

HGF-Strategiefondsvorhaben

**Global zukunftsfähige Entwicklung –
Perspektiven für Deutschland**

Zwischenbericht 2001

April 2002



FZK, DLR, FhG, FZJ, UFZ

Online Version

Vorhaben “Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“

Zwischenbericht

01.01.2001 – 31.12.2001

Förderkennzeichen: 01SF9913/4

Laufzeit: 01.07.1999 – 30.06.2002

Zuwendungsempfänger:

Forschungszentrum Karlsruhe

- Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

- Abteilung für Systemanalyse und Technikbewertung / Institut für Technische Thermodynamik
- Hauptabteilung Verkehrsforschung

Fraunhofer-Gesellschaft

- Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik
- Institut für Autonome Intelligente Systeme

Forschungszentrum Jülich

- Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik
- Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung

Assoziierte Forschungseinrichtungen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

- Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

Umweltforschungszentrum Leipzig

- Projektbereich Naturnahe Landschaften und ländliche Räume

April 2002



FZK, DLR, FhG, FZJ, UFZ

Online Version

Inhalt

Kurzbeschreibung des Projekts	3
Kurzfassung	5
LANGFASSUNG	10
I. Arbeitspaket: Analysen auf der nationalen Ebene	10
<i>R. Coenen, U. Klann, J. Kopfmüller, G. Sardemann</i>	
II. Arbeitspaket: Die politisch-institutionellen Rahmenbedingungen für eine Politik der Nachhaltigkeit	35
<i>R. Eich</i>	
III. Arbeitspaket: Flächendeckende Erfassung der Aktivitätsfelder In quantitativer Form.....	40
<i>U. Klann, V. Schulz</i>	
IV. Arbeitspaket: Mobilität und Verkehr	53
<i>R. Berghof, H. Keimel</i>	
V. Arbeitspaket: Aktivitätsfeld „Wohnen und Bauen“	75
<i>J. Jörissen, V. Stelzer</i>	
VI. Arbeitspaket: Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“	94
<i>M. Heincke, Chr. Rösch</i>	
VII. Arbeitspaket: Aktivitätsfeld „Freizeit und Tourismus“	114
<i>S. Klein-Vielhauer</i>	
VIII. Arbeitspaket: Biotechnologie: Innovation und nachhaltige Entwicklung	122
<i>C. Karger, W.-D. Fugger, M. Grutsch, P. Wiedemann</i>	
IX. Arbeitspaket: Mikrostrukturtechnik und Nanotechnologie als Schlüsseltechnologien	134
<i>T. Fleischer</i>	
X. Arbeitspaket: Schlüsseltechnologien „Information und Kommunikation“	139
<i>P. Dippoldsmann, M. Paetau, A. Poppenburg</i>	
XI. Arbeitspaket: Nachhaltigkeit und Risiko	155
<i>J. Mertens, W. Hennings</i>	
XII. Arbeitspaket: Nachhaltige Landnutzung in der Kulturlandschaft Vergleichende <u>L</u> andschaftsbewertung auf der Basis von Fernerkundungs- und GIS-Daten zur <u>U</u> msetzung in regionale <u>U</u> mweltqualitätsziele (LABURNUM)	172
<i>H. Mühle, R. Backhaus</i>	
XIII. Arbeitspaket: GLOBALSIM – Simulationsmodelle zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien	187
<i>T. Asselmeyer-Maluga, P. Frank, A. Hoheisel, H. Rosé, B. Walter</i>	

Kurzbeschreibung des Projekts

Das Strategiefondsprojekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ übersetzt die gesellschaftliche Wahrnehmung, dass gegenwärtiges Wirtschaften teilweise massive Defizite in Bezug auf Zukunftsfähigkeit zur Folge hat, in ein Forschungsprogramm, das sich mit der Konkretisierung des Leitbilds der Nachhaltigkeit in die verschiedenen Politikfelder und der Frage nach konkreten Zielen, Strategien oder Handlungsprioritäten für Deutschland befasst. Es geht darum, Orientierungs- und Handlungswissen für die gesellschaftlichen Akteure bereitzustellen, die bei der Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland mitwirken. Die Diskussion um das Für und Wider eines nationalen Nachhaltigkeitsplanes, aber auch um eine eventuelle konkrete Ausgestaltung soll durch das Projekt neue Impulse erhalten. Antworten auf folgende, wissenschaftlich und gesellschaftlich umstrittene Fragen sollen gegeben werden:

- Wo liegen in Deutschland die größten Nachhaltigkeitsdefizite?
- Welches sind die stärksten Hindernisse für mehr Nachhaltigkeit?
- Wo liegen die größten Potentiale für mehr Nachhaltigkeit?
- Welches sind geeignete und wirksame erste, zweite und dritte Schritte zu mehr Nachhaltigkeit?

Diese Fragen werden auf zwei Ebenen beantwortet: (1) auf der Ebene menschlicher und gesellschaftlicher Bedürfnisse und Aktivitäten (*Aktivitätsfelder-Ansatz*) und (2) auf der Ebene von bestimmten zukunftsrelevanten *Schlüsseltechnologien*.

(1) Durch den Aktivitätsfelder-Ansatz wird die Nachhaltigkeitsthematik direkt an die Lebenswelt der betroffenen gegenwärtigen und zukünftigen Generationen angebunden werden. Auf diese Weise können sowohl Folgen nicht-nachhaltiger Wirtschaftsweisen als auch Implikationen nachhaltigkeitsorientierter Umsteuerungen für die konkreten Lebensverhältnisse verdeutlicht werden. Es werden die gesellschaftlichen Aktivitätsfelder Mobilität, Wohnen und Bauen, Ernährung und Landwirtschaft sowie Freizeit und Tourismus einer vertieften Analyse unterzogen. Für diese Aktivitätsfelder werden auf *nationaler* Ebene unter Berücksichtigung der *internationalen* Verflechtung bestehende und absehbare Nachhaltigkeitsdefizite und Zielkonflikte analysiert. Es werden Ziel- bzw. Richtungsvorgaben für mehr Nachhaltigkeit formuliert und Maßnahmen und Instrumente für nachhaltigkeitsorientierte Umsteuerung entwickelt. Dabei werden sowohl spezifische Teilstrategien entwickelt als auch ihre Wechselwirkungen zu anderen Aktivitätsfeldern analysiert.

(2) Schon vorhandene und zukünftige *Schlüsseltechnologien* werden daraufhin analysiert, inwieweit und unter welchen Bedingungen sie zur Erreichung der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung beitragen können oder ihnen eventuell zuwiderlaufen. Einer vertiefenden Betrachtung werden regenerative Energietechnologien, Bio- und Gentechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Mikrosystem- und Nanotechnologie unterzogen. Eine besondere Rolle spielen dabei die Implementationsbedingungen dieser Technologie in verschiedenen Anwendungsfeldern sowie die dabei zu erwartenden Folgen. Risiken großtechnischer Anlagen werden eigens unter Nachhaltigkeitsaspekten untersucht.

Das Projekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ steht im Kontext anderer nationaler und internationaler Forschungen, Diskussionsprozesse und Institutionalisierungen um Nachhaltigkeit. In Deutschland sind hier zur Zeit vor allem zu nennen

das Projekt „Nachhaltiges Deutschland II“ des Umweltbundesamtes und die Aktivitäten des Rates für Nachhaltige Entwicklung beim Bundeskanzler (www.nachhaltigkeitsrat.de).

Kurzfassung

Im Jahre 2001 wurde eine Schriftenreihe des Projektes gestartet, die beim Verlag edition sigma erscheint. Band 1: „Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet“ (Autoren: J. Kopfmüller, V. Brandl, J. Jörissen, M. Paetau, G. Banse, R. Coenen, A. Grunwald) stellt das theoretische Konzept des Projektes dar und begründet dieses ausführlich. Band 2: „Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit“ (Herausgeber: A. Grunwald, R. Coenen, J. Nitsch, A. Sydow, B. Wiedemann) stellt wesentliche Zwischenergebnisse des Projektes als „Work in Progress“ dar.

Im April 2001 fand das Mid-term-Meeting des Projektes im Schloss Dagstuhl statt, auf dem der Stand der Arbeiten unter Beteiligung externer wissenschaftlicher Experten diskutiert wurde.

Zu den Aktivitätsfeldern „Mobilität und Verkehr“, „Ernährung und Landwirtschaft“ sowie zu den Schlüsseltechnologien „Biotechnologie“ und „IuK-Technologien“ wurden Workshops mit Beteiligung externer wissenschaftlicher Experten und Stakeholdern durchgeführt.

Im folgenden werden kurz die Arbeiten in den einzelnen Arbeitspaketen im Berichtszeitraum dargestellt; ein ausführlicher inhaltlicher Zwischenbericht ist beigelegt.

Arbeitspaket: Analysen auf der nationalen Ebene

Im Berichtszeitraum wurde erstens das integrative Konzept der Nachhaltigkeit als theoretischer Kern des Projektes weiter begründet und theoretisch fundiert und als Buch in der Projektreihe veröffentlicht (s.o.).

Zweitens fanden ergänzende Arbeiten zum Indikatorensystem des Projektes statt, und für Schlüsselindikatoren auf der aktivitätsfelderübergreifenden Ebene und der Aktivitätsfelderebene wurden Zielwerte formuliert.

Drittens wurden drei explorative Szenarien zukünftiger gesellschaftlicher Rahmenbedingungen entwickelt, die mögliche unterschiedliche gesellschaftliche Entwicklungen repräsentieren (Dominanter Markt, Modernisierung in Zeiten der Globalisierung und Regionalisierung und Gemeinwohlorientierung). Diese wurden in einem weiteren Arbeitsschritt in Zusammenarbeit mit der GWS Osnabrück in das ökonometrische umweltökonomische Simulationsmodell PANTA RHEI der GWS implementiert.

(Bearbeitung durch FZK-ITAS und DLR-STB)

Arbeitspaket: Die politisch-institutionellen Rahmenbedingungen für eine Politik der Nachhaltigkeit

Im Berichtszeitraum lag das Hauptaugenmerk auf der vergleichenden Analyse der Nachhaltigkeitspolitiken verschiedener Staaten. In die Analyse einbezogen wurden die Aktivitäten der Staaten Großbritannien, Schweiz, Niederlande, Kanada und Schweden zur Entwicklung nationaler Nachhaltigkeitsstrategien. Darüber hinaus wurde der aktuelle Status quo der Implementation der Nachhaltigkeitsstrategien in Deutschland verfolgt sowie der Prozess der Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie der Europäischen Union analysiert.

(Bearbeitung durch FZJ-STE)

Arbeitspaket: Flächendeckende Erfassung der Aktivitätsfelder in quantitativer Form

Nach den Berechnungen zur Bestandsaufnahme im Jahr 2000 und in der ersten Hälfte 2001 (siehe Zwischenbericht 2000) stand die Arbeit an der Integration der Aktivitätsfelder und Schlüsseltechnologien im Mittelpunkt. Hierbei handelt es sich konkret um die Integration in gesamtwirtschaftliche umweltökonomische Simulationsmodelle, die auch die ökonomischen Wechselwirkungen zwischen den Aktivitätsfeldern abbilden.

Gestartet wurde mit zwei umweltökonomischen Simulationsmodellen, um über verschiedene Modelltypen und deren Vergleich besonders solide Resultate zu erzeugen. Hierzu wurden Kooperationen mit der GWS und Dr. Kemfert (Universität Oldenburg) vereinbart. Die Modelle wurden erst an das Szenario des Energiereports III (Prognos, 2000) angepasst, um ein gemeinsames Fundament – auch mit den Aktivitätsfeldern und Schlüsseltechnologien – zu errichten, auf das die Projekt-Szenarien aufgebaut werden können. Die Analyse der aus diesen Anpassungsläufen gelieferten Daten führte zu dem Schluss, dass das Modell von Dr. Kemfert für die Berechnung von Szenarien wenig geeignet ist. Die Kooperation mit Dr. Kemfert wurde daraufhin einvernehmlich beendet. Die weitere Integrationsarbeit wurde deshalb allein in Kooperation mit der GWS und deren Modell PANTA RHEI durchgeführt. Hier wurden, jeweils für sich, die drei Szenarien aus den Aktivitätsfeldern, aus der Schlüsseltechnologie „Erneuerbare Energien“ und die alternativen Rahmenbedingung auf der nationalen Ebene integriert. Der erste vollständig integrierte Lauf – in dem in jedem der drei Szenarien die genannten Bereiche gemeinsam integriert sind – liegt aktuell vor.

Die Integration war begleitet von Testrechnungen des Arbeitspakets 2. Diese Rechnungen dienten nicht nur der Verbesserung der Szenarien. Hier wurde auch die Implementierung der Zurechnungsmodelle der Input-Output-Analyse in die Szenarien erfolgreich durchgeführt.

(Bearbeitung: DLR-STB, FZK-ITAS)

Arbeitspaket: Mobilität und Verkehr

Im Berichtszeitraum wurde die Bestandsanalyse im Aktivitätsfeld „Mobilität und Verkehr“ mit Bezugnahme auf die Regeln und Nachhaltigkeitsindikatoren abgeschlossen. Diese beinhalteten auch eine detaillierte Analyse der Verkehrsnachfrage differenziert nach verschiedenen Verkehren.

Weiterhin wurden die gesellschaftlichen Rahmenszenarien auf das Aktivitätsfeld „Mobilität und Verkehr“ abgebildet, d.h. es erfolgte eine mobilitätsspezifische Ausdifferenzierung der Rahmenszenarien in qualitativer und quantitativer sowohl hinsichtlich der technischen als auch der Optionen der Verkehrsgestaltung. Daran schloss sich die Implementierung der aktivitätsfelderspezifischen Szenarien in das PANTA RHEI-Modell an.

(Bearbeitung: DLR-Institut für Verkehrsforschung)

Arbeitspaket: Wohnen und Bauen

Aufbauend auf der im Jahr 2000 erfolgten Sichtung und Aufarbeitung der umfangreichen Literatur zum Thema nachhaltige Stadtentwicklung (vgl. Zwischenbericht 2000, Kap. V) wurde im Berichtszeitraum eine ausführliche Nachhaltigkeitsanalyse der aktuellen Situation im Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen vorgenommen. Als Analyseinstrument wurden

die im integrativen Konzept entwickelten Mindestbedingungen oder „Regeln“ einer nachhaltigen Entwicklung herangezogen, wobei sich die Untersuchung auf diejenigen Regeln konzentrierte, die für das Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen von besonderer Bedeutung sind. Diese Regeln wurden durch die Entwicklung bzw. Auswahl geeigneter aktivitätsfeldspezifischer Indikatoren weiter konkretisiert.

Weiterhin erfolgte eine aktivitätsfeldspezifische Ausdifferenzierung der gesellschaftlichen Rahmenszenarien für das Aktivitätsfeld „Wohnen und Bauen“ in qualitativer und teilweise quantifizierter Form.

(Bearbeitung: FZK-ITAS)

Arbeitspaket: Ernährung und Landwirtschaft

Für das Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ wurde anhand des Systems der Nachhaltigkeitsregeln zunächst eine Analyse der wesentlichsten Nachhaltigkeitsdefizite durchgeführt. Die einzelnen Regeln erwiesen sich als von sehr unterschiedlicher Relevanz für das Aktivitätsfeld.

Anschließend erfolgte eine umfassende Sammlung und Analyse vorhandener Indikatorensysteme mit Bezug zu den Themen Ernährung und Landwirtschaft. Auf der Basis dieser Sammlung wurde ein eigenständiges System an Indikatoren entwickelt. Die Indikatoren wurden jeweils den Regeln zugeordnet.

Die drei verschiedenen Rahmenszenarien des Gesamtprojektes – „Dominanter Markt“, „Modernisierung“, „Regionalisierung und Gemeinwohlorientierung“ – wurden auf das Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ abgebildet. Es erfolgten erste qualitative und quantitative Beschreibungen der aktivitätsfelderspezifischen Szenarien.

(Bearbeitung: FZK-ITAS)

Arbeitspaket: Freizeit und Tourismus

Die Arbeiten zu diesem Aktivitätsfeld wurden erst zu Beginn des Jahres 2001 begonnen. Zunächst wurde die Literatur zum Themenkreis „Entwicklung des Bereichs Freizeit und Tourismus“ im Hinblick auf Deutschland generell und speziell unter Nachhaltigkeitsaspekten einschließlich verfügbarer Datenquellen gesichtet. Dies diente unter anderem auch zur Abgrenzung des Aktivitätsfeldes, d.h. zur Beantwortung der Frage, welche gesellschaftlichen Aktivitäten für die Analyse dem Aktivitätsfeld zuzuordnen sind. Die Nachhaltigkeitsanalyse wurde begonnen. Hierbei wurden die im integrativen Konzept des HGF-Projekts formulierten Mindestbedingungen oder Regeln einer nachhaltigen Entwicklung zugrunde gelegt.

