sowie staatliche Steuerungsinstrumente, wie beispielsweise eine CO_2-Steuer oder eine Verknappung von CO_2-Emissionszertifikaten, die fossile Produkte verteuern (vgl. Kap. VII.2 und VII.3).
> Die Erkennbarkeit von bio-basierten Produkten durch Kennzeichnung bzw. Labels, die Verbrauchern eine Wahlmöglichkeit erlauben. Die Glaubwürdigkeit solcher Kennzeichnungen ist eine wichtige Voraussetzung, damit sie wirksam sind.
> Die Verbraucherwahrnehmung der Vorteile bio-basierter Produkte im Hinblick auf Umwelt und Gesellschaft kann positiv auf die Nachfrage wirken.
> Neue Produkteigenschaften von bio-basierten Produkten können einen Umstieg befördern.

Während sich bei der stofflichen und energetischen Nutzung letztlich bio-basierte Produkte gegenüber fossilen Produkten durchsetzen müssen, bestehen im Nutzungsbereich *Nahrungsmittel* anders gelagerte Konfliktlinien. Der Bereich Nahrungsmittel steht nicht so im Fokus der Bioökonomie-Strategien. Aber es gibt hier eine Reihe von Konkurrenzbeziehungen, die auf die Nahrungsmittel-Wertschöpfungsketten und ihre Ressourcen- und Umweltnutzung zurückwirken und von großer Relevanz für die Bioökonomie insgesamt sind. Im Nahrungsmittelmarkt bestehen vielfältige Wahlmöglichkeiten für die Verbraucher, wichtige grundsätzliche Alternativen sind:

> Innovative Lebensmittel, zu denen beispielsweise Produkte mit Zutaten aus Mikroalgen zählen, müssen sich gegenüber etablierten Lebensmitteln durchsetzen.
> Konventionelle Lebensmittel konkurrieren mit ökologischen Lebensmitteln.
> Gentechnisch veränderte Lebensmittel sind im Markt eindeutig getrennt von Gentechnik-freien Lebensmitteln durch die entsprechenden Kennzeichnungsregelungen.
> Im Gegensatz zu zunehmend komplexeren und internationalen Lebensmittelketten stehen regionale Produkte.

Diese Alternativen sind Ausdruck einer zunehmenden vertikalen Produktdifferenzierung bzw. Polarisierung im Nahrungsmittelbereich (vgl. Meyer 2004). Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass Agrarstrukturwandel und landwirtschaftliche Technikentwicklungen in eine Richtung laufen, die den gesellschaftlichen Erwartungen an die Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion teilweise widersprechen (Isermeyer 2016). Vorstellungen von Natürlichkeit, Regionalität, bäuerlicher Landwirtschaft, handwerklicher Verarbeitung und hoher Qualität – als Gegensatz zur Entwicklungstendenz der konventionellen Landwirtschaft und Ernährungsindustrie – gewinnen verstärkt Zuspruch bei Verbrauchern. Die kontroversen Visionen, die für die Bioökonomie diskutiert werden (Kap. II), haben ihren Ursprung in den Kontroversen um Landwirtschaft und Lebensmittel.

Schließlich stehen innovative Ansätze zur Nahrungsmittelproduktion nicht nur in Konkurrenz zu etablierten Nahrungsmitteln, sondern oftmals werden auch konkurrierende innovative Lebensmittel entwickelt. So konkurrieren Proteinprodukte aus Mikroalgen mit anderen unkonventionellen Proteinquellen wie Nahrungsmitteln aus Insekten, In-vitro-Fleisch und pflanzlichen Fleischersatzprodukten (Jetzke

et al. 2016). Die Chancen solcher alternativen Produktentwicklungen hängen neben technischen Fortschritten und konkurrenzfähigen Herstellungskosten stark von der gesellschaftlichen Akzeptanz ab.

4.2 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Konversion

Unter Konversion werden hier alle Stufen der Wertschöpfungskette von Primärraffination bis zur Endproduktherstellung zusammengefasst. Hier bestehen vielfältige Konkurrenzbeziehungen zwischen bestehenden und potentiellen zukünftigen Wertschöpfungsketten in den drei Nutzungsbereichen.

Bei der Konversion für *stoffliche Nutzungen* sind die wichtigsten Konkurrenzbeziehungen:

> Bioraffinerien auf der Basis von Lignozellulose konkurrieren mit Zucker/Stärke-Bioraffinerien, also zumindest teilweise etablierten Konversionspfaden ausgehend von landwirtschaftlicher Biomasse, sowie zusätzlich potentiell mit weiteren Bioraffineriekonzepten. Wirtschaftliche Vorteile bestehen, wenn Bioraffinerie-Prozesse in Ergänzung zu einer bestehenden Zucker- bzw. Stärkeproduktion (Stadler Chauvet 2017) oder einer bestehenden Zellulose- und Papierproduktion (Rødsrud et al. 2012) etabliert werden. In Abhängigkeit vom Bioraffinerie-Konzept und seinem Entwicklungsstand sind außerdem unterschiedliche Lernkurven und Kostensenkungspotentiale zu erwarten.

> Ein weiterer möglicher Konflikt besteht zwischen zentraler und dezentraler Biomassekonversion. Bei den Konversionstechnologien aller drei Forschungsbereiche bestehen deutliche Skaleneffekte. Dies gilt ausgeprägt bei der Synthesegas-Bioraffinerie (Bundesregierung 2012: 92), aber auch bei Biogasanlagen nehmen die Gestehungskosten pro kWh mit zunehmender Anlagegröße ab (Blumenstein et al. 2016). Bei der Mikroalgen-Kultivierung reduzieren sich die Produktionskosten pro Einheit Mikroalgen-Biomasse von einer 1 ha Anlage zu einer 100 ha Anlage um den Faktor 3 bis 4 (Spruijt et al. 2014: 38-39). Mit der Anlagenkapazität steigt in den ersten beiden Fällen entsprechend der Biomassebedarf sowie die notwendige Anbau- bzw. Gewinnungsfläche für die Biomasse. Im Fall der Mikroalgen-Kultivierung werden mit zunehmender Anlagengröße zumindest in Deutschland weniger Standorte verfügbar sein, die geeignet sind und in der Bevölkerung Akzeptanz finden.

> Schließlich bestehen relevante Konkurrenzbeziehungen zwischen einer inländischen Konversion und internationalen Konversionsstandorten. Ihre Ausprägung wird vor allem bestimmt durch die verfügbaren Biomassepotentiale und die Biomasseproduktionskosten verschiedener Standorte sowie die jeweils bestehenden Fördermaßnahmen und rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. umweltrechtliche Regelungen).

Bei einer Konversion zu bio-basierten Drop-In-Chemikalien (die identisch sind mit existierenden fossil-basierten Chemikalien) sind die Produktionskosten im Vergleich zur ersetzten fossilen Basischemikalie entscheidend. Diese bio-basierten Drop-In-Basischemikalien sind aktuell in der Regel nicht konkurrenzfähig, denn die Produktion fossil-basierter Basischemikalien erfolgt in einer optimal ausgebauten Verbundstruktur und etablierten Prozessketten, mit häufig abgeschriebenen Anlagen und starken Skaleneffekten, so dass die bestehende Produktionsstruktur in den großen Chemieunternehmen sehr kostengünstig und zugleich hoch profitabel ist (Zinke et al. 2016: 27-28).

Wenn bio-basierte Chemikalien erst in einem späteren Stadium eines existierenden Syntheseweges als Drop-In-Chemikalien genutzt werden (sogenannte „smart drop-in chemicals“), dann kommen weitere Faktoren wie Energiebedarf für die Synthese, Komplexität und Zeitbedarf des Syntheseweges und Toxizität von Prozesschemikalien oder Koppelprodukten ins Spiel (Carus et al. 2017). Bei innovativen bio-

basierten Chemikalien (vgl. Kap. V.3.2), die nicht mit traditionellen chemischen Synthesewegen hergestellt werden können und neue Eigenschaften aufweisen, kommt es neben den Produktionskosten entscheidend auf den Wert der neuen Eigenschaft und den Aufwand für die Markterschließung an.

Eine Diversifizierung der Produktpalette, wie für eine Lignozellulose-Bioraffinerie ausgehend von Bioethanol untersucht, kann die Profitabilität erhöhen und das ökonomische Risiko schwankender Produktpreise verringern (Cheali et al. 2015). Anderseits steigen damit die Investitionskosten. Zusätzlich besteht die Schwierigkeit, dass Konversionstechnologien für die Lignozellulose-Bestandteile und verschiedene Wertschöpfungsketten unterschiedlich weit entwickelt sind, d.h. eine sogenannte integrierte Bioraffinerie schwierig zu realisieren ist.

Schließlich wirken neben technisch-ökonomischen Faktoren komplexe Akteursnetzwerke, institutionelle Strukturen und der breitere Kontext auf die Konkurrenzbeziehungen (Wirth, Markard 2011; Gurcia, Späth 2017). Die staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung hat sich nicht auf ein bestimmtes Bioraffinerie-Konzept und ausgewählte Wertschöpfungsketten festgelegt.

Die Konkurrenzbeziehung von Konversionsstandorten wird wesentlich durch Biomassepotentiale und -kosten bestimmt. So gelten China, Indien und Südostasien als zukünftig wichtigste Produktionsstandorte von bio-basierten Kunststoffen. Dagegen spielen bei Fein- und Spezialchemikalien Rohstoffkosten, Logistikkosten und Skaleneffekte keine wesentliche Rolle, so dass hier auch Europa Entwicklungschancen hat (Zinke et al. 2016: 25-26).

Bei der Konversion für *energetische Nutzungen* sind wichtige Konkurrenzbeziehungen:

> Bereich feste Bioenergieträger: Die Wärmebereitstellung durch Holznutzung in Kleinfeuerungsanlagen konkurriert mit der Holzverfeuerung in Heizkraftwerken mit Nahwärmenetz.
> Bereich Biogas: Der dezentralen Biogasnutzung mit Blockheizkraftwerk vor Ort steht die Biogaseinspeisung mit einer überregionalen Nutzung gegenüber.
> Bereich Biokraftstoffe: Technologien und Wertschöpfungsketten der Biokraftstoffe der 1. Generation stehen in Konkurrenz mit solchen der Biokraftstoffe der 2. Generation.

Zum Ersten unterscheiden sich die Alternativen der energetischen Nutzung nach dem Grad der räumlichen Vernetzung, von der Insellösung (z.B. Kleinfeuerungsanlage im Einzelhaushalt) bis zum nationalen Gasnetz (Einspeisung von Biomethan). Neben der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit spielen dabei Faktoren wie vorhandene Infrastrukturen, Kooperationsbereitschaft und Verbrauchernachfrage eine wichtige Rolle.

Zum Zweiten konkurrieren teilweise etablierte Technologien (Biodiesel-Herstellung aus Ölpflanzen, Bioethanol-Herstellung aus Zucker- und Stärkepflanzen) mit sich noch in der Entwicklung befindlichen Technologien (BtL-Kraftstoffe aus Synthesegas-Bioraffinerien) bzw. gerade die Marktreife erreichten Technologien (Bioethanol aus Lignozellulose-Bioraffinerien). Während bei derzeitigen landwirtschaftlichen Energiepflanzen und energetischen Nutzungen von Holz vorhandene Vermarktungsstrukturen für die Biomassebereitstellung genutzt werden, müssen für Lignozellulose-haltige Anbaubiomasse und land- und forstwirtschaftliche Reststoffe Vermarktungspartnerschaften und -strukturen erst aufgebaut werden.

Zum Dritten unterscheiden sich die energetischen Wertschöpfungsketten im Hinblick auf die mit ihnen verbundene Koppelproduktion. Bei der Produktion von Biodiesel beispielsweise aus Raps und von Bioethanol beispielsweise aus Weizen oder Mais fallen gleichzeitig Futtermittel an. Dagegen gibt es bei der Synthesegas- und Lignozellulose-Bioraffinerie keine Koppelproduktion von Futtermitteln, aber es bestehen prinzipiell Wahlmöglichkeiten zwischen energetischer und stofflicher Nutzung.

Zum Vierten ist bis auf die Nutzung von Holz im Wärmebereich die energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland und der EU nicht konkurrenzfähig gegenüber ihren fossilen Alternativen und von der staatlichen Förderung abhängig. Die Technikentwicklung und die Nutzung von Biomasse im Energiebereich ist dadurch bisher wesentlich durch die staatliche Unterstützung und ihre Veränderungen geprägt worden. In der Vergangenheit sind die Bereiche Kraftstoffe, Strom und Wärme parallel unterstützt worden.

Zum Fünften sind die Konversionskosten stark von den Biomassekosten abhängig, die wiederum von den Produktions- und Opportunitätskosten bestimmt werden. Wenn aufgrund steigender Nachfrage zukünftig die Biomassekosten steigen, wird dies die Konkurrenzsituation zwischen verschiedenen Wertschöpfungsketten verändern, wie am Beispiel von Biokraftstoffen untersucht (Millinger, Thrän 2016). Grundsätzlich sind die hohe Abhängigkeit von Biomassekosten und die Unsicherheit ihrer zukünftigen Entwicklung ein relevantes Hemmnis für Investitionen in bio-basierte Technologien.

Eine direkte Konkurrenzbeziehung zwischen stofflicher und energetischer Nutzung besteht im Kontext der Kaskadennutzung. Am Ende eines ersten Lebenszykluses können Endprodukte entweder einer erneuten stofflichen Nutzung, wie beispielsweise im Bereich Papier etabliert, zugeführt oder energetisch genutzt werden (s. Kap. V.5).

Die Alternativen auf dem Lebensmittelmarkt (Kap. V.4.1) sind jeweils mit entsprechenden Wertschöpfungsketten der Nahrungsmittelverarbeitung verbunden. Bei der *Nahrungsmittelverarbeitung* sind entsprechende wichtige Konkurrenzbeziehungen:

> Traditioneller, handwerklicher Lebensmittelverarbeitung auf der einen Seite stehen moderne hochtechnisierte und automatisierte Lebensmittelverarbeitung auf der anderen Seite gegenüber.
> Wertschöpfungsketten konventioneller Lebensmittel sind getrennt von den Verarbeitungs- und Handelswegen ökologischer Lebensmittel.
> Kurze Lebensmittelketten vom Erzeuger zum Verbraucher konkurrieren mit komplexen Lebensmittelketten mit mehreren Verarbeitungsstufen, vielen Akteuren und großer räumlicher Ausdehnung.

Veränderungen in der Nahrungsmittelverarbeitung werden einerseits durch technischen Fortschritt und ökonomische Zwänge und andererseits Veränderungen bei gesellschaftlichen Einstellungen und beim Verbraucherverhalten bestimmt.

4.3 Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Biomasseerzeugung

Biomasse kann prinzipiell sowohl für Nahrungsmittelherstellung als auch für energetische und stoffliche Verwendungen genutzt werden. Bei landwirtschaftlicher Biomasse konkurrieren Nutzung als Nahrungsmittel, energetische und stoffliche Nutzungen miteinander. Bei forstwirtschaftlicher Biomasse ist die Konkurrenz auf energetische und stoffliche Nutzungen begrenzt. Die Konkurrenzbeziehungen zwischen den Nutzungsbereichen realisieren sich in unterschiedlicher Weise:

> Die Entscheidung über konkurrierende Verwendungen kann auf den der Land- und Forstwirtschaft nachgelagerten Biomassemärkten erfolgen, wo die Abnehmer über die weitere Verwendung entscheiden. Beispielsweise kann bei der landwirtschaftlichen Produktion Körnermais in allen drei Nutzungsbereichen eingesetzt werden, wobei sich die jeweilige Verwendung in der Regel durch die Verkaufsentscheidungen des Agrarhandels ergibt. In der forstwirtschaftlichen Produktion kann sich beispielweise bei Holzhackschnitzeln erst auf der Handelsstufe eine energetische oder stoffliche Nutzung ergeben.
> Der Nutzungsbereich kann sich aus vertraglichen Vereinbarungen zwischen Biomasseproduzent und Abnehmer ergeben, wenn die land- bzw. forstwirtschaftliche Biomasse grundsätzlich in verschiedenen Nutzungsbereichen verwendet werden kann.
> Schließlich werden Konkurrenzen durch die Flächennutzungsentscheidungen der Landwirte entschieden, wenn die angebaute Biomasse nur für einen Nutzungsbereich geeignet ist.

Direkte Konkurrenzbeziehungen (die ersten beiden Fälle) bestehen somit immer dann, wenn ein Agrarprodukt über mehr als einen Nutzungspfad verwertet werden kann. Dies ist beispielsweise bei Raps der Fall, der sowohl als Nahrungsmittel (Speiseöl), als industrieller Rohstoff (technisches Öl) sowie als Energieträger (Biodiesel) eingesetzt werden kann. Eine indirekte Konkurrenz besteht, wenn ein landwirtschaftlicher Rohstoff zwar nur über einen Nutzungspfad verwertet werden kann, aber mit anderen Nutzungspfaden um Anbauflächen konkurriert. Dies gilt beispielsweise für den Anbau von Lignozellulose-haltigen Pflanzen (z.B. Miscanthus, Kurzumtriebsplantagen), die nicht als Nahrungsmittel genutzt werden können, aber über die Konkurrenz um Flächen mit der Nahrungsmittelerzeugung verknüpft sind (Meyer, Priefer 2012: 115).

Als Alternative zur stofflichen oder energetischen Nutzung von Nahrungsmittelpflanzen, insbesondere im Kontext der entsprechenden Biokraftstoffe der 1. Generation, wird oftmals die Nutzung von Biomasse, die von Nicht-Nahrungsmittelpflanzen stammt, propagiert. Über die beanspruchte Fläche stehen diese aber trotzdem in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Da bei Nicht-Nahrungsmittelpflanzen die gesamte oberirdische Biomasse genutzt wird und zusätzlich in der Regel das Ertragspotential höher ist, haben diese eine höhere Flächenproduktivität. Der von einer energetischen oder stofflichen Nutzung bedingte Flächenbedarf ist allerdings neben der Flächenproduktivität auch von der Effizienz des jeweiligen Konversionspfades abhängig.

Dem einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb stehen bei seiner jährlichen Anbauplanung immer mehrere Optionen offen. Diese werden eingeschränkt durch naturräumliche (z.B. Ertragsfähigkeit des Standorts) und anbautechnische Beschränkungen (z.B. Fruchtfolgeanforderungen) sowie durch längerfristige Festlegungen aufgrund von Investitionsentscheidungen (z.B. Stallbau, Maschinen) und etablierten Vermarktungswegen. Erst durch die Summe der Einzelentscheidungen kann es zu einer relevanten Flächenkonkurrenz auf regionaler, nationaler oder auch globaler Ebene kommen, wenn eine zunehmende Nachfrage eines (neuen) Nutzungspfades wie eine stoffliche oder energetische Nutzung nicht durch eine entsprechende Verringerung der Flächennachfrage für die Nahrungsmittelerzeugung, beispielsweise durch landwirtschaftliche Ertragssteigerungen oder rückläufige Nachfrage nach flächenintensiven Nahrungsmitteln, kompensiert wird (Meyer, Priefer 2012: 116).

Ein wichtiges Charakteristikum von Flächenkonkurrenzen ist, dass sich diese über verschiedene räumliche Ebenen fortpflanzen und dort jeweils spezifische Wirkungen entfalten können. Ein Anbau für stoffliche oder energetische Nutzungen kann zunächst in den Regionen Konkurrenzen bewirken, in denen er wirtschaftlich ist. Flächenkonkurrenzen auf regionaler Ebene sind insbesondere relevant im

Hinblick auf ihren Einfluss auf regionale Wertschöpfungsketten und ökologische Wirkungen der Landbewirtschaftung vor Ort. Ob die Nahrungsmittelversorgung von derartigen regionalen Verschiebungen beeinträchtigt wird, hängt davon ab, wie weit auf nationaler und internationaler Ebene ein Ausgleich stattfindet. Angesichts offener Märkte können Fernwirkungen in den globalen Landnutzungssystemen (Haberl et al. 2012) auftreten, wenn eine zunehmende Flächennutzung für stoffliche oder energetische Nutzungen durch den Import von Agrarprodukten (Nahrungsmitteln) aus anderen Ländern kompensiert oder sich der Anbau von Energie- und Industriepflanzen in andere Weltregionen verlagert. Diese Fernwirkungen können in entgegengesetzte Richtungen wirken, als Ausgleich regionaler oder nationaler Engpässe oder als Verlagerung und gegebenenfalls Verschärfung von Versorgungsproblemen und negativen ökologischen Effekten (Meyer, Priefer 2015).

Sowohl der Import von Biomasse für energetische oder stoffliche Nutzungen als auch die Verdrängung von Nahrungsmittelerzeugung ins Ausland kann in den Exportländern zu Flächennutzungsänderungen führen. Zum einen können dies direkte Landnutzungsänderungen sein, wenn in den Exportländern der Anbau von Pflanzen für energetische oder stoffliche Nutzungen auf neu erschlossenen Flächen erfolgt. Direkte Landnutzungsänderungen, die ökologisch wertvolle Flächen betreffen, sind zumindest für Biokraftstoffe durch die EU-Nachhaltigkeitsanforderungen mittlerweile ausgeschlossen. Zum anderen kann der Anbau auf bisher schon landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Exportländern zur Verdrängung der bisherigen Nutzung (z.B. Nahrungsmittelerzeugung) und damit zu indirekten Landnutzungsänderungen führen, wenn für die verdrängte Nahrungsmittelproduktion neue landwirtschaftliche Anbauflächen erschlossen werden. Je nach Standort können erhebliche CO_2-Freisetzungen aus der oberirdischen Biomasse (insbesondere bei der Umwandlung von Wald) und aus den organischen Bestandteilen des Bodens (insbesondere bei Torfböden) die Klimagaseinsparung aus der Nutzung auf einen langen Zeitraum übertreffen. Dies ist der Hintergrund für die kontroverse Diskussion über die Anrechnung von indirekten Landnutzungsänderungen (ILUC – Indirect Land Use Change) bei Nachhaltigkeitszertifizierungen (Meyer, Priefer 2012: 117).

Die Transportwürdigkeit von Biomasse ist ein wesentlicher Faktor für die räumliche Ausprägung von Konkurrenzen. Während Biomasse-Substrate für Biogasanlagen nur über begrenzte Entfernungen ökonomisch transportiert werden können, ist für Erntegut bzw. Primärprodukte von Zucker-, Stärke- und Ölpflanzen sowie Holz die Transportwürdigkeit über große Distanzen gegeben. Konkurrenzbeziehungen zwischen inländischer Biomasseproduktion, Import von Biomasse und Biomassekonversion im Ausland werden bestimmt durch die jeweiligen Biomasseproduktions- und Konversionskosten, die Nachfrage nach den entsprechenden Konversions- bzw. Endprodukten sowie durch Transportkosten und Außenschutz.

Die Ausprägung der Konkurrenzbeziehungen zwischen den Nutzungsbereichen wird wesentlich beeinflusst durch die Biomassepreise, die die jeweiligen Abnehmer der Wertschöpfungsketten zahlen können. Wirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit der verschiedenen Wertschöpfungsketten und die Nachfrage nach den jeweiligen Endprodukten haben also einen entscheidenden Einfluss. Weiterhin sind staatliche Förderungen ein wichtiger Einflussfaktor (Kap. VII.2). Verschiedene Fördermaßnahmen zur energetischen Nutzung im Biokraftstoffbereich und durch das EEG im Strombereich haben in der Vergangenheit die Nachfrage nach Biomasse und damit die Flächennutzung erheblich beeinflusst.

In den letzten Jahren sind in Deutschland insbesondere regionale Konkurrenzen zwischen ökologischem Landbau (also Nahrungsmittelproduktion) und der Biogaserzeugung diskutiert worden. Bis zum

EEG 2012 wies die Biogaserzeugung eine hohe wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit auf. Durch die Ausgestaltung der EEG-Vergütung (insbesondere Güllebonus) wurde eine sich verschärfende Flächenkonkurrenz insbesondere in Veredelungsregionen und in Milchproduktionsregionen mit hohem Dauergrünlandanteil bewirkt. Dies hat sich in einem starken Anstieg der regionalen Pachtpreise widergespiegelt. Der ökologische Landbau war aufgrund seiner Produktionsschwerpunkte und regionalen Verteilung davon allerdings nur begrenzt betroffen (Meyer, Priefer 2012: 12). Grundsätzlich wirkt sich eine hohe Wirtschaftlichkeit von energetischen (oder stofflichen) Nutzungen landwirtschaftlicher Anbaubiomasse über zwei Konkurrenzmechanismen auf die (ökologische) Nahrungsmittelproduktion aus:

> Entscheidungen der Landwirte zur Veränderung der Betriebsausrichtung fallen zugunsten der wirtschaftlich attraktiveren Verwertung von Biomasse aus, also z.B. ein Einstieg in die Biogasproduktion anstelle einer Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung für den Nahrungsmittelmarkt.
> Eine hohe Wirtschaftlichkeit von energetischen (oder stofflichen) Nutzungen schlägt sich in der Fähigkeit nieder, höhere Pachtpreise (oder Landkaufpreise) zahlen zu können als konkurrierende Betriebe der (ökologischen) Nahrungsmittelproduktion, so dass die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Betriebe beeinträchtigt werden.

Eine Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung ist nicht nur bei vielen Anbaubiomassen gegeben, sondern gilt auch für biogene Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Rest- und Abfallstoffe aus den folgenden Verarbeitungsschritten. Gleichzeitig konkurrieren biogene Rest- und Abfallstoffe mit entsprechender Anbaubiomasse. So steht beispielsweise Stroh als landwirtschaftlicher Reststoff in einer Konkurrenzbeziehung zum landwirtschaftlichen Anbau Lignozellulosehaltiger Kulturen wie Miscanthus. Gleiches gilt für den Forstbereich, wo beispielsweise (importierte) Holzprodukte aus Forstplantagen eine Alternative zur Nutzung von Waldrestholz darstellen.

Die Nutzung von biogenen Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft steht in Konkurrenzbeziehungen zu Ökosytemdienstleistungen, die mit dem Verbleib der Reststoffe im land- bzw. forstwirtschaftlichen System verbunden sind. Im Falle von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Stroh ist insbesondere der Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit relevant. Regelungen wie Cross Compliance und Ordnungsgemäße Landbewirtschaftung setzen hier der Nutzung von Reststoffen Grenzen. Im Forstbereich wird die Nutzung von Waldrestholz z.B. durch Anforderungen der Holz-Zertifizierung (z.B. FSC) und Naturschutzauflagen begrenzt.

Innerhalb der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion ist eine wichtige Konkurrenzbeziehung die zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Eine Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung und eine teilweise auftretende Rückumstellung auf konventionelle Bewirtschaftung wird von einer ganzen Reihe von Faktoren bestimmt (DBV 2010; Ferjani et al. 2010; Heinze, Vogel 2012). Diese können unterteilt werden in (Meyer, Priefer 2012: 58):

> Innerbetriebliche Faktoren wie ökonomische Vorzüglichkeit, Lösungsansätze für produktionstechnische Probleme, Voraussetzungen bei Gebäuden und Flächen, ausreichende Arbeitskapazität, geregelte Hofnachfolge und ideelle Motivation;
> Faktoren des betrieblichen Umfelds wie Vorhandensein von lokalen Abnehmern, positive Beispiele und Unterstützung im Umfeld, Angebot und Kontakt zu einer Bioberatung sowie ausreichend bezahlbare Pachtflächen;

> Ökonomisch-politische Rahmenbedingungen wie positive Marktentwicklung, Preisdifferenz zu konventionellen Agrarprodukten, allgemeine Entwicklung der Agrarpreise sowie Förderhöhe, -bedingungen und -sicherheit.

Ebenso spielen viele Faktoren zusammen, ob sich landwirtschaftliche Betriebe für eine Vermarktung ihrer Nahrungsmittelrohstoffe über nationale und internationale Wertschöpfungsketten oder für eine Eigenvermarktung (z.B. Hofladen, Marktstand) bzw. eine Vermarktung über regionale Wertschöpfungsketten entscheiden.

4.4 Rückkopplungen und dynamische Rahmenbedingungen

Konkurrenzbeziehungen sind nicht statisch, sondern dynamisch, d.h. sie verändern sich über die Zeit. Verschiedene Rückkopplungsmechanismen können Konkurrenzen entgegensteuern und sie damit wieder abmildern. Gleichzeitig können sich die Rahmenbedingungen, die auf Konkurrenzbeziehungen wirken, im Zeitverlauf verändern. Diese Einflüsse können auf verschiedenen räumlichen Ebenen auftreten, von regional bis global, und sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Einschränkung des Biomasseangebots führen. Sie reichen von wirtschaftlichen Mechanismen über sich ändernde ökologische und gesellschaftliche Bedingungen bis zu politischen Gestaltungsmaßnahmen. Wichtige Rückkopplungen und Einflussfaktoren werden im Folgenden vorgestellt.

Beim *Angebot von Biomasse* sind insbesondere von Bedeutung:

> *Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktivität*: Eine stark wachsende Nachfrage und eine dadurch bewirkte Verknappung des Angebots an landwirtschaftlicher Biomasse könnte durch höhere Investitionen wieder ein stärkeres landwirtschaftliches Produktivitätswachstum bewirken (FAO 2008, Murphy et al. 2011). Das Ausmaß, in dem erhöhte Agrarpreise entsprechende Investitionen in Forschung und Produktion und damit über Ertragssteigerungen eine Anpassung der Produktion an die erhöhte Nachfrage bewirken, wird als Angebotselastizität bezeichnet (HLPE 2013, S. 58). Die Einschätzungen zur Angebotselastizität gehen allerdings relativ weit auseinander und das Wissen darüber ist begrenzt (Keeney und Hertel 2008). Rückkopplungen zwischen Agrarpreisen und Produktivitätsentwicklung sind allerdings kein Automatismus und erfolgen mit mehr oder weniger großer zeitlicher Verzögerung. Deshalb werden Marktsignale alleine als nicht ausreichend betrachtet, um Produktivitätsfortschritte, vor allem umweltverträgliche, zu bewirken. In den letzten Jahren wurden wiederholt höhere Investitionen in die landwirtschaftliche Forschung und Produktion gefordert, verbunden mit einem stärkeren öffentlichen Engagement (Meyer, Priefer 2015).
> *Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion*: Neben den eher längerfristigen Effekten auf die Produktivitätsentwicklung können steigende Agrarpreise kurzfristige Anpassungen in der Produktionsintensität bewirken, da sich die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Inputs wie Dünge- und Pflanzenschutzmitteln verändert.
> *Auswirkungen des Klimawandels*: Die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen haben schon seit 1980 zu Ertragsrückgängen, insbesondere bei Mais und Weizen und mit Unterschieden zwischen Ländern geführt, wie Modellberechnungen zeigen (Lobell et al. 2011). Steigende Temperaturen, geringere Niederschläge bzw. veränderte Niederschlagsmuster und Extremwettereignisse können in Zukunft landwirtschaftliche Erträge erheblich reduzieren und somit die Ernährungssicherheit gefährden (IPCC 2014: 65 ff.). Landproduktivität und damit Erträge werden insbesondere in den Tropen und Subtropen negativ beeinflusst (Ericksen et al 2011; Iglesias et al. 2011). Insgesamt wird damit die zukünftige landwirtschaftliche Biomasseproduktion unsicherer.

> *Klimaschutzpolitik und Reduktion von Klimagasemissionen*: Rund 11 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen Deutschlands, d.h. 104 Mio. t CO_2-Äq, entfielen 2014 auf die Landwirtschaft einschließlich der Emissionen aus Acker- und Grünlandflächen. Deutschland und die EU streben an, ihre THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 um mindestens 80 bis 95 % zu reduzieren. Dazu wird auch die Landwirtschaft beitragen müssen, beispielsweise indem die Stickstoffeffizienz der Düngung erhöht, Emissionen aus der Tierhaltung verringert und landwirtschaftlich genutzte Moore geschützt werden (Osterburg et al. 2009; WBA + WBW BMEL 2016; vgl. Winiwarter et al. 2014). Die Herausforderung ist, die Minderung der THG-Emissionen der Landwirtschaft möglichst von der Produktionsleistung zu entkoppeln.

> *Klimawandelanpassung*: In Folge des Klimawandels werden sich u.a. der Zustand der Böden und die Nährstoffverfügbarkeit verändern sowie neue Krankheiten und Schädlinge auftreten. Die landwirtschaftlichen Betriebe werden darauf mit Anpassungsmaßnahmen reagieren müssen, wie beispielsweise mit angepassten Sorten, Kulturarten und Fruchtfolgen sowie bodenschonender und wassersparender Bodenbearbeitung (LfU 2007; Flaig 2013). Der Anpassungsbedarf wird regional unterschiedlich ausfallen und ist außerdem vom Erfolg der Klimaschutzpolitik abhängig.

> *Agrarumweltpolitik*: Neben der Emission von Treibhausgasen gehen von der Landwirtschaft negative Umweltwirkungen insbesondere durch Dünge- oder Pflanzenschutzmittel und Flächenkonkurrenzen mit dem Naturschutz aus (SRU 2008, 2015, 2016). Sowohl eine stärkere ökologische Ausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik als auch die weitere Ausgestaltung der Dünger- und Pflanzenschutzpolitik ist umstritten und ihre zukünftige Entwicklung unsicher (Kap. VII.4.1-4.4). Maßnahmen zu einer umweltverträglicheren landwirtschaftlichen Produktion können zu einer Extensivierung führen, was beispielsweise in der Schweiz zu einer Verlangsamung der Ertragsteigerungen geführt hat (Finger 2010). In Abhängigkeit von der zukünftigen Gestaltung der Agrarumweltpolitik kann somit die landwirtschaftliche Biomasseproduktion von der Trendentwicklung der Vergangenheit abweichen.

> *Waldstrukturveränderung*: Die Ergebnisse der Bundeswaldinventur (BWI) zeigen, dass die zuwachsschwächeren Laubbäume an Flächenanteilen hinzugewinnen, während die zuwachsstarke Nadelbaumart Fichte an Fläche verliert. Damit ändert sich Zusammensetzung und Umfang der verfügbaren forstwirtschaftlichen Biomasse. Solange sich die Verwendungsstruktur der Baumarten nicht wesentlich ändert, wird damit der Klimaschutzbeitrag des Waldes langfristig sinken (WBW BMEL 2016).

> *Naturschutzpolitik*: Nach der nationalen Biodiversitätsstrategie sollen bis 2020 auf mindestens 2% der deutschen Landesfläche Wildnis entwickeln können, ausgehend von derzeit ca. 0,6% der Fläche (SRU 2016: 13). Der größte Flächenbeitrag wird dafür von Waldflächen kommen müssen (SRU 2016: 325), die dann aus der Holznutzung fallen.

> *Mobilisierung von Holz aus dem Kleinprivatwald*: Die kleinparzellierte, inhomogene und schlecht erschlossene Struktur, unklare Eigentumsverhältnisse und Grenzen sowie abnehmendes Interesse der Eigentümer durch Urbanisierung stellen strukturelle Nachteile des Kleinprivatwaldes dar. Daher wurden in der Vergangenheit im Kleinprivatwald große Nutzungsreserven vermutet[46]. Die Holzvorräte waren nach der BWI 2012 im Kleinprivatwald (bis 20 ha) noch um rund 15% höher als im Durchschnitt. Allerdings wurde die Holznutzung im Kleinprivatwald in der Periode 2002 bis 2012 gegenüber der Vorperiode in den alten Bundesländern um 50% erhöht. Mittlerweile liegt die Nutzungsintensität im Kleinprivatwald im Bundesdurchschnitt, nur im Kleinstprivatwald (bis 5 ha) noch

[46] Die amtliche Einschlagsstatistik weicht erheblich von den BWI-Ergebnissen ab (WBW BMEL 2016), was vermutlich zur Überschätzung mobilisierbarer Holzreserven beigetragen hat.

um 20% niedriger. Bei der Fichte, der ökonomisch wichtigsten Baumart, wurde der Zuwachs im Kleinprivatwald und Kleinstprivatwald weitestgehend ausgeschöpft. Neben ungeplanten Zwangsnutzungen (z.B. in Folge von Stürmen und Borkenkäferbefall) hat sich damit die Mobilisierung von Holz aus Kleinprivatwald deutlich verbessert (Hennig 2016; WBW BMEL 2016). Dies bedeutet gleichzeitig, dass zukünftig die Möglichkeiten zusätzlicher Holzmobilisierung aus dem Kleinprivatwald begrenzt sind.

Bei der *Nachfrage nach Biomasse* sind insbesondere von Bedeutung:

> *Bevölkerungsentwicklung und steigender Nahrungsmittelbedarf*: Aus dem Wachstum der Weltbevölkerung auf 9 bis 10 Mrd. Menschen in den nächsten Jahrzehnten ergibt sich ein entsprechender Nahrungsmittelbedarf. Ausgehend von Bevölkerungswachstum und wirtschaftlicher Entwicklung erwarten Projektionen der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), dass im Zeitraum von 2005/07 bis 2050 die landwirtschaftliche Produktion um 70% (FAO 2006) bzw. 60% (Alexandratos, Bruinsma 2012) gesteigert werden muss. Kritik an den FAO-Abschätzungen ist, dass sie sich einseitig auf die Produktionssteigerung konzentrieren und mögliche Nachfrageveränderungen vernachlässigen (Grethe et al. 2011; Tomlinson 2013). Somit wird zukünftig die Nachfrage nach landwirtschaftlicher Biomasse zur Deckung des Nahrungsmittelbedarfs steigen, aber der Umfang der Zunahme ist strittig.

> *Entwicklung der Nahrungsmittelnachfrage*: Falls die landwirtschaftliche Produktion zunehmend Schwierigkeiten hat, mit der Entwicklung der Nachfrage Schritt zu halten, kommt es zu steigenden Agrar- und Lebensmittelpreisen, wie es ausgeprägt in der Krise 2007/2008 der Fall war (Piesse, Thirtle 2009). Davon ist zunächst und am stärksten die arme Bevölkerung in Entwicklungs- und Schwellenländern, die einen großen Teil ihres Einkommens für Nahrungsmittel ausgibt, betroffen, und es droht eine Zunahme von Hunger und Unterernährung. In Industrieländern wird die Wirkung höherer Weltmarktpreise für Agrarprodukte auf die Verbraucherpreise deutlich abgeschwächt, weil der Kostenanteil der landwirtschaftlichen Rohstoffe an den meisten Nahrungsmitteln relativ gering ist (Meyer, Priefer 2015). Trotzdem kann es zu Veränderungen der Nahrungsmittelnachfrage kommen, insbesondere zu Verschiebungen zwischen verschiedenen Produktgruppen. Die Stärke dieser Rückkopplung hängt von den länderspezifischen Nachfrageelastizitäten für verschiedene Nahrungsmittel ab.

> *Konsum tierischer Lebensmittel in Entwicklungs- und Schwellenländern*: In den nächsten Jahrzehnten wird auf globaler Ebene eine deutlich steigende Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln erwartet, bedingt durch Bevölkerungswachstum, wirtschaftliche Entwicklung, Urbanisierung und Übernahme des Ernährungsstils der Industrieländer. Die neuen Ernährungsmuster mit mehr tierischen Nahrungsmitteln sowie mehr Pflanzenölen und Zucker ersetzen eine hauptsächlich auf pflanzlichen Lebensmitteln basierende Ernährung (Meyer, Priefer 2012, 2015). Dementsprechend wird erwartet, dass sich der Bedarf an Futtermitteln und den dafür benötigten Anbauflächen zukünftig stark erhöhen wird.

> *Konsum tierischer Lebensmittel in Industrieländern*: In den Industrieländern stagniert der Fleischverzehr dagegen auf hohem Niveau beziehungsweise geht leicht zurück. Ein Wertewandel in Teilen der Bevölkerung, der sich etwa im Bedeutungszuwachs alternativer Ernährungsformen wie Vegetarismus und Veganismus zeigt, wird als wichtiger Treiber für ein rückläufigen Konsum von tierischen Nahrungsmitteln angesehen. Diverse Modellrechnungen für Deutschland zeigen, dass alleine durch eine Anpassung des Konsums tierischer Produkte an die wissenschaftlichen Ernährungsempfehlungen beträchtliche Flächen freigesetzt werden könnten, in der Größenordnung von

etwa 15 bis 35% der Ackerfläche Deutschlands (Meyer, Priefer 2015), so dass prinzipiell erhebliche Flächen bzw. Biomasse für andere Nutzungen freigesetzt würde. Allerdings wird angenommen, dass sich die Konsumgewohnheiten der Industrieländer nur sehr langsam verändern lassen (WBA BMELV 2012).

> *Reduktion von Lebensmittelverlusten*: Die FAO schätzt die globalen Nahrungsmittelverluste und -abfälle auf rund ein Drittel der produzierten Nahrungsmittel (Gustavsson et al. 2011). In Entwicklungsländern treten Nahrungsmittelverluste (Nachernteverluste) vor allem in der Landwirtschaft und unmittelbar nachgelagerten Stufen auf, als Folge unzulänglicher Erntetechnik, falscher Handhabung des Ernteguts, unsachgemäßer Lagerung, fehlender Transportinfrastruktur und unzureichender Vermarktungsmöglichkeiten. In Industrieländern konzentrieren sich die Verluste auf die nachgelagerten Stufen der Lebensmittelkette, also Lebensmittelindustrie, Handel, Gastronomie und private Haushalte. Sie sind bedingt u.a. durch rigorose Qualitätsstandards des Handels, überdimensionierte Portionsgrößen im Gastgewerbe und unzureichende Einkaufsplanung der Haushalte in Industriestaaten (Grethe et al. 2011; Bräutigam et al. 2014; Priefer et al. 2016). Die Europäische Kommission hat in ihrem „Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa“ das Ziel formuliert, die Nahrungsmittelabfälle bis 2020 zu halbieren (European Commission 2011). Nach einer Abschätzung für Deutschland könnten durch eine Halbierung der vermeidbaren Nahrungsmittelverluste 1,2 Mio. ha an landwirtschaftlich genutzter Fläche nicht mehr für die Nahrungsmittelproduktion benötigt werden (Noleppa, von Witzke 2012).

> *Nachfrage nach Holzprodukten und Entwicklung des Holzbaus*: Der wichtigste Einsatzort für Holzprodukte ist das Bauwesen, wo mehr als die Hälfte aller Fertigprodukte aus Holz (ohne Papier) verwendet werden (BMEL 2017). In Abhängigkeit von der gesellschaftlichen Wertschätzung, dem Abbau von Hemmnissen für den Holzbau und der Umsetzung der politischen Zielsetzung einer steigenden Holzbauquote wird zukünftig die Holznachfrage in diesem Bereich steigen. Ebenso ist eine steigende Nachfrage nach Holzprodukten aus anderen traditionellen Verwendungsbereichen wie der Möbelindustrie denkbar.

Insgesamt besteht ein komplexes Geflecht von Faktoren, die zukünftige Konkurrenzbeziehungen beeinflussen.

5. Kaskadennutzung

Die Kaskadennutzung ist eine wichtige Leitlinie in den deutschen Bioökonomie-Strategien (Kap. II.8.1). So stellt die baden-württembergische Bioökonomie-Strategie für das Forschungsfeld Lignozellulose heraus, dass eine „Kaskadennutzung für eine weitgehende Nutzung der gesamten Biomasse mit möglichst hoher Wertschöpfung“ angestrebt wird (MWK BW 2013: 81). Im Folgenden werden Begriffe, Konzepte und Definitionen sowie Zielsetzungen der Kaskadennutzung, Quantifizierungsansätze, Stand, Potentiale und Hemmnisse sowie ökologische Bewertungen der Kaskadennutzung behandelt.

Dieses Kapitel beruht wesentlich auf der Masterarbeit „Chancen und Grenzen der Kaskadennutzung in Lignozellulose-Wertschöpfungsketten in Deutschland“ von Frau Anne-Kathrin Brand an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Brand 2017), die in Kooperation mit dem Projekt angefertigt wurde.

5.1 Konzepte und Definitionen der Kaskadennutzung

Wieder- und Weiterverwendung waren bis zur industriellen Massenproduktion und zum Massenkonsum selbstverständliche Praxis. Im Kontext moderner Industriegesellschaften geht die Idee der Kaskadensysteme zurück auf Konzepte für selbständige und integrierte Lebensmittel- und Energieproduktionssysteme, die in den 1970er Jahren entwickelt wurden (Sirkin, ten Houten 1994: 242-243). Kaskadennutzung wurde erstmals von Sirkin und ten Houten (1994) umfassend analysiert. Ihr Konzept der Kaskadenkette („cascade chain“) zielt auf das Design von Produkten und Produktionsprozesse, um ein nachhaltiges Ressourcenmanagement zu erreichen. Die Idee hinter der Kaskadennutzung ist somit nicht einfach die Beschreibung eines Phänomens, sondern der bewusste, zielgerichtete Umgang mit Ressourcen. Ausgangspunkt ist eine Analogie zwischen einem stufigen Wasserfall und der sequenziellen Nutzung von Ressourcen (Sirkin, ten Houten 1994: 215). Es wird ein Modell der Ressourcennutzung mit vier Dimensionen vorgestellt (Sirkin, ten Houten 1994: 215 ff.):

> Ressourcenqualität („resource quality“) bzw. potentieller Nutzwert
> Nutzungszeit („utilization time“)[47]
> Wiederverwertbarkeit („resource salvageability“)
> Verbrauchsrate („consumption rate“)

Der Begriff Kaskadennutzung wurde erstmals von Haberl und Geissler (2000) eingeführt und auf den Biomassebereich bezogen. Ausgehend von der Begrenztheit nachhaltiger Biomasseproduktion schlagen sie vor, die Effizienz der Biomassenutzung durch die Schaffung von Kaskaden (stoffliche und energetische Prozesse) mittels Wiederverwendung, Recycling und schließlich energetischer Nutzung zu erhöhen. Seitdem gibt es ein zunehmendes Interesse an der Kaskadennutzung von Biomasse und vermehrt wurden konzeptionelle Arbeiten durchgeführt, die mit einem Spektrum von unterschiedlichen Definitionen arbeiten (Fehrenbach et al. 2017; Vis et al. 2016).

In den meisten Studien und Veröffentlichungen kann jegliche Art von Biomasse der Ausgangspunkt für Kaskadennutzungen sein. In einem Ausnahmefall wird die Kaskadennutzung auf das Hauptprodukt beschränkt (Arnold et al. 2009). Mantau (2015) betrachtet Reststoffe (bzw. Nebenprodukte aus der Holzverarbeitung) und Recycling-Biomasse gemeinsam. Zusätzlich wird abhängig von der Betrachtungsebene vorgeschlagen, zwischen Produktkaskaden (Mikro-ökonomische Ebene) und Sektorkaskaden (Makro-ökonomische Ebene) zu unterscheiden (Mantau 2015).

Die meisten Arbeiten beschreiben die Kaskade als eine sequenzielle Nutzung von Biomasse (Fehrenbach et al. 2017: 17). Dies wurde auch als „Cascading in time“ bezeichnet (Odegard et al. 2012: 7). Kaskadennutzung steht in diesem Verständnis in enger Verbindung zum Recycling. In der Regel wird zumindest eine stoffliche Nutzung vor einer energetischen Nutzung als Voraussetzung für eine Kaskadennutzung gesehen. Dementsprechend kann bei einer Kaskadennutzung unterscheiden werden zwischen (Essel et al. 2014: 3):

> einstufiger Kaskadennutzung: Das bio-basierte Endprodukt wird energetisch genutzt.

[47] Sirkin und ten Houten erweitern mit „utilization time“ die Nutzungsdauer (Kalenderzeit, Arbeitsstunden oder Funktionsabläufe) um den Aspekt des Nutzwerts im Laufe der Zeit, also den Nutzungsvorteil, den eine Ressource beitragen kann. Damit wurde die Nutzungsdauer um den Aspekt der Effizienz der Ressourcennutzung im Zeitablauf erweitert (Sirkin, ten Houten 1994: 229).

> mehrstufiger Kaskadennutzung: Das bio-basierte Endprodukt durchläuft zumindest eine weitere stoffliche Nutzung, bevor es energetisch genutzt wird.

Fast alle Konzepte zielen auf eine mehrfache stoffliche Nutzung, schließen dabei jedoch eine einmalige stoffliche Nutzung mit ein (Fehrenbach et al. 2017: 18). In einigen Arbeiten wird allerdings eine einfache stoffliche Nutzung unter dem Begriff Kaskade ausgeschlossen und eine mehrfache stoffliche Nutzung von Biomasse gefordert (z.B. Dammer et al. 2016; Keegan et al. 2013). Wenige Definitionen schließen sogar in Ausnahmefällen die direkte energetische Nutzung unter Kaskadennutzung ein (z.B. Högelmeier 2015), was den Begriff aber völlig verwässert. Im Gegensatz dazu wird mit dem Konzept „Cascading in value“ (Odegard et al. 2012: 8) betont, dass die Kaskadennutzung darauf zielt, neue Lösungen für eine verbesserte Wertschöpfung und Ressourceneffizienz über den gesamten Lebenszyklus zu finden. Hier gibt es Anknüpfungspunkte zur Abfallhierarchie im europäischen und deutschen Abfallrecht sowie zur in den Niederlanden vorgeschlagenen Wertpyramide (vgl. Odegard et al. 2012; Vis et al. 2014).

Eine ganz andere Denkrichtung versteht Kaskadennutzung als eine Art optimierte Koppelproduktion (Fehrenbach et al. 2017: 19), was auch als „Cascading in function“ (Odegard et al. 2012: 8) bezeichnet wird. Hier ist das Ziel, die Ressourceneffizienz durch eine sukzessive Verarbeitung der ganzen Pflanze für verschiedene Nutzungen zu erhöhen. Diese Definition wird typischerweise im Kontext der Bioraffinerie verwendet (Arnold et al. 2009: 16). Nach diesem Konzept werden parallel verschiedene Produkte für stoffliche Nutzungen, ggf. auch für Verwendungen in Lebens- und Futtermitteln, hergestellt und die so nicht verwertbare Restbiomasse energetisch genutzt. Das Bild der Kaskade bezieht sich hier also auf die schrittweise Gewinnung von Stoffen bzw. Produkten in einer abfallenden Hierarchie von Wertschöpfungen in einer Konversionsanlage. Dieses Verständnis liegt auch den Ausführungen zur Kaskadennutzung bei Mikroalgen in der Bioökonomie-Strategie Baden-Württemberg zugrunde (MWK BW 2013: 92 ff.).

Konzepte und Untersuchungen zur Kaskadennutzung sind, abgesehen von grundsätzlichen Publikationen ohne Spezifizierung der Biomasse, auf den Cluster Holz beschränkt. Dabei werden sowohl Kaskadennutzungen in traditionellen Wertschöpfungsketten von Holz und Papier als auch innovative Kaskadennutzungen wie bei Bioraffinerien behandelt. Im Kontext der Bioökonomie werden andere Anwendungsfelder von Kaskadennutzungen wie im Textilbereich nicht behandelt (Ausnahme: Fehrenbach et al. 2017).

Fazit: Es gibt weder eine breit geteilte Definition und noch ein allgemein anerkanntes Verständnis der Kaskadennutzung. Zwei grundsätzliche Konzepte der Kaskadennutzung sind zu unterscheiden: Zum einen wird Kaskadennutzung als sequenzielle Nutzung von bio-basierten Endprodukten verstanden, wobei nach einer oder mehreren stofflichen Nutzungen am Ende eine energetische Nutzung steht. Zum anderen wird der Begriff „Kaskadennutzung“ für eine sequenzielle Verarbeitung von Biomasse zu verschiedenen, wertmäßig abgestuften Endprodukten verwendet, wobei der stofflich nicht verwertbare Rest der Biomasse energetisch genutzt wird. Dies stellt somit eine optimierte Koppelproduktion dar. Kaskadennutzungen werden fast ausschließlich für Lignozellulose, also den Cluster Forst und Holz, diskutiert.

5.2 Zielsetzungen der Kaskadennutzung

Folgende Zielsetzungen sollen mit dem Ausbau von Kaskadennutzungen erreicht werden (Fehrenbach et al. 2017: 22-23):

> Ressourcenschonung und bessere Ressourceneffizienz: Kaskadennutzungen werden als eine Möglichkeit gesehen, um die steigende Nachfrage nach biogenen Ressourcen durch die Transformation zu einer bio-basierten Wirtschaft zu befriedigen, Rohstoffunabhängigkeit zu erhöhen, sowie die Nutzungskonkurrenz zwischen Flächen und Biomasse für Nahrungs- und Futtermittel sowie der stofflichen und energetischen Nutzung zu entschärfen. Die Ressourceneffizienz soll durch mehrere Nutzungsstufen verbessert werden.
> Verringerung negativer Umweltwirkungen: Ökologische Vorteile werden durch den Erhalt des Kohlenstoffspeichers bzw. eine Verminderung der Treibhausgasemissionen sowie anderer negativer Umweltwirkungen aufgrund der längeren Nutzungsphase erwartet.
> Steigerung der Wertschöpfung: Mit Kaskadennutzungen sollen neue hochwertige Produkte, steigende Wertschöpfung, Schaffung von Arbeitsplätzen sowie Innovationen ermöglicht werden.

Insgesamt ist die wichtigste Motivation bei der Forderung nach mehr Kaskadennutzung, die Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zu entlasten, indem die Effizienz der Ressourcennutzung erhöht wird.

5.3 Quantifizierungsansätze für Kaskadennutzung

Ein Großteil der Studien beschreibt die Kaskadennutzung rein qualitativ. Um den Stand der Realisierung von Kaskadennutzungen beurteilen zu können, sind Ansätze zu deren Quantifizierung erforderlich.

Ein Ansatz ist der sogenannte Kaskadenfaktor (engl. cascade factor), der die gesamten genutzten Holzressourcen (Waldholz, Altholz, Reststoffe wie Sägenebenprodukte) ins Verhältnis setzt zum eingesetzten Waldholz (Abb. V.15) (Mantau 2012, 2015). Für die gesamte Europäische Union (EU-27) hat Mantau (2012) für das Jahr 2010 einen Kaskadenfaktor von 1,57 für den gesamten Markt an Holzprodukten ermittelt. Da bei der Bestimmung des Kaskadenfaktors Reststoffe bzw. Koppelprodukte mit eingehen, weicht der Kaskadenfaktor von Definitionen der Kaskadennutzung ab, die nur weitere Nutzungen von Endprodukten als Kaskadennutzung verstehen (Kap. V.5.1).

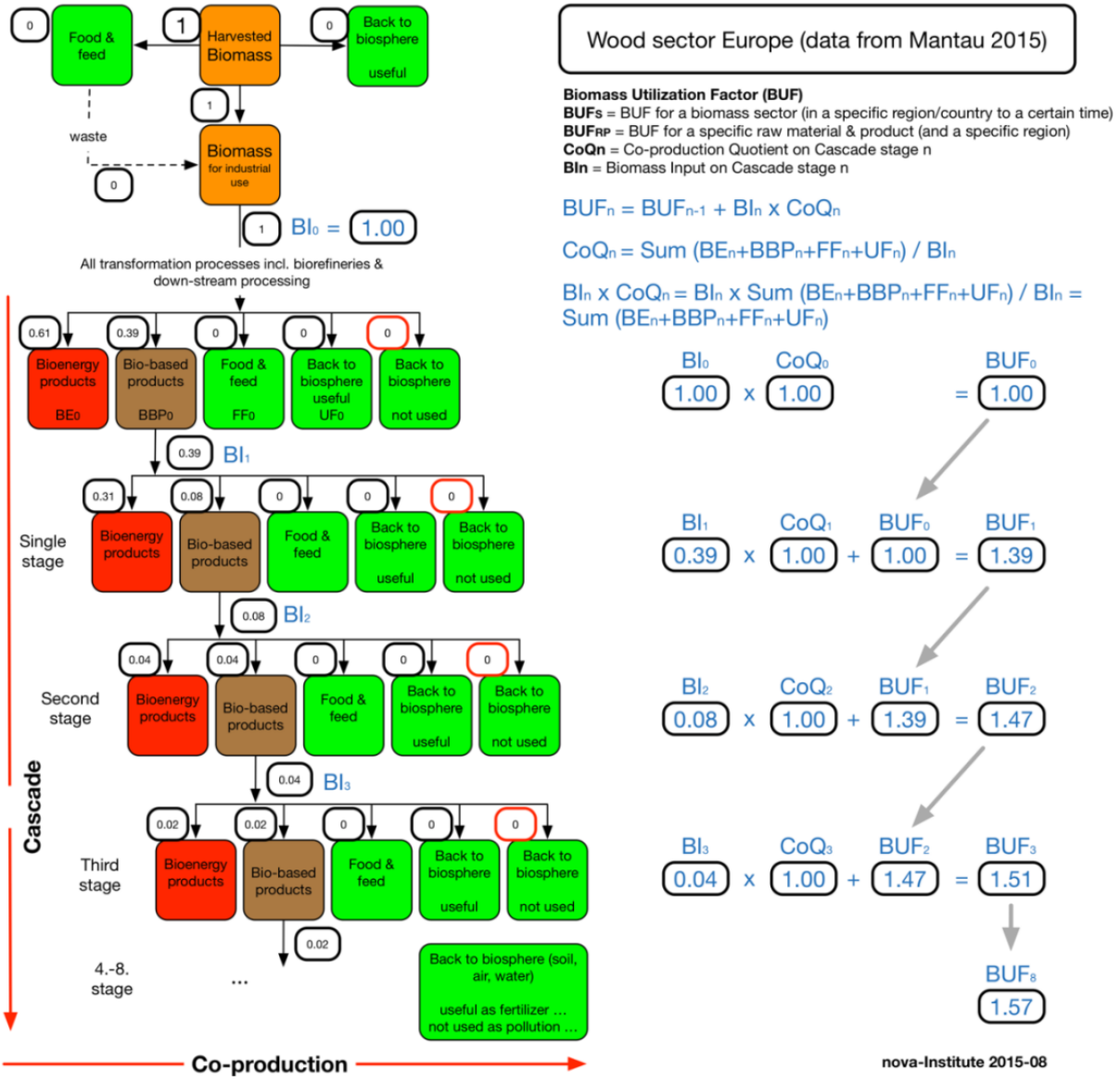
Abb. V. 15: Beispiel für Kaskadennutzung in der Holzbilanz

Sources	[hm³]	[hm³]	Uses
Stemwood, C	100	100	Sawmill industry
Stemwood, NC		20	Panel industry
Forest residues C+NC		10	Pulp industry
Bark			Other material use
Landscape care wood		10	Wood fuel industry
		5	Power and heat
Sawmill by-products	40	4	Industrial internal
Other wood residues		5	Private households
Black liquor	4		other energy use
Solid wood fuels	10		
Cascade factor	**1.54**	**1.54**	**Cascade factor**

Quelle: Mantau 2015

Ein weiterer Ansatz ist der Biomasseverwendungsfaktor (engl. Biomass Utilisation Factor, BUF). Hier wird der Stoffstrom jeglicher Art von Biomasse über den gesamten Lebensweg von der Ernte, über die Nutzung in unterschiedlichen Anwendungen (Lebens- und Futtermittel, stofflich, energetisch) und zahlreiche Kaskadenstufen bis hin zum Lebensende der bio-basierten Produkte betrachtet (Abb. V.). Die unterschiedlichen Anwendungen von Biomasse werden gleichranging behandelt, wobei nur die stoffliche Nutzung zu weiteren Kaskadenstufen führen kann (Fehrenbach et al. 2017: 26-27).

Abb. V. 16: Stoffstrommodell und Kalkulationsmethode des Biomass Utilisation Factor (BUF) für den Holzsektor in Europa



Quelle: Fehrenbach et al. 2017: 26

Mit dem Biomasseverwendungsfaktor liegt ein Ansatz vor, der die Kuppelproduktion in das Konzept integriert ohne sie der Kaskadennutzung selbst gleichzustellen. Beiden Quantifizierungsansätzen ist allerdings zu eigen, dass sie die Nutzungsdauer der Produkte nicht berücksichtigen, was für die Nachhaltigkeitsbewertung von Kaskadennutzungen einerseits und das Management von Wertschöpfungsketten anderseits von erheblicher Bedeutung ist (Brand 2017).

5.4 Begriffe im Kontext der Kaskadennutzung

Im engeren und weiteren Zusammenhang mit der Kaskadennutzung ist eine Vielzahl von Begriffen von Relevanz. In der Tabelle V.2 werden diese Begriffe definiert bzw. erläutert.

Tab. V. 2: Begriffe im Kontext der Kaskadennutzung

Begriff	Definition	Quelle
Abfall	„[…] alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. **Abfälle zur Verwertung** sind Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind **Abfälle zur Beseitigung**.“	KrWG § 3 Abs. 1
Closed-loop Recycling	Form des Recyclings, bei der sich die Qualität nicht ändert	vgl. Vis et al. 2016: 7
Downcycling	„Recycling, bei dem der erzeugte Sekundärrohstoff von geringerer Qualität als das Ausgangsmaterial ist.“	Kosmol et al. 2012
Endprodukt	Produkte, die ohne weitere Verarbeitung an den Endverbraucher vermarktet werden	Essel et al. 2014
Füllstoffe	„[…] Zusatzstoffe (Additive), die das Volumen eines Stoffgemischs erhöhen, ohne die wesentlichen Eigenschaften zu ändern.“	http://www.chemie.de/lexikon/Füllstoff.html
Hilfsstoffe	erfüllen lediglich eine Hilfsfunktion und sind nicht wesentlicher Bestandteil bzw. Rohstoff im fertigen Produkt	Weber 2016b
Industrielle Symbiose	Findet statt, wenn verschiedene Unternehmen Ressourcen teilen und ihre Stoffströme (insbesondere Kondukte) aufeinander abstimmen.	Odegard et al. 2012: 26
Kondukte	„[…] Unerwünschte Kuppelprodukte, die nicht dem Sachziel der Unternehmung zuzuordnen sind. […] Diese können in fester, flüssiger, gasförmiger oder (energetischer) Form vorliegen. Die Abgrenzung von erwünschtem und unerwünschtem Output beruht auf einer relativen Einschätzung in Abhängigkeit von Zielsystem, technologischen Bedingungen, Mengenbegrenzungen, Qualitätsanforderungen, Informationsdefiziten und Zeitaspekten. Gegenstand der Wertschöpfungsstufe Entsorgung ist somit das Management von Kondukten.“	Günther 2016

Begriff	Definition	Quelle
Kuppelprodukt	„Kuppelprodukte sind Produkte, die bei (technologisch) verbundener Produktion (Kuppelproduktion) simultan in einem Produktionsprozess entstehen, d.h. aus naturgesetzlichen oder technischen Gründen zwangsläufig anfallende Produkte unterschiedlicher Art und Güte (technologisch verbundene Produktion).“	Weber 2016a
Koprodukte	Gleichrangige Kuppelprodukte	Weber 2016a
Kreislaufwirtschaft	„[…] die Vermeidung und Verwertung von Abfällen.“	KrWG § 3 Abs. 19
Megaprodukte	z.B. Autos oder Häuser. Kombination einer Vielzahl von Endprodukten (Dämmstoffe, Dachlatten, Türen, Fenster, etc.)	Dammer et al. 2016: 12
Nebenprodukt/-erzeugnis	„Fällt ein Stoff oder Gegenstand bei einem Herstellungsverfahren an, dessen hauptsächlicher Zweck nicht auf die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstandes gerichtet ist, ist er als Nebenprodukt und nicht als Abfall anzusehen, wenn • sichergestellt ist, dass der Stoff oder Gegenstand weiter verwendet wird, • eine weitere, über ein normales industrielles Verfahren hinausgehende Vorbehandlung hierfür nicht erforderlich ist, • der Stoff oder Gegenstand als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses erzeugt wird und • die weitere Verwendung rechtmäßig ist; […]“	KrWG § 4 Abs. 1
Primärrohstoff	„Rohstoff, der durch Entnahme aus der Natur gewonnen wird.“	Kosmol et al. 2012
Produkt	„Unmittelbar angestrebtes Ergebnis eines Prozesses. Hierzu zählen bearbeitete Roh- stoffe, Halb- und Fertigwaren, Energie sowie Dienstleistungen.“	Kosmol et al. 2012
Produktionsrückstand	„Nicht unmittelbar angestrebtes Ergebnis eines Prozesses.“ (vgl. Kondukte und Reststoffe)	Kosmol et al. 2012

Begriff	Definition	Quelle
Recycling	„[…] jedes Verwertungsverfahren, durch das **Abfälle** zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, **nicht** aber die **energetische Verwertung** und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.“	KrWG § 3 Abs. 25
Recyclinggüter	Endprodukte, die nach erfolgter Nutzung gezielt einer neuen Wertschöpfung zugeführt werden. Im Gegensatz zu Abfällen will sich der Besitzer dieser Güter nicht einfach entledigen, sondern zusätzlich Wert daraus schöpfen.	Eigene
Reststoffe	Entstehen produktionsbedingt im Laufe des Verarbeitungsprozesses und dienen nicht der Erreichung der Unternehmensziele. Abfälle, die im Laufe eines Produktionsprozesses entstehen. (vgl. Kondukte und Produktionsrückstände)	Vis et al. 2016: 10
Sekundärrohstoff	„Rohstoff, der aus Abfällen oder Produktionsrückständen gewonnen wird. Er kann Primärrohstoffe ersetzen.“	Kosmol et al. 2012
Upcycling	Form des Recyclings, wobei die Qualität gesteigert wird	Vis et al. 2016: 7
Wiederverwendung	(1) „[…] jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die **keine Abfälle** sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren.“ (2) „Erneute Nutzung in gleichen Produkten oder gleicher Funktion“ → Produktrecycling; Grundoperationen: Identifizierung, Funktionsprüfung, Demontage, Reinigung, Nachbearbeitung, Wiedereinsatz	(1) KrWG § 3 Abs. 21 (2) Martens 2011: 4
Wiederverwertung	„Auflösung der Produktgestalt, Materialrückgewinnung für das gleiche Produkt“ → Werkstoff-/Materialrecycling; Grundoperationen: Zerstörende Demontage, Aufschlusszerkleinerung, Sortierung, Homogenisierung, Abtrennung von Verunreinigungen, Rückführung in die Produktion als Sekundärstoffe	Martens 2011: 4

Begriff	Definition	Quelle
Weiterverwendung	„Nutzung in anderen Produkten oder anderer Funktion“ → Produktrecycling; Grundoperationen: Identifizierung, Funktionsprüfung, Demontage, Reinigung, Nachbearbeitung, Wiedereinsatz	Martens 2011: 4
Weiterverwertung	„Auflösung der Produktgestalt, Materialrückgewinnung für andere Produkte“ → Werkstoff-/Materialrecycling; Grundoperationen: Zerstörende Demontage, Aufschlusszerkleinerung, Sortierung, Homogenisierung, Abtrennung von Verunreinigungen, Rückführung in die Produktion als Sekundärstoffe	Martens 2011: 4
Verwertung	„[…] jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle […] einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen.“	KrWG § 3 Abs. 23
Zwischenprodukte	Produkte, die eine weitere Verarbeitung benötigen bevor sie zum fertigen Endprodukt für die Nutzung beim Verbraucher werden.	Essel et al. 2014: 4

Quelle: Brand 2017

5.5 Stand und Potentiale der Kaskadennutzung

Die Abschätzung des Stands und Umfangs von Kaskadennutzungen ist von der verwendeten Definition abhängig (Kap. V.5.1). Wenn von einer Nutzung bio-basierter Endprodukte ausgegangen wird, dann sind die wichtigsten etablierten Formen der Kaskadennutzung die, die auf Altholz und Altpapier basieren.

Nach der ersten stofflichen Nutzung von Holz erfolgt fast vollständig eine energetische oder stoffliche Nutzung des *Altholzes.* Rund 78% des Altholzaufkommens in Deutschland wurden im Jahr 2010 energetisch genutzt, also in einer einstufigen Kaskadennutzung. Rund 21% des Altholzes wird für die Herstellung von Spannplatten verwendet. Dieser Anteil geht also in eine stoffliche Weiterverwendung, so dass sich eine mehrstufige Kaskadennutzung ergibt. Das Volumen der stofflichen Nutzung, hauptsächlich zur Herstellung von Spanplatten, ging zwischen 2001 und 2006 deutlich zurück (Mantau et al. 2012: 21-22). Eine Voraussetzung zur verstärkten stofflichen Nutzung ist die Getrennthaltung der Altholzkategorien am Ort des Abfallaufkommens, um A I- und II-Hölzer sowie aufbereitete A III-Hölzer für die stoffliche Verwertung separat nutzen zu können bzw. nutzbar zu machen. Eine Mischung verschiedener Altholzkategorien oder eine Mischung mit anderen Abfallströmen erschwert die Bereitstellung von solchen Altholzqualitäten, die für eine stoffliche Nutzung erforderlich sind (Arnold et al. 2009: 114).

Aus rechtlicher Sicht könnten die Altholzkategorien I und II vollständig für eine stoffliche Nutzung verwendet werden, wenn eine optimierte Sortierung und Aufbereitung des Altholzes erfolgt. Dabei handelt es sich um etwa 81 % des Marktvolumens bzw. um nahezu 7,5 Mio. t Altholz. Damit könnten rund 50% des Faserbedarfs der Holzwerkstoffindustrie aus Altholz gedeckt werden. Da bei Teilen der Altholzkategorie II die PCP-Gehalte deutlich über den Grenzwerten liegen und daher nicht stofflich genutzt werden können, verringert sich allerdings die stofflich nutzbare Altholzmenge (Fehrenbach et al. 2017: 42).

Mit rund 16,9 Mio. Tonnen (2016) ist *Altpapier* der mengenmäßig wichtigste Rohstoff der deutschen Papierindustrie. Die Altpapiereinsatzquote liegt damit bei 75%. Die große Bedeutung des Altpapierrecyclings ist durch eine qualitativ hochwertige Getrennterfassung von Altpapier ermöglicht worden. Außerdem zeichnet sich die Kaskadennutzung bei Papier dadurch aus, dass sie in einem zusammengehörigen Wirtschaftssektor stattfindet. Dem deutschen Altpapierexport von 2,8 Mio. Tonnen stand 2016 ein Import von 4,4 Mio. Tonnen Altpapier gegenüber, so dass sich ein Nettoimport von 1,5 Mio. Tonnen Altpapier ergibt (VDP 2017: 29-30). Somit findet ein Faseraustausch durch importiertes Altpapier und exportierte Papierprodukte (deutscher Nettoexport von 2,1 Mio. Tonnen) über Ländergrenzen hinweg statt. Der Altpapiereinsatz ist vom Sortenbereich abhängig: Verpackungspapiere werden annährend aus 100% Altpapier hergestellt. Bei graphischen Papieren liegt die Altpapiereinsatzquote bei rund 50%, wobei Zeitungspapier aus Altpapier gefertigt wird und graphische Papiere mit höheren Qualitätsansprüchen (z.B. für Hochglanzzeitschriften) einen höheren Anteil an Primärfasern benötigen. Mit der erreichten Altpapiereinsatzquote durchlaufen die Fasern im Mittel den Produktionszyklus mehr als drei Mal bzw. werden mehr als zweimal recycelt. Der Einsatz von Altpapier liegt mittlerweile insbesondere in Zentraleuropa nahe an den Grenzen des technisch Möglichen (Friedrich, Kappen 2012). Damit bestehen hier kaum Potentiale zum Ausbau der Kaskadennutzung.

Das potenzielle Inlandsaufkommen von *Alttextilien* (Bekleidungs- und Haustextilien) betrug in Deutschland im Jahr 2013 1,35 Mio. Tonnen. Das Sammelaufkommen an Alttextilien wird auf rund 1 Mio. Tonnen geschätzt. Die Kreislaufquote[48] von Alttextilien beträgt in Deutschland rund 75% (Korolkow 2015: 32-35). Vom gesamten Sammelaufkommen im Jahr 2013 gingen 54% in die Wiederverwendung (Second Hand), 21% in die Weiterverwendung (Putzlappen), 17% in die stoffliche Verwertung (Recycling zu Dämmmaterial oder Faserstoffe), 6% in die energetische Verwertung und 2% stellten Abfälle zur Beseitigung (Fremdstoffe) dar (Korolkow 2015: 20). Im Textilsektor wird allerdings insbesondere ein Diskurs hinsichtlich der Wertigkeit von Second-Hand-Nutzungen (sozio-ökonomische Effekte bei Exporten in Entwicklungsländer), der Verstärkung von Suffizienz (Textilverbrauch) sowie der verstärkten Nutzung langlebiger Produkte (vs. Billigprodukte) für notwendig gehalten (Fehrenbach et al. 2017: 44).

Ein *Recycling von bio-basierten Kunststoffen* ist prinzipiell möglich. Bio-basierte Kunststoffe können im Recycling-Prozess durch Nah-Infrarot-Technologie von petrochemischen Kunststoffen sortenrein getrennt zurückgegeben und wiederverwertet werden. Diese Art der Sortierung findet jedoch derzeit nicht statt, u.a. weil das Marktvolumen bio-basierter Kunststoffe sehr gering ist (Fehrenbach et al. 2017: 44).

48 Die Kreislaufquote bezeichnet den tatsächlich verwerteten Anteil in Bezug auf die Inlandsverfügbarkeit und ergibt sich aus der Multiplikation der Sammelquote mit der Verwertungsquote (Korolkow 2015: 35).

5.6 Hemmnisse der Kaskadennutzung

Hemmnisse für eine Kaskadennutzung sind bisher hauptsächlich für den Bereich Altholz untersucht worden (Keegan et al. 2013; Vis et al. 2016; Brand 2017; Fehrenbach et al. 2017). Dabei bestehen Hemmnisse sowohl bei der Bereitstellung als auch bei der stofflichen Nutzung von Altholz. Insgesamt handelt es sich um ein komplexes Zusammenwirken verschiedener Hemmnisse, die eine Kaskadennutzung von Biomasse verhindern (Fehrenbach et al. 2017: 58).

Die *Bereitstellung von Altholz* ist in einigen EU-Mitgliedsstaaten erheblich eingeschränkt, da das Verbot der Deponierung von Altholz nicht umgesetzt ist und rund 16 Mio. m^3 oder 31% des Altholzes auf Deponien landen (Vis et al. 2016: 116). Eine Abschätzung für die EU zeigt, dass ein Ende der Deponierung und höhere Recyclingraten von Altholz und Altpapier erheblich die Holznutzungseffizienz (Kaskadenfaktor) erhöhen und Treibhausgasemissionen verringern würden (Bais-Molemann et al. 2017). Beim Sperrmüll wird auch in Deutschland die Altholzfraktion oftmals nicht vom Rest getrennt und geht in die Müllverbrennung (Brand 2017).

