

# Grenzüberschreitende Nachhaltigkeitsbewertung der Bioenergienutzung in der Grenzregion Deutschland, Frankreich, Schweiz

Dr. Volker Stelzer, Dr. Martin Knapp, PD Dr. Rolf Meyer,  
Alexandra Pehle

Karlsruher Institut für Technologie, ITAS

10 Jahre AK Geographische Energieforschung, Karlsruhe, 08. April 2016



- Projektübersicht
- Szenarien
- Das Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung
- Nachhaltigkeitsbewertung
- Schlussfolgerungen

# Projektübersicht

**Projekttitlel:** OUI Biomasse

**Projektteam:**

14 Forschungseinrichtungen

09 Behörden und Unternehmen

Aus Frankreich, Schweiz, Deutschland

**Finanzierung:**

v.a. Interreg IV Programm

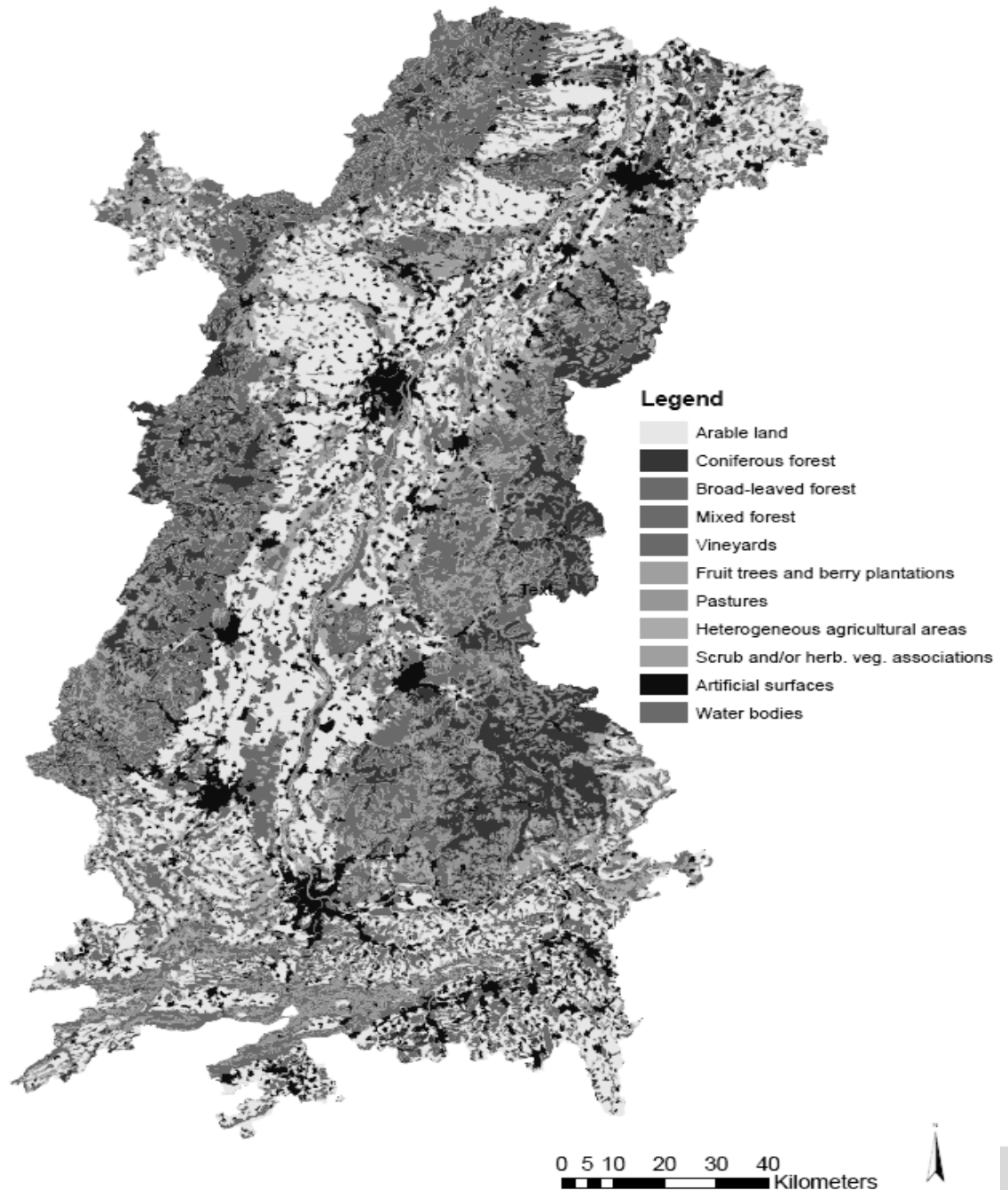
**Projektziel:**

Erarbeitung einer Roadmap für eine nachhaltige Biomassenutzung der Oberrheinregion

**Untersuchungsregion:**

Oberrhein mit seinen drei nationalen Teilregionen

# Oberrheinregion



# Vorgehensweise bei den Szenarien

- Szenarien bilden unterschiedliche denkbare Entwicklungen zukünftiger Biomassenutzung in der Oberrheinregion (ORR)
- Zeithorizont: Jahr 2030
- Bestimmt durch sich ändernde politische Rahmenbedingungen (“Treiber”)
- Entwicklungen in die gleiche Richtung in der deutschen, französischen und schweizerischen Teilregion, unter Beachtung nationaler Unterschiede

# Vorgehensweise bei den Szenarien

## Szenarien Treiber

- Energiepolitik
- Agrarpolitik
- Naturschutzpolitik
- Bioenergie-Technologien

# Vorgehensweise bei den Szenarien

## Überblick **Landnutzungs- und Biomassekategorien** in den Szenarien

- Konventionelle Landwirtschaft für Nahrungs- + Futtermittel
- Ökologische Landwirtschaft für Nahrungs- und Futtermittel
- Konventionelle Landwirtschaft mit Energiepflanzen
- Reststoffe Ackerbau (Stroh)
- Wirtschaftsdünger
- Forstfläche und -biomasse
- Naturschutzgebiete

## ■ Szenario 1 “Business as usual” (BAU)

Fortbestehen der heutigen politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen

## ■ Szenario 2 “Maximum exploitation” (MaxEx)

Nutzung wesentlicher Teile der regionalen Biomassepotentiale infolge verbesserter politischer Unterstützung

## ■ Szenario 3 “Conservation + recreation” (ConsRec)

Erhöhte ökologische Anforderungen und Beschränkung der Biomassenutzung auf landwirtschaftliche Reststoffe, Wirtschaftsdünger und Waldrestholz



## Szenario-Annahmen “Agrarpolitik”

Politikfeld	BAU Szenario	MaxEx Szenario	ConsRec Szenario
Förderung Ökologischen Landbaus	Gegenwärtiger Konversions-Trend	Status quo (keine Konversion)	20% der LN (Steigerung der Konversionsrate)
Erhaltung von Dauergrünland	Status quo (Umbruch verboten)	5% Rückgang (Umbruch begrenzt erlaubt)	Status quo (Umbruch verboten)
Ökologische Vorranggebiete	Gegenwärtige Regulierung (5% der Ackerfläche)	Keine Regulierung	Verschärfte Regulierung (10% der Ackerfläche)
Nutzpflanzen-Diversifizierung	Gegenwärtige Regulierung	Gegenwärtige Regulierung	Verschärfte Regulierung (max. 50% Hauptfruchtart)

## Biomasse-Konversionspfade

im Szenario 1 “Business as usual” (**BAU**):

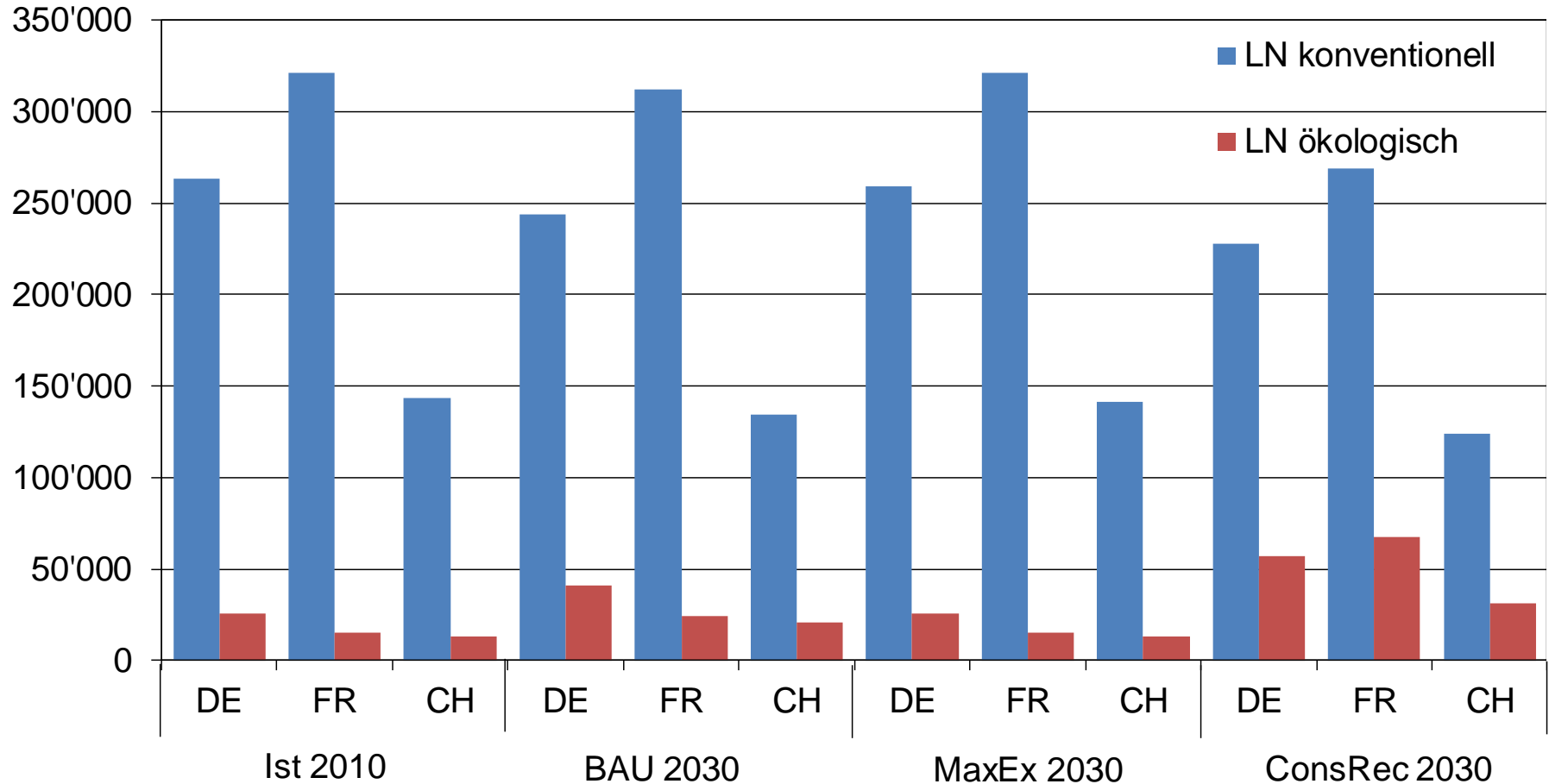
**Tierhaltung** → Wirtschaftsdünger (20%) → Biogas → Elektrizität + Wärme

**Forstwirtschaft** → Holz + Waldrestholz (10%) → Verbrennung fester Biomasse → Biomasse(heiz)kraftwerke → Elektrizität + Wärme

**Abfallwirtschaft** → Biogene Anteile in Haushaltsabfall → zunehmende getrennte Sammlung (Biotonne) (+ 10-30%) → Vergärung → Elektrizität + Wärme