(Bearbeitung: FZK-ITAS)

Arbeitspaket: Biotechnologie: Innovation und nachhaltige Entwicklung

Im Vordergrund der Arbeiten stand die Grüne Gentechnik, insbesondere auch um eine enge Verzahnung mit dem Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ zu ermöglichen. Das Arbeitsprogramm besteht aus vier Arbeitspaketen. Der Stand der Arbeiten in diesen ist der folgende:

Im Arbeitspaket 1 *Chancenbeurteilung* wurde die Analyse der Chancenpotentiale der Grünen Gentechnik abgeschlossen. Als weiteres Anwendungsbeispiel der Bio- und Gentechnik wurde der Bereich der Lebensmittelverarbeitung untersucht.

Im Arbeitspaket 2 *Risikobeurteilung* wurde die quantitative und qualitative Auswertung der Interviews mit Biotechnologie-Experten abgeschlossen.

Im Arbeitspaket 3 *Evidenzmodell* wurde die Frage der Evidenzcharakterisierung bearbeitet. Es wurde ein „Evidenzworkshop“ mit Experten der Technikfolgenabschätzung unterschiedlicher Werthaltung sowie mit Vertretern der Politik und Verwaltung durchgeführt, um Ansätze der Evidenzcharakterisierung zu diskutieren. Weiterhin wurde für die in Arbeitspaket 1 identifizierten Chancen der Grünen Gentechnik ein Screening vorhandener Belege durchgeführt, die Belege systematisiert und kategorisiert. Auf dieser Basis wird für ausgewählte Beispiele ein Vorschlag für eine Evidenzbewertung entwickelt.

Im Arbeitspaket 4 *Szenarien* sind zwei Szenarioworkshops zum Thema „Die Rolle der Grünen Gentechnik in der Landwirtschaft der Zukunft“ in Vorbereitung, auf denen mit Stakeholdern unterschiedliche Szenarien der Entwicklung der Grünen Gentechnik diskutiert werden sollen. Im Zentrum steht die Frage, inwieweit jenseits kontroverser Bewertungen des Beitrags der Grünen Gentechnik zu einer nachhaltigen Entwicklung eine Einigung über zukünftige Rahmenbedingungen erzielt werden kann.

(Bearbeitung: FZJ-MUT)

Arbeitspaket: Nanotechnologien

Die Nanotechnologie ist bis auf einige Ausnahmen noch durch Grundlagenarbeiten gekennzeichnet, d.h. noch weit von der Marktreife entfernt. Zudem ist sie als eine „Enabling Technology“ zu betrachten, die nur in den wenigsten Fällen einen unmittelbaren Produktbezug hat, sondern vorwiegend in anderen Produkten und Technologien Nutzung finden wird. Deshalb können Potentiale und Probleme der Nanotechnologie in Bezug auf Nachhaltigkeit nur bei konkreten Produktinnovationen und deren Nutzung in spezifischen Anwendungsfeldern detaillierter betrachtet werden. Im Berichtszeitraum wurde aber trotz dieser Unsicherheiten analysiert, in welchen Aktivitätsfeldern in Zukunft Produkte und Prozesse von Bedeutung sein könnten, in denen zukünftig nanotechnologiebasierte Materialien oder Verfahren verwandt werden könnten.

(Bearbeitung: FZK-ITAS)

Arbeitspaket: Schlüsseltechnologie Information und Kommunikation

Im Arbeitspaket wurden die auf IuK-Technologien bezogenen Erwartungen für eine nachhaltige Informations- oder Wissensgesellschaft einer exemplarischen Analyse unterzogen, die sich auf zwei Untersuchungsfelder konzentriert: Erstens auf Selbsthilfenetzwerke im Gesundheitswesen und zweitens auf kommunale Netzwerke im Rahmen lokaler Agenda 21-Prozesse.

In beiden Fallstudien wurde im Berichtszeitraum empirisch untersucht, inwieweit solche Selbsthilfegruppen auf das Internet und andere IuK-Technologien zurückgreifen und inwieweit diese Technologien selbstorganisiert Kommunikationsverhältnisse und Wissensnetzwerke unterstützen. Bei der Analyse von lokalen Agenda 21-Prozessen wurden dabei

diskursive Verfahren in Form von Workshops mit beteiligten Akteuren am Agenda 21-Prozess sowie Befragungen von IuK-Experten durchgeführt.

(Bearbeitung: Fraunhofer Institut für Intelligente Autonome Systeme)

Arbeitspaket: Nachhaltigkeit und Risiko

Im Berichtszeitraum wurden erstens generelle Merkmale von Risiken und Risikoforschung analysiert, zweitens Nachhaltigkeit als Bewertungsrahmen für technikindizierte Risiken thematisiert, indem der Zusammenhang zwischen Risikodimensionen und Nachhaltigkeitsregeln untersucht wurde. Drittens wurden darauf aufbauend, Konzepte der politischen Regulierung von Risiken diskutiert und ein Vergleich zu nationalen – qualitativen und quantitativen – Praktiken zur Ermittlung und Bewertung technischer Risiken durchgeführt.

(Bearbeitung: FZJ-MUT)

Arbeitspaket: Nachhaltige Landnutzung in der Kulturlandschaft

In diesem assoziierten Forschungsvorhaben, das allerdings zeitversetzt zum Strategiefondsvorhaben bearbeitet wird, soll eine vergleichende Landschaftsbewertung auf der Basis von Fernerkundungs- und GIS-Daten durchgeführt werden, mit dem Ziel der Umsetzung in regionale Umweltqualitätsziele. Die Untersuchung findet in zwei Landschaftsräumen statt, im Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland bei Leipzig sowie in der Eider-Treene-Sorge – Niederung in Schleswig-Holstein. Im Berichtszeitraum, dem ersten Projektjahr, stand die Zusammenstellung und Vorverarbeitung der Geo- und Fernerkundungsdaten im Vordergrund. Weitere Schwerpunkte lagen in der Erfassung der regionalen Leitbilder und der Recherche, Auswahl und Evaluierung funktionaler ökologischer Indikatoren und Bewertungsverfahren.

(Bearbeitung: DLR-DFD, UFZ-NLLB)

Arbeitspaket: GLOBALISM – Simulationsmodelle zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien

Im Berichtszeitraum wurde maßgeblich die Implementierung des interaktiven multidisziplinären Simulationsframeworks zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien durch die Umsetzung des Konzeptes der M3-Simulation und die Integration der Umweltmodelle vorangetrieben. Dies umfasste die Implementierung einer Hierarchie von Basisklassen von MUVE-Objekten, eines 3D-Clients zur Visualisierung der M3-Welt für die Akteure, die Konzeption und Einrichtung der M3-Datenbank, die Implementierung des Modellservers samt XML-Schnittstellen für die Modelle SWIM, 4C und WGEN, sowie die Modifikation, Anpassung und Integration von SWIM, 4C, WGEN und des Impaktmoduls in das M3-System.

(Bearbeitung: Fraunhofer Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik)

LANGFASSUNG

I. Arbeitspaket

Analysen auf der nationalen Ebene

Reinhard Coenen, Jürgen Kopfmüller, Gerhard Sardemann

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Uwe Klann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Technische Thermodynamik
Abteilung für Systemanalyse und Technikbewertung

Vorbemerkung

Generelles Ziel der Arbeiten dieses Arbeitspakets ist es, das zuvor entwickelte, global ausgerichtete integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung¹ auf der nationalen Ebene für Deutschland zu konkretisieren und zu operationalisieren. Damit soll eine wesentliche Basis geliefert werden zum einen für eine Status-quo-Betrachtung der nachhaltigkeitsbezogenen Situation in Deutschland bzw. für die Identifizierung entsprechender prioritärer Defizite, zum anderen für die in anderen Arbeitspaketen stattfindenden Analysen bezogen auf einzelne Aktivitätsfelder (Mobilität u. Verkehr, Wohnen u. Bauen, Ernährung u. Landwirtschaft, Freizeit u. Tourismus) und Technologiebereiche. Hierfür sind Indikatoren auszuwählen, Zielwerte bzw. –orientierungen für diese festzulegen sowie die Grundorientierungen für Szenarien zu erarbeiten, mit denen mögliche künftige Entwicklungen in diesen Analysefeldern skizziert und bewertet werden sollen.

Im Berichtszeitraum wurden zunächst weiterführende und hinsichtlich der Buchveröffentlichung abschließende Arbeiten zur detaillierteren Begründung, Erläuterung und theoretischen Fundierung des Grundkonzepts des integrativen Ansatzes wie auch einiger der erarbeiteten Nachhaltigkeitsregeln durchgeführt. So ergab sich beispielsweise im Zusammenhang mit dem Auswahlprozess der Indikatoren die Notwendigkeit einer Überarbeitung oder besseren bzw. erweiterten Begründung einiger Regeln. Desweiteren wurden drei explorative gesellschaftliche Rahmenszenarien entwickelt sowie mit der aktivitätsübergreifenden Ebene in das Modell PANTA RHEI implementiert.

1. Gesellschaftliche Rahmenszenarien

Aus der Auswertung verschiedener jüngerer Szenario-Analysen ist eine Liste von Deskriptoren hervorgegangen, die von uns als wesentliche zukunftsprägende Faktoren eingestuft werden. Es sind dies

- der Grad globaler wirtschaftlicher Verflechtung (Globalisierung)
- die Bedeutung subnationaler, nationaler und supranationaler Politikebenen
- die Rolle des Sozialstaates
- die Entwicklung von Werthaltungen und
- die Teilhabe an politischen Entscheidungsprozessen.

Diese Deskriptoren könnten in der Zukunft jeweils unterschiedliche Ausprägungen einnehmen, wobei aus der folgenden Tabelle jeweils die Pole der Entwicklung ersichtlich sind. Aus verschiedenen plausiblen Konstellationen unterschiedlicher Ausprägungen dieser Deskriptoren wurden die im folgenden beschriebenen drei gesellschaftliche Rahmenszenarien entwickelt, die einen Möglichkeitsrahmen zukünftiger gesellschaftlicher Entwicklungen beschreiben (s. Tabelle).

¹ Mittlerweile als Buch veröffentlicht: Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Edition sigma, Berlin 2001 (als Band 1 einer neuen, in diesem Verlag erscheinenden Reihe „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“).

Descriptor	Globale Wirtschaftliche Verflechtung	Bedeutung subnationalen, nationaler und supranationaler Politikebenen	Rolle des Sozialstaates	Entwicklung von Werthaltungen	Teilhabe an politischen Entscheidungen
Pole	<ul style="list-style-type: none"> - weitere Liberalisierung und starke Zunahme grenzüberschreitender Kapital- und Güterströme - wachsende internationale Arbeitsteilung 	<ul style="list-style-type: none"> - Übertragung von nationalen Aufgaben auf supranationale Organisationen - Konstruktive internationale Kooperation bei Umwelt- und Sozialfragen 	<ul style="list-style-type: none"> - starker Schutz gegen Marktkräfte und Einkommensausfälle - hoher Umverteilungsgrad - hohe Bedeutung solidarisch oder staatlich finanzierter sozialer Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Gemeinwohlorientierung - Prosoziales Verhalten - Umweltbewusstes Verhalten 	<ul style="list-style-type: none"> - mehr Mitsprache bei Entscheidungsprozesse in Politik und Wirtschaft - hohe Transparenz und Zugänglichkeit zu Informationen
Dominanter Markt	↑	↘	↓	↓	↓
Modernisierung	↗	—	↘	—	—
Regionalisierung	↘	↗	↗	↑	↑
Pole	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz der nationalen Industrien - Regionale wirtschafts- und Handelsstrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> - Nationale Eigeninteressen als Schwerpunkt politischen Handelns - Schwache Rolle globaler Institutionen mit Gemeinwohl- und Umweltorientierung 	<ul style="list-style-type: none"> - hohes Maß an Eigenverantwortung - Abbau solidarisch oder staatlich finanzierter sozialer Sicherheit - geringer Umverteilungsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> - Eigennutzorientierung - Hedonismus - Vertrauen in problemlösende Kompetenz von Technik und Wissenschaft 	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Mitsprache bei Entscheidungsprozesse in Politik und Wirtschaft - wenig Transparenz und Zugänglichkeit zu Informationen

- *Szenario 1: Dominanter Markt*

Ausgangspunkt für die Entwicklung dieses Szenarios ist die Annahme eines anhaltenden und sich sogar deutlich verstärkenden Prozesses der wirtschaftlichen Globalisierung.

Kennzeichen der wirtschaftlichen Globalisierung sind: die Liberalisierung der nationalen Märkte und die stetig zunehmenden grenzüberschreitenden Kapital- und Güterströme; eine durch den Markt dominierte aggressive Wettbewerbskultur, die u.a. zur weiteren Bildung global agierender Konzerne führt, die Aufsplittung der Produktionsprozesse und eine wachsende internationale Arbeitsteilung sowie eine Zunahme der langfristigen ausländischen Direktinvestitionen.

Möglich gemacht und vorangetrieben wird der Globalisierungsprozess durch die Deregulierung der Finanzmärkte und die Einführung neuer Informations- und Telekommunikationstechniken, durch sinkende bzw. niedrige Transport- und Transaktionskosten, die zunehmende Vereinheitlichung technischer Normen sowie den Abbau von Hemmnissen für weltweiten Handel und Investitionstätigkeit (außenwirtschaftliche Liberalisierung) verbunden mit dem Abbau staatlicher Vorschriften im Inneren (Deregulierung).

Dies führt zu einem globalen Standortwettbewerb. Die Nationalstaaten reagieren auf die Herausforderungen durch einen Abbau tatsächlicher und vermeintlicher Investitionshemmnisse. Sozialstaatliche Leistungen (etwa Alters- und Krankenversicherungen) werden stark abgebaut. Eigeninitiative wird gefordert (und gefördert). Der Anteil privater Sozialausgaben ist hoch, private Vorsorge ersetzt zunehmend solidarisch durch Arbeitgeber und Arbeitnehmer finanzierte Vorsorge. Die Mitglieder der Gesellschaft sind kaum gegen negative Auswirkungen von Marktkräften und Einkommensausfälle abgesichert. Umverteilungen werden kaum angestrebt.

Insgesamt ist nationale Politik durch Ohnmacht geprägt; der Globalisierungsdruck führt zu weiteren Einschnitten in das soziale Netz; Gestaltungsspielräume für nationale Politik werden immer geringer. Die Solidarität in der internationalen Staatengemeinschaft ist gering. Auf Globalisierung und ihre Folgen wird mit einer Konzentration auf nationale (wirtschaftliche) Interessen reagiert, allerdings in den meisten Fällen mit sehr geringem oder ohne Erfolg.

Die Folge sind schwache globale Institutionen, die Gemeinwohl- und Umweltschutzziele verfolgen, ein zunehmend schärfer werdender Wettbewerb der Nationen und der gegenwärtigen Wirtschaftsblöcke mit Gewinnern und Verlierern sowie eine Stabilisierung oder Verschärfung gegenwärtiger Wirtschafts- und Wohlstandsungleichgewichte zwischen Industrieländern und Entwicklungsländern. In Bezug auf die Durchsetzung internationaler Standards im Handel, im Umweltschutz und im sozialen Bereich werden Rückschläge verzeichnet (z.B. Ausstieg der USA aus dem Kioto-Protokoll und weitere Verwässerung des Protokolls).

Werthaltungen entwickeln sich in Richtung auf zunehmenden Eigennutz und Genussstreben der Individuen, verbunden mit starker Leistungsorientierung, d.h. Streben nach persönlichen Erfolgen. Persönliche Verhaltensänderungen als Antwort auf globale Herausforderungen, etwa die Umweltproblematik oder wachsendes Wohlstandsgefälle, finden kaum statt.

Der Grad der Öffentlichkeitsbeteiligung an politischen Planungs- und Entscheidungsprozessen ist gering. Bürger werden über die rechtlich vorgeschriebenen Verfahren hinaus weder an

politischen noch an unternehmerischen Entscheidungen beteiligt. Zugriffsmöglichkeiten auf Informationen werden auf das rechtlich Notwendige beschränkt, freiwillige aktive Information seitens des Staates oder der Wirtschaft über Sachverhalte, von denen Bürger betroffen sind, findet nicht statt.