Von hoher Relevanz ist ebenso die *Qualität des bereitgestellten Altholzes*. Altholz wird in die Güteklassen AI bis AIV eingeteilt, in Abhängigkeit von Behandlung, Verunreinigung und Schadstoffbelastung des Holzes. Stofflich verwertet werden kann nur Altholz der Klassen A I und A II. Die gemeinsame Sammlung von Altholz unterschiedlicher Güteklassen führt dazu, dass sich naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Holz mit behandeltem, verunreinigtem oder mit Schadstoffen belastetem Holz vermischt. Eine Sortierung erfolgt meist nur visuell, so dass viele Hölzer in die qualitativ schlechtere Altholzkategorien eingestuft werden, um einer Fehleinschätzung zu entgehen (Fehrenbach et al. 2017: 54). Sammelsysteme, Sortierverfahren und Sortiertechniken (z.B. sensorgestützte Sortierung mit mehreren Identifikationsmethoden) haben somit einen erheblichen Einfluss, wieviel Altholz für eine stoffliche Kaskadennutzung zur Verfügung steht.

Technische Hemmnisse bei der stofflichen Nutzung betreffen vor allem Nutzungsbereiche jenseits der Spannplattenindustrie (Vis et al. 2016: 118). Nach Fehrenbach et al. (2017: 59) werden technische Herausforderungen als eher geringes Hemmnis eingestuft.

Bei den *politischen Rahmenbedingungen* wird ein wesentliches Hemmnis für Kaskadennutzungen in der Priorisierung und Förderung energetischer Nutzungen von Biomasse, beispielsweise durch das Erneuerbare Energie Gesetz (EEG), gesehen (Keegan et al. 2013; Vis et al. 2016: 92-115; Fehrenbach et al. 2017: 58). Darüber hinaus wird bemängelt, dass ein integrierter Ansatz und eine einheitliche Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse fehlen. In Strategiepapieren gibt es zahlreiche Absichtserklärungen zur Stärkung der Kaskadennutzung, aber es fehlt in der praktischen Umsetzung an einer klaren Linie, langfristiger Stabilität und ambitionierten Zielen (Fehrenbach et al. 2017: 58).

Markthemmnisse für eine Altholznutzung in Kaskaden spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Dazu gehören begrenzte Märkte für recyceltes Holz, Konkurrenz durch Frischholz und Holznebenprodukte zu niedrigen Preisen, kaufkräftige Nachfrage für energetische Nutzungen sowie fehlende Anreize für ein Kaskaden-fähiges Produktdesign (Vis et al. 2016: 116; Brand 2017).

Schließlich stellt die Kaskadennutzung besondere Anforderungen an *Kooperationen in Wertschöpfungsketten*. Ein Hindernis für die Etablierung von Biomassekaskaden ist, dass beteiligte Unternehmen

sich oft nicht als Teil einer Kaskadennutzung sehen und nur dann Interesse zeigen, wenn es eine Verwertung von Neben- und Abfallprodukten als alternative und kostengünstige Rohstoffe betrifft (Fehrenbach et al. 2017: 59). Kooperationen zwischen Akteuren müssen bei der Kaskadennutzung allerdings über die individuellen Geschäftsinteressen hinausgehen. Es wird für möglich gehalten, dass es in Zukunft durch den Einsatz von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien („Industrie 4.0“) zu einer stärkeren Vernetzung und Integration entlang der Wertschöpfungsketten kommt, insbesondere durch eine Kennzeichnung der Produkte (Brand 2017: 68).

5.7 Ökologische Bewertungen der Kaskadennutzung

Neben der verbesserten Ressourceneffizienz wird von Kaskadennutzungen erwartet, dass sie weitere Umweltvorteile erbringen. Bisherige Untersuchungen kommen zu folgenden Einschätzungen (Fehrenbach et al. 2017: 71-89; Gärtner et al. 2013: 64-74; Höglmeier et al. 2014, 2015):

> Eine stoffliche Nutzung von Holz vor der abschließenden energetischen Nutzung bringt in der Regel Umweltvorteile und nur im Ausnahmefall Nachteile. So weist z.B. eine Ausweitung von Holzwerkstoffen zur Verdrängung von Gipskartonplatten umweltseitig keinen Nutzen auf. Eine Ausweitung der direkten energetischen Nutzung von Frischholz ist daher unter den meisten Bedingungen umweltschädlicher.

> Starke Vorteile der Kaskadennutzung ergeben sich insbesondere im Hinblick auf den Flächenbedarf und Landnutzungsänderungen.

> Ein Sonderfall stellt die chemische Umwandlung von Holz in Chemiegrundstoffe (z.B. zur Produktion von Harnstoff-Formaldehyd-Harz) dar, die beim gegenwärtigen Stand der Technik hinsichtlich Energiebedarf und Treibhauseffekt nachteilig gegenüber einer energetischen Holznutzung ist.

> Für das Prinzip einer möglichst mehrfach hintereinander folgenden Nutzung des Holzmassenstroms ergeben sich eher geringe Ressourcenvorteile im Gesamtsystem. Stoffliche Nutzungen von Altholz im Rahmen von Nutzungskaskaden bringen solange keine entscheidenden zusätzlichen Vorteile gegenüber einer stofflichen Nutzung von Frischholz, wie noch sehr große Mengen sowohl von Altholz als auch von Frischholz mit vergleichbaren Umweltwirkungen energetisch genutzt werden.

> Die Effizienz von Kaskadennutzungen ist entscheidend abhängig von der Höhe der Verluste in jeder Stufe der Kaskade, d.h. wie hoch die Recyclingrate von Altholz ist.

> Eine spätere energetische Holznutzung aufgrund einer vorherigen stofflichen Nutzung hat den Vorteil einer zwischenzeitlichen CO_2-Speicherung in den Holzprodukten, aber anderseits den Nachteil, dass weniger konventionelle Energie kurzfristig ersetzt werden kann (s. auch Bais-Moleman et al. 2017). Es ist wissenschaftlich umstritten, welcher Effekt überwiegt.

> Grundsätzlich sind möglichst hochwertige stoffliche Nutzungen von Holz, die hohe Treibhausgaseinsparungen ermöglichen, wie beispielsweise die Verwendung von Holz in tragenden Konstruktionen im Bau, im Vorteil gegenüber einer direkten energetischen Nutzung. Ein verstärkter Holzeinsatz im Bau sollte jedoch mit anspruchsvollen Anforderungen an das Produktdesign einhergehen, was insbesondere die spätere hochwertige Recyclingfähigkeit betrifft.

> Die Nutzung von Holzenergie verringert die Emission von Klimagasen und den fossilen Energieverbrauch, hat aber fast immer Nachteile bezüglich Feinstaubbelastung, Versauerung und Nährstoffeintrag in Böden.

> Stoffliche Holznutzungen haben in allen (untersuchten) Umweltwirkungskategorien in der Summe Vorteile oder ähnliche Auswirkungen wie die ersetzten Nicht-Holz Produkte. Die Umweltbelastungen durch Holzprodukte lassen sich vor allem durch eine längere Nutzungsdauer und einen reduzierten Energie- und Leimbedarf verringern.

Gängige Methode zur Abschätzung der Umweltwirkungen von Kaskadennutzungen sind Ökobilanzen bzw. Lebenszyklusanalysen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen lassen sich allerdings kaum vergleichen, weil sie sich in ihren Systemgrenzen und -definitionen, Substitutionsannahmen (Vergleichssystemen) und berücksichtigten Umweltwirkungen unterscheiden (Thonemann, Schumann 2017).

6. Fazit

Bioökonomie in Wertschöpfungsketten und als Gesamtsystem zu konzipieren, hat einen hohen Stellenwert in der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie ebenso wie in anderen Bioökonomie-Strategien. Vollständige Analysen von Wertschöpfungsketten von der Primärproduktion bis zum Konsum liegen bisher allerdings nur in hoch aggregierter Form vor, wobei viele Aktivitäten in einem Stofffluss bzw. Wirtschaftszweig zusammengefasst und in der Regel nur ein Aspekt der Wertschöpfungsketten, beispielsweise die Biomasseflüsse oder wirtschaftliche Kennzahlen, behandelt werden.

Unter dem Begriff Wertschöpfungsketten sind nach unserem Verständnis gleichzeitig stoffliche, ökonomische und organisatorische Zusammenhänge relevant. Idealerweise sollte bei einer Analyse von Wertschöpfungsketten der gesamte Lebensweg von bio-basierten Vorleistungen (z.B. Saatgut) bis zur Verwendung nach der Nutzungsphase eines basierten Produktes (z.B. energetische Nutzung) betrachtet werden. Die Komplexität von Wertschöpfungsketten wird wesentlich bestimmt durch die Anzahl der Verzweigungen bzw. Varianten, die räumliche Dimension, die zeitliche Dimension sowie eventuelle Rückflüsse bzw. Kaskadennutzungen.

Bei *Biogas* umfassen die etablierten Wertschöpfungsketten die Stufen Substratproduktion bzw. -bereitstellung, Transport und Lagerung der Substrate, Biogasproduktion sowie Biogasnutzung. Die Nutzung kann entweder mit einem Blockheizkraftwerk und Wärmenutzung vor Ort sowie Einspeisung des erzeugten Stroms; über Gasaufbereitung, Anschluss- und Einspeiseanlage sowie Vertrieb über das Gasnetz und Nutzung des Biomethans; oder über Biogasaufbereitung, Biomethan-Tankstelle und Nutzung des Biomethan-Kraftstoffes erfolgen. Schließlich gehört zur Wertschöpfungskette Biogas noch die Nutzung der Gärreste. Eine wichtige Unterscheidung betrifft einerseits abfallwirtschaftliche Biogas-Wertschöpfungsketten und andererseits landwirtschaftliche Biogas-Wertschöpfungsketten. Die abfallwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten können auf der Basis von Bioabfall, Grünabfall, Speiseresten oder Klärschlamm beruhen. Die landwirtschaftlichen Biogas-Wertschöpfungsketten können auf dem überwiegenden Einsatz von Wirtschaftsdünger (insbesondere Gülle-Kleinanlagen), dem ausschließlichen Einsatz von Energiepflanzen, dem Einsatz eines Substratmixes in unterschiedlicher Zusammensetzung oder dem Einsatz von Biomassesubstraten aus ökologischem Landbau basieren.

Die Wertschöpfungsketten der energetischen Biogasnutzung sind in der Anzahl ihrer Endprodukte (Strom, Wärme, Kraftstoff) begrenzt und seit einiger Zeit in der Praxis realisiert. Sie sind wesentlich

von der Ausgestaltung der staatlichen Förderung (insbesondere EEG) und der Entwicklung des Energiesystems abhängig. Dies gilt ebenfalls für die in der Erforschung und Entwicklung befindlichen Wertschöpfungsketten der Biogasnutzung über Power-to-Gas. Wertschöpfungsketten einer stofflichen Nutzung des Biogases befinden sich noch in einer konzeptionellen Phase und müssen erst etabliert werden. Die Ausgestaltung stofflicher Wertschöpfungsketten ist ab dem Biomethan bzw. daraus hergestellter Grundchemikalien noch offen und kann potentiell zu einer Vielzahl von möglichen Endprodukten, d.h. einer großen Vielfalt von Wertschöpfungsketten, führen.

Im Gegensatz zu den etablierten Biogas-Wertschöpfungsketten befindet sich die Technikentwicklung im Forschungsfeld Lignozellulose noch größtenteils im Labor- und Demonstrationsstadium und vollständige Wertschöpfungsketten sind in der Regel noch nicht realisiert. Die grundsätzlichen Stufen der Wertschöpfungsketten mit Bioraffinerien auf der Basis von *Lignozellulose* sind:

> Biomasseproduktion bzw. -bereitstellung
> Transport und Lagerung der Biomasse
> Vorbehandlung und Konditionierung der Biomasse
> Primärraffination: Umwandlung der Biomasse bzw. Auftrennung der Biomassekomponenten zu Intermediaten (Rohprodukte bzw. Plattform)
> Sekundärraffination: Herstellung von Zwischen- bzw. Vorprodukten (Basischemikalien) in weiteren Konversionsschritten aus den Intermediaten
> Weiterverarbeitung: Veredelung bzw. Weiterverarbeitung zu einer größeren Zahl an Produkten (Halbfabrikate)
> Endproduktherstellung: Herstellung von bio-basierten Fertigfabrikaten

Als Lignozellulose-haltige Biomasse können landwirtschaftliche Anbaubiomasse (z.B. Kurzumtriebsplantage, Miscanthus), landwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Stroh), forstwirtschaftliches Holz (z.B. Stamm- und Industrieholz, Plantagenholz), forstwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Waldrestholz), Landschaftspflegeholz, biogene Reststoffe aus der Holzindustrie (z.B. Sägenebenprodukte, Reststoffe aus der Holz-verarbeitenden Industrie), andere industrielle biogene Reststoffe (z.B. Reststoffe aus der Papierherstellung) sowie biogene Abfallstoffe (z.B. Altholz, Grünabfälle) genutzt werden. Somit kann eine Vielzahl von Biomasse-Typen Ausgangspunkt für Lignozellulose-Wertschöpfungsketten sein, ähnlich wie bei Biogas.

In einer Bioraffinerie werden einige Stufen der Wertschöpfungsketten Lignozellulose integriert. Die Prozesskette in einer Bioraffinerie besteht aus Anlagenkomponenten zur Vorbehandlung und Aufbereitung der Biomasse, zur Primärraffination (Auftrennung der Biomassekomponenten zu den Intermediaten Cellulose, Hemicellulose und Lignin oder der Umwandlung der Lignozellulose-Biomasse zum Intermediat Synthesegas) sowie zur Sekundärkonversion (Erzeugung von Vor-, Zwischen- bzw. Endprodukten aus den Intermediaten über weitere Konversionsschritte). Prozesse der Vorbehandlung bzw. Konditionierung können auch dezentral erfolgen (z.B. Schnellpyrolyse im Rahmen des bioliq-Prozesses), um Transportaufwand bzw. -kosten zu verringern.

Zwei grundlegende Bioraffinerie-Konzepte sind dabei zu unterscheiden:

> Lignozellulose-Bioraffinerie: Die Primärraffination mittels mechanischer, chemischer und/oder biochemischer Aufschlussverfahren führt zu komplexen Molekülen (Cellulose, Hemicellulose, Lignin), die in der Sekundärraffination durch Umwandlung bzw. Abbau zu den Zielprodukten weiterverarbeitet werden (Top-Down-Prinzip).

> Synthesegas-Bioraffinerie: In der Primärraffination erfolgt eine thermische und/oder thermo-katalytische Spaltung in die einfachen Moleküle des Synthesegases, aus dem in der Sekundärraffination komplexe Moleküle hergestellt werden (Bottom-up-Prinzip).

Bioraffinerien können sowohl als Erweiterung vorhandener Biomasseverarbeitungsanlagen (Bottom-up-Bioraffinerieansatz, z.B. ausgehend von der Zellstoff- und Papierherstellung) als auch als Neukonzeption von hoch integrierten Bioraffinerie-Anlagen (Top-down-Bioraffinerieansatz) realisiert werden.

In der Lignozellulose-Bioraffinerie können aus den aus Cellulose und Hemicellulose aufgeschlossenen Zucker-Monomeren mittels enzymatischer, fermentativer und/oder chemischer Umwandlung eine ganze Reihe von Basischemikalien (bzw. Plattformchemikalien) hergestellt werden. Lignin fällt bisher in großen Mengen als Nebenprodukt in Zellstoffwerken an und wird dort größtenteils zur Wärme-, Dampf- und Stromerzeugung für die Zellstoffherstellung verbrannt sowie teilweise zur Herstellung des Geschmacksstoffs Vanillin sowie weiterer Produkte verwendet. Zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten von Lignin als Makromolekül befinden sich in der Entwicklung. In der Synthesegas-Bioraffinerie können aus dem Synthesegas über chemisch-technische Synthesewege oder mittels biotechnologischer Verfahren ebenfalls eine Reihe von Basischemikalien hergestellt werden.

Die in der Sekundärraffination hergestellten Basischemikalien können in eine Vielzahl von Wertschöpfungsketten und zu einer großen Anzahl von Endprodukten für verschiedene Anwenderindustrien weiterverarbeitet werden. Die weitere Ausgestaltung der Wertschöpfungsketten bei Bioraffinerien auf der Basis von Lignozellulose stellt somit ein noch offenes und unbestimmtes Feld dar. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Wertschöpfungsketten basierend auf

> Basischemikalien bzw. Drop-In-Chemikalien und
> Spezialchemikalien bzw. innovativen Verwertungswegen.

Beim Drop-In-Ansatz ersetzen die bio-basierten Basischemikalien die analogen fossilen Basischemikalien bzw. fossile Basischemikalien mit vergleichbaren Eigenschaften, so dass die existierenden Wertschöpfungsketten und -netzwerke der chemischen Industrie unverändert weiter genutzt werden können. Mit bio-basierten Drop-In-Chemikalien sind potentiell große Marktvolumen erreichbar, wenn sie wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber den zu ersetzenden fossilen Basischemikalien werden.

Die Alternative der innovativen bio-basierten Wertschöpfungsketten soll zu bio-basierten Spezialchemikalien mit neuen Eigenschaften für spezielle Anwendungen führen und die komplexen Strukturen der Biomasse besser nutzen. Vorteile dieses Ansatzes sind höhere erzielbare Produktpreise, was allerdings auch den Aufbau neuer Prozessketten und Produktionskapazitäten sowie eine Markterschließung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg erfordert.

Insgesamt sind bei den Lignozellulose-Wertschöpfungsketten ab der Sekundärraffination und in den folgenden Stufen prinzipiell eine große Zahl von Stoffen, Produkten und Anwendungsbereichen erschließbar. Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung ist aber schwierig abzuschätzen, welche Wertschöpfungsketten zukünftig realisiert werden.

Die *Mikroalgen*-Wertschöpfungsketten unterscheiden sich grundsätzlich von den zuvor behandelten Wertschöpfungsketten, indem sie nicht auf Anbaubiomasse beruhen, sondern die Mikroalgen-Biomasse in technischen Anlagen erzeugt wird. Die grundsätzlichen Stufen der Wertschöpfungsketten Mikroalgen für Verwendungen als Nahrungs- und Futtermittel sind:

> Mikroalgen-Starterkultur
> Mikroalgen-Kultivierung
> Mikroalgen-Ernte
> Zellaufschluss, Extraktion und Fraktionierung
> Weiterverarbeitung
> Endproduktherstellung

Mikroalgen wachsen im Prinzip wie Pflanzen mit Kohlenstoffdioxid aus der Luft, allerdings ist für eine effiziente Produktion bei der Mikroalgen-Kultivierung eine Erhöhung der Kohlenstoffdioxidkonzentration im Wasser notwendig, wofür verschiedene Kohlenstoffdioxid-Quellen in Frage kommen. Bei der Kultivierung von Mikroalgen ist zwischen den grundsätzlichen Alternativen offene Systeme, geschlossene Systeme sowie Kombination von geschlossenen und offenen Systemen zu unterscheiden. Die größten Herausforderungen bei der Kultivierung von Mikroalgen für Nahrungs- und Futtermittel sind die Senkung der Produktionskosten, das Upscaling des Kultivierungsvolumens und die Stabilität bzw. Zuverlässigkeit der Kultivierung im großen Maßstab ohne Kontamination und Zusammenbruch der Kultur. Als geographische Standorte der Mikroalgen-Kultivierung sind Südeuropa und Nordafrika deutlich im Vorteil gegenüber Mitteleuropa (Deutschland bzw. Baden-Württemberg) durch günstigere Temperaturen und eine höhere Anzahl von Sonnentagen, was sich in deutlich niedrigeren Produktionskosten wiederspiegelt.

Zur Ernte der Mikroalgen-Biomasse muss die niedrige Konzentration der Biomasse in der Mikroalgen-Suspension bis um den Faktor 1.000 aufkonzentriert werden, wozu im Labormaßstab verschiedene Verfahren genutzt werden, die sich nicht alle im großtechnischen Maßstab effizient und kostengünstig realisieren lassen. Nächster Schritt in der Wertschöpfungskette ist die Aufbereitung der Mikroalgen, die Zellaufschluss, Extraktion und Fraktionierung umfasst. Bei der Aufbereitung von Mikroalgen sind noch verschiedene Hürden zu überwinden. Der Zellaufschluss ist bisher noch Energie-intensiv und daher ein wichtiger Kostenfaktor. Verschiedene Zellaufschlusstechnologien, die die Kosten potentiell senken könnten, befinden sich in der Entwicklung.

Auf der Basis von Mikroalgen sind folgende, heute realisierte und potentiell zukünftige Endprodukte für den Lebens- und Futtermittelbereich möglich:

> Nahrungsergänzungsmittel
> Neuartige Lebensmittelzutaten
> Substitution von pflanzlichen/tierischen Lebensmittelzutaten
> Neuartige Lebensmittel
> Zutaten für Tierfutter
> Futter für Aquakultur

Ausgehend von den schon auf dem Markt befindlichen Produkten sind zunächst weitere hochwertige Nahrungsergänzungsmittel und Lebensmittelinhaltsstoffe aus Mikroalgen zu erwarten. Potentielle, hochpreisige Mikroalgen-Inhaltsstoffe stellen allerdings nur Nichenmärkte dar, deren Marktvolumen begrenzt ist. Neuartige Lebensmittel sowie neue Lebensmittelzutaten, die pflanzliche bzw. tierische Lebensmittelzutaten substituieren, befinden sich noch einem frühen Entwicklungsstadium und werden kurz- bis mittelfristig nicht zur Verfügung stehen. Solche Mikroalgenprodukte, die auf Massenmärkte zielen, müssen mit entsprechenden pflanzlichen bzw. tierischen Produkten preislich konkurrie-

ren, soweit sie keine neuen, wertvollen Eigenschaften aufweisen. Da die Auswahl von vielversprechenden Mikroalgenspezies, die Kultivierung von Mikroalgen im industriellen Maßstab sowie die großtechnische Extraktion und Fraktionierung noch in einem frühen Entwicklungsstadium sind, können über die notwendigen weiteren Verarbeitungsschritte und die Wertschöpfungsketten bis hin zu Lebens- und Futtermitteln als Endprodukte für den Endkonsumenten derzeit noch keine fundierten Aussagen getroffen werden.

Mit einer *Kaskadennutzung* wird die lineare Abfolge von Wertschöpfungsketten durch Kreisläufe ergänzt. Dabei gibt es keine breit geteilte Definition bzw. ein allgemein anerkanntes Verständnis der Kaskadennutzung. Zwei grundsätzliche Konzepte der Kaskadennutzung sind zu unterscheiden: Zum einen wird unter Kaskadennutzung eine sequenzielle Nutzung von bio-basierten Endprodukten verstanden, wobei nach einer oder mehreren stofflichen Nutzungen am Ende eine energetische Nutzung steht. Zum anderen wird der Begriff Kaskadennutzung für eine sequenzielle Verarbeitung von Biomasse zu verschiedenen, wertmäßig abgestuften Endprodukten verwendet, wobei der stofflich nicht verwertbare Rest der Biomasse energetisch genutzt wird. Dies stellt somit eine optimierte Koppelproduktion dar. Kaskadennutzungen werden fast ausschließlich für Lignozellulose, also den Cluster Forst und Holz, diskutiert. Insgesamt ist die wichtigste Motivation bei der Forderung nach mehr Kaskadennutzung, die Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zu entlasten, indem die Effizienz der Ressourcennutzung erhöht wird.

Die Abschätzung von Stand und Perspektiven der Kaskadennutzungen ist von der verwendeten Definition abhängig. Wenn von einer Nutzung bio-basierter Endprodukte ausgegangen wird, dann sind die wichtigsten etablierte Formen der Kaskadennutzung die, die auf Altholz und Altpapier basieren. Derzeit erfolgt nach der ersten stofflichen Nutzung von Holz fast vollständig eine energetische oder stoffliche Nutzung des Altholzes. Rund 80% des Altholzaufkommens in Deutschland wurde im Jahr 2010 energetisch genutzt, also in einer einstufigen Kaskadennutzung. Rund 20% des Altholzes wird für die Herstellung von Spannplatten verwendet als stoffliche Weiterverwendung, so dass sich eine mehrstufige Kaskadennutzung ergibt. Am weitesten entwickelt ist die Kaskadennutzung bei der Papierproduktion. Die Altpapiereinsatzquote liegt aktuell bei 75%. Dies bedeutet, dass die Fasern im Durchschnitt den Produktionszyklus mehr als drei Mal durchlaufen. Der Einsatz von Altpapier liegt mittlerweile insbesondere in Zentraleuropa nahe an den Grenzen des technisch Möglichen.

Hemmnisse für einen Ausbau der Kaskadennutzung sind vielfach diskutiert worden, insbesondere für den Bereich Altholz. Dabei bestehen Hemmnisse sowohl bei der Bereitstellung als auch bei der stofflichen Nutzung von Altholz. Insgesamt handelt es sich um ein komplexes Zusammenwirken verschiedener Hemmnisse, von der Bereitstellung von Altholz (insbesondere in einigen EU-Staaten) über die Qualität des bereitgestellten Altholzes, technische Hemmnisse bei der stofflichen Nutzung, ungünstige politische Rahmenbedingungen und Markthemmnisse bis zu besonderen Anforderungen an Kooperationen in Wertschöpfungsketten.

Insgesamt dominiert in der Diskussion um Kaskadennutzungen bisher die Erschließung von neuen Biomassequellen für stoffliche Nutzungen. Dem Produktdesign und der Gestaltung von Wertschöpfungsketten im Hinblick auf Kaskadennutzungen wird dagegen noch wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Konkurrenzbeziehungen, insbesondere Flächennutzungskonkurrenzen, sind ein wichtiges Debattenthema im Kontext der Bioökonomie. Grundsätzlich finden Konkurrenzen der Wirtschaftsakteure um Biomasse, Technologie- und Wertschöpfungspfade sowie Endproduktmärkte kontinuierlich statt.

Ihre Ausprägungen entscheiden darüber, in welche Richtung sich bioökonomische Aktivitäten zukünftig entwickeln. Die Entwicklung von Wertschöpfungsketten und ihre Konkurrenzbeziehungen bestimmen wesentlich die Nutzungskonkurrenzen um Ressourcen und Umweltgüter.

Auf der Ebene der Endprodukte bestehen Konkurrenzen nur jeweils innerhalb der drei Nutzungsbereiche stoffliche Nutzung, energetische Nutzung und Nahrungsmittel. Innovative bio-basierte Produkte stehen in Konkurrenz zu fossil-basierten bzw. traditionellen bio-basierten Produkten sowie die Bioenergienutzung in Konkurrenz zu fossilen bzw. anderen regenerativen Energien. Die Ausprägung dieser Konkurrenzbeziehungen wird zunächst von den Preisrelationen, die von den jeweiligen Produktionskosten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abhängig sind, bestimmt. Neben der wirtschaftlichen Vorzüglichkeit sind somit staatliche Fördermaßnahmen, die Verbraucherwahrnehmung und die Erkennbarkeit von bio-basierten Produkten weitere wichtige Einflussfaktoren.

Im Nutzungsbereich Nahrungsmittel bestehen anders gelagerte Konfliktlinien. Der Bereich Nahrungsmittel steht nicht im Fokus der Bioökonomie-Strategien, aber es gibt hier eine Reihe von Konkurrenzbeziehungen, die auf die Nahrungsmittel-Wertschöpfungsketten und ihre Ressourcen- und Umweltnutzung zurückwirken und von großer Relevanz für die Bioökonomie insgesamt sind. Wichtige Alternativen für die Verbraucher sind beispielsweise konventionelle oder ökologische Lebensmittel sowie Lebensmittel basierend auf komplexen und internationalen Wertschöpfungsketten oder regionale Lebensmittel. Die Kontroversen um Landwirtschaft und Lebensmittel sind der Ausgangspunkt für die unterschiedlichen Visionen, die für die Bioökonomie diskutiert werden. Schließlich stehen innovative Ansätze zur Nahrungsmittelproduktion nicht nur in Konkurrenz zu etablierten Nahrungsmitteln, sondern oftmals werden auch konkurrierende Ansätze für innovative Lebensmittel verfolgt.

Die Konkurrenzbeziehungen auf der Ebene der Konversion, verstanden als alle Stufen nach der Biomasseproduktion und vor der Endproduktherstellung, werden neben technisch-ökonomischen Faktoren durch komplexe Akteursnetzwerke, institutionelle Strukturen und den breiteren gesellschaftlichen Kontext bestimmt. Die wichtigsten Konkurrenzbeziehungen bei der Konversion für stoffliche Nutzungen sind:

> Die verschiedenen Bioraffinerie-Konzepte sind verschieden weit entwickelt und haben voraussichtlich unterschiedliche Lernkurven und Kostensenkungspotentiale.
> Ein weiterer möglicher Konflikt besteht zwischen zentraler und dezentraler Biomassekonversion, wobei die Konversionstechnologien aller drei Forschungsbereiche deutliche Skaleneffekte aufweisen.
> Relevante Konkurrenzbeziehungen bestehen zwischen einer inländischen Konversion und internationalen Konversionsstandorten, geprägt durch verfügbare Biomassepotentiale und Biomasseproduktionskosten sowie die jeweils bestehenden Fördermaßnahmen und rechtlichen Rahmenbedingungen.
> Konversionen zu innovativen bio-basierten Spezialchemikalien stehen bio-basierte Drop-In Basischemikalien gegenüber, wobei letztere aktuell in der Regel nicht konkurrenzfähig sind, denn die Produktion fossil-basierter Basischemikalien erfolgt in einer optimal ausgebauten Verbundstruktur und in etablierten Prozessketten, mit häufig abgeschriebenen Anlagen und starken Skaleneffekten.

Alternativen bei der Konversion für eine energetische Nutzung unterscheiden sich zum ersten durch den Grad der räumlichen Vernetzung – von der Insellösung (z.B. Kleinfeuerungsanlage im Einzelhaus-

halt) bis zum nationalen Gasnetz (Einspeisung von Biomethan) – wobei ökonomische Wettbewerbsfähigkeit, vorhandene Infrastrukturen und Kooperationsbereitschaft eine wichtige Rolle spielen. Zum zweiten konkurrieren teilweise etablierte Technologien (z.B. Biodiesel-Herstellung aus Ölpflanzen, Bioethanol-Herstellung aus Zucker- und Stärkepflanzen) mit sich noch in der Entwicklung befindlichen Technologien (z.B. BtL-Kraftstoffe aus Synthesegas-Bioraffinerie) bzw. gerade die Marktreife erreichten Technologien (z.B. Bioethanol aus Lignozellulose-Bioraffinerie). Zum dritten unterscheiden sich die energetischen Wertschöpfungsketten im Hinblick auf die mit ihnen verbundene Koppelproduktion. Zum Vierten ist bis auf die Nutzung von Holz im Wärmebereich die energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland und der EU nicht konkurrenzfähig gegenüber ihren fossilen Alternativen und von der staatlichen Förderung abhängig. Zum fünften sind die Konversionskosten stark von den Biomassekosten abhängig, die wiederum von den Produktions- und Opportunitätskosten bestimmt werden, wobei die hohe Abhängigkeit von Biomassekosten und die Unsicherheit ihrer zukünftigen Entwicklung ein relevantes Hemmnis für Investitionen in bio-basierte Technologien darstellt. Schließlich besteht eine direkte Konkurrenzbeziehung zwischen stofflicher und energetischer Nutzung im Kontext der Kaskadennutzung.

Die Alternativen auf dem Lebensmittelmarkt sind jeweils mit entsprechenden Wertschöpfungsketten der Nahrungsmittelverarbeitung verbunden. Veränderungen in der Nahrungsmittelverarbeitung werden einerseits durch technischen Fortschritt und ökonomische Zwänge und andererseits durch Veränderungen bei gesellschaftlichen Einstellungen und beim Verbraucherverhalten bestimmt.

Bei der Produktion von Biomasse konkurrieren Nutzung als Nahrungsmittel, energetische und stoffliche Nutzungen miteinander. Die Entscheidung über konkurrierende Verwendungen kann auf den der Land- und Forstwirtschaft nachgelagerten Biomassemärkten erfolgen bzw. sich aus vertraglichen Vereinbarungen zwischen Biomasseproduzent und Abnehmer ergeben oder durch die Flächennutzungsentscheidungen der Land- bzw. Forstwirte bestimmt sein, wenn die angebaute Biomasse nur für einen Nutzungsbereich geeignet ist. Direkte Konkurrenzbeziehungen (die ersten beiden Fälle) bestehen somit immer dann, wenn ein Agrarprodukt über mehr als einen Nutzungspfad verwertet werden kann.

Erst durch die Summe der Einzelentscheidungen der Betriebe kann es zu einer relevanten Flächenkonkurrenz auf regionaler, nationaler oder auch globaler Ebene kommen, wenn eine zunehmende Nachfrage eines (neuen) Nutzungspfades wie eine stoffliche oder energetische Nutzung nicht durch eine entsprechende Verringerung der Flächennachfrage für die Nahrungsmittelerzeugung, beispielsweise durch landwirtschaftliche Ertragssteigerungen oder rückläufige Nachfrage nach flächenintensiven Nahrungsmitteln, kompensiert wird. Ein wichtiges Charakteristikum von Flächenkonkurrenzen ist, dass sich diese über verschiedene räumliche Ebenen fortpflanzen und dort jeweils spezifische Wirkungen entfalten können. Sowohl der Import von Biomasse für energetische oder stoffliche Nutzungen als auch die Verdrängung von Nahrungsmittelerzeugung ins Ausland kann in den Exportländern zu Flächennutzungsänderungen führen, entweder zu direkten oder indirekten Landnutzungsänderungen. Konkurrenzbeziehungen zwischen inländischer Biomasseproduktion, Import von Biomasse und Biomassekonversion im Ausland werden bestimmt durch die jeweiligen Biomasseproduktions- und Konversionskosten sowie durch Transportkosten und Außenschutz.

Konkurrenzen zwischen stofflicher und energetischer Nutzung bestehen ebenso für biogene Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Rest- und Abfallstoffe aus den folgenden Verarbeitungsschritten. Gleichzeitig konkurrieren biogene Rest- und Abfallstoffe mit entsprechender Anbaubiomasse. Schließlich gibt es eine Konkurrenzbeziehung zu Ökosytemdienstleistungen.

Konkurrenzbeziehungen sind nicht statisch, sondern dynamisch, d.h. sie verändern sich über die Zeit. Verschiedene Rückkopplungsmechanismen können Konkurrenzen entgegensteuern und sie damit wieder abmildern. Gleichzeitig können sich die Rahmenbedingungen, die auf Konkurrenzbeziehungen wirken, im Zeitverlauf ändern. Diese Einflüsse können auf verschiedenen räumlichen Ebenen auftreten, von regional bis global, sowie sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Einschränkung des Biomasseangebots führen. Sie reichen von wirtschaftlichen Mechanismen über sich ändernde ökologische und gesellschaftliche Bedingungen bis zu politischen Gestaltungsmaßnahmen.

Beim Angebot von Biomasse sind insbesondere von Bedeutung: Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktivität, Intensivierung (bzw. Extensivierung) der landwirtschaftlichen Produktion, Auswirkungen des Klimawandels, Klimaschutzpolitik mit Maßnahmen zur Reduktion von Klimagasemissionen, Erfolg von Klimawandelanpassungen, Agrarumweltpolitik, Waldstrukturveränderungen, Naturschutzpolitik und Mobilisierung von Holz aus dem Kleinprivatwald.

Bei der Nachfrage nach Biomasse sind insbesondere von Bedeutung die Bevölkerungsentwicklung und der steigende Nahrungsmittelbedarf, die Entwicklung der Nahrungsmittelnachfrage, die Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln in Entwicklungs- und Schwellenländern einerseits und Industrieländern andererseits, die Reduktion von Lebensmittelverlusten sowie die Nachfrage nach Holzprodukten und die Entwicklung des Holzbaus. Insgesamt besteht ein komplexes Geflecht von Faktoren, die zukünftige Konkurrenzbeziehungen beeinflussen.

Literatur Kapitel V

AEE (Argentur für Erneuerbare Energien) (2017): Förderal Erneuerbar. Baden-Württemberg. https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/BW/kategorie/bioenergie

Aeschelmann, F.; Carus, M. (2016): Bio-based Building Blocks and Polymers. Global Capacities and Trends 2016-2021. http://bio-based.eu/markets/#top

Alexandratos, N.; Bruinsma, J. (2012): World agriculture towards 2030/2050. The 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03. Rome: FAO

Arnold, K.; Bienge, K.; von Geibler, J.; Ritthoff, M.; Targiel, T.; Zeiss, C.; Meinel, U.; Kristof, K.; Bringezu, S. (2009): Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasseprodukten. Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse. Wuppertal Report Nr. 5. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Bais-Moleman, A.L.; Sikkema, R.; Vis, M.; Reumerman, P.; Theurl, M.C.; Erb, K.-H. (2017): Assessing wood use efficiency and greenhouse gas emissions of wood product cascading in the European Union. Journal of Cleaner Production (2017), article in press. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.04.153

Baum, S.; Baier, U. (2008): Biogene Güterflüsse der Schweiz 2006. BAFU (Bundesamt für Umwelt): Bern, Switzerland

BLuF (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2015): Nachrüstung einer Klärschlammfaulung auf kleinen Kläranlagen. Ergebnisse des Sonderprogramms „Machbarkeitsstudien für anaerobe Schlammfaulung auf kommunalen Kläranlagen“. BLuF: Augsburg

Blumenstein, B.; Siegmeier, T.; Möller, D. (2016): Economics of anaerobic digestion in organic agriculture: Between system constraints and policy regulations. Biomass and Bioenergy 86, 105-119. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.01.015

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2017): Bekanntmachung Richtlinie zur Förderung von Forschungsvorhaben der Bioökonomieforschung „Technologie-Initiative Bioraffinerien“ im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“. https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1391.html

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2017): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. Berlin. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/ChartaHolz.pdf

Borras Jr., S.M.; Franco, J.C.; Isakson, S.R.; Levidow, L.; Vervest, P. (2016): The rise of flex crops and commodities: implications for research, The Journal of Peasant Studies 43, 93-115, DOI: 10.1080/03066150.2015.1036417

Bozell, J.J. (2014): Approaches to the Selective Catalytic Conversion of Lignin: A Grand Challenge for Biorefinery Development. In: Nicholas, K.M. (Ed.): Selective Catalysis for Renewable Feedstocks and Chemicals. Topics in Current Chemistry 353. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer. 229-255

Bräutigam, K.-R.; Jörissen, J.; Priefer, C. (2014): The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. Waste Management & Research 32 (8), 638-694. DOI: 10.1177/0734242X14545374

Brand, A.-K. (2017): Chancen und Grenzen der Kaskadennutzung in Lignozellulose-Wertschöpfungsketten in Deutschland. Unveröffentlichte Masterarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Brown, T.R.; Brown, R.C. (2013): A review of cellulosic biofuel commercial-scale projects in the United States. Biofuels, Bioprod. Bioref. 7, 235–245. DOI: 10.1002/bbb.1387

Bundesnetzagentur (2014): Biogas-Monitoringbericht 2014. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: Bonn

Bundesregierung (2012): Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin: BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung), BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie)

Calvert, K.E.; Kedron, P.; Baka, J.; Birch, K. (2017): Geographical perspectives on sociotechnical transitions and emerging bio-economies: introduction to a special issue. Technology Analysis & Strategic Management 29 (5), 477-485. DOI: 10.1080/09537325.2017.1300643

Carus, M.; Raschka, A.; Iffland, K.; Dammer, L.; Essel, R.; Piotrowski, S. (2016): How to Shape the Next Level of the European Bio-Based Economy? Renewablematter 08., January 2016, 27–36. http://www.renewablematter.eu/art/170/How_to_Shape_The_Next_Level_of_The_European_BioBased_Economy

Carus, M.; Dammer, L.; Puente,A.; Raschka, A., Arendt, O. (2017): Bio-based drop-in, smart drop-in and dedicated chemicals. Hürth: nova-Institut

Cheali, P.; Posada, J.A.; Gernaey, K.V.; Sin, G. (2015): Upgrading of lignocellulosic biorefinery to value-added chemicals: Sustainability and economics of bioethanol-derivatives. Biomass and Bioenergy 75, 282-300

Chew, K.W.; Yap, J.Y.; Show, P.L.; Suan, N.H.; Juan, J.C.; Ling, T.C.; Lee, D.-J.; Chang, J.-S. (2017): Microalgae biorefinery: High value products perspectives. Bioresource Technology 229, 53-62. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.01.006

Cherubini, F.; Strømman, A.H. (2011): Chemicals from lignocellulosic biomass: opportunities, perspectives, and potential of biorefinery systems. Biofuels, Bioprod. Bioref. 5, 548–561. DOI: 10.1002/bbb.297

Courtonne, J.-Y.; Alapetite, J.; Longaretti, P.-Y.; Dupré, D.; Prados, E. (2015): Downscaling material flow analysis: the case of the cereals supply chain in France. Preprint. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01142357/document

Dammer, L.; Bowyer, C.; Breitmayer, E.; Eder, A.; Nanni, S.; Allen, B.; Carus, M.; Essel, R. (2016): Mapping Study on Cascading Use of Wood Products. WWF Technical Report.

Daniel-Gromke, J.; Rensberg, N.; Schüch, A. (2014): Ein Überblick – Potenziale, Techniken und Perspektiven von zukünftigen Substraten im Biogassektor mit Fokus auf die Bioabfallvergärung. In: DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum): DBFZ-Jahrestagung Bioenergie. Vielseitig, sicher, wirtschaftlich, sauber?! DBFZ: Leipzig, 37-44

DBV (Deutscher Bauernverband e.V.) (2010): Umfrage zur Umstellungsbereitschaft konventioneller Betriebe. DBV Öko-Report, Berlin

Dederer, M.; Messner, J. ():Biogas – aktuelle Entwicklungen in Baden-Württemberg. http://www.lazbw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw_gl/Biogas/Aktuelle%20Entwicklungen%20Biogas.pdf

Domnik, T.; Kälber, S.; Leible, L. (2016): Mengen- und wertmäßige Bedeutung des Biomasseimports von Deutschland. Eine detaillierte Auswertung der Importstatistik. KIT Scientific Reports 7719

Draaisma, R.B.; Wijffels, R.H.; Slegers, P.M.; Brentner, L.B.; Roy, A.; Barbosa, M.J. (2013): Food commodities from microalgae. Current Opinion in Biotechnology 24, 169–177. DOI: 10.1016/j.copbio.2012.09.012

Efken, J.; Banse, M.; Rothe, A.; Dieter, M.; Dirksmeyer, W.; Ebeling, M.; Fluck, K.; Hansen, H.; Kreins, P.; Seintsch, B.; Schweinle, J.; Strohm, K.; Weimar, H. (2012): Volkswirtschaftliche Bedeutung der biobasierten Wirtschaft in Deutschland. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 07/2012. Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Marktanalyse: Braunschweig

Efken, J.; Dirksmeyer, W.; Kreins, P.; Knecht, M. (2016): Measuring the importance of bioeconomy in Germany: Concept and illustration. NJAS – Wageningen Journal of Life Science 77, 9-17. DOI: 10.1016/j.njas.2016.03.008

Enzing, C.; Ploeg, M.; Barbosa, M.; Sijtsma, L. (2014): Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. JRC Scientific and Policy Reports. Report EUR 26225 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: 10.2791/3339

Ericksen, P.; Thornton, P.; Notenbaert, A.; Cramer, L.; Jones, P.; Herrero, M. (2011): Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics. CCAFS Report no. 5. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark

Essel, R.; Breitmayer, E.; Carus, M.; Fehrenbach, H.; von Geibler, J.; Bienge, K.; Baur, F. (2014): Discussion paper Defining cascading use of biomass. R&D-Project "Increasing resource efficiency by cascading use of biomass - from theory to practice" (FKZ 3713 44 100). https://biomass-ekaskaden.de/wp-content/uploads/2014/04/14–03–14_Cascading_use_Discussionpaper.pdf

European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2011) 571, 20.9.2011., Brussels

Eurostat (2017): Materialflussrechnung und Ressourcenproduktivität. Statistics Explained. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/45152.pdf

FAO (2006): World agriculture: towards 2030/2050 – Interim report. Rome: FAO. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2008): The state of food and agriculture 2008. Biofuels: Prospects, risks and opportunities. Rom: FAO

Fehrenbach, H.; Köppen, S.; Kauertz, B.; Detzel, A.; Wellenreuther, F.; Breitmayer, E.; Essel, R.; Carus, M.; Kay, S.; Wern, B.; Baur, F.; Bienge, K.-; von Geibler, J. (2017): BIOMASSEKASKADEN. Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. Endbericht. UBA-Texte 53/2017

Ferjani, A.; Reissig, L.; Mann, S. (2010): Ein- und Ausstieg im Biolandbau. ART-Schriftenreihe 13. Ettenhausen: Forschungsanstalt Agroscope Reckenhausen-Tänikon ART

Finger, R. (2010): Evidence of slowing yield growth – The example of Swiss cereal yields. Food Policy 35, 175–182. DOI: 10.1016/j.foodpol.2009.11.004

Fischer, Kowalski, M.; Krausmann, F.; Giljum, S., Lutter, S.; Mayer, A.; Bringezu, S.; Moriguchi, Y.; Schütz, H.; Schandl, H., Weisz, H. (2011): Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. Journal of Industrial Ecology 15 (6), 855-876

Flaig, H. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Karlsruhe: Landwirtschaftliches Technologiezent-

rum Augustenberg (LTZ). http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/109178/U13-W04-N14.pdf?command=downloadContent&filename=U13-W04-N14.pdf&FIS=91063

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2016): Basisdaten biobasierte Produkte. April 2016. Gülzow: FNR

Friedrich, S.; Kappen, J. (2012): „Aus alt mach neu". Wissenswertes rund um das Altpapier. Altpapier ist weltweit der wichtigste Rohstoff der Papierindustrie. LWF aktuell 89/2012, 4-6

Gärtner, S.; Hienz, G.; Keller, H.; Müller-Lindenlauf, M. (2013): Gesamtökologische Bewertung der Kaskadennutzung von Holz. Umweltauswirkungen stofflicher und energetischer Holznutzungssysteme im Vergleich. Heidelberg: ifeu

Goh, C.S.; Jungiger, M.; Faaij, A. (2014): Monitoring sustainable biomass flows: General methodology development. Biofuels, Bioprod. Bioref. 8, 83-102. DOI: 10.1002/bbb.1445

Goh, C.S.; Mai-Moulin, T.; Jungiger, M. (2016): Sustainable biomass and bioenergy in the Netherlands: Report 2015. Utrecht: Netherlands Enterprise Agency. http://english.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/Sustainable-biomass-bioenergy-netherlands.pdf

Gregg, J.S.; Bolwig, S.; Hansen, T.; Solér, O.; Amer-Allam, S.B.; Viladecans, J.P.; Klitkou, A.; Fevolden, A. (2017): Value Chain Structures that Define European Cellulosic Ethanol Production. Sustainability 9, 118

Grethe, H.; Dembélé, A.; Duman, N. (2011): How to feed the world's growing billions. Understanding FAO world food projections and their implications. Berlin: Heinrich Böll Stiftung und WWF Deutschland

Gretzschel, O.; Schmitt, T.G.; Hansen, J.; Siekmann, K.; Jakob, J. (2012): Schlammfaulung statt aerober Stabilisierung? wwt 3/2012, 27-33

Guenther-Lübbers, W.; Theuvsen, L. (2015): Regionalwirtschaftliche Effekte der Biogasproduktion: Eine Analyse am Beispiel Niedersachsen. Berichte über Landwirtschaft 93 (2)

Gurcia, A.; Späth, P. (2017): A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries. Journal of Cleaner Production 153, 51-62. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.156

Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U. (2011): Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Haase, M. (2012): Entwicklung eines Energie- und Stoffstrommodells zur ökonomischen und ökologischen Bewertung der Herstellung chemischer Grundstoffe aus Lignocellulose. Dissertation. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing

Haberl, H.; S. Geissler, S. (2000): Cascade utilisation of biomass: strategies for a more efficient use of a scarce resource. Ecological Engineering 16, 111-121

Haberl, H.; Erb, K.-H.; Lauk, C.; Plutzbar, C. (2012): Menschliche Aneigung von Nettoprimärproduktion in Europa: Schlussfolgerungen für Bioenergiepotentiale. In: Bioenergy – Chances and limits. Herausgegeben von German National Academy of Sciences Leopoldina.Halle/Saale: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. 102–118

Hennig, P. (2016): Kleinprivatwald: höhere Vorräte, geringere Nutzung. Holz-Zentralblatt 12/2016, 330-332

Heinze, S.: Vogel, A. (2012): Ökologischer Landbau in Deutschland - zu den Bestimmungsgründen von Umstellung und Rückumstellung. Berichte über Landwirtschaft 90 (3), 467-489

Herrero, A.; Wickson, F.; Binimelis, R. (2015): Seeing GMOs from a Systems Perspective: The Need for Comparative Cartographies of Agri/Cultures for Sustainability Assessment. Sustainability 7, 11321-11344. DOI: 10.3390/su70811321

HLPE (High Level Panel of Experts) (2013): Biofuels and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rom: HLPE.

Höglmeiner, K. (2015): Holznutzung in Kaskaden: Ansätze zur Potentialanalyse und zur Weiterentwicklung der ökobilanziellen Bewertung. Dissertation Technischen Universität München

Höglmeier, K.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K. (2014): Utilization of recovered wood in cascades versus utilization of primary wood—a comparison with life cycle assessment using system expansion. Int J Life Cycle Assess 19, 1755–1766. DOI 10.1007/s11367-014-0774-6

Höglmeier, K.; Steubing, B.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K. (2015): LCA-based optimization of wood utilization under special consideration of a cascading use of wood. Journal of Environmental Management 152, 158-170. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.01.018

Holladay, J.E.; Bozell, J.J.; White, J.F.; Johnson, D. (2007): Top Value-Added Chemicals from Biomass. Volume II—Results of Screening for Potential Candidates from Biorefinery Lignin. Pacific Northwest National Laboratory, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830

Iglesias, A.; Quiroga, S.; Diz, A. (2011): Looking into the future of agriculture in a changing climate. European Review of Agricultural Economics Vol 38 (3), 427–447. DOI: 10.1093/erae/jbr037

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC

Isermeyer, F. (2016): Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Weltmarkt und kritischer Bevölkerung. Agrar-Europe 08-2016, Länderberichte, Sonderbeilage: 1-5

Jetzke, T.; Bovenschulte, M.; Ehrenberg-Silies, S. (2016): Fleisch 2.0 – unkonventionelle Proteinquellen. TAB-Themenprofil Nr. 5. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Kalt, G.; Amtmann, M. (2014): Biogene Materialflüsse in Österreich. Derzeitiger Stand und Perspektiven für eine verstärkte stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in den Bereichen Biokunststoffe und Dämmstoffe. Österreichische Energieagentur: Wien

Kalt, G. (2014): Biogene Materialflüsse in Österreich. 13. Symposium Energieinnovation 12.-14.2.2014 Graz, Austria

Keegan, D.; Kretschmer, B.; Elbersen, B.; Panoutsou, C. (2013): Cascading use: A systematic approach to biomass beyond the energy sector. Biofuels Bioprod. Bioref. 7, 193–206. DOI: 10.1002/bbb.1351

Keeney, R.; Hertel, T.W. (2008): Yield response to prices: Implications for policy modelling. Working Paper 08-13. West Lafayette, IN: Purdue University, Department of Agricultural Economics

Klagge, B.; Arbach, C. (Eds.) (2013): Governance-Prozesse für erneuerbare Energien. Arbeitsberichte der ARL No. 5. http://hdl.handle.net/10419/87622

Koley, S.; Prasad, S.; Bagchi, S.K.; Mallick, N. (2017): Development of a harvesting technique for large-scale microalgal harvesting for biodiesel production. RSC Advances 7, 7227. DOI: 10.1039/c6ra27286j

Korolkow, J. (2015): Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Studie im Auftrag des bvse (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung). Bonn: bvse

Kovacs, B. (Ed.) (2015): Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy—A Challenge for Europe; 4th SCAR Foresight Exercise; European Commission: Brussels, Belgium. https://ec.europa.eu/research/scar/pdf/ki-01-15-295-enn.pdf

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2014): Geschäftsmodelle für Biomethanproduktion. KTBL: Darmstadt. https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/artikel/Energie/Biomethanproduktion/Biomethan.pdf

Laurens, L.M.L.; Markham, J.; Templeton, D.W.; Christensen, E.D.; Van Wychen, S.; Vadelius, E.W.; Chen-Glasser, M.; Dong, T.; Davis, R.; Pienkos, P.T. (2017): Development of algae biorefinery concepts for biofuels and bioproducts; a perspective on process-compatible products and their impact on cost-reduction. Energy & Environmental Science 10, 1716. DOI: 10.1039/c7ee01306j

Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G. (2011): Systemanalyse zur Gaserzeugung aus Biomasse. KIT SCIENTIFIC REPORTS 7580. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. http://www.itas.kit.edu/pub/v/2011/leua11a.pdf

LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume) (2017): Biogasanlagen in Baden-Württemberg. Zahl der Anlagen und elektrische Bemessungsleistung. https://www.lel-web.de/app/ds/lel/a3/Online_Kartendienst_extern/Karten/52825/index.html

Lenglet, J.; Courtonne, J.-Y.; Caurla, S. (2016): Material flow analysis of the forest-wood supply chain: a consequential approach for logs export policies in France. Preprint. http://faere.fr/pub/Conf2016/Caurla_mfa-wood-sector_FAERE2016.pdf

LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2007): Klimaanpassung Bayern 2020. Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen. Augsburg: LfU

Lobbell, D.B.; Schlenker, W.; Costa-Roberts, J. (2011): Climate trends and global crop production since 1980. Science 333, 616-620. DOI: 10.1126/science.1204531

LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.) (2010): Bio- und Grünabfälle. Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg. LUBW: Karlsruhe

LUBW (2017): Klärschlamm. http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/26029/

Luciano Silveira, M.H.; Morais, A.R.C.; Andre M. da Costa Lopes, A.M. da; Olekszyszen, D.N.; Bogel-Łukasik, R.; Andreaus, J.; Pereira Ramos, L. (2015): Current Pretreatment Technologies for the Development of Cellulosic Ethanol and Biorefineries. ChemSusChem 8, 3366–3390. DOI: 10.1002/cssc.201500282

Mantau, U. (2012): Wood Flows in Europe. Available online: http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf

Mantau, U.; Weimar, H.; Kloock, T.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vertriebsstruktur 2010. Abschlussbericht. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft

Mantau, U. (2015): Wood flow analysis: Quantification of resource potentials, cascades and carbon effects. Biomass and Bioenergy 79, 28-38. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.08.013

Meyer, R. (2004): Nahrungsmittelqualität der Zukunft – Handlungsfelder und Optionen. Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Frankfurt/M.: Deutscher Fachverlag

Meyer, R. (2017): Bioeconomy Strategies: Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. Sustainability 9: 1031

Meyer, R.; Priefer, C. (2012): Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze. TAB-Arbeitsbericht Nr. 151. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag: Berlin

Meyer, R.; Priefer, C. (2015): Energiepflanzen und Flächenkonkurrenzen: Indizien und Unsicherheiten. GAIA 24 (2), 108-118. DOI: 10.14512/gaia.24.2.9

Michels, J. (2014): „Lignocellulose-Bioraffinerie“ Aufschluss lignocellulosehaltiger Rohstoffe und vollständige stoffliche Nutzung der Komponenten (Phase 2). Gemeinsamer Abschlussbericht zu den wissenschaftlich-technischen Ergebnissen aller Teilvorhaben. Frankfurt/M.: DECHEMA e.V. https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nachwachsende_Rohstoffe/Bioraffinerie/Pilotprojekt_Lignocellulose_Bioraffinerie_Schlussbericht.pdf

Michels, J. (2017): Die Nutzung von Biomasse zur Herstellung von Treibstoff und Chemikalien. In: Pietzsch, J. (Hrsg.): Bioökonomie für Einsteiger. Berlin: Springer Spektrum. 77-104

Millinger, M.; Thrän, D. (2016): Biomass price developments inhibit biofuel investments and research in Germany: The crucial future role of high yields. Journal of Cleaner Production, in press. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.175

MWK BW (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg) (2013): Bioökonomie im System aufstellen. Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie „Bioökonomie“. Stuttgart

MUKE BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (2012): Phosphor-Rückgewinnungsstrategie Baden-Württemberg. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/6_Wirtschaft/Ressourceneffizienz_und_Umwelttechnik/Phosphor-Rueckgewinnungsstrategie_BW.pdf

MUKE BW (2015): Leitfaden Energieeffizienz auf Kläranlagen. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/151010_Leitfaden_Energieeffizienz_auf_Klaeranlagen.pdf

Murphy, R.; Woods, J.; Black, M.; McManus, M. (2011): Global development in the competition for land from biofuels. Food Policy 36, S52–S61

Noleppa, S.; von Witzke, H. (2012): Tonnen für die Tonne. Berlin: World Wide Fund for Nature (WWF) Deutschland.

Nova Institute (2015): Industrial Material Use of Biomass in Europe 2015. http://bio-based.eu/download/?did=11058&file=0

Nowicki, P.; Banse, M.; Bolck, C.; Bos, H., Scott, E. (2008): Biobased economy. State-of-the-art assessment. The Hague: LEI

Odegard, I.; Croezen, H.; Bergsma, G. (2012): Cascading of Biomass, 13 Solutions for a Sustainable Bio-based Economy, Making Better Choices for Use of Biomass Residues, By-products and Wastes. Delft, The Netherlands: CE Delft

Österreichische Energieagentur (2016): Holzströme in Österreich 2014. https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/energieholz/holzstr_oesterr.html

Osterburg , B.; Nieberg , H.; Rüter , S.; Isermeyer , F.; Haenel , H.-D.; Hahne , J.; Krentler , J.-G.; Paulsen , H.M.; Schuchardt , F.; Jörg Schweinle , J.; Weiland, P. (2009): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 03/2009. Braunschweig, Hamburg und Trenthorst

Philp, J. (2015): Balancing the bioeconomy: Supporting biofuels and bio-based materials in public policy. Energy Environ. Sci. 8, 3063–3068

Porter, W.E. (1986): Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage). Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Aus dem Englischen übers. von Angelika Jaeger. Campus Verlag: Frankfurt am Main

Priefer, C.; Jörissen, J.; Bräutigam, K.-R. (2016): Food waste prevention in Europe – A cause-driven approach to identify the most relevant leverage points for action. Resources, Conservation and Recycling 109, 155-165

Rødsrud, G.; Lersch, M.; Sjöde, A. (2012): History and future of world's most advanced biorefinery in operation. Biomass and Bioenergy 46, 46-59. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.03.028

Ruiz, J.; Olivieri, G.; de Vree, J.; Bosma, R.; Willems, P.; Reith, J.; Eppink, M.H.M.; Kleinegris, D.M.M.; Wijffels, R.H.; Barbosa, M.J. (2016): Towards industrial products from microalgae. Energy & Enviromental Science 9, 3036. DOI: 10.1039/c6ee01493c

Scheftelowitz, M.; Thrän, D.; Hennig, C.; Krautz, A.; Lenz, V.; Liebetrau,J.; Daniel-Gromke, J.; Denysenko, V.; Hillebrand, K.; Naumann, K.; Rensberg, N.; Stinner, W. (2014a): Entwicklung der Förderung der Stromerzeugung aus Biomasse im Rahmen des EEG. DBFZ Report Nr. 21. DBFZ: Leipzig

Scheftelowitz, M. et al. (2014b): Vorhaben IIa, Stromerzeugung aus Biomasse. Wissenschaftlicher Bericht. Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Scheftelowitz, M. et al. (2015): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben IIa Biomasse), Zwischenbericht Mai 2015. DBFZ: Leipzig. https://www.dbfz.de/fileadmin/eeg_monitoring/berichte/01_Monitoring_ZB_Mai_2015.pdf

Schmidt, K. (2014): Bioabfallverwertung in Baden-Württemberg: Ein Baustein für Ressourcen- und Klimaschutz. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 11/2014, 41-46

Schüch, A.; Daniel-Gromke, J.; Liebetrau, J.; Nelles, M. (2014): Stand und Perspektiven der Abfall- und Reststoffvergärung in Deutschland. Biogas Journal 2-2014, 34-38

Sirkin, T.; ten Houten, M. (1994): The Cascade Chain. A Theory and Tool for Achieving Resource Sustainability with Applications for Product Design. Resources, Conservation and Recycling 10, 213-277

SL BW (2015): Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg. Statistik aktuell. http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Statistik_AKTUELL/803415004.pdf#search=abfall-verg%C3%A4rungsanlagen

Spruijt, J.; Schipperus, R.; Kootstra, M.; Visser, C.L.M. de; Parker, B. 2014. AlgaEconomics: bioeconomic production models of micro-algae and downstream processing to produce bio energy carriers. Public Output report of the EnAlgae project, Swansea

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2008): Umweltgutachten 2008 – Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: SRU

SRU (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. Berlin: SRU

SRU (2016): Umweltgutachten 2016 – Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin: SRU

Stadler, T.; Chauvet, J.-M. (2017): New innovative ecosystem in France to develop the Bioeconomy. New Biotechnology, in press. DOI: 10.1016/j.nbt.2017.07.009

Suter, F.; Steubing, B.; Hellweg, S. (2016): Life Cycle Impacts and Benefits of Wood along the Value Chain. Journal of Industrial Ecology. DOI: 10.1111/jiec.12486

Thonemann, N.; Schumann, M. (2017): Environmental impacts of wood-based products under consideration of cascade utilization: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production (2017), article in press. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.069

Tomlinson, I. (2013): Doubling food production to feed the 9 billion: A critical perspective on a key discourse of food security in the UK. Journal of Rural Studies 29, 81-90. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2011.09.001

UBA (Umweltbundesamt) (2012): Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. UBA: Dessau

Vigani, M.; Parisi, C.; Rodrigez-Cerezo, E.; Borbosa, M.J.; Sijtsma, L.; Ploeg, M.; Enzing, C. (2015): Food and feed products from microalgae: Market opportunities and challenges for the EU. Trends in Food Science & Technology 42, 81-92. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.12.004

Vis, M.; Mantau, U.; Allen, B. (Eds.) (2016): Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final Report. Brussels. http://bookshop.europa.eu/en/cascades-pbET0416305/

Vis, M.W.; Reumerman, P.; Gärtner, S. (2014): Cascading in the wood sector. Enschede, The Netherlands: BTG (biomass technology group)

WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik) beim BMELV (2012): Stellungnahme Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Berlin

WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz) und WBW (Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik) beim BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin

WBW (Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik) beim BMEL (2016): Die Waldstrategie 2020 im Spiegel der dritten Bundeswaldinventur. Kurzstellungnahme. Berlin

Weimar, H. (2016): Holzbilanzen 2013 bis 2015 für die Bundesrepublik Deutschland. Thünen Working Paper 57. Johann Heinrich von Thünen-Institut: Hamburg. http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn056719.pdf

Werpy, T.; Petersen, G. (Eds.) (2014): Top Value Added Chemicals from Biomass. Volume I—Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas. U.S. Department of Energy

Winiwarter, W.; Leip, A.; Tuomisto, H.L.; Haastrup, P. (2014): A European perspective of innovations towards mitigation of nitrogen-related greenhouse gases. Current Opinion in Environmental Sustainability 9–10, 37–45. DOI: 10.1016/j.cosust.2014.07.004

Windsperger, A.; Windsperger, B. (2016): Auswirkungen forcierter kaskadischer Holznutzung auf Ressourceneffizienz und Wertschöpfung in Österreich. Endbericht. Institut für Industrielle Ökologie: St. Pölten

Wirth, S.; Markard, J. (2011): Context matters: How existing sectors and competing technologies affect the prospects of the Swiss Bio-SNG innovation system. Technological Forecasting & Social Change 78, 635–649. DOI: 10.1016/j.techfore.2011.01.001

Zinke, H.; El-Chichakli, B.; Dieckhoff, P.; Wydra, S.; Hüsing, B. (2016): Bioökonomie für die Industrienation. Ausgangslage für biobasierte Innovationen in Deutschland verbessern. Berlin: Bioökonomierat

VI. Wirkungsanalyse

Mit dem Ausbau der Bioenergienutzung sind in den letzten Jahren ökologische und soziale Wirkungen, insbesondere international für Biokraftstoffe und in Deutschland für Biogas, äußerst kontrovers diskutiert worden. In diesem Teil der Projektarbeit wurde der Frage nachgegangen, welche potentiellen Wirkungen auf Umwelt und Gesellschaft mit dem Ausbau der Bioökonomie verbunden sein können. Dabei war es nicht möglich, eine vollständige Analyse der Auswirkungen der drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen zu leisten. Dies hätte u.a. die Erarbeitung von Szenarien und die Nutzung bzw. Entwicklung von Modellierungen erfordert (vgl. Angenendt et al. 2018), was Rahmen dieses Teilprojektes nicht möglich war[49]. Vielmehr waren die Zielsetzungen der Untersuchungen zu Wirkungsanalysen,

> eine Systematik der potentiell relevanten Wirkungen, die in Wirkungsanalysen ggf. zu betrachten sind, zu entwickeln;
> einen Überblick über wichtige Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung zu geben sowie ihre Möglichkeiten und Grenzen zu diskutieren;
> wichtige Aspekte der mit den drei Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen potentiell verbundenen ökologischen, sozialen und ökonomischen Wirkungen zu identifizieren;
> wichtige offene Fragestellungen der Wirkungsanalyse für die drei Nutzungspfade herauszuarbeiten, unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten Teilprojekte im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie.

Im Kapitel VI.1 werden zunächst die relevanten Wirkungsebenen und -dimensionen herausgearbeitet. In diesem Kontext wurde eine Systematik der potentiellen ökologischen, sozialen und ökonomischen Wirkungen entwickelt. Im nächsten Kapitel VI.2 werden relevante Untersuchungsansätze und Nachhaltigkeitsbewertungen vorgestellt und im Hinblick auf ihre Nutzbarkeit für Wirkungsanalysen diskutiert. In den Kapiteln VI.3 bis VI.6 wird die Systematik der potentiellen ökologischen, sozialen und ökonomischen Wirkungen exemplarisch auf wichtige Aspekte der drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen angewendet. Weiterhin wird hier auf die in Teilprojekten des württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie schon bearbeiteten Fragestellungen verwiesen und wichtige Forschungslücken identifiziert. Abschließend werden im Kapitel VI.6 allgemeine Regeln zur grundsätzlichen Einschätzung von Wirkungen entwickelt.

1. Wirkungsebenen und -dimensionen

Unter Wirkungsebenen (Kap. VI.1.1) wird behandelt, auf welchen räumlichen Ebene von lokal bis national und international Wirkungen relevant sein können. Unter Wirkungsdimensionen (Kap. VI.1.2) wird auf die Art der potentiellen Wirkungen eingegangen. Es wird eine Systematik potentieller Wirkungen entwickelt, mit sozialen, ökonomischen und ökologischen Wirkungen als grundlegenden Kategorien.

49 Diese Fragestellungen werden im Kompetenznetzwerk Modellierung bearbeitet. Da bis zum Abschluss unseres Teilprojektes Ergebnisse aus dem Kompetenznetzwerk nicht vorlagen, konnte auf diese nicht Bezug genommen werden.

1.1 Wirkungsebenen

Wichtige Betrachtungsebenen bei der Analyse von Wirkungen neuer, veränderter oder ausgeweiteter Wertschöpfungsketten der Bioökonomie sind:

> Lokale Ebene, d.h. Wirkungen auf der Ebene einzelner land- und forstwirtschaftlicher Betriebe und Konversionsstandorte;
> Ebene der Wertschöpfungskette, d.h. Wirkungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg;
> Ebene des Gesamtsystems, d.h. Wirkungen auf nationaler, EU und internationaler Ebene.

Auf *lokaler Ebene* sind potentielle positive und negative Auswirkungen von den standortspezifischen Empfindlichkeiten der Umweltschutzgüter sowie den sozialen und ökonomischen Gegebenheiten abhängig. Ein identisches Anbauverfahren und gleiche Bewirtschaftungsmaßnahmen können sich je nach Standort unterschiedlich auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Biodiversität und das Landschaftsbild auswirken. Außerdem sind in der Regel mehrere Schutzgüter betroffen, die in einem komplexen Wirkungsgefüge stehen. So kann eine bestimmte Biomasseproduktion mit ihren Bewirtschaftungsmaßnahmen für ein bestimmtes Schutzgut von Nutzen sein, aber negative Auswirkungen auf andere Schutzgüter haben (Meyer et al. 2010: 131-143). In gleicher Weise ist die soziale und ökonomische Situation der jeweiligen Betriebe und Regionen von großer Bedeutung. Wirkungen neuer bioökonomischer Wertschöpfungsketten, insbesondere einer veränderten Biomasseproduktion bzw. -bereitstellung, sind somit betriebs-, standort- und regionsspezifisch unterschiedlich.

Effekte auf der einzelbetrieblichen Ebene vor Ort sind die Basis für kumulative Wirkungen, aber in der Regel nicht Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, weil es sehr schwierig ist, aus Einzelfallbetrachtungen verallgemeinerbare Rückschlüsse zu ziehen. Allerdings werden mit dem von Thünen-Institut betreuten landwirtschaftlichen Testbetriebsnetz, den Buchführungsdaten des EU Farm Accounting Data Network und den Landwirtschaftszählungen des Statistischen Bundesamtes sowie mit dem Testbetriebsnetz Forst und den Daten der Landesforstverwaltungen, der Holzeinschlagstatistik und dem forstlichen Umweltmonitoring betriebliche Daten erfasst.

Standardmethode zur Abschätzung der Wirkungen auf der *Ebene von Wertschöpfungsketten* sind Ökobilanzen bzw. Lebenszyklusbewertungen (Life Cycle Assessment – LCA). Bio-basierte Wertschöpfungsketten zeigen häufig ebenfalls eine Kombination von positiven und negativen Veränderungen im Vergleich zur entsprechenden fossil-basierten Wertschöpfungskette. LCAs erlauben nur eine vergleichende Bewertung von Wertschöpfungsketten, bezogen auf eine funktionale Einheit. Dagegen ist es nicht möglich, mit Ökobilanzen absolute Umweltwirkungen zu bestimmen. Außerdem kann aus einem umweltverträglicheren Verfahren bzw. Produkt, das in einer LCA bestimmt wurde, nicht automatisch auf Nachhaltigkeitsgewinne bzw. geringere Umweltbelastungen geschlossen werden, weil diese von den resultierenden Veränderungen im Gesamtsystem, beispielsweise von Rebound-Effekten, abhängen (Grunwald 2016: 296-297). Schließlich sind verschiedene Lebenszyklusbewertungen schwer zu vergleichen, weil sie sich in den gewählten Systemgrenzen, einbezogenen Wirkungsdimensionen und Vergleichssystemen unterscheiden.

Auf der *Ebene des Gesamtsystems* können Wirkungen neuer, veränderter oder ausgeweiteter Wertschöpfungsketten mittels Simulationsmodellen abgeschätzt werden. Da technischer Fortschritt, zur Anwendung gelangende Varianten und zukünftige Rahmenbedingungen unsicher sind, werden oftmals Szenarien eingesetzt. In der Regel wird dabei auf vorhandenen Modellen aufgebaut und diese um neue

bioökonomische Aktivitäten ergänzt. Auf der Systemebene werden auch Verlagerungseffekte bzw. Fernwirkungen relevant.

Während statistische Daten über die Primärproduktion von Biomasse in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei etabliert sind und zur Verfügung stehen, ist dies für die darauf aufbauenden biobasierten Wertschöpfungsketten nur bedingt der Fall (vgl. Efken et al. 2016). Das in Entwicklung befindliche Monitoring für die Bioökonomie wird zukünftig Auskunft über Entwicklung und Wirkungen der Bioökonomie in Deutschland geben.

1.2 Wirkungsdimensionen

Ein erster, noch unsystematischer Überblick zu den sozialen, ökonomischen und ökologischen Wirkungen der Bioökonomie ist im Rahmen des EU-BioSTEP-Projektes erstellt worden (Hasenheit et al. 2016). Wichtige Hinweise auf relevante Wirkungen sind den Nachhaltigkeitsbewertungssystemen für landwirtschaftliche Betriebe, die forstwirtschaftliche Produktion sowie für Biomasse-Wertschöpfungsketten und -Produkte zu entnehmen (Kap. VI.2). Darauf aufbauend ist im Projekt eine Systematik potentieller ökologischer, sozialer und ökonomischer Wirkungen der Bioökonomie entwickelt worden (Tab. VI-1 bis VI-3). Die Systematisierung der Wirkungsdimension orientiert sich einerseits am Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit und andererseits an den drei übergreifenden Stufen der Wertschöpfungsketten. Dabei werden zunächst relevante Wirkungsbereiche in der ökologischen, sozialen und ökonomischen Wirkungsdimension für jede Stufe der Wertschöpfungskette benannt und dann für diese Wirkungsbereiche die jeweils betroffenen relevanten Umweltschutzgüter, sozialen Veränderungen bzw. ökonomischen Wirkungen aufgeführt. Die Wirkungsdimensionen sind prinzipiell auf allen Wirkungsebenen relevant. Es sind jeweils relevante Kenngrößen bzw. Indikatoren zu bestimmen, die die Wirkungen abbilden können.