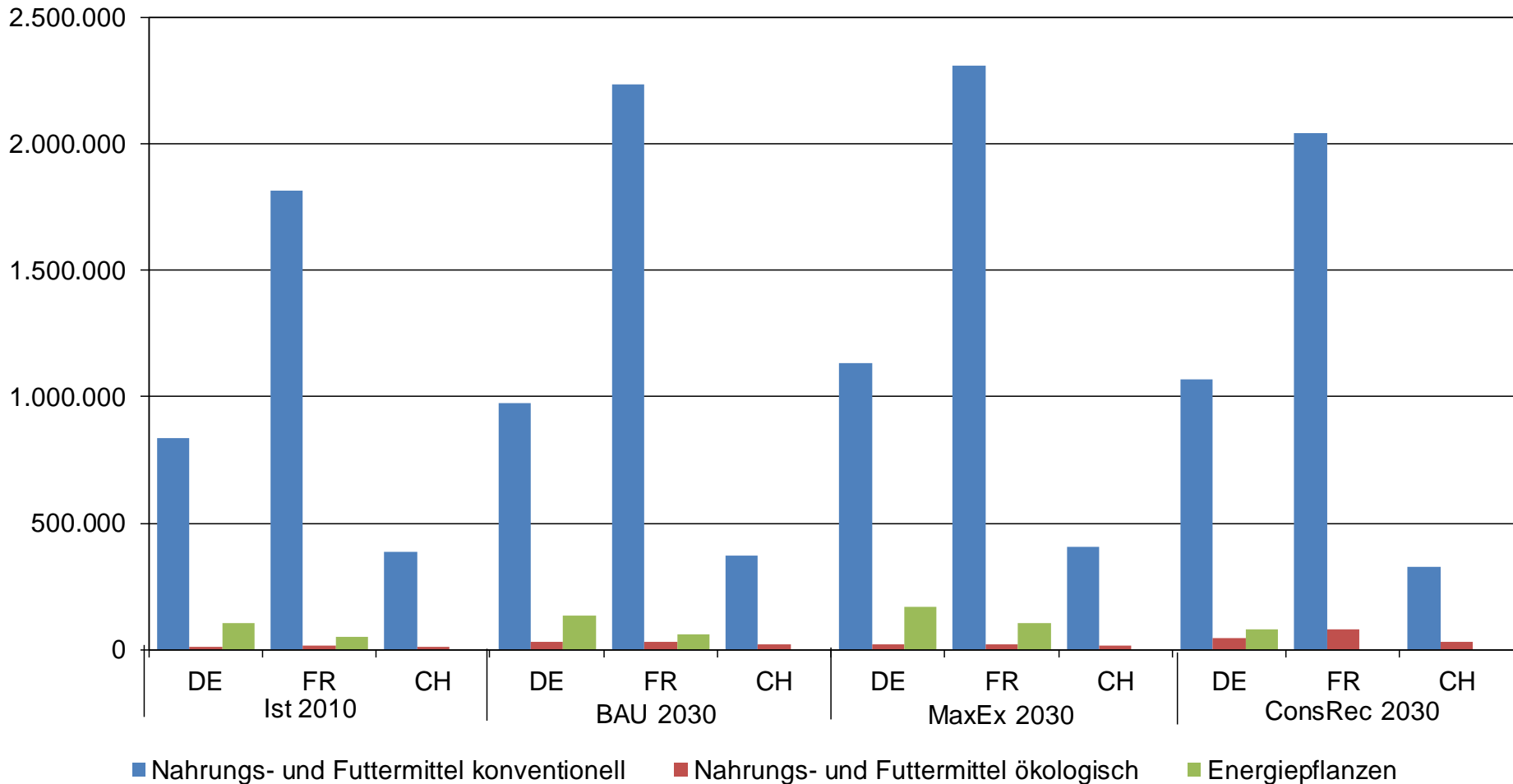
**Abfallwirtschaft** → Grünabfälle → zunehmende Anteil von Vergärung mit anschließender Kompostierung (+ 10-25%) → Elektrizität + Wärme

## Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (ha)