- *Szenario 2: Modernisierung in Zeiten der Globalisierung*

Ausgangspunkt für dieses Szenario ist die mögliche zukünftige Entwicklung des globalen wirtschaftlichen Geschehens. In diesem Szenario wird angenommen, dass der Prozeß der wirtschaftlichen Globalisierung fortschreitet, jedoch nicht in dem Maße wie in Szenario 1. Überwiegend wird eine weitere Globalisierung auch nicht als negativ betrachtet, sofern es gelingt, soziale und ökologische Mindeststandards auf internationaler Ebene durchzusetzen. In dieser Szenario-Variante wird deshalb davon ausgegangen, dass nationalstaatliche Politik sich aktiv durch ökologische und sozialstaatliche Modernisierung den Herausforderungen des Globalisierungsprozesses stellt, einerseits um die Globalisierungschancen nutzen zu können, andererseits um mögliche unerwünschte Folgen auszuschließen. Zugleich gelingt es zunehmend, auf globaler Ebene durch konstruktive transnationale Kooperation, ökologische und soziale Mindeststandards zu vereinbaren und internationale Finanzströme zu regulieren. Entsprechend werden die Rolle und der Einfluss internationaler Institutionen gestärkt.

Der Druck des globalisierten Wettbewerbs ist allerdings hoch, so dass national staatliche Regierungen eine schwierige Gratwanderung zu vollbringen haben.

Auf der einen Seite müssen sie die internationale Wettbewerbsfähigkeit der nationalen Wirtschaft sichern oder verbessern, um z.B. das Ziel einer hohen Beschäftigungsquote zu erreichen. Dies zwingt zu einem Umbau sozialer Sicherheitssysteme mit höherer Eigenverantwortung und Flexibilisierungen in der Arbeitsmarktpolitik, um die nationale Wirtschaft zu entlasten. Auf der anderen Seite stößt dies bei Gewerkschaften und weiten Teilen der Bevölkerung auf Widerstand. In der Summe führt dies zu einem Kompromiss: Der Anteil der privaten Sozialausgaben ist weder besonders hoch noch besonders niedrig. Umverteilungen finden in mittlerem Ausmaß statt. Der Sozialstaat betont die Sozialrechte der Bürger und schützt in ausreichender Weise gegen Marktkräfte und Einkommensausfälle.

Auch die Umweltpolitik kommt voran, wenngleich unter dem hohen Wettbewerbsdruck der wirtschaftlichen Globalisierung nur in kleinen Schritten, da eine umweltpolitische Vorreiterrolle als eine Gefährdung für die Wettbewerbsfähigkeit gesehen wird. Der moderate Modernisierungsprozess wird durch eine zunehmende Mehrheit der Bevölkerung gestützt, die soziale Sicherheit, gesellschaftliche Harmonie, Solidarität und Stabilität sowie eine intakte Umwelt und Natur als wertvolle Schutzgüter ansieht und bereit ist, auch höhere Eigenverantwortung beim Schutz dieser Güter zu übernehmen. Zunehmende Verantwortlichkeit geht einher mit moderat wachsenden Mitentscheidungsmöglichkeiten. Der Grad der Öffentlichkeitsbeteiligung nimmt zu, Bürger haben weitgehenden Zugang zu öffentlichkeitsrelevanten Informationen aus der Politik und Verwaltung. Höhere Mitspracherechte in Unternehmen werden jedoch nur in geringem Umfang eingeräumt, da sie als Gefährdung der Wettbewerbsfähigkeit betrachtet werden.

- *Szenario 3: Regionalisierung und Gemeinwohlorientierung*

Ausgangspunkt für dieses Szenario ist wiederum die mögliche zukünftige Entwicklung der globalen wirtschaftlichen Verflechtung. In diesem Szenario wird angenommen, dass – als politische Reaktion auf manifeste oder antizipierte Effekte einer wachsenden ungesteuerten Globalisierung – eine Rückbesinnung auf lokale und regionale Zusammenhänge Raum greift. Im Gegensatz zu der oben angenommenen Auflösung der wirtschaftlichen und kulturellen Grenzen wird hier von einer Re-Orientierung auf nationale und regionale wirtschaftliche Interessen ausgegangen, die einhergeht mit zunehmenden Bemühungen um den Schutz nationaler Industrien sowie eine Konzentration auf regionale Wirtschafts- und Handelsstrukturen. Dieser Prozess wird (realistischerweise) globales ökonomisches Geschehen nicht vollständig zum Erliegen bringen. Dieses wird jedoch hauptsächlich bei Rohstoffen, Hochtechnologieprodukten und Investitionsgütern zum Tragen kommen.

Gesellschaftliche Werthaltungen verändern sich deutlich in Richtung auf eine starke Gemeinwohlorientierung, die verbunden ist mit individuellen Bemühungen um den aktiven Schutz bzw. die Verbesserung des Wohlergehens Anderer. Die Bürger streben nach Sicherheit, nach Harmonie und Stabilität ihrer Gesellschaft. Natur und Umwelt werden als wertvolle Schatzgüter angesehen. Es wird persönliche Verantwortung für den Schutz dieser Güter und die Kompensation von Fehlentwicklungen übernommen. Wo freiwillige Verhaltensänderung allein als nicht ausreichend empfunden wird, werden auch politische Maßnahmen akzeptiert.

Der Sozialstaat wird weiter ausgebaut zu einem Wohlfahrtsstaat. Soziale Rechte werden betont. Die Bürger werden in hohem Maße gegen negative Marktkräfte und Einkommensausfälle geschützt, der Anteil privater Sozialausgaben ist niedrig. Umverteilungen finden in größerem Umfang statt.

Supranationale Organisationen gewinnen an Bedeutung: Die Bemühungen der Staatengemeinschaft, international und global akzeptierte ökologische und soziale Mindeststandards einzuführen, entwickeln sich erfolgreich. Es werden Maßnahmen ergriffen, um die Finanzmärkte zu stabilisieren und Devisenspekulationen einzudämmen. Globale Institutionen gewinnen politisch an Einfluss und Wirksamkeit. Global agierende Nichtregierungsorganisationen unterstützen diesen Prozess durch Kooperation mit nationalstaatlichen Regierungen, aber auch dadurch, dass sie Druck auf solche ausüben.

Der Grad der Öffentlichkeitsbeteiligung, der über die rechtlich vorgeschriebene Beteiligung hinaus geht, ist hoch. Bürger haben nicht nur freien Zugang zu öffentlichkeitsrelevanten Informationen aus der Politik und Verwaltung sowie aus den Unternehmen. Sie sind darüber hinaus in Entscheidungsstrukturen mit hohem Mitentscheidungsgrad wie Politikdialoge und Mediationsverfahren eingebunden. Im Gefolge dieser Entwicklung gewinnt die regionale und kommunale Politikebene relativ an Bedeutung.

2. Konkretisierung der gesellschaftlichen Rahmenszenarien für das PANTA RHEI-Modell auf der nationalen Ebene

2.1 Generelles

Auf der nationalen Ebene ist die Konkretisierung für das Simulationsmodell PANTA RHEI zu leisten, welches dann deren Wirkung auf die gesamte Volkswirtschaft in sektoraler Disaggregation liefert. Im folgenden geht es nur um diese Konkretisierung, bei der nicht die Details der jeweiligen institutionellen und organisatorischen Entwicklung abgebildet werden sollen (und können), sondern vielmehr die Szenarien auf ihren Kerngedanken zugespitzt werden und die entscheidenden Charakteristika der einzelnen Szenarien erfasst werden sollen. Zu diesen Konkretisierungen kamen für die Berechnung der kompletten Szenarien die partiellen Szenarien aus den Aktivitätsfeldern und dem Energiebereich hinzu.

Auf der nationalen Ebene können die drei gesellschaftlichen Rahmenszenarien zur Groborientierung jeweils einer wirtschaftspolitische Richtung zugeordnet werden:

- Dominanter Markt: **Angebotsorientierte Wirtschaftspolitik**; Über eine Abgabeneutlastung des Vermögens und der Kapitaleinkünfte bei gleichzeitiger Verringerung der Staatsaufgaben – einhergehend mit einer Verringerung der staatlichen Vorsorge – sollen für private Unternehmer verbesserte Situationen auf dem Kapital-, Gütermarkt und Arbeitsmarkt erzeugt werden, die dann über höhere Investitionen zu einem verstärkten Wirtschaftswachstum führen sollen, was letztendlich die ökonomische Situation aller verbessern würde. Umweltprobleme sind politisch von untergeordneter Bedeutung.
- Modernisierung: **Pragmatische Wirtschaftspolitik** mit passabler Langfristperspektive in Fragen der Staatsfinanzen und Rentenpolitik (nahe an einem business-as-usual Szenario), die Umweltpolitik setzt vornehmlich auf technische Lösungen.
- Regionalisierung: **Nachfrageorientierte Politik**; das Verschuldungsproblem im Auge behaltend wird versucht die erkannten Probleme durch direktes staatliches Handeln und insbesondere durch eine entsprechende Subventionierung oder staatliche Nachfrage einzudämmen; die Vorsorge wird dabei als staatliche Aufgabe angesehen; eine Verringerung der Staatsquote oder der Steuerquote wird nicht beabsichtigt. Im Szenario Regionalisierung kommt zusätzlich eine Einschränkung des internationalen Handels hinzu, die sowohl durch die angenommene Entwicklung von Präferenzen für im Inland erzeugte Produkte als auch und – quantitativ vor allem – durch eine von wichtigen Interessengruppen unterstützte weitere verstärkte Ausdehnung nichttarifärer Handelshemmnisse wie Freiwilliger Exportbeschränkungen, Antidumpingmaßnahmen und -institutionen, countervailing duties und ähnlicher GATT-konformer bzw. nicht eindeutig GATT-widriger protektionistischer Maßnahmen ausgelöst wird. Umweltprobleme sind von großer politischer Bedeutung.

In den drei Szenarien wird jeweils angenommen, dass eine entsprechende Politik weltweit betrieben wird.

2.2 Wesentliche Annahmen für alle Szenarien

Die folgende Tabelle enthält wesentliche Annahmen, die für alle Szenarien gelten.

	1998	2005	2010	2015	2020
Wohnbevölkerung (Mio.)	82,0	82,2	82,1	81,6	80,8
Bis 19 Jahre (%)	21,5	20,2	18,8	18,0	17,5
20-64 J. (%)	62,7	60,6	61,1	60,9	60,1
65+ (%)	16,0	19,1	20,2	21,1	22,4
Erwerbspersonenpotenzial (Mio.)	40,9	40,4	40,5	40,0	39,5
Wechselkurs zum Dollar (DM/\$)	1,76	2,03	1,95	1,95	1,95

* im Jahr 2000

Andere wesentliche Größen variieren je nach Szenario und werden teilweise von drei Aktivitätsfeldern bestimmt (z.B. Wohnungsflächen, Haushaltsgröße von Wohnen und Bauen, Energiepolitik s. Energieszenarien).

2.3 Szenarienspezifische Eingriffe

Um der konkreten Umsetzung Plastizität zu verleihen und keine ausgezeichneten Kenntnisse des Modells und des gesamtwirtschaftlichen Rechnungswesens voraussetzen zu müssen, wird im folgenden darauf verzichtet, modelltechnischen Stellschrauben zu benennen. Vielmehr werden die Art der Eingriffe und deren Motivation skizziert, um dann anhand einschlägiger aus den Modellrechnungen resultierender Größen die Eingriffe zu verdeutlichen. Die aufgeführten als „**Resultat**“ bezeichneten Größen ergeben sich mithin aus den aktuellen Szenarioläufen, in die **sämtliche Änderungen auf der nationalen Ebene** sowie **aus den Aktivitätsfeldern** und der **Schlüsseltechnologie** Regenerative Energien einfließen. Diese Größen sind also überwiegend endogen. **Resultate und Eingriffe beziehen sich**, sofern nicht anders angegeben, stets **auf das Jahr 2020**.

Modernisierung entspricht in den Rahmenannahmen – soweit keine Eingriffe angegeben sind – Prognos (Hrsg.) (2000): Energiereport III, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.

a) Außenhandel und Preise

In dem nationalen Modell PANTA RHEI muss an den Schnittstellen zur übrigen Welt exogen eingegriffen werden, um die unterschiedlichen Entwicklungen der weltweiten Wirtschaftspolitik (s.o.) abzubilden. Als Stellgrößen kommen hierfür die Import- und Exportmengen sowie die Exportpreise in Betracht. Tatsächlich verwendet wurden Importpreise und Exportmengen. Im folgenden werden die Stellen und die Art der Eingriffe wiedergegeben und Ergebnisse aus den Szenariorechnungen gezeigt, in die auch sämtliche andere Szenarienannahmen einfließen. Es sind auch für die Energiewirtschaft wichtige Importpreise angeführt sowie – zum Vergleich – zwei binnenwirtschaftliche Preisindices.

	Dominanter Markt	Modernisierung	Regionalisierung
Eingriffe			
Importpreise	Senkung im Vergleich zu Modernisierung	--	Erhöhung im Vergleich zu Modernisierung
Resultate			
Exportmengen	--	--	Maximaler Anstieg 2000 bis 2020: 60%
Importpreise*	125,3 (1,1 %/a)	141,4 (1,7 %/a)	176,6 (2,9 %/a)
Preise inländische Produktion*	121,9 (1,0 %/a)	140,2 (1,7 %/a)	182,7 (3,1 %/a)
Preisindex der Lebenshaltung*	130,5 (1,3 %/a)	147,7 (2,0 %/a)	181,7 (3,0 %/a)
Preise Steinkohleimporte*	98,4	99,2	142,2 (1,8 %/a)
Preise Erdöl-/Erdgasimport*	98,4	100	145,8 (1,9 %/a)
Importe*	198,5 (3,5 %/a)	201,9 (3,6 %/a)	163,9 (2,5 %/a)
Exporte*	198,9 (3,5 %/a)	191,6 (3,3 %/a)	155,3 (2,2 %/a)
Außenbeitrag in % des BIP	5,5 %	3,0 %	2,5 %

* Die Werte für 2000 sind jeweils auf 100 gesetzt. Dahinter für ausgewählte Werte in Klammern: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate im Zeitraum 2000-2020.

b) Sozialversicherungen und sonstige staatliche Sozialleistungen

Die Sozialleistungen wurden im Szenario **Dominanter Markt** so reduziert, dass die Empfänger von Sozialleistungen keinerlei Teilhabe am weiteren Wirtschaftswachstum haben. Daneben wurde eine Umstellung der Rentenversicherung auf ein Kapitaldeckungsverfahren eingeleitet. Die sich hieraus ergebende Reduktion der Sozialversicherungsbeiträge wird ausschließlich zur Reduktion der Arbeitgeberbeiträge verwendet. Die private Finanzierung der Rente erfordert weiterhin ein externes Anheben der Sparquote der privaten Haushalte. Dieser Übergang zu einer privaten Rentenversicherung und der Rückgang der Sozialleistungen spiegelt in besonderem Maße angebotsorientierte wirtschaftspolitische Vorstellungen wieder, die sich hiervon eine Erhöhung des Leistungsanreizes, verantwortungsbewusstere private wirtschaftliche Entscheidungen und eine Reduktion der Kapitalkosten der Unternehmen aufgrund der erhöhten Ersparnis versprechen. Eine ausschließliche Reduktion der Arbeitgeberbeiträge wird angenommen, um die Zielrichtung einer Kostenreduktion für Unternehmen besonders deutlich zu akzentuieren.

Im Szenario **Modernisierung** wurden im wesentlichen die heute absehbaren bzw. beschlossenen Entwicklungen umgesetzt, was insbesondere in der Rentenversicherung auf ein Mischsystem von Umlage- und Kapitaldeckungsverfahren hinausläuft.

Im Szenario **Regionalisierung** wurden die Vorstellungen zu einem Bürgergeld und zu einer Verbreiterung der Bemessungsgrundlage für die soziale Sicherung durch einen Übergang zu einer rein steuerfinanzierten Rente aufgenommen, d.h. die Rentenversicherung wird es in 2020 nicht mehr geben; die Auszahlungen erfolgen direkt aus dem Staatshaushalt. Wie die Lasten der Bezahlung verteilt sind, hängt vom gesamten Steuersystem ab (s. dort). Zusätzlich wurde angenommen, dass ein Defizit in den sozialen Dienstleistungen wahrgenommen wird, das durch eine Erhöhung direkter Subventionen an die entsprechenden nichtstaatlichen Einrichtungen behoben wird.