Tab. VI. 1: Ökologische Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten

Biomasseproduktion	Konversion bis Endproduktherstellung	Endproduktnutzung
Landnutzungsänderung (z.B. Grünland zu Ackerland) → Boden → Wasser → Klima → Biodiversität → Biotope und Ökosysteme → Landschaftsbild	Wirkungen Standortwahl → Flächenbedarf → Einfluss auf Landschafts-/Stadtbild	Produkteigenschaften bzw. -nutzung → Schadstoffgehalt → Nutzungsdauer → Wiederverwendbarkeit → Recycelbarkeit → Abfall (Deponierung/Verbrennung)
Änderung der Kultivierungsarten (z.B. Getreide zu KUP) → Boden → Wasser → Klima → Biodiversität → Landschaftsbild	Wirkungen des Produktionsprozesses → Klima → Luft → Wasser → Abfälle → Energiebedarf → weiterer Ressourcenbedarf	
Änderung der Bewirtschaftungsintensität → Boden → Wasser → Luft → Klima → Biodiversität → Energiebedarf		

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. VI. 2: Soziale Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten

Biomasseproduktion	Konversion bis Endproduktherstellung	Endproduktnutzung
Wirkungen Betriebsebene	Wirkungen Betriebsebene	Wirkungen auf Konsumverhalten
→ Betriebsentwicklung und -fortführung	→ Unternehmensstruktur	→ Konsummuster allgemein
→ Einkommenshöhe und -sicherheit	→ Unternehmensgewinn und -stabilität	→ Nutzungsmuster bio-basierte Produkte
Wirkungen Arbeitswelt	Wirkungen Arbeitswelt	Wirkungen auf Ernährung
→ Beschäftigung und Beschäftigungsstruktur	→ Beschäftigung und Beschäftigungsstruktur	→ Ernährungsmuster
→ Arbeitsbedingungen	→ Arbeitsbedingungen	→ Ernährungssicherheit
→ Ausbildung und Qualifikation	→ Ausbildung und Qualifikation	Situation Verbraucherinformation
Gesundheit	Gesundheit	→ Transparenz für Verbraucher
Regionale Wirkungen	Regionale Wirkungen	
→ Regionalentwicklung	→ Regionalentwicklung	
→ Landrechte lokale/indigene Bevölkerung		
Wirkungen auf gesellschaftliche Beziehungen	Wirkungen auf gesellschaftliche Beziehungen	
→ Kooperation / Partizipation von Akteuren	→ Kooperation / Partizipation von Akteuren	
→ Akzeptanz / Konfliktpotential	→ Akzeptanz / Konfliktpotential	
	→ Handelsbeziehungen	

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. VI. 3: Ökonomische Wirkungsdimensionen bioökonomischer Wertschöpfungsketten

Biomasseproduktion	Konversion bis Endproduktherstellung	Endproduktnutzung
Wirkungen Betriebsebene	Wirkungen Betriebsebene	Wirkungen Produktmärkte
→ Wirtschaftlichkeit/Rentabilität	→ Wirtschaftlichkeit/Rentabilität	→ Produktpreise
→ Betriebseinkommen/-gewinn	→ Unternehmensgewinn	→ Produktnachfrage
Wirkungen Sektor/Gesamtwirtschaft	Wirkungen Sektor/Gesamtwirtschaft	Wirkungen Ernährung
→ Bruttowertschöpfung Wirtschaftssektoren	→ Bruttowertschöpfung Wirtschaftssektoren	→ Nahrungsmittelpreise
→ Bruttoinlandsprodukt	→ Bruttoinlandsprodukt	
Wirkungen auf Ressourcennutzung	Wirkungen auf Ressourcennutzung	
→ Betriebsmittelnachfrage	→ Betriebsmittelnachfrage	
→ Ressourceneffizienz	→ Ressourceneffizienz	
→ Biomasseangebot/-preis	→ Biomassenachfrage/-kosten	
Wirkungen Subventionen	Wirkungen Subventionen	
→ Staatliche Förderung	→ Staatliche Förderung	

Quelle: Eigene Darstellung

2. Relevante Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung

Ein systematisches Verständnis möglicher Wirkungen bildet eine wichtige Grundlage für eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung in der Bioökonomie. In der Anwendung befindliche Nachhaltigkeitsbewertungen können hier potentiell wichtige Informationen liefern. Bisherige Ansätze einer Nachhaltigkeitsbewertung konzentrieren sich auf den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb, produktspezifische Wertschöpfungsketten und den gesamten Agrarsektor. Durch die Betrachtung der Bewertungssysteme können Hinweise gewonnen werden, welche Aspekte bisher in Nachhaltigkeitsbewertungen zu wenig berücksichtigt wurden.

Technische, ökologische und sozio-ökonomische Indikatoren für bio-basierte Produktsysteme sind auch in dem Teilprojekt „Indikatoren Biomassenutzung Baden-Württemberg – Schlüsselindikatoren für eine Bewertung von integrierten Biomasse-Nutzungspfaden für Baden-Württemberg“ untersucht worden.

2.1 Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Betriebe

Die FAO hat mit SAFA – Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems einen allgemeinen Rahmen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Wertschöpfungsketten bzw. Unternehmen im Bereich Landwirtschaft und Lebensmittel mit Guidelines, Indikatoren und Handbuch vorgelegt (FAO 2013, 2014). Die SAFA Leitlinien und Indikatoren wurden unter breiter Beteiligung von Akteuren aus dem Agrar- und Lebensmittelbereich entwickelt.

Im deutschsprachigen Raum gibt es verschiedene Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Betriebe:

- RISE – Response-Inducing Sustainability Evaluation / Maßnahmenorientierte Nachhaltigkeitsanalyse landwirtschaftlicher Betriebe (Häni et al. 2008; Berner Fachhochschule 2017) der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zollikofen, Schweiz
- KSNL – Kriteriensystem Nachhaltige Landwirtschaft (Breitschuh et al. 2008) der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
- SMART – Sustainability Monitoring and Assessment RouTine des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL)
- DLG-Nachhaltigkeitsstandard (Christen et al. 2013) der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG)
- Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben (Roesch et al. 2016) von Agroscope, Schweiz
- NaLa – Nachhaltigkeitscheck in der Landwirtschaft von den Trägergesellschaften des „Grünen Zentrums“, u.a. der Landwirtschaftskammer Niedersachsen
- Nachhaltigkeitskriterien für milchviehhaltende Betriebe (Flint et al. 2016) des Thünen-Instituts
- DSI – Dairyman-Sustainability-Index (Elsaesser et al. 2013) des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (LAZBW) in Aulendorf als Resultat eines EU-Interreg-Projektes.

Alle Ansätze unterscheiden eine soziale Dimension, eine wirtschaftliche Dimension und eine Umwelt- bzw. ökologische Dimension. Der FAO-Ansatz beinhaltet zusätzlich eine Governance Dimension und der Ansatz des Thünen-Instituts für Milchviehbetriebe eine Dimension Tierwohl. Bei KSNL und DLG ist eine Zertifizierung des Betriebes möglich. Der RISE-Ansatz wird international genutzt (57 Länder, über 3.300 Betriebe, HAFL 2018); die praktische Anwendung von KSNL und DLG-Nachhaltigkeitsstandard ist auf Deutschland beschränkt und bewegt sich im zweistelligen Bereich (Zapf, Schultheiß 2013).

Betriebsbewertungssysteme zur Nachhaltigkeitsanalyse haben eine Beratungs- und Bewertungsfunktion. Im Hinblick auf die Beratung ist die Zielsetzung, die Situation bzw. Entwicklung des individuellen Betriebs und seine Schwachstellen zu erfassen sowie Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Bei einer Bewertung wird der Ist-Zustand mit definierten Zielvorgaben (Soll-Zustand) verglichen, was Vergleiche zwischen Betrieben und ggf. eine Zertifizierung erlaubt.

Trotz der grundlegenden Übereinstimmung bei den Nachhaltigkeitsdimensionen gibt es bei den Bewertungssystemen in der Strukturierung der Untersuchungsbereiche und den konkreten Indikatoren einige Unterschiede. Außerdem unterscheiden sie sich im Hinblick darauf, für welche landwirtschaftlichen Betriebe sie anwendbar sind. Am wenigsten gut ausgearbeitet sind die Indikatoren der sozialen Dimension, wobei diese in vielen Fällen eine starke ökonomische Ausrichtung haben. Schließlich werden die Nachhaltigkeitsziele (Soll-Zustand) oftmals nicht offen gelegt. Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe, die in Deutschland eine Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt haben, ist bisher gering. Die Nachhaltigkeitsbewertungssyssteme für landwirtschaftliche Betriebe sind somit nicht direkt für die Wirkungsanalyse von Bioökonomie-Aktivitäten nutzbar. Aber sie geben mit ihren Indikatoren wichtige Hinweise, welche Wirkungen potentiell relevant sind.

2.2 Nachhaltigkeitsbewertung forstwirtschaftlicher Betriebe

Eine Nachhaltigkeitszertifizierung forstwirtschaftlicher Betriebe erfolgt über die Standards FSC – Forest Stewardship Council und PEFC – Programme for the Endorsement of Forest Certification. Die Zertifizierungen sind freiwillig und werden durch den Waldbesitzer initiiert.

Der Forest Stewardship Council (FSC; www.fsc.org) ist eine internationale gemeinnützige Organisation mit Zentrale in Bonn und nationalen Arbeitsgruppen. Er wurde 1993 gegründet. Der FSC wird in Deutschland getragen von Umweltverbänden wie dem WWF und Greenpeace, aber auch von Vertretern aus der Wirtschaft und Gewerkschaften wie der IG BAU. Der FSC hat weltweit einheitlich zehn Grundprinzipien und 56 Kriterien für verantwortungsvolle Waldwirtschaft definiert. Für deren Umsetzung werden auf nationaler Ebene Indikatoren nach einem einheitlichen Verfahren entwickelt. Dieses Vorgehen reflektiert die unterschiedlichen sozio-kulturellen, ökologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eines Landes. Nicht nur Unternehmen der Forst- und Holzwirtschaft, sondern auch Vertreter von Natur- und Umweltschutz sowie sozialer Belange werden bei der Entwicklung der Standards beteiligt, im Sinne eines offenen und partizipativen Prozesses. Der deutsche FSC-Standard wurde ebenso in einem partizipativen Verfahren erarbeitet (FSC Deutschland 2012).

Der PEFC-Prozess wurde 1998 von skandinavischen, französischen, österreichischen und deutschen Waldbesitzern zusammen mit Vertretern der Holzwirtschaft initiiert. Anders als der FSC, der von unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen wie Umweltverbänden, Gewerkschaften, Waldbesitzern und Verbänden der Holzwirtschaft unterstützt und getragen wird, wird der PEFC von der Forst- und Holzwirtschaft dominiert. Seine Kriterien basieren auf internationalen Beschlüssen der Nachfolgekonferenzen der Konferenz von Rio 1992. In Europa sind dies die Kriterien und Indikatoren, die auf den Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (Helsinki 1993, Lissabon 1998, Wien 2003) verabschiedet wurden (Meyer et al. 2010: 180-181). Die Standards umfassen ökologische, ökonomische und soziale Aspekte (PEFC Deutschland 2014). Die nationalen PEFC-Standards weichen stark voneinander ab. Die FSC-Zertifizierung gilt als deutlicher strenger als die des PEFC (Meyer et al. 2010: 181).

In Baden-Württemberg sind 363.667 ha FSC-zertifiziert und 1.113.523 ha PEFC-zertifiziert (FSC Deutschland 2017; PEFC Deutschland o.J.; vgl. Kap. IV.2.1). Damit ist das Ziel in der Nationalen Strategie

zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung, dass 80% der Waldfläche bis 2010 nach hochwertigen ökologischen Standards zertifiziert sein sollen, für Baden-Württemberg nahezu erfüllt. Im Bundesdurchschnitt lag 2016 der Anteil der nach PEFC zertifizierten Waldfläche bei 66,8% und der nach FSC zertifizierten Waldfläche bei 10,5% (UBA 2017). Da Waldflächen in der Regel gleichzeitig nach beiden Systemen zertifiziert werden, ist die Zielsetzung bundesweit vermutlich deutlicher nicht erreicht.

2.3 Nachhaltigkeitsbewertung von Biomasse-Wertschöpfungsketten und -Produkten

Es gibt mittlerweile eine ganze Reihe von Zertifizierungssystemen und -initiativen, die über die Wertschöpfungskette hinweg Nachhaltigkeitsstandards für Produkte setzen (Van Dam et al. 2010). In der Regel sind dies privatwirtschaftliche Initiativen; bei den Biokraftstoffen gibt es auch EU-weite staatliche Anforderungen.

Im Bereich Holz besteht eine internationale Nachhaltigkeitszertifizierung durch FSC und PEFC. Beispielsweise sind weltweit rund 195 Mio. ha Waldfläche in 84 Ländern FSC-zertifiziert (FSC 2017). Internationaler Handel und Verarbeitung werden über eine Produktkettenzertifizierung (Chain of Custody) zertifiziert. Dazu muss jedes Unternehmen in der Produktkette, vom Wald bis zum Endkunden, ein innerbetriebliches Verfahren aufbauen, das sicherstellt, dass FSC-zertifizierte Materialien jederzeit identifizierbar bleiben. Hält das Unternehmen alle Regeln ein, wird ihm das FSC-Zertifikat verliehen, das ihn berechtigt, die zertifizierten (End-)Produkte mit dem FSC-Label auszuzeichnen. Analoges gilt für die PEFC-Zertifizierung. Ein deutlicher Zertifizierungsschwerpunkt liegt in Ländern der borealen und gemäßigten Zonen, während in den Tropen nur rund 6 Prozent der Wälder international zertifiziert sind (BMEL 2017: 246). Mit der Zertifizierung über die Wertschöpfungskette hinweg wird allerdings nur garantiert, dass der Rohstoff Holz aus FSC-zertifiziertem Wald stammt, aber keine Kriterien und keine Nachhaltigkeitsbewertung der weiteren Stufen der Wertschöpfungskette Holz vorgenommen.

Multi-Stakeholder-Initiativen für eine Nachhaltigkeitszertifizierung bestehen weiterhin für Palmöl (RSPO – Roundtable on Sustainable Palm Oil) und Soja (RTRS – Roundtable on Responsible Soy). Die Zertifizierung erfolgt anhand von Prinzipien und Kriterien für Palmölanbau und -mühlen bzw. Sojaanbau (RSPO 2013; RTRS 2017). Auch hier wird mit einer Zertifizierung über die Wertschöpfungskette hinweg der Nachweis bis zum Endverbraucher gewährleistet.

Nach der EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien (EU Renewable Energy Directive – EU-RED; 2009/28/EC) müssen Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe die für die Anrechnung auf die Ziele der EU-RED und für die Berücksichtigung bei öffentlichen Förderregelungen sogenannte „Nachhaltigkeitskriterien" erfüllen (Kap. VII.4.5). Dabei handelt es sich um zwei Kriterien: Zum einen muss eine Mindesteinsparung an Treibhausgasemissionen erzielt werden und zum anderen darf die Biomasse nicht von Flächen stammen, die einen anerkannt hohen Wert hinsichtlich der biologischen Vielfalt oder des Kohlenstoffbestands hatten. Außerdem müssen die umwelt- und landwirtschaftsbezogenen Bestimmungen der EU-Cross-Compliance eingehalten werden (Meyer et al. 2010: 169-170; Kap. VII.4.2). Somit sind beispielsweise keine sozialen Kriterien einbezogen und es handelt sich nicht um eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung.

Insgesamt sind die Nachhaltigkeitskriterien, -indikatoren und -evaluationen abhängig von den Zielen, dem Kontext und den Werten der beteiligten Stakeholder (Dale et al. 2015). Zertifizierungssysteme sind größtenteils ohne Koordination zwischen den jeweiligen Organisatoren entwickelt worden und im Hinblick auf viele Aspekte inkompatibel (Goh et al. 2014). Soziale und ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit sind oftmals nicht so gut abgebildet. Internationale Systeme der Nachhaltigkeitsbewertung

sind herausgefordert durch unterschiedliche nationale und lokale Regulierungen sowie durch die Etablierung effizienter Monitoring- und Auditierungssysteme (Thiffault et al. 2015). Durch Nachhaltigkeitszertifizierungen können vor allem direkte, lokale Wirkungen beeinflusst werden (Van Dam et al. 2010). Dagegen können sie systemische Effekte, wie beispielsweise indirekte Landnutzungsänderungen, nicht abdecken. Freiwillige Nachhaltigkeitszertifizierungen haben in den letzten Jahren Marktanteile gewonnen, aber es ist unwahrscheinlich, dass alleine mit freiwilligen Zertifizierungen der Marktanteil nachhaltiger Biomasse zukünftig weiter erheblich ausgebaut und die gewünschten Nachhaltigkeitseffekte erzielt werden können (Van Oorschot et al. 2014). Schließlich gilt durchweg, dass nur die Nachhaltigkeit der Biomasseerzeugung, aber nicht die gesamte Wertschöpfungskette bis zum Endprodukt bewertet wird.

2.4 Nachhaltigkeitsbewertungen des Agrar- und Forstsektors

Zur Nachhaltigkeitsbewertung der deutschen Landwirtschaft gibt es verschiedene Aktivitäten bzw. Ansätze. Die Bundesregierung legt im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie alle vier Jahre einen Fortschrittsbericht und das Statistische Bundesamt alle zwei Jahre einen Indikatorbericht vor. Die Landwirtschaft wird darin mit zwei Indikatoren (Stickstoffüberschuss, Anteil ökologischer Landbau) erfasst (Destatis 2017).

Die DLG legt seit 2015 jährlich einen Nachhaltigkeitsbericht für den deutschen Agrarsektor vor, der Indikatoren aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und sozialer Verantwortung sowie einen aggregierten Nachhaltigkeitsindex umfasst, die in ihrem zeitlichen Verlauf (in der Regel seit dem Jahr 2000) abgebildet werden (DLG 2016). Weiterhin sind die im Rahmen des Integrierten Nachhaltigkeitskonzepts von ITAS erarbeiteten Indikatoren für das Aktivitätsfeld Ernährung und Landwirtschaft zu nennen (Coenen, Grunwald 2003). Keine explizite Nachhaltigkeitsberichterstattung, aber umfassende Informationen mit vielen potentiellen Nachhaltigkeitsindikatoren liegen mit dem Waldbericht 2017 der Bundesregierung (BMEL 2017) vor.

Zur Nachhaltigkeitsbewertung der Bioökonomie hat das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) einen „Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen für ein Monitoring der Bioökonomie: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie“ vorgelegt (Adler et al. 2015). Darin werden ausgehend von den drei Nachhaltigkeitsdimensionen (ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit) aufeinander aufbauend Leitziele, Kriterien und Indikatoren zusammengestellt. 45 ökologische, 41 ökonomische und 33 soziale Indikatoren werden vorgeschlagen sowie ihr jeweiliger Geltungsbereich und die Methode zur Ermittlung benannt. Außerdem ist in dem EU-Projekt S2BIOM[50] eine vorläufige Zusammenstellung von Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren vorgenommen, mit 16 ökologischen, 9 sozialen und 2 ökonomischen Indikatoren (Iriarte, Fritsche 2015).

3. Ökologische Wirkungen

Für die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen werden in diesem Kapitel exemplarisch einige wichtige ökologische Wirkungen diskutiert.

50 S2BIOM – Delivery of sustainable supply of non-food biomass to support a "resource-efficient" Bioeconomy in Europe

3.1 Biogas

Der Nutzungspfad Biogas zeichnet sich dadurch aus, dass die Biogaserzeugung in Deutschland von 2000 bis 2014 erheblich ausgebaut wurde und somit eingetretene Wirkungen beobachtet werden können. Ökologische Wirkungen der bisherigen landwirtschaftlichen Biogaserzeugung werden insbesondere für vier Wirkungsbereiche diskutiert:

> Einsparung von Klimagasemissionen: Die Biogasproduktion trägt signifikant zur Senkung der Klimagasemissionen in Deutschland bei (DBFZ 2011: 68). Allerdings sind CO_2-Vermeidungskosten bei Biogas hoch (WBA 2011: 9).
> Veränderung von Kulturartendiversität und Fruchtfolgen: Betriebe und Regionen mit einem hohen Tierbesatz haben oft schon eine geringe Kulturartendiversität, in Verbindung mit einem hohen Bestand an Biogasanlagen wird dies verstärkt (DBFZ 2011: 48). Der Ausbau der Biogaserzeugung hat zu einer deutlichen Ausweitung der Anbaufläche von Silomais geführt (Meyer, Priefer 2012: 121). Dies hatte potentiell negative Auswirkungen, insbesondere auf Bodenqualität, -struktur und -erosion, Grund- und Oberflächengewässer sowie Biodiversität. Dies führte zu einer kritischen Debatte unter dem Stichwort „Vermaisung“ (Herbes et al. 2014; Linhart, Dhungel 2013). In Ackerbauregionen mit vorher geringen Maisanteilen kommt es dagegen zu einer Erweiterung der Fruchtfolgen, was positiv bewertet wird (DBFZ 2011: 122).
> Landnutzungsänderung: Der Ausbau der landwirtschaftlichen Biogasproduktion hat in der Vergangenheit erheblich zum Grünlandumbruch, also der Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland, beigetragen (Gömann et al. 2013; WWF 2011).
> Wirkung der Gärrestdüngung auf Stickstoffbilanz sowie Grundwasser- und Oberflächengewässerschutz: Betriebe und Regionen mit hohem Tierbesatz haben einen hohen Stickstoffbilanzüberschuss, der sich durch Biogasanlagen unter diesen Bedingungen tendenziell verstärkt (DBFZ 2011: 48). Risiken für den Grundwasser- und Oberflächengewässerschutz werden insbesondere durch eine überhöhte anlagennahe Gärrestrückfuhr, durch zunehmenden Maisanbau und damit einhergehend erhöhte Erosionsgefahr sowie das zusätzliche Aufkommen organischer Dünger durch pflanzliche Gärreste gesehen (Von Buttlar, Willms 2016).
> Emissionen bei der Biogaserzeugung: Die gesetzlichen Anforderungen zur Emissionsreduktion bei der Biogaserzeugung und Gärrestelagerung sind in den letzten Jahren kontinuierlich verschärft worden.

In den nächsten Jahren werden potentiell andere Wirkungen auftreten, bedingt durch das Ende der 20-jährig garantierten Einspeisevergütung für die Bestandsanlagen ab 2020 sowie die neuen Anforderungen des EEG 2017 bei einem Weiterbetrieb nach erfolgreicher Teilnahme an den Ausschreibungen und anderer rechtlicher Regelungen wie der neuen Düngeverordnung. Allgemein wird eine Abnahme der Anzahl und installierten Leistung der Biogasanlagen erwartet. Im Teilprojekt „Repowering Biogasanlagen Baden-Württemberg“ sind die Wirtschaftlichkeit von Repowering-Maßnahmen sowie mögliche Entwicklungen des Biogas-Anlagenbestandes mittels Szenarien untersucht worden. Diese Analysen könnten ein guter Ausgangspunkt sein, um folgende Fragen im Hinblick auf ökologische Wirkungen zu untersuchen:

> Wie ändert sich die landwirtschaftliche Flächennutzung (Anbauarten und -intensität) der verbleibenden Biogasanlagen und welche geänderten Umweltwirkungen sind damit verbunden?

> Welche Flächennutzung und veränderten Umweltwirkungen sind bei den ausscheidenden Biogasanlagen zu erwarten, in Abhängigkeit von der neuen Betriebsausrichtung der betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe bzw. der Produktionsgestaltung durch Betriebe, welche die Flächen übernehmen.

Identifizierter Forschungsbedarf für ökologische Wirkungsforschung Pflanzenbau und Biogas: Zukünftige landwirtschaftliche Flächennutzung und damit verbundene Umweltwirkungen sowohl der verbleibenden als auch bei den ausscheidenden Biogasanlagen

Dauergrünland stellt eine potentielle Substratquelle für Biogasanlagen dar, die bisher nur teilweise genutzt wird. Erste Ergebnisse aus dem Teilprojekt „Ökologisch-ökonomische Analyse der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion in Baden-Württemberg“ zeigen, dass für Baden-Württemberg ungenutzte Substratpotentiale von Dauergrünland bestehen (Petig et al. 2017) und in Norddeutschland bei Berücksichtigung von Opportunitätskosten sogar ein wirtschaftliche Substratbereitstellung erreicht werden kann (Auburger et al. 2017). Regionale Potentiale von Dauergrünland sind ebenso in anderen Untersuchungen identifiziert worden (Ketzer et al. 2017). Ausgehend von den Potentialabschätzungen für nicht mehr für die Tierproduktion benötigtes Dauergrünland ist eine noch offene Fragestellung, welche Auswirkungen auf die Bewirtschaftungsintensität durch eine Nutzung als Biogassubstrat und welche daraus folgenden ökologischen Wirkungen erwartet werden können. Für eine Bewertung politischer Gestaltungsansätze wäre außerdem interessant, die energetische Nutzung von Dauergrünland mit der extensiven (bzw. ökologischen) Nutzung für hochwertige (tierische) Nahrungsmittel im Hinblick auf ökologische Wirkungen und Nachhaltigkeit zu vergleichen.

Identifizierter Forschungsbedarf ökologische Wirkungsforschung Dauergrünland: Vergleich der ökologischen Wirkungen und Nachhaltigkeit der energetischen Nutzung von Dauergrünland mit der extensiven (bzw. ökologischen) Nutzung für hochwertige (tierische) Nahrungsmittel

3.2 Lignozellulose

Erhebliche Unsicherheit bestehen hinsichtlich der zukünftigen Realisierung von innovativen Lignozellulose-Wertschöpfungsketten auf der Basis Bioraffinerie, insbesondere im Hinblick auf Ort und Umfang der zusätzlichen Produktion und Konversion von Lignozellulose-Biomasse sowie der sich entwickelnden Lignozellulose-Wertschöpfungsketten (s. Kap. V.3.2). Die potentiellen ökologischen Wirkungen sind entscheidend von diesen unsicheren Entwicklungen im Nutzungspfad Lignozellulose abhängig. Die land- bzw. forstwirtschaftliche Erzeugung von Lignozellulose-Biomasse steht im Kontext ökologischer Wirkungen im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Eine *landwirtschaftliche Anbauproduktion von Lignozellulose-Biomasse* kann mit Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Miscanthus erfolgen. Dabei handelt es sich um extensiv bewirtschaftete Dauerkulturen, die infolge des geringeren Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes deutlich weniger umweltbelastend sind als der Anbau annueller Energiepflanzen. Der Boden kann während der Nutzungsphase in zehn bis 20 Jahren eine mehr oder weniger ungestörte Struktur aufbauen, da eine Bodenbearbeitung nur bei Einrichtung der Plantage erforderlich ist. Aufgrund der starken Durchwurzelung und der durch die Laubstreu belebten Bodenfauna können KUP zur Lockerung der oberen Bodenschichten, zur Verbesserung der Wasserrückhaltefähigkeit und zur erhöhten Kohlenstoffspeicherung beitragen (Rösch, Jörissen 2012).

Mehrjährige Gehölze haben im Vergleich zu annuellen Energiepflanzen einen deutlich geringeren Bedarf an Stickstoffdünger, dessen Herstellung mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden ist. Zudem setzen Ackerböden nach der Düngung Lachgas frei, das fast 300-mal so klimaschädlich ist wie CO_2. Mit einzubeziehen ist ferner der Energieaufwand für Transport, Lagerung und Trocknung des Ernteguts. Vorliegende Lebenszyklusanalysen bescheinigen Holz aus KUP im Vergleich zu anderen Energiepflanzen höhere Energieerträge und geringere Treibhausgas(THG)-Emissionen (Brandão et al. 2011). Die THG-Emissionen für KUP liegen in Abhängigkeit von den jeweiligen methodischen Annahmen und Systemgrenzen zwischen 39 bis 132 Gramm CO_2-Äquivalenten pro Kilowattstunde (Djomo et al. 2011) und damit deutlich unter denen von Mais (160 bis 380 Gramm CO_2-Äquivalente pro Kilowattstunde). Nicht berücksichtigt dabei ist, dass unter KUP der Kohlenstoffvorrat im Boden ansteigt. Insbesondere auf ärmeren Standorten kann sich der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff im Oberboden nach mehreren Jahren KUP-Anbau um 30 bis 40 Prozent erhöhen (Lamersdorf, Schulte-Bisping 2012).

Trotz der genannten Vorzüge können mit der Anlage und Bewirtschaftung von KUP auch negative Effekte auf Naturhaushalt, Klima und Biodiversität verbunden sein. Im Vergleich zu Ackerbaukulturen ist beim Anbau von Kurzumtriebsgehölzen mit einem deutlichen Rückgang der Sickerwassermenge zu rechnen. Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts können sich – je nach standörtlicher Situation – in Form von Grundwasserabsenkungen in der Vegetationsperiode und einer Verringerung der Grundwasserneubildung aufgrund der hohen Transpirationskoeffizienten der Bäume, besonders bei Weiden oder Pappeln, ergeben (Busch 2009; Dimitriou et al. 2009; Lamersdorf, Schulte-Bisping 2010; IEA 2011).

Dauergrünland gilt als wichtige Kohlenstoffsenke. Bei einem Grünlandumbruch zugunsten von KUP müsste also, zumindest im Jahr der Etablierung der Plantage, mit einer Kohlenstofffreisetzung aus dem Bodenvorrat gerechnet werden. Noch höhere Freisetzungsraten sind zu erwarten, wenn es sich um Dauergrünland auf Moorböden und Standorten mit hohem Grundwasserstand handelt. Durch bestimmte Anlageverfahren wie die punktuelle oder streifenweise Einbringung bewurzelter Pflanzen kann aber die Verletzung der Grasnarbe und damit die CO_2-Freisetzung weitgehend vermieden werden (Rösch, Jörissen 2012).

Schnellwuchsplantagen werden in der Regel als Monokulturen angelegt, unter Verwendung nur weniger Baumarten und Klone. Diese aus ökonomischer Sicht rationale Bevorzugung großflächiger und genetisch homogener Plantagen kann sich ungünstig auf die Biodiversität auswirken, da sie zur Vereinheitlichung des Lebensraums führt (Schulz et al. 2009; Hildebrandt, Ammermann 2010; IEA 2011). Zudem besteht die Gefahr, dass zur Ertragserhöhung gentechnisch veränderte Gehölze oder invasive Baumarten wie Robinie und Götterbaum eingesetzt werden, die sich in benachbarte Biotope ausbreiten könnten. Welche Langzeitwirkungen und möglichen Risiken für die biologische Vielfalt damit verbunden sind, bedarf der weiteren Erforschung (Rösch, Jörissen 2012).

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist die Anlage von KUP auf folgenden Standorten mit besonderen Vorteilen verbunden (Rösch, Jörissen 2012):

> In waldarmen, ausgeräumten Agrarlandschaften mit vorwiegend ackerbaulicher Nutzung können Schnellwuchsplantagen die Strukturvielfalt erhöhen und damit das Lebensraumpotenzial für Tier- und Pflanzenarten erweitern (Schulz et al. 2009).
> Erosionsgefährdete Standorte können durch KUP vor dem Verlust wertvoller Bodensubstanz geschützt werden (NABU 2008).

> Mit der Anlage von KUP als verbreiterte Gewässerrandstreifen lässt sich die Einhaltung von Abstandsregelungen beim Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz sicherstellen. In Wasserschutzgebieten können KUP aufgrund ihrer hohen Nährstoffbindung dazu beitragen, langfristig die Qualität des neu gebildeten Grundwassers zu verbessern (Busch 2009; IEA 2011).
> Durch eine linienförmige Anpflanzung von Pappeln entlang von Verkehrswegen können die dahinter liegenden Felder vor Schadstoffimmissionen abgeschirmt werden (BUND 2010).
> In Überschwemmungsgebieten können KUP dazu beitragen, Abflussspitzen zu kappen und die Entstehung lokaler Überflutungen zu verzögern (NABU 2008; BUND 2010).

Die Aussichten eines landwirtschaftlichen Anbaus von Lignozellulose-haltigen Pflanzen, KUP und Miscanthus, in Baden-Württemberg ist im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Anbaubereitschaft von Landwirten im Teilprojekt „Analyse der Rentabilität und Akzeptanz des Anbaus Lignocellulose-liefernder Pflanzen“ untersucht worden. Wenn der Anbau merklich ausgeweitet wird, dann voraussichtlich am ehesten an schlechten Standorten. Die vorliegende Potentialabschätzung zum landwirtschaftlichen Anbau von Lignozellulose-haltigen Pflanzen in Baden-Württemberg könnte ein guter Ausgangspunkt sein, um zu untersuchen, wie sich die ökologischen Vorteile und Nachteile von KUP und Miscanthus vermutlich ausprägen werden.

Identifizierter Forschungsbedarf ökologische Wirkungsforschung KUP und Miscanthus: Abschätzung der ökologischen Wirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus von Lignozellulose-haltigen Pflanzen in Baden-Württemberg ausgehend von der vorliegenden Potentialabschätzung

Eine weitere potentielle Quelle für neue Lignozellulose-Wertschöpfungsketten sind *landwirtschaftliche Rest- und Abfallstoffe*, insbesondere Stroh. Verschiedene regional differenzierte Abschätzungen der nutzbaren Strohpotentiale liegen vor (Monforti et al. 2013 und Scarlat et al. 2010 für EU-Mitgliedsstaaten; Weiser et al. 2014für Deutschland; Haase et al. 2016 für verschiedene Regionen Nordwest-Europas; Kappler 2008 und Gauder et al. 2011 für Baden-Württemberg; Meyer et al. 2017 für die Oberrheinregion), mit verschiedenen methodischen Ansätzen zur Berücksichtigung der Wirkung auf die Bodenfruchtbarkeit. Stroh und andere Erntereste stellen eine wichtige Quelle für Kohlenstoff und Nährstoffe im Boden dar (Andrews 2006). Von ausreichenden Ernteresten auf dem Feld ist eine ausgeglichene Humusbilanz abhängig. Sie haben positive Effekte auf die Bodenfruchtbarkeit und -struktur, die Wasserinfiltration und -haltekapazität, die mikrobielle Aktivität im Boden und die Biodiversität (Haase et al. 2016). Eine zu hohe Nutzung kann zur Verringerung des Bodenkohlenstoffgehaltes und zu erhöhten CO_2-Emissionen führen (Liska et al. 2014). Ob eine zukünftige Nutzung von Stroh für neue Lignozellulose-Wertschöpfungsketten mit Bioraffinieren zu negativen Wirkungen auf Humusgehalt und Bodenfruchtbarkeit führen wird, hängt einerseits vom ökonomischen Anreiz zu einer intensiven Strohnutzung und andererseits von den agrarumweltpolitischen Rahmensetzungen, z.B. im Rahmen der Guten Fachlichen Praxis, und ihrer Kontrolle ab.

Die *forstliche Holzproduktion* ist die primäre Quelle für Lignozellulose-Wertschöpfungsketten (Kap. IV.2.1 und V.3.2). Nach der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) wird der Vorrat im Wald trotz hoher prognostizierter Holznutzung weiter moderat zunehmen. Insgesamt über alle Baumarten erreicht das Rohholzpotenzial die Höhe der bisherigen Nutzung, nur bei der Fichte wird langfristig das zukünftige Potenzial die bisherige Nutzung unterschreiten (BMEL 2017: 97). In den letzten 20 Jahren ist der Holzeinschlag in Deutschland allerdings schon von knapp 50 Mio. m^3 auf knapp 70 Mio. m^3 gestiegen (Bioökonomierat 2016).

Regionen mit hohem Holzpotential in Europa, wie beispielsweise Baden-Württemberg, haben derzeit schon eine hohes Niveau der Holznutzung erreicht und damit nur ein begrenztes Potential zur zukünftigen Steigerung der Holzproduktion (Kraxner et al. 2017; vgl. Meyer et al. 2017 für die Oberrheinregion). Hinzu kommt, dass infolge des Klimawandels extreme Wetterereignisse wie Stürme zur starken Störung der Holzmärkte und zur Veränderung der längerfristigen Holzverfügbarkeit führen können (Gardiner et al. 2010). Schließlich wird sich durch Waldumbau und Klimaanpassungsmaßnahmen die Waldstruktur und die einsetzbaren Holzernteverfahren verändern (Berendt et al. 2017).

Die Mobilisierung von mehr Holz aus dem Wald bedeutet eine Intensivierung der Forstnutzung und kann zu negativen Wirkungen auf andere Waldfunktionen, insbesondere seine ökologischen Funktionen, führen. Die Nutzung von Waldrestholz und insbesondere von Baumstümpfen kann zu Verlusten beim Bodenkohlenstoffgehalt und Klimagasemissionen führen. Weitere potentielle negative Wirkungen sind Bodenerosion und -verdichtung, Nährstoffverluste sowie Störungen von Habitaten und Biodiversitätsverlusten (Kraxner et al. 2017; Bauhus et al. 2017).

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) sieht in der Waldstrategie 2020 der Bundesregierung (BMELV 2011) eine asymmetrische Funktionswahrung zugunsten des ökonomischen Wertes der Wälder und ihrer Produktionskraft für die Bereitstellung von Rohstoffen, bei Vernachlässigung der ökologischen Funktionen des Waldes. Die Zielsetzung einer Maximierung der Holzerträge wird als problematisch angesehen und befürchtet, dass sich die Ansprüche der kommerziellen Holzproduktion auf Kosten anderer Ziele durchsetzen (SRU 2012: 225; vgl. BMEL 2017: 67). Um dies zu verhindern, fordert der SRU u.a. die Einführung ökologischer Mindeststandards sowie die Einführung und Kontrolle von Nutzungsgrenzen (SRU 2012: 227-228).

Potentialabschätzungen für forstwirtschaftliche Biomasse aus Baden-Württemberg wurden in den Teilprojekten „Darstellung der Rohstoffpotenziale von Lignozellulose aus der Waldbewirtschaftung auf Grundlage aktueller Bundeswaldinventur-Daten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Eigentümerzielsetzungen in Privat- und Körperschaftswald“ und „Regionale Verfügbarkeit von Lignozellulose als Primärrohstoff für Baden-Württemberg: Ein Beitrag zur Kapazitätsauslegung, Standortfindung und nachhaltigen Rohstoffversorgung für künftige biomassebasierte Konversionsanlagen“ durchgeführt. Fernerkundungs-basierte Abschätzungen zum Holzpotential des Forstes (Maack et al. 2016) und von Bäumen außerhalb von Forstflächen (Maack et al. 2017a) sowie zum wirtschaftlich verfügbaren Potential von Lignozellulose-Biomasse in Baden-Württemberg (Maack et al. 2017b) liegen vor. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass eine Nutzung dieser Holzpotentiale für neue Wertschöpfungsketten in starker Konkurrenz zu traditionellen Holznutzungen, insbesondere zur energetischen Nutzung sowie zur Zellstoff- und Papierindustrie stehen werden (Maack et al. 2017b).

Insgesamt werden zukünftig vermutlich nur relativ geringe ungenutzte Potentiale im baden-württembergischen Wald zur Verfügung stehen, solange sich die bisherige Holznachfrage, insbesondere für energetische Nutzungen, nicht verändert. Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung der Holznachfrage liegen allerdings nicht vor.

Eine Übernutzung der forstlichen Ressourcen mit entsprechenden negativen ökologischen Wirkungen ist auf einem großen Teil der Waldfläche in Baden-Württemberg nicht zu erwarten, soweit eine Nachhaltigkeitszertifizierung, insbesondere eine FSC-Zertifizierung (s. Kap. VI.2.3) besteht. Nach der Zielvorgabe der Nationalen Biodiversitätsstrategie (NBS) soll bis 2020 der Flächenanteil der Wälder mit na-

türlicher Waldentwicklung, d.h. ohne Bewirtschaftung, fünf Prozent der Waldfläche sowie zehn Prozent der Waldfläche der öffentlichen Hand betragen (BMUNBR 2015: 18). Eine Umsetzung dieser Zielsetzung würde einerseits das Holzangebot verringern, andererseits einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der biologischen Vielfalt liefern. Ökologische Wirkungen auf den verbleibenden Waldflächen sind abhängig von der zusätzlichen Nachfrage nach Lignozellulose-Biomasse in der Zukunft, aber auch von anderen Faktoren wie Einstellung der Waldbesitzer und gesellschaftliche Debatten zur Waldnutzung.

Beim Export von Konversionstechnologien in bzw. Import von Lignozellulose-Biomasse (Wald- bzw. Plantagenholz) aus Entwicklungs- und Schwellenländern bestehen erhebliche Risiken einer nicht nachhaltigen Waldnutzung. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass insbesondere tropische Wälder unter erheblichen Druck stehen, wobei verschiedene Ursachen zum Waldverlust führen. Klimagasemissionen, Verlust von Biodiversität und Bodendegradation sind die wichtigsten ökologischen Wirkungen der Waldzerstörung.

3.3 Mikroalgen

Ökologische Wirkungen können zunächst potentielle von Anlagen zur Kultivierung und Aufbereitung von Mikroalgen ausgehen. Relevant könnten sein:

> Wasser- und Energiebedarf der Mikroalgen-Kultivierung: Der Wasserbedarf stellt nur bei offenen Systemen bei hoher Verdunstung potentiell ein Problem dar. Der Energiebedarf für Belüftung, Temperierung und Durchmischung sowie Zellaufschluss, Extraktion und Fraktionierung ist tendenziell hoch. Ökologische Wirkungen hängen insbesondere davon ab, auf welcher Art der Stromproduktion die Energiebereitstellung beruht.

> Flächenbedarf der Mikroalgen-Kultivierung: Die Flächenproduktivität von Mikroalgen ist deutlich höher als die landwirtschaftlicher Kulturen. Trotzdem beanspruchen Mikroalgenproduktionsanlagen Fläche. Die ökologischen Wirkungen der Landnutzungsänderung infolge der Errichtung einer Mikroalgenproduktionsanlage hängen von der vorherigen Flächennutzung ab. Eine Untersuchung zur großflächigen Mikroalgenkultivierung an der US Golfküste für energetische Nutzungen zeigt, dass mit der Landnutzungsänderung relevante Treibhausgasemissionen verbunden sein können (Handler et al. 2017).

> Auswirkungen auf Landschafts- bzw. Stadtbild: Derzeit ist nicht einschätzbar, ob zukünftig Anlagen zur Mikroalgen-Kultivierung eher im urbanen Umfeld oder im ländlichen Raum errichtet werden. Während im urbanen Raum Ansiedlungen auf ehemaligen Industrieflächen unproblematisch sind, könnten Ansiedlungen auf neu erschlossenen Flächen zum Flächenverbrauch beitragen, wobei im urbanen Raum der Flächendruck sowieso schon hoch ist. Im ländlichen Raum bedeutet die Errichtung von Mikroalgen-Kultivierungsanlagen auf jeden Fall eine Landnutzungsänderung, verbunden mit Flächenversiegelung. Da Mikroalgenproduktionsanlagen technische Systeme darstellen, können mit Bau und Betrieb dieser Anlagen potentiell starke Auswirkung auf Ökosysteme in unmittelbarer Nähe verbunden sein (Skarka 2015: 19).

Diese Auswirkungen sind insgesamt gering, solange kurzfristig nur Nichenmärkte für hochwertige Nahrungsergänzungsmittel und Lebensmittelinhaltsstoffe aus Mikroalgen erschlossen werden, da die dafür benötigten Mikroalgenproduktion und -produktionsanlagen begrenzt sind. Eine andere Situation ergibt sich in dem Moment, wenn längerfristig Massenmärkte für Mikroalgenprodukte realisiert werden können. Erste Potenzialabschätzungen zeigen, dass die verfügbare Flächen und technische Produktionspotentiale in Deutschland begrenzt sind und hohe Potentiale vor allem in Spanien bestehen (Skarka 2015).

Neben direkten ökologischen Wirkungen einer Mikroalgenproduktion für Massenmärkte sind in diesem Fall auch die Auswirkungen auf die Nutztierhaltung relevant, denn bei breiter Etablierung von Mikroalgenprodukten ist ein entsprechender Rückgang der Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln zu erwarten. Während eine Reduktion der industriellen Tierhaltung, insbesondere in Regionen mit hoher räumlicher Konzentration, positive ökologische Wirkungen (z.B. Verringerung des Stickstoffbilanzüberschusses) haben würde, sind von einem Rückgang extensiver Tierhaltung eher negative ökologische Wirkungen zu erwarten. Ob eher die extensive oder industrielle Tierhaltung zurückgehen wird, ist entscheidend vom Konsumverhalten der Verbraucher abhängig. Ein Umstieg von tierischen Produkten auf ihre Ersatzprodukte kann sowohl hochpreisige Marktsegmente als auch Standardware betreffen, wird u.a. vom Preis und Image der (Fleisch-)Ersatzprodukte bestimmt und ist derzeit kaum abschätzbar.

Fragen der Substitution werden in den Teilprojekten „Mikroalgen - Potenzial zur Entspannung der globalen Biomassebilanz durch hochwertiges Nahrungsprotein?“ und „Bewertung und Szenarien der Nutzung von Mikroalgen für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln“ untersucht, deren Ergebnisse noch nicht vorliegen. Da sich eine Mikroalgenproduktion für Massenmärkte in einem frühen Entwicklungsstadium befindet, sind Zeitpunkte der Marktreife, Anwendungsfelder, Marktdurchdringung und Konkurrenzsituationen ungewiss und schwierig abzuschätzen. Offene Fragestellungen und mögliche Untersuchungsansätze werden im Kap. VI.6.3 im Kontext ökonomischer Wirkungen vorgestellt.

4. Soziale Wirkungen

4.1 Biogas

Die EEG-Förderung für Biogas in der Vergangenheit hatte einigen landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg eine neue Betriebsausrichtung bzw. die Etablierung eines neuen Betriebszweiges ermöglicht. Mit dem Ablauf der 20jährigen EEG-Förderung, der Notwendigkeit von Investitionen in Repowering und der Möglichkeit zur Beteiligung an EEG-Ausschreibungen für eine 10jährige Weiterförderung nach EEG 2017 stehen grundsätzliche Entscheidungen zur Betriebsentwicklung an. Neben der Wirtschaftlichkeit, die im Teilprojekt „Repowering Biogasanlagen Baden-Württemberg“ untersucht wurde und die von einer Reihe von Faktoren beeinflusst wird, wird die zukünftige Betriebsentwicklung von anderen Einflussfaktoren wie beispielsweise einer gesicherten Hofnachfolge abhängen.

Die zukünftige Biogasnutzung dürfte erheblich von der gesellschaftlichen Akzeptanz beeinflusst werden. Zur Akzeptanz von Biogasanlagen vor Ort, durch Landwirte und Anwohner, gibt es mehrere Untersuchungen (z.B. Ehrenstein et al. 2012; Griesen 2010; Schumacher 2015). Erste Hinweise deuten darauf hin, dass sich die Akzeptanz vor Ort und die allgemeine gesellschaftliche Akzeptanz deutlich unterscheiden (Herbes et al. 2014). Es ist davon auszugehen, dass gesellschaftliche Einstellungen und Bewertungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Verbindung zu den kontroversen Debatten über die Zukunft der Landwirtschaft unter dem Stichwort industrielle versus bäuerliche Landwirtschaft stehen. Eine noch unbearbeitete Fragestellung ist, welche Faktoren die gesellschaftliche Akzeptanz von Biogas beeinflussen und inwieweit die Biogaserzeugung als Element der Entwicklung zu einer industriellen Landwirtschaft wahrgenommen wird.

Identifizierter Forschungsbedarf soziale Wirkungsforschung Biogas:
Ausprägung und Einflussfaktoren gesellschaftlicher Akzeptanz von Biogas

4.2 Lignozellulose

In der *Forstwirtschaft* ist die *Anzahl der Beschäftigung* sowohl in Europa als auch in Deutschland in den letzten Jahren zurückgegangen (Lawrence et al. 2017; BMEL 2017: 83). Der Beschäftigungsrückgang wurde durch die fortschreitende Mechanisierung der Waldarbeit und die institutionelle Umorganisation der staatlichen Forstverwaltungen verursacht. Die fortschreitende Mechanisierung in der Holzernte hat die Produktivität der Waldarbeit deutlich erhöht. Die personalintensive, motormanuelle Holzernte wurde auf forstliche Dienstleistungsunternehmen mit hochmechanisierten Verfahren ausgelagert. Die leichte Beschäftigungszunahme in den forstlichen Dienstleistungsunternehmen konnte die Beschäftigungsverluste in den Forstbetrieben nicht vollständig kompensieren. Die institutionelle Umorganisation der staatlichen Forstverwaltungen von Regiebetrieben zu Eigenbetrieben bzw. zu Anstalten des öffentlichen Rechts (Kap. IV.2.1) hat zu einer verstärkten privatwirtschaftlichen Ausrichtung der neu entstandenen Betriebe und zu einem Abbau von Arbeitsplätzen geführt (BMEL 2017: 83). Gegenüber dieser generellen Trendentwicklung sind von einer in Deutschland und Baden-Württemberg höchstens begrenzt möglichen Mobilisierung von Holzreserven nur schwache positive Beschäftigungswirkungen zu erwarten.

Ebenso ist in der *traditionellen Holzwirtschaft*, d.h. den Holz bearbeitenden und verarbeitenden Industrien sowie der Zellstoff- und Papierindustrie, die Beschäftigung rückläufig (Lawrence et al. 2017; BMEL 2017: 83). Ursache sind der deutliche Absatzrückgang bei graphischen Papieren und die Stagnation des Absatzes bei anderen Holzprodukten (Jonsson 2017). Wenn es gelingt, Bioraffinerie-Prozesse und innovative Wertschöpfungsketten in Betrieben der traditionellen Holznutzung zu entwickeln und zu integrieren, dann könnte dies weitere Beschäftigungsverluste verhindern oder sogar einen Beschäftigungsanstieg bewirken. Solche neuen Aktivitäten entwickeln sich bisher allerdings nur sehr langsam, wie sich am Beispiel Schweden trotz günstiger Voraussetzungen zeigt (Palgan, McCormick 2016).

Parallel zum Beschäftigungsrückgang sind in der *Forstwirtschaft* Veränderungstendenzen in den *Arbeits- und Beschäftigungsbedingungen* festzustellen. Dazu gehören der Wandel von unbefristeter Beschäftigung zu Zeit- und Werkverträgen, von Beschäftigung im öffentlichen Sektor zu kleinen Dienstleistungsunternehmen und die grenzüberschreitende Verlagerung von Forstarbeit. Forstbeschäftigte des öffentlichen Sektors müssen neben dem Forstmanagement zunehmend weitere Aufgabenstellungen wie Ökosystemdienstleistungen und Öffentlichkeitsarbeit übernehmen, wobei die verschiedenen Rollen zu erheblichen Druck und Konflikten führen können (Lawrence et al. 2017). Hinsichtlich der Arbeitssicherheit und -unfälle im Forstbereich ist die Waldarbeit gefährlich und das Unfallrisiko höher als in anderen Branchen. Die Unfallzahlen bei staatlichen Forstwirten sind allerdings rückläufig, bedingt durch einen zunehmenden Anteil mechanisierter Holzerntesysteme und entsprechender Präventionsmaßnahmen der Staatsforsten (BMEL 2017: 89).

Die sozialen Wirkungen von Bioraffinerien und innovativen Lignozellulose-basierten Wertschöpfungsketten sind bisher kaum untersucht. Die chemische Industrie ist eine der deutschen Kernindustrien mit starker Tarifbindung, guten Löhnen und Arbeitsbedingungen. Wenn die Lignozellulose-Konversion in Bioraffinerien und die Nutzung der bio-basierten Drop-In-(Grund-) Chemikalien von den führenden multinationalen Chemieunternehmen realisiert wird, ist keine grundlegende Änderung der Beschäftigungs- und Arbeitsbedingungen zu erwarten. Anders könnte sich die Situation bei Start-up-Unternehmen darstellen, die innovative Spezialchemikalien herstellen und neue

Produktmärkte erschließen; zumindest für das nicht-wissenschaftliche Personal könnte hier ein Verlassen der Tarifbindung auftreten.

Insgesamt sind bei den verschiedenen Ansätzen zur Nachhaltigkeitsbewertung Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit am wenigsten abgedeckt und die sozialen Wirkungen innovativer Entwicklungen in der Bioökonomie kaum untersucht. Hier fehlen noch Arbeiten zur systematischen Identifikation relevanter sozialer Wirkungen, zur Entwicklung geeigneter Untersuchungsansätze und zur exemplarischen Analyse von konkreten Fallbeispielen.

Identifizierter Forschungsbedarf soziale Wirkungsforschung Lignozellulose:
Systematik relevanter sozialer Wirkungen, Entwicklung zielgenauer Untersuchungsmethoden und exemplarische Fallanalyse für Lignozellulose-basierte Wertschöpfungsketten

4.3 Mikroalgen

Mikroalgen-basierte Lebensmittel sind neuartige Nahrungsmittel, deren zukünftiger Erfolg von Wahrnehmung und Akzeptanz der Verbraucher abhängig ist, insbesondere wenn sie auf Massenmärkten von vielen Verbrauchern nachgefragt werden sollen. Gleichzeitig werden einige weitere Ansätze zur Erzeugung neuartiger proteinreicher Lebensmittel verfolgt. Hintergrund ist das wachsende Bewusstsein über negative Umwelt- und Klimawirkungen sowie Tierschutzaspekte der landwirtschaftlichen Tierhaltung, die zu einer zunehmend kritischeren Haltung in der Bevölkerung gegenüber tierischen Lebensmitteln geführt hat. Solche Ansätze für alternative, proteinreiche Lebensmittel sind (Bioökonomierat 2017):

- Lebensmittel auf Insektenbasis
- Mikrobielles Protein aus Hefen, Pilzen und Bakterien
- In-vitro-Fleisch
- Neuartige pflanzliche Proteinquellen
- Neue Produkte aus etablierten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen

Die Art der Wahrnehmung und die Kaufentscheidungen der Verbraucher werden letztlich über den Erfolg dieser neuartigen Lebensmittel im Markt entscheiden. Einige der neuartigen Produkte dürften allerdings soziokulturell bedingt teilweise auf Skepsis bis Ablehnung stoßen. So werden beispielsweise Insekten in westlichen Kulturen u. a. mit schlechter Hygiene assoziiert und können mit Ekelgefühlen assoziiert sein. Mikroorganismen hingegen werden oft mit Krankheiten in Verbindung gebracht. In-vitro-Fleisch wird voraussichtlich als unnatürlich wahrgenommen werden (Bioökonomierat 2017). Darüber hinaus wird eine Rolle spielen, inwieweit Umwelt- und Nachhaltigkeitsvorteile glaubhaft gemacht werden können, selbstverständlich neben dem Preis der entsprechenden Lebensmittelprodukte.

Erste Untersuchungen zu Verbraucherakzeptanz von Mikroalgen und anderen neuartigen Lebensmitteln liegen vor, aber viele Fragen sind noch offen, beispielsweise welche Faktoren Wahrnehmung und Kaufentscheidungen beeinflussen. Ebenso ist unklar, welche Substitutionsbeziehungen bestehen (vgl. Kap. VI.3.3) und von welchen Rahmenbedingungen diese abhängig sind.

Identifizierter Forschungsbedarf soziale Wirkungsforschung Mikroalgen:

Wahrnehmung, Akzeptanz und Kaufbereitschaft für neuartige, proteinreiche Lebensmittel inklusive Mikroalgen-basierte Nahrungsmittel sowie ihre Bestimmungsfaktoren.

Potentielle gesundheitliche Wirkungen von Mikroalgen-Lebensmitteln betreffen einerseits die Nährstoffzusammensetzung und ernährungsphysiologische Wertigkeit dieser Lebensmittel sowie anderseits mögliche toxische bzw. allergene Inhaltsstoffe, mikrobiologische Kontaminationen und eingesetzte Produktionshilfstoffe. Der erste Aspekt ist integraler Bestandteil der Technikentwicklung zu Mikroalgen, bei der Selektion und Weiterentwicklung geeigneter Mikroalgen-Stämme, der Optimierung der Mikroalgen-Kultivierung und der Entwicklung von Verfahren zur Inhaltsstoffgewinnung. Fragestellungen der Ernährungswirkungen wurden außerdem im Teilprojekt „Bioverfügbarkeit, gesundheitlicher Nutzen und Sicherheit von Nährstoffen aus Mikroalgen und ihren verarbeiteten Produkten“ untersucht. Der zweite Aspekt ist eng mit der Maßstabsvergrößerung hin zur industriellen Produktion verbunden. Eine Risikobewertung hinsichtlich möglicher Kontaminationen der Mikroalgen-Kulturen bzw. während der Aufarbeitungsschritte und ggf. notwendiger Gegenmaßnahmen wie dem Einsatz von Antibiotika bei einer Produktion im großen Maßstab steht noch aus (Bioökonomierat 2017).

5. Ökonomische Wirkungen

5.1 Biogas

Mit der Biogasproduktion sind erhebliche regionalwirtschaftliche Effekte verbunden. Durch Errichtung von Biogasanlagen sind mehrere Milliarden Euro in ländlichen Räumen investiert worden, wobei ein großer Teil der regionalen Wirtschaft im jeweiligen Landkreis bzw. Bundesland zugutegekommen ist. Am meisten profitierten das Baugewerbe und der Maschinenbau. Die Aufwendungen für den laufenden Betrieb der Biogasanlagen, insbesondere für Substrate, Reparaturen und Betriebsstoffe, verbleiben zu fast drei Vierteln in den Landkreisen, in denen die Biogasanlagen errichtet wurden. Davon profitieren zu einem Großteil andere landwirtschaftliche Betriebe, landwirtschaftliche Dienstleister sowie Handwerksbetriebe. Somit leisten die Biogasanlagen einen erheblichen Beitrag zur Wertschöpfung vor Ort (Guenther-Lübbers, Theuvsen 2015; Dannemann 2016).

Andererseits lässt sich angesichts der zunehmenden Konkurrenz um Fläche zur Futter- bzw. Substratproduktion sowie zur Ausbringung zusätzlicher Nährstoffe in Gärresten vor allem in Milch- und Veredlungsregionen ein deutlicher Anstieg der Pachtpreise nachweisen (Gömann et al. 2013). Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass seit 2007 die Kauf- und Pachtpreise für landwirtschaftliche Flächen deutlich gestiegen sind (Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Bodenmarktpolitik“ 2015: 10 ff.).

Auf Biomasse insgesamt entfielen 2016 rund 28% der EEG-Gesamtvergütungszahlungen bei einem Anteil von rund 25% an der EEG-Strommenge (BMWi 2017). Die EEG-Vergütungszahlungen für den Bereich Biomasse in Höhe von rund 7,8 Mrd. Euro sind über die EEG-Umlage von den Stromverbrauchern zu tragen. Für den Bereich der Biomasseverstromung hat im Zeitraum bis 2012 ein deutlicher Anstieg der spezifischen Zahlungen, d.h. der durchschnittliche EEG-Vergütung pro Kilowattstunde, an die Anlagebetreiber stattgefunden, verursacht durch die zunehmende Bandbreite von Sonderzahlungen wie Güllebonus. Für Biomasse haben sich die mit der EEG-Vergütung intendierten Innovationen und Kostensenkungen in der vergangenen Dekade nicht eingestellt und sind auch weiterhin kaum abzusehen (Matthes et al. 2015: 4, 17). Im Gegensatz zu anderen regenerativen Energien entfällt bei Biogasanla-

gen rund die Hälfte der Kosten auf die Substratbereitstellung, so dass die Agrarpreise bzw. Opportunitätskosten einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen haben, die vorrangig mit Energiepflanzen betrieben werden (Vgl. WBA 2011). Deshalb hat mit den letzten EEG-Novellierungen eine Umorientierung von einer Erzeugungsmaximierung hin zu einer flexiblen Erzeugung zur Systemstabilisierung stattgefunden.

In den nächsten Jahren werden infolge erfolgreicher Teilnahme an den Ausschreibungen nach EEG 2017 und Repowering-Maßnahmen bei bestehenden Biogasanlagen neue Investitionen im Biogasbereich erfolgen, die aber deutlich niedriger ausfallen werden als in den Jahren des starken Zubaus von Biogasanlagen. Es ist außerdem zu erwarten, dass nach der 20-jährigen EEG-Förderung in den Jahren ab 2020 ein Teil der Biogasanlagen nicht weiter betrieben wird (vgl. Kap. VI.4.1), sodass diesen Betrieben eine Einkommensquelle verloren geht. Von den alternativen Betriebsentwicklungsmöglichkeiten wird es abhängen, inwieweit dadurch in der Summe Wertschöpfungs- und Einkommensverluste eintreten werden.

5.2 Lignozellulose

Die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen von innovativen Lignozellulose-Wertschöpfungsketten hängen zunächst davon ab, ob eine zusätzliche Nachfrage entsteht oder es zu einer reinen Substitution entsprechender Erdöl-basierter Produkte kommt. Im letzteren Fall wird nur eine Verlagerung von Wertschöpfung bewirkt.

Im 20. Jahrhundert ist Produktion und Konsum von Forst-basierten Produkten in Europa kontinuierlich angestiegen, bedingt durch die ökonomische Entwicklung und das Bevölkerungswachstum. Während weltweit ein weiteres Wachstum von Produktion und Konsum, mit Ausnahme von graphischen Papieren, erwartet wird, wird für die EU auch in den nächsten Jahren eine Stagnation in den Schnittholz-, Zellstoff- und Papiermärkten erwartet, u.a. aufgrund der demographischen Entwicklung, langsamen ökonomischen Wachstum und zunehmender globaler Konkurrenz. Erhebliche Unsicherheiten bei der zukünftigen Nachfrage nach Forst-basierten Produkten ergeben sich aus der weiteren Entwicklung der Energie- und Klimaschutzpolitik. Während viele Untersuchungen zu zukünftigen Holzpotentialen und Angebot von Lignozellulose-Biomasse vorliegen, sind unabhängige wissenschaftliche Analysen zur Nachfrageseite forstlicher Biomasse selten (Jonsson et al. 2017). Mit der Einführung neuer Lignozellulose-Wertschöpfungsketten können positive oder negative ökonomische Rückwirkungen mit der traditionellen Holzwirtschaft verbunden sein. Dies hängt u.a. von dem Gesamteffekt der Entwicklungen aller Forst-basierten Sektoren auf die Holznachfrage, der Entwicklung von Kaskadennutzungen, den Preiseffekten und Nachfrageanpassungen sowie politischen Rahmensetzungen ab. Diese systemischen Zusammenhänge zwischen traditionellen und innovativen Lignozellulose-Wertschöpfungsketten sind bisher unzureichend untersucht.

Identifizierter Forschungsbedarf ökonomische Wirkungsforschung Lignozellulose:
Systematische Analyse möglicher zukünftiger Nachfrageentwicklung und Anpassungsreaktionen im Cluster Forst und Holz

Wenn die Energie- und Verkehrswende in Deutschland deutlich vorankommen sollte, dann wird dies über die verringerte Nachfrage dieser Sektoren nach Erdöl-Produkten Auswirkungen auf die Rohstoffbasis der chemischen Industrie haben. Sowohl ein Rückgang der Erdölnachfrage aus dem Energie- und Verkehrssektor als auch die Etablierung spezifischer bio-basierter Grundchemikalien werden sich auf das komplexe Produktionsnetzwerk der chemischen Industrie auswirken. Es könnte sein, dass durch

Preiseffekte und veränderte Wirtschaftlichkeit entsprechende Anpassungsreaktionen bis hin zu den Endproduktmärkten ausgelöst werden. Diese ökonomischen Wirkungszusammenhänge ist bisher faktisch nicht untersucht und diskutiert worden.

Identifizierter Forschungsbedarf ökonomische Wirkungsforschung Lignozellulose:
Analyse der Wirkungszusammenhänge einer Weiterentwicklung der stofflichen Nutzung von Lignozellulose-Biomasse über die Bioökonomie hinaus

5.3 Mikroalgen

Mikroalgen fallen unter die Novel Food-Verordnung (EU/2015/2283; s. Kap. VII.4.11). „Neuartige Lebensmittel“ (Novel Food) sind alle Lebensmittel, die vor dem Inkrafttreten der Verordnung 1997 nicht in nennenswertem Umfang in der Europäischen Union für den menschlichen Verzehr verwendet wurden. Sie dürfen erst nach einem erfolgreichem Bestehen des EU-einheitlichen Zulassungsverfahrens, das eine gesundheitliche Bewertung beinhaltet, in Verkehr gebracht und müssen gekennzeichnet werden[51]. Das Zulassungsverfahren wird gänzlich von der Europäischen Kommission unter Beteiligung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) durchgeführt. Die Regelung der Novel Food-Verordnung gelten für neuartige Lebensmittel selbst, aus ihnen hergestellte Produkte, neuartige Inhaltsstoffe sowie neuartige Verfahren und Technologien der Verarbeitung. Die Erstellung des Zulassungsdossiers mit den ggf. notwendigen Studien kann für den Antragsteller zu erheblichen Kosten führen. Die Novel Food-Verordnung mit ihrem hohen Anspruch an die Lebensmittelsicherheit stellt somit für die Markteinführung neuartiger Mikroalgen-Lebensmittel ein hohes Hindernis dar (Bioökonomierat 2017).

Die Erschließung von Nichenmärkten für Mikroalgenprodukte wie hochwertige Nahrungsergänzungsmittel wird nur sehr begrenzte positive Wirkungen auf Bruttowertschöpfung, Beschäftigung und Einkommen haben. Dagegen würde eine Etablierung von Massenmärkten für Mikroalgenprodukte relevante ökonomische Wirkungen verursachen. Es kann erwartet werden, dass Investitionen in eine Massenproduktion von Mikroalgenprodukten durch nicht-landwirtschaftliche Akteure erfolgen wird. Da parallel ein Rückgang der tierischen Produktion in der Landwirtschaft stattfinden würde, wäre eine Verlagerung von Wertschöpfung, Beschäftigung und Einkommen von der Landwirtschaft weg die Folge. In Abhängigkeit vom räumlichen Schwerpunkt einer Mikroalgenproduktion im großen Maßstab könnte zusätzlich eine Verlagerung beispielsweise in südeuropäische Länder erfolgen.

Trotz der Unsicherheiten bei der Mikroalgenproduktion für Massenmärkte hinsichtlich Zeitpunkte der Marktreife, möglichen Anwendungsfeldern, erwartbarer Marktdurchdringung und Entwicklung konkurrierender Ansätze sollten frühzeitig mögliche Substitutions- und Konkurrenzbeziehungen, insbesondere zur traditionellen tierischen Produktion in der Landwirtschaft, sowie die sich daraus ergebenden ökonomischen Wirkungen analysiert werden. Ein vermutlich geeigneter Untersuchungsansatz hierfür wären qualitative bzw. halb-quantitative Szenarienanalysen. Die Teilprojekte "Mikroalgen – Potenzial zur Entspannung der globalen Biomassebilanz durch hochwertiges Nahrungsprotein?" und "Bewertung und Szenarien der Nutzung von Mikroalgen für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln" sollten dafür Anregungen geben können.

51 Einzelne Mikroalgenarten, z.B. Chlorella, sind als „vor 1997 in nennenswertem Umfang als Lebensmittel verwendet“ eingestuft und fallen damit nicht unter die Novel-Food-Verordnung.

Identifizierter Forschungsbedarf ökonomische Wirkungsforschung Mikroalgen:
Analyse von Substitutions- und Konkurrenzbeziehungen einer Mikroalgenproduktion im großen Maßstab sowie der resultierenden ökonomischen Effekte mittels Szenarien.

6. Regeln zur Wirkungseinschätzung

Unabhängig von der wissenschaftlichen Untersuchung der Wirkungen konkreter bio-basierter Wertschöpfungsketten und dem im Aufbau befindlichen Monitoring der Bioökonomie können allgemeine Regeln benannt werden, die hinsichtlich einer grundsätzlichen Einschätzung von Wirkungen helfen können. Allgemeine Regeln zur Einschätzung von Wirkungen sind:

> Das Risiko negativer Wirkungen ist besonders hoch bei Konstellationen, wo die Nachfrage nach Biomasse stark ansteigt sowie natürliche Ressourcen und soziale Bedingungen unter hohem Druck stehen.
> Je besser die allgemeinen (gesetzlichen) Anforderungen an eine Umwelt- und Sozialverträglichkeit der Produktion in Wertschöpfungsketten ausgestaltet sind, umso geringer ist das Risiko negativer Wirkungen.
> Eine besondere Verantwortung besteht beim Export von Konversionstechnologien, beim Biomasseimport aus Drittländern und bei Investitionen in die Biomasseproduktion in Drittländern im Hinblick auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards.
> Die Geschwindigkeit von Veränderungsprozessen hat einen erheblichen Einfluss darauf, inwieweit Anpassungen möglich sind bzw. negative Wirkungen auftreten.

Grundsätzliche Regeln zur Gestaltung von Wirkungsabschätzungen sind:

> Die Beurteilung von Wirkungen wird erheblich beeinflusst von der zugrunde gelegten Referenzsituation bzw. den gewählten Szenarien. Annahmen in Wirkungsabschätzungen und Vorgehensweise bei der Szenarienbildung sollten offen gelegt werden und nachvollziehbar sein, um zu gesellschaftlichen Verständigungsprozessen beitragen zu können.
> Szenarien für längerfristige bioökonomische Entwicklungspfade sollten nicht alleine von Wissenschaftlern, sondern in transdisziplinären Projekten mit breiter Beteiligung gesellschaftlicher Akteure entwickelt werden, damit sie die in der Gesellschaft vertretenen Werthaltungen und Zukunftsvorstellungen reflektieren.
> Szenarien zur landwirtschaftlichen Produktion sollten als Referenzentwicklung nicht nur den Status-quo abbilden, sondern alternative landwirtschaftliche Entwicklungspfade entsprechend den vorhandenen unterschiedlichen Visionen.
> Wirkungsabschätzungen sollten nicht nur die direkten Effekte von bio-basierten Wertschöpfungsketten, sondern auch die von Substitutions- und Konkurrenzbeziehungen ausgehenden Wirkungen einbeziehen.
> Wirkungsabschätzungen sollten auch die Wechselwirkungen zwischen Pfaden und mögliche Rückkopplungsmechanismen berücksichtigen.