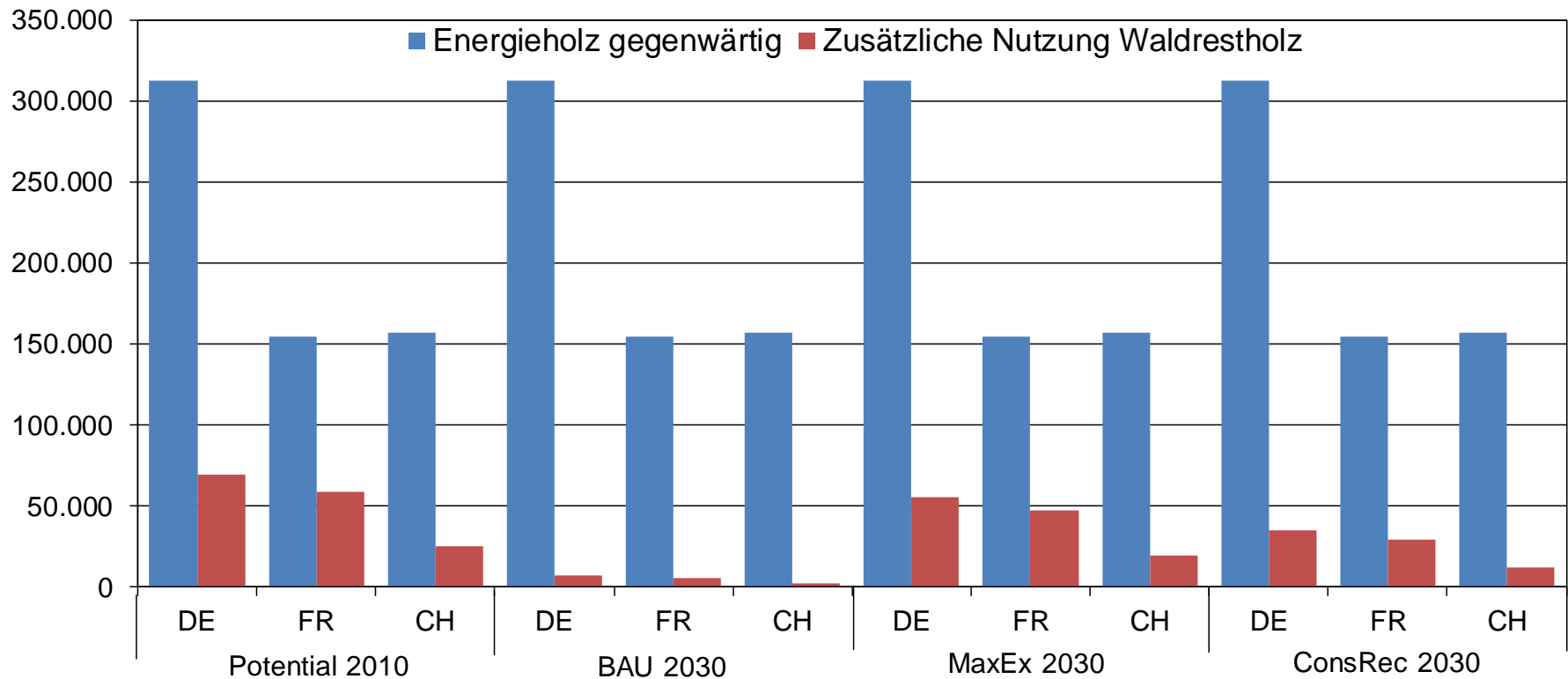
# Szenarienergebnisse

## Landwirtschaftliche Produktion Ackerbau (in t TS)



# Szenarienergebnisse

## Energetisch genutzte Biomasse aus der **Forstwirtschaft** (t Holz)



# Integrative Nachhaltigkeitsbewertung – Ausgangsbasis

- Nachhaltigkeitsbewertung basiert auf
  - Mengen an Biomassen, wie anhand der Szenarien zur Landnutzung und Biomasseproduktion ermittelt
  - Analysen zu den Technologien zur Biomassekonversion und aktuelle / zukünftige Nutzungen in den aufgezeigten Pfaden
  - ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten von Auswirkungen der Biomassenutzung

# Integrative Nachhaltigkeitsbewertung – Vorgehen und Zielstellung

- Vergleichende Analyse bezüglich Nutzung vorhandener Biomassen mit alternativen Entwicklungen in den Szenarien
- Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung und OUI Biomasse spezifischen Indikatorensets
- Identifikation von mit den verschiedenen Nutzungsformen energetischer Biomassekonversion verbundenen Vorteilen und Herausforderungen

# Konstitutive Elemente der Nachhaltigkeit

- Inter- und intragenerative Gerechtigkeit
- Global
- Anthropozentrisch
- Integrativ
- Universell

Nach: Jürgen Kopfmüller, Volker Brandl, Juliane Jörissen, Michael Paetau, Gerhard Banse, Reinhard Coenen, Armin Grunwald (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet – Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. sigma, Berlin.



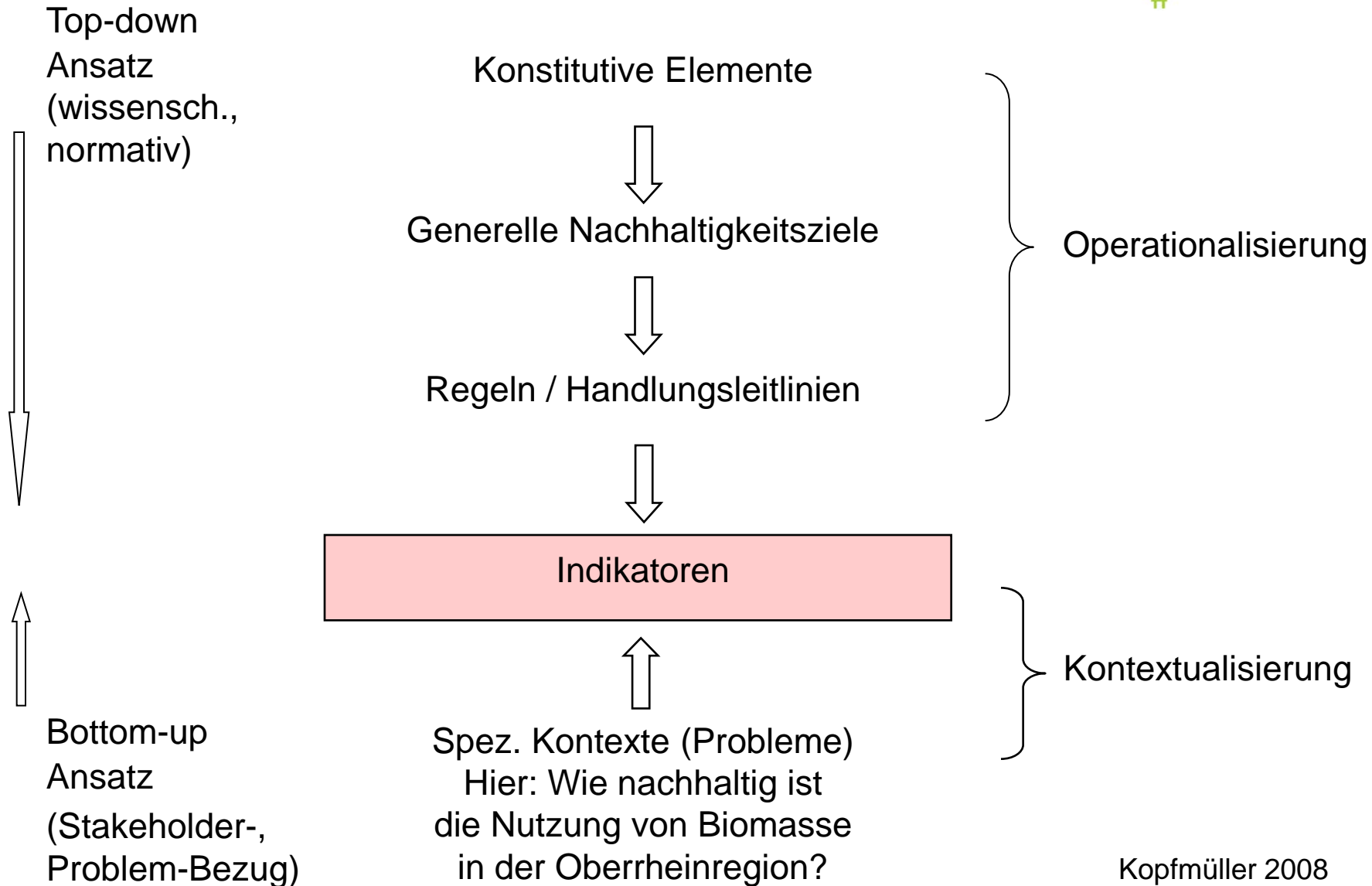
# Nachhaltigkeitswertung – Integratives Konzept