In besonderem Maße ist hier darauf hinzuweisen, dass die folgenden Resultate nicht nur aus Eingriffen zur Umsetzung der Szenarien resultieren, sondern auch weiterhin auf endogene Entwicklungen reagieren. So hängen die Sozialversicherungsbeiträge und -zahlungen weiterhin z.B. von der Zahl der Arbeitslosen ab, die wiederum z.B. von der errechneten gesamtwirtschaftlichen Entwicklung beeinflusst wird. Ein externer Eingriff, der die Sozialleistungen oder die Beitragssätze reduziert, muss also keineswegs unmittelbar in einem Vergleich der verschiedenen Szenarien erkennbar sein. Der Eingriff bedeutet nur, dass z.B. bei gleicher Arbeitslosigkeit und sonstigen Bedingungen nun weniger Arbeitslosengeld pro Arbeitslosem gezahlt wird.

	Dominanter Markt	Modernisierung	Regionalisierung
Eingriffe			
Rentenversicherung	Ziel: Umstellung auf Kapitaldeckungsverfahren	„Riesterrente“	Rentenzahlung aus Staatshaushalt (Steuerfinanzierung)
Sparen, private Haushalte	Entsprechende Erhöhung der Sparquote (stärkere Verringerung als in Modernisierung)	Entsprechende Erhöhung der Sparquote	---
Beitragssätze	Nur Arbeitgeberbeiträge werden gesenkt	Arbeitgeber/Arbeitnehmerbeiträge werden gleichermaßen gesenkt	Arbeitgeber/Arbeitnehmerbeiträge für Krankenversicherung, Pflegeversicherung und Arbeitslosenversicherung werden gleichermaßen gesenkt; Finanzierung s. Staatseinkommen
sonstige Sozialleistungen des Staates und Verwandtes	Sozialleistungen an private Haushalte bleiben in konstanten Preisen auf heutigem Niveau (trotz Wirtschaftswachstum, gleichbleibender Arbeitslosigkeit und Umverteilung zugunsten von Kapitaleinkommen)	-- (Sozialleistungen werden wie in der Vergangenheit bestimmt)	Private soziale Arbeit wird in 2020 mit etwa 35 Mrd. DM 1999) zusätzlich gefördert; dies führt zu ca. 1,2 Mio. zusätzlich Beschäftigten im sozialen Bereich
Resultate			
Beitragssätze Sozialversicherung			
- Arbeitgeber	70,2	90,0	39,2
- Arbeitnehmer	100,0	90,0	38,5
Beitragszahlungen der			
- Arbeitgeber*	93,3 (- 0,3 %/a)	119,3 (+ 0,9 %/a)	41,6 (- 3,5 %/a)
- Arbeitnehmer*	134,4 (+1,5 %/a)	119,4 (+ 0,9 %/a)	41,7 (- 3,5 %/a)
Sozialleistungen an private Haushalte*	105,6	117,2	106,7
Arbeitseinkommensquote*	90,6	95,6	103,4
Erwerbstätige*	102,3	104,6	113,5

* Die Werte für 2000 sind jeweils auf 100 gesetzt. Dahinter für ausgewählte Werte in Klammern: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate im Zeitraum 2000-2020.

c) *Sonstige Staatsausgaben*

Im Szenario Dominanter Markt wurde auch die Entwicklung der sonstigen Staatsausgaben etwas gedämpft, um den tendenziellen Rückzug des Staates abzubilden. Für die beiden anderen Szenarien wurde die endogene Abbildung der Staatsausgaben, die natürlich auch in dominanter Markt weiterhin die Dynamik mitbestimmt, belassen.

	Dominanter Markt	Modernisierung	Regionalisierung
Eingriff: sonstige Staatsausgaben	Weitere Reduktion der Staatsausgaben	---	---
Resultat: Staatsausgabenquote*	77,4 (-1 %/a)	89,5 (-0,6 %/a)	93,5 (-0,3 %/a)

* Die Werte für 2000 sind jeweils auf 100 gesetzt. Dahinter für ausgewählte Werte in Klammern: Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate im Zeitraum 2000-2020.

d) *Staatseinnahmen, Finanzierungsdefizit, Staatsverschuldung*

	Dominanter Markt	Modernisierung	Regionalisierung
Eingriffe			
Generelle Änderung des Steuersystems	Generelle Steuersenkung, wobei die Priorität auf die Unternehmen unmittelbar belastenden Steuern gelegt wird; andere Steuern folgen sobald eine deutliche Reduktion der Staatsausgaben erreicht ist	---	Um die zusätzlichen Ausgaben zu finanzieren (steuerfinanzierte Rente, Subventionen), werden Steuern erhöht, wobei die politische Priorität auf die Einkommensteuer gelegt wird und für eine fiskalisch ausgeglichene Finanzierung im Laufe der Zeit auch auf andere Steuern zurückgegriffen werden muss
Ökologisch motivierte Steuern	Einfrieren der Ökosteuer auf gegenwärtigem Stand	Ökosteuer wird entsprechend Prognose weitergeführt	Ersatz der Ökosteuer durch eine CO ₂ -Steuer ohne Ausnahmeregelungen u. Kompensationszahlungen, die Steuer verselbständigt sich und wird gegen Ende der Periode aus fiskalischen Gründen weiter angehoben (2020: 200 DM CO ₂); Einführung einer Flächenerwerbssteuer, 2020 in Höhe von 285 DM/qm für baureifes Land und 127 DM/qm für sonstiges Bauland jeweils in Preisen 2000
Beitragssätze	Nur Arbeitgeberbeiträge werden gesenkt	Arbeitgeber/Arbeitnehmerbeiträge werden gleichermaßen gesenkt	Arbeitgeber/Arbeitnehmerbeiträge werden gleichermaßen gesenkt, Finanzierung: s. Staatseinnahmen
Resultate			
Steuerquote* Steuerquote inkl. Sozialversicherungsbeiträge*	75,1	98,2	149,3
Mehrwertsteuersatz	10 %	16 %	20 %
Einnahmen direkte Steuern/BIP*	67,6	106,8	206,3
Einnahmen aus Öko- bzw. CO ₂ -Steuer*	132,7	204,9	610,6
Zinszahlungen des Staates/BIP*	58,8	52,9	41,2
Schuldenquote des Staates*	71,9	51,5	44,3

* Die Werte für 2000 sind jeweils auf 100 gesetzt.

e) *Arbeitsmarkt*

Auf dem Arbeitsmarkt wurde angenommen, dass sich sowohl im Szenario **Modernisierung** als auch – etwas stärker – im Szenario **Regionalisierung** die Lohnverhandlungen und deren Ergebnisse stärker an der Entwicklung der Arbeitsproduktivität orientieren als in der Vergangenheit, was im Szenario Regionalisierung sich aufgrund der sich durchsetzenden wirtschaftspolitischen Konzeption naheliegend ist und im Szenario Modernisierung in der Annahme begründet ist, dass die Gewerkschaften eine weitere deutliche Abnahme der Lohnquote nicht hinnehmen wollen und auch nicht können, ohne einen weiteren deutlichen Mitgliederschwund zu erleiden, bzw. den entsprechenden Rückgang seit Ende der zweiten Hälfte 80er zumindest teilweise wieder kompensieren wollen. Zusätzlich wurde angenommen, dass die durchschnittliche Arbeitszeit pro Erwerbstätigen und Jahr sowohl im Szenario **Modernisierung** als auch im Szenario **Regionalisierung** sinkt – in dem letzteren dabei etwas stärker. Im Szenario **Modernisierung** ist dann von Reformen nach etwa niederländischem Vorbild auszugehen, während im Szenario **Regionalisierung** generell die Hemmnisse für Teilzeitverträge beseitigt werden, die die vollzeitbeschäftigten Arbeitnehmer bislang daran hindern, ihren in Umfragen häufig erkennbaren Wunsch nach geringeren Wochenarbeitszeiten (mit entsprechendem Lohnverzicht) auch umzusetzen. Teilzeitarbeit wird im Szenario **Regionalisierung** in 2020 gesellschaftlich auch voll akzeptiert.

Im Szenario **Dominanter Markt** wurde dagegen die Arbeitszeit beibehalten und ebenso eine Lohnentwicklung, die hinter der Arbeitsproduktivitätsentwicklung wie in der Vergangenheit zurückbleibt. Letzteres ergibt sich wieder aus einer allgemeinen Umsetzung der wirtschaftspolitischen Konzeption. Bei der Arbeitszeit war nun zu berücksichtigen, dass aufgrund der verringerten Sozialleistungen zwar einerseits neue Personengruppen in den Arbeitsmarkt hineingedrängt werden, die sich vermutlich eher als Teilzeitkräfte verdingen. Andererseits ist auch mit vermehrter Mehrfachbeschäftigung zu rechnen und damit dass auch bei Vollzeitbeschäftigten ein stärkerer Druck entsteht, über die tariflich vereinbarte Arbeitszeit hinaus zu arbeiten. Insgesamt ist damit eine Richtung etwaiger Arbeitszeitveränderungen im Szenario dominanter Markt nur sehr schwierig abzuschätzen. Es wurde daher davon ausgegangen, dass sich im Durchschnitt nichts ändert.

	Dominanter Markt	Modernisierung	Regionalisierung
Eingriffe			
durchschnittliche Arbeitszeit/Erwerbstätigen und Jahr	---	Verringerung auf 94% vom Wert in 2000	Verringerung auf 86% vom Wert in 2000
Lohngleichung	---	Verstärkte Orientierung an der Arbeitsproduktivitätsentwicklung	Noch stärkere Orientierung an der Arbeitsproduktivitätsentwicklung
Resultate			
Arbeitsvolumen*	102,6	98,6	97,9
Erwerbstätige*	102,3	104,6	113,5

* Die Werte für 2000 sind jeweils auf 100 gesetzt.

2. Indikatoren und Zielgrößen

Hinsichtlich der Indikatoren wurde zunächst eine vorläufig endgültige Liste von den Nachhaltigkeitsregeln zugeordneten Indikatoren erarbeitet. Sie umfaßt rund 120 Indikatoren auf einer nationalen, aktivitätsfelder-übergreifenden Ebene sowie jeweils ergänzende und spezifizierende Indikatoren bezogen auf die einzelnen Aktivitätsfelder. Zu verschiedenen dieser Indikatoren wurden detaillierte erläuternde Texte erstellt, die Angaben zur Begründung ihrer Auswahl, zur Definition und ggf. zu methodischen oder datenbezogenen Problemen enthalten. Für einen Großteil der bislang bearbeiteten Indikatoren wurden, soweit verfügbar, Zeitreihen ermittelt (zum Teil mit internationalen Vergleichsdaten) sowie quantitative oder auch qualitative Zielgrößen ausgewählt bzw. angegeben. Diese Zielgrößen orientieren sich entweder an schon implementierten, in offiziellen Dokumenten bzw. wissenschaftlichen Studien angeführten oder in den jeweiligen Debatten diskutierten Werten. Falls solche Orientierungen nicht vorhanden sind, der Indikator jedoch als hinreichend bedeutsam eingeschätzt wird, werden sie als eigene Vorschläge der Projektgruppe formuliert.

Mit Hilfe der bisherigen Arbeitsergebnisse können nun auf der einen Seite erste Aussagen dazu getroffen werden, in welchen Bereichen die derzeitige Situation in Deutschland auf einer übergeordneten nationalen Ebene – gemessen an der historischen Entwicklung oder auch im Vergleich mit anderen OECD-Staaten – als eher gut oder eher defizitär zu beurteilen ist. Auf der anderen Seite sind derartige Beurteilungen auch für die einzelnen Aktivitätsfelder ebenso möglich wie erste Überlegungen zu adäquaten Handlungsstrategien und Instrumenten zur Behebung bestimmter Defizite.

Exemplarisch aufgeführt sind im folgenden die Indikatoren-, Daten- und Zielwerteübersichten zu insgesamt drei substanziellen Regeln sowie zu einer instrumentellen Regel:

REGEL: Selbstständige Existenzsicherung (Nr. 3)	
INDIKATOREN	
AF übergeordnete Ebene	<ul style="list-style-type: none"> • Zahl und Anteil der Sozialhilfeempfänger • Offizielle Arbeitslosenquote • Entwicklung der Arbeitslosigkeit Jugendlicher • Anteil Langzeitarbeitsloser (1 Jahr und länger)
Mobilität / Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitslosigkeit in den Produktionsbereichen des Verkehrssektors • Langzeitarbeitslosigkeit in den Produktionsbereichen des Verkehrssektors
Wohnen / Bauen	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil der nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Baubranche • Offizielle Arbeitslosenquote in der Baubranche
Ernährung / Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe, die Vergleichsgewinn entsprechend Vergleichsansatz erreichen
Freizeit / Tourismus	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil der Arbeitslosen aus dem F&T-Sektor • Anteil von Teilzeit- und Saisonbeschäftigten an der gesamten Beschäftigtenzahl bzw. am gesamten Beschäftigungsvolumen im F&T-Sektor

INDIKATOREN ZU REGEL NR. 3: ISTWERTE, TRENDS, ZIELE

I. AF übergeordnete Ebene

Indikator: Zahl und Anteil der Sozialhilfeempfänger

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Die Sozialhilfequote stieg in Deutschland von 1 Prozent (548000 Bezieher) im Jahr 1963 auf 3,5 Prozent (2,88 Millionen Bezieher) im Jahr 1998. Diese Zahlen - ihr Anstieg ist vor allem auf den Anstieg der Arbeitslosigkeit zurückzuführen - sind mit Vorsicht zu interpretieren. Erstens hat es in dieser Zeitspanne zwei Strukturbrüche gegeben (Wiedervereinigung 1991 und Ausgliederung der Asylbewerber 1994). Zweitens rechnet man mit einer Dunkelziffer von bis zu 50 Prozent. 	<ul style="list-style-type: none"> Zielwerte für den Indikator anzusetzen erscheint nicht als sinnvoll. Denn einerseits indiziert dieser Indikator sowohl einen Verstoß gegen die betrachtete Regel der Selbständigen Existenzsicherung als auch das häufig damit verbundene Auftreten von Armutssituationen, diesbezüglich wären somit niedrige Indikatorwerte anzustreben. Andererseits zeigt der Indikator auch die Bereitschaft der Gesellschaft an, im Sinne der entsprechenden Regel für eine angemessene Grundversorgung zu sorgen, diesbezüglich wäre eine Minimierung der Werte nicht sinnvoll.

Indikator: Offizielle Arbeitslosenquote

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Arbeitslosigkeit hat sich in Westdeutschland vom historischen Tiefststand 1965 von 0,7 % (Männer) und 0,5 % (Frauen) auf Werte für Gesamtdeutschland von 11,9 % (Männer) bzw. 12,8 % (Frauen) im Jahr 1998 entwickelt²; im Jahr 2000 betrug die gesamte Arbeitslosigkeit 10,7 %. In der EU liegt Deutschland im Jahr 1998 bei den Männern - in einem Wertefeld von 1,9 (Luxemburg) bis 13,8 Prozent (Frankreich) - bei 8,9 %; und bei den Frauen - in einem Wertefeld von 4,0 (Luxemburg) bis 16,7 (Griechenland) - bei 10,1 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Wegen der außerordentlich hohen Bedeutung die diese relativ hohe Arbeitslosigkeit bezüglich der Verletzung aller Regeln der sozialen Aspekte von Nachhaltigkeit sowie bezüglich ökonomischer Probleme (z.B. Finanzierung der sozialen Sicherungssysteme) zukommt, schlagen wir als Ziel vor: eine Halbierung der Arbeitslosigkeit innerhalb der nächsten 10 Jahre, was etwa mit politischen Zielsetzungen³ konform wäre; längerfristig hingegen sollte das Ziel der Vollbeschäftigung (2 %) nicht aus den Augen verloren werden.

Indikator: Entwicklung der Arbeitslosigkeit Jugendlicher (in Prozentpunkten)

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Die Entwicklung der Arbeitslosigkeit Jugendlicher hat sich in einem OECD-Feld mit vorwiegend negativen Werten zwischen -0,9 (Portugal) und -7,5 (USA) durchschnittlich zwischen 1980 und 1998 bei Männern um 3,1 Prozentpunkte erhöht. Bei Frauen liegt Deutschland bei -3 Prozentpunkten in einem Feld von -2,6 (Dänemark) bis -13,5 (Spanien). 	<ul style="list-style-type: none"> Zielwerte sind in Einklang mit den Zielwerten des vorangehenden Indikators festzulegen.