Literatur Kapitel VI

Adler, P.; Budzinski, M.; Erdmann, G.; Majer, S.; Meisel, K.; Schock, S.; Thrän, D. (2015): Sachstandsbericht über vorhandene Grundlagen für ein Monitoring der Bioökonomie: Nachhaltigkeit und Ressourcenbasis der Bioökonomie. Leipzig: DBFZ

Andrews, S.S. (2006): Crop Residue Removal for Biomass Energy Production: Effects on Soils and Recommendations, USDA-Natural Resource Conservation Service. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/16/nrcs143_019400.pdf

Angenendt, E.; Poganietz, W.-R.; Bos, U.; Wagner, S.; Schippl, J. (2018): Modelling and Tools Supporting the Transition to a Bioeconomy. In: Lewandowski, I. (Ed.): Bioeconomy. DOI: 10.1007/978-3-319-68152-8_9

Auburger, S.; Petig, E.; Bahrs, E. (2017): Assessment of grassland as biogas feedstock in terms of production costs and greenhouse gas emissions im exemplary federal states of Germany. Biomass and Bioenergy 101, 44-52. DOI: 10.1016/biombioe.2017.03.008

Bauhus, J.; Kouki, J.; Paillet, Y.; Asbeck, T.; Marchetti, M. (2017): How does the forest-based bioeconomy impact forest biodiversity? In: Winkel, G. (Ed.): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Joensuu, Finland: European Forest Institute. 67-76

Berendt, F.; Fortin, M.; Jaeger, D.; Schweier, J. (2017): How Climate Change Will Affect Forest Composition and Forest Operations in Baden-Württemberg—A GIS-Based Case Study Approach. Forests 8, 298. DOI: 10.3390/f8080298

Bioökonomierat (2016): Holz in der Bioökonomie – Chancen und Grenzen. BÖRMEMO 05. Berlin

Bioökonomierat (2017): Neue Snsätze für die Proteinversorgung der Zukunft. BÖRMEMO 06. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2017): Waldbericht 2017

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung

BMUNBR (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2015): Naturschutz-Offensive 2020. Für biologische Vielfalt! https://biologischevielfalt.bfn.de/fileadmin/NBS/documents/Veroeffentlichungen/Naturschutz_Offensive_2020_bf_CPS.pdf

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2017): EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2018 (Stand: 16. Oktober 2017). http://erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf

Brandão, M.; Canals, L.M.; Clift, R. (2011): Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. Biomass and Bioenergy 35, 2323–2336

BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung – Chancen und Risiken. Positionspapier 55. Berlin: BUND

Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Bodenmarktpolitik“ (2015): Landwirtschaftliche Bodenmarktpolitik: Allgemeine Situation und Handlungsoptionen

Busch, G. (2009): The impact of short rotation coppice cultivation on groundwater recharge: A spatial (planning) perspective. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59, 207–221

Coenen, R.; Grunwald, A. (Hrsg.) (2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland. Analysen und Lösungsstrategien. Berlin: edition sigma

Dale, V.H.; Efroymson, R.A.; Kline, K.L.; Davitt, M.S. (2015): A framework for selecting indicators of bioenergy sustainability. Biofuels Bioprod. Bioref. 9, 435–446

Dannemann, B. (2016): Wertschöpfung in den Bioenergie-Regionen. Themenbrief Bioenergie-Regionen 02/2016, 3-6

DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) (2011): Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Leipzig: DBFZ

Destatis (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile

Dimitriou, I.; Busch, G.; Jacobs, S.; Schmidt-Walter, P.; Lamersdorf, N. (2009): A review of the impacts of short rotation coppice cultivation on water issues. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59, 197–205

Djomo, S. N.; Kasmioui, Q.; Ceulemans, R. (2011): Energy and greenhouse gas balance of bioenergy production from poplar and willows: A review. GCB Bioenergy 3, 181–197

DLG (2016) DLG-Nachhaltigkeitsbericht 2016. Frankfurt/M.: DLG. http://www.nachhaltige-landwirtschaft.info/fileadmin/downloads/pdf/DLG_Nachhaltigkeitsbericht_2016.pdf

Efken, J.; Dirksmeyer, W.; Kreins, P.; Knecht, M. (2016): Measuring the importance of the bioeconomy in Germany: Concept and illustration. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences 77, 9–17. DOI: 10.1016/j.njas.2016.03.008

Ehrenstein, U.; Strauch, S.; Hildebrand, J. (2012): Akzeptanz von Biogasanlagen. Hintergründe, Analyse und Empfehlungen für die Praxis. Saarbrücken: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) und Forschungsgruppe Umweltpsychologie (FG-UPSY), Universität des Saarlandes

FSC (Forest Stuardship Council) (2017): FSC Facts & Figures. December 1, 2017. https://ic.fsc.org/en/facts-and-figures

FSC Deutschland (2012): Deutscher FSC-Standard. Deutsche übersetzte Fassung. Version 2.3 vom 01.07.2012

FSC Deutschland (2017): FSC-zertifizierte Forstbetriebe in Deutschland. Stand: Oktober 2017. http://www.fsc-deutschland.de/de-de/der-fscr/prinzipien

Gardiner, B.; Blennow, K.; Carnus, J.-M.; Fleischer, P.; Ingemarson, F.; Landmann, G.; Lindner, M.; Marzano, M.; Nicoll, B.; Orazio, C.; Peyron, J.-L.; Reviron, M.-P.; Schelhaas, M.-J.; Schuck, A.; Spielmann, M.; Usbeck, T. (2010): Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts. Final report to European Commission – DG Environment. http://www.efiatlantic.efi.int/files/attachments/efiatlantic/2010-storm/storms_final_report_main_text.pdf

Gauder, M.; Graeff-Hönninger, S.; Claupein, W. (2011): Identifying the regional straw potential for energetic use on the basis of statistical information. Biomass and Bioenergy 35, 1646-1654. DOI: :10.1016/j.biombioe.2010.12.041

Gömann, H.; de Witte, T.; Peter, G.; Tietz, A. (2013): Auswirkungen der Biogaserzeugung auf die Landwirtschaft. Thünen Report 10

Goh, C.S.; Junginger, M.; Faaij, A. (2014): Monitoring sustainable biomass flows: General methodology development. Biofuels Bioprod. Bioref. 8, 83–102. DOI:10.1002/bbb.1445

Griesen, M. (2010): Akzeptanz von Biogasanlagen. Dissertation an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

Grunwald, A. (2016). Nachhaltigkeit verstehen. Arbeiten an der Bedeutung nachhaltiger Entwicklung. München: oekom Verlag

Guenther-Lübbers, W.; Theuvsen, L. (2015): Regionalwirtschaftliche Effekte der Biogasproduktion: Eine Analyse am Beispiel Niedersachsen. Berichte über Landwirtschaft 93 (2)

Haase, M.; Rösch, C.; Ketzer, D. (2016): GIS-based assessment of sustainable crop residue potentials in European regions. Biomass and Bioenergy 86, 156-171. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.01.020

Handler, R.M.; Shi, R.; Shonnard, D.R. (2017): Land use change implications for large-scale cultivation of algae feedstocks in the United States Gulf Coast. Journal of Cleaner Production 153, 15-25. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.149

Hasenheit, M.; Gerdes, H.; Kiresiewa, Z.; Beekman, V. (2016): Summary report on the social, economic and environmental impacts of the bioeconomy. BioSTEP (Promoting stakeholder engagement und public awareness for a participative governance of the European bioeconomy)

Herbes, C.; Jirka, E.; Braun, J.P.; Pukall, K. (2014): Der gesellschaftliche Diskurs um den „Maisdeckel“ vor und nach der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012. GAIA 23, 100 –108. DOI: 10.14512/gaia.23.2.7

Herbes, C.; Pustišek, A.; McKenna, R.; Balussou, D. (2014): Überraschende Diskrepanz bei Biogas: lokal akzeptiert, global umstritten. ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 64 (5), 53-56

Hildebrandt, C.; Ammermann, K. (2010): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Leipzig: Bundesamt für Naturschutz(BfN)

IEA (International Energy Agency) (2011): Quantifying environmental effects of short rotation coppice (SRC) in biodiversity, soil and water. IEA BIOENERGY, Task 43, 2011, 01

Iriarte, L.; Fritsche, U.R. (2015): Consistent Cross-Sectoral Sustainability Criteria & Indicators. Final Report. D5.4 S2BIOM. http://www.s2biom.eu/images/Publications/D5.4_S2Biom_Cross-Sectoral_Sustainability_Indicators_Final.pdf

Jonsson, R.; Hurmekoski, E.; Hetemäki, L.; Prestemon, J. (2017): What is the current state of forest product markets and how will they develop in the future? In: Winkel, G. (Ed.): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Joensuu, Finland: European Forest Institute. 126-131

Kappler, G. (2008): Systemanalytische Untersuchung zum Aufkommen und zur Bereitstellung von energetisch nutzbarem Reststroh und Waldrestholz in Baden-Württemberg e Eine auf das Karlsruher bioliq®-Konzept ausgerichtete Standortanalyse, Wissenschaftliche Berichte FZKA 7416. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Ketzer, D.; Rösch, C.; Haase, M. (2017): Assessment of sustainable Grassland biomass potential for energy supply in Northwest Europe. In: Biomass and Bioenergy 100, 39-51. DOI: 10.1016/biombioe.2017.03.009

Kraxner, F.; Fuss, S.; Verkerk, P.J. (2017): Is there enough forest biomass available to meet the demands of the forest-based bioeconomy? In: Winkel, G. (Ed.): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Joensuu, Finland: European Forest Institute. 53-66

Lamersdorf, N.; Schulte-Bisping, H. (2010): Zum Wasserhaushalt von Kurzumtriebsplantagen. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 44, 23–29

Lawrence, A., Spinelli, R.; Toppinen, A.; Salo, E. (2017): What are the implications of the bioeconomy for forest-related jobs? In: Winkel, G. (Ed.): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Joensuu, Finland: European Forest Institute. 108-117

Linhart, E.; Dhungel, A.-K. (2013): Das Thema Vermaisung im öffentlichen Diskurs. Berichte über Landwirtschaft 91 (2)

Liska, A.J.; Yang, H.; Milner, M.; Goddard, S.; Blanco-Canqui, H.; Pelton, M.P.; Fang, X.X.; Zhu, H.; Suyker, A.E. (2014): Biofuels from crop residue can reduce soil carbon and increase CO2 emissions. Nat. Clim. Chang. 4, 398–401

Maack, J.; Lingenfelder, M.; Weinacker, H.; Koch, B. (2016): Modelling the standing timber volume of Baden-Württemberg—A large-scale approach using a fusion of Landsat, airborne LiDAR and National Forest Inventory data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 49, 107–116. DOI: 10.1016/j.jag.2016.02.004

Maack, J.; Lingenfelder, M.; Eilers, C.; Smaltschinski, T.; Weinacker, H.; Jaeger, D.; Koch, B. (2017a): Estimating the spatial distribution, extent and potential lignocellulosic biomass supply of Trees Outside Forests in Baden-Wuerttemberg using airborne LiDAR and OpenStreetMap data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 58, 118–125. DOI: 10.1016/j.jag.2017.02.002

Maack, J.; Lingenfelder, M.; Smaltschinski, T.; Jaeger, D.; Koch, B. (2017b): Exploring the Regional Potential of Lignocellulosic Biomass for an Emerging Bio-Based Economy: A Case Study from Southwest Germany. Forests 8, 449. DOI: 10.3390/f8110449

Matthes, F.C.; Haller, M.; Loreck, C. (2015): Die Umlage des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG). Hintergründe, Trends, Treiber und Perspektiven. Kurzstudie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Berlin: Öko-Institut. https://www.oeko.de/oekodoc/2448/2015-605-de.pdf

Meyer, R.; Pehle, A.; Knapp, M. (2017): Biomass scenarios und their results. In: Schumacher, K.; Fichtner, W.; Schultmann, F. (Eds).: Innovations for sustainable biomass utilisation in the Upper Rhine Region. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. 112-148

Meyer, R.; Rösch, C.; Sauter, A. (2010): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. Endbericht zum TA-Projekt. TAB-Arbeitsbericht Nr. 136. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

Monforti, F.; Bódis, K.; Scarlat, N.; Dallemand, J.-F. (2013): The possible contribution of agricultural crop residues to renewable energy targets in Europe: A spatially explicit study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 19, 666–677. DOI: 10.1016/j.rser.2012.11.060

NABU (Naturschutzbund Deutschland) (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Berlin: NABU

Palgan, Y.V.; McCormick, K. (2016): Biorefineries in Sweden: Perspectives on the opportunities, challenges and future. Biofuels, Bioprod. Bioref. 10, 523–533. DOI: 10.1002/bbb.1672

PEFC Deutschland (2014): PEFC-Standards für nachhaltige Waldbewirtschaftung. Normatives Dokument PEFC D 1002-1:2014. Deutscher PEFC-Standard

PEFC Deutschland (o.J.): PEFC in ihrer Region: PEFC Baden-Württemberg. https://pefc.de/fur-waldbesitzer/pefc-meiner-region/pefc-baden-wurttemberg

Petig, E.; Angenendt, E.; Bahrs, E. (2017): Modellierung von Angebot und Nachfrage landwirtschaftlicher Biomassesubstrate – ein Ergebnisvergleich für Baden-Württemberg. In: Ruckelshausen, A. et al.: Digitale Transformation – Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft, Lecture Notes in Informatics (LNI), Bonn: Gesellschaft für Informatik, 113-116

Rösch, C.; Jörissen, J. (2012): Hoffnungsträger Kurzumtriebsplantagen? Perspektiven und Herausforderungen im Überblick. GAIA 21 (3), 194-201

RSPO (Roundtable on Responsible Palm Oil) (2013): Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil. https://rspo.org/key-documents/certification/rspo-principles-and-criteria

RTRS (Roundtable on Responsible Soy) (2017): RTRS Standard for Responsible Soy Production. Version 3.1. http://www.responsiblesoy.org/wpdm-package/rtrs-standard-responsible-soy-production-v3-1

Scarlat, N.; Martinov, M.; Dallemand, J.-F. (2010): Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. Waste Management 30, 1889–1897. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.04.016

Schulz, U.; Brauner, O.; Gruß, H. (2009): Animal diversity on short-rotation coppice. Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research 59, 171–182

Schumacher, K. (2015): Akzeptanz von Biogasanlagen im trinationalen Vergleich. OUI Biomasse Abschlusskonferenz 26. Juni 2015, Karlsruhe. http://www.oui-biomasse.info/fileadmin/pdf/Veranstaltungen/Abschlusskoferenz/4.Akzeptanz_von_Biogas_im_Trinationalen_Vergleich_K._Schumacher.pdf

Skarka, J. (2015): Potenziale zur Erzeugung von Biomasse aus Mikroalgen in Europa unter besonderer Berücksichtigung der Flächen und CO_2-Verfügbarkeit. Dissertation an der der Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik des Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Erich Schmidt Verlag

Thiffault, E.; Endres, J.; McCubbins, J.S.N.; Junginger, M.; Lorente, M.; Fritsche, U.; Iriarte, L. (2015): Sustainability of forest bioenergy feedstock supply chains: Local, national and international policy perspectives. Biofuels Bioprod. Bioref. 9, 283–292

UBA (Umweltbundesamt) (2017): Nachhaltige Waldwirtschaft. https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft#textpart-1

Van Dam, J.; Junginger, M.; Faaij, A.P.C. (2010): From the global efforts on certification of bioenergy towards an integrated approach based on sustainable land use planning. Renew. Sustain. Energy Rev. 4, 2445–2472

Van Oorschot, M.; Kok, M.; Brons, J.; van der Esch, S.; Janse, J.; Rood, T.; Vixseboxse, E.; Wilting, H.; Vermeulen, W. (2014): Sustainability of International Dutch Supply Chains—Progress, Effects and Perspectives; PBL Netherlands Environmental Assessment Agency: The Hague, The Netherlands. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/PBL_2014_Sustainability%20of%20international%20Dutch%20supply%20chains_1289.pdf

Von Buttlar, C.; Willms, M. (2016): Bewertung des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen vor dem Hintergrund der Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Berichte über Landwirtschaft 94 (2)

WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik) (2011): Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG. Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Eneuerbaren-Energie-Gesetzes

Weiser, C.; Zeller, V.; Reinicke, F.; Wagner, B.; Majer, S.; Vetter, A.; Thraen, D. (2014): Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany. Applied Energy 114, 749–762. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.07.016

WWF Deutschland (2011): Energie im großen Stiel. Auswirkungen des Biogas-Booms auf Umwelt, Artenvielfalt und Landwirtschaft. Berlin: WWF

VII. Analyse politischer Rahmenbedingungen

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Entwicklung und Ausprägung der Bioökonomie wird maßgeblich durch politische Rahmenbedingungen beeinflusst. Im Bereich der Bioenergiepolitik, aber auch der Europäischen Agrar- und Umweltpolitik bestehen bereits heute zahlreiche gesetzliche Rahmenbedingungen, die für die Entwicklung der Bioökonomie relevant sind. Diese können fördernd, aber auch hemmend auf den Transformationsprozess im Allgemeinen oder bestimmte Pfade der Bioökonomie wirken und geben den Gestaltungsrahmen für eine bio-basierte Wirtschaft vor. Politische Rahmenbedingungen sind nicht statisch, sondern unterliegen einem dynamischen Prozess der Neuorientierung und Anpassung an sich verändernde gesellschaftliche Bedingungen. So gibt es zu Gesetzesbestimmungen immer auch begleitende gesellschaftliche Diskussionen darüber, inwieweit diese ausreichend und zielführend sind. Darüber hinaus definieren die unterschiedlichen politischen Ressorts mittel- bis langfristige strategische Ausrichtungen, die sich mit der Zeit verändern können und kontrovers diskutiert werden. Hinzu kommt, dass sich durch den Aufbau der Bioökonomie mit ihren innovativen Technologien, neuen Akteurskonstellationen sowie möglichen Wechselwirkungen mit und Folgen auf Gesellschaft und Umwelt neue Regelungserfordernisse ergeben, die Anpassungen im bestehenden Recht oder sogar neue Gesetzgebung erforderlich machen können.

In Deutschland, aber auch in vielen anderen Ländern findet eine Annäherung an das Konzept der Bioökonomie von der Forschungspolitik her statt. Aufgrund des übergreifenden und komplexen Charakters der bio-basierten Wirtschaft spielen jedoch zahlreiche Politikfelder eine Rolle. Dazu zählen in Bezug auf die Bereitstellung von Biomasse insbesondere die Agrar- und Forstpolitik. Wichtige Rahmenbedingungen werden zusätzlich gesetzt durch die Umwelt-, Energie-, Klimaschutz- sowie Ernährungs- und Gesundheitspolitik. Weiterhin bestehen in Bezug auf Biomasseimporte und die Etablierung neuer Industriezweige und Wertschöpfungsketten Verbindungen zur Wirtschafts- und Außenhandelspolitik. Dabei ist in vielen Bereichen die europäische Politik maßgebend, die einen verbindlichen Rahmen für die nationale Gesetzgebung schafft.

Zielsetzung der Politikfeldanalyse ist, die für die Bioökonomie zentralen Politikfelder zu identifizieren sowie die Wirkung wichtiger gesetzlicher Bestimmungen auf EU-, nationaler und Landesebene auf die Entwicklung und Ausprägung der Bioökonomie zu diskutieren. Dabei werden förderliche, hemmende und gestaltende Rahmenbedingungen des geltenden Rechts herausgearbeitet, wichtige Modifikationen und Anpassungen der letzten Jahre dargestellt sowie existierende Debatten über Weiterentwicklung und Anpassungsnotwendigkeiten der Gesetzgebung skizziert.

1.2 Auswahl der Politikfelder und gesetzlichen Bestimmungen

Es wurden Politikfelder ausgewählt, die für die Bioökonomie auf Basis land- und fortwirtschaftlicher Ressourcen relevant sind und die energetische und/oder stoffliche Verwendung betreffen (s. Tab. VII.1). Dabei wurden nicht alle Nutzungen der traditionellen Bioökonomie berücksichtigt, sondern die Auswahl vor allem an den drei baden-württembergischen Nutzungspfaden Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen orientiert. Die Regulierung im Bereich der Nahrungsmittel wird mit Ausnahme der Novel Food-Verordnung nicht betrachtet. Ein Schwerpunkt der Analyse bildet die Bereitstellung landwirtschaftlich erzeugter Biomasse, da auf der einen Seite durch die europäische Agrar- und Energiepolitik

zahlreiche gesetzliche Bestimmungen vorliegen, die die landwirtschaftliche Biomasseerzeugung regulieren und auf der anderen Seite aufgrund der begrenzten Flächenpotentiale und vielfältigen Verwendungspfade hier ein Feld mit zahlreichen potentiellen Spannungen und Interessenkonflikten vorliegt.

Tab. VII. 1: Überblick über betrachtete Politikfelder

Politikfeld	Politikbereich	Kapitel
Forschungs- und Innovationspolitik	> Forschungsprogramme und -förderung	Kap. II
	> Innovationsbedingungen und -förderung	Kap. VII.2.4, VII.5
Energiepolitik	> Förderung erneuerbarer Energien	Kap. VII.2.1-VII.2.3
	> Subvention fossiler Energien	Kap. VII.3.1
	> Emissionsrechte und Klimaschutzabgabe	Kap. VII.2.4
	> Nachhaltigkeitszertifizierung	Kap. VII.4.5
Stoffpolitik	> Förderung bio-basierter Produkte	Kap. VII.2.4
	> Öffentliche Beschaffung	Kap. VII.2.6
	> Information und Kennzeichnung bio-basierter Produkte	Kap. VII.2.6
Agrarpolitik	> GAP und Agrarförderung	Kap. VII.4.1
	> Cross-Compliance und Agrarumweltpolitik	Kap. VII.4.2
	> Düngemittelrecht	Kap. VII.4.3
	> Pflanzenschutzrecht	Kap. VII.4.4
Forstpolitik	> Waldstrategie	Kap. VII.4.6
	> Waldrecht	Kap. VII.4.6
	> Holzzertifizierung	Kap. VI.2.2, VII.4.6
Chemiepolitik	> Chemikalienzulassung und Chemikalienrecht	Kap. VII.4.9
Gentechnikpolitik	> Zulassung und Anbauregeln für GVO	Kap. VII.4.10
Ernährungspolitik	> Zulassung neuartiger Lebensmittel	Kap. VII.4.11
Abfallpolitik	> Kreislaufwirtschaft	Kap. VII.4.7
	> Abfallrecht	Kap. VII.4.7
Umweltpolitik (sonstige)	> Immissionsschutzrecht	Kap. VII.4.8
Bildungs- und Wissenschaftspolitik	> Verbraucherbildung	Kap. VII.5
	> Schul-, Aus- und Weiterbildung	Kap. VII.5 (Kap. II)

In den einzelnen Politikfeldern wiederum wurden gesetzliche Bestimmungen identifiziert, die für die Bioökonomie von besonderer Relevanz sind. Diese wurden nach Art ihrer Wirkung auf die Bioökonomie als förderliche, hemmende oder gestaltende Rahmenbedingungen eingestuft. Die Zuordnung der Rahmenbedingungen zu diesen Kategorien erfolgte auf Basis der Frage, ob diese in Anbetracht der weitreichenden Nutzung fossiler Rohstoffe eine verstärkte Nutzung biogener Rohstoffe, ob für ener-

getische oder stoffliche Anwendungen, generell fördern oder hemmen. Die einzelnen Rahmenbedingungen wiederum sind meist für einen bestimmten Pfad der Bioökonomie (Energie oder Produkt) förderlich oder hemmend, was dazu führt, dass es innerhalb der Rahmenbedingungen Differenzierungen der Wirkungen geben kann nach Art der Nutzung in der Bioökonomie. Einen Überblick über die Rahmenbedingungen und ihre Wirkungen auf die Gesamtentwicklung der Bioökonomie wird in Tab. VII.2 gegeben.

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl relevanter politischer Rahmenbedingungen und ihre Bewertung herangezogen:

Fördernde Rahmenbedingungen:

> Ökonomische Instrumente, die die Wettbewerbsfähigkeit bio-basierter Wertschöpfungsketten erhöhen bzw. herstellen, indem sie die Kosten für Biomasse verringern (z.B. Abbau von Außenschutz), die Produktionskosten senken (z.B. Steuererleichterung bzw. -befreiung, Investitionszuschuss) oder erhöhte Produktpreise garantieren (z.B. Einspeisevergütung).
> Ökonomische Instrumente, die einen bestimmten Absatz bio-basierter Produkte garantieren (z.B. Quote), die eine neue bzw. zusätzliche Nachfrage bio-basierter Produkte schaffen (z.B. öffentliche Beschaffung), die die Nachfrage nach bio-basierter Produkte anregen (z.B. Verpflichtungen, Marktanreizprogramme) oder fossile Wertschöpfungsketten verteuern (z.B. CO_2-Abgabe).
> Ordnungsrechtliche Instrumente, die die Verfügbarkeit von Biomasse erleichtern (z.B. abfallrechtliche Regelungen), die die Erstellung und den Betrieb von Konversionsanlagen unterstützen (z.B. baurechtliche Regelungen), die die Zulassung bio-basierter Produkte erleichtern (z.B. chemikalienrechtliche Regelungen), die bio-basierte Produkte für bestimmte Anwendungen verpflichtend machen („Mandates“) (z.B. bio-basierte und bio-abbaubare Materialien für Landwirtschafts- und Geotextilien), die bestimmte fossile Produkte einschränken (z.B. Reduktion von fossilen Plastiktüten).
> Informationsinstrumente, die die Erkennbarkeit bio-basierter Produkte erhöhen (z.B. standardisierte Label, Produktlisten), die die Vorteile bio-basierter Produkte herausstellen (z.B. Nachhaltigkeitsstandards und -kennzeichnung), die über bio-basierte Wertschöpfungsketten und Produkte allgemein informieren.

Hemmende Rahmenbedingungen:

> Ökonomische Instrumente, die die Wettbewerbsfähigkeit bio-basierter Wertschöpfungsketten verringern, indem sie die Kosten für Biomasse erhöhen (z.B. Umweltschutzauflagen) oder die Kosten für fossile Konkurrenzprodukte verringern (z.B. Subventionen für fossile Energieträger)

Grundsätzlich werden bei den hemmenden Rahmenbedingungen eher fehlende Politikmaßnahmen als bestehende Regulierungen diskutiert. Dies trifft insbesondere auf stoffliche Biomassenutzung zu, da hier Lücken bestehen.

Gestaltende Rahmenbedingungen:

Diese beeinflussen und wägen einerseits die Entwicklung und wirtschaftlichen Chancen der Bioökonomie und andererseits soziale und ökologische Auswirkungen bzw. insgesamt die Nachhaltigkeit der Bioökonomie ab und umfassen:

> Rahmensetzungen für die Primärproduktion von Biomasse (z.B. Agrarpolitik, Forstpolitik)

> Rahmensetzungen für die Konversion von Biomasse und die Ausgestaltung bio-basierter Wertschöpfungsketten (z.B. Abfallpolitik, Umweltpolitik)
> Rahmensetzungen für die Vermarktung und Nutzung bio-basierter Produkte (z.B. öffentliches Beschaffungswesen)

Die Ergebnisdarstellung ist wie folgt aufgebaut:

> In den Kapiteln VII.2 – VII.4 werden die aktuell geltenden gesetzlichen Bestimmungen erläutert, gegenwärtige Debatten und Hürden bei der Umsetzung skizziert.
> Kapitel VII.5 zeigt spezifische Handlungsspielräume für das Land Baden-Württemberg auf.
> Kapitel VII.6 fasst die zentralen Ergebnisse zusammen.

Tab. VII. 2: Politikfelder, Regulierungen und ihre Bewertung im Hinblick auf die Bioökonomie

Politikfeld	Politikbereich	Wichtige Regulierungen	Politik ebene/ Zuständigkeit	Fördernd für Bioökonomie insgesamt	Hemmend für Bio-ökonomie insgesamt	Gestaltend für Bioökonomie-Entwicklung
Energiepolitik	Erneuerbarer Strom	Richtlinie 2009/28/EG	EU	✓		
		EEG	D	✓		
		Energiewende BW	BW	✓		
	Erneuerbare Wärme	Richtlinie 2009/28/EG	EU	✓		
		EEWärmeG	D	✓		
		MAP	D	✓		
		EWärmeG	BW	✓		
	Biokraftstoffe / erneuerbare Energie im Verkehrssektor	Richtlinien 2009/28/EG + EU/2015/1513	EU	✓		
		BioKraftQuG	D	✓		
		BioKraft-NachV	D			✓
	Emissions-handel	Richtlinie 2003/87/EG	EU	✓		
Stoff- und Chemiepolitik	Chemikalienzulassung	Richtlinie EG 1907/2006, Verordnungen EG 1272/2008, EG 850/2004, EG 528/2012	EU			✓
		ChemG	D			✓
	Stoffliche Nutzung von Biomasse	MAP (ausgelaufen)	D	✓		
	Kaskadennutzung	Gesetzespaket Kreislaufwirtschaft (circular economy package)	EU			✓

Politikfeld	Politikbereich	Wichtige Regulierungen	Politikebene/ Zuständigkeit	Fördernd für Bioökonomie insgesamt	Hemmend für Bioökonomie insgesamt	Gestaltend für Bio-ökonomie-Entwicklung
	Öffentliche Beschaffung	Richtlinien 2014/23/EU, 2014/24/EU + 2014/25/EU, GPA	EU	✓		
		GWB	D	✓		
		VwV Beschaffung	BW	✓		
Agrar-politik	Agrarförderung	Verordnungen 1306/2013 + 1307/2013	EU			✓
		DirektZahlDurchfG AgrarZahlVerpflG MOG	D			✓
	Cross-Compliance	Verordnung 1306/2013	EU			✓
Forst-politik	Waldbewirtschaftung	EU-Forststrategie, EU-Forstaktionsplan	EU			✓
		BWaldG				
		LWaldG	D			✓
			BW			✓
	Holzhandel	Verordnungen (EG)995/2010 + 2173/2005	EU			✓
Abfall-politik	Kreislaufwirtschaft	Richtlinie 2008/98/EC + 1999/31/EE + 94/62/EC + (EU)2015/720, sowie 2000/53/EC, 2006/66/EC, 2012/19/EU	EU			✓
		KrWG VerpackG	D			✓
		Landes-strategie Ressourcen-effizienz	BW			✓

Politikfeld	Politikbereich	Wichtige Regulierungen	Politikebene/ Zuständigkeit	Fördernd für Bioökonomie insgesamt	Hemmend für Bio-ökonomie insgesamt	Gestaltend für Bio-ökonomie-Entwicklung
Umweltpolitik	Wasser- und Bodenschutz	Richtlinien 2000/60/EG + 91/676/EWG, 2003/2003	EU			✓
		BBodSchG DüngG	D			✓
	Luftreinhaltung und Immissionsschutz	2011/81/EG, 2010/75/EU	EU			✓
		BImSchG	D			✓
	Natur- und Artenschutz	92/43/EWG + 2009/147/EG	EU			✓
		BArtSchG BNatSchG	D			✓
		NatSchG	BW			✓
	Pflanzenschutz	128/2009/EG + (EG) 1107/2009	EU			✓
		PflSchG	D			✓
Gentechnikpolitik	Gentechnik	Richtlinien 2009/41/EG + 2001/18/EG + (EU) 2015/412 Verordnungen (EG) 1829/2003, 1946/2003, 1830/2003	EU			✓
		GenTG	D			✓
Ernährungs-politik	Neuartige Lebensmittel	(EU) 2015/2283	EU			✓
		NLV, LFGB	D			✓

Quelle: Eigene Zusammenstellung

2. Fördernde Rahmenbedingungen

Zunächst werden wichtige Rahmenbedingungen beschrieben, die förderlich auf die Entwicklung einer bio-basierten Wirtschaft wirken. Darunter fallen insbesondere die Förderung von Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen, die Biokraftstoffförderung, der Emissionshandel und die öffentliche Beschaffung.

2.1. Förderung von Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen

Die europäische Richtlinie 2009/28/EG vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Renewable Energy Directive, kurz RED) stellt das zentrale Instrument zur Förderung von Energieerzeugung aus biogenen und anderen erneuerbaren Quellen wie Sonnen- und Windkraft auf europäischer Ebene dar. Die Richtlinie legt fest, dass der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU im Jahr 2020 mindestens 20% betragen soll. Sie enthält individuelle Zielsetzungen für die Mitgliedsstaaten, die sich dazu verpflichten, Maßnahmen umzusetzen und im zweijährigen Rhythmus über Fortschritte zu berichten. Für Deutschland belauft sich das Ziel auf mindestens 18% Energie aus erneuerbaren Quellen gemessen am Bruttoendenergieverbrauch im Vergleich zu 5,8% im Jahr 2005 (Bundesregierung 2010b). Mit dem im Jahr 2016 von der Europäischen Kommission vorgelegten Energiepaket wird neben überarbeiteten Regelungen für den Strombinnenmarkt und Richtlinien zur Energieeffizienz, eine Neufassung der RED für die Periode nach 2020 angestrebt. Der EU-Ministerrat hat sich im Dezember 2017 auf einen gemeinsamen Standpunkt zur Umsetzung des Energiepakets geeinigt und somit die Basis für Verhandlungen mit dem EU-Parlament geschaffen. Neuerungen sind z.B. die Erhöhung des Gesamtziels auf einen Anteil von 27% erneuerbare Energie am Gesamtenergieverbrauch der EU bis 2030, das anders als bei der bisherigen Regelung nicht auf national verbindliche Ausbauziele heruntergebrochen wird, eine Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien am Kraftstoffverbrauch im Verkehr von 10% in 2020 auf 14% in 2030, Maßnahmen zur Stärkung der Position der Verbraucher und Vermeidung von Marktverzerrung.

Der ursprüngliche Entwurf der Kommission und das Beratungsergebnis werden von Teilen des Europaparlaments und Umweltschutzverbänden kritisch gesehen. Hauptkritikpunkt ist, dass mit dem Energiepaket, das insbesondere der Koordination von Energie- und Klimapolitik der einzelnen Mitgliedsstaaten und der Umsetzung der 2014 beschlossenen Europäischen Energieunion dient, viele marktwirtschaftliche Belange geregelt wurden und die Ambitionen im Klimaschutz in den Hintergrund gerückt seien. Moniert werden z.B. das zur Erfüllung der Klimaschutzziele als unzureichend erachtete Gesamtziel von 27% erneuerbare Energien, Lockerungen in der Verbindlichkeit der Ausbauziele, die Möglichkeit von Kompensationszahlungen und die weitere Subventionierung von Kohlekraftwerken (s. DNR 2017; Leinen 2017; SOLARIFY 2017).

Die EU-Richtlinie ist mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in deutsches Recht umgesetzt, das seit 2000 durch die Ausgestaltung der Förderbedingungen bestimmte Produktionspfade und Anlagenkonzepte der alternativen Stromerzeugung fördert. Die feste Einspeisevergütung für 20 Jahre setzte sich ursprünglich aus einer nach Anlagengröße gestaffelten Grundvergütung und einer Vielzahl von Boni zusammen, die mittlerweile abgeschafft wurden (z.B. für die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung und Gasspeicherung, für die Verwendung von Gülle und Landschaftspflegematerial). Während im Rahmen der ersten Förderphase vermehrt Bioabfallvergärungsanlagen und Altholzanlagen entstanden, kam es ab 2004 mit der Einführung des Bonus für nachwachsende Rohstoffe zu einem verstärkten Zubau von Biogasanlagen, die Energiepflanzen (vor allem Mais) einsetzen. Diese Entwicklung wurde mit der Erhöhung der Förderung im Rahmen der Novellierung in Jahr 2009 beschleunigt, insbesondere durch den so genannten Gülle-Bonus. Dieser sah eine erhöhte Einspeisevergütung ab einem Gülleeinsatz von mindestens 30% vor. Da Gülle jedoch eine geringe Energiedichte besitzt, wurde mit dieser Förderung indirekt der Energiepflanzenanbau angeregt. Aufgrund der in Folge steigenden Flächennutzungskonkurrenzen in Regionen mit hoher Viehdichte wurde der Gülle-Bonus mit der Neuregelung

2012 wieder gestrichen. Die erhöhte Förderung beim Einsatz nachwachsender Rohstoffe aus der Landwirtschaft wurde mit dem EEG 2014 beendet. Damit erfolgte eine Fokussierung des Ausbaus auf Rest- und Abfallstoffe (Bundesregierung 2016a).

Im Kern der aktuellen EEG-Novelle 2017 steht die Umstellung von degressiven Einspeisevergütungen[52] auf wettbewerbliche Ausschreibungen, mit deren Durchführung die Bundesnetzagentur (BNetzA) beauftragt ist. Ziel dieser Systemumstellung ist, die Kosten der EEG-Förderung zu reduzieren, indem Strom aus erneuerbaren Quellen nur in der Höhe vergütet wird, wie es der wirtschaftliche Anlagenbetrieb erfordert. Dabei ist die Förderung auf einen Zielwert von 40 bis 45% erneuerbare Energien anteilig am Gesamtstromverbrauch im Jahr 2025, 55 bis 60% bis zum Jahr 2035 und auf mindestens 80% im Jahr 2050 ausgerichtet. Durch eine Begrenzung der jährlich pro Energiepfad förderbaren Stromleistungen soll der Anlagenbestand und -zubau gesteuert werden. Für Windkraftanlagen auf dem Land zum Beispiel liegt der Ausbaukorridor in den Jahren 2017 bis 2019 bei 2.800 MW und ab 2020 bei 2.900MW, für Photovoltaik bei jährlich 600 MW, für Biomasse in den Jahren 2017 bis 2019 bei 150 MW und in den Jahren 2020 bis 2022 bei 200 MW. Im Bereich der Biomasseanlagen gilt die Regelung, dass Anlagen ab einer installierten von 150 kW an den Ausschreibungen teilnehmen müssen, für bestehende Kleinanlagen unter dieser Grenze ist die Möglichkeit zur Teilnahme nach § 39f („Einbeziehung bestehender Biomasseanlagen“) gegeben. Der Gebotshöchstpreis (d.h. das Vergütungslimit) für neue Anlagen liegt bei 14,88 ct/kWh, während bestehende Anlagen bei einem Gebotspreis bis 16,9 ct/kWh einen Zuschlag erhalten können. Weiterhin umfasst die Novellierung für die Anschlussförderung von bestehenden Anlagen im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens eine Begrenzung des Einsatzes von Mais und Getreide, die aktuell bei 50% Anteil am Gärsubstrat liegt und sich ab 2019 auf 47% und ab 2021 auf 44% reduziert (§ 39h). Nach § 44 des EEG gilt für kleine Gülleanlagen bis zu 75 kW, die mit Ausnahme von Geflügelmist und Geflügeltrockenkot einen Gülleanteil von mindestens 80 Masseprozent einsetzen, ein anzusetzender Wert für die Einspeisevergütung in Höhe von 23,14 Cent/kWh (EEG 2017, BMWi 2016a). Damit und mit der Sonderregelung für Kleinanlagen soll der Bedeutung kleinteiliger, dezentraler Stromerzeugung für den ländlichen Raum und den Klimaschutz Rechnung getragen werden.

Vertreter der Bioenergiebranche sehen in der Novellierung Chancen für den Weiterbetrieb von Bestandsanlagen, identifizieren jedoch auch zahlreiche Ansatzpunkte für notwendige Nachbesserungen (BBE et al. 2016a, 2016b). Zum einen müsste das Ausschreibungsvolumen für Biomasseanlagen deutlich angehoben werden. Während die in Deutschland im Jahr 2015 durch Biogasanlagen installierte elektrische Leistung etwa 4.000 MW betrug (Fachverband Biogas 2016), liegt das jährliche Ausschreibungsvolumen mit nur 150 MW deutlich darunter. Zum anderen wird der Gebotshöchstpreis sowohl für Bestands- als auch für Neuanlagen in Anbetracht wachsender Anforderungen aus dem Immissions-, Dünge- und Wasserrecht und damit notwendig werdender Investitionen als nicht ausreichend betrachtet und für eine Anhebung der Gebotshöchstpreise plädiert (BBE et al. 2016a). Die gleiche Problematik wird für Kleinanlagen mit einer installierten Leistung bis 150 kW gesehen. Es wird erwartet,

52 Die Einspeisevergütung richtet sich nach den geltenden Vergütungssätzen zu dem Zeitpunkt, zu dem eine Anlage erstmals in Betrieb genommen wird. Dieser Vergütungssatz gilt für die Dauer von 20 Kalenderjahren. Die gesetzliche Degression der Vergütungssätze führt dazu, dass die Einspeisevergütung für Strom aus Erneuerbaren Energien geringer ausfällt, je später eine Anlage in Betrieb genommen wird. Dies bedeutet, dass der Strom aus neu errichteten Anlagen weniger Förderung erhält als Strom aus älteren Anlagen. Hierdurch wird der technologischen Entwicklung im Bereich der Erneuerbaren Energien Rechnung getragen und die Erschließung von Kostensenkungspotenzialen bei neueren Anlagen befördert. Für Anlagen, die nicht der wettbewerblichen Ausschreibung unterliegen, besteht die degressive Einspeisevergütung fort.

dass die Sonderregelung aufgrund des Preises nicht häufig in Anspruch genommen wird. Weiterhin kritisch gesehen wird, dass entgegen den Forderungen der Branche Regelungen für den fairen Wettbewerb zwischen großen und kleinen Anlagen sowie unterschiedlichen Einsatzstoffen unberücksichtigt bleiben (ebd.). Begrüßt wird, dass auch Anlagen, die mit Frischholz und Industrierestholz betrieben werden, an Ausschreibungen teilnehmen können. Moniert werden jedoch fehlende Regelungen für Altholzanlagen und die weiterhin bestehende Pflicht zur gasdichten Abdeckung von Gärproduktlager für Bestandsanlagen (BBE et al. 2016b). Diese könne in Verbindung mit der Novellierung der Düngemittelverordnung und der Neuregelung der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) zu Problemen im Anlagenbestand bis hin zu Anlagenstilllegungen führen. Zum Punkt der Altholzanlagen erklärt die Bundesregierung (2016a), dass für Altholz eine abfallrechtliche Verwertungspflicht nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz bestehe, die in der Altholzverordnung weiter konkretisiert wird und nach Auslaufen der EEG-Förderung für die Stromerzeugung die Verwertung von Altholz daher auch ohne Anschlussförderung gewährleistet sei.

Über diese Kritik an spezifischen Regelungen für Biomasseanlagen hinaus werden die Ausbauziele für erneuerbare Energien von Umweltverbänden wie dem NABU, der eine Stellungnahme zur Entwurfsfassung vom April 2016 verfasst hat, allgemein als unzureichend eingestuft. So müsse der Anteil der erneuerbaren Energien von heute rund 33% am Bruttostromverbrauch auf nahezu 100% bis zum Jahr 2050 steigen, um das in Paris beschlossene Klimaschutzziel der Treibhausgasminderung von 95% zu erreichen. Dies entspräche einem jährlichen Zuwachs des Anteils erneuerbarer Energien von 2%, während das EEG-Ziel bis 2025 nur einen Zuwachs von 1,2% vorsieht. Hinzu komme, dass die Berechnung der auszuschreibenden Leistung und des Bruttostromverbrauchs für das Jahr 2025 über ein gewichtetes Mittel des Stromverbrauchs der letzten fünf Jahre erfolgt ist, während angenommen wird, dass der Bruttostromverbrauch aufgrund von Elektrifizierung verschiedener Sektoren (z.B. Verkehr und Gebäudewärme) in Zukunft weiter steigen wird (NABU 2016). Vor dem Hintergrund dieser Einschätzung lässt sich für die Bioökonomie zum einen ableiten, dass der Bedarf nach erneuerbaren Energien und auch Biomasse für energetische Zwecke hoch ist, die politischen Rahmenbedingungen den Einsatz jedoch begrenzen, was förderlich für die Verwendung im Rahmen stofflicher Nutzungen sein kann. Zum anderen sind diese Bestimmungen jedoch nicht statisch und können sich, wie die vergangenen Entwicklungen zeigen, verändern. Aus diesem Grund und aufgrund des hohen Bedarfs an erneuerbaren Energien ist nicht auszuschließen, dass die Bioenergieproduktion bei entsprechenden Förderbedingungen erneut zunimmt, was für beide Pfade wenige planbare Voraussetzungen darstellt.

Auch wenn das EEG insgesamt als förderlich für energetische Verwertungspfade im Rahmen der Bioökonomie eingeschätzt werden kann, so ergeben sich verschiedene Herausforderungen. Die Entwicklung der Vergütung zeigt, dass die Bedeutung von Biomasse unter den erneuerbaren Energiequellen, vor allem aufgrund negativer ökologischer Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus, abgenommen hat und heute eher randständig ist. Dies macht den Weiterbetrieb von Biomasseanlagen vielerorts schwierig. Angesichts der wettbewerblichen Ausschreibung stellt es für die Biogasbranche eine Herausforderung dar, die Rentabilität der Produktion über zusätzliche Erlöse wie den Wärmeverkauf oder die Nutzung des sogenannten Flexibilitätszuschlags für die Bereitstellung zusätzlich installierter Leistung für eine bedarfsorientierte Stromerzeugung in Höhe von 40 €/kW für Neuanlagen (§ 50a) bzw. der Flexibilitätsprämie in Höhe von 130 €/kW für Bestandsanlagen (§ 50b) sicherzustellen. Dies stellt sich jedoch vor allem für Bestandsanlagen als problematisch dar, da hierfür Investitionen in Technologien zur effizienten Wärmenutzung und Biogasspeicherung sowie in Versorgungsinfrastruktur wie Nahwärmenetze notwendig werden. Das lässt den Schluss zu, dass ein Teil der bestehenden Anlagen

nach Auslaufen der 20-jährigen Einspeisevergütung vermutlich nicht weiterbetrieben werden. Des Weiteren kann angenommen werden, dass sich mit dem Maisdeckel das Interesse auf die Nutzung von Rest- und Abfallstoffen verlagert, die aber bereits heute vielseitig genutzt werden und potentiell auch für stoffliche Verwertungspfade im Rahmen der Bioökonomie Anwendung finden können. Damit ergeben sich zahlreiche Konkurrenzbeziehungen zwischen neuen und etablierten Nutzungspfaden und zwischen energetischen und stofflichen Verwendungen (vgl. Kap. V.4).

Die Orientierung hin zu einer verstärkten Nutzung von Wind- und Solarkraft als zentrale Pfade der Energiewende hätte für die Bioökonomie zur Folge, dass weniger Biomasse energetisch verwendet würde, sich die Konkurrenz um Biomasse und Anbauflächen für stoffliche Verwendungen reduzierten und neue Potenziale für diesen Bereich entstünden. Es ist zu vermuten, dass diese neuen Handlungsspielräume jedoch nur kurzzeitig auftreten und mit der Zeit durch andere Biomassenutzungen kompensiert würden. Umweltverbände halten die im EEG 2017 festgelegten Ausbauziele für Windkraftanlagen und Photovoltaik noch für unzureichend (NABU 2016). Für den Bereich der Windenergienutzung auf Land wird die Begrenzung der auszuschreibenden Leistung als Fehlentscheidung bemängelt. Auch die Förderung von Photovoltaik-Dachanlagen, für die erhebliche Potenziale im städtischen Bereich gesehen werden, wird als unzureichend im Vergleich zur Förderung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen erachtet. Diese seien unter Gesichtspunkten des Naturschutzes kritischer zu bewerten, da sie in Flächenkonkurrenz zu Biomassenutzungen treten und zu punktueller Versiegelung, Verschattung und Überschirmung von Flächen sowie Landschaftszerschneidung beitragen können (ebd.). Ein weiterer zentraler Kritikpunkt vonseiten des Umwelt- und Naturschutzes, der alle im Rahmen des EEG geförderten Energiequellen betrifft, ist die fehlende Ausrichtung der Förderung an naturschutzfachlichen Kriterien. So beziehe sich die Steuerung einseitig auf mengenmäßige Anteile erneuerbarer Energien am Stromverbrauch, während qualitative Kriterien keine Rolle spielten. In der Folge entstehe auf kommunaler Ebene häufig Wildwuchs und es rückten zunehmend naturschutzfachlich kritisch zu bewertende Standorte in den Fokus (ebd.). Ausgehend von den rechtlichen Anpassungen und begleitenden Debatten lässt sich annehmen, dass mit einem weiteren Ausbau der regenerativen Energien und der Entwicklung von Speichertechnologien die Bedeutung der energetischen Biomassenutzung weiter abnehmen wird. Der Bioökonomierat, der die Bundesregierung bei der Umsetzung der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ und „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ berät, geht davon aus, dass die energetische Nutzung von Biomasse langfristig nur einen Teilbetrag zur Energieversorgung leisten wird. Zum jetzigen Zeitpunkt stelle Biomasse jedoch eine wichtige Systemstütze für die Energiewende dar, bis leistungsfähige Speichertechnologien für Strom einsatzbereit sind. Der Bioökonomierat empfiehlt, die Förderung von Bioenergieerzeugung und -nutzung weiter an den Stärken Speicher- und Regelbarkeit zu orientieren, um sicherzustellen, dass Bioenergie im Gesamtversorgungssystem einen optimalen Beitrag leistet und die begrenzten Ressourcen Boden und Wasser werthaltig eingesetzt werden (BÖR 2012: 21, 27).

2.2 Förderung von Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen

Ergänzend zum EEG, das die Stromerzeugung behandelt, regelt das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) seit 1. Januar 2009 den Ausbau erneuerbarer Energien im Wärme- und Kältesektor bei der energetischen Gebäudeversorgung. Das Gesetz dient ebenfalls der Umsetzung der EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und verfolgt den Zweck, „insbesondere im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus

Erneuerbaren Energien zu fördern“ (EEWärmeG 2015, § 1). Ziel ist, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte von 6,6% im Jahr 2005 auf 14% im Jahr 2020 zu erhöhen (Bundesregierung 2010b). Unter erneuerbare Energien werden gefasst: Geothermie, Umweltwärme (aus Luft, Wasser), solare Strahlungsenergie sowie aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse erzeugte Wärme. Die Bestimmungen umfassen eine ordnungsrechtliche Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung von Neubauten sowie eine finanzielle Förderung zur Nutzung erneuerbarer Energien über ein Marktanreizprogramm, das sich vor allem an den Gebäudebestand richtet (s. Kap. VII.2.4). Da von verschiedenen Seiten aus Gründen der Vereinfachung und Vereinheitlichung eine Zusammenlegung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) gefordert wurde, ist bis 2018 eine umfassende Novellierung geplant, die die beiden Vorschriften mit dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG) zu einem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammenführen soll.

Baden-Württemberg fungierte mit seinem Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG), das bereits am 1. Januar 2008 in Kraft getreten ist, als Vorreiter der nationalen Gesetzgebung. Besonderheit ist, das dieses Gesetz auch für Altbauten gilt und Eigentümer beim Austausch ihrer Heizungsanlage anhält, erneuerbare Energien einzusetzen und weitergehende energetische Sanierungsmaßnahmen vorzunehmen. Im Jahr 2015 hat die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Bundestag einen Gesetzesentwurf zur Änderung des EEWärmeG vorgelegt, der vorsieht, die anteilige Deckungspflicht des Wärme- und Kälteenergiebedarfs von Gebäuden analog zu den in Baden-Württemberg geltenden Bestimmungen auf Bestandsbauten auszuweiten (Bundestag 2015). Die Initiative für diese Novellierung basiert auf Ergebnissen einer Analyse ausgewählter Energiewendeziele, die prognostizieren, dass die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichen werden, um den Anteil von 14% erneuerbarer Energie am Wärme- und Kälteverbrauch bis 2020 zu erreichen.

Unter den Verbänden herrschten unterschiedliche Meinungen zum Gesetzesentwurf. Der Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE) hält die Maßnahme für sinnvoll. So sei der Gebäudebestand mit ca. 20 Millionen Gebäuden im Jahr 2014 gegenüber knapp 140.000 genehmigten Neubauten ein wichtiger Ansatzpunkt. Ein zentrales Hemmnis für erneuerbare Wärmeerzeugung wird jedoch in der Vielzahl an Ersatzmaßnahmen und Ausnahmen gesehen, die das EEWärmeG erlaubt. Insbesondere im Nichtwohnbereich würden Erneuerbare Energien nur in einem Fünftel der Anwendungsfälle genutzt, während in 60% der Fälle Ausnahmetatbestände griffen. Es wird empfohlen, Nutzungspflichten nur anteilig, aber nicht gänzlich durch Ersatzmaßnahmen ersetzbar zu machen und diesen Aspekt in der Novellierung zu berücksichtigen. Falsche Anreize würden auch durch die KfW-Förderung für effizientere Öl- und Gasheizungen gesetzt (BEE 2016). Der Verband Haus & Grund Deutschland, der die privaten Haus-, Wohnungs- und Grundeigentümer vertritt, spricht sich entgegen des Gesetzesentwurfs für die Freiwilligkeit des Einsatzes erneuerbarer Energien im Gebäudebestand aus. Hemmnisse für den ausbleibenden Durchbruch des Wärmegesetzes werden in komplizierten und störanfälligen Technologien, komplexen Anforderungen an die Bedienung und hohen Investitions- und Instandhaltungsaufwendungen bei mäßig attraktiven Anreizinstrumenten gesehen. Erfahrungen aus Baden-Württemberg würden weiterhin zeigen, dass sich das Image der erneuerbaren Energien durch Sanierungszwang bei Hauseigentümern verschlechtere. Auch in der Energieberatung werden Gründe für den geringen Erfolg der erneuerbaren Wärmeerzeugung gesehen. Diese orientiere sich oftmals nur an den theoretisch möglichen CO_2- und Energieeinsparungen und berücksichtige kaum individuelle Gebäudestrukturen, Baukulturen und persönliche Bedürfnisse der Bewohner. Der Verband appelliert im Rahmen der ge-

planten Novellierung für eine individuellere und unabhängige Energieberatung, einen Ausbau der finanziellen Förderung und eine Orientierung der Energieeffizienzmaßnahmen am gesetzlichen Wirtschaftlichkeitsgebot (Haus & Grund 2016).

In Baden-Württemberg hat das EWärmeG im Jahr 2013 eine Novellierung erfahren, die zum 1. Juli 2015 in Kraft getreten ist. Durch das EEWärmeG auf nationaler Ebene wurden die baden-württembergischen Bestimmungen in Bezug auf Neubauten abgelöst, sodass sich der Anwendungsbereich des Gesetzes ausschließlich auf Bestandsgebäude bezieht, die vor dem 1. Januar 2009 errichtet wurden. Ein wesentlicher Teil der Novellierung besteht in der Erhöhung des Pflichtanteils erneuerbarer Energien am Wärme- und Kälteenergiebedarf der Gebäude von 10 auf 15%. Eine Neuregelung, die im Kontext der Bioökonomie besonders relevant erscheint, ist der Verzicht auf Solarthermie als sogenannte „Ankertechnologie". Während die Nutzungspflicht in der ersten Gesetzesfassung an die technische, bauliche oder rechtliche Möglichkeit einer solarthermischen Anlage geknüpft war, können die Verpflichteten seit der Novellierung zwischen verschiedenen Erfüllungsmöglichkeiten wählen. Das heißt, dass neben der Nutzung von Sonnenkraft auch weitere erneuerbare Energien wie Erdwärme, aber auch der Einsatz von Biomasse zur Erfüllung beitragen können (Landesregierung BW 2013).

Die Wahlfreiheit bei der Nutzung erneuerbarer Energien soll auf die Umsetzung von Maßnahmen förderlich wirken und diese auch bei besonderen bautechnischen Gegebenheiten ermöglichen, die Einzelfalllösungen bedürfen. Für die Erfüllungsoptionen Bioöl und Biogasaufbereitung zur Wärmenutzung wurden aufgrund ihrer im Vergleich zu anderen Alternativen geringen Treibhausgaseinsparungen und möglichen Nutzungskonkurrenzen zur Nahrungsmittelproduktion Begrenzungen eingeführt, während die Verfeuerung fester Biomasse in Zentralheizungskesseln uneingeschränkt möglich ist. Darüber hinaus wurden die Regelungen auf Nicht-Wohngebäude ausgeweitet (z.B. Büro- und Verwaltungsgebäude, Hotels, Ladengeschäfte, Schulen und Kindergärten; ausgenommen sind Gebäude kleiner 50 m^2, provisorische Gebäude, Kirchen sowie Produktions- und Lagerhallen). Auch Bestandsgebäude, die sich im Eigentum der öffentlichen Hand befinden und grundlegend renoviert werden, fallen unter diese Bestimmung. Durch die Erstellung eines Sanierungskonzepts sollen sich bei Wohngebäuden die Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Energie verringern, bei Nicht-Wohngebäuden deckt die Vorlage eines solchen Konzepts die Pflichterfüllung vollständig ab.

Mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), dem Marktanreizprogramm „Energieeffizienz" und dem baden-württembergischen Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) wird die energetische Biomassenutzung bei Neubauten und im Gebäudebestand gefördert. In Baden-Württemberg wurde durch die Flexibilisierung der Erfüllungsoptionen und Verzicht auf die Ankertechnologie Solarthermie die Bedeutung von Biomasseanlagen tendenziell erhöht. Auch die Steigerung des Pflichtanteils erneuerbarer Energien kann insgesamt als förderlich für die energetische Nutzung von Biomasse bewertet werden. In der Praxis gibt es einige Hemmnisse zur Durchsetzung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung von Gebäuden, wie die Möglichkeit zur Pflichterfüllung durch Vorlage eines Sanierungskonzepts bei Nicht-Wohngebäuden. Es ist anzunehmen, dass das volle Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien noch nicht realisiert ist und dieser Bereich weiter wachsen wird. Trotz der steigenden Bedeutung von Biomasse im Wärmesektor zeichnen sich aus den in Baden-Württemberg angestellten Überlegungen zur ökologischen Vorzüglichkeit bestimmter Einsatzstoffe (z.B. Bioöl, Biogas) auch entgegengesetzte Tendenzen ab, die langfristig zum einem weiteren Bedeutungszuwachs regenerativer Energiequellen (Solarthermie, Erdwärme) und einer Abkehr von Biomasseanlagen führen können.

2.3 Biokraftstoffförderung

Neben dem Ziel zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung enthält die RED-Richtlinie der EU auch ein Ziel für den Verkehrssektor. Für diesen Bereich wird aktuell ein Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch von 10% bis zum Jahr 2020 angestrebt, bis 2030 soll dieser mit der geplanten EU-Novellierung auf 14% gesteigert werden. Ein wichtiger Bestandteil zur Erreichung dieses Ziels stellen Biokraftstoffe dar. Die durch die Verwendung von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen im Vergleich zu fossilem Kraftstoff erzielte Minderung der Treibhausgasemissionen muss zum 1. Januar 2015 mindestens 35% betragen, zum 1. Januar 2017 mindestens 50% und 60% zum 1. Januar 2018 für Biokraftstoffe, die in Anlagen hergestellt werden, deren Produktion am oder nach dem 1. Januar 2017 aufgenommen wird (EU 2009a). Darüber hinaus wird in der Biokraftstoffqualitätsverordnung 2009/30/EC, die verschiedene Standards für in der EU eingesetzte Biokraftstoffe formuliert, festgelegt, dass Kraftstoffanbieter die Treibhausgasemissionen um mindestens 6 % gegenüber dem EU-Durchschnitt der 2010 pro Energieeinheit aus fossilen Kraftstoffen verursachten Lebenszyklustreibhausgasemissionen reduzieren sollen (EU 2009c). Die RED-Richtlinie schreibt im Artikel 17 vor, dass die Produktion von Biokraftstoffen nachhaltig erfolgen soll und definiert verschiedene Nachhaltigkeitsstandards. Dazu gehört zum einen die Unterbindung von Regenwaldrodung und Grünlandumbruch für die Rohstoffgewinnung und das Verbot zur Nutzung von Torfmoor, was dem Schutz von Flächen mit hohem Naturschutzwert und hohem Kohlenstoffbestand dienen soll. Mit der wachsenden Kenntnis über negative ökologische Wirkungen der Verwendung von Nahrungspflanzen zur Herstellung von Biokraftstoffen der ersten Generation, wurde im Jahr 2015 eine Novellierung der Richtlinie beschlossen, die bis 2017 durch die Mitgliedländer umzusetzen ist. Die Änderung zur Reduktion indirekter Landnutzungsänderungen sieht vor, dass der Anteil von Biokraftstoffen auf Basis von Nahrungspflanzen, das meint Getreide und sonstige Kulturpflanzen mit hohem Stärkegehalt, Zuckerpflanzen, Ölpflanzen und aus als Hauptkulturen vorrangig für die Energiegewinnung auf landwirtschaftlichen Flächen angebaute Pflanzen, höchstens 7 % des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor in den Mitgliedstaaten im Jahr 2020 betragen darf (EU 2015c). Zwar ist der Einsatz von Biokraftstoffen der ersten Generation oberhalb dieser Grenze nicht verboten, aber er trägt nicht zur Zielerreichung bei. Darüber hinaus beinhaltet die Novellierung zur Honorierung umweltverträglicher Alternativen eine Mehrfachanrechnung des Energiegehaltes von Biokraftstoffen der zweiten Generation auf Basis von Abfällen, Reststoffen, zellulosehaltigem Non-Food-Material oder Lignozellulose-haltigem Material auf das 10%-Ziel. Dazu zählen z.B. Algen, bestimmte Biomasse-Anteile von Siedlungs- und Industrieabfällen, Stroh, Gülle und Klärschlamm, Rinde und Sägespäne als Reststoffe aus der Forstwirtschaft und forstbasierten Industrien, gebrauchtes Speiseöl und tierische Fette (ebd.). Das 7%-Ziel für Biokraftstoffe aus Anbaumasse und auch die Bevorzugung von Biokraftstoffen aus Abfällen und Reststoffen sollen laut Beschluss des EU-Ministerrats auch mit den neuen Bestimmungen ab 2030 beibehalten werden (s. SOLARIFY 2017).

Mit dem Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) wurde die europäische Richtlinie in deutsches Recht umgesetzt. Deutschland hat sich verpflichtet, den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch im Verkehrssektor von 3,9% im Jahr 2005 auf 10% im Jahr 2020 zu erhöhen (Bundesregierung 2010b). Mit dem Inkrafttreten in 2007 schrieb das BioKraftQuG einen Mindestanteil von Biokraftstoffen (Biodiesel, Bioethanol) am gesamten Kraftstoffabsatz in Deutschland vor. Während bis zum Jahr 2014 diese Quoten-Regelung galt (zuletzt 6,5% des Kraftstoffabsatzes), die durch Beimischung zu Otto- und Dieselkraftstoff oder durch das Inverkehrbringen reinen Biokraftstoffs erbracht werden konnte, ist mit dem Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen ab dem Jahr 2015 eine Umstellung auf

eine Klimaschutzquote zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch Biokraftstoffe erfolgt (Bundestag 2009). Das heißt, dass nicht ein bestimmter Biokraftstoffanteil auf den Markt gebracht, sondern durch Biokraftstoffe eine Verringerung des CO_2-Austoßes erreicht werden muss. Diese Neuregelung schreibt eine Quote von 3% Treibhausgaseinsparung in 2015, 4,5% in 2017 und 7% Einsparung bis 2020 vor. Die Nachhaltigkeitsbestimmungen zur Produktion von Biokraftstoffen der europäischen RED-Richtlinie wurden mit der seit dem 1. Januar 2011 gültigen Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Kap. VII.4.5) in deutsches Recht umgesetzt.

Mit der europäischen Biokraftstoffpolitik ist die Hoffnung verknüpft, durch eine Verringerung des Anteils importierten Erdöls am energiebedingten Ressourcenverbrauch einen Beitrag zur Erreichung der globalen Klimaschutzziele zu leisten sowie die eigene Versorgungssicherheit zu verbessern. Die Klimaschutzquote stellt dabei einen relevanten Treiber für die Verbesserung von Verfahren und den Einsatz von Biokraftstoffen dar. So führten Biokraftstoffe im Jahr 2015 in Deutschland zu einer Treibhausgaseinsparung von 6,7 Mio. t CO_2-Äquivalent, was einer deutlichen Steigerung gegenüber den Vorjahren entspricht (UFOP, VBE, OVID 2016). Dennoch gibt es von Seiten der Biokraftstoffbranche einige Kritik an diesem Instrument. Während zu Zeiten der Biokraftstoffquote diskutiert wurde, inwieweit degressive steuerliche Förderinstrumente zur Unterstützung der Biokraftstoffproduktion besser geeignet wären als die Quotenregelung, da diese nur geringe Anreize setzte neue und kostensenkende Produktionsmethoden zu implementieren und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen (Bräuniger et al. 2009), wird die nun fehlende Absatzgarantie von Vertretern der Biokraftstoffindustrie und Ölsaaten-verarbeitenden Industrie moniert (UFOP, VBE, OVID 2016). Es wird bemängelt, dass die Effizienz der Biokraftstoffe durch die Klimaschutzquote stetig steige, der Absatz dadurch jedoch sinke, was zu einer Bestrafung der Klimaschutzbestrebungen führe.

Es ist mittlerweile weitgehend bekannt, dass Biokraftstoffe nicht per se den Anspruch erfüllen, einen Beitrag zur CO_2-Minderung zu leisten, sondern dass die CO_2- und Ökobilanz vor allem von der Flächennutzung, den Anbaubedingungen und auch Sorten abhängig und stets eine Betrachtung des gesamten Produktionsprozesses vom Anbau bis zum Einsatz als Kraftstoff notwendig ist. Ein Strang der kritischen Diskussion befasst sich mit der Frage, ob die geforderten Nachhaltigkeitsstandards ausreichend sind. So wird beispielsweise bemängelt, dass die Vorschriften zwar bestimmte Standorte wie Regenwald und Torfmoor von der Produktion ausschließen, aber weder ökologische Anforderungen noch soziale Kriterien an den Anbau gestellt würden (Bündnis 90/Die Grünen 2011). Weitere Argumente werden im Kap. VII.4.5. „Nachhaltigkeitszertifizierung von Biomasse für energetische Nutzungen“ näher ausgeführt.

Über die Nachhaltigkeitsstandards hinausgehend bestehen für die Weiterentwicklung der Biokraftstoffförderung zahlreiche offene Punkte. Da die Kosten der CO_2-Vermeidung bei Biokraftstoffen zurzeit noch höher sind als die Kosten der Treibhausgaseinsparung über andere erneuerbare Energien, erscheint die Produktion von Biokraftstoffen aus Gründen der CO_2-Minderung ineffizient. Um Vermeidungskosten zu senken und Flächenkonkurrenzen entgegenzuwirken, sind Produktivitätssteigerungen durch neu gezüchtete Pflanzen und Effizienzsteigerungen bei den Konversionstechnologien eine wichtige Voraussetzung. Eine viel versprechende Option wird in Biokraftstoffen der zweiten Generation gesehen, bei deren Herstellung komplette Pflanzen oder Pflanzenreste verwendet werden sowie in der Anwendung von Biomasseverflüssigungsverfahren (sog. Biomass to Liquid: BtL). Der Entwurf der Europäischen Kommission zur Fortführung der Erneuerbare Energien-Richtlinie (RED II) vom 30.1.2016 sieht vor, dass der Beitrag konventioneller Biokraftstoffe ab dem Jahr 2021 bis 2030 aufgrund nicht

intendierter Umweltwirkungen sukzessive reduziert und stattdessen verstärkt Biokraftstoffe der 2. Generation aus Abfällen und Reststoffen sowie Elektromobilität gefördert werden (EC 2016b). In Artikel 7 wird festgelegt, dass Kraftstoffe einen Mindestanteil an Energie aus Biokraftstoffen, flüssigen oder gasförmigen erneuerbaren Kraftstoffen nicht biogenen Ursprungs, abfallbasierten fossilen Kraftstoffen und Elektrizität in Höhe von 6,8% bis 2030 beizumischen ist. Von diesem Gesamtanteil sollen Biokraftstoffe der 2. Generation bis 2030 mindestens 3,6% ausmachen. Zudem sollen die Treibhausgaseinsparungen durch Biokraftstoffe und Biogas im Vergleich zur fossilen Referenz bei 70% liegen für Anlagen, die den Betrieb ab 1. Januar 2021 beginnen. Diese Neuausrichtung wird von Biokraftstoff-Verbänden wie dem Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie (VDB 2016) ambivalent gesehen. Zwar wird die Förderung von Biokraftstoffen der zweiten Generation begrüßt. Es wird jedoch hervorgehoben, dass Biokraftstoffe der ersten Generation bis zur Marktreife synthetischer Kraftstoffe weiterhin eine wichtige Rolle spielen werden und aufgrund erfolgter Investitionen in die Biokraftstoffproduktion eine Weiterführung der Förderung konventioneller Biokraftstoffe in der bisherigen Form essentiell erscheint.

Auch wenn BtL-Kraftstoff gegenüber anderen Biokraftstoffen viele Vorteile aufweist hinsichtlich Biomassen- und Flächenausbeute, Höhe des CO_2-Minderungspotenzials und Einsatzfähigkeit in heutigen Motoren, sind die geschätzten Produktionskosten noch sehr hoch und die Menge der regional zur Verfügung stehenden Reststoffe aufgrund alternativer Nutzungen für eine Realisierung im industriellen Maßstab begrenzt. Deswegen appellieren Befürworter von Biokraftstoffen der zweiten Generation dafür, mehr Mittel für Forschung und Entwicklung einzusetzen, um die Herstellungskosten allgemein und speziell die CO_2-Vermeidungskosten zu senken (Bräuniger et al. 2009). Kritiker sehen in einer verstärkten Nutzung von Holz für die Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation erhebliche Nutzungskonflikte, da die Holzressourcen in Deutschland bereits heute weitgehend ausgereizt seien und dieser Bedarf zu Verlagerungseffekten und Abholzung in Entwicklungs- und Schwellenländern führe (Bündnis90/Die Grünen 2011). Auch bei Rest- und Abfallstoffen werden Konkurrenzen gesehen, mit dem Effekt eines verstärkten Rückgriffs auf Anbaubiomasse. Dennoch wird die Bedeutung der Biokraftstoffe vor allem als Alternative für die Schifffahrt, den Luft- und Lkw-Verkehr betont. Wo es jedoch technisch möglich sei wie im Pkw-Verkehr, sollten erneuerbare Energien (Wind- und Sonnenstrom) und auch Biomethan den Biokraftstoffen vorgezogen werden (ebd.).

2.4 Förderung der stofflichen und energetischen Nutzung über Marktanreizprogramme (MAP)

In der Vergangenheit bestand über Markteinführungsprogramme des BMEL eine Förderung der stofflichen Nutzung biogener Rohstoffe. Von 2001 bis 2008 wurde die Verwendung biogener Treib- und Schmierstoffe gefördert, von 2003 bis 2007 die Wärme- und Schallisolierung mit Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Hanf, Flachs). Des Weiteren bestand ein Förderprogramm für Biokunststoffe. Das BMELV folgert in seinem Nationalen Aktionsplan zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe, dass Produkte der stofflichen Nutzung durch Markteinführungsmaßnahmen aufgrund der zahlreichen, heterogenen Produkte deutlicher schwieriger am Markt zu etablieren sind als Wärme oder Strom (BMELV 2009). So seien durch die bisherigen Programme zwar Absatzsteigerungen erzielt, aber Preissenkungen und damit eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit seien nicht in ausreichendem Maße erreicht worden (ebd.). Zur Unterstützung der Markteinführung sollte der Schwerpunkt deshalb mehr auf Information und Transparenz für die Verbraucher gelegt werden, mit der Folge, dass die existierenden Programme nicht fortgesetzt wurden und zurzeit keine Markteinführungs oder -anreizprogramme in diesem Bereich vorhanden sind. Dagegen besteht mit dem neuen Marktanreizprogramm „Energieeffizienz“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), das im April 2015 in

Kraft getreten ist, eine Fördermöglichkeit von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Dazu vergibt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Investitionszuschüsse. Dies umfasst die Förderung von Solarkollektoranlagen bis 40 m^2 Bruttokollektorfläche, kleiner Biomasse-Anlagen von 5 bis 100 kW Nennwärmeleistung wie Pellet-, Hackschnitzel- und Scheitholzanlagen, Wärmepumpen bis 100 kW Nennwärmeleistung und Maßnahmen zur Visualisierung des Ertrags erneuerbarer Energien (BMWI 2015). Die KfW-Bankengruppe (KfW) fördert im Rahmen des Programms Erneuerbare Energien „Premium“ durch Zinsverbilligungen und über Tilgungszuschüsse zur vorzeitigen anteiligen Tilgung von zinsgünstigen Darlehen Maßnahmen wie die Errichtung und Erweiterung von großen Biomasse-Anlagen mit mehr als 100 kW Nennwärmeleistung, Tiefengeothermieanlagen, große Wärmepumpen mit mehr als 100 kW Wärmeleistung, Nahwärmenetze, große Solarkollektoranlagen ab 40 m^2 Bruttokollektorfläche und große Wärmespeicher ab 10 m^3 (ebd.).

2.5 Emissionshandel

Die Europäische Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG gibt seit 2005 einen verbindlichen Rahmen für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in der Energiewirtschaft, der energieintensiven Industrie und seit 2012 auch im Luftverkehr und weiteren Sektoren vor (EU 2003a). Mit dem Emissionshandelssystem soll ein Beitrag dazu geleistet werden, die Treibhausgasemissionen der EU, gemäß des Beschlusses des Europäischen Rats vom 8. und 9. März 2007, bis 2020 insgesamt um mindestens 20% gegenüber 1990 zu reduzieren (EU 2009b). Kern der Richtlinie ist ein europäischer bzw. internationaler Handel mit Rechten zum Ausstoß von Treibhausgasen (Emissionshandel), der als marktwirtschaftliches Instrument wirkt. Dazu werden die Treibhausgasemissionen emissionshandelspflichtiger Anlagen auf eine Gesamtmenge (sog. „Cap“) begrenzt und in Form handelbarer Berechtigungen ausgegeben. Die den Anlagen zugeteilten Emissionszertifikate sollen bis 2020 um 21 % unter dem Emissionsniveau dieser Anlagen von 2005 liegen. Die ursprüngliche Richtlinie wurde durch die Richtlinie 2009/29/EG vom 23. April 2009 zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten geändert (EP 2009). Mit dem Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz aus dem Jahr 2011 wurde die Emissionshandelsrichtlinie in deutsches Recht umgesetzt. Das Gesetz verfolgt den Zweck, „(…) die Grundlagen für den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen in einem gemeinschaftsweiten Emissionshandelssystem zu schaffen, um damit durch eine kosteneffiziente Verringerung von Treibhausgasen zum weltweiten Klimaschutz beizutragen.“ (TEHG 2017 § 1).

Insgesamt herrscht einige Kritik und auch Skepsis gegenüber des Emissionshandels. In der ersten Handelsperiode 2005 bis 2007 ist der Zertifikatspreis stark zurückgegangen, sodass das Instrument seine Lenkungsfunktion nur eingeschränkt erfüllen konnte (Diekmann 2012). Als Gründe werden eine mangelnde Informationsbasis zur Festlegung der Cap und krisenbedingte Produktions- und Emissionsrückgänge in den Jahren 2008/09 angeführt (ebd.). Aber auch die Einflussnahme großer Energieversorgungsunternehmen sowie Länder- und Parteienwettbewerb werden als Ursachen beschrieben, die zu einer sukzessiven Ausweitung des nationalen Caps und Durchsetzung zahlreicher Sonderinteressen geführt haben. Zwar ist mit der zweiten Handelsperiode 2008 bis 2012 die Anzahl der Zertifikate in den Mitgliedsstaaten deutlich gesenkt worden und die kostenlose Zuteilung von Emissionsberechtigungen erfolgt nur noch an die energieintensive Industrie, jedoch wird der mögliche Beitrag dieses zentralen Klimaschutz-Instruments zur Investition von Unternehmen in klimaschonende Technologien und verbesserte Prozesse weiterhin hinterfragt. Das hängt damit zusammen, dass das System noch nicht stabil und zufriedenstellend funktioniert, da die Folgen der in der ersten Periode verfügbaren Überschüsse an Emissionsberechtigungen längerfristige Wirkungen zeigen und die beschlossenen Neuerungen erst

allmählich greifen. Weiterhin wird die Harmonisierung innerhalb der EU und mit anderen Emissionshandelsansätzen auf internationaler Ebene als eine Schwachstelle benannt (ebd.). Weiterhin kritisch diskutiert wird das im Kyoto-Protokoll festgelegte Instrument „Clean Development Mechanism (CDM)“ als flexiblem Baustein zur Zielerreichung verringerter Emissionen. Dieses ermöglicht, dass Industriestaaten bei nicht ausreichend vorliegenden Zertifikaten Klimaschutzprojekte im Ausland durchführen und sich die hierdurch eingesparten Emissionen für die eigenen Emissionsziele gutschreiben lassen können. Dies wird ambivalent diskutiert, da der CDM auf der einen Seite als ein wichtiger Treiber für Klimaschutzbestrebungen gilt und auch Schwellenländer für Klimaschutz sensibilisiert (DEHSt 2008). Auf der anderen Seite besteht die Kritik, dass Industrieländer damit jedoch auch die Möglichkeit haben, die Verpflichtung über kostengünstigere Maßnahmen im Ausland zu erfüllen, ohne Anreize für die Investition in klimaneutrale Technologien am Entstehungsort der Emissionen zu schaffen (ebd.). Um die Verlagerung der Produktion in Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen zu verhindern (sog. „carbon leakage“) und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, sieht die EU-Richtlinie für bestimmte Branchen mit erhöhtem Verlagerungsrisiko die Zuweisung eines höheren Anteils kostenloser Zertifikate vor (EC 2017a).

Auch wenn der Europäische Emissionshandel noch weit davon entfernt ist, die Wettbewerbsvorteile fossiler Verwertungspfade zu Gunsten einer klimaschonenden Entwicklung und erneuerbarer Alternativen abzubauen, so kann er insgesamt als förderlich für die Bioökonomie angesehen werden. Zum einen führt die Entwicklung dazu, dass Energiekonzerne vermehrt in erneuerbare Energien (darunter auch Biomasse-basierte Pfade) und deren Weiterentwicklung investieren. Zum anderen können aber auch stoffliche Nutzungsoptionen in der Bioökonomie profitieren, indem der mit der Produktion von Energiepflanzen entstandene Druck auf die Fläche durch Fortschritte im Bereich der Solar-, Wind- und Wasserkraft reduziert wird. Um die Wirksamkeit des Emissionshandels sicherzustellen, weisen Experten darauf hin, in Zukunft verstärkt Wechselwirkungen zwischen Emissionshandel und anderen energiepolitischen Rahmenbedingungen wie der RED-Richtlinie zu berücksichtigen (Diekmann 2012). So müsse eine durch die Förderung erneuerbarer Energien und Verbesserung der Energieeffizienz erzielte Minderung von Emissionen bei der Cap-Festlegung Berücksichtigung finden, um einem Zertifikatsüberschuss und resultierenden Preisverfall entgegen wirken zu können (ebd.). Da in der Debatte Überlegungen bestehen, weitere emissionsintensive Sektoren wie die Landwirtschaft in den Emissionshandel zu integrieren, kann die Thematik zukünftig eine wachsende Rolle für landwirtschaftliche Pfade in der Bioökonomie spielen (vgl. Stachow et al. 2011; Lünenbürger 2013).

2.6 Öffentliche Beschaffung

Öffentliche Auftraggeber in Deutschland beschaffen jährlich Produkte sowie Dienstleistungen im Wert von 19% des Bruttoinlandsprodukts, was 2010 einem Einkaufsvolumen von 480 Milliarden Euro entsprach (UM BW, LUBW 2014). Dadurch hat die öffentliche Hand starken Einfluss auf Märkte und die Möglichkeit, bestimmte Produktionspfade wie bio-basierte Produkte zu fördern und eine Vorbildfunktion für nachhaltige Beschaffung einzunehmen. Die Vergabe öffentlicher Aufträge ist unter Teil 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen, kurz GWB, geregelt, das 2013 in Kraft getreten und zuletzt 2017 geändert worden ist. Das Gesetz dient dem Zweck, einen vielgestaltigen und fairen Wettbewerb zu ermöglichen (GWB 2017). Für Vergabeverfahren, deren geschätzter Auftrags- oder Vertragswert ohne Umsatzsteuer einen festgelegten Schwellenwert erreicht, gelten die Bestimmungen der EU-Richtlinie 2014/24/EU über die öffentliche Auftragsvergabe (EU 2014b) und die Regelungen des

Government Procurement Agreement (GPA) der Welthandelsorganisation (WHO), an deren Entstehung die EU maßgeblich beteiligt war und die sich an die EU-Regelungen als Vorbild anlehnen (GPA o.J.). Die GPA ist ein Übereinkommen der WHO über das öffentliche Beschaffungswesen mit dem Ziel, „einen multilateralen Rahmen ausgewogener Rechte und Pflichten in Bezug auf öffentliche Aufträge zu schaffen, um den Welthandel zu liberalisieren und auszuweiten" (EU 2014b). Zu den GOA-Staaten gehören neben der EU z.B. die USA, Kanada, Neuseeland, Japan, Singapur, Südkorea, Taiwan und Israel. Die EU-Kommission hat mit einer Änderung der Richtlinie 2014/24/EU die Schwellenwerte zuzüglich Mehrwertsteuer für Auftragsvergabeverfahren für die Zeit ab 1. Januar 2016 wie folgt bekannt gegeben: Für Liefer- und Dienstleistungsaufträge im Bereich der sog. „klassischen" öffentlichen Auftraggeber liegt die Grenze bei 209.000 €, im Bereich der Sektorenauftraggeber bei 418.000 € und für zentrale oberste Regierungsbehörden bei 135.000 €. Für Bauaufträge im Bereich der sog. „klassischen" öffentlichen Auftraggeber, im Bereich der Sektorenauftraggeber sowie für Baukonzessionen liegt der Schwellenwert einheitlich bei 5.225.000 € (EC 2015). Bei Aufträgen oberhalb dieser Schwellenwerte sollen die öffentlichen Auftraggeber die Verpflichtungen aus der EU-Richtlinie und dem GPA-Übereinkommen erfüllen, indem sie diese auf Wirtschaftsteilnehmer von Drittländern anwenden, die Unterzeichner der Übereinkommen sind. Dazu gehört, dass Bekanntmachungen europaweit ausgeschrieben werden und die Vergabeverfahren bestimmten Grundsätzen (z.B. Gleichbehandlung, Nichtdiskriminierung Transparenz) folgen (s. EU 2014b).