<i>Generelle Nachhaltigkeitsziele</i>		
Sicherung der menschlichen Existenz	Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials	Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten
<i>Mindestanforderungen (Regeln)</i>		
Schutz der menschlichen Gesundheit (1)	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (6)	Chancengleichheit hinsichtlich Bildung, Beruf, Information (11)
Gewährleistung der Grundversorgung (2)	Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (7)	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (12)
Selbstständige Existenzsicherung (3)	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (8)	Erhaltung d kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt (13)
Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (4)	Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken (9)	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (14)
Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede (5)	Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals (10)	Erhaltung der sozialen Ressourcen (15)

# Integrative Nachhaltigkeitsbewertung – Regeln mit Relevanz für OUI Biomasse

<b>Generelle Nachhaltigkeitsziele</b>		
<i>Sicherung der menschlichen Existenz</i>	<i>Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials</i>	<i>Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten</i>
<b>Mindestanforderungen nachhaltiger Entwicklung (Regeln)</b>		
<b>Schutz der menschlichen Gesundheit (1)</b>	<b>Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (6)</b>	<b>Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information (11)</b>
<b>Gewährleistung der Grundversorgung (2)</b>	<b>Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (7)</b>	<b>Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (12)</b>
<b>Selbständige Existenzsicherung (3)</b>	<b>Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (8)</b>	<b>Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt (13)</b>
<b>Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten (4)</b>	<b>Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken (9)</b>	<b>Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (14)</b>
<b>Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede (5)</b>	<b>Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskaptals (10)</b>	<b>Erhaltung der sozialen Ressourcen (15)</b>

# Das Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung



Kopfmüller 2008

# Integrative Nachhaltigkeitsbewertung – Verwendete Indikatoren

<i>Mindestanforderungen nachhaltiger Entwicklung</i>	<i>Indikator</i>	<i>Einheit</i>
Schutz der menschlichen Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Feinstaubemissionen</i></li> <li>• <i>NO<sub>x</sub>-Emissionen</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>kg/ha</i></li> <li>• <i>kg/ha</i></li> </ul>
Gewährleistung der Grundversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Unterbrechung der Stromversorgung</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Anzahl</i></li> </ul>
Selbständige Existenzsicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beschäftigungseffekte</i></li> <li>• <i>Entlohnungseffekte</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>P/ha</i></li> <li>• <i>€/h</i></li> </ul>
Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Substitution nicht erneuerbarer Energieträger</i></li> <li>• <i>Klimarelevante Emissionen</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>MJ/ha</i></li> <li>• <i>kg/ha</i></li> </ul>
Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Biodiversität</i></li> <li>• <i>Bodenqualität</i></li> <li>• <i>Grund- und Oberflächengewässerqualität</i></li> <li>• <i>Ausnutzungsgrad des Biomassepotenzials</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beschr.</i></li> <li>• <i>Beschr.</i></li> <li>• <i>Beschr.</i></li> <li>• <i>%</i></li> </ul>
Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Substitution nicht erneuerbarer Energieträger (s.o.)</i></li> <li>• <i>Primärenergieertrag</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>MJ/ha</i></li> <li>• <i>MJ/ha</i></li> </ul>
Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Klimarelevante Emissionen (s.o.)</i></li> <li>• <i>Eutrophierend wirkende Emissionen</i></li> <li>• <i>Versauernd wirkende Emissionen</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>kg/ha</i></li> <li>• <i>kg/ha</i></li> <li>• <i>kg/ha</i></li> </ul>
Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Verbreitung des Wissens über Biomassenutzung</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beschr.</i></li> </ul>
Erhalt der kulturellen Funktion der Natur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Landschaftsbild</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beschr.</i></li> </ul>

# Nachhaltigkeitsbewertungstabelle

Indicators	BAU	Max Ex	ConsRec
Particle emissions	+	++	+
NO <sub>x</sub> emissions	-	--	-
NH <sub>3</sub> emissions	-	--	-
Interruption of electrical power supply	+	++	+
Regional employment	+	++	+
Regional salaries	+	++	+
Non-renewable energy sources	+	+	++
Climate relevant emissions	+	+	++
Biodiversity	0	--	0
Soil quality (land use)	0	--	0
Quality of ground and surface water (land use)	0	--	0
Distribution of knowledge on biomass utilization	+	++	+
Landscape / scenery	0	-	0

# Beispiel 1: Ressourcen- und Umwelt-Nutzung

- Reduktion der Nutzung nicht erneuerbarer und nuklearer Energien und von Treibhausgasen in allen Szenarien
  - Geringfügige zusätzliche Nutzung Holzpotentiale (alle drei Szenarien)
  - Zusätzlicher Anbau von Energiepflanzen in F und D (MaxEx scenario)
  - Nutzung energetischer Potentiale von Abfällen aus Landwirtschaft und Haushalten, inclusive Gülle (alle drei Szenarien)
- Positive Effekte im MaxEx Szenario reduziert durch Treibhausgasemissionen infolge Grünlandumbruchs und Erschwerung der Ausbreitung umweltfreundlicherer landwirtschaftlicher Produktion
- ConsRec Szenario scheint hier die beste Balance zwischen den zugrundeliegenden drei Nachhaltigkeitsregeln 6-8 zu bieten

## Bsp. 2: Gesundheitsrelevante Emissionen

- V.a. Verbrennung von Holz in kleinformatischer Haushaltsverbrennung verursacht Emissionen von Partikeln und Stickoxiden
- Zusätzlich genutzte Holzmenge aber in den meisten Regionen relativ gering (in allen drei Szenarien)
- In einigen lokalen Situationen könnten zusätzliche Emissionen gesundheitsschädlich wirken
- Vor allem kann dies im Winter in engen Tälern im Schwarzwald und den Vogesen auftreten
- Die erhöhte Nutzung von Holz führt auch dazu, dass Kleinf Feuerungsanlagen durch holzbasierte Nahwärmenetze ersetzt werden.