Indikator: Anteil Langzeitarbeitsloser (1 Jahr und länger)

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Langzeitarbeitslosigkeit hat sich in West Deutschland von 1977 bis 1998 von 33,5% aller Arbeitslosen auf 54,4 % erhöht (Gesamtdeutschland 1998: 54,9 %). Im OECD-Rahmen liegt Deutschland im Jahr 2000 bei 51,5 Prozent in einem Feld von 5,0% (Norwegen) bis 60,8% (Italien). 	<ul style="list-style-type: none"> Zielwerte sind in Übereinstimmung mit den Zielwerten des Indikators für Arbeitslosigkeit (s.o.) festzulegen.

Mobilität / Verkehr

Indikator: Arbeitslosigkeit in den Produktionsbereichen des Verkehrssektors

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> bisher keine Daten recherchiert 	<ul style="list-style-type: none"> kein Ziel formulierbar

² Hingewiesen sei hier auf eine beträchtliche „Stille Reserve“ von nicht registrierten Arbeitslosen (vgl. Bäcker et al. 2000, S. 322)

³ Vgl. die Zielsetzung des Bundeskanzlers Schröder einer Reduzierung auf 3,5 Millionen.

Indikator: Langzeitarbeitslosigkeit in den Produktionsbereichen des Verkehrssektors							
Istwerte, Trends	Ziele						
<ul style="list-style-type: none"> bisher keine Daten recherchiert 	<ul style="list-style-type: none"> kein Ziel formulierbar 						
Wohnen / Bauen							
Indikator: Anteil der nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Baubranche							
Istwerte, Trends	Ziele						
Beschäftigte in vorbereitenden Baustellenarbeiten, Hoch- u. Tiefbau, Bauinstallationen u. sonstigem Baugewerbe 1950 1.566.793 1961 2.226.538 1970 2.249.983 1987 1.851.652 1996 1.753.700 1997 1.675.300 1998 1.591.900 Quelle: Stat. Bundesamt 1999, S. 129, 219f	Zur Eindämmung der Schwarzarbeit im Bausektor sollte darauf hingewirkt werden, dass möglichst viele nicht-sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in eine sozialversicherte Anstellung gelangen						
Indikator: Offizielle Arbeitslosenquote in der Baubranche							
Istwerte, Trends	Ziele						
Arbeitslose, die zuletzt im Baugewerbe tätig waren <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><i>Absolut</i></td> <td style="text-align: center;"><i>%</i></td> </tr> <tr> <td>Sept. 1998</td> <td style="text-align: center;">233.898</td> <td style="text-align: center;">5,9</td> </tr> </table> Quelle: Stat. Bundesamt 1999, S. 118		<i>Absolut</i>	<i>%</i>	Sept. 1998	233.898	5,9	Die Arbeitslosenquote soll sinken
	<i>Absolut</i>	<i>%</i>					
Sept. 1998	233.898	5,9					
Ernährung / Landwirtschaft							
Indikator: Anteil landwirtschaftlicher Haupteinwerbungsbetriebe, die einen Vergleichsgewinn entsprechend dem gewerblichen Vergleichslohn erzielen							
Istwerte, Trends	Ziele						
Anteil landwirtschaftlicher Haupteinwerbungsbetriebe, die Vergleichsgewinn entsprechend gewerblichen Vergleichslohn erreichen 1996/1997: 17 % 1997/1998: 20 % 2000/2001: 28 % Quelle: BMVEL, 2002 Trend: in den 90er Jahren erreichten mehr Haupteinwerbungsbetriebe eine Annäherung ihrer Gewinne an den Vergleichslohn. Der Indikator gibt Auskunft über die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion im Vergleich zur übrigen Wirtschaft. Datenprobleme der bestehen aufgrund einer Methodenänderung für die Jahre 2000/2001.	<ul style="list-style-type: none"> BMVEL: ökonomisch erfolgreiche landwirtschaftliche Betriebe Landwirtschaftsgesetz: Abbau der Einkommensdisparität 						
Freizeit / Tourismus							
Indikator: Anteil der Arbeitslosen aus dem F&T-Sektor							
Istwerte, Trends	Ziele						
<ul style="list-style-type: none"> noch nicht bearbeitet 							
Indikator: Anteil von Teilzeit- und Saisonbeschäftigungen an der gesamten Beschäftigtenzahl bzw. am gesamten Beschäftigungsvolumen im F&T-Sektor							
Istwerte, Trends	Ziele						
<ul style="list-style-type: none"> noch nicht bearbeitet 							

REGEL: Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Nr. 6)**INDIKATOREN****AF übergeordnete Ebene**Biodiversität, empfindliche Ökosysteme

- Anzahl gefährdeter Arten
- Artenverlust
- Unterschiedliche Kategorien der Gesamtflächen an geschützten Gebieten

Forstressourcen

- Verhältnis Holzeinschlag zu Holzzuwachs
- Erhalt der Vielfalt in den Wäldern
- Anteil der FSC-Flächen an der gesamten bewirtschafteten Waldfläche

Fischressourcen

- Anzahl der Fischarten, deren Bestände in Nord- und Ostsee gefährdet sind

Wasserressourcen

- Verhältnis Wasseraufkommen zu Wasserdargebot

Bodenressourcen

- Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag
- Anzahl von Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen

Mobilität / Verkehr

- Anteil erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch
- Zunahme der Verkehrsfläche pro Tag
- Unzerschnittene verkehrsarme Räume > 100 km²
- Anteil der Wasserverwendung an der gesamten Verwendung
- Anteil des Abwasseraufkommens am gesamten Aufkommen

Wohnen / Bauen

- Anteil der verschiedenen Hauptnutzungsarten an der Flächennutzung
- Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag
- Siedlungsfläche pro Kopf
- Versiegelungsgrad
- Relation von Neubau zu Schaffung von Wohnraum im Bestand
- Grad der Verdichtung

Ernährung / Landwirtschaft

- Flächenanteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche
- Pflanzenschutzmittel-Risiko-Indikator nach SYNOPSIS-Modell
- Anteil an Ackerflächen mit Überschreitung des tolerierbaren Bodenabtrags
- Bestände an bedrohten Nutztierassen (Rinder, Schweine, Schafe, Ziegen, Hühner, Pferde)
- Anbaufläche bedrohter Nutzpflanzen

Freizeit / Tourismus

- Zunahme der Flächennutzung für F&T-Zwecke
- Flächeninanspruchnahme für F&T-Zwecke in Großschutzgebieten (Nationalparke, Biosphärenreservate und Naturparke)

INDIKATOREN ZU REGEL NR. 6: ISTWERTE, TRENDS, ZIELE

II. AF übergeordnete Ebene

Biodiversität, empfindliche Ökosysteme

Indikator: Anzahl gefährdeter Arten					
Istwerte, Trends			Ziele		
<ul style="list-style-type: none"> • noch nicht bearbeitet 					
Indikator: Artenverlust					
Istwerte, Trends			Ziele		
Ausgestorbene bzw. verschollene Arten: <ul style="list-style-type: none"> • Pflanzen: 4% davon: Phytoparasit. Pilze 21,6% Armleuchteralgen 12,5% Flechten 10% der jeweils untersuchten Arten • Tiere: 3% davon: Säugeter 13% Brutvögel 6,25% Fische (5,7% limnisch/2,4% marin) Steinfliegen 12,5% der jeweils untersuchten Arten Quelle Bundesamt für Naturschutz (http://www.bfn.de/)					
Indikator: Unterschiedliche Kategorien der Gesamtflächen an geschützten Gebieten					
Istwerte, Trends			Ziele		
Schutzgebietstypen in Deutschland (Stand 1997-99)			Der Naturschutz sollte auf 10-15 % der Landesfläche absoluten Vorrang genießen. Davon sollten 5 % als Naturentwicklungsgebiete gänzlich der Eigendynamik der Natur überlassen bleiben; bei ausreichender Größe sollten diese Flächen als Nationalparks gesichert werden. Von den forstlich genutzten Flächen sollten 5 % Totalreservate, 10 % naturnahe Naturschutz-Vorrangflächen und 2-4 % naturnahe Waldränder einem Waldbiotopverbundsystem vorbehalten bleiben (SRU 2000, Tz. 417). Während das umweltpolitische Schwerpunktprogramm des BMU für die Schaffung eines Biotopverbundsystems den Zeithorizont 2020 vorgibt, hält der SRU die Umsetzung des NATURA-2000-Konzepts bis 2004 für angemessen.		
Typ	Anzahl	Fläche (ha)			Anteil an der Landesfläche (%)
Naturschutzgebiet	6 202	824 161			2,3
Nationalpark ³⁾	13	730 505			2,0
Biosphärenreservat	13	1 583 978			4,4
Landschaftsschutzgebiet	ca. 6 159	ca. 8 897 232			24,9
Naturpark	78	6 677 670			18,7
Naturwaldreservat	678	25 016			<0,1
FFH-Gebiet	1 041	1 072 577			3,0 ⁶⁾
Vogelschutzgebiet	554	1 544 949			4,3
Ramsar-Gebiet	29	671 204			1,9
Europadiplomgebiet	8	103 876	0,3		
Europareservat	20	268 408	0,8		
Quelle: Daten zur Umwelt 2000					

Forstressourcen

Indikator: Verhältnis Holzeinschlag zu Holzzuwachs	
Istwerte, Trends	Ziele
Holzeinschlag 1998/99: 36 Mio m ³ ; auf der Basis der Baumartenverteilung von 1993 geschätzter jährlicher Zuwachs: 8 m ³ /ha entspricht insgesamt 80 Mio m ³	Fortsetzung des Trends

Indikator: Erhalt der Vielfalt in den Wäldern	
Istwerte, Trends	Ziele
Anteil der Naturwaldreservate an der gesamten Waldfläche: 0,2%	Erhöhung des Anteils von Naturwaldreservaten
Indikator: Anteil der FSC-Flächen ⁴ an der gesamten bewirtschafteten Waldfläche	
Istwerte, Trends	Ziele
Von 10.740.670 ha waren 2002 323.608 ha FSC-zertifiziert (entspricht 3%)	weiterer Anstieg

Fischressourcen

Indikator: Anzahl der Fischarten, deren Bestände in Nord- und Ostsee gefährdet sind	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • noch nicht bearbeitet 	

Wasserressourcen

Indikator: Verhältnis Wasseraufkommen zu Wasserdargebot			
Istwerte, Trends			Ziele
Mrd m ³	1991	1995	Keine Übernutzung regionaler Wasserressourcen
erneuerbare Wasserressource (Mittelwert 1961–90: 182)	126	220	
Wassergewinnung	47,4	43,2	
Anteil am Dargebot (relativ zum Mittelwert 1961-1990)	26%	24%	
Anteil am Dargebot des jeweiligen Jahres	38%	20%	
Das 1995 gewonnene Wasser wurde 1995 zu zu 64% für die Kühlung von Wärmekraftwerken, zu 20% für den Bergbau und das verarbeitende Gewerbe, zu 13% für die öffentliche Wasserversorgung und der Rest für Bewässerung in der Landwirtschaft verwendet.			
Quelle: Daten zur Umwelt 2000			

Bodenressourcen

Indikator: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag											
Istwerte, Trends	Ziele										
Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Jahresdurchschnitt <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Zunahme ha/Tag</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1997</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1998</td> <td>124</td> </tr> <tr> <td>1999</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>129</td> </tr> </tbody> </table> Quelle: DUX, UBA 2001, S. 22	Zunahme ha/Tag		1997	120	1998	124	1999	130	2000	129	Trendwende und bis zum Jahr 2020 ein Maximalwert von 30 ha/Tag (Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, SRU 2000, UBA 2001). Darüber hinaus ist zumindest langfristig ein Nullwachstum anzustreben (SRU 2000, S. 251)
Zunahme ha/Tag											
1997	120										
1998	124										
1999	130										
2000	129										
Indikator: Anzahl von Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen											
Istwerte, Trends	Ziele										
Über 338.000 Altlastenverdachtsflächen nehmen vermutlich über 1.280.000 ha ein, von denen ca. 128.000 ha auf innerstädtische Brachen entfallen könnten Quelle: SRU 2000, S. 243	Überprüfung aller Altlastenverdachtsflächen und Sicherung bzw. Sanierung in Bezug auf die vorgesehene Nutzung der Altlastenflächen (nach SRU 2000, S. 242). Dabei sollte auch die Möglichkeit einer Wohnnutzung in Betracht gezogen werden, um den Druck von den Freiflächen zu nehmen										

⁴ Forest Stewardship Council

Mobilität / Verkehr	
Indikator: Anteil erneuerbarer Energieträger am Primärenergieverbrauch	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> < 0,2% 	<ul style="list-style-type: none"> Orientierung am nationalen REG-Ziel (4,2 % bis 2010)
Indikator: Zunahme der Verkehrsfläche pro Tag	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> 1993 - 1997: 31,4 ha/d 	<ul style="list-style-type: none"> Begrenzung der Zunahme der Verkehrsfläche proportional zur Begrenzung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (siehe oben)
Indikator: Unzerschnittene verkehrsarme Räume > 100 km ²	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> 1998: 22% der Landesfläche 	<ul style="list-style-type: none"> keine weitere Abnahme der unzerschnittenen Flächen (UBA)
Indikator: Anteil der Wasserverwendung an der gesamten Verwendung	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> 1993: 20,0% 	<ul style="list-style-type: none"> Kein konkretes Ziel formulierbar
Indikator: Anteil des Abwasseraufkommens am gesamten Aufkommen	
Istwerte, Trends	Ziele
1993: 19,4%	Kein konkretes Ziel formulierbar

Wohnen / Bauen																																																																	
Indikator: Anteil der verschiedenen Hauptnutzungsarten an der Flächennutzung																																																																	
Istwerte, Trends	Ziele																																																																
Flächennutzungsarten in Deutschland sowie ihre Veränderungen zwischen 1993 und 1997																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nutzung</th> <th colspan="2">1993</th> <th colspan="2">1997</th> <th rowspan="2">Dif. 93/97</th> </tr> <tr> <th>Km²</th> <th>%</th> <th>km²</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gebäude u. Freifl.</td> <td>20.733</td> <td>5,8</td> <td>21.937</td> <td>6,1</td> <td>+5,8</td> </tr> <tr> <td>Betriebe</td> <td>2.427</td> <td>0,7</td> <td>2.515</td> <td>0,7</td> <td>+3,6</td> </tr> <tr> <td>Erholung</td> <td>2.255</td> <td>0,7</td> <td>2.374</td> <td>0,7</td> <td>+5,3</td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td>16.441</td> <td>4,6</td> <td>16.785</td> <td>4,7</td> <td>+2,1</td> </tr> <tr> <td>Landwirtschaft</td> <td>195.112</td> <td>54,7</td> <td>193.136</td> <td>54,1</td> <td>-1,0</td> </tr> <tr> <td>Wald</td> <td>104.535</td> <td>29,3</td> <td>104.915</td> <td>29,4</td> <td>+0,4</td> </tr> <tr> <td>Wasser</td> <td>7.837</td> <td>2,1</td> <td>7.940</td> <td>2,2</td> <td>+1,3</td> </tr> <tr> <td>Andere N.</td> <td>7.630</td> <td>2,1</td> <td>7.426</td> <td>2,1</td> <td>-2,7</td> </tr> <tr> <td>Summen</td> <td>356.970</td> <td></td> <td>357.028</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Nutzung	1993		1997		Dif. 93/97	Km ²	%	km ²	%	Gebäude u. Freifl.	20.733	5,8	21.937	6,1	+5,8	Betriebe	2.427	0,7	2.515	0,7	+3,6	Erholung	2.255	0,7	2.374	0,7	+5,3	Verkehr	16.441	4,6	16.785	4,7	+2,1	Landwirtschaft	195.112	54,7	193.136	54,1	-1,0	Wald	104.535	29,3	104.915	29,4	+0,4	Wasser	7.837	2,1	7.940	2,2	+1,3	Andere N.	7.630	2,1	7.426	2,1	-2,7	Summen	356.970		357.028		
Nutzung	1993		1997		Dif. 93/97																																																												
	Km ²	%	km ²	%																																																													
Gebäude u. Freifl.	20.733	5,8	21.937	6,1	+5,8																																																												
Betriebe	2.427	0,7	2.515	0,7	+3,6																																																												
Erholung	2.255	0,7	2.374	0,7	+5,3																																																												
Verkehr	16.441	4,6	16.785	4,7	+2,1																																																												
Landwirtschaft	195.112	54,7	193.136	54,1	-1,0																																																												
Wald	104.535	29,3	104.915	29,4	+0,4																																																												
Wasser	7.837	2,1	7.940	2,2	+1,3																																																												
Andere N.	7.630	2,1	7.426	2,1	-2,7																																																												
Summen	356.970		357.028																																																														
SRU 2000, S. 229																																																																	
Indikator: Siedlungsfläche pro Kopf																																																																	
Istwerte, Trends	Ziele																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>qm/Kopf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1993</td> <td>515</td> </tr> <tr> <td>1997</td> <td>532</td> </tr> <tr> <td>1998</td> <td>537</td> </tr> <tr> <td>1999</td> <td>543</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>549</td> </tr> </tbody> </table>	Jahr	qm/Kopf	1993	515	1997	532	1998	537	1999	543	2000	549																																																					
Jahr	qm/Kopf																																																																
1993	515																																																																
1997	532																																																																
1998	537																																																																
1999	543																																																																
2000	549																																																																
Quelle: SRU 2000, S. 229; UBA 2001, S. 15; eigene Berechnungen																																																																	