Für Vergaben unterhalb der Schwellenwerte, die den Großteil der Auftragsvergaben in Deutschland ausmachen, gilt nationales Recht. Mit der Vergaberechtsreform, die am 18. April 2016 in Kraft getreten ist, ist eine Modernisierung des Vergaberechts und eine Umsetzung der drei EU-Richtlinien 2014/23/EU über die Konzessionsvergabe (EU 2014a), 2014/24/EU über die öffentliche Auftragsvergabe (EU 2014b) und 2014/25/EU über die Sektorenvergabe (EU 2014c) erfolgt. Ein wesentlicher Aspekt dieser Reform ist, dass öffentliche Beschaffungen zukünftig stärker an ökologischen und sozialen Wirkungen ausgerichtet werden sollen. In § 97 („Grundsätze der Vergabe") des GWB wird dargelegt, dass bei der Vergabe Aspekte der Qualität und der Innovation sowie soziale und umweltbezogene Aspekte berücksichtigt werden sollen. Unter § 127 („Zuschlag") wird beschrieben, dass sich das wirtschaftlichste Angebot nach dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis bestimmt. Zu dessen Ermittlung können neben dem Preis oder den Kosten auch qualitative, umweltbezogene oder soziale Aspekte berücksichtigt werden (GWB 2017).

Baden-Württemberg hat sich mit der Verwaltungsvorschrift der Landesregierung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VwV Beschaffung) vom 17. März 2015 dazu verpflichtet, soziale und ökologische Aspekte bei der Auftragsvergabe stärker als bisher und gleichberechtigt zu wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen (MFW 2016). Die Vorschrift soll dazu beitragen, die von der Landesregierung verfolgten Ziele einer nachhaltigen Entwicklung auch im Bereich der öffentlichen Beschaffung umzusetzen. Dazu zählen:

> das Ziel einer weitgehend klimaneutralen Landesverwaltung,
> die Berücksichtigung der entwicklungspolitischen Leitlinien für Baden-Württemberg, insbesondere von fair gehandelten Produkten,
> die Berücksichtigung der Belange der mittelständischen Wirtschaft,
> gute und sichere Arbeit für alle Beschäftigten, Chancengleichheit und Gleichstellung von Männern und Frauen im Beruf sowie die soziale Integration von benachteiligten Personen,

> eine Teilhabe aller Marktbeteiligten, insbesondere auch von anerkannten Werkstätten für behinderte Menschen, Blindenwerkstätten und Justizvollzugsanstalten im Beschaffungswesen des Landes.

Für die Umsetzung einer nachhaltigen Beschaffung wurde vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg eine Arbeitshilfe für den umweltfreundlichen und sozialverträglichen Einkauf in Kommunen entwickelt (UM BW, LUBW 2014). Auch andere Bundesländer wie Bayern engagieren sich für eine nachhaltige, zum Teil auch stärker bio-basierte Beschaffung. Das BMEL hat bereits 2013 einen Leitfaden für nachhaltige Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen in seinem Geschäftsbereich veröffentlicht. Darüber hinaus wurden weiterführende Informationsangebote eingerichtet wie das Portal für nachhaltige Beschaffung[53] des Beschaffungsamtes des Bundesministeriums des Inneren und die Internetseite „Kompass Nachhaltigkeit“[54] im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

Die Beschaffungsvorgänge der öffentlichen Hand umfassen insbesondere den Einkauf von Papier und Bürobedarf, Bürogeräten, Möbel und Strom, Bekleidungs- und Hygienetextilien, IT-Dienstleistungen, Reinigungsdiensten, Wartung von Heizungsanlagen und Bewirtschaftung von Kantinen, aber auch der Bau von Gebäuden, die Instandhaltung von Straßen, die Bereitstellung des öffentlichen Nahverkehrs und Ausstattung von Fuhrparks. Als nachhaltige Produkte werden dabei solche verstanden, die „gegenüber dem gleichen Gebrauchszweck dienenden Erzeugnissen besondere Umwelt- oder Gesundheitsvorteile aufweisen, besonders sozialverträglich hergestellt wurden oder einen volkwirtschaftlichen Vorteil bieten.“ (UM BW, LUBW 2014: 5). Mehrpreise aufgrund von Umweltverträglichkeit oder besseren Produkteigenschaften seien gerechtfertigt, wenn damit betriebs- oder volkswirtschaftliche Kosteneinsparungen oder aber auch nicht monetär exakt zu bewertende Vorteile für das Gemeinwohl einhergehen (ebd.).

Die Bestrebungen zur Umsetzung einer nachhaltigen Beschaffung hat das Potenzial, die Bioökonomie und eine Nachfrage nach bio-basierten Produkten zu fördern, jedoch bestehen auch zahlreiche Hindernisse für die nachhaltige Beschaffung im Allgemeinen und die Förderung bio-basierter Produkte im Speziellen. Die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) kommt im Rahmen des vom BMEL geförderten Projektes „Nachwachsende Rohstoffe im Einkauf“ zu dem Schluss, dass sich trotz Beschlüssen und intensiven Schulungen Nachhaltigkeitsaspekte im operativen Tagesgeschäft nur selten verbindlich durchsetzen. Als Hemmnisse genannt werden eine fehlende Marktkenntnis nachhaltiger und bio-basierter Produkte und Unsicherheiten über Produkteigenschaften sowie zu formulierende Nachhaltigkeitskriterien aufseiten der Beschaffer (FNR 2016). Diese Einschätzung deckt sich mit Aussagen des Deutschen Städte- und Gemeindebunds (Portz 2016), der europaweit und allgemein anerkannte Gütezeichen fordert, um die Überprüfung von sozialen und ökologischen Wirkungen als Gegenstand der Eignungs- und Zuschlagskriterien zu ermöglichen. Die Erarbeitung europaweit oder sogar international gültiger Standards scheint insbesondere auch vor dem Hintergrund der Wettbewerbsöffnung auf internationaler Ebene für Aufträge oberhalb der Schwellenwerte wichtig, wie sie in der EU-Richtlinie und dem GPA-Übereinkommen geregelt ist. Weiterhin vorgeschlagen wird die Erstellung von Produktlisten für bio-basierte Produkte nach dem Vorbild der USA, die den sog. BioPreferred Catalog

53 http://www.nachhaltige-beschaffung.info/DE/Home/home_node.html
54 http://oeffentlichebeschaffung.kompass-nachhaltigkeit.de/

mit Informationen über eine Vielzahl bio-basierter Produkte führt (Carus et al. 2014). Als ein weiteres Hemmnis werden papiergestützte Verwaltungsabläufe angeführt sowie unabhängig voneinander ablaufende Beschaffungsvorgänge, die zur Zergliederung von Einkaufsstrukturen führen und die Transparenz reduzieren (FNR 2016). Nicht zuletzt wird auf die fehlende gesetzliche Verbindlichkeit zur Umsetzung einer nachhaltigen Beschaffung hingewiesen. Als Dreh- und Angelpunkt wird der elektronische Einkauf gesehen, der die Einpflege von Informationen über Produkteigenschaften und Nachhaltigkeitswirkungen und auch die Präsentation von Gütezeichen ermöglicht (ebd.). Durch die Einführung der E-Vergabe im Rahmen der 2016 in Kraft getretenen Vergaberechtsreform sind zumindest für die angesprochenen Hemmnisse in den Verwaltungsabläufen Verbesserungen zu erwarten (BMWi 2016b).

Für bio-basierte Produkte im Speziellen ergibt sich die Herausforderung, dass die Eigenschaft „bio-basiert“ an sich nicht ausreichend ist, um eine Vorzüglichkeit gegenüber konventionellen Produkten zu rechtfertigen. Peuckert und Quitzow (2016), die im Rahmen einer Delphi-Studie die Akzeptanz für bio-basierte Produkte in der Beschaffung aufseiten von Unternehmen und der öffentlichen Hand untersucht haben, zeigen, dass diese Produkte im nachhaltigen Beschaffungswesen, das viele andere Kriterien wie sozialverträgliche Herstellung und Förderung des ländlichen Raums umfasst, bisher nur eine randständige Bedeutung besitzen. Die Studie weist darauf hin, dass ein europäisches Label für bio-basierte Produkte, das neben der Eigenschaft „bio-basiert“ auch ökologische und soziale Kriterien umfasst oder die Integration in existierende Label wie das EU Ecolabel zur einer stärkeren Berücksichtigung solcher Produkte in der nachhaltigen Beschaffung führen könnte. Darüber hinaus erklären die Autoren, dass neben der nachhaltigen Beschaffung auch eine Innovations-orientierte Beschaffung stattfindet, die das Motiv verfolgt, die Kommerzialisierung innovativer Produkte zu stimulieren und Preissenkungen zu ermöglichen, die wiederum die Marktdurchdringung erhöhen sollen. Die nachhaltige und Innovations-orientierte Beschaffung werden als sich ergänzende und überlappende Ansätze verstanden. Da ein Haupthemmnis für bio-basierte Produkte derzeit noch ihr hoher Preis ist und die Überprüfung von sozialen und ökologischen Wirkungen noch nicht gewährleistet ist , geben die Autoren zu bedenken, dass es zur Förderung der Marktakzeptanz sinnvoll sein kann, bio-basierte Produkte verstärkt in der Innovations-orientierten Beschaffung zu positionieren und sich bei der Beschaffung eher an verbesserten Produkteigenschaften und neuen Funktionalitäten statt ökologischer Vorteile zu orientieren.

Das Fehlen einer verbindlichen Nachhaltigkeitszertifizierung und -kennzeichnung (Kap. VII.4.5) und die fehlende Standardisierung bzw. Definition von Konventionen zur Ökobilanzierung bio-basierter Produkte werden von verschiedenen Seiten als Faktoren genannt, die auf die Prozessintegration und Markteinführung hemmend wirken (z.B. Carus et al. 2014, Bündnis 90/die Grünen 2011, GIZ 2011).

3. Hemmende Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden politische Rahmenbedingungen diskutiert, die hemmend auf die Entwicklung der Bioökonomie wirken können. Behandelt werden die Subventionierung fossiler Rohstoffe sowie nicht-nachhaltiger Verhaltensmuster („umweltschädliche Subventionen“) sowie Hemmnisse für die stoffliche Biomassenutzung.

3.1 „Ineffiziente“ bzw. „umweltschädliche“ Subventionen

Für eine Vielzahl gesellschaftlicher Bereiche existieren staatliche Förderungen für Betriebe, Wirtschaftszweige und Haushalte, um bestimmte politische, ökonomische, soziale und ökologische Zielsetzungen zu erreichen. Die Subventionierung der Erschließung, Konversion und des Konsum fossiler Rohstoffe wird unter Umweltgesichtspunkten kritisch betrachtet und stellt für den Aufbau einer wettbewerbsfähigen bio-basierten Wirtschaft eine große Hürde dar. Dabei liegt ein Augenmerk auf Subventionen im Energiebereich. Motivationen zur Subventionierung dieses Felds sind: Bekämpfung von Energiearmut, Förderung der heimischen Energieversorgung, Förderung von Industrie und Beschäftigung, gerechte Verteilung in Ressourcen-reichen Ländern und Schutz der Umwelt (IEA, OECD, World Bank 2010). Unter Subventionen kann eine Vielzahl an Aktivitäten gefasst werden. Diese reichen von finanziellen Zahlungen, Instrumenten zur Förderung des Handels wie Quoten, regulatorischen Maßnahmen wie Marktzugangsbeschränkungen und Preiskontrollen, über Steuererleichterungen, Kredite zur Finanzierung von Energieinfrastrukturen, Risikoübernahmen, durch den Staat bereitgestellte Leistungen wie Infrastrukturinvestitionen und Forschungsförderung bis hin zu externen Kosten wie Umweltbelastungen. Allgemein wird unterschieden in Produktions- und Verbrauchssubventionen, die entweder bei der Produktion oder dem Konsum bestimmter Güter ansetzen (IEA, OECD, World Bank 2010).

Laut World Energy Outlook betrugen die verbrauchsbezogenen direkten Subventionen für fossile Brennstoffe (Erdöl, Gas und Kohle) im Jahr 2015 weltweit rund 325 Mrd. Dollar, während die erneuerbaren Energien mit nur 150 Mrd. Dollar gefördert wurden (IEA 2016). Dieses Verhältnis war in den vorherigen Jahren noch stärker zu Gunsten fossiler Energien verschoben und hat sich erst durch die fallenden Erdölpreise mit dem Jahr 2015 deutlich verändert. Analysen des Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e. V. auf Basis des Internationalen Währungsfonds (IMF) zeigen, dass sich die Subventionen (umfasst laut IMF-Definition Finanzhilfen, Steuervergünstigungen und Umweltschäden) für fossile Energien in den G20-Staaten im Jahr 2015 auf ca. 4,4 Billionen USD beliefen (Zerzawy et al. 2017). Diese entfielen zu 65% auf Kohle, 26% auf Öl, 7% auf Erdgas und zu 2% auf Strom. Das größte Subventionsvolumen wies China auf mit mehr als 20% des BIP, gefolgt von Russland mit knapp 16%, Indien, Südafrika und Saudi-Arabien mit 12 bis 13%. Die deutschen Subventionen betrugen etwa 55,6 Milliarden USD bzw. 1,4% des BIP. Damit liegt Deutschland bei den absoluten Werten im Mittelfeld der G20-Staaten, in der EU auf dem ersten Platz, aber gemessen am BIP unter dem EU-Durchschnitt von 1,75%. Die Kohlesubventionen nehmen auch in Deutschland den größten Umfang ein. Laut des 26. Subventionsberichts der Bundesregierung bestehen Finanzhilfen zur Förderung des Absatzes von Steinkohle, die jedoch bis Ende 2018 auslaufen (BMF 2017). Darüber hinaus werden für den Energiebereich folgende Subventionen genannt (ebd.): Steuervergünstigungen für Dieselkraftstoffe, die zur Bodenbewirtschaftung oder bodengebundenen Tierhaltung in landwirtschaftlichen Maschinen und Fahrzeugen verwendet werden, Strompreiskompensationen zur Verhinderung der Auslagerung von stromintensiven und im internationalen Wettbewerb stehenden Unternehmen aufgrund von Auswirkungen des CO_2-Emissionshandels, ermäßigte Energiesteuersätze für flüssig- und erdgasbetriebene Fahrzeuge und teilweise Rückerstattung der Energiesteuer auf Kraftstoffe im Personennahverkehr, Befreiung des Luftverkehrs und internationalen Seeverkehrs von der Steuer auf Treibstoffe, Entlastung des Schienenverkehrs bei der Stromsteuer. Weiterhin bestehen Steuervergünstigungen für die Herstellung von Chemikalien aus Erdöl (Berendt 2017). Es wird angenommen, dass die Subventionen in der Statistik der Bundesregierung tendenziell unterschätzt werden, da sie keine externen Kosten berücksichtigen (Zerzawy et al. 2017). Die auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene vorhandenen Abschätzungen

werden aufgrund unterschiedlicher Definitionen des Subventionsbegriffs, Methoden und Datenbasis insgesamt als schwer vergleichbar eingestuft (ebd.).

Umweltexperten kritisieren, dass es sich bei der Subventionierung fossiler Energien um „ineffiziente“ bzw. „umweltschädliche“ Förderung handelt, die zu verschwenderischem Umgang, Verringerung der Energieversorgungssicherheit, Verzerrung des Wettbewerbs zugunsten umweltschädlicher Energieträger, Untergrabung der Bemühungen zur Eindämmung des Klimawandels und Erhöhung des Förderbedarfs für erneuerbare Energien führe (Heinrich-Böll-Stiftung 2016). Eine Studie der Internationalen Energieagentur in Kooperation mit der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und der Weltbank in Vorbereitung des G20-Gipels 2010 in Seoul schätzt, dass durch einen Abbau der Verbrauchssubventionen für fossile Rohstoffe zwischen den Jahren 2011 und 2020 eine Reduktion der globalen energiebezogenen CO_2-Emissionen um 5,8% bis 2020 erreicht werden könnte (IEA, OECD, World Bank 2010). In der aktuellen Debatte wird von verschiedenen Seiten für den Abbau von Anreizen zur energetischen Nutzung fossiler Rohstoffe, aber auch für die Abschaffung von umweltschädlichen Subventionen in anderen Lebensbereichen appelliert. In den vergangenen Jahren wurde insbesondere in Industrieländern auch von politischer Seite zunehmend erkannt, dass bestimmte Subventionen fossiler Energieträger zu einer unerwünschten Allokation von Ressourcen sowie Marktstörungen führen und ihre intendierten Zielsetzungen häufig verfehlen (IEA, OECD, World Bank 2010). Als Folge hat der Zusammenschluss der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer (G20) bei seinem Treffen im September 2009 in Pittsburgh festgelegt, ineffiziente Subventionen für fossile Brennstoffe, die verschwenderischen Konsum begünstigen, mittelfristig abzubauen, gleichzeitig aber eine gezielte Unterstützung für arme Bevölkerungen sicherzustellen (G20 2009).

In der Debatte wird moniert, dass die Selbstverpflichtung der G20-Staaten bisher nur schleppend umgesetzt wird und keine Frist für den Subventionsabbau festgelegt wurde (Köder, Burger 2016). Als weiteres Manko wird angeführt, dass der Fokus auf der Subventionierung der Verbraucherpreise liege, während Erzeugung und Erschließung von fossilen Brennstoffen eine geringe Rolle spielten. Gefordert werden ein umweltbezogenes Controlling aller bestehenden und neu eingeführten Subventionen und die Erarbeitung eines verbindlichen Fahrplans zum Abbau umweltschädlicher Subventionen (ebd.). Eine Neuerung in der Diskussion ist, dass sich der G7-Gipfel von 2016 darauf geeinigt hat, ineffiziente Subventionen im Bereich fossiler Rohstoffe nun innerhalb eines festen Zeitfensterns bis 2025 abzuschaffen (G7 2016). Im Widerspruch zur allgemeinen Kritik zeigen sich der Internationalen Energieagentur zufolge (IEA 2017) bereits erste Erfolge der G20-Vereinbarung, ohne welche die globalen Subventionen für fossile Energieträger im Jahr 2014 um 24% höher gewesen wären.

In Deutschland sind Subventionen Gegenstand einer Nachhaltigkeitsprüfung, die von den federführenden Ministerien durchgeführt wird (BMF 2017). Diese basiert auf den Zielen und Managementregeln der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie in ihrer Neuauflage von 2016, die an den Sustainable Development Goals (SDGs) der UN ausgerichtet ist. Die Nachhaltigkeitsprüfung ist Bestandteil der Evaluierung von Steuervergünstigungen und sollte demnach auch bei bereits länger bestehenden Subventionen Anwendung finden. Zu berücksichtigen sind die langfristigen ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen der jeweiligen Subvention, z.B. in Bezug auf wirtschaftlichen Wohlstand und Zukunftsvorsorge, Klimaschutz und Ressourcenschonung oder Beschäftigungssicherung. Dabei spielen auch indirekte Wirkungen eine Rolle, z.B. wenn Energiesteuervergünstigungen zwar keine unmittelbare positive ökologische Wirkung im Inland haben, aber zur Verhinderung von Produktionsverlagerungen in Drittstaaten mit niedrigeren Umweltschutz- und Energiestandards beitragen (ebd.). Zerzway

et al. (2017) schätzen die Nachhaltigkeitsprüfung bisher als unzureichend ein, da die zugrundeliegende Analyse nicht transparent sei und nicht umfassend für alle Dimensionen der Nachhaltigkeit erfolge.

Neben der Energiebereitstellung aus fossilen Quellen wird die Thematik der fehlgeleiteten Subventionen auch für andere Felder der Bioökonomie diskutiert (Köder, Burger 2016). So besteht z.B. im Bereich der Ernährung mit dem ermäßigten Mehrwertsteuersatz, der auch für Produkte tierischen Ursprungs gilt, eine indirekte Förderung nicht nachhaltiger und flächenintensiver Ernährungsmuster. Zusätzlich zu den geringen Marktpreisen für tierische Produkte, über die der Einzelhandel versucht neue Marktanteile zu gewinnen, begünstige dies den Konsum von Lebensmitteln mit hoher umweltschädlicher Wirkung wie Fleisch und Milchprodukten. Das ist für die Bioökonomie insoweit relevant, dass die Produktion tierischer Nahrungsmittel einen höheren Flächenbedarf aufweist als die Produktion pflanzlicher Lebensmittel und eine Reduktion des Konsums von Fleisch und anderen tierischen Produkten Flächenpotenziale freisetzen würde, die für andere Nutzungspfade verwendet werden könnten. Um einem übermäßigen Konsum tierischer Produkte entgegenzuwirken, wird eine Anpassung an den allgemeinen Mehrwertsteuersatz für Produkte tierischen Ursprungs in Verbindung mit der Absenkung des ermäßigten Steuersatzes für Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs vorgeschlagen (Köder, Burger 2016). Ein weiteres Feld umweltschädlicher Subventionen stellt die Förderung des Bau- und Wohnungswesens über Subventionen wie die Eigenheimzulage dar, die den Neubau von Wohnraum oder die Neuerschließung von Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen bezuschussen. Dadurch wird eine steigende Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr begünstigt, die in Wechselwirkung mit den für die Bioökonomie zur Verfügung stehenden Flächenpotenzialen steht (ebd.).

Zum Aspekt direkter Subventionen verschärfend hinzukommt, dass die Nutzung fossiler Rohstoffe auch indirekt gefördert wird, durch die unentgeltliche Nutzung der Umwelt als Rohstofflieferant und Senke für Abfallstoffe und Emissionen. Während die Gestehungskosten für Produkte auf Basis innovativer, umweltfreundlicher Technologien unter Einsatz nachhaltig erzeugter Rohstoffe hoch sind und damit auch die CO_2-Vermeidungskosten, findet bei der Nutzung fossiler Rohstoffe keine Berücksichtigung externer Kosten für negative Folgen und Umweltbelastungen statt. Ein Ansatz, um Umweltnutzung monetär abzubilden und einer Übernutzung entgegen zu wirken, stellt der Emissionshandel dar (Kapitel VII.2.5). Jedoch besteht aufgrund von Mängeln in der Ausgestaltung der ersten Handelsperiode einige Kritik an diesem Instrument. Darüber hinausgehend existieren keine staatlichen Ansätze, um die externen Kosten, die bei der Nutzung fossiler Rohstoffe entstehen, zu berücksichtigen. Ein Zusammenschluss von Stakeholdern aus Unternehmen, NGOs, Politik, Wissenschaft und Biomasseproduzenten fordert deshalb in den nächsten Jahren bis 2025 einen Teil der Subventionen für fossile Rohstoffe in Forschung, Entwicklung, Vernetzung und Austausch zum Aufbau einer europäischen Bioökonomie zu investieren (European Bioeconomy Stakeholders Manifesto 2016).

3.2 Hemmnisse für die stoffliche Biomassenutzung

Ziel der Bioökonomie ist es, zumindest eine einfache, wenn möglich eine mehrfache stoffliche Kaskadennutzung biogener Rohstoffe zu ermöglichen und erst am Ende des Produktlebenszyklus diese energetisch zu verwerten (vgl. BÖR 2012). Damit ist die stoffliche Verwertung der prioritäre Nutzungspfad der bio-basierten Wirtschaft. Mit der Wahrnehmung von Ressourcenknappheit und möglichen negativen Folgen eines verstärkten Bioenergieausbaus, werden Stimmen für eine bessere Allokation von Biomasse in Bezug auf unterschiedliche Verwendungspfade und gesteigerte Ressourceneffizienz lauter (s. Carus et al. 2014; BÖR 2012).

Für stoffliche Nutzungen spricht, dass diese im Hinblick auf den Klimaschutz in einigen Fällen größere CO_2- und Energieminderungspotenziale aufweisen als energetische Verwendungen (BÖR 2012: 23). Zwar wird die Datenbasis für eine umfassende Ermittlung von Umweltwirkungen und volkswirtschaftlichen Effekten stofflicher Nutzungen bisher noch als unzureichend eingeschätzt, vorhandene Lebenszyklusanalysen zeigen jedoch, dass stoffliche Nutzungspfade unter ökologischen Gesichtspunkten tendenziell besser abschneiden als energetische Pfade (Carus et al. 2014). Auch die Tatsache, dass Biomasse derzeit die einzige alternative Kohlenstoffquelle zur Substitution von Erdöl darstellt, während für die energetische Nutzung andere alternative Energieträger (Sonnen-, Wind- und Wasserkraft sowie Geothermie) zur Verfügung stehen (z.B. Lewandowski 2015; SRU 2007), unterstreicht die Forderung nach mehr stofflicher Nutzung von Biomasse.

Trotz der hohen klimaschutzpolitischen Bedeutung stofflicher Nutzungen und ihrer herausragenden Rolle in politischen Strategien wie dem Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, der Roadmap Bioraffinerien und der Nationalen Bioökonomiestrategie, spielt diese bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2016 wurden knapp 2,7 Mio. ha der Ackerfläche Deutschlands durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe belegt, wobei der Großteil (knapp 90%) auf Energiepflanzen und nur 10% auf die stoffliche Nutzung entfielen (FNR 2017). In Deutschland bestehen bisher kaum regulatorische Ansatzpunkte zur Förderung der stofflichen Biomassenutzung. Wie zuvor beschrieben (s. Kap. VII.2.4), existierten für traditionelle stoffliche Verwertungen zwischen den Jahren 2011 und 2008 Marktanreizprogramme, die jedoch nicht in dem gewünschten Maße zu einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Produkte und wegweisenden Umbrüchen in den existierenden Märkten beitragen konnten. Zwar besteht über die Forschungsförderung im Rahmen des BMBF-Förderprogramms Bioökonomie Unterstützung für die Erforschung neuer Extraktions- und Syntheseverfahren und den Aufbau von Bioraffinerie-Pilotanlagen, eine Förderung von Märkten und Produkten existiert jedoch nicht.

Während Förderinstrumente für den stofflichen Pfad weitgehend fehlen, wird die Bioenergieproduktion politisch stark gefördert. Deswegen wird mit der Forderung nach einer verstärkten stofflichen Nutzung von Biomasse häufig auf eine Ungleichbehandlung zwischen energetischen und stofflichen Nutzungen hingewiesen. Eine Studie über Hemmnisse und mögliche Förderinstrumente für die stoffliche Nutzung, die im Auftrag des Umweltbundesamts erstellt wurde (Carus et al. 2014), hat ermittelt, dass sich der Flächenumfang für die energetische Nutzung von Anbaubiomasse in Deutschland aufgrund der umfassenden staatlichen Förderung zwischen 1994 und 2011 verzehnfacht hat, während die stoffliche Nutzung auf niedrigem Niveau stagniert. Im Kern ist dies zurückzuführen auf die Erneuerbare Energien Richtlinie (RED) der EU und deren Umsetzung in das deutsche Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) sowie das Biokraftstoffquotengesetz, die zur umfangreichen Förderung von Bioenergie- und Biokraftstoffproduktion beigetragen haben (vgl. Kap. VII.2.1, 2.3). Darüber hinaus werden weitere Maßnahmen zur Förderung der energetischen Biomassenutzung als Hemmnisse identifiziert, wie der reduzierte Umsatzsteuersatz von 7% für Brennholz laut § 24 des Umsatzsteuergesetzes und Marktanreizprogramme (Kap. VII.2.4) zur Förderung des Einsatzes von Biomasseanlagen wie Holzpellet-Öfen und Hackschnitzel-Kessel in Privathaushalten und gewerblichen Objekten (Carus et al. 2014).

Um den sich aus der Bioenergieförderung ergebenden Hemmnissen entgegen zu wirken, wird vorgeschlagen, Wettbewerbsverzerrungen zu Gunsten der Bioenergieförderung zu vermeiden (Carus et al. 2014). Folgende Instrumente werden diskutiert: (1) Gleichbehandlung der stofflichen und energetischen Nutzung durch Erweiterung der europäischen Erneuerbare-Energie-Richtlinie zu einer Erneuer-

bare-Energie-und-Material-Richtlinie mittels Einbeziehung stofflicher Produktlinien in die Gesamtquote erneuerbarer Energien sowie die Biokraftstoffquote, (2) Einführung eines Kaskaden-Bonus zur Förderung der energetischen Verwertung von Biomasse aus Neben- und Kaskadenströmen, (3) Abschaffung der mehrfachen Anrechnung von Abfällen, Reststoffen, Lignocellulose-haltigem und Cellulose-haltigem Non-Food-Material auf die Biokraftstoffquote, insofern eine Wettbewerbsverzerrung für stoffliche Pfade gegeben ist, (4) Abschaffung der Doppelförderung von Bioenergie und Biokraftstoffen durch die erste Säule der GAP (Direktzahlungen) und die Förderung über das EEG und (5) Abbau der Marktanreizprogramme zur Nutzung von Biomasseanlagen im Wärmebereich und Abschaffung des reduzierten Umsatzsteuersatzes für Brennholz (ebd.).

In der Diskussion bisher unklar bleibt, inwieweit ein Abbau der Förderung von Bioenergieerzeugung auch zu einer Verbesserung der Situation für die stoffliche Nutzung führen würde. Da sich die Preise für Biomasse nach Angebot und Nachfrage richten und die ökonomischen Wechselwirkungen in globalisierten Märkten zunehmend komplexer werden, ist nicht automatisch davon auszugehen, dass die Biomassepreise durch eine Reduktion der Bioenergieförderung sinken (zu Faktoren, die Biomassenutzung und Flächenbelegung beeinflussen, s. Meyer, Priefer 2015). Experten sind sich einig, dass der Energiesektor für die Erfüllung der Klimaschutzziele ein zentraler Hebel darstellt und Biomasse zur Realisierung der Energiewende eine wichtige Rolle spielt, sodass eine Beschränkung der Bioenergienutzung auf die Kaskadennutzung für den Transformationsprozess kontraproduktiv wäre (z.B. AEE 2016; BÖR 2012).

Ein Haupthemmnis für die Etablierung stofflicher Nutzungen kann vor allem in der in vielen Bereichen noch fehlenden Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Erdöl-basierten Produkten gesehen werden. Letztere können durch die Realisierung von Skaleneffekten und die bisher nur ansatzweise durch den Emissionshandel berücksichtigten Klimaschutzkosten (Kap. VII.2.5) preisgünstig produziert werden. Als weitere hemmende Faktoren in diesem Zusammenhang werden genannt (Carus et al. 2014): im Vergleich zu fossilen Brennstoffen, Mineralien und Chemikalien hohe Importzölle für Biomasse im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und geltende Steuerbefreiungen bei der stofflichen Nutzung fossiler Energieträger durch die chemische Industrie (vgl. „umweltschädliche“ Subventionen in Kap. VII.3.1).

Wie die Erfahrungen mit den Marktanreizprogrammen zeigen, besteht eine weitere Hürde zur stärkeren Förderung des stofflichen Pfads in der großen Vielfalt möglicher Endprodukte. So ist nicht klar, wo Anreizprogramme ansetzen könnten, um zu einer weiten Verbreitung stofflicher Pfade beizutragen. Auch ist es bisher noch nicht gelungen, Akteure mit starkem gesellschaftlichem Einfluss wie die Chemieindustrie für einen Umschwung zu gewinnen, sodass für diesen Pfad insgesamt relevante Fürsprecher und Multiplikatoren fehlen.

4. Gestaltende Rahmenbedingungen

Neben fördernden und hemmenden Faktoren für die Bioökonomie gibt es eine Vielzahl politischer Rahmenbedingungen, die gestaltend auf den Transformationsprozess wirken. Um deren möglichen Auswirkungen auf die Bioökonomie abschätzen zu können, ist es insbesondere wichtig, neben dem aktuellen Stand der Gesetzgebung auch Diskussionen um deren Weiterentwicklung zu berücksichtigen. Felder von besonderer Bedeutung stellen die Fördertatbestände im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP), Cross-Compliance Standards und Bestimmungen des Agrarumweltrechts, Bestimmungen

des Waldrechts, Zertifizierungen im Rahmen der Biomassestrom- und Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnungen, Bestimmungen des allgemeinen Umweltrechts (Abfall-, Immissionsschutz- und Chemikalienrecht), das Gentechnikrecht und die Novel Food-Verordnung dar.

4.1 Agrarförderung

Die Landwirtschaft in Europa wird im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) finanziell gefördert. Die aktuell geltenden Bestimmungen sind im Wesentlichen in den EU-Verordnungen 1306/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik (EU 2013c) und 1307/2013 über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (EU 2013d) geregelt. Ursprünglich waren die Hauptinstrumente der GAP die Agrarpreisstützung und Exportsubventionierung für landwirtschaftliche Produkte, um Landwirten die Abnahme ihrer Erzeugnisse zu einem bestimmten Preis zu garantieren. Mit der Zeit wurden die Preisgarantien gesenkt und durch flächengebundene Direktzahlungen ersetzt, welche die Basis der heutigen GAP bilden. Obwohl der Anteil der Agrarausgaben mit den Jahren zurückgegangen ist, beträgt dieser im Förderzeitraum 2014 bis 2020 immer noch knapp 40% des europäischen Haushaltsbudgets (BMEL 2017a). Angesichts dieser nicht unerheblichen Fördersummen und der vielerorts sichtbaren, negativen Auswirkungen der Intensivlandwirtschaft (darunter Bodenverdichtung durch den Einsatz schwerer Maschinen, Beeinträchtigungen von Ökosystemen durch Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Monokulturanbau, Grünlandumbruch, Rückgang der Artenvielfalt) gibt es eine bereits seit vielen Jahren anhaltende Diskussion um eine grundlege Neuausrichtung des Fördersystems an der Bereitstellung von Gemeinwohlleistungen. Im Zuge der letzten Förderreform wurde als Folge dieser Debatte das sogenannte Greening eingeführt, das festlegt, dass 30% der Direktzahlungen (1. Säule der GAP) von der Einhaltung bestimmter Umweltschutzauflagen abhängig sind. Umgesetzt sind die Bestimmungen der GAP im Direktzahlungen-Durchführungsgesetz zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betreibe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (DirektZahlDurchfG 2016), im Agrarzahlungen-Verpflichtungengesetz zur Regelung der Einhaltung von Anforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahlungen (AgrarZahlVerpflG 2014) und dem Marktorganisationsgesetz zur Durchführung der gemeinsamen Marktorganisationen und der Direktzahlungen (MOG 2017).

Derzeit gestaltet sich die europäische Agrarförderung in Deutschland wie folgt (BMEL 2017a):

> 1. Säule der GAP zur Förderung der landwirtschaftlichen Betriebe (alleinige Finanzierung aus dem EU-Haushalt):
    - Basisprämie in Höhe von 154 bis 191 Euro pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche, die als Ackerland, Dauergrünland und Dauerweideland oder mit Dauerkulturen genutzt wird, Angleichung an einheitliches bundesweites Niveau von 175 Euro bis 2019. Alle Betriebe erhalten für die ersten 30 Hektar zusätzlich etwa 50 Euro pro Hektar, für weitere 16 Hektar zusätzlich etwa 30 Euro pro Hektar. Damit sind kleine und mittlere Betriebe bis 95 Hektar besser gestellt.
    - Greening-Zulage in Höhe von 85 Euro pro Hektar nur unter der Voraussetzung des Erhalts von Dauergrünlandflächen, der Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen (EFAs: Ecological Focus Areas) auf 5% des Ackerlands und des Anbaus von mindestens zwei unterschiedlichen Kulturen in Betrieben mit 10 bis 30 Hektar Ackerfläche und von mindestens drei Kulturen in Betrieben über 30 Hektar Ackerland. Zu den EFA-Flächen gehören u.a. Brachen, Zwischenfrüchte, KUP,

Anbau von Stickstoffbindern in Reinkultur. Die Maßnahmen sind je nach Grad des ökologischen Nutzens mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren berücksichtigt.
- Zusatzförderung in Höhe von etwa 44 Euro für Junglandwirte bis 40 Jahre für maximal fünf Jahre und 90 Hektar Landwirtschaftsfläche

> 2. Säule der GAP zur Förderung der ländlichen Entwicklung in vier Bereichen (Kofinanzierung durch Mitgliedsstaaten und Genehmigung nationaler bzw. regionaler Programme durch die EU-Kommission):

- Freiwillige Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen der Landwirtschaft wie Extensivierungsmaßnahmen, ökologischen Landbau, Maßnahmen zur Förderung des Tierwohls, Nutzung marginaler Standorte
- Stärkung landwirtschaftlicher Betriebe durch Investitionen in Modernisierung, Hofläden, Tourismus etc.
- Unterstützung der wirtschaftlichen Entwicklung in ländlichen Gebieten sowie lokaler Dorfentwicklungsprojekte
- Erarbeitung einer ländlichen Entwicklungsstrategie und breite Bürgerbeteiligung

Mit der ersten Säule wird primär das Ziel verfolgt, zur Einkommenssicherung landwirtschaftlicher Betriebe beizutragen, die aufgrund der in Europa geltenden hohen Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutzstandards Wettbewerbsnachteile erfahren sowie um starke Preisschwankungen bei Agrarprodukten auszugleichen. In der zweiten Säule geht es dagegen um die Erreichung langfristiger strategischer Ziele wie nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen und Erhalt der Wirtschaftskraft in ländlichen Regionen.

Trotz der Bestrebungen, über die Greening-Zulage Anreize für eine umweltverträgliche Produktion im Rahmen der Direktzahlungen zu setzen und der ersten Säule damit eine Lenkungsfunktion zur Umsetzung des Prinzips „öffentliches Geld für öffentliche Güter“ zu geben, wird der reale Beitrag dieser Maßnahme als eher gering eingeschätzt. Untersuchungen zu Effekten auf die Biodiversität haben ergeben, dass die Maßnahmen zum Greening auf der einen Seite einen Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe in Europa ausschließen, auf der anderen Seite wenig verbindlich oder häufig bereits Teil der landwirtschaftlichen Praxis sind und damit keine Verbesserung der ökologischen Situation erreicht werden kann (Pe’er et al. 2014). So müssen ökologische Vorrangflächen nur auf 5% und nicht wie ursprünglich vorgesehen auf 7% der Anbaufläche etabliert werden und die Regelung trifft nur auf Betriebe mit mehr als 15 Hektar Ackerfläche zu, was 88% der europäischen Betriebe und 48% der landwirtschaftlichen Flächen ausschließt. Auch die Verpflichtung zur Diversifizierung von Kulturarten schließt Betriebe mit weniger als 10 Hektar Ackerfläche aus, was 92% der Flächen in den neuen Mitgliedsstaaten und 13% der Flächen in der gesamten EU ausmacht. Am derzeitigen Fördersystem wird weiterhin moniert, dass ein Großteil der Förderung – in der aktuellen Periode rund 77% der Fördersumme von über 400 Milliarden Euro (EC 2013b) – in die Direktzahlungen der ersten Säule fließen, während die zweite Säule, die Leistungen stärker an Gemeinwohlleistungen knüpft, eine untergeordnete Rolle spielt. Zudem profitierten vor allem Landbesitzer über steigende Boden- und Pachtpreise von den Direktzahlungen und nicht die praktizierenden Landwirte, da etwa die Hälfte der Ackerflächen in Europa gepachtet ist (Habeck, Häusling 2015; Matthews et al. 2011).

Von umweltpolitischer und zivilgesellschaftlicher Seite wird eine grundlegende Neuausrichtung der europäischen Agrarförderung gefordert, die über die Greening-Maßnahmen deutlich hinausgeht (Feindt et al. 2017; RNE 2017; NABU 2010; EEB/BirdLife 2016; Habeck, Häusling 2015). Die Vorschläge

teilen die Auffassung, dass eine Abschaffung der Direktzahlungen bei gleichzeitiger Stärkung von Maßnahmen zur Erbringung öffentlicher Güter aus der zweiten Säule wichtige Schritte zur Erneuerung der Agrarpolitik sind. Unterschiede bestehen bei der Eingriffstiefe der vorgeschlagenen Maßnahmen. Diese bewegen sich zwischen tiefgreifenden Veränderungen wie neuartigen Förder-Architekturen (z.B. Oppermann et al. 2016), einem im Dialog entwickelten „Gesellschaftsvertrag für eine zukunftsfähige Landwirtschaft" (z.B. Feindt et al. 2017) oder der Ausrichtung der Agrarpolitik an den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs) (z.B. RNE 2017) auf der einen Seite und Neujustierungen im bestehenden System auf der anderen Seite. Ein Beispiel für die letztgenannte Kategorie ist der Vorschlag von Zahrnt (2009) zum Erhalt des 2-Säulen-Modells bei allmählichem Auslaufen der ersten Säule und einer Fokussierung der zweiten Säulen auf Maßnahmen zur Erbringung öffentlicher Güter. Diese Fokussierung soll durch eine Abschaffung von Fördertatbeständen erfolgen, die nicht dem Aufbau öffentlicher Güter dienen sowie durch eine Auslagerung von Förderungen für den ländlichen Raum, die keinen Landwirtschaftsbezug aufweisen, aber im öffentlichen Interesse sind.

Die Diskussion um die zukünftige Ausgestaltung der GAP ist durch unterschiedliche Verständnisse von Landwirtschaft geprägt. Im Kern steht die Frage, ob sich die europäische Landwirtschaft weiter in Richtung industrieller Produktion entwickeln oder ob ein Entwicklungspfad gewählt werden sollte, der ökologische Bewirtschaftung und bäuerliche Landwirtschaft in dezentralen Strukturen forciert. Der Konflikt zwischen diesen beiden Ansätzen steht auch im Zentrum der Debatte über die Gestaltung der Bioökonomie (Kapitel II). Zur Vorbereitung der neuen Förderperiode ab 2020 führt die EU derzeit Beratungsprozesse durch. So wurde in Vorbereitung des Workshops „Reflections on the agricultural challenges post-2020 in the EU: preparing the next CAP reform" vom November 2016 durch das Committee on Agriculture and Rural Development (COMAGRI) des Europäischen Parlaments eine Studie zur Reflexion des aktuellen Fördermodells und Weiterentwicklung der GAP in Auftrag gegeben, die aus verschiedenen Teilen besteht. Die Teilstudie über die Zukunft der Direktzahlungen kommt zum Ergebnis, dass diese einen erheblichen Anteil am Nettoeinkommen landwirtschaftlicher Betriebe ausmachen und zur Einkommensstabilität beitragen würden, die Förderung in der ersten Säule bisher jedoch nicht zielgerichtet genug sei (Matthews et al. 2016). So kämen die Zahlungen vor allem Betriebe zugute, deren Einkommen über dem Durchschnitt liege und nicht denjenigen, die hohe Einkommensschwankungen erfahren. Auch die positiven Wirkungen der Greening-Maßnahmen und die Wahrnehmung der Angebote durch die Mitgliedsstaaten werden als gering eingeschätzt. Auf Basis dieser Schlussfolgerungen wird eine Restrukturierung der Direktzahlungen im Rahmen eines integrativen 1-Säulen-Modells vorgeschlagen, dass sowohl Elemente der ersten als auch der zweiten Säule beinhaltet, in allen seinen Bausteinen durch die Mitgliedsstaaten kofinanziert wird und den nationalen und regionalen Unterschieden in der EU durch individuelle Ermessensspielräume und Wahlmöglichkeiten Rechnung trägt. Das Modell beinhaltet die folgenden Bausteine (nach Matthews et al. 2016):

> Baustein 1: Einkommensstabilisierung auf Basis der aktuell in Säule 2 verankerten Maßnahmen zum Risiko-Management, Krisen- und Katastrophenzahlungen der Länder und Direktzahlungen aus Säule 1, jedoch letztere mit allmählichem Abbau über zwei Förderperioden;
> Baustein 2: Zahlungen für niederschwellige Umweltleistungen zur Sicherstellung eines Grundstocks an öffentlichen Gütern (erweiterte Form der derzeitigen Greening-Maßnahmen), Voraussetzung für Anspruchsberechtigung für die Bausteine, 1 und 3 bis 5;
> Baustein 3: Gezielte Einkommensunterstützung zur Förderung von Landwirtschaft auf marginalen Standorten als flächenbezogene Zahlung unter Fortführung der ANC (Areas of Natural Constraint)-Maßnahmen der zweiten Säule;

> Baustein 4: Zahlungen für höherschwellige Umweltleistungen entsprechend der Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen unter Säule 2 zur Erbringung öffentlicher Güter (z.B. für ökologischen Landbau, Schutz von Natura 2000 Gebieten, Einrichtung von Landschaftsstrukturelementen, Agroforstsystemen etc.);
> Baustein 5: Nicht flächengebundene Zahlungen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in der Landwirtschaft und von ländlichen Regionen und unabhängig von der Erbringung öffentlicher Güter (Investitionshilfen, Unterstützung von jungen Landwirten und Erzeugergemeinschaften, Förderung von Wissenstransfer und Forschung zu Ernährung, Land- und Forstwirtschaft).

Diesen Elementen vorgebaut sind gesetzliche Verpflichtungen und Anforderungen zum Schutz von Mensch und Umwelt, die Landwirte unabhängig vom Erhalt von Zahlungen nach europäischem, nationalem oder regionalem Recht erfüllen müssen (bezeichnet als Referenzniveau). Der Vorschlag sieht vor, einen Teil der bestehenden Cross-Compliance-Bestimmungen in das Referenzniveau zu integrieren und einen anderen Teil in den Baustein 2 zu verlagern.

Bisher ist unklar, welche Richtung die EU-Agrarförderung nach 2020 nehmen wird. Wie die Ergebnisse einer durch die Europäische Kommission beauftragten, EU-weiten, öffentlichen Konsultation zur Zukunft der EU-Agrarpolitik zeigen, herrschen in den EU-Mitgliedsstaaten und zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen sehr heterogene Vorstellungen und Interessenslagen zur weiteren Ausgestaltung der GAP nach 2020 (EC 2017b). Auch die politischen Vertreter der Mitgliedsländern haben abweichende Meinungen zur Weiterentwicklung des Fördersystems: während die Niederlande einen grundlegenden Umbau der GAP zu einer gemeinsamen integrierten Agrar- und Ernährungspolitik vorschlägt, sprechen sich Frankreich und auch Deutschland für eine Weiterentwicklung der GAP auf Basis des bisherigen 2-Säulen-Modells aus (agrarheute 2016, topagrar 2017a). Die Europäische Kommission hat einen ersten, noch sehr allgemein gefassten Vorschlag zur zukünftigen Gestaltung der GAP vorgelegt (EC 2017c). Dieser beinhaltet die Beibehaltung des 2-Säulen-Modells. Es sollen jedoch ehrgeizigere EU-Ziele in den Bereichen Umwelt, Klimawandel und Nachhaltigkeit formuliert und den Mitgliedsstaaten mehr Gestaltungsfreiheit bei der Umsetzung eingeräumt werden. Entsprechende nationale Zielsetzungen und Maßnahmen sind in Aktionsplänen durch die Länder festzuhalten und Fortschritte jährlich nachzuweisen. Außerdem sind Anpassungen zum Bürokratieabbau geplant.

Die Vorschläge zur grundlegenden Neuausrichtung der GAP, ob Wegfall der Direktzahlungen oder stärkere Bindung an ökologische Standards, führen tendenziell zu einer extensiveren Landbewirtschaftung. Durch einen Wegfall der flächenbezogenen Zahlungen werden größere Betriebsstrukturen indirekt begünstigt, da diese nicht so stark auf die Direktzahlungen angewiesen sind wie kleinere Betriebe. Dies würde die bisherige Gesamtentwicklung des Agrarstrukturwandels fortsetzen. Größere Betriebe wirtschaften aufgrund der höheren Flächenausstattung und zur Senkung von Produktionskosten im Allgemeinen extensiver als kleinere Betriebe. Auch die stärkere Bindung von Zahlungen an steigende ökologische Standards führt zu einer extensiveren Bewirtschaftung. Die unter Umweltgesichtspunkten durchaus vertretbare Forderung nach einer ökologischen Ausrichtung der GAP hätte demnach für den Aufbau der Bioökonomie zur Folge, dass das in Europa zur Verfügung stehende Biomasseangebot stärker begrenzt wäre.

4.2 Cross-Compliance und Landwirtschafts-relevantes Umweltrecht

Die Landwirtschaft unterliegt zahlreichen Bestimmungen, die eine gesundheits- und umweltverträgliche Produktion gewährleisten sollen. Dazu zählen im Rahmen des zuvor beschriebenen Beihilferechts der GAP Cross-Compliance (CC)-Verpflichtungen, mit denen die Gewährung von EU-Förderzahlungen

an die Einhaltung von Anforderungen in den Bereichen Umweltschutz, Klimawandel, guter landwirtschaftlicher Zustand der Flächen, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie Tierschutz geknüpft ist (BMEL 2015a). Hinzu kommen Bestimmungen des Umweltrechts (z.B. Wasserschutzrecht, Artenschutzrecht, Düngemittelrecht, Pflanzenschutzmittelrecht), die für die Landwirtschaft relevant sind. Im Folgenden werden die Regelungen des Cross-Compliance sowie wesentliche, für die landwirtschaftliche Produktion in der Bioökonomie gültige Umweltrechtsbereiche überblickartig vorgestellt. In den darauffolgenden Kapiteln werden die Umweltbestimmungen anhand des Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelrechts tiefergehend analysiert.

Die Cross-Compliance-Regelungen umfassen 7 Regelungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem „guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ)“ und 13 Einzelvorschriften über die „Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB)“ gemäß Anhang II der EU-Verordnung (EG) Nr. 1306/2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik (EU 2013c). Die einzelnen Vorschriften der Grundanforderungen an die Betriebsführung werden durch das in den EU-Mitgliedstaaten geltende Fachrecht zur Definition von Standards und Auflagen in der Landwirtschaft abgedeckt. Die Anforderungen zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand fallen dagegen nicht zwingend unter das bestehende Fachrecht, sondern stellen zum Teil neue, ausschließlich im Rahmen des Förderrechts definitere Anforderungen dar (Nitsch, Osterburg 2017). Die über das Fachrecht hinausgehenden Anforderungen müssen nur bei Erhalt von Direktzahlungen eingehalten werden, während die Geltung des Fachrechts von Förderzahlungen unabhängig ist und für alle landwirtschaftlichen Betriebe gilt.

Die **GLÖZ-Anforderungen** sind in der EU-Verordnung 1306/2013 geregelt und umfassen u.a. folgende Punkte:

> Schaffung von Pufferzonen entlang von Wasserläufen;
> Einhaltung von Genehmigungsverfahren für die Verwendung von Wasser zur Bewässerung;
> Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung mit Stoffen der Listen I oder II aus Anhang 1 der Verordnung wie Mineralölprodukten, Pflanzenschutzmitteln, Desinfektionsbädern der Tierzucht, Silage und Festmist;
> Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung bei ökologischen Vorrangflächen;
> Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung zur Begrenzung der Bodenerosion auf Flächen mit Wasser- und Winderosionsgefährdung;
> Erhaltung des Anteils organischer Substanz im Boden durch Verbot des Abbrennens von Stoppelfeldern;
> Beseitigungsverbot von Landschaftselementen wie Hecken, Baumreihen, Feldgehölzen, Feuchtgebieten, Feldrainen, Trocken- und Natursteinmauern, Fels- und Steinriegel, Terrassen bestimmter Größe;
> Schnittverbot bei Hecken und Bäumen während der Brut- und Nistzeit von Vögeln.

Diesen Anforderungen unterliegen Betriebe, die folgende Zahlungen im Rahmen der europäischen Agrarförderung erhalten:

> Direktzahlungen der 1. Säule,
> Zahlungen für flächen- und tierbezogene Maßnahmen der 2. Säule (Aufforstung und Anlage von Wäldern, Einrichtung von Agroforstsystemen, Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, Förderung

ökologischer/biologischer Landbau, Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der Wasserrahmenrichtlinie, Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen Gründen benachteiligten Gebieten, Tierschutz-Maßnahmen)
> Umstrukturierungsbeihilfen für den Weinbau

Die **GAB-Anforderungen** umfassen Ziele im Bereich der Umweltregelungen, des Tierschutzes und der Tierkennzeichnung u.a. mit Bezug auf die folgenden Richtlinien (BMEL 2015a):

> Nitrat-Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (EU 1991);
> Vogelschutz-Richtlinie 2009/147/EG über die Erhaltung der wild lebenden Vogelarten, die im europäischen Gebiet der Mitgliedsstaaten heimisch sind, und ihrer Lebensräume (EU 2009g);
> Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen (EU 1992);
> EG-Verordnung Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (EU 2009i);
> EG-Verordnung Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts (EU 2002);
> Richtlinie 98/58/EG über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und die Richtlinien 2008/119/EG und 2008/120/EG über Mindestanforderungen für den Schutz von Kälbern und Schweinen (EU 1998; EU 2008b; EU 2008c);
> Richtlinie 96/22/EG über das Verbot der Verwendung bestimmter Stoffe mit hormonaler oder thyreostatischer Wirkung und von β-Agonisten in der tierischen Erzeugung (EU 1996).

Die Landwirtschaft steht mit der Umwelt in starken Wechselwirkungen und führt zu Auswirkungen auf verschiedene Umweltschutzgüter. Damit fällt sie in den Regelungsbereich des allgemeinen Umweltrechts. Neben den im Rahmen der GAB-Anforderungen relevanten Richtlinien, sind weitere Umweltschutzbestimmungen von Bedeutung. Die Umweltwirkungen der Landwirtschaft lassen sich im Wesentlichen in vier Problemschwerpunkte unterteilen (Möckel 2015):

> Erhalt und Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen;
> Erhalt und Wiederherstellung natürlicher oder naturnaher Landschaftswasserhaushalte;
> Reduzierung der Stoffausträge und Treibhausgasemissionen;
> Schutz und Wiederherstellung von Landschaftsstrukturen, Biotopen und Populationen wildlebender Arten.

Entsprechend dieser Schwerpunkte sind die Umweltziele folgender Rechtsakte relevant:

> **Europäisches Wasser- und Luftreinhalterecht:** Wasserrahmen-Richtlinie 2000/60/EG zum Schutz von Binnenoberflächengewässern, Übergangsgewässern, Küstengewässern und des Grundwassers (EU 2000) sowie Nationale Emissionshöchstmengen-Richtlinie 2001/81/EG zur Vermeidung von Umweltverschmutzung durch die Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen außer Methan (EU 2001b).
> **Europäisches Naturschutzrecht:** Dieses umfasst die oben erwähnte Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG sowie die Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG.
> **Nationales Bodenschutzrecht:** Bundes-Bodenschutzgesetz zum nachhaltigen Schutz und der Wiederherstellung der Funktionen des Bodens und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden (BBodSchG 2017).

> **Europäisches/nationales Düngemittelrecht** (Vertiefung in Kap. VII.4.3)**:** Neben der oben erwähnten EU-Nitratrichtlinie relevant ist das kürzlich überarbeitete deutsche Düngegesetz zur Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens und Sicherstellung der Ernährung von Nutzpflanzen, Vorsorge gegen Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie den Naturhaushalt durch Düngemittel und für einen nachhaltigen und ressourceneffizienten Umgang mit Nährstoffen (DüngG 2017), inklusive Umsetzung der europäischen Düngemittelverordnung (EG) Nr. 2003/2003 über das Inverkehrbringen von Düngemitteln (EU 2003e).
> **Europäisches Pflanzenschutzmittelrecht** (Vertiefung in Kap. VII.4.4)**:** sogenanntes „Pflanzenschutzmittelpaket" bestehend aus Richtlinie 128/2009/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (EU 2009f) und Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (EU 2009i); umgesetzt im nationalen Pflanzenschutzgesetz mit dem Ziel, Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen sowie Gefahren für die Gesundheit von Mensch und Tier und den Naturhaushalt durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln vorzubeugen (PflSchG 2012).
> **Europäisches/nationales Immissionsschutzrecht** (Vertiefung in Kap. VII.4.8)**:** Bundes-Immissionsschutzgesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BISchG 2017), gültig z.B. für große Tierhaltungs- und Biogasanlagen; beinhaltet Umsetzung der Richtlinie 2010/75/EU zur integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durch Industrieemissionen (EU 2010a).

Das EU-Recht schreibt vor, dass die Einhaltung der CC-Verpflichtungen in den Mitgliedsstaaten durch Stichproben bei 1% der Zahlungsempfänger zu kontrollieren ist. Bei Verstoß gegen die Anforderungen kommt es zur Sanktionierung durch Kürzung der Zahlungen auf Basis einer Bewertung der feststellenden Behörde, die Häufigkeit, Ausmaß, Schwere und Dauer des Verstoßes berücksichtigt.

In der Gesamtschau der Umweltschutzbestimmungen ist festzuhalten, dass für den Schutz der Umwelt vor negativen Auswirkungen der Biomasseproduktion und bestimmter Konversionsprozesse eine Vielzahl von Instrumenten zur Verfügung steht. Die Anforderungen werden von Umweltexperten jedoch als nicht ausreichend bewertet, um einen nachhaltigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen sicherzustellen (z.B. Möckel et al. 2014). Ein Grund dafür sei, dass das Agrarumweltrecht verglichen mit anderen Rechtsbereichen oftmals ein geringeres Anforderungs- und Regelungsniveau aufweise. Während Niveau und Konkretisierungsgrad der Umweltqualitätsziele im Gewässerschutzrecht und Luftreinhalterecht am höchsten seien, fehle es vor allem im Naturschutz- und Bodenschutzrecht an quantitativ und qualitativ konkretisierten Zielen (z.B. zu Erosion, Humusgehalt, Mindestflächen zum Erhalt biologischer Vielfalt, Obergrenzen für Stoffeinträge). Durch das Fehlen klar anwendbarer Kriterien wie Grenzwerte werde die Durchsetzung der guten fachlichen Praxis gehemmt. Zudem mangle es an vollzugsfördernden Anzeigepflichten oder Genehmigungsvorbehalten. Diese Defizite werden insbesondere für das allgemeine Umweltrecht gesehen, aber auch für das landwirtschaftliche Fachrecht und das Direktzahlungsrecht (ebd.). Darüber hinaus sind die EU-Vorgaben zu den Cross-Compliance-Standards nicht immer konkretisiert, d.h. sie formulieren nicht immer Ver- und Gebote, sondern allgemeine Zielsetzungen (BMEL 2015a). Das führe dazu, dass diese aufgrund unterschiedlicher nationaler Notwendigkeiten und Prioritätensetzungen in den EU-Mitgliedsstaaten unterschiedlich in nationales Recht umgesetzt seien und zum Teil stark variieren würden (Nitsch, Osterburg 2017). Somit sei trotz gesamteuropäischer Regelungen kein einheitliches Schutzniveau gegeben. Des Weiteren wird die Trennung zwischen Cross-Compliance-Verpflichtungen und ordnungsrechtlichen Anforderungen des Umweltrechts zur Sicherstellung einer guten landwirtschaftlichen Praxis für nicht sinnvoll gehalten und eine

Harmonisierung empfohlen, die rechtliche Zersplitterung vermeiden und den Vollzug verbessern könnte (ebd.).

Wie die Diskussion um die stärkere Ausrichtung der Direktzahlungen an ökologischen Standards zeigt (vgl. Kap.VII.4.1), ist noch nicht klar, in welche Richtung sich die landwirtschaftliche Produktion in Zukunft entwickeln wird. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass umweltrechtliche Bestimmungen mit dem Auftreten negativer Umweltwirkungen der Biomasseproduktion und steigendem öffentlichen Druck tendenziell restriktiver werden, wie dies am Beispiel des Düngemittelrechts im Folgenden näher beschrieben wird. Die Ausgestaltung der politischen Rahmenbedingungen ist ausschlaggebend dafür, ob die Bioökonomie einen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten kann.

4.3 Düngemittelrecht

Düngerechtliche Bestimmungen sind in der EG-Verordnung 2003/2003 über Düngemittel vom 13. Oktober 2003 (Düngemittelverordnung, EU 2013a) sowie der Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie, EU 1991) vom 12. Dezember 1991 geregelt. Während die Düngemittelverordnung das Inverkehrbringen und die Kennzeichnung als EG-Düngemittel behandelt, befasst sich die Nitratrichtlinie mit der guten fachlichen Praxis zur Verwendung von Düngemitteln.

Eine für die Bioökonomie relevante Änderung im Düngemittelrecht wurde durch das zuvor beschriebene Gesetzespaket zur Förderung der Kreislaufwirtschaft angestoßen. Die EU Kommission hat im März 2016 einen Vorschlag für eine Verordnung mit Vorschriften für die Bereitstellung von Düngeprodukten mit CE-Kennzeichnung auf dem Markt vorgelegt (EC 2016a). Dieser verfolgt das Ziel, innovative Düngeprodukte, die im Einklang mit dem Kreislaufwirtschaftsmodell aus Bioabfällen oder anderen sekundären Rohstoffen recycelt werden, durch Abbau von Marktzugangshürden zu fördern und rechtlich mit Düngemitteln mineralischer Herkunft gleichzustellen. Die aktuell geltende Düngemittelverordnung gewährleistet für eine Klasse harmonisierter Produkte den freien Verkehr auf dem Binnenmarkt als EG-Düngemittel. Jedoch handelt es sich bei allen aufgeführten Produkttypen um herkömmliche, anorganische Düngemittel. Organische Dünger dagegen unterliegen verschiedenen nationalen Vorschriften und Normen und der Handel mit ihnen erfordert die Einhaltung hoher Verwaltungsauflagen der einzelnen Länder. Dies hat dazu geführt, dass nur 5% der in der EU eingesetzten Düngemittel organischen Ursprungs sind (Oehlmann 2017). Um gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen, strebt der Vorschlag der Kommission die Aufnahme organischer Düngemittel in die geltenden Bestimmungen an. Ende 2017 hat das Parlament das Mandat zur Aufnahme von Trilogverhandlungen erteilt. Offene Diskussionspunkte werden in der Einführung eines Grenzwerts für Blei von 120 mg/kg für organische Dünger und Bodenhilfsstoffe sowie in der Festlegung angemessener Hygienekriterien gesehen (EUWID 2017).

Die Regelungen der EU-Düngemittelverordnung und der Nitratrichtlinie sind in Form des Düngegesetzes vom 9. Januar 2009 in deutsches Recht umgesetzt, das zuletzt 2017 geändert wurde (DüngG 2017). Dabei präzisiert die Düngemittelverordnung das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (DüMV 2017) und die Düngeverordnung die Anwendung von Düngemitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüV 2017). Das nationale Düngerecht wurde im Jahr 2017 geändert, um es an neue fachliche Erfordernisse zur Verringerung von Umweltbelastungen anzupassen. Der Gesetzesänderung vorangegangen war eine Klage der EU-Kommission gegen Deutschland vor dem Europäischen Gerichtshof im Jahr 2016 wegen

Nichteinhaltung der Europäischen Nitratrichtlinie. Neuerungen des Düngegesetzes umfassen u a. (vgl. BMEL 2018):

> Aufnahme von Biogasgärrückständen, Klärschlamm, Kompost und anderen pflanzlichen organischen Düngemitteln in die Obergrenze von 170 Kilogramm Stickstoff/Hektar;
> Ab 2018 Erstellung einer Stoffstrombilanz für Betriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten je Betrieb oder mit mehr als 30 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche bei einer Tierbesatzdichte von jeweils mehr als 2,5 Großvieheinheiten je Hektar. Ab 2023 gilt dies für alle Betriebe mit mehr als 20 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche oder mehr als 50 Großvieheinheiten;
> Bundesweit einheitlich geregelte und konkretisierte Düngebedarfsermittlung für Stickstoff auf Acker- und Grünland sowie Einführung ertragsabhängiger standort- und kulturartenbezogener Obergrenzen für die Stickstoffdüngung;
> Präzisierung von Vorgaben für das Aufbringen von stickstoff- und phosphathaltigen Düngemitteln auf überschwemmtem, wassergesättigten, gefrorenem oder schneebedecktem Boden, Verlängerung der Zeiträume, in denen keine Düngemittel ausgebracht werden dürfen sowie Beschränkung der Stickstoffgabe im Herbst auf 60 Kilogramm je Hektar und auf bestimmte Kulturen;
> Vergrößerung der Abstände für die Stickstoff- und Phosphatdüngung in der Nähe von Gewässern und im hängigen Gelände;
> Verpflichtende Durchführung von mindestens drei Maßnahmen aus einem Maßnahmenkatalog in Gebieten mit hoher Nitratbelastung oder hoher Phosphatbelastung in Gewässern, die sich auf die Landwirtschaft zurückführen lässt;
> Erhöhung des Bußgeldrahmens gegen bestimmte Verstöße der Düngeverordnung auf bis zu 150.000 Euro;
> Einführung einer Befugnis der zuständigen Länderbehörden zum Datenabgleich mit Erhebungen aus anderen Rechtsbereichen für düngerechtliche Überwachungszwecke (z.B. Daten, die bei den bau- oder immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsbehörden vorliegen).

Mit der Änderung des Düngegesetzes wurde die Grundlage für den Erlass der sogenannten Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV 2017) geschaffen, die seit 1. Januar 2018 in Kraft ist. Die Verordnung regelt die näheren Anforderungen an die gute fachliche Praxis beim Umgang mit Nährstoffen und die zu erstellende betriebliche Stoffstrombilanz. Die Richtlinie beinhaltet Grundsätze für den nachhaltigen und ressourceneffizienten Umgang mit Nährstoffen im Betrieb, Informationen zur Ermittlung der zugeführten sowie durch pflanzliche und tierische Erzeugnisse abgegebenen Nährstoffmengen an Stickstoff und Phosphor und zur Erstellung und Bewertung der betrieblichen Stoffstrombilanzen. Neben Betrieben mit einer bestimmten Flächenausstattung bzw. Tierbesatzdichte sind von der Verordnung auch Betriebe betroffen, die eine Biogasanlage unterhalten und mit einem viehhaltenden Betrieb, welcher die vorgegebene Mindestgröße erreicht, durch Zuführung von Wirtschaftsdünger in einem funktionalen Zusammenhang stehen.

Für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion im Rahmen der Bioökonomie sind diese Neuregelungen von großer Bedeutung. Mit ihnen wird der Korridor vorgegeben, indem zusätzliche Biomasseproduktion stattfinden kann. Mit der Stoffstrombilanzverordnung werden die Möglichkeiten konventioneller Ertragssteigerung begrenzt, während die Stellung von Kulturen mit einem geringen Stickstoffbedarf und von Anbauformen zur Reduktion der Stickstoffzufuhr (z.B. Kultivierung von Begleitkulturen wie Leguminosen) in der Bioökonomie tendenziell begünstigt wird. Der Gesetzesvorschlag zur Gleichstellung organischer Düngemittel zielt auf eine Förderung der Kreislaufwirtschaft und der stofflichen Weiternutzung von Bioabfällen. Aufgrund der gestiegenen Nährstoffbestimmungen ist eine Stärkung

des Marktes für organische Dünger jedoch nur insoweit möglich wie diese mineralische Düngemittel ersetzen.

4.4 Pflanzenschutzmittelrecht

Der Pflanzenschutz ist in Europa im Rahmen verschiedener Richtlinien und Verordnungen geregelt. Im Mittelpunkt steht die Richtlinie 2009/128/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden, deren Ziel es ist, die mit der Verwendung von Pestiziden verbundenen Risiken und Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verringern und die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes sowie alternativer Methoden oder Verfahren wie nichtchemischer Alternativen zu Pestiziden zu fördern (Art. 1). Die Richtlinie schreibt in Artikel 4 vor, dass die Mitgliedstaaten nationale Aktionspläne erlassen, mit denen quantitative Vorgaben, Ziele, Maßnahmen, Zeitpläne und Indikatoren zur Verringerung der Risiken und Auswirkungen der Verwendung von Pestiziden auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgelegt werden und die Entwicklung und Einführung eines integrierten Pflanzenschutzes sowie von alternativen Konzepten oder Techniken zur Verringerung der Abhängigkeit von der Verwendung von Pestiziden gefördert wird (EU 2009f). Integrierter Pflanzenschutz wird in Artikel 3 definiert als „sorgfältige Abwägung aller verfügbaren Pflanzenschutzmethoden und die anschließende Einbindung geeigneter Maßnahmen, die der Entstehung von Populationen von Schadorganismen entgegenwirken und die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln und anderen Abwehr- und Bekämpfungsmethoden auf einem Niveau halten, das wirtschaftlich und ökologisch vertretbar ist und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt reduziert oder minimiert. Der integrierte Pflanzenschutz stellt auf das Wachstum gesunder Nutzpflanzen bei möglichst geringer Störung der landwirtschaftlichen Ökosysteme ab und fördert natürliche Mechanismen zur Bekämpfung von Schädlingen.“. Die Verordnung (EG) 1107/2009 enthält Bestimmungen über die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln in kommerzieller Form, ihr Inverkehrbringen, ihre Verwendung sowie ihre Kontrolle und regelt die Genehmigung von Wirkstoffen, Zusatzstoffen und Beistoffen, die in Pflanzenschutzmitteln enthalten sind (EU 2009i, Art. 1). Das Genehmigungsverfahren sieht vor, dass Hersteller einen Antrag auf Genehmigung des Wirkstoffs in einem Mitgliedsstaat stellen. Dieser wird in einem dualen System bewertet, bei dem die EFSA (European Food Safety Authority) die in Pflanzenschutzmitteln verwendeten Wirkstoffe betrachtet, während die Mitgliedstaaten die Pflanzenschutzmittel-Produkte bewerten. Die Erstgenehmigung gilt für eine Dauer von höchstens 10 Jahren und kann auf Antrag bei Erfüllung der Genehmigungskriterien nach Artikel 4 (keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen, einschließlich besonders gefährdeter Personengruppen, oder von Tieren sowie keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt) um bis zu 15 Jahren verlängert werden. Die Verordnung (EG) 1185/2009 gibt einen Rahmen für die systematische Erstellung von Gemeinschaftsstatistiken über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Pestiziden vor (EU 2009j). Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, der Kommission (Eurostat) eine jährliche Statistik über in den Verkehr gebrachte und verwendete Pestizide vorzulegen (Art. 3). Die Kommission erstellt auf dieser Basis alle fünf Jahre einen Bericht über die Durchführung der Verordnung für das Europäischen Parlament und den Rat, in dem der Nutzen der Statistiken zur Erfüllung der Ziele der Europäischen Strategie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden beurteilt wird (Art. 7). Die Richtlinie 2009/127/EG zur Änderung der Richtlinie 2006/42/EG betreffend Maschinen zur Ausbringung von Pestiziden schreibt vor, dass neue Pflanzenschutzgeräte bestimmte europäische Normen erfüllen müssen und künftig mit der CE-Kennzeichnung zu versehen sind (EU 2009e).

Deutschland hat die europäischen Bestimmungen in Form des Pflanzenschutzgesetzes zum Schutz der Kulturpflanzen umgesetzt (PflSchG 2016), das im Jahr 2012 in Kraft getreten und 2016 zuletzt geändert

wurde. Das Gesetz schreibt die Erstellung von Grundsätzen für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz durch das BMEL auf Basis des Anhangs II der Richtlinie 2009/128/EG vor (s. Art. 3) sowie den Beschluss eines Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, der mindestens alle fünf Jahre zu überprüfen ist (s. Art.4). Das Gesetz enthält weiterhin allgemeine Anforderungen für Anwender, Händler und Hersteller von Pflanzenschutzmitteln sowie Pflanzenschutzberater, Vorschriften für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Bestimmungen zur Abgabe, Rückgabe und Ausfuhr von Pflanzenschutzmitteln, zum Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln, über Zulassungsverfahren, Pflanzenschutzgeräte, zuständige Behörden sowie Auskunfts- und Meldepflichten. Die Bestimmungen sind in einer Vielzahl von Verordnungen weiter konkretisiert, darunter die Pflanzenschutzmittelverordnung über Zulassungs- und Genehmigungsverfahren für Pflanzenschutzmittel (PflSchMV 2013) und die Pflanzenschutz-Geräteverordnung über die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten (PflSchGerätV 2013). Der Nationale Aktionsplan Pflanzenschutz dient dazu, die gesetzlich geregelten Ziele mit konkreten Vorgaben und Zeitplänen zu unterlegen und wurde 2013 von der Bundesregierung beschlossen. Er legt z.B. fest, die Risiken der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für den Naturhaushalt bis 2030 um 30% im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 1996 bis 2005 zu reduzieren, die Rückstandshöchstgehaltsüberschreitungen in allen Produktgruppen bei einheimischen und importierten Lebensmitteln bis 2021 auf unter 1 % zu reduzieren und die Weiterentwicklung von Pflanzenschutzverfahren mit geringen Pflanzenschutzmittelanwendungen im integrierten Pflanzenschutz und im ökologischen Landbau zu fördern (BMEL 2017c, S. 34f). Es wird eine Vielzahl spezifischer Teilziele, entsprechende Maßnahmen und Indikatoren zur Fortschrittsmessung formuliert für die Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau, Nichtkulturland, Haus- und Kleingarten, Ein- und Verschleppung von Schadorganismen, Anwenderschutz und Schutz von Personen, die der Abdrift ausgesetzt sein können, Verbraucherschutz sowie Naturhaushalt (umfasst Gewässerschutz und biologische Vielfalt).