## Bsp. 3: Lokale Ökonomie und Know-How

- Verschiedene Auswirkungen der Szenarien bezüglich regionaler ökonomischer Entwicklungspotentiale und Stabilisierung oder Neuschaffung von Wertschöpfung und Beschäftigung
- Hier v.a. intensivere Nutzung biogener Abfälle aus Haushalten, landwirtschaftlicher Reststoffe und Pflanzung von Kurzumtriebsplantagen im Oberrheintal relevant (Höchster positiver Effekt im MaxEx Szenario)
- Wissen über Nutzung von Biomasse für energetische Zwecke und Fähigkeiten dieses umzusetzen um so besser entwickelt, je höher Implementierungsrate erneuerbarer Energiequellen (am besten im MaxEx Szenario)



# Fazit aus der Nachhaltigkeitsbewertung

- Keines der drei Szenarien ist als ganzes nachhaltiger als die anderen beiden
- Nachhaltigkeitsbewertung zeigt spezifische Vorteile und Nachteile einzelner Aspekte der Szenarien
- Untersuchung sub-regional unterschiedlicher Ausprägungen bei einigen Aspekten bedarf detaillierterer Analysen

# Schlussfolgerungen

## Ausgewählte Folgen

- Unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen **kann eine zusätzliche Bioenergieproduktion nur in sehr begrenztem Maße** erwartet werden
- **Mobilisierung von Reststoffen** für Bioenergieproduktion ist mit relativ hohen Kosten verbunden
- Beachtung von **Nachhaltigkeitsgrenzen** (z.B. Bodenfruchtbarkeit) beschränken Bioenergiepotentiale
- Mobilisierung der begrenzten Biomassepotentiale hängt von der **ökonomischen und technischen Umsetzbarkeit kleinformatigerer Bioenergieanlagen** ab
- **Höhere Effizienz** vorhandener Bioenergieproduktionsarten ist eine wichtige alternative Option

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



# Einführung und Hintergrund – Nachhaltigkeit im Projektkontext

- Analysen zu verschiedensten Aspekten der Produktion und Nutzung von Biomasse > diese ist nicht per se nachhaltig
- Nachhaltigkeitsbewertung als zusammenfassender Schritt vor Erstellung von Handlungsempfehlungen für eine nachhaltigere Biomassenutzung in der Oberrheinregion
- Nachhaltigkeitsaspekte als Kriterien für regionale Akteure im Biomassesektor > treffen gut informierter Entscheidungen

# Einführung und Hintergrund - Biomasse und Nachhaltigkeit

- Zu geringe Einsparung von Treibhausgasen
- Klimagasemissionen durch Landnutzungsänderung
- Konkurrenz mit Nahrungsmittelerzeugung (Rohstoff / Fläche)
- Direkte und indirekte Flächenumwandlung (Grünland)
- Intensivierung Landwirtschaft, Monokulturen
- Bedrohung für Biodiversität
- Landschaftsbild

# Überblick

- Zielsetzung und Vorgehensweise bei den Szenarien
- Kurzvorstellung Szenarien für die Oberrheinregion (ORR)?
- Ergebnisse der Szenarien
- Interpretation der Ergebnisse

## **Zielsetzung** der Szenarienerarbeitung

- Darstellung des Handlungsspielraums für regionale Akteure im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung von Biomasse für die Bioenergieproduktion

## **Vorgehensweise** bei der Szenarienanalyse

- Landwirtschaftliches Landnutzungs- und Biomasseproduktionsmodell – Keine ökonomische Modellierung

## **Biomasse-Konversionspfade**

im Szenario 2 “Maximum exploitation” (**MaxEx**):

**Konventioneller Ackerbau** → Energiepflanzen (2.5%) → Biogas →  
Elektrizität + Wärme

**Konventionelles Dauergrünland** → Gras → Biogas → Elektrizität + Wärme

**Konventioneller Ackerbau** → Lignozellulose Energiepflanzen (2.5%)  
→ Verbrennung/Vergasung → Elektrizität + Wärme

**Konventioneller Ackerbau** → Reststoffe (Stroh) (80%) → Verbrennung/  
Vergasung → Elektrizität + Wärme

**Ökologischer Ackerbau** → Ackergrünland, Klee-Gras-Gemische (nicht als  
Futterpflanzen genutzt) → Biogas → Elektrizität + Wärme