Indikator: Versiegelungsgrad			
Istwerte, Trends		Ziele	
1997 waren ca. 2,1 Mio. ha oder 6 % der Fläche der Bundesrepublik Deutschland versiegelt Quelle: UBA 2001, S. 21		Es sollte angestrebt werden den Versiegelungsgrad nicht weiter ansteigen zu lassen. In dem Zusammenhang schätzt die BFLR das Entsiegelungspotential auf ca. 10 % der bisher versiegelten Fläche. Sie empfiehlt, dass 60 % dieses Potentials zur Entsiegelung genutzt werden sollte (BFLR 1996)	
Indikator: Relation von Neubau zu Schaffung von Wohnraum im Bestand			
Istwerte, Trends		Ziele	
Relation der Baufertigstellung von Wohnungen durch Bau- maßnahmen im Bestand zu Wohnungen im Neubau		Der Quotient sollte sich weiter erhöhen.	
<i>Jahr</i>	<i>Wohnungen im Bestand</i>	<i>Wohnungen im Neubau</i>	<i>Quotient</i>
1960	43.902	530.500	0,08
1970	22.225	455.825	0,05
1980	16.372	372.532	0,04
1990	26.039	230.449	0,11
1995	54.479	444.064	0,12
1996	47.699	368.423	0,13
1997	45.567	354.783	0,13
1998	39.243	333.000	0,12
Quelle: Stat. Bundesamt 2000, S. 50			
Indikator: Grad der Verdichtung			
Istwerte, Trends		Ziele	
Wohngebäude nach Zahl der Geschosse		Der Quotient sollte weiter sinken. Als Maßnahme hierzu schlägt die Enquete-Kommission eine minimale Geschossflächenzahl (GFZ) in normal verdichteten Siedlungsflächen von 0,3 bis 0,4 vor und in hochverdichteten Siedlungsflächen von 0,7	
<i>Jahr</i>	<i>1 und 2 Geschosse</i>	<i>3 und mehr Geschosse</i>	<i>Quotient</i>
1971/72	9.373.313	1.387.684	6,8
1993	11.540.000	3.540.300	3,3
Quelle: Stat. Bundesamt 2000, S. 44		Quellen: BMBau 1996, BfLR 1996b, Stadt Düsseldorf 1996	

Ernährung / Landwirtschaft

Indikator: Flächenanteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche						
Istwerte, Trends				Ziele		
Flächenanteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche				<ul style="list-style-type: none"> UBA 2002, BMU 1998, SRU 1999, BMVEL 2001: Ausdehnung des Flächenanteils des ökologischen Landbaus 		
	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>
Anteil in %	1,8	2,1	2,3	2,4	2,7	3,2
Quelle: UBA, 2000						
Trend: stetige Zunahme der LF des ökologischen Landbaus in den 90er Jahren, weitere Ausdehnung erwartet						
Indikator: Pflanzenschutzmittel-Risiko-Indikator nach SYNOPSIS-Modell						
Istwerte, Trends				Ziele		
<ul style="list-style-type: none"> SYNOPSIS-Modell der Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, ermöglicht eine Abschätzung der potentiellen Umweltrisiken des PSM-Einsatzes. Im Jahr 2000 erfolgte eine bundesweite Datenerhebung des PSM-Einsatzes, die z.Z. verarbeitet wird. Trend: Verbesserung der Umweltverträglichkeit der PSM; geringerer Einsatz der PSM-Wirkstoffmenge in kg/ha (siehe Regel 8) 				<ul style="list-style-type: none"> BMU 1998: Reduktion der Gefährdung von aquatischen und sonstigen Organismen durch PSM-Einträge BMU 1998: Schutz des Grundwassers vor PSM-Einträgen 		

Indikator: Anteil an Ackerflächen mit Überschreitung des tolerierbaren Bodenabtrags	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Schätzung: auf 20-40 % der Ackerflächen Überschreitung des tolerierbaren Bodenabtrags • GIS-Daten zu bundesweiten potentiellen Bodenerosion stehen von Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Sektor Boden, zur Verfügung • Trends: Anstieg der landwirtschaftlichen Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion 	<ul style="list-style-type: none"> • EEA 2000: Bodenerosion ist Hauptgefährdung der landwirtschaftlichen Böden Europas, Minimierung der Bodenerosion
Indikator: Bestände an bedrohten Nutztierassen (Rinder, Schweine, Schafe, Ziegen, Hühner, Pferde)	
Istwerte, Trends	Ziele
<p>Förderung in Agrarumweltprogrammen:</p> <p>1997: 11.170 GVE 1998: 10.200 GVE</p> <p>Trend: noch keine Trendumkehr bei Verlust landwirtschaftlicher Biodiversität</p>	<ul style="list-style-type: none"> • BMVEL 2002: Erhalt der landwirtschaftlichen Biologischen Vielfalt; Förderung des in situ Erhalt bedrohter Nutztierassen
Indikator: Anbaufläche bedrohter Nutzpflanzen	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Anbaufläche bedrohter Nutzpflanzen • Daten über Förderprogramme ermittelbar 	<ul style="list-style-type: none"> • BMVEL 2002: Erhalt der landwirtschaftlichen Biologischen Vielfalt; Förderung des in situ Erhalt bedrohter Nutzpflanzen

Freizeit / Tourismus

Indikator: Zunahme der Flächennutzung für F&T-Zwecke	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • noch nicht bearbeitet 	
Indikator: Flächeninanspruchnahme für F&T-Zwecke in Großschutzgebieten (Nationalparke, Biosphärenreservate und Naturparke)	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • noch nicht bearbeitet 	

REGEL: Begrenzung der Verschuldung (Nr. 18)**INDIKATOREN****AF übergeordnete Ebene**

- Defizitquote (Haushaltsdefizit bezogen auf BIP) der Gebietskörperschaften
- Schuldenquote (Schuldenstand bezogen auf BIP)
- Anteil der Verschuldung bei ausländischen Gläubigern
- Gesamtschulden pro Kopf
- Zins-Ausgaben-Quote
- Zins-Steuereinnahmen-Quote
- Verhältnis zwischen Netto-Neuverschuldung und Investitionen
- Verhältnis der Konsum- zu den Investitionsausgaben des Staates
- Anteil der Personalausgaben an den staatlichen (Konsum)Ausgaben

INDIKATOREN ZU REGEL NR. 18: ISTWERTE, TRENDS, ZIELE**III. AF übergeordnete Ebene****Indikator:** Defizitquote (Haushaltsdefizit bezogen auf BIP) der Gebietskörperschaften

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • In D 1960 Überschuss von 3 %, 1980 –2,9 %, 1990 –2,1 %, 1995 –3,3 %, 2000 +1,2 % (einmaliger UMTS-Effekt), 2001 –2,7 %. • International liegt D eher im hinteren Feld. Mittlerweile haben F, GB, A, NL, Ita oder USA deutlich geringere Defizite oder sogar Überschüsse (EU15 –0,6 % in 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Maastricht-Kriterium von 1993 lässt höchsten Defizit von 3 % zu • „Stabilitätspakt“ von 1997: für Euro-Länder „nahezu ausgeglichener Haushalt oder Überschuss“, was bislang i.d.R. im Sinne von „höchstens 1 % Defizit“ interpretiert wird • BuReg. in Nachh.strategie: ausgeglichener Haushalt bis 2006, ab dann kontinuierliche Tilgung der bestehenden Schulden

Indikator: Schuldenquote (Schuldenstand bezogen auf BIP)

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Hat sich in D von 19 % in 1970 über 44 % in 1990 und 61 % in 1998 auf 61,8 % in 2001 entwickelt (Aufteilung der Gesamtschulden des Staates in den 90er Jahren: Bund ca. 60 %, Länder 25-30 %, Gemeinden ca. 5 % sowie ca. 5 % „Sonderhaushalte“; in den 70ern und 80ern: 50/30/20). • International liegt D auch hier im Mittelfeld; einige Staaten weisen (mittlerweile) eine mehr oder weniger deutlich geringere Quote auf (GB 41 %, S 49 %, NL und USA je 54 %, F 58 %); allerdings noch relativ große Unterschiede, so dass EU15 ca. 65 %. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maastricht-Kriterium lässt höchstens 60 % zu; ein Erreichen des Defizitquoten-Ziels würde – bei nicht-sinkendem BIP – auch zu sinkenden Schuldenquoten führen • Denkbar wäre auch eine explizite Orientierung an den besten ausländischen Werten (etwa 50 %) oder an den Werten in D von Ende der 80er/Anfang 90er (40-45 %)

Indikator: Anteil der Verschuldung bei ausländischen Gläubigern

Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Steigerung in D von 4 % in 1965 über 9 % 1980, 21 % 1990, 28 % 1995 auf 37 % in 2000 und 36 % in 2001. • Vergleichswerte aus dem Ausland liegen uns derzeit nicht vor 	<ul style="list-style-type: none"> • Offiziell wird hierzu kein Ziel diskutiert • Die nach unserer Einschätzung gegebene Bedeutung des Indikators unter intergenerativen Gerechtigkeitsaspekten rechtfertigt einen Zielvorschlag: etwa eine Orientierung am „Vor-Wende“-Wert von ca. 20 % bis 2020 (evtl. Zwischenziel bis 2010 von 25-30 %)

Indikator: Gesamtschulden pro Kopf	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> zunächst zurückgestellt, weil eigentlich weniger interessant 	
Indikator: Zins-Ausgaben-Quote	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung in D: alle Gebietskörperschaften/nur Bund 1970 3 %/3 %; 1980 5 %/6 %; 1990 8 %/11 %; 1998 12 %/12 %; 2000 11 %/16 %; 2001 11 %/15 % International wenig kompatible Vergleichsdaten verfügbar. Nach einer leicht differierenden Abgrenzung des IWF zählt D zu den Staaten mit der geringsten Quote 	<ul style="list-style-type: none"> Ein offizielles Ziel hierfür existiert nicht und wird auch nicht diskutiert Vorschlag: Orientierung am „Vor-Wende“-Wert (1990) oder Vertrauen darauf, dass Erreichen des Defizitquoten-Ziels auch hier Verbesserungen nach sich ziehen wird
Indikator: Zins-Steuereinnahmen-Quote	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung in D: alle Gebietskörperschaften/nur Bund 1970 4,5 %/3 %; 1980 8 %/8 %; 1990 11 %/11 %; 1995 16 %/14 %; 2000 14%/20 %; 2001 15 %/20 % Kompatible internationale Vergleichsdaten liegen uns derzeit nicht vor 	<ul style="list-style-type: none"> Ein offizielles Ziel existiert auch hier nicht und wird auch nicht diskutiert Möglicher Vorschlag: Wiedererreichen der „Vor-Wende“-Werte (also 11-12 % für alle Gebietskörperschaften und für Bund) bis 2020 (evtl. Zwischenziel für Bund: 15 % bis 2010)
Indikator: Verhältnis zwischen Netto-Neuverschuldung und Investitionen	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung des Koeffizienten Neuverschuldung/Investitionen in D: 0,20 in 1970 1,02 in 1980 0,95 in 1985 1,18 in 1992 1,19 in 1995 0,68 in 1999 0,30 in 2000 (einmaliger Sondereffekt durch UMTS-Lizenzentnahmen) 	<ul style="list-style-type: none"> GG-Art. 115 schreibt im Prinzip einen Koeffizienten von 1 vor, größer 1 ist Verstoß (abgesehen von als zulässig angesehenen Ausnahmetatbeständen). Dies könnte quasi als Mindestziel betrachtet werden Darüber hinaus Zielformulierung des bayrischen Finanzministeriums: ab 2006 Nettoneuverschuldung von 0 und ab dann Schuldenabbau; Regierung Schleswig-Holstein: dito ab 2010
Indikator: Verhältnis der Konsum- zu den Investitionsausgaben des Staates	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Abgrenzung zw. Konsum- und Investitionsausgaben wird dieser Indikator zunächst zurückgestellt! 	
Indikator: Anteil der Personalausgaben an den staatlichen (Konsum)Ausgaben	
Istwerte, Trends	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> der Anteil der Personalausgaben des Staates an den Gesamtausgaben (Gebietskörperschaften plus Sozialversicherung) lag in den 70er bis 90er Jahren stets zwischen 28 und 30 %, in den 90er Jahren zw. 24 und 25 % der Anteil der Personalausgaben an den Konsumausgaben des Staates (Gebietskörperschaften + Sozialversicherung) hat sich relativ kontinuierlich von 58 % in 1970 auf heute ca. 48 % verringert. zum Ausland liegen uns derzeit hierfür keine kompatiblen Daten vor 	<ul style="list-style-type: none"> ein offizielles oder wissenschaftlich diskutiertes Ziel existiert nicht generell ist es angesichts der Schwierigkeiten bei der Abgrenzung zw. Konsum- und Investitionsausgaben die Formulierung eines Zieles hier zumindest problematisch (Personalausgaben sind z. B. auch solche für Wissenschaftler und im Bildungsbereich usw.)

II. Arbeitspaket

Die politisch-institutionellen Rahmenbedingungen für eine Politik der Nachhaltigkeit

Regina Eich

Forschungszentrum Jülich GmbH

Programmgruppe STE

Online Version

1. Untersuchungsprogramm des Arbeitspaketes

Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, Empfehlungen für eine Reform des politisch-institutionellen sowie des politisch-administrativen Systems zu geben, deren Umsetzung es ermöglicht, alle Dimensionen der Nachhaltigkeit in der Politikformulierung, der Politikimplementation und bei der Überprüfung der Umsetzung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung zu beachten.

Schwerpunkt ist die Analyse der institutionellen Rahmenbedingungen und Handlungsmöglichkeiten. Dies soll auf der Grundlage der zu Beginn des Projekts ausgearbeiteten Regeln zur Nachhaltigkeit sowie der Indikatoren für die politisch-institutionelle Dimension erfolgen.

Dabei werden im Rahmen einer zunächst fallbeispielbezogenen Analyse drei Themenbereiche behandelt, die sich im wesentlichen auf das politisch-administrative System beziehen. Diese lassen sich zusammenfassend in Form von drei Fragen darstellen:

1. Inwieweit macht eine Implementation des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung Veränderungen im politisch-administrativen System notwendig?
2. In welchem Umfang und in welcher Form haben solche Veränderungen bereits tatsächlich stattgefunden?
3. Welche Ergebnisse (in Form von Erfolgen bzw. Misserfolgen) dieser Veränderungen sind zur Zeit bereits erkennbar?

Diese Fragestellung soll mit Hilfe mehrerer Untersuchungsobjekte beantwortet werden. Dabei scheinen einzelne Nationalstaaten als Untersuchungsgegenstand am besten geeignet zu sein. Als zu untersuchende Staaten kommen dabei neben der Bundesrepublik Deutschland auch Großbritannien, die Niederlande, die Schweiz, Finnland und Schweden sowie die USA oder Kanada in Betracht.

Das Hauptaugenmerk der Untersuchung wird sich – im Rahmen der Untersuchungen für die Bundesrepublik Deutschland – auf die Gebietskörperschaften (und hier insbesondere auf den Bund) sowie auf die Exekutive und Legislative stützen.

Im Zusammenhang mit der Beantwortung der ersten Teilfrage im Rahmen der Analyse (siehe oben) ist es das Ziel, grundsätzlich festzustellen, ob sich durch die Einführung des Sustainable Development-Konzepts Veränderungen bzw. Neuerungen im Bereich des politisch-administrativen Systems abgezeichnet haben. Im Weiteren soll eingehend untersucht werden, in welchen Teilbereichen sich diese Wandlungen durchgesetzt haben. Daneben soll auch genauer analysiert werden, in welcher Art und Weise dies geschehen ist.