Die aktuelle Situation bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland lässt sich anhand des Jahresberichts des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) zum Pflanzenschutz-Kontrollprogramm nachvollziehen. Dabei handelt es sich um ein bundesweit harmonisiertes Programm zur Überwachung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften. Die Bundesländer sind für die Durchführung von Kontrollen zuständig. Daneben wirken die Zollstellen, das Julius Kühn-Institut und das BVL bei der Überwachung mit. Im Jahr 2016 wurden 2.401 Händler von Pflanzenschutzmitteln, 4.933 Betriebe der Landwirtschaft, des Gartenbaus und der Forstwirtschaft, 1.449 Betriebe und 487 Privatpersonen stichprobenartig überprüft. Bei den Kontrollen wurden folgende Problembereiche identifiziert, in denen in größerem Umfang Mängel festgestellt wurden: Handel mit Pflanzenschutzmitteln, deren Zulassung abgelaufen ist, keine ausreichende Einhaltung von Abständen zu Gewässern zur Vermeidung von Pflanzenschutzmitteleinträgen sowie Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf befestigten Wegen wie Auffahrten oder Bürgersteigen ohne Genehmigung (BVL 2017). Die Nationale Berichterstattung zu Pflanzenschutzmittelrückständen in Lebensmitteln, die das BVL auf Basis von Untersuchungen der amtlichen Lebensmittel- und Veterinärüberwachung durchführt, kommt zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2016 bei 1,7 % der Proben aus Deutschland, bei 1,6 % der beprobten Erzeugnisse aus anderen EU-Mitgliedstaaten und bei 6,3 % der Proben von Erzeugnissen aus Drittländern Grenzwertüberschreitungen auftraten. Untersucht wurden 197 unterschiedliche Lebensmittel, wovon der Hauptteil Obst und Gemüse darstellt (BVL 2018a).

Die möglichen negativen Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln und die Adäquatheit von Prüfkriterien werden in der Öffentlichkeit insbesondere für Glyphosat-haltige Mittel sehr kontrovers diskutiert.

Glyphosat ist weltweit der meist verwendete Herbizidwirkstoff und wird in der konventionellen Landwirtschaft eingesetzt. In Deutschland wurden zwischen 2008 und 2016 durchschnittlich 5.000 Tonnen Glyphosat abgesetzt und Anwendungen finden auf ca. 27,5% der landwirtschaftlich bzw. 39,4% der ackerbaulich genutzten Fläche statt (s. hierzu Verweise in BfN 2018). Aus Umweltschutzsicht führt der breite Einsatz zu zahlreichen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität (BfN 2018). Dazu zählen direkte Wirkungen wie das Abtöten seltener Ackerwildkrautarten und Ackerbegleitflora, letale Wirkungen auf Amphibien und Beeinträchtigungen des Navigations- und Orientierungsverhaltens von Honigbienen, aber auch indirekte Auswirkungen auf wildlebende Tierarten wie Insekten, Vögel und Kleinsäuger durch Veränderung von Schlüsselressourcen wie Nahrungsverfügbarkeit und Habitatqualität (ebd.). Ende November 2017 wurde die Verlängerung der Zulassung von Glyphosat in der EU auf Basis einer Risikobewertung durch die EFSA und Stellungnahme der ECHA (European Chemicals Agency), die beide die Kanzerogenität von Glyphosat ausschließen, um weitere fünf Jahre unter Begleitung einer kontroversen öffentlichen Diskussion beschlossen. Im Rahmen der Debatte wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit die Anforderung der europäischen Wirkstoffprüfung ausreichend sind, um den Schutz von Mensch und Umwelt zu gewährleisten. Das Bundesamt für Naturschutz moniert, dass die indirekten Wirkungen auf die biologische Vielfalt und Agrarökosysteme im Bewertungsprozess nicht ausreichend Berücksichtigung fänden, ebenso wie kumulative Wirkungen und Kombinationswirkungen verschiedener Pflanzenschutzmittel (BfN 2018). Auch wird das zum Einsatz kommende Artenspektrum der Prüforganismen als nicht hinreichend erachtet und Untersuchungen der Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln im Freiland gefordert.

4.5 Nachhaltigkeitszertifizierung von Biomasse für energetische Nutzungen

Die Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen legt in Artikel 17 Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe und flüssige Brennstoffe fest. Die Bestimmungen wurden 2009 in Form der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (BioSt-NachV 2009) und die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraft-NachV 2009) in nationales Recht umgesetzt. Die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung gilt für flüssige Biomasse, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz zur Erzeugung von Strom eingesetzt wird. Die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung gilt für Biokraftstoffe gemäß § 37b Absatz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG 2017). Die Verordnungen besagen, dass bei der Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse ausschließlich Anspruch auf die Fördertatbestände des EEG besteht und bei der Biokraftstoffherstellung eine Anrechnung auf die Treibhausgasminderungsziele nach § 37a BImSchG nur erfolgen kann, wenn die Anforderungen an den Schutz natürlicher Lebensräume und an eine nachhaltige landwirtschaftliche Bewirtschaftung erfüllt worden sind und die eingesetzte Biomasse die vorgeschriebene Treibhausgas-Minderung aufweist. Die Bestimmungen gelten sowohl für Biomasse, die in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union hergestellt, als auch für Biomasse, die aus Drittstaaten importiert wird. Von den Verordnungen ausgenommen ist Biomasse, die aus Abfall oder aus Reststoffen hergestellt wird, es sei denn, die Reststoffe stammen aus der Land-, Forst- oder Fischwirtschaft oder aus Aquakulturen (s. § 3 „Anerkennung von Biokraftstoffen“).

Biomasse, die zur Herstellung von flüssiger Biomasse oder Biokraftstoffen verwendet wird, darf nicht von Flächen mit einem hohen Wert für die biologische Vielfalt stammen. Dies meint bewaldete Flächen (Primärwälder, sonstige naturbelassene Flächen), Naturschutzzwecken dienende Flächen, die durch das Gesetz oder zuständige Behörden als solche ausgewiesen worden sind, Grünland mit großer biologischer Vielfalt (natürliches oder künstlich geschaffenes Grünland, es sei denn die Ernte der Biomasse

ist zur Erhaltung des Grünlandstatus erforderlich), Flächen mit einem hohen oberirdischen oder unterirdischen Kohlenstoffbestand (wie Feuchtgebiete oder kontinuierlich bewaldete Gebiete) und Torfmoor. Der Biomasseanbau muss entsprechend der Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und im Einklang mit den Mindestanforderungen an den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand nach Verordnung (EG) Nr. 73/2009 über gemeinsame Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der GAP erfolgen (s. EU 2009h). Für flüssige Biomasse zur Stromerzeugung gilt zudem, dass die eingesetzte flüssige Biomasse ab 1. Januar 2017 ein Treibhausgas-Minderungspotenzial von mindestens 50% und ab 1. Januar 2018 von mindestens 60% aufweisen muss. Die Minderung der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen muss mindestens 35 % betragen. Dieser Mindestwert erhöht sich für Biokraftstoffe ab dem 1. Januar 2017 auf 60%, sofern die Produktionsstätte nach dem 5. Oktober 2015 in Betrieb genommen worden ist und ab dem 1. Januar 2018 auf 50%, sofern die Produktionsstätte vor dem oder am 5. Oktober 2015 in Betrieb genommen worden ist.

Der Nachweis einer nachhaltigen Biomasseproduktion erfolgt durch die Zertifizierung der Biomasse. Entsprechend der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung muss der Biostrom-Erzeuger den Nachweis gegenüber dem Netzbetreiber erbringen, im Falle der Biokraftstoffe muss der Nachweis vom Inverkehrbringer gegenüber der Biokraftstoffquotenstelle erfolgen. Dazu wird die Einhaltung der Vorgaben über die Anwendung eines Massenbilanzsystems entlang der Produktions- und Lieferkette vom Anbau bis zum Herstellungsprozess dokumentiert. Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) ist für die Anerkennung und Kontrolle der Zertifizierungssysteme und -stellen verantwortlich.

Es existiert vielseitige Kritik an den Nachhaltigkeitsverordnungen, da diese als unzureichend zur Sicherstellung von Umweltschutzzielen erachtet werden. Eine Untersuchung zur Bewertung der deutschen Biokraftstoffzertifizierung kommt zum Ergebnis, dass die Kriterien mit Blick auf Schwellen- und Entwicklungsländer entwickelt wurden und negative Auswirkungen einer steigenden Flächennutzungsintensität in Deutschland und Europa nicht ausreichend berücksichtigt seien (Selbmann, Pforte 2016). Dies treffe insbesondere auf Kriterien zu, die Wirkungen auf Agrobiodiversität und Bodenfruchtbarkeit abbilden. Wiederum andere (z.B. Biodiversität in Strukturelementen, Wassermanagement) seien zu unspezifisch, um positive ökologische Wirkungen nachzuweisen (ebd.). Ein weiterer zentraler Punkt in der Diskussion sind indirekte Landnutzungsänderungen, deren Berücksichtigung bei der Klimaschutzwirkung von Bioenergie für unverzichtbar gehalten wird (WBGU 2009). Zwar seien indirekte Landnutzungsänderungen als direkte Landnutzungsänderungen an einem anderen Ort im Prinzip erfassbar und quantifizierbar, der kausale Zusammenhang mit dem Energiepflanzenanbau jedoch nicht direkt überprüfbar. Das führe dazu, dass indirekte Landnutzungsänderungen bei der Nachhaltigkeitsbewertung nur selten Berücksichtigung fänden (ebd.). Der WBGU (2009) geht davon aus, dass die durch den Anbau von einjährigen Energiepflanzen in den gemäßigten Regionen bewirkte Umnutzung von Flächen zu derart hohen Emissionen führt, dass diese durch den Biokraftstoffeinsatz im Verkehr im Verlauf von 20 Jahren noch nicht kompensiert werden können. Es wird zudem gefordert, mittelfristig einen globalen Biomassestandard anzustreben, der die Produktion aller Biomassearten für verschiedenste Nutzungen (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung) länder- und sektorübergreifend regelt (WBGU 2009). Der WBGU schlägt hierfür die Einführung eines „Landnutzungsstandards“ vor, der den Treibhausgasausstoß beim Anbau von Rohstoffen inklusive direkter und indirekter Landnutzungsänderungen begrenzt und die Ausweitung auf alle Arten von Biomasse vorbereitet (ebd.).

4.6 Waldrecht

Für die Bewirtschaftung von Waldflächen herrscht auf EU-Ebene kein zur Landwirtschaft vergleichbarer, gemeinsamer Rechtsrahmen. Dennoch existieren verschiedene Instrumente, die die Nutzung von Wald und den Handel mit Holz abdecken. Dazu gehört der EU-Forstaktionsplan vom 15. Juni 2006, die Forststrategie der EU von 1998, die seit 2013 in einer Neufassung vorliegt sowie die europäische Holzhandelsverordnung (EG) 995/2010 und die Verordnung 2173/2005 zur Einrichtung eines FLEGT-Genehmigungssystems für Holzeinfuhren in die Europäische Gemeinschaft.

Der EU-Forstaktionsplan definiert vier Hauptziele, mit denen die nachhaltige Bewirtschaftung und die multifunktionelle Rolle der Wälder verbessert werden soll und 18 Schlüsselaktionen, die von der Europäischen Kommission und den Mitgliedsstaaten gemeinsam durchgeführt werden sollen. Die Hauptziele betreffen Verbesserung der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit, Verbesserungen beim Schutz der Umwelt, Erhöhung der Lebensqualität und Förderung der sektorenübergreifenden Koordination und Kommunikation (EC 2006). Aus der Bewertung des Forstsaktionsplans ging hervor, dass eine neue Forststrategie erforderlich ist. Die Neufassung beinhaltet eine gemeinsame Vision einer multifunktionalen und nachhaltigen Waldbewirtschaftung in Europa, verknüpft Finanzierungsstrategien und -pläne der EU und der Mitgliedsstaaten und stärkt eine kohärente sektorenübergreifende Planung, Finanzierung und Umsetzung von Maßnahmen (EC 2013a). Finanziert werden forstwirtschaftliche Maßnahmen über die Kofinanzierung im Rahmen der Verordnung (EU) 1305/2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung.

Die europäische Holzhandelsverordnung (EG) 995/2010 regelt die Verpflichtungen von Marktteilnehmern, die Holz und Holzerzeugnisse in Verkehr bringen (EU 2010b). Ein in diesem Zusammenhang zentrales Instrument stellt die Verordnung 2173/2005 dar, die dem Kampf gegen illegalen Holzeinschlag dient. Die EU hat mit der Einrichtung des FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade)-Genehmigungssystems für Holzeinfuhren in die Europäische Gemeinschaft festgelegt, dass für die Einfuhr von Holz und bestimmten Holzprodukten ein Nachweis über legal eingeschlagenes Holz erbracht werden muss. Die Kriterien sind in Partnerschaftsabkommen geregelt, die zwischen EU und Erzeugerländern wie Ghana, Kamerun, Indonesien und Liberia geschlossen wurden (EU 2005). Deutschland hat die Verordnung mit dem Holzhandels-Sicherungsgesetz im Jahr 2011 umgesetzt, das 2015 zuletzt geändert wurde (HolzSiG 2015).

Etwa ein Drittel der Landesfläche Deutschlands, d.h. 11,4 Mio. ha, ist bewaldet (BMEL 2016a). Damit ist die Forstwirtschaft nach der Landwirtschaft die bedeutendste Form der Landnutzung. Das Bundeswaldgesetz (BWaldG), das 1975 in Kraft getreten und zuletzt im Januar 2017 geändert wurde, bestimmt den Rahmen für die Bewirtschaftung und den Schutz von Wäldern, die als Lieferanten von Lignozellulose haltiger Biomasse eine wichtige Ressourcenquelle für die Bioökonomie darstellen. Dem Gesetz liegt das Verständnis einer multifunktionalen Waldbewirtschaftung zugrunde und es dient dem Zweck „den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern.“ (BWaldG 2017, § 1). Weitere zentrale Ziele sind die Förderung der Forstwirtschaft und das Herbeiführen eines Ausgleichs zwischen den Interessen der Allgemeinheit und der Waldbesitzer (ebd.). Das Bundeswald-

gesetz enthält u.a. Bestimmungen zur Erstaufforstung und Umwandlung von Wald, Mindestanforderungen an die Bewirtschaftung, Bestimmungen zur Festlegung von Schutzwald oder Erholungswald, aber auch zur Definition verschiedener Waldeigentumsarten und forstwirtschaftlichen Organisationsstrukturen sowie zur Förderung der Forstwirtschaft durch Sicherung der allgemeinen Bedingungen für die Wirtschaftlichkeit von Investitionen zur Erhaltung und nachhaltigen Bewirtschaftung des Waldes. Das Gesetz dient als Rahmen für die Waldgesetze der Länder, die die Vorgaben aufgreifen, anpassen und näher ausführen, und ist dementsprechend in den Erfüllungs- und Anordnungsbestimmungen nicht sehr konkret. Der Regelungsanspruch wird in der gleichberechtigten Sicherung der Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktion und insbesondere in der Ausgestaltung der Bewirtschaftungsfreiheit der Forstwirte gesehen, während naturschutzbezogene Belange vorrangig im Bundesnaturschutzgesetz und weiteren Regelungen wie der Bundesartenschutzverordnung, dem Forstschäden-Ausgleichsgesetz und Forstvermehrungsgutgesetz enthalten sind (SRU 2012).

Das baden-württembergische Landeswaldgesetz (LWaldG 2015) stellt die regionale Umsetzung des BWaldG dar und bildet die Grundlage für die Nutzung heimischer Waldressourcen im Rahmen der Bioökonomie. In § 13 wird definiert, dass die Bewirtschaftung des Waldes nachhaltig zu erfolgen hat und in einer Weise, dass die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen unter Berücksichtigung der langfristigen Erzeugungszeiträume stetig und auf Dauer erbracht werden. In § 14 werden Bedingungen genannt, die zur pfleglichen Bewirtschaftung des Waldes gehören. Dies umfasst:

> Erhalt von Boden und Bodenfruchtbarkeit,
> Erhalt/Schaffung eines biologisch gesunden, standortgerechten Waldbestands,
> Durchführung von erforderlichen Pflegemaßnahmen zum Erhalt des Waldes,
> Vorbeugung der Gefahr einer erheblichen Schädigung des Waldes durch Naturereignisse, Waldbrände, tierische und pflanzliche Forstschädlinge,
> Rechtzeitige und ausreichende Bekämpfung von tierischen und pflanzlichen Forstschädlingen, vorrangig durch biologische und biotechnische Maßnahmen,
> Ausreichende Erschließung des Walds mit Waldwegen nach Leistungsfähigkeit des Waldbesitzers,
> Schonende Nutzung,
> Ausübung von Nebennutzungen ohne Beeinträchtigung der Funktionen des Waldes.

Diese Bestimmungen ergänzend schreibt § 15 vor, dass durch Kahlhiebe (flächenhafte Nutzungen und Einzelstammentnahmen, die den Holzvorrat eines Bestandes auf weniger als 40% des standörtlich möglichen maximalen Vorrats herabsetzen) der Boden und die Bodenfruchtbarkeit nicht geschädigt, der Wasserhaushalt weder erheblich noch dauernd beeinträchtigt oder sonstige Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes nicht erheblich beeinträchtigt werden dürfen. Kahlhiebe mit einer Fläche von mehr als einem Hektar bedürfen der Genehmigung durch die Forstbehörde. Angrenzende Kahlflächen und noch nicht gesicherte Verjüngungen sind anzurechnen. Zudem sind nach § 16 Kahlhiebe von Nadelbaumbeständen unter 50 Jahren und Laubbaumbestände unter 70 Jahren (hiebsunreife Bestände) verboten, mit Ausnahme von Stockausschlag- und Laubweichholzbeständen. Die Nutzung hiebsunreifer Bestände kann jedoch abweichend durch die Forstbehörde genehmigt werden, wenn betriebliche Gründe oder die wirtschaftliche Lage des Waldbesitzers dies gebieten. Des Weiteren schreibt § 17 vor, dass unbestockte oder unvollständig bestockte Waldflächen nach anerkannten forstlichen Grundsätzen innerhalb von drei Jahren wieder aufzuforsten sind und § 21, dass der Waldbesitzer seinen Wald nach anerkannten forstlichen Grundsätzen zu bewirtschaften hat. Zur Sicherung der sachkundigen Bewirtschaftung obliegen im Staatswald und im Körperschaftswald Leitung und Durchfüh-

rung des Betriebs in der Regel Beamten des Forstdienstes. Privatwaldbesitzer ohne forstliche Fachkräfte werden nach den Vorschriften des Gesetzes vom Land bei der Bewirtschaftung ihres Waldes beraten und betreut (vgl. Kap. IV.2.1). Über § 22 ist festgelegt, dass die Umwelt, der Naturhaushalt und die Naturgüter bei der Bewirtschaftung des Waldes zu erhalten und zu pflegen sind. Weiterhin sind die Vielfalt und natürliche Eigenart der Landschaft zu berücksichtigen. Auf die Anlage und Pflege naturgemäß aufgebauter Waldränder ist besonders zu achten. Der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt sind ausreichende Lebensräume zu erhalten; die Erfordernisse zur Erhaltung eines gesunden und angemessenen Wildbestandes sind zu berücksichtigen sowie natürliche Erholungsmöglichkeiten zu erhalten und zu entwickeln. Dabei ist es die Aufgabe der Forstbehörden darauf hinzuwirken, dass die genannten Grundsätze bei der Bewirtschaftung des Waldes, insbesondere die Belange der Landschaftspflege, berücksichtigt werden.

Wald kann nach § 32 mit Zustimmung des Waldbesitzers durch Rechtsverordnung der höheren Forstbehörde zum Waldschutzgebiet (Bannwald oder Schonwald) erklärt werden, wenn es zur Sicherung der ungestörten natürlichen Entwicklung einer Waldgesellschaft mit ihren Tier- und Pflanzenarten oder zur Erhaltung oder Erneuerung einer bestimmten Waldgesellschaft mit ihren Tier- und Pflanzenarten oder eines bestimmten Bestandsaufbaus geboten erscheint, forstliche Maßnahmen zu unterlassen oder durchzuführen. Unter „Bannwald“ wird ein sich selbst überlassenes Waldreservat verstanden, in dem Pflegemaßnahmen nicht erlaubt sind und anfallendes Holz nicht entnommen werden darf. Maßnahmen gegen Forstschädlinge oder Naturereignisse können durch die Forstbehörde angeordnet werden. „Schonwald“ meint ein Waldreservat, in dem „eine bestimmte Waldgesellschaft mit ihren Tier- und Pflanzenarten, ein bestimmter Bestandsaufbau oder ein bestimmter Waldbiotop zu erhalten, zu entwickeln oder zu erneuern ist“. Die Forstbehörde legt Pflegemaßnahmen mit Zustimmung des Waldbesitzers fest. Angrenzender Wald ist so zu bewirtschaften, dass Waldschutzgebiete nicht beeinträchtigt werden (s. § 32).

Die Förderung der Forstwirtschaft durch das Land ist in § 42 erläutert und umfasst Maßnahmen nach dem Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, dem Landwirtschafts- und Landeskulturgesetz und nach Vorschriften der Europäischen Gemeinschaft. Gefördert werden die Sicherung der Schutzfunktionen des Waldes, Maßnahmen und Einrichtungen, die der Erholung im Wald und in Naturparken dienen sowie ihre Unterhaltung und die Forstwirtschaft bei außergewöhnlichen Schäden durch Naturereignisse und Forstschädlinge. Soweit es zur Sicherung der Funktionen des Waldes erforderlich ist, können vom Land weitere Maßnahmen unterstützt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass das Land nach Maßgabe der verfügbaren Haushaltsmittel den Ankauf von Wald durch Gemeinden fördert, wenn der Wald für Erholungszwecke besonders geeignet ist oder beansprucht wird. Dies gilt auch für sonstige Grundstücke, die zur Anlage von Erholungseinrichtungen im und am Wald benötigt werden.

Über das Landeswaldgesetz hinausgehend hat der Landesbetrieb ForstBW in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) für die Bewirtschaftung von Staatswald ein Alt- und Totholzkonzept (AuT-Konzept) Baden-Württemberg erarbeitet, das das Ziel verfolgt einen Ausgleich zwischen den Interessen der Holzbereitstellung, der Arbeitssicherheit bei der Waldbewirtschaftung und Anforderungen des Naturschutzes zu erzielen (ForstBW 2010). Im Kern des Ansatzes steht die Ausweisung von flächenhaften Habitatstrukturen wie Baumgruppen anstatt des einzelstammweisen Belassens von Totholzbäumen, da dies mit ökologischen Vorteilen verbunden ist, aber vor allem auch entstehende Gefahren durch vereinzelte Alt- und Totholzstämme für

die tägliche Arbeit der Waldbewirtschaftung und Nutzung von öffentlichen Waldwegen durch die Bevölkerung minimiert. Das Konzept schreibt die Ausweisung von Waldrefugien vor, d.h. auf Dauer eingerichtete Waldflächen ab einem Hektar Größe, die aus der Bewirtschaftung genommen werden. Dies umfasst insbesondere Bestände, die die wirtschaftliche Hiebsreife überschritten haben und Wälder mit ununterbrochener Waldtradition. Ein weiteres Schutzelement sind Habitatbaumgruppen, die aus einem oder mehreren Bäumen mit besonderen Habitatstrukturen (z.B. Bäume mit Stammverletzungen, Horsten, Fraß- oder anderen Spuren, ungewöhnlicher Wuchsform, stehendes Totholz) und den sie umgebenden Bäumen bestehen. Diese sollen bis zum natürlichen Absterben auf der Fläche und liegendes Totholz im Bestand verbleiben. Habitatbaumgruppen werden in allen Beständen ausgewählt, in denen eine Hauptnutzung geplant ist sowie im Dauerwald und sollen einen Gesamtumfang von etwa 5% der Hauptnutzungs- und Dauerwaldbestände erreichen. Bis zum Jahr 2020 soll so eine Fläche von etwa 20.000 ha Staatswald der natürlichen Entwicklung überlassen werden, die durch Ausweisung von Habitatbaumgruppen in den heranreifenden Beständen nach 2020 weiter zunimmt (ForstBW 2010).

Trotz der Konkretisierung von Bedingungen einer guten fachlichen Praxis in der Forstwirtschaft durch die Ländergesetze und zusätzlichen Bestimmungen wie dem AuT-Konzept in Baden-Württemberg besteht in der Debatte um die Bewirtschaftung von Wäldern ein ausgeprägter Konflikt zwischen den Zielen erwerbwirtschaftlich orientierter Forstbetriebe und dem Naturschutz. Während Naturschützer die Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes in den Vordergrund rücken und den Schutz der Ökosysteme (auch vor den Folgen des Klimawandels) als Basis einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung ansehen, betont die Forstwirtschaft ihren Beitrag zur Mitigation des Klimawandels durch eine Steigerung der Holzproduktion (s. SRU 2012). Aufgrund dieser konkurrierenden Interessen, die an die Waldnutzung gestellt werden, entspannt sich eine kritische Diskussion um die Folgen einer wachsenden kommerziellen Holznutzung und darüber, inwiefern der vorhandene rechtliche Rahmen zur Steuerung einer nachhaltigen Bewirtschaftung ausreichend ist. Erhebungen im Rahmen der dritten Bundeswaldinventur zeigen, dass die Holznutzung in Deutschland im Zeitraum von 2002 bis 2012 pro Jahr durchschnittlich bei 76 Mio. m^3 Rohholz (Erntefestmeter ohne Rinde) lag. Holznutzung und natürliches Absterben von Bäumen erreichten insgesamt 87% des Zuwachses, etwa 13% gingen in den Vorratsaufbau (BMELV 2016). Dabei hat die energetische Verwendung von Holz in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Im Jahr 2016 betrug die Einfuhr von Rohholz, Restholz und Holzhalbwaren nach Deutschland etwa 8,3 Mio. m^3 (BMEL 2017b). Experteneinschätzungen gehen davon aus, dass der Holzrohstoffbedarf in Deutschland weiterhin steigt (z.B. Thrän et al. 2011).

Die Bundesregierung hat im Jahr 2011 eine Waldstrategie 2020 vorgelegt, mit der Zielsetzung, den Rahmen für eine an zukünftige Anforderungen angepasste Nutzung des Waldes festzulegen. Dabei wurde eine Balance zwischen den steigenden Ansprüchen an den Wald und seiner nachhaltigen Leistungsfähigkeit angestrebt. Die Strategie wurde auf Basis eines mehrstufigen Konsultationsprozesses mit Experten und Verbänden entwickelt. Wichtige Teilziele sind z.B. Sicherung und Steigerung des Beitrags der Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz, die Gewährleistung der Anpassungsfähigkeit des Waldes an Klimaveränderungen durch entsprechende Maßnahmen, Erhalt von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen der Forst- und Holzwirtschaft und nachhaltige Erschließung heimischer Waldressourcen (BMELV 2011). Die Strategie legt fest, dass die Holzernte maximal bis zum durchschnittlichen, jährlichen Zuwachs von 100 Mio. m^3 gesteigert werden soll (nach Referenzszenario der Bundesregierung für die Klimaverhandlungen).

Die Entwicklung hin zu einer zunehmenden ökonomischen Inanspruchnahme von Wald wird durch den Ausbau einer bio-basierten Wirtschaft verstärkt. So wird durch den Einsatz Lignozellulose-haltiger Biomasse zur Bioenergieproduktion (z.B. in Biogasanlagen) und zukünftig auch durch potentiell entstehende Bioraffinerien die Nachfrage nach Holz, aber auch nach Waldrestholz erhöht, das unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten für Waldökosysteme von großer Bedeutung ist. Waldökosysteme stellen zahlreiche Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung, die mit einer Zunahme der Holznutzung gefährdet sein könnten. Dazu zählen z.B. lokale und regionale Klimawirkungen wie Frischluftentstehung und Wasserspeicherung und die Funktion der Wälder als Speicher und Senke für Kohlenstoff. Mit einer forstlichen Intensivnutzung geht die Gefahr negativer Umweltwirkungen einher (SRU 2012). Besonders kritisch sind der verstärkte Nährstoffaustrag aus dem Wald durch erhöhten Holzeinschlag und Entzug von Ernteresten, die durch reduzierte Rückzugmöglichkeiten und Nahrungsquellen bedingten Abnahme der Artenvielfalt sowie die Zunahme des Einsatzes von schweren Maschinen, Düngemitteln und Bioziden, die Boden und Wasser belasten. Auch Schadstoffeinträge aus der Luft (Ozon, Stickstoff- und Schwefelverbindungen) durch Industrie und Verkehr können zu Belastungen der Waldökosysteme und einer Abnahme von Ökosystemdienstleistungen führen (ebd.).

Bislang existieren keine verbindlichen Nachhaltigkeitsanforderungen an die Bereitstellung und Nutzung fester Biomasse. In der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt wurde vereinbart, dass bis zum Jahr 2010 80% der Waldfläche nach hochwertigen ökologischen Standards zu zertifizieren sind (BMU 2007). Im Rahmen des Gemeinsamen Erlasses zur Beschaffung von Holzprodukten von BMWI, BMELV, BMU und BMVBS wurde 2010 zudem festgelegt, dass Holzprodukte, die durch die Bundesverwaltung beschafft werden, nachweislich aus legaler und nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen müssen. Der Nachweis ist vom Bieter durch Vorlage eines Zertifikats von FSC (Forest Stewardship Council), PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes), eines vergleichbaren Zertifikats oder durch Einzelnachweise zu erbringen (Bundesregierung 2010a). Einige Bundesländer, darunter auch Baden-Württemberg, haben diese Regelung übernommen. Das 80%-Ziel wurde bis 2016 auf nationaler Ebene noch nicht erreicht (vgl. Kap. VI.2.2). Die Nachhaltigkeitskritierien des weit verbreiteten Zertifizierungssystems PEFC, nach dem ca. 70% der deutschen Waldfläche zertifiziert sind, werden von Umweltexperten als nicht ausreichend eingeschätzt (SRU 2012). Während bei PEFC beispielsweise der Einsatz von Bioziden und maschinelle Bodenbearbeitung möglich sind, ist dies bei strengeren Systemen wie FSC oder Naturland nur beschränkt bzw. gar nicht zulässig. Bei FSC werden überdies Referenzflächen, die dauerhaft aus der forstlichen Nutzung genommen sind sowie die Steigerung des Holzvorrats auf der Betriebsfläche verlangt, während dies bei PEFC fehle (ebd.).

Aufgrund mangelnder Konkretisierung sowie fehlender Sanktionsmöglichkeiten im Bundeswaldgesetz und angesichts des fortschreitenden Drucks auf Waldressourcen empfehlen Umweltexperten eine Neuausrichtung der forstlichen Nutzung an dem Prinzip einer naturnahen bzw. naturorientierten Waldwirtschaft, bei der die Schutz- und Erholungsfunktion im Vordergrund steht (SRU 2012; NABU 2009). Dazu zählt die bundesweite Festlegung von einheitlichen ökologischen Standards wie Vorzug der Naturverjüngung, Mischwaldprinzip, Anwendung boden- und waldschonender Betriebstechniken, Beschränkung bzw. Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Kahlschlagverbot. Weiterhin gefordert wird eine verstärkte Nutzung von Finanzierungsmöglichkeiten für die Erbringung öffentlicher Leistungen in der Forstwirtschaft wie die Förderung von Umweltmaßnahmen auf forstwirtschaftlichen Flächen über die 2. Säule der GAP, Waldklimafonds, die aus Erlösen des Emissionshandels finanziert werden und Ökokonten im Rahmen der Eingriffsregelung zur Durchführung von Kompensationsmaßnahmen im Wald (ebd.). Um die Funktion des Waldes als Kohlenstoffsenke zu erhalten, schlägt

der Sachverständigenrat für Umweltfragen einen Holzvorrat von mindestens der Hälfte der natürlichen Holzvorräte, d.h. 350m^3/ha, vor (SRU 2012). Des Weiteren rät er zur Förderung einer zu Gemeinwohl verpflichteten Bewirtschaftung von einer Privatisierung öffentlicher Wälder ab und schätzt die Festlegung eines Budgets für Natur- und Umweltschutzmaßnahmen sowie Klimaanpassungsmaßnahmen in öffentlichen Wäldern als wichtig ein. Weiterhin wird betont, dass der Fokus auf einer vorrangig stofflichen Verwendung von Holz liegen sollte, was im Gegensatz zu den Zielen der Bioenergieförderung steht. Eine rechtlich gesicherte Ausweisung von Wildnisgebieten, die Anwendung von FSC-Kriterien in der öffentlichen Beschaffung und Erweiterung der FLEGT-Bestimmungen auf Druckerzeugnisse werden als wichtige Schritte angesehen. Darüber hinaus wird vor dem Hintergrund der Herausforderungen, die der Klimawandel als grenzüberschreitender Tatbestand an die Waldpolitik stellt, die Entwicklung einer kohärenten Waldpolitik auf europäischer Ebene als essentiell erachtet. In Deutschland wird die Abstimmung zwischen Naturschutz- und Forstabteilungen der Länderministerien bei der Entwicklung länderspezifischer Schutzstrategien als schwierig eingeschätzt, aufgrund der unterschiedlichen Zuständigkeiten und Kompetenzen, unterschiedlichen Zielvorstellungen und Fachsprachen. Um den Naturschutzaspekt in der Waldpolitik auf Bundesebene zu stärken, wird die Integration der Unterabteilung Forstwirtschaft des BMEL in das BMUB vorgeschlagen, bei dem bereits wesentliche Teile der internationalen Waldpolitik angesiedelt sind, sowie die Einrichtung einer permanenten Bund/Länder-Arbeitsgruppe zur Umsetzung der waldrelevanten Ziele der nationalen Biodiversitätsstrategie (zu allen genannten Punkten s. SRU 2012).

4.7 Abfallrechtliche Bestimmungen und Kreislaufwirtschaft

Der Umgang mit Abfall ist in der europäischen Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EC geregelt, die in der überarbeiteten Fassung von 2008 vorliegt (EU 2008a). Ziel dieser Richtlinie ist es, die Umwelt und menschliche Gesundheit durch die Vermeidung und Reduktion der negativen Auswirkungen der Abfallentstehung und -behandlung sowie durch effizientere Ressourcennutzung und Reduktion von Auswirkungen der Ressourcennutzung zu schützen. Sie legt u.a. Definitionen für verschiedene Abfallkategorien und Behandlungsarten fest, beinhaltet Regelungen über Zuständig- und Verantwortlichkeiten beim Umgang mit Abfall und definiert die 5-stufige Abfallhierarchie als Leitprinzip für den Umgang mit Abfällen in Europa. Diese umfasst an erster Stelle die Abfallvermeidung, gefolgt von Wiederverwendung, Recycling, sonstige (insbesondere energetische) Verwertung und Beseitigung. Darüber hinaus beinhalten die Richtlinien für Abfalldeponierung (1999/31/EC), Verpackungen und Verpackungsabfall (94/62/EC), Altautos (2000/53/EC), Batterien und Akkus (2006/66/EC) sowie Elektroabfall (2012/19/EU) abfallrelevante Regelungen.

Da im EU-Durchschnitt immer noch etwa ein Viertel des Siedlungsabfalls deponiert wird, hat die Europäische Kommission in einem Gesetzespaket zur Förderung der Kreislaufwirtschaft Neuregelungen und Anpassungen in den zuvor genannten Richtlinien vorgeschlagen, um den Anteil des Recyclings gegenüber der Deponierung zu erhöhen. Die Vorschläge umfassen neue Zielsetzungen für die Weiternutzung und das Recycling von Produkten. So sollen bis zum Jahr 2025 60% und bis 2030 65% der europäischen Siedlungsabfälle recycelt werden. Beim Verpackungsmüll beträgt der Anteil 65% bis 2025 und 75% bis 2030 (EU 2017a). Mitgliedsstaaten werden verpflichtet, finanzielle Maßnahmen zur Durchsetzung der Abfallhierarchie und, soweit möglich und zumutbar, eine Getrenntsammlung von Bioabfällen zu veranlassen. Der Anteil an Siedlungsabfällen, die deponiert werden, soll bis 2030 höchstens 10% betragen, wobei Mitgliedsstaaten, deren Deponie-Anteil noch relativ hoch ist (vor allem Osteuropa) das Ziel erst bis 2035 erreichen müssen (ebd.). Die Vorschläge wurden in den letzten Monaten zwischen Europäischem Rat, Parlament und Kommission beraten und die Verhandlungen im Dezember

2017 mit einer Einigung beendet, die von den Umweltministern der Mitgliedsländer und dem Parlament nun bestätigt werden muss (consilium 2017).

Neben der Erhöhung von Recyclingquoten hat die EU im Jahr 2015 zudem eine neue Richtlinie (EU)2015/720 zur Reduktion des Verbrauchs von ultradünnen Plastiktüten (dünner 50 Mikrometer) als Teil der Verpackungsrichtlinie verabschiedet (EU 2015a). Bis Ende 2019 soll der Verbrauch auf maximal 90 Stück und bis Ende 2025 auf maximal 40 Stück pro Kopf gesenkt werden. Deutschland hat diese Regelung über eine Vereinbarung zwischen dem Bundesumweltministerium und Handelsvertretern vom 26. April 2016 umgesetzt, nachdem Plastiktüten im Einzelhandel nicht mehr kostenlos abgegeben werden dürfen. Die Regelung soll bis 2018 80% der von den teilnehmenden Unternehmen in Verkehr gebrachten Kunststofftüten abdecken. Wird dieses Ziel bis Mitte 2018 nicht erreicht, wird das BMUB die Umsetzung der EU-Richtlinie durch Rechtsvorschriften veranlassen (BMUB 2016).

Die europäische Abfallrahmenrichtlinie ist in Form des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) in deutsches Recht umgesetzt, das am 1. Juni 2012 in Kraft trat und am 20. Juli 2017 zuletzt geändert wurde. Aufgrund des in Deutschland bestehenden hohen Recyclingsniveaus sind die Recyclingquoten teilweise höher als die Vorgaben der EU. So sollen bis zum Jahr 2020 mindestens 65% des Siedlungsabfalls recycelt werden, während das Ziel der aktuellen EU-Gesetzgebung bei 50% liegt (KrWG 2017). Ein weiteres Gesetz, das Recyclingquoten maßgeblich mitbestimmt, ist das Verpackungsgesetz. Dieses wurde im Juli 2017 im Bundestag beschlossen und wird ab 1. Januar 2019 die aktuell gültige Verpackungsordnung ablösen. Ziel des Gesetzes ist, den Recyclinganteil für den in Haushalten anfallenden Verpackungsabfall zu erhöhen und die Verwendung ökologisch vorteilhafter und recyclingfähiger Verpackungen anzuregen. So sollen Kunststoffe ab 2019 mindestens zu 65% und ab 2022 zu 70% einer werkstofflichen Verwertung zugeführt werden. Für Papier, Pappe und Karton liegt die Quote ab 2019 bei 85% und ab 2022 bei 90%; für Glas, Eisenmetalle und Aluminium bei 80% ab 2019 und 90% ab 2020 (VerpackG 2017). In § 11 Absatz 1 des KrWG ist darüber hinaus geregelt, dass Bioabfälle (Gartenabfälle sowie Nahrungs- und Küchenabfälle) zum Zweck der Verbesserung des Recyclings mittels Kompostierung und Vergärung ab spätestens 1. Januar 2015 getrennt zu sammeln sind.

Mit Inkrafttreten des Gesetzes zur Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) und des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG) am 1. Juni 2017 wurde mit dem Wegfall der Heizwertklausel darüber hinaus die Stellung des stofflichen Recyclings gegenüber energetischen Verwertungen verbessert (s. Änderung KrWG und ElektroG 2017). Während die Heizwertklausel besagte, dass die energetische Verwertung einer stofflichen Verwertung gleichrangig ist, wenn der Heizwert des einzelnen Abfalls ohne Vermischung mit anderen Stoffen mindestens 11.000 Kilojoule pro Kilogramm (kJ/kg) beträgt, soll mit der Änderung nun diejenige Verwertungsmaßnahme Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt nach der Art und Beschaffenheit des Abfalls unter Berücksichtigung der in § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 KrWG festgelegten Kriterien (Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzip, Lebenszyklusbetrachtung) am besten gewährleistet. Der ökologische Gleichrang beider Pfade muss nun durch den Abfallerzeuger oder -besitzer dargelegt und ggf. nachgewiesen werden. Soweit sich die stofflichen und energetischen Verwertungsmaßnahmen gleichrangig darstellen, besteht nach § 8 Absatz 3 Satz 2 KrWG ein Wahlrecht des geltenden Abfallerzeugers oder -besitzers.

Die Bioökonomie wird auf verschiedene Weise durch die europa- und nationalrechtlich gültigen Bestimmungen des Abfallrechts beeinflusst. Es ist anzunehmen, dass der Anteil bio-basierter Verpackungen in Folge der neuen gesetzlichen Regelungen, die neben erhöhten Recyclingquoten auch die Förderung von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen anstrebt, in Zukunft weiter zunehmen wird.

Mit dem Ausbau der Kreislaufwirtschaft und der konsequenten Umsetzung der Abfallhierarchie stellen sich jedoch die Fragen nach möglichen stofflichen Recyclingoptionen, Hemmnissen für die Weiternutzung bio-basierter Produkte und Auswirkungen auf Verwertungsprozesse und die Abfallbranche. Insbesondere am Beispiel der bio-basierten Kunststoffe zeigt sich, dass zwischen der politischen Zielsetzung und der Praxissituation eine große Lücke besteht.

Eine Verbundstudie unter Leitung des Fraunhofer Umsicht im Auftrag der FNR legt dar, dass strukturgleiche bio-basierte Kunststoffe wie z.B. das teilbio-basierte PET (Bio-PET) oder das nahezu vollständig bio-basierte Polyethylen (Bio-PE) dieselben Verwertungsverfahren durchlaufen wie fossile Kunststoffe und mit hohen Quoten werkstofflich zu Rezyklaten recycelt werden (Hiebel et al. 2017). Die Abtrennung von bio-basierten Kunststoffen mit neuartiger chemischer Struktur wie z.B. Polymilchsäure (PLA) hingegen ist aufgrund der geringen Abfallmengen heute noch nicht wirtschaftlich realisierbar, sodass diese in den Recyclingprozessen meist mitgeführt werden. Bei höheren Mengenanteilen können jedoch Störungen im Recyclingprozess auftreten, die Anpassungen der Sortiersysteme zur Abtrennung des Stoffstroms notwendig machen (ebd.). Soll der steigende Anteil bio-basierter Kunststoffe primär stofflich recycelt werden, sind neue Prozessentwicklungen und Investitionen in Sortieranlagen unvermeidbar. Im Kontext der stofflichen Verwertung besonders kontrovers diskutiert wird die Abbaubarkeit bzw. Kompostierbarkeit von Biokunststoffen. Auch wenn der Begriff „Biokunststoffe“ biologische Abbaubarkeit suggeriert, ist dies nur bei einem gewissen Anteil der vermarkteten Produkte gegeben. Der Begriff umfasst sowohl bio-basierte Kunststoffe als auch biologisch abbaubare Kunststoffe, die bio-basiert oder auch fossiler Herkunft sein können. Eine Ausarbeitung der Wissenschaftlichen Dienste des Bundestags beschreibt, dass die Produktionskapazität für Biokunststoffe im Jahr 2013 weltweit bei 1,6 Mio. t lag, wobei nur 0,6 t biologisch abbaubar waren. Für 2018 wird eine Biokunststoffproduktion in Höhe von 6,7 Mio. t erwartet mit einem prozentual stark wachsenden Segment der nicht bioabbaubaren Kunststoffe auf 5,6 Mio. t. (WD 2016).

Auch wenn Biokunststoffe die Eigenschaft der Abbaubarkeit aufweisen, werden diese im Allgemeinen für die Kompostherstellung als nicht geeignet und im Vergleich zu Verpackungen aus fossilem Kunststoff auch nicht als ökologisch vorteilhafter eingeschätzt (vgl. Kehres 2012; Detzel et al. 2012). Akteure aus dem Bereich der Kompostierung und Entsorgungswirtschaft wie die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., der Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE) und die Bundesvereinigung der Humus- und Erdenwirtschaft e.V. (BHE) bewerten biologisch abbaubaren, bio-basierten Kunststoff als Störstoff im Kompostgut und lehnen seine Entsorgung über die Biotonne ab (WD 2016). Gründe sind, dass beim Abbau zum einen kaum pflanzenverfügbare Nährstoffe freigesetzt und Bodensubstrate gebildet würden, sodass dieser weder zur Struktur- noch zur Nährstoffverbesserung des Kompostes beitrage (ebd.). Zum anderen seien die Behandlungszeiten in Kompostierungsanlagen deutlich kürzer als 12 Wochen, die laut DIN EN 14995 über die Bewertung der Abbaubarkeit von Kunststoffen vorgegeben sind. Verbleibt eine zu große Menge nicht oder nur teilweise abgebauter Kunststoffbestandteile, könnten diese als Fremdkörper gewertet und zur Aberkennung der RAL-Gütesicherung Kompost führen (Kehres 2012). Da biologisch abbaubare Kunststoffe einen hohen Heizwert haben, werden diese für eine energetische Verwertung als besonders geeignet angesehen (ebd.), was der politischen Zielsetzung jedoch entgegensteht.

Wie das Beispiel der Biokunststoffe zeigt, ist die stoffliche Verwertung innovativer, bio-basierter Materialien heute noch nicht wirtschaftlich durchführbar und durch die vorhandenen Stoffeigenschaften begrenzt. Der mögliche Beitrag bio-basierter Produkte zur Kreislaufwirtschaft ist dadurch noch unklar

und wird insbesondere von der zukünftige Marktdurchdringung sowie der Berücksichtigung von Kaskadennutzungen im Produktdesign abhängen.

4.8 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Eine wesentliche Voraussetzung für den Aufbau bio-basierter Wertschöpfungsketten stellen (groß-)technische Anlagen dar, die Biomasse umwandeln und Produkte herstellen. Dazu zählt in erster Linie die Vorstellung einer integrierten Bioraffinerie, die aus einer Vielzahl biomassebasierter Inputs eine Bandbreite chemischer Verbindungen und Stoffe, aber auch Energie herstellt. Weiterhin zu nennen sind Biogasanlagen und Anlagen zur Kultivierung von Algen, aber auch Tierhaltungsanlagen. Mit dem Betrieb dieser Anlagen sind Eingriffe in und Auswirkungen auf die Umwelt verbunden wie die Freisetzung von Treibhausgasemissionen oder Abfällen. Das Umweltrecht setzt mit dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG 2017) einen Gestaltungsrahmen, der für bestimmte Anlagentypen und -größen im Rahmen der Bioökonomie bereits von Relevanz ist (z.B. Abfallvergärungsanlagen) oder potentiell von Bedeutung sein kann (z.B. neue Anlagentypen wie Bioraffinerien).

Nach § 4 des BImSchG bedürfen die Errichtung und der Betrieb von Anlagen einer Genehmigung, die „(…) auf Grund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebs in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder in anderer Weise die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu belästigen, sowie von ortsfesten Abfallentsorgungsanlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen (…).“. Zu den umweltschädlichen Wirkungen zählen dabei Immissionen, die „ (…)nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.“ (s. § 3). Darunter werden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen verstanden, die auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirken. Emissionen im Sinne des Gesetzes sind „ (…) die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Erscheinungen.“ (ebd.). Die 4. BImSch-Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen enthält eine Liste mit genehmigungsbedürftigen Anlagen und legt die Genehmigungserfordernisse nach Anlagenart, Leistungsgrenze oder Anlagengröße fest. So sind z.B. Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen ab 10 Tonnen Durchsatzkapazität an Einsatzstoffen pro Tag genehmigungspflichtig; bei einer Durchsatzkapazität zwischen 10 und 75 Tonnen gemäß § 10 BImSchG (vereinfachtes Verfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung) und ab 75 Tonnen gemäß § 19 BImSchG (Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung) (4. BImSchV 2017).

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt folgende Punkte erfüllt sind (vgl. § 5):

> Schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können;
> Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen;
> Abfälle vermieden, nicht zu vermeidende Abfälle verwertet und nicht zu verwertende Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden; (…) die Verwertung und Beseitigung von Abfällen erfolgt nach den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den sonstigen für die Abfälle geltenden Vorschriften;

> Energie sparsam und effizient verwendet wird.

Daraus ergibt sich, dass genehmigungspflichtige Anlagen folgenden Anforderungen genügen müssen (vgl. § 7):

> die Anlagen müssen bestimmten technischen Anforderungen entsprechen,
> die von Anlagen ausgehenden Emissionen dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten,
> der Einsatz von Energie muss bestimmten Anforderungen entsprechen,
> die Anlagenbetreiber müssen Messungen von Emissionen und Immissionen nach in der Rechtsverordnung näher zu bestimmenden Verfahren vornehmen,
> die Anlagenbetreiber müssen bestimmte sicherheitstechnische Prüfungen sowie bestimmte Prüfungen von sicherheitstechnischen Unterlagen nach in der Rechtsverordnung näher zu bestimmenden Verfahren durch einen Sachverständigen vornehmen lassen,
> die Rückführung in den Ausgangszustand muss bestimmten Anforderungen entsprechen, insbesondere in Bezug auf den Ausgangszustandsbericht und die Feststellung der Erheblichkeit von Boden- und Grundwasserverschmutzungen.

Je nach Anlagentyp spielen neben dem BImSchG und Baurecht, das die Genehmigung von Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung baulicher Anlagen vorschreibt, weitere umweltrechtliche Bestimmungen eine Rolle. Dies umfasst im Falle von Biogasanlagen beispielsweise das Abfallrecht, je nachdem welche Einsatzstoffe verwendet werden und welche Nutzung des Gärrestes vorgesehen ist, das Wasserrecht beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wie Gülle, Gärresten, Silagesickersäften, aber auch Schmierstoffen und die Düngemittelverordnung, die den Rahmen für die zu vergärenden Ausgangsstoffe und das Inverkehrbringen von Düngemitteln festlegt. Hinzu kommen EU-Hygienevorschriften für den Einsatz nicht für den menschlichen Verzehr bestimmter tierische Nebenprodukte und Bestimmungen zu Anlagensicherheit und Arbeitsschutz (LfU 2016). Nach §13 des BImSchG schließt die immissionsschutzrechtliche Genehmigung andere die Anlage betreffende behördliche Entscheidungen mit ein.

Bisherige Erfahrungen im Bereich der Biogaserzeugung zeigen, dass die Genehmigung von Biomasseanlagen nicht immer unproblematisch ist. Das liegt zum einen am komplexen Zusammenspiel unterschiedlicher Rechtsbereiche, nicht aufeinander abgestimmter Rechtsvorschriften und unterschiedlicher Genehmigungs- und Überwachungspraxis in den Bundesländern (Loibl 2004). Zum anderen kann es durch Geruchs- und Lärmbelästigungen zu Konflikten mit benachbarter Wohnbebauung kommen. Insbesondere bei der dezentralen, verbrauchernahen Versorgung mit Nahrungsmitteln und Energie, stellt die Standortwahl für Biomasseanlagen eine Herausforderung dar.

4.9 Chemikalienrecht

Die REACH-Verordnung (EG 1907/2006) und die CLP-Verordnung (EG 1272/2008) bilden die zentralen Bausteine des europäischen Chemikalienrechts und werden ergänzt durch die POP-Verordnung (EG 850/2004) sowie die Biozid-Richtlinie (EG 528/2012). Die REACH-Verordnung (*R*egistration, *E*valuation, *A*uthorisation and *R*estriction of *Ch*emicals) regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien. Sie verfolgt das Ziel, ein hohes Schutzniveau für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sicherzustellen und den freien Verkehr von Stoffen sowie Wettbewerbsfähigkeit und Innovation zu verbessern (EU 2006). Sie enthält Bestimmungen zur Registrierung von Stof-

fen und zu Informationsanforderungen, zur gemeinsamen Nutzung von Daten und Vermeidung unnötiger Tierversuche, zu Informationspflichten in der Lieferkette, zu Bewertung, Zulassung, zuständigen Behörden und der Einrichtung einer Europäischen Chemikalienagentur (ECHA).

Die Verordnung schreibt eine Registrierungspflicht für Hersteller oder Importeure vor, die einen Stoff in seiner Reinform oder in einem oder mehreren Gemischen in einer Menge von mindestens einer Tonne pro Jahr herstellen oder einführen (Art. 6). Diese Registrierungspflicht umfasst die Punkte Stoffprüfung, Einstufung in die Gefahrstoffklassen der CLP-Verordnung, Kennzeichnung sowie Risikobewertung. Dabei handelt es sich nach Artikel 12 um mengenabhängige Informationsanforderungen, d.h. die Pflicht zur Erbringung bestimmter Informationen ist von der Menge der hergestellten oder importierten Stoffe abhängig. Die CLP-Verordnung behandelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen. Wichtige Ziele sind die Harmonisierung der Kriterien für die Einstufung von Stoffen und Gemischen sowie der Vorschriften für die Kennzeichnung und Verpackung gefährlicher Stoffe und Gemische und die Verpflichtung von Herstellern, Importeuren und Lieferanten zur Einstufung, Kennzeichnung, Verpackung und Meldung von Stoffen und Gemischen (EU 2017b, Art. 1). Die POP-Verordnung über persistente organische Schadstoffe verfolgt das Ziel, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor diesen Stoffen zu schützen durch Verbot, möglichst baldige Einstellung oder Beschränkung der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung sowie Beschränkung bzw. baldige Einstellung der Freisetzung und Festlegung von Bestimmungen über Abfälle, die solche Stoffe enthalten (EU 2004a). Die Biozid-Richtlinie behandelt die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten zur Bekämpfung von für die Gesundheit von Mensch oder Tier schädlichen Organismen und zur Bekämpfung von Organismen, die natürliche oder gefertigte Materialien schädigen (EU 2004b). Biozidprodukte müssen zur Vermarktung entsprechend der Verordnung zugelassen und alle Wirkstoffe der Biozidprodukte müssen genehmigt sein, um damit behandelte Waren in den Verkehr bringen zu dürfen (ebd.).

In Deutschland sind die verschiedenen EU- Bestimmungen im Chemikaliengesetz (ChemG) von 1980 geregelt, das zuletzt 2017 geändert wurde. Ziel des Gesetzes ist, den Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Stoffe und Gemische zu schützen, insbesondere sie erkennbar zu machen, sie abzuwenden und ihrem Entstehen vorzubeugen (ChemG 2017).

Auch biogene Stoffe und bio-basierte Chemikalien fallen, insofern diese keine Ausnahme darstellen, unter den Gültigkeitsbereich der REACH-Verordnung. Ausnahmen werden in den Anhängen IV und V aufgelistet. Anhang IV beinhaltet Stoffe, die von der Registrierungspflicht ausgenommen sind, weil ausreichende Informationen über sie vorliegen und davon ausgegangen wird, dass sie wegen ihrer inhärenten Stoffeigenschaften ein minimales Risiko verursachen. Dazu gehören z.B. Glucose, Stärke und Zellstoff. Weitere Ausnahmen betreffen nach Anhang V Naturstoffe bzw. aus natürlichen Rohstoffen gewonnenen Stoffe, soweit sie nicht chemisch verändert wurden. Dies umfasst z.B. Mineralien, Erze, Erdgas, Rohöl und Kohle, pflanzliche bzw. tierische Fette, Öl und Wachse, Fettsäuren C_6 bis C_{24} und ihre Kalium-, Natrium-, Calcium- und Magnesiumsalze, Glycerin, Flüssiggas, Prozessgase, Kompost und Biogas. Unter Naturstoff wird ein natürlich vorkommender Stoff bezeichnet, der „unverarbeitet oder lediglich manuell, mechanisch oder durch Gravitationskraft, durch Auflösung in Wasser, durch Flotation, durch Extraktion mit Wasser, durch Dampfdestillation oder durch Erhitzung zum Wasserentzug verarbeitet oder durch beliebige Mittel aus der Luft entnommen wurde“ (vgl. Art. 3). Demnach ist beispielsweise Lignin als zentraler Ausgangsstoff für die Bioraffinerie kein Naturstoff nach Anhang V und

unterliegt der Registrierungspflicht (s. Köck, Gawel 2014). Die Registrierungspflicht für neue bio-basierte Stoffe stellt in Anbetracht der damit verbundenen hohen Kosten bei gleichzeitig fehlender Wettbewerbsfähigkeit zu Chemikalien fossilen Ursprungs aktuell noch eine Hürde für die Bioökonomie dar (Carus et al. 2014). Es wird jedoch erwartet, dass durch die ambitionierte Stoffkontrolle und ein leistungsfähiges Informationssystem zur Verteilung stoffbezogener Risikoinformationen ein Wandlungsprozess hin zu weniger riskanten Stoffen ausgelöst wird, von dem bioökonomische Verfahren und Produkte profitieren könnten (Köck, Gawel 2014).

4.10 Gentechnikrecht

In Anbetracht des begrenzten Flächenangebots, das für die Realisierung einer Biomasse-basierten Ökonomie eine zentrale Limitierung darstellt, gewinnt die Suche nach Möglichkeiten für Ertragssteigerungen an Bedeutung. Da herkömmliche Strategien wie die Erhöhung des Düngungsmitteleinsatzes angesichts steigender Umweltschutzerfordernisse an ihre Grenzen stoßen, werden in der Debatte auch die Potenziale des Gentechnikeinsatzes behandelt. Damit verbunden ist die Erwartung, dass zum einen Pflanzensorten entwickelt werden könnten, die eine höhere Produktivität und damit einen geringeren Flächenbedarf aufweisen und zum anderen über standortangepasste Eigenschaften wie Toleranzen gegenüber Wasser- und Salzstress Standorte in die Biomasseproduktion einbezogen werden könnten, die aufgrund ihrer naturräumlichen Beschaffenheit für die Landwirtschaft aktuell unattraktiv sind. Über die Steigerung der Produktivität und Schädlingsresistenzen könnte darüber hinaus auch die Verwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln reduziert werden, was mit ökologischen Vorteilen verbunden wäre.

Der Einsatz gentechnischer Verfahren und der Umgang mit gentechnisch veränderten Organsimen (kurz GVO) sind EU-weit über verschiedene Richtlinien und Verordnungen geregelt. Dazu zählen die:

> Richtlinie 2009/41/EG über die Anwendung genetisch veränderter Mikroorganismen (GVM) in geschlossenen Systemen;
> Richtlinie 2001/18/EG über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt;
> Richtlinie (EU) 2015/412 zum Verbot oder Beschränkung des Anbaus von GVO durch Mitgliedsstaaten;
> Verordnungen (EG) 1829/2003 über genetisch veränderte Lebens- und Futtermittel, (EG) 1946/2003 über die grenzüberschreitende Verbringung von GVO und (EG) 1830/2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von GVO.

Die Richtlinie *2009/41/EG* löste im Jahr 2009 die Richtlinie 90/219/EWG ab, die seit 1990 das Kernstück des Gentechnikrechts in Europa darstellte. Die Richtlinie dient dem Zweck, durch die Festlegung gemeinsamer Maßnahmen zur Anwendung von GVM in geschlossenen Systemen eine sichere Entwicklung der Biotechnologie zu ermöglichen, ohne die menschliche Gesundheit und Umwelt zu gefährden (EU 2009d). Im Mittelpunkt steht dabei die Pflicht zur Risikobewertung durch den Anwender, welche die Zuteilung einer Einschließungsstufe zwischen 1 (kein oder vernachlässigbares Risiko für die menschliche Gesundheit und die Umwelt) und 4 (hohes Risiko) zum Ergebnis hat. Die Richtlinie *2001/18/EG* behandelt die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt zu anderen Zwecken als dem Inverkehrbringen (insbesondere zu Versuchszwecken) und das Inverkehrbringen genetisch veränderter Organismen als Produkt oder in Produkten. Bei beiden Anwendungsfällen muss vor der Umsetzung eine Anmeldung im jeweiligen Mitgliedsland vorliegen, die eine vorangegangene Umweltverträglichkeitsprüfung zur Bewertung der direkten oder indirekten, sofortigen oder

späteren Risiken umfasst (EC 2001a, Art. 3). Die Richtlinie umfasst im Artikel 23 eine Schutzklausel, die vorsieht, dass Mitgliedsländern den Einsatz bzw. Verkauf von GVO vorübergehend einschränken oder verbieten können, falls neuere Informationen darauf hindeuten, dass bereits genehmigte GVO ein Risiko für Mensch oder Umwelt darstellen. Da Erfahrungen gezeigt haben, dass einige Länder die Schutzklausel und Notfallmaßnahmen angewendet haben, wurde die Richtlinie *(EU) 2015/412* (sog. Opt out-Richtlinie) zur Beschränkung des Anbaus von GVO erlassen. Diese räumt den Mitgliedstaaten entsprechend dem Subsidiaritätsprinzip mehr Flexibilität bei der Entscheidung darüber ein, ob sie GVO in ihrem Hoheitsgebiet anbauen möchten. Die Regelung betrifft nicht den Anbau zu Forschungszwecken und auch nicht das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Produkten (EU 2015b). Die Verordnung (EG) 1829/2003 über gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel legt gemeinschaftliche Verfahren für die Zulassung und Überwachung genetisch veränderter Lebens- und Futtermittel fest und enthält Bestimmungen zur Kennzeichnung solcher (EU 2003c). Hersteller müssen in den Mitgliedsstaaten einen Antrag auf Zulassung stellen und über Studien die Erfüllung bestimmter Kriterien nachweisen. Dazu gehören keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder die Umwelt, keine Irreführung von Verbrauchern bzw. Anwendern und keine Erzeugung von Ernährungsmängeln bei Mensch und Tier durch einen normalen Verzehr (s. EU 2003c, Art. 4 und 16). Die Verordnung *(EG) 1946/2003* hat zum Ziel, „ein gemeinsames Anmelde- und Informationssystem für die grenzüberschreitende Verbringung genetisch veränderter Organismen zu schaffen und eine kohärente Anwendung der Bestimmungen des Protokolls von Cartagena[55] durch die Gemeinschaft sicherzustellen, um somit einen Beitrag zur Sicherstellung eines angemessenen Schutzniveaus bei der sicheren Weitergabe, Handhabung und Verwendung von GVO (…) zu leisten." (EU 2003b, Art. 1). Wesentliches Element ist nach Artikel 4 die Verpflichtung zur Anmeldung der grenzüberschreitenden Verbringung von GVO bei der zuständigen Behörde der Mitgliedsländer. Der betreffende Mitgliedstaat wiederum informiert die Informationsstelle für biologische Sicherheit über alle endgültigen Entscheidungen zu Verwendung einschließlich Inverkehrbringen eines GVO in der Gemeinschaft und über die Verwendung eines GVO in einem Mitgliedstaat, bei dem grenzüberschreitende Verbringungen zur unmittelbaren Verwendung als Lebens- oder Futtermittel oder zur Verarbeitung möglich sind (s. Art. 9). Die Verordnung *(EG) 1830/2003* gibt schließlich einen Rahmen vor, um die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen bestehenden oder solche enthaltenden Produkten, Lebens- und Futtermitteln, die Kennzeichnung, die Überwachung der Auswirkungen sowie die Umsetzung geeigneter Risikomanagementmaßnahmen, einschließlich des Zurückziehens von Produkten, zu erleichtern (EU 2003d).

Der Einsatz gentechnischer Verfahren sowie die Freisetzung und das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen sind in Deutschland bereits seit 1990 im Gentechnikgesetz (GenTG) geregelt, das den Ort für die Umsetzung der zuvor beschriebenen europäischen Bestimmungen in nationales Recht darstellt. Nach dem Gentechnikgesetz müssen Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die gentechnische Anlagen errichten oder betreiben, gentechnische Arbeiten durchführen, gentechnisch veränderte Organismen freisetzen oder Produkte in Verkehr bringen, die gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder aus solchen bestehen, die damit verbundenen Risiken vorher umfassend bewerten und einen Antrag auf Genehmigung beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) stellen (GenTG 2017, § 1, 8). Ein wesentlicher Baustein des Gentechnikgesetzes ist

55 Das Cartagena-Protokoll ist ein internationales Abkommen zur Regelung des grenzüberschreitenden Transports, der Handhabung und des Umgangs mit gentechnisch veränderten Organismen und löste im Jahr 2003 die UN-Konvention über biologische Vielfalt ab.

die Haftungspflicht, die besagt, dass Betreiber für Schäden benachbarter Landwirte haftbar sind, insofern mehr als 0,9% deren Ernte durch Eintrag genveränderten Materials verunreinigt wurde. Im Jahr 2009 hat Deutschland den Anbau der schädlingsresistenten Mais-Sorte MON810, die nach erfolgter EU-Zulassung in den Jahren zuvor auf rund 3.000 Hektar in Deutschland angebaut wurde, verboten (Informationsdienst Gentechnik 2018). Im Rahmen der Übergangsregelung, welche die Opt out-Richtlinie (EU) 2015/412 vorsah, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) am 30. September 2015 Antragsteller für EU-Anbauzulassungen für GVO über die Kommission aufgefordert, Deutschland vom Anbau der betreffenden gentechnisch veränderten Pflanzen auszunehmen (BMEL 2016b). Dies betraf sechs Maislinien mit einer Resistenz gegenüber bestimmten Maisschädlingen (ebd.). Dem Standortregister für Freisetzungen und Anbau von gentechnisch veränderten Organismen des BVL zufolge werden seit 2015 GVO weder angebaut noch freigesetzt (BVL 2018b). Die Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen findet aufgrund des nationalen Anbauverbots ausschließlich zu Forschungszwecken und nur in sehr geringem Umfang statt. Aufgrund der Gentechnik-kritischen Grundhaltung und erschwerter Rahmenbedingungen in Deutschland haben sich Unternehmen wie BASF dazu entschlossen, entsprechende Forschungsabteilungen und Vermarktungsaktivitäten ins Ausland zu verlagern. Derzeit gelten die USA, Brasilien und Argentinien als Vorreiter und Hauptabsatzmärkte für gentechnisch verändertes Saatgut (ISAAA 2016).

Seit Ende 2015 liegt ein Gesetzesentwurf des Bundesrates, seit 2016 ein Entwurf der Bundesregierung zur Änderung des Gentechnikgesetzes vor, um die eröffnete Möglichkeit von Anbaubeschränkungen oder -untersagungen für gentechnisch veränderte Organismen im Wege der freiwilligen Richtlinienumsetzung in Deutschland gesetzlich zu verankern (Bundesrat 2015; Bundesregierung 2016b). Der Entwurf der Bundesregierung sieht vor, dass das BMEL bei einem neuen Antrag auf EU-Anbauzulassung die Bundesländer um begründete Stellungnahmen bittet, ob der Antragsteller aufgefordert werden soll, den Anwendungsbereich der Zulassung geografisch einzuschränken. Stimmt die Mehrheit der Länder für die Aufforderung, wird der Antragsteller im Einvernehmen mit den anderen betroffenen Ressorts der Bundesregierung durch das BMEL angeschrieben. Wird der Aufforderung nicht entsprochen, soll die Bundesregierung den Anbau für ganz Deutschland durch eine Rechtsverordnung beschränken oder verbieten. Zur Begründung dieser Entscheidung sollen die Bundesländer regionalspezifische Verbotsgründe mitteilen. Der Bundesrat muss der Rechtsverordnung zustimmen (BMEL 2016b). Im Rahmen einer Anhörung des Ausschusses für Ernährung und Landwirtschaft wurde der Entwurf Anfang 2017 von Experten kritisch reflektiert (Bundestag 2017). Von Umweltschutz-Seite enthält der Entwurf Hürden für eine Umsetzung des bundesweiten Anbauverbots, das grundsätzlich begrüßt wird. Kritikpunkt ist die Bedingung zur Schaffung von Einvernehmen zwischen den betroffenen sechs Bundesministerien innerhalb von 45 Tagen, was als unrealistisch eingeschätzt wird. Vertreter der Bundesländer-Ebene beschreiben den Entwurf der Bundesregierung als zu kompliziert, da die Abstimmung unter zu vielen Beteiligten stattfinden müsse. Rechtsexperten befürchten bei der Regelung eine „verfassungswidrige Mischverantwortung“ zwischen Bund und Ländern, welche die Rechtssicherheit der getroffenen Beschlüsse infrage stelle. Vertreter der Wissenschaft sehen im Gesetz ein unnötiges Hindernis für bereits zugelassenen GVO-Anbau, begrüßen die erforderliche Einbindung des Bundesforschungsministeriums bei entsprechenden Entscheidungen und betonen die Bedeutung einer wissenschaftlichen Begründung für Anbauverbote (Bundestag 2017).

4.11 Novel Food-Verordnung

Die Verwendung von Mikroalgen zur Substitution tierischen Eiweißes stellt einen Entwicklungspfad des baden-württembergischen Forschungsprogramms Bioökonomie dar. Die Verwendung von Mikroalgen

in der Ernährung ist in Europa neuartig, weswegen dieser Pfad in den Geltungsbereich der „Novel Food-Verordnung“ fällt. Seit 1997 ist das Inverkehrbringen von sog. Novel Food, d.h. Lebensmittel, die vor dem 15. Mai 1997 in der Europäischen Union nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden, in der Verordnung (EU) 2015/2283 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten geregelt (EU 2015d). Ursprünglich wollte man damit das Inverkehrbringen von Lebensmitteln regulieren, die sich von herkömmlichen Nahrungsmitteln aufgrund ihrer Herstellung mittels neuer gentechnisch- oder anderer biotechnologischer Verfahren unterscheiden und für die praktische Verzehrserfahrungen durch den Menschen fehlen. Gentechnisch veränderte Lebensmittel und deren Inverkehrbringen werden zwischenzeitlich mit den Verordnungen (EG) 1829/2003 und (EG) 1946/2003 im Rahmen des Gentechnikrechts separat behandelt (s. zuvor Kap.VII.4.10). Der Regulierungsansatz der Novel Food Verordnung wurde im weiteren Verlauf auch auf natürliche Produkte erweitert wie Pflanzen, Algen, Pilze und Mikroorganismen bzw. aus Tieren isolierte Lebensmittel. Solche Lebensmittel natürlicher Herkunft sind – anders als völlig neue Lebensmittel – durchaus schon vom Menschen verzehrt worden, nicht immer jedoch in der EU (Gerstberger 2017). Unter die Definition können weiterhin Nahrungsergänzungsmittel (z.B. Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelementen, Eiweiße), aber auch funktionelle Lebensmittel, die über ihre Ernährungsfunktion hinaus gesundheitliche Parameter beeinflussen sollen, fallen, wenn die Begriffsbestimmung für neuartige Lebensmittel auf sie zutrifft. Die Verordnung legt fest, dass ein Novel Food gesundheitlich bewertet und zugelassen sein muss, bevor es in den Verkehr gebracht werden darf. Am 31. Dezember 2015 wurde die ursprüngliche Verordnung (EG) Nr. 258/97 durch Inkrafttreten der neuen Verordnung (EU) 2015/2283 abgelöst, die ab dem 1. Januar 2018 verbindlich wird.

Aufgrund der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung seit 1997 und dem Wunsch der Lebensmittelwirtschaft nach kürzeren Verfahrenszeiten, wurden mit der Neuregelung vor allem folgende Punkte behandelt (BMEL 2015b):

> Präzisierung der Begriffsbestimmung von Novel Food und Erweiterung des Anwendungsbereichs der Verordnung,
> zeitliche Straffung des Bewertungs- und Zulassungsverfahrens,
> zentrale Bewertung von Zulassungsanträgen sowie
> vereinfachter Marktzugang für traditionelle Lebensmittel aus Drittländern.

Die Begriffspräzisierung umfasst nun u.a. ganze Insekten und deren Bestandteile, Lebensmittel mit neuer oder gezielt modifizierter Molekularstruktur, Lebensmittel auf Basis technisch hergestellter Nanomaterialen, Lebensmittel, die aus pflanzlichen oder tierischen Zell- oder Gewebekulturen erzeugt werden und Lebensmittel aus Materialien mineralischen Ursprungs. Weiterhin gilt ein Lebensmittel als neuartig, wenn es mit einem vor dem 15. Mai 1997 nicht für die Lebensmittelherstellung in der EU verwendeten Herstellungsverfahren erzeugt wurde, das bedeutende Veränderungen seiner Zusammensetzung oder Struktur bewirkt, die seinen Nährwert, seine Verstoffwechselung oder seinen Gehalt an unerwünschten Stoffen beeinflusst (s. Art. 3). Dazu gehört z.B. die Behandlung mit Hochdruck oder Hochspannungsimpulsen zur Konservierung, neue Arten der Wärmebehandlung, Oberflächensterilisierung durch energiereiche Lichtblitze, neue, durch Enzyme katalysierte Verfahren (s. Meyer 2009). Die mehrfachen Sicherheitsprüfungen, die bisher auf nationaler Ebene durch Erstprüfungsbehörden und auf gemeinschaftlicher Ebene durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) erfolgten, werden nun dezentral durch die EFSA durchgeführt. Des Weiteren sind an Stelle der auf einzelne Antragsteller gerichteten Zulassungen generische Zulassungen zu Gunsten aller Inverkehrbringer möglich. Für traditionelle Lebensmittel aus Drittländern (darunter auch USA und Japan) soll

durch den Nachweis einer 25-jährigen Verwendung als Bestandteil der üblichen Ernährung einer bedeutenden Anzahl von Personen außerhalb der EU ein erleichterter Marktzugang erreicht werden. In diesem Fall muss keine Sicherheitsbewertung, sondern lediglich ein Meldungsverfahren für das Inverkehrbringen eines traditionellen Lebensmittels nach Artikel 14 und 15 der Verordnung durchlaufen werden.

Trotz der Bestrebungen, durch die Novellierung administrative Verbesserungen zu erreichen, schätzen Rechtsexperten die Neuverordnung immer noch als stark verbesserungswürdig und insgesamt innovationshemmend ein. Es wird kritisiert, dass Zulassungsverfahren durch großzügige Fristen und die Möglichkeit der Fristverlängerung immer noch mindestens 21 Monate dauern würden und eine Verfahrensdauer von 36 Monaten als realistisch angesehen werden könne (Meyer 2009; Gerstberger 2017). In Anbetracht einer durchschnittlichen Produktlebensdauer von 10 Jahren sei der Aufwand für ein Zulassungsverfahren für Unternehmen wirtschaftlich unrentabel und stelle eine Vermarktungshürde dar. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen seien dadurch schlechter gestellt (ebd.). Auch die weit zurückliegende Stichtagregelung wird kritisiert, da es für Betroffene häufig schwierig sei, rechtlich relevante Dokumente für Gegebenheiten vor 1997 nachzuweisen (z.B. Geschäftsunterlagen wie Lieferscheine und Rechnungen, deren Aufbewahrungspflichten kürzer sind). Gleiches wird für das Inverkehrbringen von Lebensmitteln aus Drittländern angenommen, für die die nachzuweisende Mindestverzehrdauer mit 25 Jahren noch einmal höher ist (ebd.).

In der Bioökonomie spielen neben Algen auch weitere neuartige Lebensmittel eine Rolle wie Insekten oder künstlich erzeugtes Fleisch, die zur Substitution der konventionellen Tierhaltung einen Beitrag zur einer umweltverträglichen Lebensmittelproduktion und Ernährung leisten sollen. Obwohl Algen und Insekten ein natürlich vorkommendes Lebensmittel darstellen und in einigen Regionen wie Asien fester Bestandteil der Ernährung sind, fallen diese weitgehend unter die europäische Novel Food-Verordnung. Gründe sind die in Europa fehlenden Erfahrungen mit den physiologischen Eigenschaften der Lebensmittel und potentiellen gesundheitlichen Auswirkungen neuartiger Herstellungsverfahren wie die Kultivierung von Algen in Photobioreaktoren oder offenen Ponds. Die erforderliche Zulassung kann aufgrund der hohen Kosten und des Aufwands für die Etablierung von umwelt- und tierverträglicheren Alternativen ein Hemmnis darstellen.