**Tierhaltung** → Wirtschaftsdünger (80%) → Biogas → Elektrizität + Wärme

**Forstwirtschaft** → Holz + Waldrestholz (80%) → Verbrennung/Vergasung  
→ Elektrizität + Wärme



## **Biomasse-Konversionspfade im Szenario 3 “ Conservation + recreation” (ConsRec):**

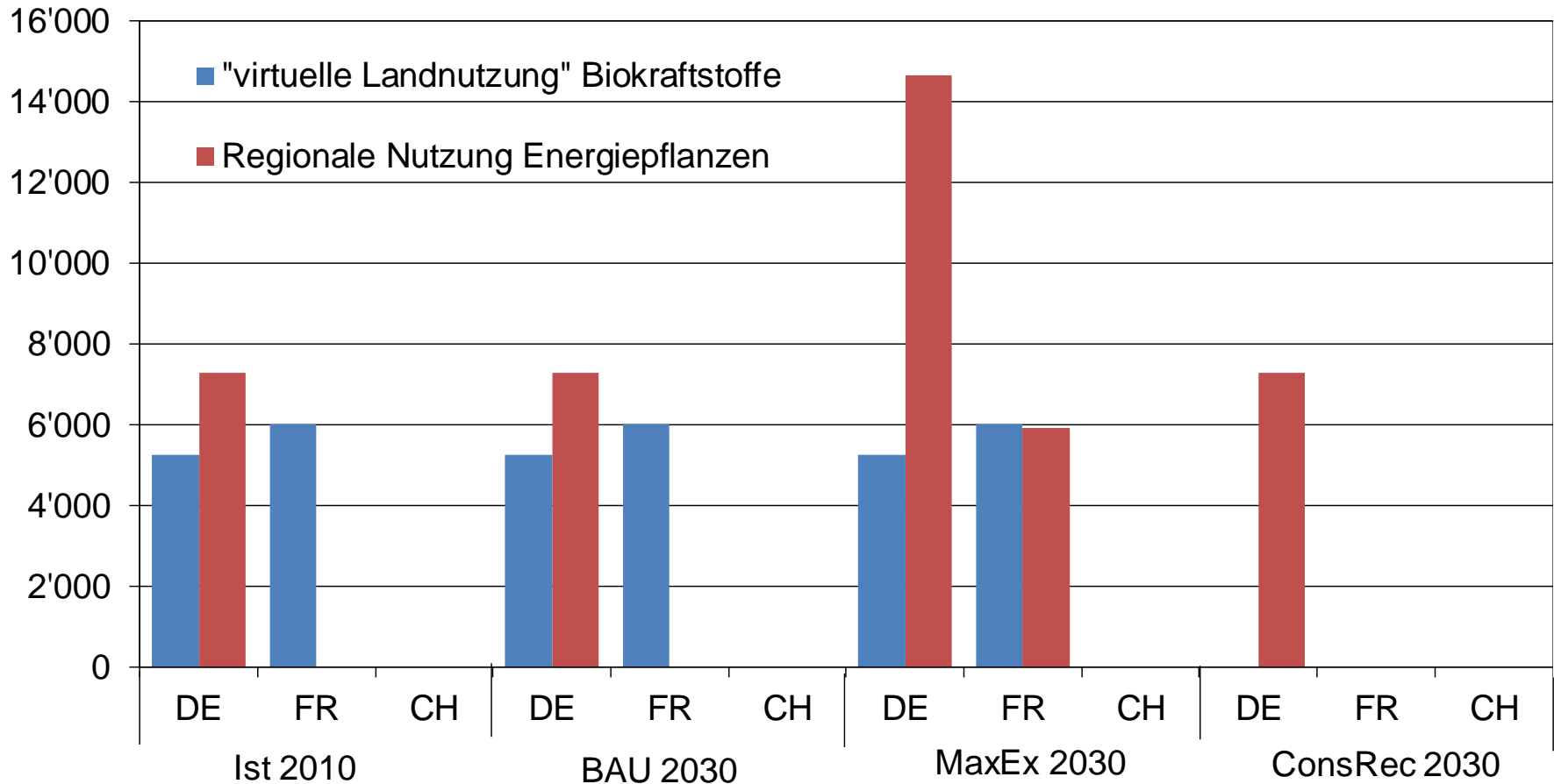
**Tierhaltung** → Wirtschaftsdünger (80%) → Biogas → Elektrizität + Wärme

**Konventioneller Ackerbau** → Reststoffe (Stroh) (80%) → Verbrennung/  
Vergasung → Elektrizität + Wärme

**Ökologischer Ackerbau** → Ackergrünland, Klee-Gras-Gemische (nicht als  
Futterpflanzen genutzt) → Biogas → Elektrizität + Wärme

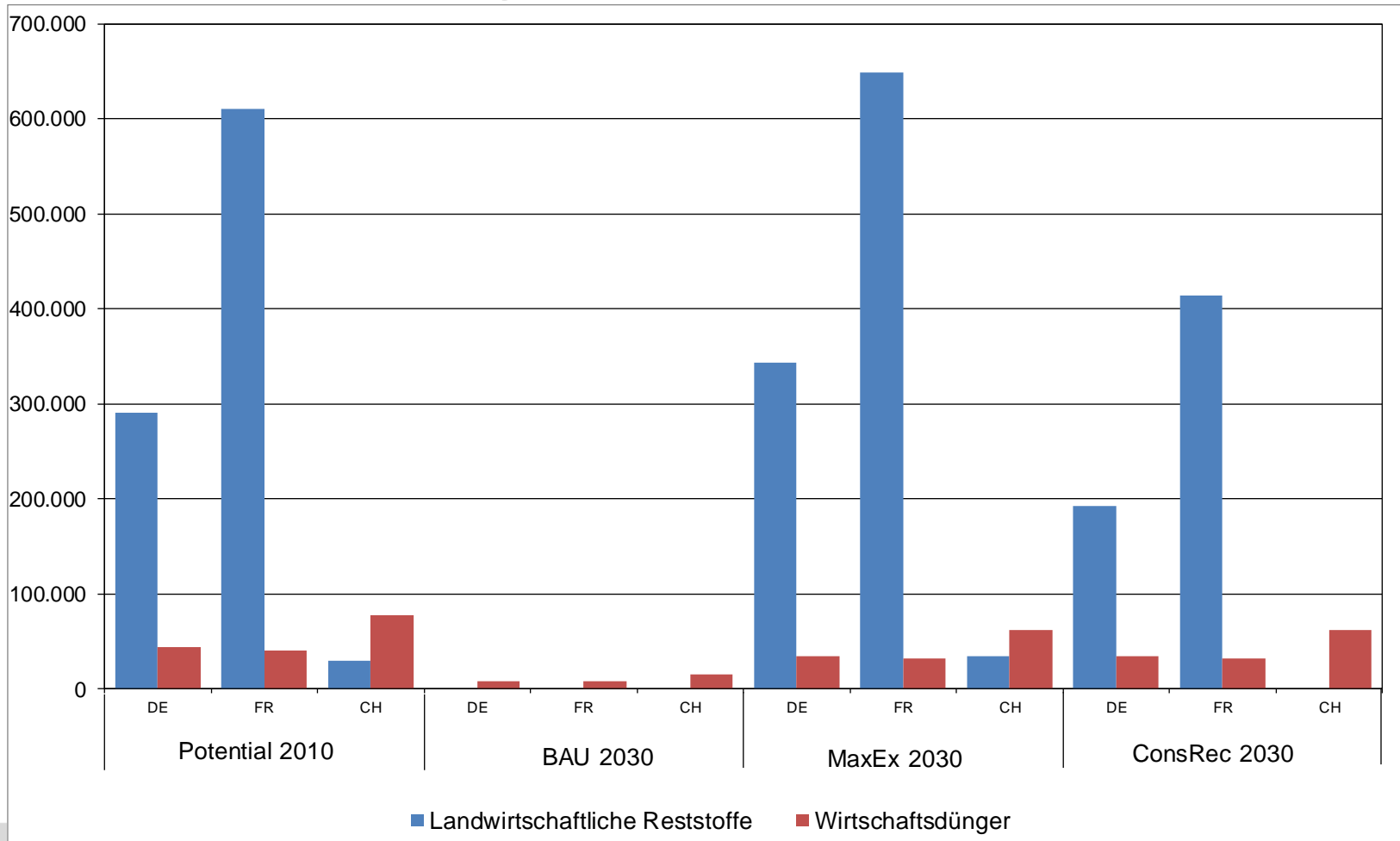
**Forstwirtschaft** → Waldrestholz (50%) → Verbrennung/Vergasung →  
Elektrizität + Wärme