Dabei gilt es zu klären, ob und inwieweit diese in der Folge der Organisationsreform eingetretenen Veränderungen sinnvoll bzw. geeignet zur Erfüllung von Querschnittsaufgaben erscheinen.

Aufgrund der Fragestellung wird eine Analyse des Forschungsfeldes anhand von fünf Untersuchungsebenen vorgenommen. Diese sollen darstellen:

1. die Veränderungen des politischen Systems in seinen Außenbeziehungen – wie dem Verhältnis zu den NGOs oder anderen gesellschaftlichen Gruppen,
2. die Veränderungen innerhalb des politischen Systems,
3. die Veränderungen innerhalb einer administrativen Einheit,
4. die Untersuchung des „Querschnittsbereich“ Regierung und
5. die Verknüpfung der Veränderungen auf der nationalstaatlichen Ebene mit denen, die auf der Ebene der Europäischen Union erfolgt sind.

Im Rahmen dieser Untersuchungen sollen analog zu den fünf Untersuchungsebenen die folgenden Fragen geklärt werden:

- a. Erfolgt auf der Ebene des politischen Systems bzw. auf der Gesellschaftsebene eine Implementation des Nachhaltigkeitsprinzips beispielsweise durch die Institutionalisierung neuer Gremien?
- b. Wird innerhalb des politischen Systems dieser Prozess durch die Entstehung neuer administrativer Einheiten vorangetrieben?
- c. Wird als Folge der Festschreibung des Ziels der Nachhaltigkeit auf der Ebene des politischen Systems auf der darauf folgenden Ebene der administrativen Einheiten dies beispielsweise durch die Institutionalisierung eines „Sustainable Development-Beauftragten“ in einzelnen Ministerien fortgesetzt?
- d. Ist für den Sektor des „Querschnittsbereich Regierung“ eine eigenständige Anwendung des Nachhaltigkeitsgedankens zu vermuten – etwa die Implementation eines Gremiums auf Staatssekretärssebene?
- e. Zudem erscheint es sinnvoll, zu untersuchen, inwieweit eine Verknüpfung des Postulats der Nachhaltigkeit auf der nationalstaatlichen Ebene mit den Entwicklungen in diesem Bereich auf der EU-Ebene korreliert.

Demnach ist es die Intention dieser Untersuchung, einen Handlungsansatz zu entwickeln, nach dem das politisch-administrative System in der Bundesrepublik Deutschland einer „Neuausrichtung“ hin zum Konzept der nachhaltigen Entwicklung unterzogen werden kann. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Erarbeitung eines integrativen Ansatzes, der die Berücksichtigung sowohl der ökologischen als auch der sozialen und ökonomischen Aspekte in dieses Modell einbezieht.

2. Durchgeführte Arbeiten / Ergebnisse

In dem Berichtszeitraum wurden die unter dem Punkt „Untersuchungsprogramm“ genannten Fragestellungen und Analysefelder eingehend untersucht. Das Hauptaugenmerk der Analyse lag dabei auf der vergleichenden Untersuchung der Nachhaltigkeitspolitik verschiedener Nationalstaaten. Das Untersuchungsfeld erstreckte sich über die Erstellung nationaler Umweltplänen in den 80er Jahren, die Folgen des Rio-Prozesses sowie die Verabschiedung nationaler Nachhaltigkeitsstrategien.

Die Analyse fokussierte sich dabei schwerpunktmäßig auf folgende Länderobjekte: Großbritannien, die Schweiz, die Niederlande, Kanada und Schweden. Darüber hinaus wurde der gegenwärtig aktuelle Status quo der Implementation des Leitbilds der Nachhaltigen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland verfolgt.

Der Schwerpunkt der Analyse lag dabei auf der Erarbeitung von nationalen Nachhaltigkeitsstrategien durch die einzelnen Staaten. In der Folge wurden weitere Entwicklungen in den jeweiligen Staaten, die Auswirkungen auf die Implementation einer Strategie der Nachhaltigen Entwicklung im institutionellen Bereich eingehender betrachtet und analysiert. Hierbei lag das Hauptaugenmerk auf den Gremien und Einrichtungen des jeweiligen Regierungsapparats sowie den parlamentarischen Institutionen. Neben der institutionellen Verankerung wurden auch die innerhalb des Regierungsapparats vonstatten gehenden Prozesse untersucht.

Nachdem diese Untersuchungen zunächst auf einzelstaatlicher Ebene vorgenommen worden sind, wurde anschließend eine vergleichende Analyse der verschiedenen nationalstaatlichen Konzeptionen vorgenommen. Dabei wurde neben einer Gegenüberstellung anhand einer schriftlich komparativen Analyse versucht, die erarbeiteten Ergebnisse auch in graphischer Form angemessen darzustellen.

Als Zwischenfazit lässt sich feststellen, dass sich deutliche Unterscheidungen im Hinblick auf die Implementation des Leitbilds der Nachhaltigen Entwicklung in den untersuchten Nationalstaaten abzeichnen. Einige Länder haben bereits vor dem Gipfel von Rio de Janeiro (1992) erste Schritte in diese Richtung unternommen. Andere Staaten erwiesen sich in diesem Kontext als regelrechte „Spätstarter“, denen es nicht gelungen ist, bis zum Ende des Jahres 2001 nationale Nachhaltigkeitsstrategien zu erarbeiten.

Allgemein lässt sich konstatieren, dass die Nationalstaaten bei der Umsetzung des Leitbilds des Sustainable Development-Leitbildes in die nationalstaatliche Politik sich zum Teil deutlich voneinander abgegrenzte Schwerpunkte gesetzt haben. Dies zeigt sich insbesondere in der teilweise durchaus unterschiedlichen Gewichtung und Akzentuierung einzelner Nachhaltigkeitsaspekte sowie der Institutionen, denen für den Bereich der Erarbeitung und Umsetzung einer nationalen Sustainable Development-Strategie die Verantwortung übertragen wurde.

Der Ablauf der Entwicklung der Verankerung des Leitbilds der Nachhaltigen Entwicklung in die Politik der Nationalstaaten wurde anhand von Veröffentlichungen, Berichten und Stellungnah-

men aus der jüngeren Vergangenheit (seit der Initiierung des Rio-Prozesses) sowie durch einzelne Gespräche mit Verantwortlichen und Entscheidungsträgern in den nationalstaatlichen Ministerialverwaltungen realisiert.

Darüber hinaus wurde zur Untersuchung der Implementation des Sustainable Development-Leitbildes innerhalb der Europäischen Union ein Unterauftrag an das Zentrum für Europäische Integrationsforschung (ZEI) der Universität Bonn vergeben. Von Interesse war hierbei insbesondere, dass die Mehrzahl der untersuchten Einzelstaaten zugleich Mitgliedsstaaten der EU sind. Des weiteren war es wichtig zu untersuchen, in welcher Art und Weise eine supranationale Organisation das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung versucht, zu adaptieren und umzusetzen.

Als Ergebnis der Untersuchungen des Unterauftragnehmers ist festzuhalten, dass die Europäische Union sich dem Thema Nachhaltige Entwicklung gegenüber sehr aufgeschlossen zeigt. Das herausragende Zeichen hierfür war die Einleitung des sogenannten „Cardiff-Prozesses“ im Jahr 1998.

Die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung war bzw. ist die EU-Kommission. Sie verfolgte mit der Verabschiedung einer EU-Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel, unter dem Aspekt einer langfristigen Perspektive die Wirtschafts-, Sozial- und Umweltentwicklungen der Union miteinander in Einklang zu bringen.

Es wird nun im weiteren Verlauf zu überprüfen sein, ob die Entwicklungen in der supranationalen Einheit Europäische Union sich in den nationalstaatlichen Implementationsprozessen der Mitgliedsländer niederschlagen.

Das ZEI legte vertragsgemäß zum 31. Dezember 2001 einen entsprechenden Abschlußbericht vor.

3. Weitere Arbeiten

Es ist geplant, im Verlauf des nächsten Kalenderjahres die vergleichende Länderanalyse vollständig zum Abschluss zu bringen.

Zum Abschluss der Untersuchungen sollen die vom Unterauftragnehmer erarbeiteten Ergebnisse bezüglich der Implementation des Leitbilds der Nachhaltigen Entwicklung mit den nationalstaatlichen Ergebnissen verglichen werden.

Darüber hinaus soll anhand der dargestellten vergleichenden Länder- und Institutionenanalyse sowie unter Rückgriff auf die von anderen Projektpartnern erarbeiteten Regeln und Indikatoren zur Umsetzung des Sustainable Development-Konzepts auf der politisch-institutionellen Ebene der Handlungsrahmen für die Implementation des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland abgesteckt werden.

III. Arbeitspaket

Flächendeckende Erfassung der Aktivitätsfelder in quantitativer Form

Uwe Klann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Technische Thermodynamik

Volkhard Schulz

Forschungszentrum Karlsruhe
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Online Version

1. Übersicht über die Arbeiten in 2001 und Restprogramm

Nach den Berechnungen zur Bestandsaufnahme im Jahr 2000 und in der ersten Hälfte 2001 stand die Arbeit an der Integration der Aktivitätsfelder und Schlüsseltechnologien im Mittelpunkt. Hierbei handelt es sich konkret um die Integration in gesamtwirtschaftliche umweltökonomische Simulationsmodelle, die auch die ökonomischen Wechselwirkungen zwischen den Aktivitätsfeldern abbilden. Die aus den Simulationsmodellen resultierenden Daten werden für die Aktivitätsfelder vor allem entsprechend der in Klann/Schulz (2001) dargelegten Methodik ausgewertet, womit für die drei Szenarien ähnliche Ergebnisse errechnet werden wie in der Bestandsaufnahme (s. Keimel u.a., 2001; Klann/Schulz, 2001a, 2002). Damit ist dann die gesamte im Vorbericht entwickelte Konzeption (Klann/Nitsch, 1999, 2000) umgesetzt.

Gestartet wurde mit zwei umweltökonomischen Simulationsmodellen, um über verschiedene Modelltypen und deren Vergleich besonders solide Resultate zu erzeugen. Hierzu wurden Kooperationen mit der GWS und Dr. Kemfert (Universität Oldenburg) vereinbart. Die Modelle wurden erst an das Szenario des Energiereports III (Prognos, 2000) angepasst, um ein gemeinsames Fundament – auch mit den Aktivitätsfeldern und Schlüsseltechnologien – zu errichten, auf das die Projekt-Szenarien aufgebaut werden können. Die Analyse der aus diesen Anpassungsläufen gelieferten Daten führte zu dem Schluss, dass das Modell von Dr. Kemfert für die Berechnung von Szenarien wenig geeignet ist. Vielmehr verdeutlicht es numerisch die Implikationen eines theoretischen Modells. Die Kooperation mit Dr. Kemfert wurde daraufhin einvernehmlich beendet. Aus zeitlichen Gründen war es nicht mehr möglich ein Alternativmodell heranzuziehen, weshalb die weitere Integrationsarbeit allein in Kooperation mit der GWS und deren Modell PANTA RHEI erfolgt (Modellbeschreibung s. Meyer u.a. 1999). Hier wurden, jeweils für sich, die drei Szenarien aus den Aktivitätsfeldern, aus der Schlüsseltechnologie „Erneuerbare Energien“ und die alternativen Rahmenbedingung auf der nationalen Ebene integriert. Der erste vollständig integrierte Lauf – in dem in jedem der drei Szenarien die genannten Bereiche gemeinsam integriert sind – liegt aktuell vor.

Die Integration war begleitet von Testrechnungen des Arbeitspakets 2. Diese Rechnungen dienen nicht nur der Verbesserung der Szenarien. Hier wurde auch die Implementierung der Zurechnungsmodelle der Input-Output-Analyse in die Szenarien erfolgreich durchgeführt. Im folgenden wird anhand von Ergebnissen aus diesen vergangenen Integrationsläufen – die noch nicht die endgültigen Projektszenarien darstellen – die Methodik und deren Bedeutung erläutert.

Ähnliche Methoden werden nach der Implementierung der Szenarien aus allen Aktivitätsfeldern zur Auswertung der Entwicklung bis zum Jahr 2020 verwendet werden. Davor wird bis Mitte Juni an der Implementierung der Szenarien in PANTA RHEI gearbeitet. Bis Ende September soll die Auswertung abgeschlossen sein. Es sei darauf hingewiesen, dass es aus methodischen Gründen nicht möglich ist, vor der endgültigen Implementierung errechnete Ergebnisse auch nur teilweise für den Endbericht zu verwenden.

2. Großflächige Ökobilanzen in der Szenarioanalyse – Implementierung des letzten konzeptionellen Bausteins von AP2

Mit Hilfe der statischen Input-Output-Analyse können großflächige Ökobilanzen erzeugt werden, die - wie Prozesskettenanalysen – Bestandsaufnahmen liefern (zur Bedeutung s. Klann/Schulz, 2002)⁵. Allgemein sollten Szenarioanalysen in die Ökobilanzierung eingeschlossen werden, sofern diese für strategische Entscheidungen verwendet werden sollen, da die enge ceteris-paribus-Annahme – alle Prozesse in der Vorkette bleiben unverändert – aufgrund der häufig langen Lebenszeiten der infragestehenden Kapitalgüter zu Fehlentscheidungen führen kann. Dies gilt auch für umweltbezogene Input-Output-Analysen. Einfachere Adaptationen der zugrundeliegenden Input-Output-Analyse mit konstanten Koeffizienten zur Szenarienerstellungen – die mitunter angewandt werden (s. z.B. Ziegelmann, u.a., 2000) – sind methodisch problematisch: Obzwar sie eine vollständige und in sich konsistente Projektion zu liefern vermögen, fehlt ihnen doch jedweder sozialer Koordinationsmechanismus, also insbesondere der in einer gelenkten Marktwirtschaft entscheidende Preismechanismus. Nichtsdestotrotz kann im Verbundprojekt, in dem durch die verschiedenen Arbeitsbereiche nahezu das gesamte ökonomisch-technische System zur Disposition gestellt wird und für eine umweltbezogene Input-Analyse auch das gesamte technisch-ökonomisch System in Szenarien beschrieben sein muss, die statische Input-Output-Analyse als Ökobilanzierungsinstrument eingesetzt werden. Methodisch wird dies über die Integration der Szenarien der einzelne Bereiche in PANTA RHEI, die Szenariorechnung durch PANTA RHEI und den erst dann erfolgenden Einsatz der Ergebnisse aus PANTA RHEI für statische Input-Output-Analysen erreicht. PANTA RHEI vermag dabei die Zahlen genau in der Struktur zu liefern, die für statische Input-Output-Analysen benötigt werden (s. Klann/Nitsch, 1999). Eine *umweltbezogene* Input-Output-Analyse erfolgt nach dieser Methodik in diesem Projekt nur für die CO₂-Emissionen und verschiedene Energieverbräuche. Die Methodik selbst kann auf eine sehr viel größere Anzahl von Indikatoren ausgedehnt werden, in diesem Projekt wurde jedoch einer Verbesserung der Integration der einzelnen Projektteile eine sehr viel höhere Bedeutung beigegeben als einer Ausdehnung der bearbeiteten quantitativen Indikatoren auf nationaler Ebene. Die Ressourcen in Arbeitspaket 2 wurden also für eine Verbesserung der Integration verwendet.

Konkret benötigt werden diese Input-Output-Analysen für

- die Berechnung von Indikatorenwerte für die gesamten Aktivitätsfelder in den Szenarien, da diese mit anderen Methoden de facto nicht zu ermitteln sind (s. Klann/Schulz, 2001);
- die Berechnung von Sachbilanzen für Gütergruppen (z.B. Straßenfahrzeuge) unter Berücksichtigung des wesentlichen Gehalts der Szenarien aller Teilbereiche sowie deren durch ökonomische Interdependenzen verursachten Neben- und Wechselwirkungen;
- ein besseres Verständnis der treibenden Kräfte in den Szenarien und deren Auswirkungen.