5. Handlungsfelder für das Land Baden-Württemberg

Ein Großteil der gesetzlichen Rahmenbedingungen, die für die Bioökonomie relevant sind, fällt in den Geltungsbereich des europäischen und nationalen Rechts. Dadurch ist der gesetzliche Spielraum der Bundesländer gering. Es existieren jedoch auch auf regionaler Ebene Ansatzpunkte, um den Ausbau der Bioökonomie zu gestalten und in geringerem Umfang auch zu fördern. Dies umfasst folgende Punkte:

> Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)
> Naturschutzrecht
> Forstpolitik
> Bildungspolitik
> F&E-Förderung
> Öffentliche Beschaffung

Während die ersten drei Punkte an den Rahmenbedingungen zur Sicherstellung einer umweltverträglichen Biomasseproduktion ansetzen, stellen die letzten drei Bereiche Ansatzpunkte zur aktiven Förderung des Aufbaus einer bio-basierten Wirtschaft dar.

Über die Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM), Ökolandbau und Tierschutzmaßnahmen als Bestandteile der europäischen Agrarförderung und Nationalen Strategie der Bundesrepublik Deutschland zur Entwicklung ländlicher Räume besteht für die Länder die Möglichkeit, bestimmte Umweltleistungen der Landwirtschaft zu honorieren, die über die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen hinausgehen. Rechtsgrundlage für die Förderung in der Periode 2014 bis 2020 ist die europäische ELER-Verordnung (EU) 1305/2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER), die den inhaltlichen und finanziellen Rahmen für die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik bildet (EU 2013b). Die Verordnung wird über die Programme der Länder für die ländliche Entwicklung (EPLR) und entsprechende Förderrichtlinien umgesetzt. Landwirte sind bei Inanspruchnahme von Fördertatbeständen verpflichtet, die in den Förderrichtlinien der Länder festgelegten Bewirtschaftungs- bzw. Haltungsauflagen einzuhalten. Diese Maßnahmen werden durch eine Kofinanzierung der EU, des Bundes und der Länder umgesetzt. Baden-Württemberg hat für die Förderphase bis zum Jahr 2020 im Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum (MEPL III) 16 Förderprogramme zusammengefasst, die der Förderung des Ländlichen Raums dienen. Dies umfasst neben der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe und Maßnahmen zum Umweltschutz und Kulturlandschaftserhalt auch Ansätze für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung (MLR 2014). Über die Programme für ländliche Entwicklung haben die Bundesländer die Möglichkeit, Anreize für eine umweltverträgliche Biomasseproduktion im Rahmen der Bioökonomie zu setzen, aber auch bestimmte Innovationspfade über Investitionsförderprogramme zu unterstützen. Des Weiteren wird Ländern im Naturschutzrecht die Möglichkeit eingeräumt, zum Schutz der Umwelt Bestimmungen festzulegen, die das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) ergänzen bzw. über diese hinausgehen. Das Gesetz dient dem Ziel, den Schutz von Natur und Landschaft auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen sicherzustellen und setzt Bestimmungen des europäischen Naturschutzprogramms „Natura 2000“ um (BNatSchG 2017, § 1). Das Land Baden-Württemberg verfügt mit seinem Gesetz zum Schutz der Natur und zur Pflege der Landschaft (Naturschutzgesetz) über individuelle Regelungen, die das BNatSchG ergänzen oder auch von diesem abweichen (NatSchG 2017). Die Ausweisung von Naturschutzgebieten und die Sanktionierung von Verstößen gegen das Naturschutzrecht erfolgen auf Länder-Ebene.

Ein weiterer Ansatzpunkt, um den Ausbau der Bioökonomie zu fördern, stellt die Bildungspolitik dar. Dabei ist es sowohl wichtig, die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Bioökonomie zu vermitteln als auch Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung zu fördern. Ein Ansatz ist die Verbraucherbildung und -erziehung in Schulen und Kindertagesstätten, um den Blick für umweltbewusste Konsumentscheidungen zu schärfen, über problematische Folgen gegenwärtiger Konsummuster zu informieren und eine kritische Reflektion anzuregen sowie Alternativen, z.B. aus dem Feld bio-basierter Produkte, zu diskutieren. Es ist denkbar, Themen der Bioökonomie in Lehrpläne zu integrieren. Dies betrifft eher naturwissenschaftliche Fragestellungen z.B. in Bezug auf die Biomasse-basierten Konversionsprozesse, die sich in den Physik- und Chemieunterricht einbauen lassen, aber auch die oben beschriebene Stärkung der Verbrauchersouveränität in den Fächern Sozialkunde und Hauswirtschaftslehre. Das BMEL hat z.B. für Schüler ab der neunten Klasse eine Unterrichtseinheit „Bio-basierte Wirtschaft: neue Pro-

dukte aus Natur gemacht“ konzipiert, die über die Herstellung von Konsumgütern aus nachwachsenden Rohstoffen informiert und Anregungen zur Umsetzung im Alltag gibt (BMEL 2012). Diese steht kostenlos zum Download zur Verfügung. Zum anderen besteht die Möglichkeit, Module in bestehende Berufs- und Hochschulausbildungen sowie in die allgemeine, berufliche und wissenschaftliche Weiterbildung zu integrieren (z.B. in den Bereichen Landwirtschaft, Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Lebenswissenschaften, Umweltwissenschaften, Geistes- und Sozialwissenschaften, Lehramt) oder neue Lehrberufe, Studiengänge und Weiterbildungsangebote zu etablieren. Das Graduiertenprogramm „BBW ForWerts“, das im Rahmen des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg seit 2014 vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert wird, ist ein erster Baustein für interdisziplinären Austausch zur Bioökonomie. Es widmet sich der Ausbildung von Wissenschaftlern sowohl in Biotechnologie als auch in ökonomischen und sozial-ökologischen Aspekten einer bio-basierten Wirtschaft.

Bislang ist offen, ob Baden-Württemberg sich eher zu einem Biomasse-Produktionsstandort oder Technologiestandort für die Bioökonomie entwickeln wird. Während der erstgenannte Pfad durch die Gestaltung umweltpolitischer Rahmenbedingungen geprägt ist, spielt für den letztgenannten Pfad die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten eine wichtige Rolle. Diese wiederum kann eine Ausrichtung der Bioökonomie an regionalen Stärken, naturräumlichen Spezifika und vorhandenen Akteursstrukturen unterstützen. Aktivitäten Baden-Württembergs in diesem Feld umfassen die Forschungsförderung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen des Forschungsprogramms Bioökonomie und die Finanzierung der Landesgeschäftsstelle BioPro Baden-Württemberg, die den Aufbau der Bioökonomie durch Vernetzung verschiedener Akteure (insbesondere von Industrie und Wissenschaft) vorantreibt. Weiterer Ansatzpunkt sind die Forschungs- und Innovationsförderung für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Neugründungen in Form von technologieoffenen Innovationsgutscheinen zur Unterstützung von Entwicklung und Umsetzung neuer Produkte, Produktionsverfahren und Dienstleistungen oder Verbesserung bestehender Aktivitäten. Diese Maßnahme ist beim Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg angesiedelt, welches das Konzept der Innovationsgutscheine 2008 eingeführt hat (Baden-Württemberg 2018b). Darüber hinaus fördert das Wirtschaftsministerium Forschung zu innovativen Technologien, z.B. im Bereich neuer Produktionsverfahren, der Herstellung neuer hochwertiger Produkte oder der Verwendung neuartiger Werkstoffe und finanziert Projekte zum Technologietransfer (Baden-Württemberg 2018a). Da sich Forschung und Innovation im Feld der modernen Bioökonomie noch im Anfangsstadium befinden und der Transfer von Technologien in die Praxis, aber auch gesellschaftliche Verständigung und Transformation langfristige Prozesse darstellen, bedarf dies Förderangeboten, die die bisherigen Initiativen mit einer Langzeitperspektive fortsetzen.

Ein weiterer Faktor, mit dem Länder einen Wandel zur bio-basierten Wirtschaft beeinflussen können, stellt das öffentliche Beschaffungswesen dar. Baden-Württemberg hat sich im Rahmen einer Novellierung der Verwaltungsvorschrift der Landesregierung über die Vergabe öffentlicher Aufträge dazu verpflichtet, Vergaben stärker an sozialen und ökologischen Kriterien auszurichten (Kap. VII.2.6). Wie oben beschrieben, bestehen zur Umsetzung einer nachhaltigen Beschaffung gegenwärtig noch zahlreiche Hürden. Soll dieses Instrument gleichzeitig zur verstärkten Förderung bio-basierter Produkte genutzt werden, ergeben sich weitere Hemmnisse. Dies hängt damit zusammen, dass die Eigenschaft „bio-basiert“ an sich nicht ausreichend ist, um eine Vorzüglichkeit gegenüber konventionellen Produkten zu rechtfertigen. Aufgrund der Flächennutzungs-Problematik und möglicher negativer Umweltwirkungen ist unklar, ob bio-basierte Alternativen ökologisch und sozial vorteilhafter sind als erdölbasierte

Varianten. Ein wichtiger Schritt zur Vermeidung von fehlgeleiten Anreizen stellt die Analyse ökologischer und sozialer Wirkungen und nicht intendierter Folgen der Herstellung bio-basierter Produkte dar (vgl. Kap. VI). Die Entwicklung geeigneter Bewertungsansätze ist eine wichtige Vorbedingung zur Umsetzung nachhaltiger Beschaffung und bedarf gezielter Förderung. Damit einhergeht die Entwicklung entsprechender Zertifizierungssysteme durch Forschung, Hersteller und Zertifizierungs-Stellen sowie die Integration bio-basierter Produkte in bestehende Produktlabel.

Da ein Haupthemmnis für bio-basierte Produkte derzeit noch ihr hoher Preis ist, gehen Experten davon aus, dass es zur Förderung der Marktakzeptanz sinnvoll sein kann, bio-basierte Produkte verstärkt in der Innovations-orientierten Beschaffung zu positionieren und anstatt ökologischer Vorteile verbesserte Produkteigenschaften und neue Funktionalitäten in den Vordergrund zu rücken. Die Stärkung dieses Aspekts in der baden-württembergischen Verwaltungsvorschrift und in der entsprechenden Arbeitshilfe könnte ein Weg sein, um die Förderung bio-basierter Produkte, wo es sinnvoll erscheint, trotz unsicheren Wissens über ökologische und soziale Wirkungen zu ermöglichen.

6. Fazit

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass auf politischer Ebene zahlreiche Rahmenbedingungen existieren, die die Realisierung der bio-basierten Wirtschaft bereits heute stark beeinflussen (s. Tab. VII.2). Unterstützende Rahmenbedingungen für den Aufbau der Bioökonomie umfassen die Förderung von Strom- Wärme- und Kraftstofferzeugung aus Biomasse, den Emissionshandel und das öffentliche Beschaffungswesen. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass die Rolle von Biomasse für die Stromerzeugung über das Erneuerbare-Energien-Gesetz abnehmend ist. Bei der Wärmeerzeugung spielt die Biomassenutzung über das nationale Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz und das baden-württembergische Erneuerbare-Wärme-Gesetz hingegen noch eine größere Rolle. So wurde beispielsweise durch Aufgabe der Solarthermie als Ankertechnologie im Rahmen der Novellierung der baden-württembergischen Bestimmungen die Möglichkeit der Nutzung einer Bandbreite von Wärmeoptionen eröffnet, darunter auch die Verfeuerung fester Biomasse. Die über die Zeit erfolgten Überarbeitungen der Gesetze zeigen, dass Bedenken gegenüber nicht intendierten Umweltfolgen energetischer Nutzungspfade die allmähliche Reduktion des Einsatzes von pflanzlicher Primärbiomasse und die Einführung von Nachhaltigkeitsbestimmungen für den Biomasseeinsatz zur Folge hatten. Diskussionen bestehen z.B. über die Biokraftstoffproduktion auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen, die vermehrt indirekte Landnutzungsänderungen und damit in großem Umfang die Freisetzung von Kohlenstoff bedingt sowie die Nutzung von Bioöl und aufbereitetem Biogas für Wärmezwecke, die im Vergleich zu anderen Alternativen nur geringe Treibhausgaseinsparungen ermöglicht, aber zu Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion führen kann. Daraus leitet sich ein für die Bioökonomie zentraler Zielkonflikt zwischen der Schaffung günstiger Bedingungen für den Biomasseanbau und den Ansprüchen an eine ökologische Ausrichtung der Biomasseproduktion ab, der im Zentrum der Debatte um die zukünftige Gestaltung der europäischen Agrarpolitik steht. Um diesem Dilemma zu entgehen, wird in den entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen vermehrt auf den Einsatz von Abfällen und Reststoffen aus Land- und Forstwirtschaft gesetzt. Jedoch sind die vorhandenen Potenziale dieser Einsatzstoffe begrenzt und deren Nutzung führt zu Interessenskonflikten mit bereits etablierten Verwertungspfaden oder dem Naturschutz (vgl. Kap. IV).

Die stoffliche Nutzung von Biomasse stellt ein Feld mit großem Innovationspotenzial dar, das im Fokus der offiziellen Bioökonomie-Strategien steht. Untersuchungen der ökologischen Wirkungen von bio-basierten Produkten deuten an, dass diese aufgrund der erreichbaren, hohen Ressourceneffizienz Vorteile gegenüber energetischen Verwendungen aufweisen können. Trotzdem spielen stoffliche Biomassepfade in der Praxis eine untergeordnete Rolle. Hauptgrund dafür sind das noch frühe Entwicklungsstadium von Konversionstechnologien und die fehlende Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Syntheserouten. Die Analyse hat gezeigt, dass vorhandene Marktanreizprogramme zur Förderung bio-basierter Schmier- und Dämmstoffe zwischenzeitlich ausgelaufen sind, weil sie nicht zur gewünschten Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und Etablierung am Markt geführt haben. Ursachen hierfür sind die hoch komplexen Wertschöpfungsketten und die Vielzahl möglicher Endprodukte (vgl. Kap. V), die aufgrund ihrer Heterogenität deutlicher schwieriger am Markt zu etablieren sind als Wärme oder Strom. Mit dem öffentlichen Beschaffungswesen besteht ein Förderinstrument für bio-basierte Produkte, das zurzeit jedoch auch nur sehr begrenzt zu einer verstärkten Nachfrage führt. Dies liegt zum einen an administrativen Hürden, die eine Ausrichtung des derzeitigen Beschaffungssystems an ökologischen und sozialen Kriterien erschweren. Zum anderen ist die Eigenschaft „bio-basiert“ in vielen Fällen nicht ausreichend, um eine Vorzüglichkeit solcher Produkte zu begründen. Bisher steht der Nachweis von ökologischen und sozialen Wirkungen für die Vielzahl bio-basierter Produkte und die Integration in die Systematik vorhandener Produktlabel noch aus.

Die fehlende Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossiler Güter stellt das Haupthemmnis für den Aufbau der Bioökonomie dar. Diese Konkurrenzsituation wird durch Subventionen fossiler Rohstoffnutzung weiter verstärkt. Unter dem Stoffwort „umweltschädliche Subventionen“ wird insbesondere die Förderung fossiler Energieträger kritisch diskutiert. Erste Maßnahmen, Subventionen in diesem Bereich abzubauen, wurden in Folge der G20-Verpflichtung von Pittsburgh aus dem Jahr 2009 ergriffen. Die bisherige Umsetzung wird jedoch als schleppend erachtet. Aufgrund der großen Eingriffstiefe in bereits etablierte Systeme und der Notwendigkeit zur Berücksichtigung nicht intendierter Folgen, handelt es sich beim Abbau von Subventionen um sehr langfristige Prozesse. Es ist davon auszugehen, dass Subventionen, die auf die Realisierung der Bioökonomie hemmend wirken, nicht zügig abgeschafft werden können.

Zahlreiche gesetzliche Regelungen wirken gestaltend auf die Bioökonomie. Dazu zählen die Bestimmungen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP), Cross-Compliance-Verpflichtungen und das allgemeine Umweltrecht, das Waldrecht und seine Umsetzung auf Länderebene, das Gentechnikrecht sowie die Novel-Food-Verordnung zur Kontrolle des Inverkehrbringens neuartiger Lebensmittel. Für die Nutzung landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich erzeugter Biomasse im Rahmen der Bioökonomie bestehen damit zahlreiche Ansatzpunkte, um sicherzustellen, dass die Rohstoffproduktion im Einklang mit Mensch und Umwelt stattfindet. Jedoch existieren erhebliche Zweifel an der Tragweite und praktischen Umsetzung der gesetzlichen Bestimmungen. So wird kontrovers diskutiert, inwiefern die derzeitige Ausrichtung der Agrarförderung an Umwelt- und Gemeinwohlleistungen und Grundsätze der Bewirtschaftung von Wäldern ausreichend sind, um eine umweltverträgliche Produktion zu gewährleisten. Die Biokraftstoff- bzw. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnungen stellen erste Schritte zur Sicherstellung einer nachhaltigen Biomasseproduktion für energetische Pfade dar. Moniert wird, dass die Bestimmungen keine sozialen Kriterien berücksichtigen und nur für energetische Verwendungen, nicht aber für alle Nutzungspfade der Bioökonomie (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung) gelten.

Über das europäische Gentechnikrecht und die Novel-Food-Verordnung bestehen Regelungen zum Umgang mit neuartigen Herstellungsprozessen und Produkten. Aufgrund der natürlichen Grenzen der Biomasseproduktion sehen Befürworter in gentechnischen Ansätzen das Potenzial für umweltverträgliche Produktivitätssteigerungen. Europa und Deutschland nehmen in Anlehnung an das Vorsorgeprinzip im globalen Vergleich eine strenge Position gegenüber Gentechnik ein, aufgrund nicht abschließend geklärter Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt sowie fehlender Akzeptanz in der Gesellschaft. Dies wird als Wettbewerbsnachteil bei der Realisierung von Innovationen im Feld der Bioökonomie diskutiert. Ebenso die Bestimmungen der Novel Food-Verordnung, welche für die Verwendung von Algen in Nahrungsmitteln als einem der drei Pfade der baden-württembergischen Bioökonomie-Strategie gelten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Rahmenbedingungen zum Ausbau einer bio-basierten Wirtschaft nur bedingt förderlich sind. Während für energetische Verwendungsoptionen Fördertatbestände existieren, die jedoch rückläufig sind, fehlen diese für stoffliche Verwendungen aufgrund verschiedener Hürden weitgehend. Über die Förderung fossiler Energieträger bestehen zusätzliche Wettbewerbsnachteile. Umweltschutzbestimmungen und Nachhaltigkeitsstandards geben den Rahmen für die Biomasseprodukten vor. Die Förderung der Bioökonomie steht aufgrund potentieller, negativer Auswirkungen eines zunehmenden Biomasseanbaus im Konflikt mit dem Naturschutz. Der Großteil der gesetzlichen Rahmenbedingungen fällt in den Geltungsbereich des europäischen und nationalen Rechts. Demnach sind die Möglichkeiten zur aktiven Förderung einer bio-basierten Wirtschaft in Baden-Württemberg begrenzt. Über Maßnahmen im Bereich der Umweltbestimmungen wie die Ausweisung von Naturschutzgebieten und Programme zur Förderung des ländlichen Raums kann vor allem auf die regionale Ausgestaltung der Bioökonomie Einfluss genommen werden. Die aktive Förderung beschränkt sich eher auf Nischen wie Wissenschaftsförderung, Bildungsinitiativen und öffentliche Beschaffung.

Literatur Kapitel VII

AAE (2016): Die Bioenergie in der Bioökonomie. Grünes Wachstum mit Energiepflanzen und Co. für das Ende der fossilen Ära? Renews Kompakt, Ausgabe 30. 22.06.2016. Agentur für Erneuerbare Energien (AAE)

agrarheute (2016): GAP 2020: So könnte die Zukunft der EU-Agrarpolitik aussehen. Pressemeldung vom 01.06.2016. https://www.agrarheute.com/news/gap-2020-so-koennte-zukunft-eu-agrar-politik-aussehen (02.02.2018)

AgrarZahlVerpflG (2014): Gesetz zur Regelung der Einhaltung von Anforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahlungen (Agrarzahlungen-Verpflichtungengesetz - AgrarZahlVerpflG) vom 2. Dezember 2014 (BGBl. I S. 1928)

Änderung KrWG und Elektro G (2017): Gesetz zur Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes vom 27. März 2017. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 15, ausgegeben zu Bonn am 30. März 2017

Baden-Württemberg (2018a): Große Palette der Forschungsförderung. https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/projektfoerderung/ (02.02.2018)

Baden-Württemberg (2018b): Mit Innovationen neue Märkte erschließen. https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/innovationsgutscheine/ (02.02.2018)

BArtSchV (2013): Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung − BArtSchV) vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95) geändert worden ist

BEE (2016): Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) BT-Drs. 18/6885 der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen sowie zur Unterrichtung durch die Budnesregierung: Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht) BT-Drs. 17/11957 und Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (2. EEWärmeG-Erfahrungsbericht) BT-Drs. 18/6783. Stand 12. Februar 2016

BBE et al. (2016a): Bioenergiebranche fordert Korrekturen an EEG-Novelle. Gemeinsame Pressemeldung von Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE), Deutscher Bauernverband e.V. (DBV), Fachverband Biogas e.V. (FvB) und Fachverband Holzenergie (FvH) vom 11. Juli 2016. https://www.bioenergie.de/presse/strom/bioenergiebranche-fordert-korrekturen-eeg-novelle (02.02.2018)

BBE et al. (2016b): Verbesserungen im EEG für Anlagenbetreiber erreicht. Gemeinsame Pressemitteilung von Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE), Deutscher Bauernverband e.V. (DBV), Fachverband Biogas e.V. (FvB) und Fachverband Holzenergie (FVH) vom 16. Dezember 2016. https://www.bioenergie.de/presse/strom/verbesserungen-im-eeg-fur-anlagenbetreiber-erreicht (02.02.2018)

BBodSchG (2017): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz − BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das durch Artikel 14 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist

Berendt, S. (2017): Feedstock Change in der Chemieindustrie. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. adelphi, Borderstep, ITZ, Berlin

BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2018): Auswirkungen von Glyphosat auf die Biodiversität. Positionspapier des Bundesamt für Naturschutz (BfN). Bonn

BImSchG (2017): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz − BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830) zuletzt geändert durch Gesetz vom 29.05.2017 (BGBl. I S. 1298) m.W.v. 02.06.2017

Biokraft-NachV (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung − Biokraft-NachV) vom 30. September 2009 (BGBl. I S. 3182), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 4. April 2016 (BGBl. I S. 590) geändert worden ist

BioKraftQuG (2006): Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften (Biokraftstoffquotengesetz – BioKraftQuG) vom 18. Dezember 2006

BioSt-NachV (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung - BioSt-NachV) vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174), die zuletzt durch Artikel 125 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2012): Bioökonomie als Teil des Stundenplans. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Nachwachsende-Rohstoffe-Stoffliche-Nutzung/_texte/bbw-lehrmaterial.html;jsessionid=1888A5C0AFECA5D0F72CEF0CD5DDAF58.1_cid367 (02.02.2018)

BMEL (2015a): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2015. Bonn: BMEL

BMEL (2015b): Vorschriften für das Inverkehrbringen von neuartigen Lebensmitteln. Dossier vom 20.07.2015. https://www.bmel.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/SpezielleLebensmittelUndZusaetze/NovelFood/_Texte/DossierNovelFood.html?docId=379514 (02.02.2018)

BMEL (2016a): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 2. korrigierte Auflage. Berlin: BMEL

BMEL (2016b): GVO-Anbauverbot. Fragen & Antworten. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Gentechnik/_Texte/NatRegelungAnbauverbote.html;jsessionid=786CE726236170DABC1DF8FDE88120EB.2_cid367#doc5232776bodyText2 (02.02.2018).

BMEL (2017a): Grundzüge der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und ihrer Umsetzung in Deutschland. BMEL: Bonn. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-Nationale-Umsetzung.html (02.02.2018)

BMEL (2017b): Holzmarktbericht 2016. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2016. Berlin: BMEL

BMEL (2017c): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Stand Juni 2017. Bonn: BMEL

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009): Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. BMELV: Berlin

BMELV (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. Berlin: BMELV

BMF (Bundesministerium der Finanzen) (2017): 26. Subventionsbericht. Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2015 bis 2018. Berlin: BMF

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Berlin: BMU

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2016): Vereinbarung zur Verringerung des Verbrauchs von Kunststofftragetaschen. Berlin: BMUB und der Handelsverband Deutschland (HDE)

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2015): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 11. März 2015. Nichtamtliche Lesefassung. Berlin: BMWi

BMWi (2016a): EEG-Novelle 2017 - Kernpunkte des Bundestagsbeschlusses vom 8.7.2016. Berlin: BMWi

BMWi (2016b): Vergaben werden digital - größte Reform des Vergaberechts tritt in Kraft. Pressemitteilung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) vom 18.04.2016. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2016/20160418-vergaben-werden-digital-groesste-reform-des-vergaberechts.html (02.02.2018)

BNatSchG (2017): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. September 2017 (BGBl. I S. 3434) geändert worden ist

BÖR (Forschungs- und Technologierat Bioökonomie) (2012): Nachhaltige Nutzung von Bioenergie. Empfehlungen des BioÖkonomieRats. Berlin: BÖR

Bräuniger, M.; Schröer, S.; Schulze, S. (2009): Biokraftstoffe: Ziele, Chancen und Risiken. HWWI Policy Paper, No. 1−11

Bündnis 90/Die Grünen (2011): Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse. Fraktionsbeschluss vom 20. September 2011

Bundesrat (2015): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gentechnikgesetzes. Gesetzentwurf des Bundesrates, Drucksache 18/6664 vom 11.11.2015

Bundesregierung (2010a): Gemeinsamer Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten vom 22. Dezember 2010.

Bundesregierung (2010b): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

Bundesregierung (2016a): Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Friedrich Ostendorff, Dr. Julia Verlinden, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen „Bioenergie im Erneuerbare-Energien-Gesetz“. Drucksache 18/9203 vom 18.07.2016.

Bundesregierung (2016b): Entwurf eines Vierten Gesetzes zur Änderung des Gentechnikgesetzes. Gesetzentwurf der Bundesregierung, Drucksache 18/10459 vom 28.11.2016

Bundestag (2009): Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen vom 15. Juli 2009. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 41, ausgegeben zu Bonn am 20. Juli 2009. 1804−1808

Bundestag (2015): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG). Drucksache 18/6885 vom 02.12.2015

Bundestag (2017): Experten kritisieren Gentechnikgesetz der Bundesregierung. https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw03-pa-landwirtschaft-gentechnik/485782 (02.02.2018)

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit)(2017): Jahresbericht Pflanzenschutz-Kontrollprogramm 2016. BVL-Report 12.1. Berichte zu Pflanzenschutzmitteln. Berlin: BVL

BVL (2018a): Nationale Berichterstattung „Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln“. Zusammenfassung der Ergebnisse des Jahres 2016 aus der Bundesrepublik Deutschland. Berlin: BVL

BVL (2018b): Standortregister. http://apps2.bvl.bund.de/stareg_web/showflaechen.do (02.02.2018)

BWaldG (2017): Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Januar 2017 (BGBl. I S. 75) geändert worden ist

Carus, M.; Raschka, A.; Fehrenbach, H. et al. (2014): Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse. Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA), Dessau-Roßlau

ChemG (2017): Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG) vom 16.09.1980, in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3498, 3991), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2774) geändert worden ist

consilium (2017): Rat und Parlament erzielen vorläufige Einigung über neue EU Abfallregeln. Pressemitteilung 816/17 vom 18.12.2017. http://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2017/12/18/council-and-parliament-reach-provisional-agreement-on-new-eu-waste-rules/ (02.02.2018)

DEHSt (Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt) (2008): Clean Development Mechanism (CDM) – Wirksamer Internationaler Klimaschutz oder globale Mogelpackung? Berlin: DEHSt

Detzel, A.; Kauertz, B.; Derreza-Greeven (2012): Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. Studie des ifeu-Instituts Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA), Dessau-Roßlau

DIB (2016): Biotech-Industrie fordert Folgenabschätzung für neues Gentechnikrecht. Pressemitteilung vom 15. Dezember 2016. Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie (DIB). https://www.vci.de/dib/presse-und-infos/pressemeldungen/dib-biotech-industrie-fordert-folgenabschaetzung-geplante-aenderung-gentechnikgesetz.jsp (02.02.2018)

Diekmann, J. (2012): EU-Emissionshandel: Anpassungsbedarf des Caps als Reaktion auf externe Schocks und unerwartete Entwicklungen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

DirektZahlDurchfG (2016): Gesetz zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsgesetz - DirektZahlDurchfG) vom 9. Juli 2014 (BGBl. I S. 897), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2370) geändert worden ist.

DNR (Deutscher Naturschutzring) (2017): Ratsposition zu EU-Energiepolitik enttäuschend. Pressemeldung vom 19.12.2017. https://www.dnr.de/index.php?id=11998 (02.02.2018)

DüngG (2017): Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1068) geändert worden ist

DüMV (2017): Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung -DüMV) vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)

DüV (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)

EEB/BirdLife (European Environmental Bureau, BirdLife Europa) (2016): Uncap the truth – Spotlight on EU farm policy. Brussels: EEB, BirdLife Europe

EC (European Commission) (2006): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament vom 15. Juni 2006 über einen EU-Forstaktionsplan, KOM(2006) 302. Brüssel: EC

EC (2007): The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets. AGRI G-2/WM D (2007), 30. April 2007. Brussels: EC

EC (2013a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine neue EU-Forststrategie: für Wälder und den forstbasierten Sektor. COM(2013) 659 final. Brüssel, den 20.9.2013

EC (2013b): Overview of CAP Reform 2014-2020. Agricultural Policy Perspectives Brief. N°5* / December 2013. Brussels: EC

EC (2015): Delegierte Verordnung (EU) 2015/2170 der Kommission vom 24. November 2015 zur Änderung der Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Schwellenwerte für Auftragsvergabeverfahren. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 307/5 vom 25.11.2015

EC (2016a): Paket zur Kreislaufwirtschaft. Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates mit Vorschriften für die Bereitstellung von Düngeprodukten mit CE-Kennzeichnung auf dem Markt und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1069/2009 und (EG) Nr. 1107/2009. Brüssel, den 17.3.2016. COM (2016) 157 final, 2016/0084 (COD)

EC (2016b): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). COM(2016)767 final from 30.11.2016. Brussels: EC

EC (2017a): Carbon leakage. Klimapolitik. https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_de (02.02.18)

EC (2017b): Modernising and simplifying the CAP. Summary of the results of the public consultation. Brussels: EC – DG AGRI

EC (2017c): The Future of Food and Farming. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2017) 713. Brussels, 29.11.2017

EEG (2017): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das durch Artikel 24 Absatz 29 des Gesetzes vom 23. Juni 2017 (BGBl. I S. 1693) geändert worden ist

EEWärmeG (2015): Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist

EU (1991): Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 375 vom 31.12.1991

EU (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. ABl. L 206 vom 22.7.1992, S. 7

EU (1996): Richtlinie 96/22/EG des Rates vom 29. April 1996 über das Verbot der Verwendung bestimmter Stoffe mit hormonaler bzw. thyreostatischer Wirkung und von β-Agonisten in der tierischen Erzeugung und zur Aufhebung der Richtlinien 81/602/EWG, 88/146/EWG und 88/299/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 125/3 vom 23.5.1996

EU (1998): Richtlinie 98/58/EG des Rates vom 20. Juli 1998 über den Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 221/23 vom 08.08.1998

EU (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 327 vom 22.12.2000

EU (2001a): Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 106/1 vom 17.4.2001

EU (2001b): Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 309/22 vom 27.11.2001

EU (2002): Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 031 vom 01.02.2002

EU (2003a): Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 275/32 vom 25.10.2003

EU (2003b): Verordnung (EG) Nr. 1946/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Juli 2003 über grenzüberschreitende Verbringungen genetisch veränderter Organismen. Amtsblatt Nr. L 287 vom 05/11/2003 S. 0001 – 0010

EU (2003c): Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über genetisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 268/1 vom 18.10.2003

EU (2003d): Verordnung (EG) Nr. 1830/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 268/24 vom 18.10.2003

EU (2003e): Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 304 vom 21.11.2003

EU (2004a): Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG. ABl. L 158 vom 30.4.2004, S. 7

EU (2004b): Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L167/1 vom 26.2.2012

EU (2006): Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. ABl. L 396, 30.12.2006

EU (2008a): Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union L 312/3 vom 22.11.2008

EU (2008b): Richtlinie 2008/119/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Kälbern. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 10/7 vom 15.01.2009

EU (2008c): Richtlinie 2008/120/EG des Rates vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 47/5 vom 18.2.2009

EU (2009a): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 140/16 vom 5.6.2009

EU (2009b): Richtlinie 2009/29/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 140/63 vom 05.06.2009

EU (2009c): Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 140/88 vom 5.6.2009

EU (2009d): Richtlinie 2009/41/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Mai 2009 über die Anwendung genetisch veränderter Mikroorganismen in geschlossenen Systemen (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 125/75 vom 21.5.2009

EU (2009e): Richtlinie 2009/127/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Änderung der Richtlinie 2006/42/EG betreffend Maschinen zur Ausbringung von Pestiziden. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 310/29 vom 25.11.2009

EU (2009f): Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 309/71 vom 24.11.2009

EU (2009g): Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 20/7 vom 26.01.2010

EU (2009h): Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1290/2005, (EG) Nr. 247/2006, (EG) Nr. 378/2007 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L30/16 vom 31.01.2009

EU (2009i): Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 309/1 vom 24.11.2009

EU (2009j): Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über Statistiken zu Pestiziden. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 324/1 vom 10.12.2009

EU (2010a): Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 334/17 vom 17.12.2010

EU (2010b): Verordnung (EU) Nr. 995/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Verpflichtungen von Marktteilnehmern, die Holz und Holzerzeugnisse in Verkehr bringen. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 295/23 vom 12.11.2010

EC (2012): New Commission proposal to minimise the climate impacts of biofuel production. Press release of the European Commission, 17. October 2012, Brussels. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1112_en.htm (02.02.2018)

EU (2013a): Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel. Amtsblatt Nr. L 304 vom 21/11/2003 S. 0001 – 0194

EU (2013b): Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 347/487 vom 20.12.2013

EU (2013c): Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 352/78, (EG) Nr. 165/94, (EG) Nr. 2799/98, (EG) Nr. 814/2000, (EG) Nr. 1290/2005 und (EG) Nr. 485/2008 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 347/549 vom 20.12.2013

EU (2013d): Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit Vorschriften über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 637/2008 des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 347/608 vom 20.12.2013

EU (2014a): Richtlinie 2014/23/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die Konzessionsvergabe. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 94/1 vom 28.03.2014

EU (2014b): Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 94/65 vom 28.03.2014

EU (2014c): Richtlinie 2014/25/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die Vergabe von Aufträgen durch Auftraggeber im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung sowie der Postdienste und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/17/EG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 94/243 vom 28.03.2014

EU (2015a): Directive (EU) 2015/720 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 amending Directive 94/62/EC as regards reducing the consumption of lightweight plastic carrier bags. Official Journal of the European Union L 115/11 vom 6.5.2015

EU (2015b): Richtlinie (EU) 2015/412 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2015 zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG zu der den Mitgliedstaaten eingeräumten Möglichkeit, den Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in ihrem Hoheitsgebiet zu beschränken oder zu untersagen. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 68/1 vom 13.03.2015

EU (2015c): Richtlinie (EU) 2015/1513 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselkraftstoffen und zur Änderung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 239/1 vom 15.9.2015

EU (2015d): Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2015 über neuartige Lebensmittel, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 1852/2001 der Kommission. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 327/1 vom 11.12.2015

EU (2017a): Circular economy package. Four legislative proposals on waste. Briefing. EU Legislation in Progress. February 2017

EU (2017b): Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 vom 16. Dezember 2008 (ABl. L 353, S. 1), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Mai 2017 (ABl. L 116, S. 1)

European Bioeconomy Stakeholders Manifesto (2016): Building blocks. Elaborated by stakeholders at the 4th Bioeconomy Stakeholder Conference in Utrecht 12-13 April 2016

EUWID (2017): EU-Parlament nimmt Bericht über CE-Düngemittel an. Pressemeldung vom 27.10.2017. Online unter: https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/eu-parlament-nimmt-bericht-ueber-ce-duengemittel-an.html (29.01.2018)

EWärmeG (2015): Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz − EWärmeG) vom 17. März 2015

Fachverband Biogas (2016): Branchenzahlen 2015 und Prognose der Branchenentwicklung 2016. Stand Juli 2016

Feindt, P.H.; Purnhagen, K.; Heißenhuber, A.; Krämer, C.; Pahl-Wostl, C.; van Bers, C. et al. (2017): Ein zukunftsfähiger Gesellschaftsvertrag mit der Landwirtschaft: Plädoyer für eine neue Agrarpolitik. Politikpapier im Rahmen des Projekts „ZA-NEXUS“ im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz (BfN) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2016): Nachwachsende Rohstoffe im nachhaltigen Einkauf. Infoblatt. Ausgabe 03/2016. Gülzow: FNR

FNR (2017): Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe. Graphik. Gülzow: FNR

ForstBW (Landesbetrieb ForstBW) (2010): Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg. Stuttgart: ForstBW

ForstSchAusglG (2015): Gesetz zum Ausgleich von Auswirkungen besonderer Schadensereignisse in der Forstwirtschaft (Forstschäden-Ausgleichsgesetz) vom 26. August 1985 (BGBl. I S. 1756), das zuletzt durch Artikel 412 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

FoVG (2015): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 414 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

GenTG (2017): Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz - GenTG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2066), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2421) geändert worden ist (BGBl. I S. 1666).

Gerstberger, I. (2017): „Eine vertane Chance" – Interview mit Dr. Ina Gerstberger zur revidierten EU-Novel Food Verordnung 2015/2283. EUROFORUM. http://www.euroforum.de/nem/nem/eine-vertanene-chance-interview-mit-dr-ina-gerstberger-zur-revidierten-eu-novel-food-verordnung-20152283/ (02.02.2018)

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) (2011): Nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Nutzung – Auswirkungen für Entwicklungs- und Schwellenländer. Am Beispiel von Palmkernöl, Kokosöl, Rizinusöl, Naturkautschuk und Jute. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), Bonn

VerpackG (2017): Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz – VerpackG). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 45, ausgegeben zu Bonn am 12. Juli 2017

GWB (2017): Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1750, 3245), das zuletzt durch Artikel 10 Absatz 9 des Gesetzes vom 30. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3618) geändert worden ist

G7 (2016): G7 Ise-Shima Leaders' Declaration. G7 Ise-Shima Summit, 26-27 May 2016

G20 (2009): Leader's Statement. The Pittsburgh Summit September 24-25 2009

Habeck, R.; Häusling, M. (2015): Fundamente statt Säulen. Ressourcenschonend, tiergerecht und sozial nachhaltig! Plädoyer für eine Neuordnung der europäischen Agrarpolitik. Positionspapier

Haus & Grund (2016): Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) BT-Drs. 18/6885 der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen sowie zur Unterrichtung durch die Bundesregierung: Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht) BT-Drs. 17/11957 und Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (2. EEWärmeG-Erfahrungsbericht) BT-Drs. 18/6783. Stand 11. Februar 2016

Heinrich-Böll-Stiftung (2016): Subventionierung und Finanzierung fossiler Brennstoffe. G20 Die Themen #8. Berlin

Hiebel, M.; Maga, D.; Kabasci, S.; Lieske, A.; Jesse, K.; Westphalen, C. et al. (2017): PLA-Abfälle im Abfallstrom. Ergebnispapier eines Verbundprojektes im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) e. V., Gülzow

HolzSiG (2015): Gesetz gegen den Handel mit illegal eingeschlagenem Holz (Holzhandels-Sicherungs-Gesetz − HolzSiG) vom 11. Juli 2011 (BGBl. I S. 1345), das zuletzt durch Artikel 415 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

IEA (International Energy Agency) (2016): Fact Sheet: World Energy Outlook 2016. Paris: IEA

IEA (2017): Fossil Fuel Subsidy Database. Paris: IEA. https://www.iea.org/statistics/resources/energysubsidies/ (02.02.2018)

IEA; OECD; World Bank (2010): The scope of fossil-fuel subsidies in 2009 and a roadmap for phasing-out fossil-fuel subsidies. An IEA, OECD and World Bank Joint Report. Prepared for the G-20 Summit, Seoul 11-12 November 2010

Informationsdienst Gentechnik (2018): Dossier MON810-Mais. http://kgt.zs-intern.de/bibliothek/zulassungen/dossier-mon-810-mais (02.02.2018)

ISAAA (The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) (2016): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief No. 52. Ithaca, NY: ISAAA

Köck, W.; Gawel, E. (2014): Kurzanalyse zur REACH-Verordnung im Rahmen des Spitzenclusters Bioeocnomy. Halle

Köder, L.; Burger, A. (2016): Umweltschädliche Subventionen. Aktualisierte Ausgabe 2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

KrWG (2017): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch den Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BMBI. I S. 2808) geändert worden ist.

Landesregierung BW (2013): Eckpunkte für eine Novellierung des EWärmeG nach Kabinettsbeschluss vom 11. Juni 2013. Staatsministerium Baden-Württemberg, Pressestelle der Landesregierung

Leinen, Jo. (2017): Das Energiepaket der EU-Kommission: Fortschritt oder Rückschlag für Erneuerbare Energien? Solarzeitalter 1/2017, 4–8

Lewandowski, I. (2015): Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. Glob. Food Secur., 6, 34–42

LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2016): Biogashandbuch Bayern – Materialienband. Kapitel 2 „Genehmigungsverfahren“. (LfU). Augsburg: LfU. https://www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/index.htm (02.02.2018)

Loibl, H. (2004): Genehmigungen und Genehmigungsprobleme bei Biogasanlagen. Rechtsanwalt und Fachanwalt für Verwaltungsrecht, Regensburg

Lünenbürger, B. (2013): Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

LWaldG (2015): Waldgesetz für Baden-Württemberg (Landeswaldgesetz − LWaldG) in der Fassung vom 31. August 1995, mehrfach geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 23. Juni 2015 (GBl. S. 585, 613)

Matthews, A. (2016): The Future of Direct Payments. Research for AGRI Committee – CAP Reform Post-2020 – Challenges in Agriculture. DG International Policies, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies. Strasbourg: European Parliament

Meyer, A. H. (2009): Novel Food – Die Riskantheit des Risikos. Zum Vorschlag der Europäischen Kommission zur Änderung der Novel Food-Verordnung. Ernährungs Umschau 3/09, 168-171

Meyer, R.; Priefer, C. (2015): Energiepflanzenanbau und Flächenkonkurrenz: Indizien und Unsicherheiten. GAIA 24(2), 108−118

MFW (Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg) (2016): Verwaltungsvorschrift der Landesregierung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VwV Beschaffung). Stuttgart: MFW

MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg) (2014): MEPL III – Förderprogramme für Ländlichen Raum, Landschaft und Landwirtschaft. Maßnahmen. Und Entwicklungsplan Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014−2020 (MEPL III). Stuttgart: MLR

Möckel, S. (2015): Agrarumweltrecht heute und morgen. Zeitschrift für Umweltrecht, 3/2015, 131-139

Möckel, S.; Köck, W.; Rutz, C.; Schramek, J. (2014): Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft. Texte 42/2014. Studie im Auftrag des Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

MOG (2017): Gesetz zur Durchführung der gemeinsamen Marktorganisationen und der Direktzahlungen (Marktorganisationsgesetz - MOG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. November 2017 (BGBl. I S. 3746), das durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. November 2017 (BGBl. I S. 3824) geändert worden ist

NABU (Naturschutzbund Deutschland e.V.) (2010): Agrarmilliarden und ihre Zukunft. Berlin: NABU

NABU (2016): NABU-Stellungnahme zum EEG-Referentenentwurf. Referenten-Entwurf Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom BMWi (IIIB2) vom 14. April 2016. Berlin: NABU

NatSchG (2017): Gesetz des Landes Baden-Württemberg zum Schutz der Natur und zur Pflege der Landschaft (Naturschutzgesetz - NatSchG) vom 23. Juni 2015 (GBl. 2015, 585), das zuletzt durch Art. 1 des Gesetzes vom 21.11.2017 (GBl. S. 597, ber. S. 643, ber. 2018, S. 4) geändert worden ist

Nitsch, H.; Osterburg, B. (2007): Umsetzung von Cross Compliance in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten: Bericht im Auftrag des BMELV, Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie, No. 04/2007. Braunschweig: Bundesanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Oehlmann, C. (2017): Vom Abfall als Problem zum Abfall als Ressource. Das europäische Abfallrecht als Baustein einer europäischen Kreislaufwirtschaft. Schriftenreihe des Zentrums für europäische Rechtspolitik der Universität Bremen (ZERP), Band 75. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft

Oppermann, P.; Fried, A.; Lepp, N.; Lepp, T.; Lakner, S. (2016): Fit, fair und nachhaltig. Vorschläge für eine neue EU-Agrarpolitik. Eine Studie im Auftrag des NABU-Bundesverbands erstellt durch das Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB) in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro für Naturschutz und Agrarökonomie, Göttingen

Orlowski, M.; Gründinger, W. (2011): Der Streit um heiße Luft. Der Einfluss von Interessengruppen auf den EU-Emissionshandel und seine Umsetzung in Deutschland und dem Vereinigten Königreich. Schwerpunkt: Institutionen und Umwelt in Deutschland. dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management, Heft 1/2011, 125−148

Pe'er, G.; Dicks, L.V.; Visconti, P.; Arlettaz, R.; Báldi, A.; Benton, T. G. et al. (2014): EU agricultural reform fails on biodiversity. Science, Vol 344, issue 6188: 1090-1092

Peuckert, J.; Quitzow, R. (2016): Acceptance of bio-based products in the business-to-business market and public procurement: Expert survey results. Biofuel, Bioprod, Bioref. 11: 92−109

PflSchG (2016): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz − PflSchG) vom 6. Februar 2012 (BGBl. I S. 148, 1281), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 84 des Gesetzes vom 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666) geändert worden ist

PflSchGeräteV (2013): Verordnung über die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten (Pflanzenschutz-Geräteverordnung) vom 27. Juni 2013 (BGBl. I S. 1953, 1962)

PflSchMV (2013): Verordnung über Zulassungs- und Genehmigungsverfahren für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutzmittelverordnung − PflSchMV) vom 15. Januar 2013 (BGBl. I S. 74)

Portz, N. (2016): Das neue Vergaberecht 2016: Darstellung und Bewertung aus kommunaler Sicht. Berlin: Deutscher Städte- und Gemeindebund

RNE (Rat für Nachhaltige Entwicklung) (2017): Agrarpolitik der Europäischen Union. Stellungnahme zur gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) vom 1. Dezember 2017. Berlin: RNE

Selbmann, K.; Pforte, L. (2016): Evaluation of Ecological Criteria of Biofuel Certification in Germany. Sustainability 2016, 8(9), 936

SOLARIFY (2017): EU-Ministerrat beschließt Energiepositionen. Pressemeldung vom 19.12.2017. https://www.solarify.eu/2017/12/19/321-eu-ministerrat-beschliesst-richtlinie-erneuerbare-energien/ (02.02.2018)

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin: SRU

SRU (2012): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin: SRU

Stachow, U.; Werner, A.; Rehbinder, E.; Schäfer, A.; Couwenberg, J.; Wichtmann, W. (2011): Möglichkeiten und zukünftige Erfordernisse einer Einbeziehung von Landnutzung in den Emissionshandel unter Berücksichtigung der Beziehung zur Biodiversität. BfN-Skripten 291. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN)

StoffBilV (2017): Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung – StoffBilV) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942)

TEHG (2017): Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz − TEHG) vom 21. Juli 2011 (BGBl. I S. 1475), das zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2017 (BGBl. I S. 2354) geändert worden ist

Thrän, D.; Edel, M.; Pfeifer, J.; Ponitka, J.; Rode, M.; Knispel, S. (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung von Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. DBFZ-Report 4. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ)

topagrar (2017b): Hendricks und Schmidt wetteifern um die Agrarpolitik. Pressemeldung vom 17.01.2017. https://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Hendricks-und-Schmidt-wetteifern-um-die-Agrarpolitik-7012793.html (02.02.2018)

UFOP, VBE, OVID (2016): Politikinformation Biokraftstoffe. Aktuelle Verbraucherumfrage, Fakten und Hintergründe. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP), Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V. (VDB), OVID Verband der ölsaaten-verarbeitenden Industrie in Deutschland

UM BW, LUBW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2014): Nachhaltige Beschaffung konkret. Arbeitshilfe für den umweltfreundlichen und sozialverträglichen Einkauf in Kommunen. Stuttgart/Karlsruhe: UM BW, LUBW

VDB (Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V.) (2016): Biokraftstoffindustrie kritisiert Richtlinienentwurf der EU-Kommission scharf. Pressemitteilung vom 30.11.2016. http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/detail/items/biokraftstoffindustrie-kritisiert-richtlinienentwurf-der-eu-kommission-scharf.html (02.02.2018)

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2009): Welt im Wandel. Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin: WBGU

WD (Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages) (2016): Biologisch abbaubare Kunststoffe. Ausarbeitung WD 8-028-15. Berlin: WD

Zahrnt, V. (2009): Public Money for Public Goods: Winners and Losers from CAP Reform. ECIPE Working Paper No. 08/2009. Brussels: European Centre for International Political Economy (ECIPE)

Zerzawy, F.; Fiedler, S.; Mahler, A. (2017): Subventionen für fossile Energien in Deutschland. Beitrag für eine transparente Berichterstattung im Rahmen der G20. Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) e.V. im Auftrag von Greenpeace e. V., Hamburg

4. BImSchV (2017): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440)

VIII. Handlungsbedarf und Handlungsoptionen

Aufbauend auf den gesamten Analysen des Projektes, deren Ergebnisse in den vorhergehenden Kapiteln dokumentiert sind, wurden im letzten Untersuchungsschritt relevante Handlungsfelder und Handlungsoptionen für die Bioökonomiepolitik abgeleitet. Die identifizierten Handlungsoptionen ergeben sich teilweise aus der Gesamtschau der Ergebnisse, teilweise beziehen sie sich auf spezifische Untersuchungsergebnisse. Die entsprechenden Bezüge werden durch Kapitelverweise aufgezeigt.

In diesem Kapitel werden nicht die Handlungsansätze widerholt, die schon mit Bioökonomiestrategien und politischen Entscheidungen beschlossen wurden. Vielmehr ist die Zielsetzung, bisher vernachlässigte Handlungsoptionen und wünschenswerte Akzentverschiebungen herauszuarbeiten. Für jedes Handlungsfeld werden der Kontext und die aktuelle Situation kurz beschrieben, um daraus dann die Handlungsoptionen abzuleiten. Die identifizierten Handlungsoptionen adressieren die Politikgestaltung in Baden-Württemberg, sie sind aber auch grundsätzlich für die Bioökonomie-Politik auf nationaler und EU-Ebene relevant. Die Reihenfolge der Unterkapitel stellt keine Rangfolge dar, sondern die Handlungsoptionen sind fünf Themenfeldern zugeordnet (Abb. VIII.1).

Abb. VIII. 1: Übersicht Handlungsoptionen

Strategie(weiter)entwicklung und gesellschaftlicher Dialog

- Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie entwickeln (Kap. VIII.1)
- Kontinuierlichen „institutionalisierten“ Stakeholder-Dialog initiieren (Kap. VIII.2)
- Leitbilder und Strategien im Kontext diskutieren (Kap. VIII.3)
- Pfadfestlegung und Vermeidung von Pfadabhängigkeit ausbalancieren (Kap. VIII.4)

Entwicklung innovativer bio-basierter stofflicher Wertschöpfungsketten

- Rohstoffbasis der chemischen Industrie (Kap. VIII.6)
- Vollständige innovative bio-basierte Wertschöpfungsketten (Kap. VIII.5)
- Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft (Kap. VIII.8)

Traditionelle Bioökonomie und nicht-technische Ansätze

(Kap. VIII.5)

Wirkungsforschung und Nachhaltigkeitsbewertung

- Soziale Nachhaltigkeit stärker in den Blick nehmen (Kap. VIII.9)
- Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung entwickeln (Kap. VIII.10)

Politische Gestaltung von Rahmenbedingungen

- Rahmenbedingungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit verbessern (Kap. VIII.11)
- Wettbewerbsverzerrung zugunsten fossiler Ressourcen ändern (Kap. VIII.12)
- Fördermöglichkeiten auf Landesebene nutzen (Kap. VIII.13)

1. Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie-Politik verbessern

Die baden-württembergische „Forschungsstrategie Bioökonomie“ ebenso wie die Bioökonomie-Strategien der Bundesregierung und der EU fordern einen systemischen Ansatz als eine Leitlinie bei der Umsetzung (Kap. II.8.2). Die Forderung nach einer systemischen bzw. ganzheitlichen Betrachtung der Bioökonomie bezieht sich einerseits auf die bioökonomischen Untersuchungsgegenstände und schließt das Denken in Wertschöpfungsketten sowie die Analyse von Veränderungen und Wirkungen im gesamten System ein. Andererseits wird dies auf die anzustrebende Struktur der bioökonomischen Forschung bezogen. Allerdings ist der gewünschte systemische Ansatz mit einer fragmentierten Realität konfrontiert (vgl. Giurca, Späth 2017). Wichtige Komponenten dieser fragmentierten Realität sind:

> Konkurrenzen zwischen einer Vielzahl von potentiell nutzbaren Biomassen
> Offene Wertschöpfungsketten mit einer großen Zahl potentieller Stoffe, Produkte und Anwendungsbereiche
> Multidimensionale Akteursmatrix
> Fragmentierte Diskurse in verschiedenen thematischen Arenen
> Governance über mehrere Politikfelder und -ebenen
> Wechselwirkungen und Rückkopplungen bei den Auswirkungen

Damit ist ein systemischer Ansatz im Kontext der Bioökonomie schwierig zu realisieren. Fragmentierte Realitäten und Politiken werden voraussichtlich fortbestehen. Trotz der seit 2014 vorliegenden „Politikstrategie Bioökonomie“ der Bundesregierung (BMEL 2014), der „Charta für Holz 2.0“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2017), der in Erarbeitung befindlichen baden-württembergische „Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie“ und der interministeriellen Arbeitsgruppen, alle mit dem Anspruch der Schaffung eines kohärenten Politikrahmens (Kap. II.7.2), werden unterschiedliche Interessenlagen in den verschiedenen Politikfeldern sowie die fachlichen Zuständigkeiten der Ressorts und politischen Ebenen bestehen bleiben.

Damit kommt der Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie-Politik eine hohe Bedeutung zu, um Anpassungen an die sich entwickelnde Bioökonomie und sich verändernde Rahmenbedingungen vornehmen zu können.

Handlungsoptionen, um Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie zu fördern, sind:

> Breit angelegter, kontinuierlicher Stakeholder-Dialog (Kap. VIII.2)
> Ausbalancierung von Pfadfestlegung und Möglichkeit der Pfadkorrektur (Kap. VIII.4)
> Stärkung einer dauerhaften Forschung zu den ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Bioökonomie-Innovationen und -Entwicklungen sowie Fortschritte bei der integrierten Nachhaltigkeitsbewertung (Kap. VIII.10)
> Entwicklung und Implementierung eines umfassenden Bioökonomie-Monitorings auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene
> Aufbau eines dauerhaften Austausches zwischen Akteuren entlang von Wertschöpfungsketten sowie zwischen Wertschöpfungsketten mit wechselseitigen Beziehungen, um gegenseitiges Lernen zu ermöglichen, Synergien zu nutzen (z.B. im Bereich Rohstoffnutzung) und Mechanismen der Umsteuerung zu etablieren

2. Kontinuierlichen „institutionalisierten“ Stakeholder-Dialog zur Bioökonomie initiieren

Die Bioökonomie-Strategien mit der Transformations-zentrierten Vision eines Wandels von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft sind stark durch Akteure aus Wissenschaft, Industrie und Politik ausgearbeitet und geprägt worden (Kap. II.3). Eine Ausnahme bildet nach wie vor das „Bioeconomy Stakeholders Panel“ der EU mit Vertretern aus Industrie und Primärproduktion, Regionen und öffentlicher Verwaltung, Wissenschaft sowie Zivilgesellschaft (European Stakeholders Panel 2017). Viele Partizipationsaktivitäten konzentrieren sich auf Stakeholder, die an Bioökonomie-Aktivitäten interessiert oder in diesem Feld bereits aktiv involviert sind. So richtet sich beispielsweise die „Akteursplattform Bioökonomie Baden-Württemberg“ an Unternehmen, Verbände und Netzwerke, um deren Engagement unter Wirtschaftsaspekten zu fördern (BIOPRO o.J.).

In Baden-Württemberg sind ein breiteres Spektrum von Stakeholdern an verschiedenen Punkten einbezogen worden:

> Bei der Entwicklung der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie;
> Während der Umsetzung der Forschungsstrategie, beispielsweise mit dem „Beteiligungsworkshop Bioökonomie“ im Juni 2016 in Stuttgart (Kap. IV.6);
> Im Rahmen des Mitwirkungsprozesses „Plan B“ des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Rahmen der Erarbeitung der Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie, beispielsweise mit dem Workshop im November 2017 in Fellbach.

Dies waren allerdings diskontinuierliche Aktivitäten mit sich ändernden Teilnehmerkreisen und Themenschwerpunkten. Insbesondere Stakeholder aus der traditionellen Bioökonomie und von Nichtregierungsorganisationen wie Umweltverbänden sind bisher wenig involviert und engagiert in den Bioökonomie-Debatten.

Eine erfolgreiche Bioökonomie-Politik wird nur bei breiter gesellschaftlicher Unterstützung gelingen. Die Herausforderung besteht insbesondere darin, sich bisher zu den Bioökonomie-Aktivitäten abwartend, neutral oder desinteressiert zeigende Stakeholder zu gewinnen und in den Dialog einzubeziehen. Wie die Leitbilddiskussion und die Ergebnisse des Stakeholder-Workshops gezeigt haben, bestehen teilweise sehr unterschiedliche Verständnisse von Bioökonomie und die Zielsetzungen gesellschaftlicher Akteure können sich widersprechen (Kap. II und IV). Ein kontinuierlicher Stakeholder-Dialog wäre eine wichtige Voraussetzung, um frühzeitig unterschiedliche Einschätzungen sowie konfligierende Interessen und Werte erkennen und diskutieren zu können.

Zur Einbeziehung gesellschaftlicher Anforderungen, zur Förderung der gesellschaftlichen Unterstützung und zur Vermeidung von Konflikten sollte ein kontinuierlicher Stakeholder-Dialog, der die Bioökonomie-Entwicklung begleitet, initiiert werden. Wichtig ist ein zumindest zu großen Teilen gleichbleibender Teilnehmerkreis, um produktive Diskussionen und gemeinsame Verständigungen zu ermöglichen. Ein solcher Stakeholder-Dialog sollte sich nicht auf die Umsetzung der Bioökonomie-Strategien beschränken, sondern auch grundsätzliche Ausrichtungen der Bioökonomie und gesellschaftliche Visionen thematisieren.

Auf der Landesebene haben Verbände der traditionellen Bioökonomie ebenso wie Umwelt- und Verbraucherorganisationen in der Regel nicht die Ressourcen, um sich kontinuierlich mit dem Thema Bioökonomie beschäftigen, längerfristige Entwicklungen abschätzen und Standpunkte entwickeln zu

können. Ebenso wird es ihnen schwer fallen, Resultate aus dem Bioökonomie-Dialog in ihre Organisationen zu tragen und in ihrem Umfeld als Multiplikatoren entsprechende Diskussionen zu organisieren, die zu einer breiteren, öffentlichen Debatte über Bioökonomie beitragen könnten. Deshalb sollte das Land Fördermöglichkeiten schaffen für Bioökonomie-Dialog-Aktivitäten in Stakeholder-Organisationen, die eine Unterstützung benötigen, um die Basis für einen kontinuierlichen Dialog sicherzustellen und eine breitere, gesellschaftliche Diskussion über Bioökonomie anzuregen.

3. Leitbilder und Strategien der Bioökonomie im Kontext diskutieren

Die Diskussionen zur zukünftigen Ausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU ab 2020 haben schon begonnen, womit auch wichtige Weichenstellungen für die Bioökonomie verbunden sein werden. Die zukünftige Ausgestaltung der GAP wird erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit von Biomasse, die Biomassepreise und die Umweltwirkungen der Biomasseproduktion haben (vgl. Kap. VII.4.1).

Die Europäische Kommission hat einen ersten Vorschlag zur zukünftigen Gestaltung der GAP vorgelegt (EC 2017a). Darin wird noch sehr allgemein vorgeschlagen, dass bei Beibehaltung des Zwei-Säulen-Modells die GAP vereinfacht werden soll und die Mitgliedstaaten mehr Gestaltungsfreiheit bei der Umsetzung europäischer Ziele erhalten sollen, die in jährlich vorzulegenden und mit einem GAP-Strategieplan abgestimmten Aktionsplänen der EU-Mitgliedsstaaten national festgelegt werden. Außerdem sollen in Zukunft ehrgeizigere EU-Ziele in den Bereichen Umwelt, Klimawandel und Nachhaltigkeit erreicht werden.

Weitergehende Vorstellungen sind mittlerweile eingebracht worden. So fordert der Rat für Nachhaltige Entwicklung in einer Stellungnahme, die EU-Agrarpolitik an den globalen Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals – SDGs) auszurichten und eine grundlegende Neuausrichtung vorzunehmen (RNE 2017). Danach sollten das aktuelle Zwei-Säulen-Modell und die flächengebundenen Direktzahlungen ersetzt werden durch ein neues Fördersystem, das öffentliche Gelder an konkrete Leistungen der Landwirte, insbesondere im Umwelt- und Naturschutzbereich, koppelt. Weiterhin werden u.a. ein, wo notwendig, anzuhebendes und konsequent durchgesetztes Fachrecht sowie eine verstärkte Forschungsförderung für den ökologischen Landbau gefordert. Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit wird ein „Gesellschaftsvertrag für eine zukunftsfähige Landwirtschaft“ vorgeschlagen, der in einem Dialogprozess mit allen Beteiligten erarbeitet sowie als europäische und gesamtgesellschaftliche Transformationsaufgabe verstanden wird (Weigelt et al. 2018). Zielsetzung ist, die positiven ökologischen und sozialen Wirkungen der Landwirtschaft zu fördern und negative Effekte zu vermeiden. Insgesamt ist die Debatte um die zukünftige europäische Agrarpolitik von unterschiedlichen Interessenlagen und Gestaltungsvorstellungen bei verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen und EU-Mitgliedsstaaten gekennzeichnet (vgl. EC 2017b).

Die gesellschaftlichen Debatten um Leitbilder und Strategien der bioökonomischen Transformation werden mehr oder weniger unabhängig von den Debatten um die zukünftige Ausrichtung der Landwirtschaft und Agrarpolitik geführt. Die Politik zur Bioökonomie wird bestimmt von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, die in der Bioökonomie engagiert sind. Akteure aus Landwirtschaft und Zivilgesellschaft, die die agrarpolitischen Debatten prägen, und deren Argumente sind kaum präsent. Im Diskurs zur Bioökonomie gibt es aber zumindest auf wissenschaftlicher Ebene alternative Visionen, die auf die Landwirtschaftsdebatten Bezug nehmen (Meyer 2017; Priefer et al. 2017).

Ebenso ist das Cluster Forst und Holz durch zahlreiche Interessens- und Zielkonflikte gekennzeichnet (vgl. Kap. V.4). Die Forderungen der Stakeholder zur Waldbewirtschaftung und Holzverwendung unterscheiden sich deutlich (vgl. Rosenkranz et al. 2017). Im Projekt „Waldzukünfte 2100“ sind beispielsweise mögliche Entwicklungspfade der Forstwirtschaft aufgezeigt worden (Schraml et al. 2009), die von den unterschiedlichen Interessenlagen der Wald- und Holzwirtschaft sowie gesamtgesellschaftlichen Rahmenbedingungen geprägt werden.

Eine engere Verknüpfung der Debatten wäre wünschenswert. Dabei könnten einerseits Bioökonomie-Standpunkte in die Debatten zur zukünftigen Agrar- und Forstpolitik eingebracht und anderseits von den agrar- und forstpolitischen Konflikten gelernt werden. Es ist davon auszugehen, dass von den gesellschaftlichen Ansprüchen an die Land- und Forstwirtschaft einiges über gesellschaftliche Ansprüche an innovative Bioökonomie-Konzepte übertragen und gelernt werden kann.

4. Pfadfestlegungen und Vermeidung von Pfadabhängigkeiten angemessen ausbalancieren

Der Erfolg regenerativer Energien in Deutschland ist entscheidend durch klare politische Zielsetzungen und langfristige Investitionssicherheit durch die EEG-Förderung ermöglicht worden. Eine solche glaubwürdige Festlegung auf einen Transformationspfad mit langfristig angelegten Politikinstrumenten wird als wichtige Voraussetzung für die Entwicklung einer bio-basierten Wirtschaft, auch im Bereich der stofflichen Nutzung, gesehen (Purkus et al. 2017). Mit der Förderung von Forschung und Entwicklung kann ein Aufbrechen des fossilen Lock-Ins zwar vorbereitet werden, dies wird aber als nicht ausreichend betrachtet, um eine tragfähige Transformation zu bio-basierten Entwicklungspfaden anzustoßen (Pannicke et al. 2015).

Eine langfristig angelegte Verfolgung und Förderung von bio-basierten Entwicklungspfaden kann gleichzeitig neue Pfadabhängigkeiten bewirken. Dies ist einerseits ein gewünschter Effekt, kann aber andererseits die zukünftige Nutzung neuer Entwicklungschancen behindern und aufgrund unerwünschter Auswirkungen notwendig gewordene Korrekturen erschweren. Mit der bisherigen Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse sind schon neue Pfadabhängigkeiten entstanden.

Somit sind zwei Problembereiche bei der Ausgestaltung der Bioökonomie-Politik zu berücksichtigen:

> Realistische Einschätzung neu herausgebildeter Pfadabhängigkeiten bei der Biomassenutzung: Die Entwicklung und Förderung energetischer Holznutzung hat in den letzten Jahren vor allem Investitionen in konventionelle Technologien, die technologisch robust, ökonomisch attraktiv und mit geringen Risiken verbunden sind, bewirkt und zu einer erhöhten Nutzung des regionalen Holzangebots geführt. Während der Lebensdauer dieser energetischen Anlagen sind die Chancen eines Umstiegs auf neue innovative Entwicklungspfade angesichts begrenzter ungenutzter Biomasse-Ressourcen gering (Wirth, Markard 2011). So ist auch das prinzipielle Argument, das eine stoffliche Nutzung der energetischen Nutzung vorgeschaltet werden kann, ohne die energetische Nutzung einzuschränken, zu relativieren, da dies neue Akteursnetzwerke und eine Verwendbarkeit von Abfallprodukten in den bestehenden Energieanlagen voraussetzt. Schließlich sind nicht-ökonomische Motivationen der bisherigen Biomasse-Nutzer relevant, so beispielsweise bei der Energieholz-Nutzung in Privathaushalten.

> Ausbalancierung von Pfadfestlegung und Möglichkeit der Pfadkorrektur: Starke politische Impulse und hohe Anreize für neue bio-basierte Entwicklungspfade können zu einem Boom von bestimmten, zu diesem Zeitpunkt besonders attraktiven Technologien führen (wie dies z.B. bei Biogas durch die EEG-Förderung der Fall war). Dadurch kann eine Blockade von nachfolgenden, kontinuierlichen Investitionen zur Verbesserung dieser Technologien oder von folgenden, innovativen technologischen Lösungen bewirkt werden (Wirth, Markard 2011). Mit einer Festlegung auf und Subventionierung von spezifischen Wertschöpfungsketten ist das Risiko neuer Pfadabhängigkeiten relativ hoch. Eine Politikgestaltung, die eher auf fördernde Rahmenbedingungen wie Internalisierung externer Effekte (vgl. Kap. VIII.12), Festlegung von Nachhaltigkeitszielen sowie Regulierungen für soziale und ökologische Mindestanforderungen setzt (Winkel 2017), erhöht die Chancen, dass Innovationen und Investitionen breiter erfolgen und neue Pfadabhängigkeiten vermieden werden. Daraus folgt, dass in der Bioökonomie-Politik Über- ebenso wie Untersteuerungen vermieden werden sollten.

5. Traditionelle Bioökonomie und nicht-technische Ansätze nicht vernachlässigen

In der Bioökonomie im weiteren Sinne sind in Baden-Württemberg (ebenso wie in Deutschland und Europa) die Landwirtschaft und die Akteure der Lebensmittelkette sowie die Forst- und Holzwirtschaft nach wie vor dominierend im Hinblick auf Anzahl der Unternehmen, Beschäftigten und unterstützenden Akteure (wie z.B. aus Forschung, Beratung und Dienstleistung), die wirtschaftliche Bedeutung und etablierten Vernetzungen (Kap. IV).

Biomasseproduktion und -verarbeitung in den traditionellen Bioökonomie-Feldern stehen unter einem permanenten ökonomischen Anpassungsdruck, aus dem ein kontinuierlicher Strukturwandel hin zu größeren Einheiten resultiert. Innovationen sowie Weiterentwicklungen von Technologien und Wertschöpfungsketten finden hier ebenfalls statt. Die Bioökonomie-Strategien und -Politiken sind dagegen stark auf innovative Technologien und neue Wertschöpfungsketten jenseits der traditionellen Bioökonomie ausgerichtet.

Wenn von einem Bioökonomie-Verständnis im weiteren Sinne, das die Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen in allen wirtschaftlichen Sektoren umfasst, ausgegangen wird, dann sollten auch Maßnahmen, die die verschiedenen Sektoren der Bioökonomie und damit auch die traditionelle Bioökonomie adressieren, in Bioökonomie-Strategien integriert werden. Neben den bereits verfolgten (High-tech-) Techniken und Nutzungspfaden könnten folgende Handlungsansätze verfolgt werden:

> Diversifizierung der Technologie-Ansätze: Land- und forstwirtschaftliche Betriebe ebenso wie Unternehmen der darauf aufbauenden Wertschöpfungsketten zeichnen sich durch eine erhebliche Heterogenität aus (Kap. IV.2). Daraus resultieren unterschiedliche Anforderungen an Technologien und spezifische Innovationsansätze (vgl. Meyer et al. 2013). Diese unterschiedlichen Bedürfnisse werden bisher nicht ausreichend berücksichtigt. Beispielsweise stellt der Rat für Nachhaltige Entwicklung fest: Aus dem Nachhaltigkeitsziel eines Anteils von zukünftig 20% Lebensmittel aus ökologischem Landbau folge, dass bereits heute 20% der Mittel auf Forschung für Ökolandbau verwendet werden müssten (RNE 2017). Die europäische Technologie-Plattform Organics fordert, dass das nächste EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation ab 2021 auf eine Nachhaltigkeitstransformation des europäischen Landwirtschafts- und Lebensmittelsystems auf

der Basis der UN Nachhaltigkeitsziele (SDGs) ausgerichtet wird und 10% des gesamten Budgets für den ökologischen Sektor reserviert werden, um Lösungen für die spezifischen Herausforderungen der ökologisch wirtschaftenden Landwirte und Unternehmen zu entwickeln (TP Organics 2017). Eine weitere Diversifizierung der Technologieansätze würde verschiedene Entwicklungspfade, wie sie in den konkurrierenden Bioökonomie-Visionen angestrebt werden, offen halten (Priefer et al. 2017).

> Förderung von Vernetzungen: Eine intensivere Zusammenarbeit und Vernetzung von Unternehmen entlang von Wertschöpfungsketten und auf regionaler Ebene sowie zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen kann Synergieeffekte erzeugen, neue Kooperationen, Produkte und Märkte ermöglichen sowie die Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen stärken. Beispiele sind die schon länger bestehende „Clusterinitiative Forst und Holz Baden-Württemberg“ und die gerade gestarteten „Bio-Musterregionen Baden-Württemberg“. Es sollte geprüft werden, ob in weiteren Bereichen der traditionellen Bioökonomie solche Vernetzungsinitiativen initiiert werden können.

> Anstoßen von sozialen Innovationen: Neben technischen Innovationen können auch soziale Innovationen neue Wertschöpfung und Beschäftigung schaffen und zu einer effizienteren Ressourcennutzung beitragen. Existierende Beispiel sind die Solidarische Landwirtschaft, Food Sharing und „Unverpackt“-Läden. Diese bisher vernachlässigten Möglichkeiten sollten in die Bioökonomie-Strategien aufgenommen werden. Anstöße für soziale Innovationen könnten beispielsweise durch Ideenwettbewerbe gegeben werden.

> Verringerung des Biomasseverbrauchs und des Verbrauchs fossil-basierter Produkte: Genauso wie Energieeinsparung ein essentieller Bestandteil der Transformation zu regenerativen Energien ist, sollte auch eine Reduktion des Verbrauchs von bio-basierten und fossil-basierten Produkten eine Zielsetzung in der Bioökonomie-Politik sein. Damit würde ein wichtiger Beitrag zur Ressourcenschonung geleistet. Bisher ist vor allem die Reduktion von Lebensmittelverlusten adressiert worden. Mit der Umsetzung der SDGs hat sich die EU dazu verpflichtet, Lebensmittelabfälle bis zum Jahr 2030 zu halbieren. Gleiches könnte aber auch für fossil-basierte Produktebereiche, z.B. für den Plastikverbrauch (vgl. Kap. VII.4.7), angestrebt werden. Dies ist nicht ohne Zielkonflikte zu erreichen, da Verbrauchsreduktionen eine Verringerung von Absatzmärkten bedeuten.

6. Bedeutung einer Energie- und Verkehrswende für die Rohstoffbasis der chemischen Industrie verstehen lernen

Die Transformation zu einer bio-basierten Wirtschaft wird bisher überwiegend von den Potentialen der Biomassebereitstellung und innovativen Konversionswegen ausgehend konzipiert. Neue stoffliche Nutzungen von Biomasse werden einerseits durch Systemdynamiken in der chemischen Industrie beeinflusst und können andererseits potentiell Störungen in der Systemfiguration der chemischen Industrie bewirken.