## Ackerfläche mit **Energiepflanzen** (ha)

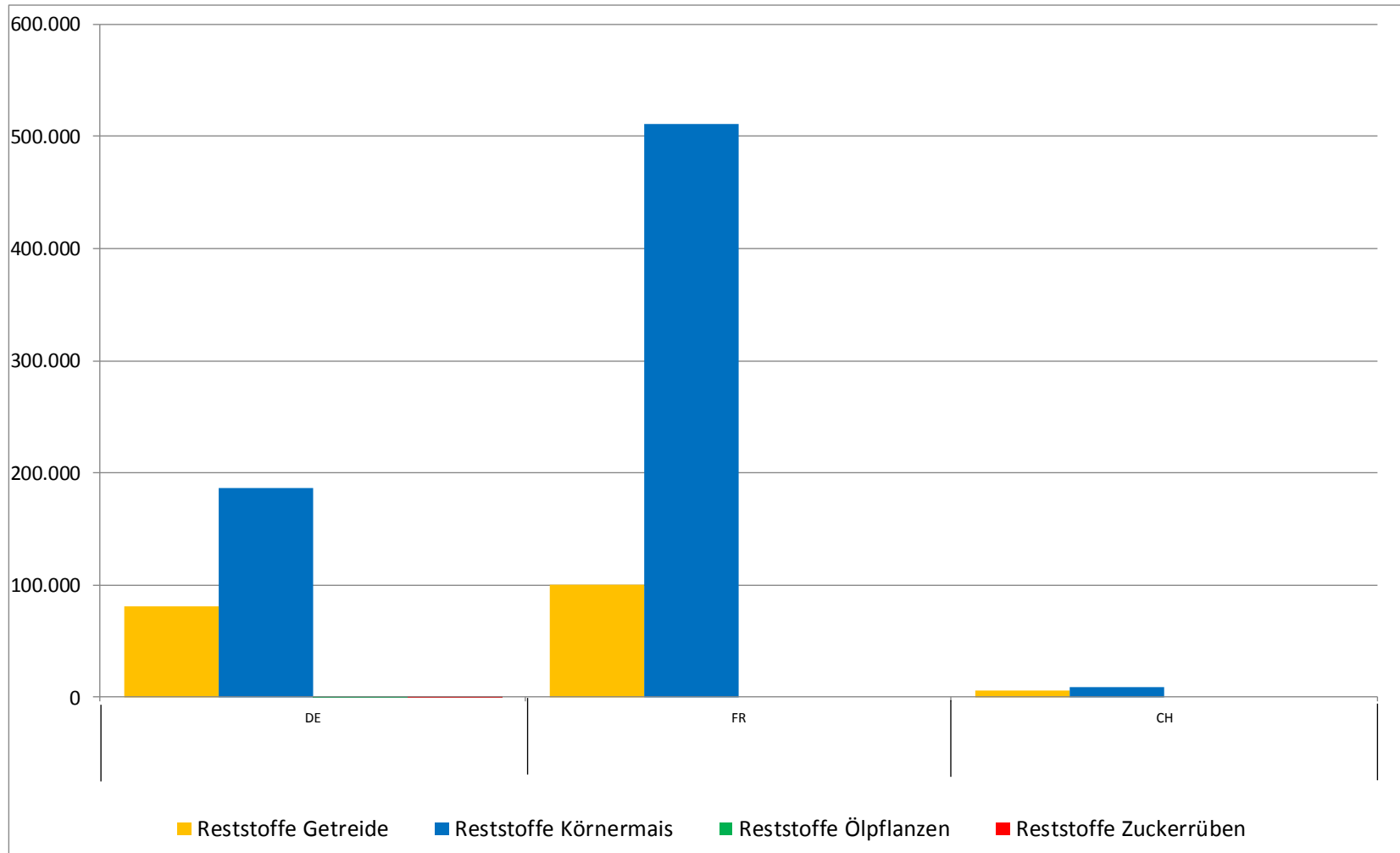


# Szenarienergebnisse

## Landwirtschaftliche Biomasse für Bioenergie von **Reststoffen** und **Wirtschaftsdünger** (in t TS/a)



## Potential Reststoffe Ackerbau (in t TS/a)



## Zukünftige Landnutzung

- **Landwirtschaftliche Flächennutzung** unterscheidet sich deutlich zwischen den drei Teilregionen, woraus sich unterschiedliche Möglichkeiten für Bioenergie ergeben
- **Ökologische Anforderungen** beeinflussen durch Landnutzungsänderungen die verfügbaren Mengen an Biomasse für die Bioenergieproduktion
- Relevante neue **Ackerflächen für Energiepflanzenanbau** werden nur verfügbar werden, falls der Umbruch von Dauergrünland erlaubt wird

## Zukünftige Nutzung von Biomasse für Bioenergie

### Holz-Biomasse

- **Energieholz**-Ernte und -Nutzung ist bereits auf hohem Niveau, so dass zusätzliche Nutzung begrenzt und in einigen Gebieten ohne Missachtung ökologischer Einschränkungen nicht möglich ist

### Landwirtschaftliche Biomasse

- Aktuelle Nutzung landwirtschaftlicher **Biomasse für Bioenergie variiert zwischen den Teilregionen** und schafft dadurch unterschiedliche Startbedingungen
- Potentielle zusätzliche Biomassebereitstellung durch **Energiepflanzen** ist stark eingeschränkt
- Potentielle Beiträge durch **Reststoffe aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen** (Stroh) sind in der gesamten ORR gering und in einigen Gebieten nicht existent

## Zukünftige Nutzung von Biomasse für Bioenergie

### Abfall-Biomasse

- **Biogene Anteile aus Haushaltsabfällen** müssen in Deutschland seit 2015 getrennt gesammelt werden, eine zunehmende Getrenntsammlung findet auch in der Schweiz statt
- **Grünabfälle** werden in allen Ländern bisher überwiegend kompostiert
- Ein Teil des Bioabfalls wird zukünftig **aus der Abfallverbrennung bzw. Kompostierung in die Vergärung** gehen, was neben der Energieerzeugung eine Verwertung der Nährstoffe garantiert