Deutschland verfügt sowohl über eine starke Grundstoffchemie als auch über eine große Spezialchemie. Wichtigste Rohstoffbasis für die Chemieindustrie ist Erdöl. An erster Stelle der petrochemischen Produktion steht das Spalten von Rohbenzin (Naphtha) in einige Basischemikalien, deren Weiterverarbeitung eine Vielfalt an Synthesemöglichkeiten bietet. Die vielstufigen und vielfach verzweigten Wertschöpfungsketten (Kap. V.3.2), bei denen Neben- oder Koppelprodukte der einen Herstellungsstufe als Rohstoffe der nachfolgenden Produktionsebene genutzt sowie über komplexe und sehr unterschiedliche Prozesse mehr als 100.000 Produkte hergestellt werden, sind prägend für die Verbundstandorte

und Chemieparks in Deutschland. Die Herstellungsprozesse der Basis- und Folgechemie sind stark miteinander verknüpft, über Jahrzehnte optimiert worden und bedingen sich größtenteils gegenseitig (Behrendt 2017; Bioökonomierat 2015; Voß 2013).

Es wird vielfach erwartet, dass fossile Rohstoffe und darunter vor allem das Erdölderivat Naphtha auch mittelfristig (bis 2030) der wichtigste Ausgangsstoff für die Chemieindustrie bleiben werden und insbesondere in der Grundstoffchemie signifikante Substitutionen unwahrscheinlich sind (VCI 2017; ebenso z.B. Bioökonomierat 2015). Wichtigstes Argument für diese Einschätzung ist, dass Erdöl weiterhin ausreichend und preisgünstig zur Verfügung stehen wird.

Wenn in den nächsten Jahren die Energie- und Verkehrswende allerdings erheblich vorankommen sollte, dann würde daraus ein deutlicher Nachfragerückgang nach erdöl-basierten Kraftstoffen und Heizöl resultieren. Verschiebungen in der Nachfrage nach Mineralölprodukten und umweltpolitische Zielvorgaben könnten dazu führen, dass Cracker-Anlagen in Europa, die schon an der „Kostengrenze“ arbeiten, von Stilllegung bedroht sind (Voß 2013: 101). Gleichzeitig stellt der Umbau des deutschen Energiesystems eine enorme Herausforderung speziell für Unternehmen der energieintensiven Grundchemie dar. Die Höhe der Energiepreise und die realisierbare Energieeffizienz-Steigerung sind wesentliche Faktoren, der über die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen der Grundstoffchemie sowie potentielle Verlagerungen, verbunden mit „carbon leakage“, entscheiden (Voß 2013: 99-100). Die potentiell ausgelösten Preiseffekte, Investitionsnotwendigkeiten und Struktureffekte in der Chemieindustrie sind noch unklar.

Die Etablierung einer bio-basierten Produktion von Grundchemikalien ist mit großen Investitionen in neue Infrastruktur- und Produktionsanlagen verbunden (Bioökonomierat 2015). Gleichzeitig bedeutet dies, dass Elemente aus der hochgradig vernetzten Verbundstruktur der Erdölchemie herausfallen. Die Chemieindustrie kann daher die Produktion von Basischemikalien nicht einfach umstellen (Behrendt 2017). Diese Hemmnisse für eine Transformation zu einer bio-basierten Wirtschaft müssen noch besser verstanden werden.

Schließlich muss ein Wandel der Rohstoffbasis der Chemieindustrie nicht zwangsweise zu einer bio-basierten Basis führen. In Entwicklung befinden sich verschiedene nicht bio-basierte Alternativen für Kohlenstoff-Recycling und Kohlenstoff-Abscheidung aus Verbrennungsgasen und Luft-Kohlenstoffdioxid (Bringezu 2014). Von der zukünftigen Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit dieser Alternativen wird es abhängen, welche Art von strukturellen Veränderungen gegebenenfalls in der chemischen Industrie bewirkt werden.

In den nächsten Jahrzehnten werden erhebliche, langfristige Neu- bzw. Reinvestitionen in Infrastruktur und Anlagen der Chemieindustrie erforderlich sein (Voß 2013), unter unsicheren Rahmenbedingungen. Deshalb ist ein besseres Verständnis der zukünftigen möglichen Entwicklungspfade der Energie-, Verkehrs- und Chemieindustriesysteme, der Kopplungen zwischen diesen Systemveränderungen und ihr Nexus zur Bioökonomie von großer Bedeutung. Angesichts der internationalen Ausrichtung der deutschen Chemiekonzerne und der globalen Rohstoffströme reicht die Fragestellung weit über Deutschland hinaus. Ein besseres Verständnis der denkbaren Entwicklungspfade bei der Rohstoffbasis der chemischen Industrie ist aber auch für die aufbauenden Wertschöpfungsstufen und Abnehmerindustrien in Baden-Württemberg und die Chancen einer regionalen Bioökonomie von großer Relevanz.

7. Entwicklung erster vollständiger innovativer bio-basierter Wertschöpfungsketten fördern

Die Forschung zu Bioraffinerien auf der Basis Lignozellulose konzentriert sich bisher auf die Entwicklung von Konversionsverfahren, bis hin zu Pilot- und Demonstrationsanlagen. So beschränkt beispielsweise die letzte BMBF-Ausschreibung „Technologie-Initiative Bioraffinerien“ vom Sommer 2017 die Förderung auf Verfahren, Technologien und Produkte der Primär- und Sekundärraffination (BMBF 2017). Im „Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg“ gab es darüber hinausgehend auch einzelne Projekte zu den Zielprodukten. Diese Zielprodukte aus der Sekundärraffination können allerdings in einer Vielzahl von Wertschöpfungsketten weiterverarbeitet werden und zu einer großen Anzahl von Endprodukten für verschiedene Anwenderindustrien führen (Kap. V.3.2). Die Entwicklung und Etablierung von vollständigen innovativen Wertschöpfungsketten auf der Basis Lignozellulose sind damit noch weitgehend offen.

Dem Top-down-Bioraffinerieansatz, also einer Etablierung von hoch integrierten Bioraffinerien-Anlagen als vollständige Neukonzeption (Kap. V.3.2), werden unter den bestehenden Rahmenbedingungen allgemein geringe Chancen eingeräumt. Die in den letzten Jahren errichteten Lignozellulose-Ethanol-Bioraffinerien sind abhängig von den Vorgaben der Biokraftstoffpolitik in den USA bzw. der EU (vgl. Kap. VII.2.3). Bessere Chancen werden für den Bottom-up-Bioraffinerieansatz gesehen, bei dem von etablierten industriellen Strukturen wie Zellstoff- und Papierindustrie, Holzbearbeitungsindustrie oder dem Biogassektor ausgegangen und zusätzliche innovative Wertschöpfungsketten in den bestehenden industriellen Strukturen entwickelt werden (z.B. Giurca, Späth 2017).

Bio-basierte Drop-In-Basischemikalien können derzeit wirtschaftlich nicht mit den zu ersetzenden fossilen Basischemikalien konkurrieren. Deshalb wird empfohlen, auf Spezialchemikalien sowie neue bio-basierte Eigenschaften und Verwertungswege zu setzen. So fördert beispielsweise das „European Joint Undertaking on Bio-Based Industries (BBI)“ im Rahmen von Horizon 2020 das Industriekonsortium „PE-Ference“ mit 25 Mio. Euro, mit dem Ziel der Etablierung einer innovativen Wertschöpfungskette für bio-basierte Chemikalien und Materialien auf Basis von Polyethylenfurat (PEF), das neue Produkteigenschaften (bessere Gasdichtigkeit und dadurch längere Haltbarkeit von Lebensmitteln und Getränken) aufweist und Verpackungsmaterialien aus fossilen Ressourcen ersetzen soll. Darin eingeschlossen ist die Errichtung einer 50.000 Tonnen Referenzanlage in Antwerpen (Synvina 2017). Damit soll ein typisches Hafen-Standortmodell mit günstigem Zugang zu internationalen Biomassemärkten verwirklicht werden (vgl. Kap. V.3.2)[56]. Die Etablierung neuer Wertschöpfungsketten stellt bisher aber eher eine Ausnahme dar. So haben weniger als 5% der Bioökonomie-Projekte des 7. Rahmenprogramms für Forschung und Innovation der EU zu einer Kommerzialisierung der Ergebnisse geführt (ProBIO 2017).

In der zweiten Förderrunde des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg sollen erstmals Verbundvorhaben gefördert werden, die für Baden-Württemberg konkrete Wertschöpfungsketten mit klarer Anwendungsperspektive sowie Prozess und/oder Produktinnovationen für stoffliche Nutzung bio-basierter Ressourcen entwickeln (MWK 2017). Dieser Ansatz, die Entwicklung vollständiger Wertschöpfungsketten bis zum Endprodukt zu fördern, sollte weiter verfolgt werden. Der Schwerpunkt sollte auf die Nutzung regionaler Biomasse und innovative bio-basierte Produkteigenschaften

56 Zur verwendeten Biomasse werden keine Angaben gemacht. Normalerweise wird PEF aus Zucker hergestellt (Berg et al. 2017).

für spezifische Anwendungsfelder gelegt werden, um eine erhebliche Steigerung der Biomassenachfrage und unerwünschte Fernwirkungen zu vermeiden. Damit könnte zur Entwicklung der regionalen Bioökonomie beigetragen und wertvolle Erkenntnisse über Potentiale und Auswirkungen gewonnen werden. Dies bedeutet allerdings, von der umfassenden Transformation zu einer bio-basierten Wirtschaft in der nächsten Zeit Abschied zu nehmen und einen Weg der kleinen Veränderungsschritte einzuschlagen.

8. Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft stärker verbinden

Bisher gibt es kein allgemein anerkanntes Verständnis der Kaskadennutzung. Im Rahmen des Projekts wird darunter eine sequenzielle Nutzung von bio-basierten Endprodukten verstanden, wobei nach einer oder mehreren stofflichen Nutzungen am Ende eine energetische Nutzung erfolgt (Kap. V.5). Kaskadennutzungen werden fast ausschließlich für Lignozellulose, also den Cluster Forst und Holz, diskutiert. Am weitesten entwickelt ist die Kaskadennutzung bei der Papierproduktion, mit einer Altpapiereinsatzquote von aktuell rund 75% und einer Mehrfachnutzung der Fasern. Beim Altholz dagegen ist eine einstufige Kaskadennutzung, d.h. die energetische Nutzung, vorherrschend und eine stoffliche Weiterverwendung, also eine mehrstufige Kaskadennutzung, erfolgt nur bei der Herstellung von Spannplatten.

Die wichtigste Motivation bei der Forderung nach mehr Kaskadennutzungen ist, die Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zu entlasten und die Effizienz der Ressourcennutzung zu erhöhen. In der Bioökonomie ist die Auseinandersetzung mit Kaskadennutzung somit stark auf die Erschließung neuer biogener Rohstoffquellen ausgerichtet. Viel weniger Aufmerksamkeit erhält dagegen die Frage, wie die Gestaltung von Wertschöpfungsketten und das Produktdesign verändert werden müssten, um bessere Voraussetzungen für Kaskadennutzungen zu schaffen. Die Eignung von Produkten aus innovativen Wertschöpfungsketten für eine Kaskadennutzung, wie z.B. die von bio-basierten Kunststoffen aus der Bioraffinerie, spielt faktisch keine Rolle.

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft zielt dagegen darauf, die lineare Abfolge in Wertschöpfungsketten durch Kreisläufe zu ergänzen sowie den Nutzungszeitraum von Produkten, Komponenten und Materialien zu verlängern und damit das Abfallaufkommen zu reduzieren (POST 2016). Der „Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft“ (EC 2015) legt einen Schwerpunkt auf die Produktgestaltung. Die Reparierbarkeit, Nachrüstbarkeit, Langlebigkeit und Recycelfähigkeit von Produkten sollen gefördert werden. Der Beitrag von Aktionen zur Kaskadennutzung im Rahmen der EU Bioökonomie-Strategie konzentrieren sich aber auf die Mobilisierung und Nutzung von Biomasse-Abfällen (EC 2017c: 27-34).

Die „Landesstrategie Ressourceneffizienz Baden-Württemberg“ (UM BW et al. 2016) verfolgt das übergeordnete Ziel, das wirtschaftliche Wachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln, und legt den Schwerpunkt auf Erze und Industriemineralien. Eine Verbindung zur Bioökonomie wird hergestellt, wobei hier der Fokus auf biotechnologischen Produktionsverfahren und Rückgewinnung von wirtschaftsstrategischen Rohstoffen mittels biologischer Verfahren liegt (UM BW et al. 2016: 68). Dieser Fokus unterscheidet sich deutlich von den Schwerpunkten der „Forschungsstrategie Bioökonomie Baden-Württemberg“, und auf Kaskadennutzungen wird überhaupt nicht Bezug genommen.

Insgesamt sind Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft noch zwei weitgehend getrennte Forschungsfelder und Strategieansätze, wobei mit der Kaskadennutzung ein potentielles Verbindungsglied besteht.

Um die beiden Themenfelder wirklich zu integrieren, sollte in der Bioökonomie die Kaskadennutzung nicht nur unter dem Aspekt der Erschließung neuer biogener Rohstoffquellen angestrebt werden, sondern Produktdesign und Kooperation für eine Wieder- und Weiterverwertung von bio-basierten Produkten verstärkt betrachtet werden. Letzteres gilt es als neues Forschungsfeld zu erschließen, die Akteure entlang von Wertschöpfungsketten dafür zu sensibilisieren sowie diesen Aspekt in die Landesstrategie Bioökonomie zu integrieren.

9. Soziale Nachhaltigkeit der Bioökonomie stärker in den Blick nehmen

Für land- und forstwirtschaftliche Betriebe, bestimmte Biomasse-Wertschöpfungsketten und -produkte sowie den gesamten Agrar- und Forstsektor existiert bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Zertifizierungssysteme und -initiativen. Dabei sind Systeme mit Fokus auf einzelne Betriebe und Produkte weiter entwickelt bzw. verbreitet als Bewertungsansätze für gesamte Wertschöpfungsketten oder Sektoren und werden von privaten Akteuren vorangetrieben. Die gewählten Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren sind dadurch abhängig von den Zielen, dem Kontext und den Werten der beteiligten Stakeholder (Dale et al. 2015).

Wie die Ergebnisse der Wirkungsanalyse gezeigt haben, werden soziale Aspekte der Nachhaltigkeit durch die Systeme oftmals nicht gut abgebildet und wenn, dann über ökonomisch ausgerichtete Kriterien wie Einkommen und Sicherheit des Beschäftigungsverhältnisses für Arbeitnehmer (Kap. VI). Auch die im Rahmen der RED-Richtlinie für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe festgelegten Nachhaltigkeitskriterien enthalten keine sozialen Kriterien und beziehen sich ausschließlich auf ökologische Wirkungen wie Treibhausgasminderungen und Verbot des Anbaus auf Flächen mit hohem ökologischem Wert. Somit besteht Handlungsbedarf, Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit in Ansätzen zur Nachhaltigkeitsbewertung stärker zu berücksichtigen. Dies umfasst z.B. Punkte wie die Arbeitssituation für unterschiedliche soziale Gruppen (z.B. Frauen, Männer, ältere Menschen, Menschen mit Beeinträchtigungen), die Vereinbarkeit von Familie und Beruf und die Erbringung sozialer Leistungen für die Region. Darüber hinaus sind die sozialen Wirkungen innovativer Entwicklungen in der Bioökonomie kaum untersucht (Kap. VI.4.2). Offene Punkte betreffen die systematische Identifikation sozialer Wirkungen, die Entwicklung geeigneter Untersuchungsansätze und die exemplarische Analyse von konkreten Fallbeispielen.

Während sich im baden-württembergischen Forschungsprogramm Bioökonomie einige Projekte mit den ökologischen Wirkungen bestimmter Anbauverfahren und der ökonomischen Realisierbarkeit neuer Konversionstechnologien befasst haben, sind mögliche soziale Wirkungen der Bioökonomie und ihre Abbildung in Bewertungssystemen auch hier noch wenig untersucht. Die stärkere Berücksichtigung sozialer Nachhaltigkeit stellt eine wichtige Voraussetzung für eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung dar, wie sie in der baden-württembergischen Forschungsstrategie gefordert wird. Gerade die regionale Ebene bietet Möglichkeiten, die nicht so einfach zu quantifizierenden sozialen Wirkungen näher zu untersuchen. Die Berücksichtigung sozialer Nachhaltigkeit wiederum ist für Regionen besonders wichtig, da hier zum einen Leistungen für das Gemeinwohl und lokale Gemeinschaften erbracht werden, durch mangelnde soziale Nachhaltigkeit regional aber auch Konflikte auftreten können, zu deren frühzeitigen Vermeidung eine Nachhaltigkeitsbewertung, die soziale Kriterien adäquat abbildet, beitragen kann.

10. Ansatz für eine integrierte Nachhaltigkeitsbewertung entwickeln

Eine Grundvoraussetzung für die politische Gestaltung einer nachhaltigen Bioökonomie ist Wissen darüber, welche Nachhaltigkeitswirkungen und systemischen Konsequenzen mit bestimmten Maßnahmen verbunden sind. Erst auf Basis dieser Kenntnisse kann entschieden werden, wo Pfadabhängigkeiten eingegangen werden sollten, um den Transformationsprozess zu fördern und in welchen Bereichen diese aufgrund potentieller, nicht-intendierter Folgen besser zu vermeiden sind (Kap. VIII.4).

Lebenszyklusanalysen (LCAs) bzw. Ökobilanzen sind als Instrument zur Abschätzung der Umweltwirkungen von Produkten entlang des gesamten Lebenszyklus von Rohstoffgewinnung, Verarbeitung, über Vermarktung, Konsum bis hin zur Verwertung bzw. Deponierung etabliert und liegen für bestimmte Teilbereiche der Bioökonomie bereits vor (z.B. Gegenüberstellungen konventionelle / ökologische Lebensmittel, fossile / bio-basierte Kunststoffe). Sie stellen ein wichtiges Instrument der Politikberatung dar und werden zunehmend Teil von gesetzlichen Bestimmungen wie der Europäischen Richtlinie über Erneuerbare Energien (RED) oder der Abfallrahmenrichtlinie (Kap. VII.2.1., VII.4.7). Im Allgemeinen wird unterschieden zwischen „attributional LCA“, die die Umweltwirkungen anhand der Eigenschaften eines Systems bzw. Produkts untersucht und den klassischen Ansatz der Ökobilanz darstellt, und der neueren „consequential LCA“, die die Folgen politischer Entscheidungen auf die Umweltwirkungen eines Systems sowie Effekte auf andere Systeme und Wechselwirkungen zwischen Systemen modelliert (Ronzon et al. 2017). Die vorhandenen Methoden werden stetig weiterentwickelt, kombiniert und erweitert.

Nichtsdestotrotz sind die Möglichkeiten von LCAs und deren Aussagekraft begrenzt. So beziehen sie sich ausschließlich auf ökologische Wirkungen, erlauben nur eine vergleichende Bewertung von Wertschöpfungsketten und es ist mit ihnen nicht möglich, absolute Umweltwirkungen zu bestimmen. Auch kann aus einem umweltverträglicheren Verfahren bzw. Produkt nicht automatisch auf Nachhaltigkeitsgewinne bzw. geringere Umweltbelastungen geschlossen werden, weil diese von den resultierenden Veränderungen im Gesamtsystem (z.B. Rebound-Effekte) abhängig sind (Kap. VI.1.1). Weiterhin kann anhand spezifischer Beispiele nur ein kleiner Ausschnitt der Bioökonomie abgebildet werden und die vorhandenen LCA-Studien können aufgrund von Unterschieden bei den gewählten Systemgrenzen, einbezogenen Wirkungsdimensionen und Vergleichssystemen kaum verglichen werden.

Um eine umfassende Entscheidungsgrundlage zu schaffen, bedarf es einem integrierten Ansatz zur Nachhaltigkeitsbewertung. Dieser müsste die verschiedenen Dimensionen von Nachhaltigkeit abbilden, auf unterschiedliche Biomassenutzungspfade anwendbar sein, die gesamte Wertschöpfungskette in den Blick nehmen sowie potentielle Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen diesen Pfaden und mit der nationalen und internationalen Ebene berücksichtigen. Ein solcher Ansatz liegt bisher noch nicht vor und seine Erarbeitung stellt aufgrund komplexer Systemzusammenhänge (Kap. VIII.1) eine Herausforderung dar. Dennoch ist ohne einen solchen Ansatz eine prospektive Bewertung politischer Entscheidungen zur Gewährleistung einer nachhaltigen Bioökonomie nicht möglich. Die Entwicklung einer integrierten Nachhaltigkeitsbewertung stellt ein wichtiges Handlungsfeld für die Forschung dar.

11. Gestaltende Rahmenbedingungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit verbessern

Die Ausrichtung der Bioökonomie am Leitbild nachhaltiger Entwicklung ist eine zentrale Anforderung in der baden-württembergischen Forschungsstrategie und auch auf nationaler und europäischer Ebene ist Nachhaltigkeit eines der prägnanten Leitprinzipien in den strategischen Überlegungen zur Bioökonomie (Kap. II.8.1). Inwieweit die Bioökonomie nachhaltig ist, hängt jedoch nicht alleine von neuartigen Technikansätzen und effizienten Konversionstechnologien ab, sondern wird vor allem durch Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Biomasseproduktion bestimmt.

Wie die Politikfeldanalyse gezeigt hat, existieren für die Bereitstellung und Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zahlreiche gestaltende Rahmenbedingungen (Kap. VII). Dazu zählen die Bestimmungen der guten fachlichen Praxis und Cross-Compliance im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und die Grundsätze einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung, umweltrechtliche Anforderungen aus den Feldern Wasser- und Bodenschutzrecht, Natur- und Artenschutzrecht, Pflanzenschutzmittel- und Düngemittelrecht, aber auch Nachhaltigkeitsbestimmungen für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe. Zu all diesen Politikbereichen gibt es begleitende Diskussionen darüber, inwieweit die Bestimmungen ausreichend sind, um eine umwelt- und sozialverträgliche Biomasseproduktion im In- und Ausland zu gewährleisten. In der Praxis zeigt sich, dass trotz bestehender Regelungen insbesondere von der Landwirtschaft weiterhin erhebliche Umweltbelastungen ausgehen (z.B. Nitratbelastungen im Grundwasser, Einträge von Pflanzenschutz- und Düngemitteln in Gewässer). Von umweltpolitischer und zivilgesellschaftlicher Seite wird deshalb eine grundlegende Neuausrichtung der europäischen Agrarförderung an der Erbringung von Umweltschutzleistungen gefordert (z.B. Feindt et al. 2017; NABU 2010; EEB/BirdLife 2016; vgl. Kap. VIII.4.1). In einigen Bereichen wie dem Düngemittelrecht sind in jüngster Zeit Anpassungen erfolgt, weil europäische Umweltschutzziele nicht erreicht bzw. nicht mit adäquaten Maßnahmen umgesetzt wurden. Die Ausgestaltung bestehender Rahmenbedingungen wird maßgeblich darüber entscheiden, ob die Produktion von Biomasse nachhaltig erfolgt und stellt einen zentralen Ansatzpunkt dar, um Nachhaltigkeit bei der Entwicklung der Bioökonomie von politischer Seite zu gewährleisten.

Klar ist jedoch, dass zwischen dem Ausbau der Biomasseproduktion und Umweltschutzbestrebungen ein grundlegender Zielkonflikt besteht und die Anhebung von Bestimmungen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit tendenziell zu einer extensiveren Produktion führt, was die Möglichkeiten für den Aufbau einer bio-basierten Wirtschaft limitiert. Da die nachhaltig erzeugbaren Biomassepotenziale begrenzt sind, scheint es umso wichtiger, weitere Alternativen wie die Nutzung erneuerbarer Quellen (Sonnen-, Wind- und Wasserkraft) im Strom- und Wärmesektor und entsprechende Speichertechnologien voranzutreiben, aber auch die Nutzungseffizienz und -dauer von Biomasse durch Berücksichtigung von Mehrfachnutzungen im Produktdesign bio-basierter Güter (Kap. VIII.8) zu erhöhen.

12. Wettbewerbsverzerrung zugunsten fossiler Rohstoffe nicht als unumkehrbar akzeptieren

Das größte Hemmnis für den Aufbau der Bioökonomie besteht in der fehlenden Wirtschaftlichkeit gegenüber Synthesepfaden und Produkten auf Basis fossiler Rohstoffe. Diese können aufgrund etablierter Konversionsverfahren und der Realisierung von Skaleneffekten sowie fehlender bzw. unzureichender Ansätze zur Internalisierung externer Umweltkosten relativ preisgünstig produziert werden.

Zwar besteht mit der Europäischen Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG seit 2005 ein verbindlicher Rahmen für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in der Energiewirtschaft, der energieintensiven Industrie und seit 2012 auch im Luftverkehr und weiteren Sektoren (Kap. VII.2.5). Aufgrund von mangelnder Informationen zur Festlegung der Zertifikatsmenge (Cap), krisenbedingten Produktions- und Emissionsrückgängen sowie sukzessiver Ausweitung der Cap durch Einflussnahme großer Energieversorgungsunternehmen hat das Instrument seine Lenkungsfunktion in der ersten Handelsperiode 2005 bis 2007 jedoch nur eingeschränkt erfüllen können (Diekmann 2012). Die Folgen der in der ersten Periode verfügbaren Überschüsse an Emissionsberechtigungen zeigen längerfristige Wirkungen, sodass die Einschätzung besteht, dass das System noch nicht stabil und zufriedenstellend funktioniert und der Emissionshandel noch weit davon entfernt ist, die Wettbewerbsvorteile fossiler Verwertungspfade zu Gunsten einer klimaschonenden Entwicklung und erneuerbarer Alternativen abzubauen.

Erschwerend kommt hinzu, dass auf globaler Ebene und auch in Europa und Deutschland zahlreiche Subventionen für die Nutzung fossiler Energieträger bestehen (Kap. VII.2.1). Analysen des Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e. V. auf Basis des Internationalen Währungsfonds (IMF) zeigen, dass sich die Subventionen (laut IMF-Definition Finanzhilfen, Steuervergünstigungen und Umweltschäden) für fossile Energien in den G20-Staaten im Jahr 2015 auf ca. 4,4 Billionen US-Dollar beliefen (Zerzawy et al. 2017). Diese entfielen zu 65% auf Kohle, 26% auf Öl, 7% auf Erdgas und 2% auf Strom. In Deutschland umfasst dies Finanzhilfen zur Förderung des Absatzes von Steinkohle, die jedoch bis Ende 2018 auslaufen, Steuervergünstigungen für Dieselkraftstoffe, die zur Bodenbewirtschaftung oder bodengebundenen Tierhaltung in landwirtschaftlichen Maschinen und Fahrzeugen verwendet werden, Strompreiskompensationen zur Verhinderung der Auslagerung von stromintensiven und im internationalen Wettbewerb stehenden Unternehmen aufgrund von Auswirkungen des CO_2-Emissionshandels, ermäßigte Energiesteuersätze für flüssig- und erdgasbetriebene Fahrzeuge und teilweise Rückerstattung der Energiesteuer auf Kraftstoffe im Personennahverkehr, Befreiung des Luftverkehrs und internationalen Seeverkehrs von der Steuer auf Treibstoffe und Entlastung des Schienenverkehrs bei der Stromsteuer (BMF 2017). Weiterhin bestehen Steuervergünstigungen für die Herstellung von Chemikalien aus Erdöl (Berendt 2017). Der Zusammenschluss der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer (G20) hat bei seinem Treffen im September 2009 in Pittsburgh festgelegt, ineffiziente Subventionen für fossile Brennstoffe, die verschwenderischen Konsum begünstigen, mittelfristig abzubauen. Bisher wird die Selbstverpflichtung aber nur schleppend umgesetzt und es wurden kaum verbindliche Fristen für den Subventionsabbau festgelegt (Köder, Burger 2016).

Aufgrund der großen Eingriffstiefe in etablierte Systeme und der Notwendigkeit zur Berücksichtigung nicht intendierter Folgen handelt es sich beim Abbau von Subventionen und bei der Etablierung eines funktionierenden Emissionshandels um eher langfristige Prozesse. Es kann erwartet werden, dass Rahmenbedingungen, die auf die Realisierung der Bioökonomie hemmend wirken, nicht zügig abgeschafft werden können. Dennoch ist die Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger essentiell, um das 2015 auf der Pariser Klimakonferenz gefasste Ziel erreichen zu können, den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auf 1,5 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen. Damit besteht ein hoher Druck, Wettbewerbsverzerrungen zugunsten fossiler Ressourcen durch Veränderung der Rahmenbedingungen entgegenzuwirken.

13. Möglichkeiten der Förderung von Bioökonomie-Aktivitäten auf Landesebene nutzen

Ein Großteil der gesetzlichen Rahmenbedingungen, die für die Bioökonomie relevant sind, fällt in den Geltungsbereich des europäischen und nationalen Rechts. Dennoch bestehen auf regionaler Ebene Ansatzpunkte, um den Ausbau einer Bioökonomie zu gestalten und – wenn auch nur in Nischen – zu fördern (Kap. VII.3). Neben der in Baden-Württemberg bereits stattfindenden Forschungs- und Innovationsförderung könnten neue Akzente in den folgenden Bereichen gesetzt werden:

> Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen zur Unterstützung der ländlichen Entwicklung und umweltverträglichen Biomasseproduktion, die im Rahmen der 2. Säule der europäischen Agrarförderung von EU und Ländern kofinanziert werden;
> Ausgestaltung von Naturschutzbestimmungen und forstpolitischen Bestimmungen auf Bundesländerebene;
> Verbraucherbildung und -erziehung in Schulen und Kindertagesstätten, um den Blick für umweltbewusste Konsumentscheidungen und Alternativen, z.B. aus dem Feld bio-basierter Produkte, zu schärfen;
> Integration von Bioökonomie-Modulen in bestehende Berufs- und Hochschulausbildungen sowie in die allgemeine, berufliche und wissenschaftliche Weiterbildung;
> die Berücksichtigung bio-basierter Produkte bei einer stärker an sozialen und ökologischen Kriterien ausgerichteten öffentlichen Beschaffung in Baden-Württemberg inklusive Bestrebungen zur Entwicklung geeigneter Bewertungsansätze und Zertifizierungssysteme für bio-basierte Produkte.

Neben dem Effekt zur Förderung der Bioökonomie bieten diese Ansatzpunkte die Möglichkeit, die Entwicklung der regionalen Bioökonomie an naturräumlichen Spezifika, wirtschaftlichen Stärken und vorhandenen Akteursnetzwerken auszurichten. Die aktive Nutzung der regionalen Gestaltungsmöglichkeiten kann dazu beitragen, gewünschte Entwicklungen zu fördern (z.B. nachhaltige Beschaffung, bestimmte Technologiepfade) und potentiellen Konflikten frühzeitig vorzubeugen (z.B. im Feld der Biomasseproduktion), aber auch begrenzte Kapazitäten durch zielgerichtete Schwerpunktsetzungen zu bündeln. Aus diesen Gründen sollten die vorhandenen Handlungsspielräume durch die Landesregierung soweit wie möglich genutzt werden.

Literatur Kapitel VIII

Behrendt, S. (2017): Feedstock Change in der Chemieindustrie. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy. Berlin: adelphi, Borderstep, ITZ

Berg, S.; Kirchner, M.; Preschitschek, N.; Bröring, S.; Schurr, U. (2017): Die Bioökonomie als Kreislauf- und Verbundsystem. In: Pietzsch, J. (Hrsg.): Bioökonomie für Einsteiger. Berlin: Springer-Verlag. 139-158

Bioökonomierat (2015): Die deutsche Chemieindustrie – Wettbewerbsfähigkeit und Bioökonomie. BÖRMEMO 02

BIOPRO Baden-Württemberg (o.J.): Akteursplattform Bioökonomie Baden-Württemberg. Engagement für die Zukunft der Region. Flyer

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2017): Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderungsvorhaben der Bioökonomieforschung "Technologie-Initiative Bioraffinerien" im Rahmen der "Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030". Bundesanzeiger vom 03.08.2017

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Berlin

BMEL (Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft) (2017): Charta für Holz 2.0. Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen

BMF (Bundesministerium der Finanzen) (2017): 26. Subventionsbericht. Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2015 bis 2018. Berlin: BMF

Bringezu, S. (2014): Carbon Recycling for Renewable Materials and Energy Supply, Recent Trends, Long-Term Options, and Challenges for Research and Development. J. Ind. Ecol. 18, 327–340. DOI: 10.1111/jiec.12099

Dale, V. H.; Efroymson, R. A.; Kline, K.L.; Davitt, M.S. (2015): A framework for selecting indicators of bioenergy sustainability. Biofuels Bioprod. Bioref. 9, 435–446

Diekmann, J. (2012): EU-Emissionshandel: Anpassungsbedarf des Caps als Reaktion auf externe Schocks und unerwartete Entwicklungen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

EC (European Commission) (2015): Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. COM(2015) 614

EC (European Commission) (2017a): The Future of Food and Farming. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2017) 713

EC (European Commission) (2017b): Modernising and simplifying the CAP. Summary of the results of the public consultation. Brussels: European Commission – DG AGRI

EC (European Commission) (2017c): Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy. Brussels: EC – Directorate-General for Research and Innovation

EEB/BirdLife (2016): Uncap the truth – Spotlight on EU farm policy. European Environmental Bureau (EEB), BirdLife Europe, Brussels

European Stakeholders Panel (2017): European Bioeconomy Stakeholders Manifesto. https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/european_bioeconomy_stakeholders_manifesto.pdf

Feindt, P.H.; Purnhagen, K.; Heißenhuber, A.; Krämer, C.; Pahl-Wostl, C.; van Bers, C. et al. (2017): Ein zukunftsfähiger Gesellschaftsvertrag mit der Landwirtschaft: Plädoyer für eine neue Agrarpolitik. Politikpapier im Rahmen des Projekts „ZA-NEXUS“ im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz (BfN) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Giurca, A.; Späth, P. (2017): A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries. Journal of Cleaner Production 153, 51-62. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.156

Köder, L.; Burger, A. (2016): Umweltschädliche Subventionen. Aktualisierte Ausgabe 2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

Meyer, R. (2017): Bioeconomy Strategies: Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. Sustainability 9, 1031. DOI: 10.3390/su9061031

Meyer, R.; Ratinger, T.; Voss-Fels, K.P. (2013): Options for feeding 10 billion people - Plant breeding and innovative agriculture. Report prepared for STOA, the European Parliament Science and Technology Options Assessment Panel, under contract IP/A/STOA/FWC/2008-096/LOT3/C1/SC3. Institute for Technology Assessment and System Analysis (ITAS), Karlsruhe Institute of Technology, member of ETAG, the European Technology Assessment Group

MWK (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg) (2017): Bekanntmachung von Richtlinien zur Förderaktivität „Forschungsprogramm Bioökonomie Baden-Württemberg, 2. Förderrunde“, Dezember 2017

NABU (2010): Agrarmilliarden und ihre Zukunft. Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., Berlin

Pannicke, N.; Gawel, E.; Hagemann, N.; Purkus, A.; Strunz, S. (2015): The Political Economy of Fostering a Wood-based Bioeconomy in Germany. GJAE 64 (4), 224-243

POST (Parliamentary Office of Science and Technology) (2016): Designing a Circular Economy. POSTNOTE 536. London

ProBIO (2017): Less than 5% of FP7 bioeconomy projects are ready to enter the market and trigger socio- economic impacts. Press release Brussels, 28 June 2017. http://commnet.eu/07_Press/Press_Releases/Less-Than-5-Of-FP7-Bioeconomy-Projects-Are-Ready-To-Enter-The-Market-And-Trigger-Socio--Economic-Impacts.kl

Purkus, A.; Hagemann, N.; Bedtke, N.; Gawel, E. (2017): Towards a sustainable innovation system for the German wood-based bioeconomy: Implications for policy design. Journal of Cleaner Production 2017, in press. DOI: 10.1016/j.clepro.2017.04.146

Priefer, C.; Jörissen, J.; Frör, O. (2017): Pathways to Shape the Bioeconomy. Resources 6, 10. DOI: 10.3390/resources6010010

Rosenkranz, L.; Selzer, A.; Seintsch, B.; Dunger, K.; Döring, P.; Gerber, K.; Glasenapp, S.; Klatt, S.; Kukulka, F.; Meier-Landsberg, E.; Linde, A.; Mantau, U.; Oehmichen, K.; Reise, J.; Röhling, S.; Saal, S.; Schier, F.; Schweinle, J.; Weimar, H.; Winter, S. (2017): Verbundforschungsbericht WEHAM-Szenarien. Stakeholderbeteiligung bei der Entwicklung und Bewertung von Waldbehandlungs- und Holzverwendungsszenarien. Thünen Working Paper 73

Ronzon, T.; Lusser, M.; Klinkenberg, M. (ed.); Landa, L.; Sanchez Lopez, J. (ed.); M’Barek, R.; Hadjamu, G. (ed.); Belward, A. (ed.); Camia, A. (ed.); Giuntoli, J.; Cristobal, J.; Parisi, C.; Ferrari, E.; Marelli, L.; Torres de Matos, C.; Gomez Barbero, M.; Rodriguez Cerezo, E. (2017): Bioeconomy Report 2016. JRC Scientific and Policy Report. EUR 28468 EN

RNE (Rat für Nachhaltige Entwicklung) (2017): Agrarpolitik der Europäischen Union. Stellungnahme zur gemeinsamen Agrarpolitik (GAP). Berlin, den 01. Dezember 2017

Schraml, U.; von Detten, R.; Wurz, A.; Schulz-Montag, B.; Steinmüller, K.; Veenhoff, S.; Hirschfeld, J.; Ott, K.; von Egan-Krieger, T.; Brüggemann, B.; Riehle; R.; Behrendt, S.; Moser, K. (2009): Waldzukünfte: Herausforderungen für eine zukunftsfähige Waldpolitik in Deutschland. Policy Paper. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/Publikationen/2009/Waldzukuenfte_Broschuere_Policy_Paper.pdf

Synvina (2017): 25 Millionen Euro Zuschuss gewährt: Industriekonsortium erhält Fördermittel für Polyethylenfuranoat (PEF). Presseinformation 8. Juni 2017. Amsterdam: Synvina C.V.

TP Organics (European Technology Platform for Organic Food and Farming) (2017): Research & Innovation for Sustainable Food and Farming. Position paper on the 9th EU Research & Innovation Framework Programme (FP9). Brussels

UM BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg), Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2016): Landesstrategie Ressourceneffizienz Baden-Württemberg. 1. März 2016

VCI (Verband der Chemischen Industrie) (2017): Die deutsche chemische Industrie 2030. VCI-Prognos-Studie – Update 2015/2016. Frankfurt/M.: VCI

Voß, W. (2013): Die Grundstoffchemie in Deutschland im internationalen Umfeld. Hannover: IG Bergbau, Chemie, Energie und Hans-Böckler-Stiftung

Weigelt, J.; Ehlers, M.-H.; Müller, A. (2018): Wege zu einem Gesellschaftsvertrag für eine zukunftsfähige Landwirtschaft. Policy Brief für den BMUB Agrarkongress 2018 „Gemeinsam Zukunft wachsen lassen: Ein Gesellschaftsvertrag für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucher“

Winkel, G. (2017): Policy conclusions. In: Winkel, G. (Ed.): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward. Joensuu, Finland: European Forest Institute. 153-160

Wirth, S.; Markard, J. (2011): Context matters: How existing sectors and competing technologies affect the prospects of the Swiss Bio-SNG innovation system. Technological Forecasting & Social Change 78, 635–649. DOI: 10.1016/j.techfore.2011.01.001

Zerzawy, F.; Fiedler, S.; Mahler, A. (2017): Subventionen für fossile Energien in Deutschland. Beitrag für eine transparente Berichterstattung im Rahmen der G20. Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) e.V. im Auftrag von Greenpeace e. V., Hamburg

Anhang – Fragebogen

Bitte geben Sie an, welchem Handlungsfeld sich Ihr Projekt zuordnen lässt

Biomasseproduktion/Substratbereitstellung	
Biomasseaufschluss und Konversion	
Nutzung der Konversionsprodukte/Produktentwicklung	
Bewertung der Biomassenutzung unter ökonomischen, ökologischen, sozialen und ethischen Aspekten	
Systemanalyse, Potentialabschätzung, Modellierung	
Gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Akzeptanz	

Wie würden Sie die Art Ihrer Forschung charakterisieren?

Grundlagenforschung	
Angewandte Forschung	

Wie lange arbeiten Sie schon im Themenfeld Bioökonomie?

Seit Beginn des laufenden Forschungsprojekts Bitte Startjahr angeben:	
Schon vor Beginn des laufenden Forschungsvorhabens Seit wann?	

Verständnis von Bioökonomie

In den Bioökonomie-Strategien verschiedener Länder und in der wissenschaftlichen Literatur werden unterschiedliche Definitionen von Bioökonomie verwendet.

Wie würden Sie Bioökonomie definieren?

Bitte geben Sie an, in welchem Maße Sie den nachfolgend angeführten Definitionen jeweils zustimmen (1 = stimme voll zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme überhaupt nicht zu)

Definitionen der Bioökonomie	**1**	**2**	**3**	**4**
Bioökonomie ist die Entwicklung und Anwendung moderner Biotechnologie und Biowissenschaften (vgl. OECD)				
Bioökonomie umfasst die Produktion von erneuerbaren biologischen Ressourcen und ihre Konversion in Mehrwert generierende Produkte wie zum Beispiel Nahrungs- und Futtermittel, biobasierte Produkte und Bioenergie (vgl. Europäische Kommission)				
Bioökonomie umfasst die Agrar- und Forstwirtschaft sowie alle produzierenden Sektoren und ihre dazugehörigen Dienstleistungsbereiche, die biologische Ressourcen (Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen) entwickeln, produzieren, ver- und bearbeiten oder in irgendeiner Form nutzen (vgl. BMBF)				
Bioökonomie verknüpft Ökonomie und Ökologie auf intelligente Weise und ermöglicht damit biobasiertes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum (vgl. BMEL)				

Visionen und Ziele

In der Bioökonomie-Strategie der Europäischen Kommission und der Bundesregierung werden verschiedene Visionen und weitreichende gesellschaftliche Ziele formuliert, die mit der Realisierung einer Bioökonomie erreicht werden sollen.

Bitte bewerten Sie die unten aufgelisteten Ziele[57] nach ihrer Wichtigkeit auf einer Skala von: 1 = unverzichtbar, 2 = wichtig, 3 = geringere Bedeutung, 4 = eher nebensächlich

Ziele	1	2	3	4
Langfristige Umstellung der wirtschaftlichen Produktionsbasis von fossilen auf biogene Quellen				
Produktion der notwendigen Rohstoffe im Einklang mit den Zielen des Umwelt-, Klima- und Naturschutzes				
Möglichst weitgehende Realisierung der Koppel- und Kaskadennutzung von Biomasse				
Nachhaltiger Konsum als Teil der Wertschöpfungskette der Bioökonomie				
Vorreiterrolle Deutschlands bei der Lösung globaler Herausforderungen wie Klimaschutz und Ernährungssicherung				
Stärkung der Innovationskraft und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschafts- und Forschungsstandorts Deutschland				
Wachstumsschub und Schaffung neuer Arbeitsplätze gerade auch im ländlichen Raum				
Stärkung der industriellen Biotechnologie als ein Wirtschaftsgebiet mit hoher Wachstumsdynamik und großem Markt- und Wertschöpfungspotential				
Länder-, disziplin- und institutionenübergreifende Vernetzung von Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft				
Stärkung inter- und transdisziplinärer Forschung				
Enges Zusammenwirken wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und sozialer Akteure bei der Entwicklung einer Bioökonomie				

Ziel des Forschungsverbunds „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas“ ist die Erforschung von Möglichkeiten für die Entwicklung wettbewerbsfähiger, von traditioneller Förderung weitgehend unabhängiger, effizienter und umweltfreundlicher Technologien und Nutzungspfade in der Biogasproduktion.

Bitte geben Sie eine Einschätzung, welchen Beitrag Ihre voraussichtlichen Forschungsergebnisse zur Verwirklichung der unten angeführten Ziele[58] der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie leisten können (1 = hoher Beitrag, 2 = mäßiger Beitrag, 3 = geringer Beitrag, 4 = kein Beitrag)

[57] Die genannten Ziele stammen aus der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie (BMEL 2014), S. 20ff

[58] Die genannten Ziele stammen aus der baden-württembergischen Forschungsstrategie „Bioökonomie im System aufstellen“ von 2013, S. 6f

Ziele	1	2	3	4
Zunehmende Unabhängigkeit des Landes von importierten fossilen Rohstoffen				
Nutzung der im Land vorhandenen Vielfalt pflanzlicher Biomasse				
Entwicklung neuer Verfahren/Technologien zur Biomassebereitstellung und -konversion				
Entwicklung von Kaskadennutzungen und Einsatz von nicht nutzbaren Koppelprodukten als Energieträger				
Entwicklung neuer hochwertiger und konkurrenzfähiger biobasierter Stoffe und Materialien				
Steigerung der lokalen Wertschöpfung und Beitrag zur positiven Beschäftigungsentwicklung in ländlichen Regionen				
Beitrag zur nachhaltigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen auf globaler Ebene				
Sicherung einer qualitativ hochwertigen Ernährung, sowohl in Baden-Württemberg als auch weltweit				
Stärkung der Innovationskraft des Landes, Ausbau der Technologieführerschaft				
Erhöhung der internationalen Sichtbarkeit und Konkurrenzfähigkeit des Wirtschafts- und Forschungsstandorts Baden-Württemberg				
Landesweite Vernetzung von Forschungseinrichtungen und Bündelung der baden-württembergischen Kompetenzen im Bereich der Bioökonomie				
Verbesserung des Informationsflusses zwischen Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft				

Alternative Umsetzungspfade

Im Rahmen der Bioökonomie werden unterschiedliche alternative Umsetzungspfade diskutiert. Während die einen auf den Einsatz neuer Technologien wie industrielle Biotechnologie, Gentechnik und synthetische Biologie bauen, fordern andere Veränderungen im Konsumverhalten und eine Orientierung der Wirtschaft an der Tragfähigkeit ökologischer Systeme. Dem Bestreben, biologische Systeme so zu verändern, dass sie der Befriedigung ökonomischer und gesellschaftlicher Bedürfnisse dienen, steht die Forderung nach Einbettung industrieller Wirtschafts- und Produktionsprozesse in natürliche Stoffkreisläufe gegenüber.

Im Folgenden haben wir zum Teil gegensätzliche Positionen zur zukünftigen Ausgestaltung der Bioökonomie zusammengestellt und bitten Sie diese nach folgenden Kategorien zu bewerten: 1 = stimme voll zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme überhaupt nicht zu

Alternative Umsetzungspfade	**1**	**2**	**3**	**4**
Erhöhung der Ressourceneffizienz entlang biobasierter Wertschöpfungsketten (weniger Rohstoffinput pro Produkteinheit, Schließung von Kreisläufen, Koppel- und Kaskadennutzung)				
Förderung nachhaltiger Konsummuster (z.B. Reduktion des Fleischverzehrs, Konsum regional erzeugter Nahrungsmittel, Vermeidung von Lebensmittelverschwendung, Verringerung des Verbrauchs fossiler Energien)				
Ausbau der Technologie-Führerschaft, der Verfügung über geistiges Eigentum (z.B. Patente) und des wirtschaftlichen Einflusses von multinationalen Unternehmen				
Förderung sozialer Innovationen, der Nutzung von lokalem Wissen und den Erfahrungen verschiedener Stakeholder (Landwirte, KMU, zivilgesellschaftliche Gruppen)				
Förderung von Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften als Schlüsseltechnologien (Gentechnik, Synthetische Biologie, DNA-Sequenzierung, Bioinformatik etc.)				
Stärkung einer multifunktionalen, agro-ökologischen Landbewirtschaftung, die an Kriterien wie Diversität, Resilienz und Selbstregulierung orientiert ist				
Anpassung der Natur an industrielle Prozesse und Kreisläufe				
Anpassung des industriellen Metabolismus an natürliche Kreisläufe				
Schaffung enger Partnerschaften zwischen Unternehmen, Forschung und Politik mit dem Ziel Investitionen, Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich von Schlüsseltechnologien zu fördern				
Beteiligung der Zivilgesellschaft an der Ausgestaltung einer Bioökonomie				

Forschungsverbund „Nachhaltige und flexible Wertschöpfungsketten für Biogas“

Wertschöpfungsketten

Die Situation in Baden-Württemberg ist gekennzeichnet durch einen hohen Bestand von Biogasanlagen bei gleichzeitig sinkender Wirtschaftlichkeit der Biogasproduktion infolge der Novellierung der EEG-Förderung in 2014 (u.a. kein Bonus mehr für den Einsatz landwirtschaftlicher Energiepflanzen). Daran anknüpfend sollen im Verbundprojekt einerseits die Einsatzmöglichkeiten alternativer Substrate wie Landschaftspflegematerial, Lebensmittelabfälle, biogene Siedlungsabfälle, Gülle oder Klärschlamm untersucht werden, anderseits die technische Optimierung bestehender Anlagen (Repowering) sowie alternative Nutzungswege des erzeugten Biogases. Dazu gehört die stoffliche Nutzung von Biogas sowie die Speicherung und Nutzung von Biogas als Regel- bzw. Bedarfsenergie, zum Ausgleich des diskontinuierlichen Anfalls anderer erneuerbarer Energien.

- Welche Wertschöpfungskette/n soll im Rahmen Ihres Forschungsprojekts auf- bzw. ausgebaut werden? Bitte geben Sie jeweils Ausgangsstoff, Konversionsverfahren, Ziel- und Nebenprodukte an.

Wertschöpfungskette:
Ausgangsstoff/e:
Konversionsverfahren:
Zielprodukt/e:
Nebenprodukt/e:

- Was waren Ihre Auswahlkriterien für die Festlegung auf diese Wertschöpfungskette/n (z.B. besonders hohe Wertschöpfung, besonders einfaches Verfahren, günstige Kosten-Nutzen-Relation)?
- Welche energetische und/oder stoffliche Nutzung ist für das/die angestrebte/n Zielprodukt/e vorgesehen?
- Welche Nutzung ist für die anfallenden Nebenprodukte (z.B. Gärreste) vorgesehen?
- Von welchem Zeithorizont gehen Sie aus, bis alle Technologien und Verfahren zur Realisierung einer zukunftsfähigen, umweltfreundlichen und wettbewerbsfähigen Biogaserzeugung in der Praxis zur Verfügung stehen?
- Welche Chancen räumen Sie dem weiteren Betrieb bestehender Biogasanlagen nach dem Auslaufen der zwanzigjährigen EEG-Förderung ein?
- Welche Chancen räumen Sie dem weiteren Zubau von Biogasanlagen unter den aktuellen EEG-Förderbedingungen ein?
- Wie schätzen Sie die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Rest- und Abfallstoffen als Biogassubstrat ein?

Potenziale und Nutzungskonkurrenzen

Nach der Bioökonomiestrategie der Bundesregierung soll der globalen Ernährungssicherung und der ausreichenden Versorgung mit gesunden und sicheren Lebensmitteln Vorrang vor allen anderen Nutzungspfaden biogener Rohstoffe eingeräumt werden. Da das Angebot an Fläche begrenzt und nicht vermehrbar ist, sind Flächennutzungskonkurrenzen nicht auszuschließen. Um mögliche Konflikte zu

vermeiden, soll im Verbundprojekt in erster Linie der Einsatz von Rest- und Abfallstoffen als Biogassubstrat geprüft werden. Dabei sind zwar keine Landnutzungskonkurrenzen zu erwarten, wohl aber – bei bestimmten Einsatzstoffen wie biogenen Siedlungsabfällen oder Klärschlamm – Konkurrenzbeziehungen zu etablierten Verwertungswegen wie Kompostierung, Vergärung oder thermischer Behandlung.

- Wie wird sich die Nachfrage nach Bioenergiepflanzen durch die im Verbundprojekt anvisierten Wertschöpfungsketten verändern?
- Welche erschließbaren, bisher noch nicht genutzten Potentiale von Rest- und Abfallstoffen (Landschaftspflegematerial, Abfälle aus der Lebensmittelindustrie, biogene Siedlungsabfälle, Gülle, Klärschlamm) können in Baden-Württemberg für die Realisierung der geplanten Wertschöpfungsketten mobilisiert werden?
- Reichen Ihrer Ansicht nach die mobilisierbaren Rest- und Abfallstoffe in Baden-Württemberg aus, um den Substratbedarf der bestehenden Biogasanlagen zu befriedigen?
- Inwieweit erwarten Sie beim Einsatz von Rest- und Abfallstoffen Konkurrenzbeziehungen zu bereits etablierten Verwertungswegen wie Kompostierung, Vergärung und thermischer Behandlung?
- Ist langfristig eine Konkurrenzsituation zwischen dem Biogas-Pfad und dem Lignozellulose-Pfad im Hinblick auf bestimmte Ausgangsstoffe (z.B. Miscanthus, Landschaftspflegematerial) wahrscheinlich?
- In welchem Umfang könnten landwirtschaftliche Flächen in Baden-Württemberg durch die Substratumstellung (von Mais auf Rest- und Abfallstoffe) freigesetzt werden?
- Die bestehenden Biogasanlagen sind in der Regel rohstoffnah im ländlichen Raum angesiedelt. Halten Sie beim Einsatz von alternativen Substraten wie Lebensmittelabfällen, biogenen Siedlungsabfällen und Klärschlamm eine Verlagerung von Anlagen an siedlungsnahe Standorte für erforderlich?
- Würde eine solche Standortverlagerung aus Ihrer Sicht zu erhöhten Akzeptanzproblemen bei der betroffenen Bevölkerung führen?

Auswirkungen einer optimierten Biogasproduktion auf die Umwelt

Die häufig beklagten negativen Auswirkungen des Anbaus von Mais und anderen landwirtschaftlichen Biogassubstraten auf die Umwelt (Boden, Wasser, Biodiversität, Ökosystemfunktionen) würden durch die verstärkte Nutzung von Rest- und Abfallstoffen weitgehend vermieden. In Anbetracht des hohen Bestands an Biogasanlagen in Baden-Württemberg ist aber zu vermuten, dass auf Anbau und Nutzung von Energiepflanzen dennoch nicht ganz verzichtet werden kann. Im Verbundprojekt ist daher explizit die Nutzung mehrjähriger Energiepflanzen vorgesehen.

- Welche sowohl positiven als auch negativen ökologischen Auswirkungen (Boden, Wasser, Biodiversität, Ökosystemfunktionen) sind durch die im Rahmen des Verbundprojekts vorgesehene Nutzung von mehrjährigen Energiepflanzen zu erwarten?
- Wie sind die ökologischen Auswirkungen im Vergleich zu konventionellen Energiepflanzen (Mais, Zuckerrüben, Weizen) zu bewerten?
- Welche sowohl positiven als auch negativen Umweltwirkungen sind von dem Einsatz von Rest- und Abfallstoffen als Biogassubstrate anstelle von Energiepflanzen zu erwarten?

Akteure

Wie dem Verbundantrag zum Forschungsfeld Biogas zu entnehmen ist, bestehen zahlreiche Synergien zwischen den Teilprojekten und auch Anknüpfungspunkte zum Lignozellulose-Verbund, die eines erheblichen Koordinierungsaufwands bedürfen. Ein zentrales Anliegen der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie ist es daher, eine landesweite Vernetzung von Forschungseinrichtungen unter einem gemeinsamen Forschungsfokus zu verwirklichen und den Informationsfluss zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft auszubauen. Vor diesem Hintergrund interessiert uns, welche Kooperationen in Ihrem Forschungsprojekt stattfinden, die über die Forschungsverbundtreffen und die Statusseminare hinausgehen.

Haben Sie Kooperationen…	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren?**
innerhalb des Verbunds?			
innerhalb des gesamten Forschungsprogramms?			
mit Forschungseinrichtungen, die nicht am Forschungsprogramm Bioökonomie teilnehmen?			
mit Unternehmen aus den Bereichen Biotechnologie und Chemie?			
mit Unternehmen aus der Lebensmittelindustrie?			
mit Unternehmen aus dem Bereich Erneuerbare Energien?			
mit Unternehmen aus anderen Branchen?			
mit Unternehmen und Einrichtungen aus dem BioPro-Akteursnetzwerk?			
mit Landwirten oder landwirtschaftlichen Verbänden?			
mit zivilgesellschaftlichen Gruppen wie Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden?			
mit potentiellen Nutzern?			

In welcher Weise kooperieren Sie?	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren**
(Regelmäßige) Arbeitstreffen zum Informationsaustausch			
Diskussion, Austausch und/oder Weitergabe von Ergebnissen			
Gemeinsame Erarbeitung von Forschungsfragen			
Gemeinsame Nutzung von Geräten und Infrastruktur			
Abstimmung über zu verwendende Ausgangsstoffe			
Verständigung über Untersuchungsmethoden			
Ermittlung von Interessenslagen			
Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien			
Entwicklung neuer Business-Modelle (z.B. Start-ups, Public-Private Partnerships)			

Forschungsverbund „Lignozellulosebasierte Wertschöpfungsketten“

Wertschöpfungsketten

Lignozellulose ist die am häufigsten vorkommende Biomasseart, die schon seit vorindustrieller Zeit vom Menschen in vielfältiger Form genutzt wird. Für die Produktion von Lignozellulose stehen verschiedene Biomassequellen zur Verfügung, die über eine Vielzahl von Konversions- und Verarbeitungswegen zu einem breiten Spektrum von Endprodukten führen können. Die folgenden Fragen haben den Zweck, nähere Informationen über die betrachteten Wertschöpfungsketten und die avisierten Zwischen- und Endprodukte zu gewinnen.

- Welche Wertschöpfungskette/n soll im Rahmen Ihres Forschungsprojekts auf- bzw. ausgebaut werden? Bitte geben Sie jeweils Ausgangsstoff, Konversionsverfahren, Ziel- und Zwischenprodukte an.

Wertschöpfungskette:
Ausgangsstoff/e:
Konversionsverfahren:
Zielprodukt/e:
Zwischenprodukt/e:

- Welche innovativen Produktlinien können auf Basis Ihrer Zielprodukte aufgebaut werden? (z.B. neue Werkstoffe wie Biokunststoffe, isolierende Schäume, High-Performance-Nanocomposite etc.)
- Welche weiteren Synthese-/Verwertungsschritte sind erforderlich, um von Ihrem/n Zielprodukt/en zu den angestrebten Endprodukten zu kommen?
- Was waren Ihre Auswahlkriterien für die Festlegung auf diese Wertschöpfungskette/n (z.B. besonders hohe Wertschöpfung, besonders einfaches Verfahren, günstige Kosten-Nutzen-Relation)?
- Sollen durch die angestrebten Zielprodukte bestehende erdölbasierte Produkte substituiert werden oder sollen innovative Produkte entstehen?
- Zielt/zielen die Wertschöpfungskette/n darauf ab, die entstehenden Zielprodukte in etablierte petrochemische Verwertungswege einzubinden oder sollen neue, unabhängige Syntheserouten aufgebaut werden?
- Fallen in Ihrer/n Wertschöpfungskette/n Koppelprodukte bzw. Reststoffe an und wenn ja, welche Nutzung ist für diese vorgesehen?
- Sieht/sehen Ihre Wertschöpfungskette/n eine mehrstufige Kaskadennutzung (sprich Wiedernutzung von Endprodukten) vor und wenn ja, in welcher Form?
- Gehen Sie davon aus, dass die Lignin- bzw. Terpenfraktionen der Lignozellulose in absehbarer Zeit einer anderen Nutzung als der Verbrennung zugeführt werden können? Was halten Sie für den erfolgversprechendsten Weg?
- Von welchem Zeithorizont gehen Sie aus, bis alle Technologien und Verfahren zur Realisierung einer ganzheitlichen Nutzung von lignozellulosehaltiger Biomasse in der Praxis zur Verfügung stehen?

Potenziale und Nutzungskonkurrenzen

Nach der Bioökonomiestrategie der Bundesregierung soll der globalen Ernährungssicherung und der ausreichenden Versorgung mit gesunden und sicheren Lebensmitteln Vorrang vor allen anderen Nutzungspfaden biogener Rohstoffe eingeräumt werden. Da das Angebot an Fläche begrenzt und nicht

vermehrbar ist, können die Nahrungsmittelproduktion für eine wachsende Weltbevölkerung sowie die Erhaltung und Sicherung der unverzichtbaren Ökosystemdienstleistungen in Konkurrenz zu einer verstärkten stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse geraten. Um die sich daraus möglicherweise ergebenden Konflikte zu vermeiden, soll sich – gemäß dem Verbundantrag – die Erzeugung der benötigten Biomasse auf Flächen und Regionen in Baden-Württemberg konzentrieren, die weniger gut für den Nahrungsmittelanbau geeignet sind.

- Welche zusätzliche Nachfrage nach Lignozellulose wird durch die im Verbundprojekt anvisierten Wertschöpfungsketten ausgelöst?
- Welche erschließbaren, bisher noch nicht genutzten Holzpotentiale können für die Realisierung der geplanten Wertschöpfungsketten in Baden-Württemberg mobilisiert werden?
- Welche alternativen Einsatzstoffe (z.B. Altholz, Landschaftspflegematerial, Reststoffe aus der Forst-, Holz- und Landwirtschaft, z.B. Stroh) kommen aus Ihrer Sicht am ehesten in Betracht? Stehen diese in ausreichendem Umfang zur Verfügung?
- Gehen Sie davon aus, dass die heimische Biomasse zur Befriedigung des absehbaren Rohstoffbedarfs ausreicht oder sind Importe aus dem Ausland erforderlich?
- Inwieweit erwarten Sie im Hinblick auf den Ausgangsstoff Konkurrenzbeziehungen zu bereits etablierten Vermarktungs- und Verwertungswegen z.B. zur Holz-/Papier-/Bau- und Möbelindustrie oder zum Energieholzmarkt?
- Inwieweit werden sich Ihrer Meinung nach neue Landnutzungskonzepte mit mehrjährigen Lignozellulose liefernden Pflanzen (z.B. KUP, Miscanthus) unter den bestehenden Rahmenbedingungen in Baden-Württemberg durchsetzen?
- Gehen Sie davon aus, der der zusätzliche Flächenbedarf für solche Anbaulignozellulose auf baden-württembergischen Flächen befriedigt werden kann?
- Erwarten Sie, dass die geplanten Wertschöpfungsketten zur Umwandlung von Lignozellulose eher in Großanlagen (z.B. an Chemiestandorten) oder in dezentralen (rohstoffnahen) Kleinanlagen erfolgen wird?

Auswirkungen einer verstärkten Nutzung von Lignozellulose auf die Umwelt

Die verstärkte Entnahme holziger Biomasse aus Wäldern ebenso wie deren Produktion auf Ackerflächen in Form von mehrjährigen Lignozellulose liefernden Pflanzen kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf Natur und Umwelt haben, deren Ausmaß wesentlich von den jeweiligen Entnahme-bzw. Anbaustrategien bestimmt wird.

- Welche negativen ökologischen Auswirkungen (Boden, Wasser, Biodiversität, Ökosystemfunktionen) können durch die verstärkte Entnahme von holziger Biomasse aus Wäldern entstehen?
- Wie und inwieweit lassen sich solche negativen Effekte durch neuartige Waldbausysteme verhindern?
- Lassen sich diese neuartigen Waldbausysteme in Baden-Württemberg auch bei stark steigender Rohstoffnachfrage noch in ausreichendem Umfang realisieren?
- Welche positiven und negativen ökologischen Auswirkungen auf Boden, Wasser, Biodiversität und Ökosystemfunktionen sind aus Ihrer Sicht von dem Anbau mehrjähriger Lingozellulose liefernder Pflanzen auf Ackerflächen zu erwarten?
- In welchem Umfang ließen sich mögliche negative Auswirkungen durch die Art der Kultivierung einschränken (z.B. Erhöhung der pflanzlichen Diversität in Kurzumtriebsplantagen anstelle von Monokulturen)?

- Wie sind die ökologischen Auswirkungen der Produktion von Lignozellulose auf Ackerflächen im Vergleich zu den Auswirkungen des Anbaus von konventionellen Energiepflanzen (Mais, Raps) zu bewerten?

Akteure

Wie der Verbundantrag zum Forschungsfeld Lignozellulose kritisch hervorhebt, ist die Vernetzung der in Baden-Württemberg tätigen Arbeitsgruppen im Bereich Bioökonomie bisher noch unzureichend und wenig planvoll. Ein zentrales Anliegen der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie ist es daher, eine landesweite Vernetzung von Forschungseinrichtungen unter einem gemeinsamen Forschungsfokus zu verwirklichen und den Informationsfluss zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft auszubauen. Vor diesem Hintergrund interessiert uns, welche Kooperationen in Ihrem Forschungsprojekt stattfinden, die über die Forschungsverbundtreffen und die Statusseminare hinausgehen.

Haben Sie Kooperationen…	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren?**
innerhalb des Verbunds?			
innerhalb des gesamten Forschungsprogramms?			
mit Forschungseinrichtungen, die nicht am Forschungsprogramm Bioökonomie teilnehmen?			
mit Unternehmen aus den Bereichen Biotechnologie und Chemie?			
mit Unternehmen aus der Lebensmittelindustrie?			
mit Unternehmen aus dem Bereich Erneuerbare Energien?			
mit Unternehmen aus anderen Branchen?			
mit Unternehmen und Einrichtungen aus dem BioPro-Akteursnetzwerk?			
mit Landwirten oder landwirtschaftlichen Verbänden?			
mit zivilgesellschaftlichen Gruppen wie Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden?			
mit potentiellen Nutzern?			

In welcher Weise kooperieren Sie?	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren**
(Regelmäßige) Arbeitstreffen zum Informationsaustausch			
Diskussion, Austausch und/oder Weitergabe von Ergebnissen			
Gemeinsame Erarbeitung von Forschungsfragen			
Gemeinsame Nutzung von Geräten und Infrastruktur			
Abstimmung über zu verwendende Ausgangsstoffe			
Verständigung über Untersuchungsmethoden			
Ermittlung von Interessenslagen			
Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien			
Entwicklung neuer Business-Modelle (z.B. Start-ups, Public-Private Partnerships)			

Forschungsverbund „Mikroalgen“

Wertschöpfungsketten

Die Forschung zur Nutzung von Mikroalgen hat sich bislang auf die Herstellung von pharmazeutischen Produkten und Biokraftstoffen konzentriert. Die Entwicklung hochwertiger Rohstoffe aus Mikroalgen für den Einsatz in der Ernährungs- und Futtermittelindustrie steht noch am Anfang. Eine frühzeitige Identifikation möglicher zukünftiger Wertschöpfungsketten auf der Basis von Mikroalgen ist eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Innovationen. Die folgenden Fragen haben den Zweck, nähere Informationen über die angestrebten Wertschöpfungsketten und die avisierten Ziel- und Endprodukte zu gewinnen.

- Welche Wertschöpfungskette/n soll/en im Rahmen Ihres Forschungsprojekts entwickelt werden? Bitte geben Sie jeweils die Art der verwendeten Mikroalgen, Kultivierungsverfahren, Extraktionsverfahren, Ziel- und Koppelprodukte an.

Wertschöpfungskette/n:
Verwendete Mikroalge/n:
Kultivierungsverfahren:
Extraktionsverfahren:
Zielprodukt/e:
Koppelprodukt/e:

- Welche innovativen Lebensmittelbestandteile bzw. Lebensmittel können auf Basis Ihrer Zielprodukte gewonnen werden? (z.B. Nahrungsergänzungsmittel, funktionale Lebensmittel, Substitutionsprodukte für tierische Lebensmittel etc.)
- Welche weiteren Verarbeitungsschritte sind erforderlich, um von Ihrem/n Zielprodukt/en zu den angestrebten Lebensmittelbestandteilen bzw. Lebensmitteln zu kommen?
- Was waren Ihre Auswahlkriterien für die Festlegung auf diese Wertschöpfungskette/n (z.B. besonders hohe Wertschöpfung, besonders einfaches Verfahren, günstige Kosten-Nutzen-Relation)?
- Sollen durch die angestrebten neuen Lebensmittelbestandteile bzw. Lebensmittel aus Mikroalgen konventionelle tierische Lebensmittel substituiert werden oder sollen innovative Produkte entstehen?
- Fallen in Ihrer/n Wertschöpfungskette/n Koppelprodukte bzw. Reststoffe an und wenn ja, welche Nutzung ist für diese vorgesehen?
- Von welchem Zeithorizont gehen Sie aus, bis alle Technologien und Verfahren zur Realisierung einer Nutzung von Mikroalgen für die Lebensmittelproduktion in der Praxis zur Verfügung stehen?

Potentiale und Nutzungskonkurrenzen

Nach der Bioökonomiestrategie der Bundesregierung soll der globalen Ernährungssicherung und der ausreichenden Versorgung mit gesunden und sicheren Lebensmitteln Vorrang vor allen anderen Nutzungspfaden biogener Rohstoffe eingeräumt werden. Der Forschungsverbund Mikroalgen möchte dazu beitragen, den Druck auf die aktuell verfügbaren biologischen Ressourcen zu vermindern. Für die Erzeugung von Mikroalgen ist keine landwirtschaftliche Nutzfläche erforderlich. Damit entfallen potentiell Landnutzungskonkurrenzen, wie sie bei anderen stofflichen und energetischen Nutzungen von Biomasse entstehen können. Trotzdem können auch für Mikroalgen Konkurrenzen mit anderen Landnutzungen nicht völlig ausgeschlossen werden. Schließlich kann die Einführung neuer Produkte

auf der Basis von Mikroalgen in die Lebensmittelherstellung vielfältige Konkurrenzbeziehungen zur Produktion konventioneller Lebensmittel wie Milch und Fleisch bewirken.

- Welche Standorte in Baden-Württemberg kommen für eine Produktion von Mikroalgen in Frage? Welche bisherigen Landnutzungen würden damit verdrängt?
- Welcher Flächenbedarf für Mikroalgen-Reaktoren wird erwartet?
- Gibt es Faktoren, die für eine Realisierung der angestrebten Wertschöpfungsketten außerhalb von Baden-Württemberg sprechen? Wenn ja, welche Standorte kommen in Frage?
- Wäre es denkbar, dass einzelne Stufen der Wertschöpfungskette an unterschiedlichen Standorten realisiert werden? Welche Standortkombinationen kämen in Betracht und warum?
- Welche CO_2-Quellen sollen genutzt werden und welcher CO_2-Bedarf wird erwartet?
- Wie schätzen Sie die Verbraucherakzeptanz für algenbasierten Lebensmittel ein?
- Welche fördernden Faktoren (z.B. Gesundheitswert) und hemmenden Faktoren (z.B. Erwartung an "Natürlichkeit" von Lebensmitteln) können aus Ihrer Sicht die Verbraucherakzeptanz von algenbasierten Lebensmitteln beeinflussen?
- Welches Interesse der Lebensmittelindustrie an algenbasierten Produkten erwarten Sie?
- In welchem Umfang könnte sich die Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln Ihrer Meinung nach auf algenbasierte Produkte verlagern?
- Sehen Sie eine Konkurrenz zum ökologischen Landbau oder anderen Ansätzen, die den Tierschutz und die Umweltverträglichkeit in der konventionellen Landwirtschaft verbessern?
- Wie sehen Sie die Konkurrenz zu anderen innovativen Ansätzen zur Substitution tierischer Lebensmittel (In-vitro-Fleisch, pflanzenbasierte Milch, Single Cell Protein, Insekten etc.)?

- Welche Veränderungen (Umfang und Art) in der landwirtschaftlichen Tierhaltung und in der Futtermittelproduktion erwarten Sie von einer erfolgreichen Einführung von Lebensmitteln aus Mikroalgen?
- Denken Sie, dass es in der Zukunft zu Konkurrenzsituationen zwischen einer energetischen Verwendung von Mikroalgen und der Nutzung als Lebensmittel kommen kann?

Auswirkungen einer Nutzung von Mikroalgen auf die Umwelt

Wie alle Produktionsprozesse sind auch Wertschöpfungsketten auf der Basis von Mikroalgen mit Ressourcenverbräuchen (z.B. Energie, Wasser, Nährstoffe) und potentiellen Umweltbelastungen (z.B. Treibhausgasemissionen) verbunden.

- Welche Auswirkungen auf das Landschafts- bzw. Stadtbild werden durch die Installation von Mikroalgen-Reaktoren erwartet?
- In welchem Umfang könnten durch die Produktion von Mikroalgen für die Ernährung landwirtschaftliche Nutzflächen freigesetzt werden?
- Wie sieht die Energiebilanz der betrachteten Wertschöpfungskette/n aus?
- Welcher Wasserbedarf ist mit der/n betrachteten Wertschöpfungskette/n verbunden?
- Welcher Nährstoffbedarf ist mit der Kultivierung von Mikroalgen verbunden? Welche Nährstoffquellen können genutzt werden?
- Welche weiteren Hilfs- und Prozessstoffe werden in der/n betrachteten Wertschöpfungskette/n benötigt?
- Wie sehen Sie insgesamt die Umweltbilanz der betrachteten Wertschöpfungskette/n im Vergleich zur landwirtschaftlichen Erzeugung von tierischen Lebensmitteln und Futtermitteln?

Akteure

Im Verbundprojekt "Integrierte Nutzung von Mikroalgen für die Ernährung" sind der Material- und Informationsaustausch zwischen den Projekten sowie die gemeinsame Nutzung von Infrastruktur wichtige Elemente. Darüber hinaus ist es ein zentrales Anliegen der baden-württembergischen Forschungsstrategie Bioökonomie, eine landesweite Vernetzung von Forschungseinrichtungen unter einem gemeinsamen Forschungsfokus zu verwirklichen und den Informationsfluss zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft auszubauen. Vor diesem Hintergrund interessiert uns, welche Kooperationen in Ihrem Forschungsprojekt stattfinden, die über die Forschungsverbundtreffen und die Statusseminare hinausgehen.

Haben Sie Kooperationen…	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren?**
innerhalb des Verbunds?			
innerhalb des gesamten Forschungsprogramms?			
mit Forschungseinrichtungen, die nicht am Forschungsprogramm Bioökonomie teilnehmen?			
mit Unternehmen aus den Bereichen Biotechnologie und Chemie?			
mit Unternehmen aus der Lebensmittelindustrie?			
mit Unternehmen aus dem Bereich Erneuerbare Energien?			
mit Unternehmen aus anderen Branchen?			
mit Unternehmen und Einrichtungen aus dem BioPro-Akteursnetzwerk?			
mit Landwirten oder landwirtschaftlichen Verbänden?			
mit zivilgesellschaftlichen Gruppen wie Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden?			
mit potentiellen Nutzern?			

In welcher Weise kooperieren Sie?	**Ja**	**Nein**	**Falls ja, mit welchen Einrichtungen bzw. Akteuren**
(Regelmäßige) Arbeitstreffen zum Informationsaustausch			
Diskussion, Austausch und/oder Weitergabe von Ergebnissen			
Gemeinsame Erarbeitung von Forschungsfragen			
Gemeinsame Nutzung von Geräten und Infrastruktur			
Abstimmung über zu verwendende Ausgangsstoffe			
Verständigung über Untersuchungsmethoden			
Ermittlung von Interessenslagen			
Diskussion gemeinsamer Vermarktungsstrategien			
Entwicklung neuer Business-Modelle (z.B. Start-ups, Public-Private Partnerships)			