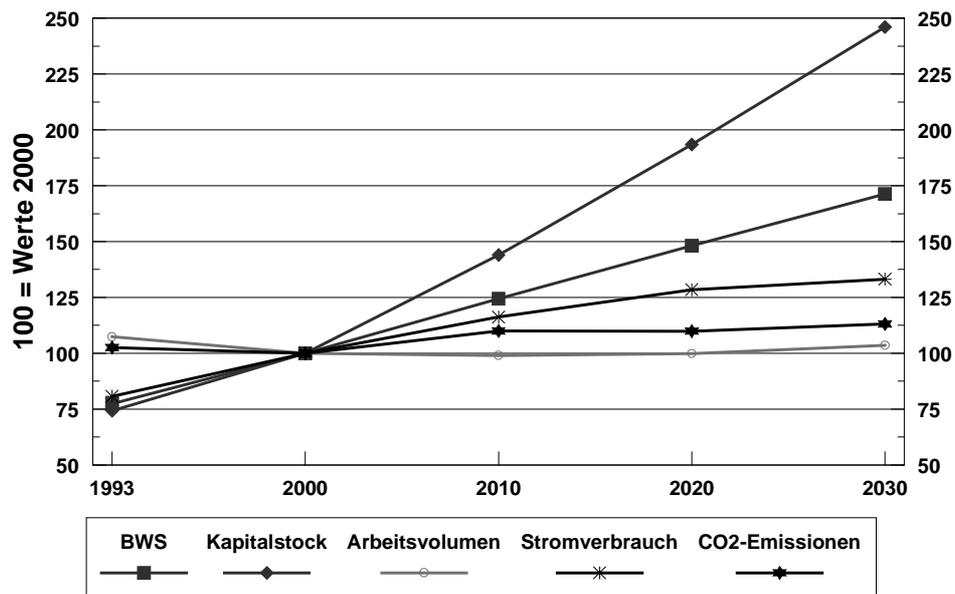
⁵ Es handelt sich dabei zwar nicht um Ökobilanzen im Sinne der ISO 14040, die Aussage der Ergebnisse ist aber hinreichend ähnlich, um den Begriff Ökobilanz – im weiteren Sinne verstanden – als eine allgemein verständliche, kurze Beschreibung als angemessen erscheinen zu lassen.

Zu diesen drei Punkten werden im folgenden vorläufige Ergebnisse präsentiert. Sie sind als vorläufig zu bezeichnen, da die verwendeten, von PANTA RHEI gelieferten Zahlen aus (verschiedenen) Läufen, die im Zuge der Integrationsarbeit entstanden, stammen und die endgültigen Szenarioläufe erst im Juni vorliegen werden. Sie geben aber bereits einen Überblick über die zu erwartende Ergebnisstruktur und die berechneten Indikatoren. Aufgrund der Zeitverzögerungen der Datenlieferungen einzelner statistischer Quellen mussten dabei bereits für das Jahr 2000 einige Zahlen durch PANTA RHEI geschätzt werden.

2.1 Flächendeckende Erfassung der Aktivitätsfelder in Szenarien

Abbildung 1 zeigt für ein im Zuge der Integration errechnetes Trendszenario, das über den Projektzeitraum für quantitative Analysen (2020) hinausgehend bis 2030 projiziert wurde, Ergebnisse am Beispiel von „Mobilität und Verkehr“⁶. Die Bruttowertschöpfung des gesamten Aktivitätsfeldes nimmt nach diesem Szenario in den nächsten dreißig Jahren um knapp 75% zu, was einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von etwa 1,8%/a entspricht. Auf der Inputseite wird dieses Wachstum bei etwa gleichbleibendem Arbeitseinsatz (in h/a, „Arbeitsvolumen“) neben den hier nicht quantifizierten qualitativen Veränderungen von einer Erhöhung des Kapitalstocks getragen, der mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von etwa 3,1%/a in 2030 das 2,5-fache des gegenwärtigen Niveaus erreicht. Die Kapitalausstattung pro Arbeitseinsatz erreicht also ebenfalls den 2,5-fachen gegenwärtigen Wert und der Kapitaleinsatz pro Euro Wertschöpfung nimmt um ca. 43% zu. Ab 2010 ist nicht nur der Arbeitseinsatz sondern auch der CO₂-Ausstoß von der Entwicklung der Wertschöpfung entkoppelt und verharrt auf einem im Vergleich zu heute etwas erhöhten Niveau. Dagegen nimmt der Stromverbrauch im gesamten Zeitraum zu, so dass er in 2030 – bei deutlich abgeschwächtem Wachstum in der letzten Dekade – ein um 30% höheres Niveau erreicht. Dabei absorbiert (s. Abbildung 2, Erhöhung des Anteils für Kapitalstock) das Aktivitätsfeld auch einen steigenden Anteil der jährlichen Nettoinvestitionen, was mit einer entsprechenden Erhöhung der Bedeutung für die deutsche Wertschöpfung einhergeht. Eine genauere Inspektion der Zahlen für 2000 und 2030 zeigt, dass sowohl die oben genannte Steigerung des Kapitalstocks pro Euro Wertschöpfung als auch des Kapitalstock pro Erwerbstätigenstunde etwa der durchschnittlichen Entwicklung in Deutschland entsprechen.

⁶ Das Aktivitätsfeld „Mobilität und Verkehr“ enthält alle Güter die Haushalte für Verkehrszwecke verwenden, staatliche Leistungen für Verkehrszwecke, die Verkehrsinfrastruktur, alle Verkehrsmittel und für deren Betrieb erforderlichen Leistungen (s. z.B. Keimel u.a., 2001; Klann/Schulz, 2001a).

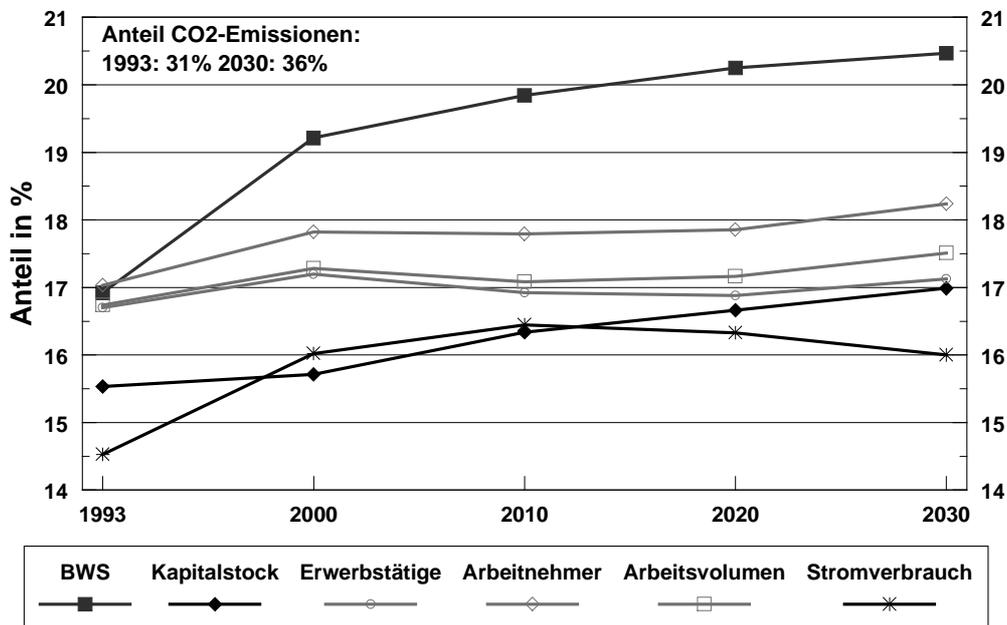


Basislauf, nur inländische Vorleistungen

Quelle: GWS; eigene Berechnungen

Anmerkungen: BWS: Bruttowertschöpfung; die Werte für jeden Indikator im Jahr 1993 entsprechen 100

Abbildung 1: Die Entwicklung einiger Indikatoren für das Aktivitätsfeld Mobilität & Verkehr 1993-2030 (die Werte für jeden Indikator im Jahr 1993 entsprechen 100)

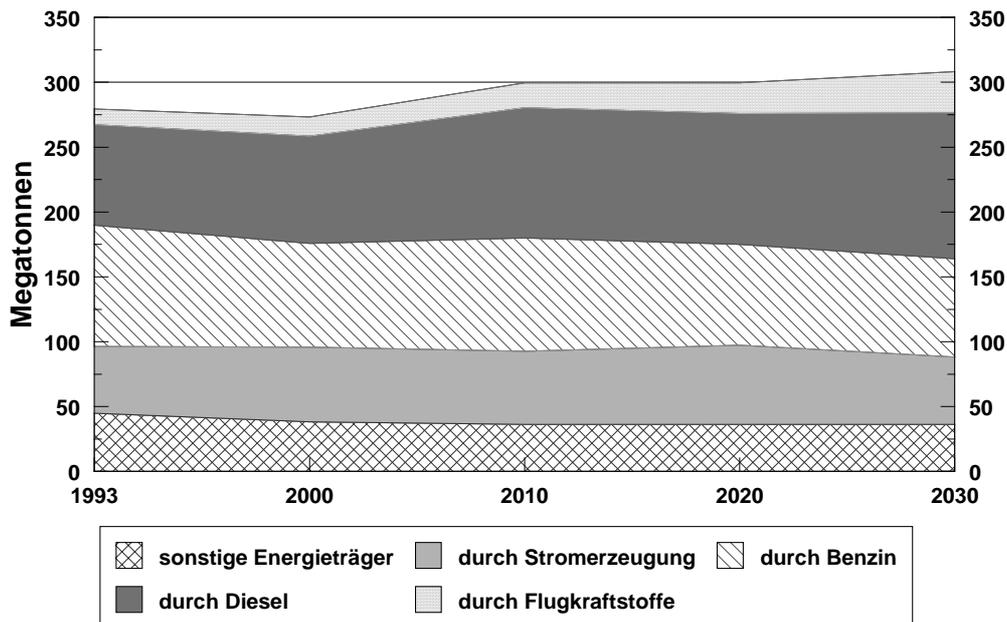


Basislauf, nur inländische Vorleistungen

Quelle: GWS, eigene Berechnungen

Anmerkungen: BWS: Bruttowertschöpfung; die Werte für Deutschland entsprechen in jedem Jahr 100

Abbildung 2: Die Bedeutung des Aktivitätsfeldes Mobilität und Verkehr in Deutschland von 1993 bis 2030



Basislauf, nur inländische Vorleistungen

Quelle: GWS; eigene Berechnungen

Abbildung 3: Die Entwicklung der CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr von 1993 bis 2030 nach Endenergieträgern

Wie damit zu erwarten, ändert sich auch die arbeitsmarktpolitische Bedeutung des Aktivitätsfeldes kaum, ebenso bleibt die Bedeutung als Stromnachfrager nach einem vorübergehenden Anstieg etwa konstant. Als CO₂-Emittent wird das Aktivitätsfeld jedoch relativ wichtiger, was aus dem um fünf Prozentpunkte steigenden Anteil an den deutschen CO₂-Emissionen hervorgeht.

Fokussiert man nun auf die CO₂-Emissionen (Abbildung 3), dann erkennt man, dass die Zunahme der CO₂-Emissionen durch den steigenden Verbrauch von Flugkraftstoffen und insbesondere Diesel entsteht, die den moderaten mit der Verwendung anderer Energieträger – inklusive Benzin – verbundenen Rückgang überkompensiert. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Kraftstoffbereitstellung in dieser Aufgliederung nicht unter Diesel zu finden ist, sondern unter die jeweils verbrauchten Energieträger subsumiert ist.

Andere Aufgliederungen der Emissionen sowie Untersuchungen der Bedeutung einzelner Bestandteile des Aktivitätsfeldes sind möglich (vgl. z.B. Keimel u.a. 2001; Klann/Schulz 2001). Aufgrund des exemplarischen Charakters dieser Darstellung scheint es jedoch angemessen, die Gesamtdarstellung zu verlassen, und sich der Untersuchung einer einzelnen zu „Verkehr und Mobilität“ gehörenden Gütergruppe – dem Straßenfahrzeugbau – zuzuwenden, um mit der Erstellung von Sachbilanzen in integrierten Szenarien die zweite Anwendungsmöglichkeit der Methodik darzustellen.

2.2 Sachbilanzen von Gütergruppen in Szenarien

Die Verwendung von Input-Output-Analysen in Sachbilanzen verbreitet sich gegenwärtig, da auch von Seite der Prozesskettenanalyse Kopplungen mit Input-Output-Analysen angestrebt werden, um die mit der Unvollständigkeit von Prozesskettenanalysen verbundenen Probleme einzudämmen (s. z.B. Marheineke u.a. 1999). Zur hier verwendeten reinen Input-Output-Analyse finden sich Beispiele, Vergleiche zu Prozesskettenanalyse und Diskussionen der beiden Methoden in Klann/Nitsch (2000), Keimel u.a. (2001) und Klann/Schulz (2002). Der Vorteil dieser reinen Input-Output-Analyse in Szenarioanalysen liegt in der Kopplungsmöglichkeit mit Modellen wie PANTA RHEI, womit methodisch sauber eine Integration der sozioökonomischen und technischen Entwicklung in verschiedensten Bereichen mit einer Sachbilanz erreicht werden kann.

Tabelle 1: Straßenfahrzeugbau 1993 und 2020 – Bruttowertschöpfungswert und kumulierte CO₂-Emissionen

	Im Jahr 1993	Im Jahr 2020	Änderung*	Wachstumsrate
Bruttowertschöpfung (A)	77,7 Mrd. DM91	121 Mrd. DM91/a	+ 55,7 %	+ 1,7 %/a
Direkte CO₂-Emissionen (B)	4,5 Mt/a	4,9 Mt/a	+ 8,9 %	+ 0,3 %/a
Spezifische direkte CO₂-Emissionen (B)/(A)***	58 g/DM91	40 g/DM91	- 31,0 %	- 1,4 %/a
Bruttowertschöpfungswert (C)	246 Mrd. DM91/a	586 Mrd. DM91/a	+ 138,4 %	+ 3,3 %/a
Kumulierte** CO₂-Emissionen (D)	51 Mt/a	94 Mt/a	+ 83,2 %	+ 2,3 %/a
Spezifische kumulierte CO₂-Emissionen (D)/(C)***	208 g/DM91	160 g/DM91	- 23,1 %	- 1,0 %/a

Quelle: GWS, eigene Berechnung

Anmerkungen: * Änderung entspricht: 100% mal [(Wert der jeweiligen Größe 2020)/(Wert der jeweiligen Größe 1993) minus 1].

** inklusive Vorleistungen aus dem Ausland, aber ohne Ersatzinvestitionen.

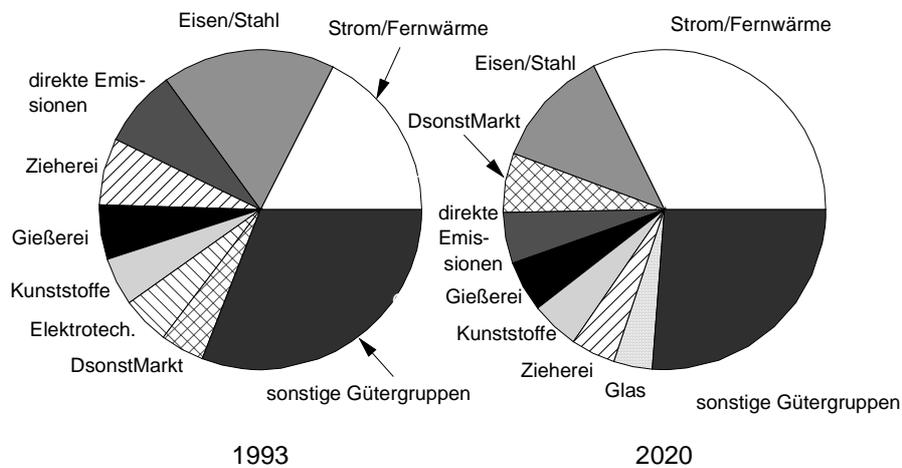
*** Da der Bruttowertschöpfungswert im wesentlichen der kumulierten Bruttowertschöpfung entspricht, ist für die direkten Emissionen die Wertschöpfung die angemessene Bezugsgröße und für die kumulierten Emissionen der Produktionswert. Genau genommen wären die Nettowertschöpfung und kumuliert der Bruttowertschöpfungswert minus Abschreibungen die besten Bezugsgrößen, da die Emissionswerte in der Tabelle die Investitionen nicht berücksichtigen.

Ergebnisse für den Straßenfahrzeugbau im Jahr 2020 zeigt Tabelle 1, in der die Werte der zweiten, dritten und fünften Zeile unmittelbar aus PANTA RHEI entnommen werden können, die sechste Zeile, die kumulierten CO₂-Emissionen, ist Ergebnis einer Sachbilanzberechnung mittels Input-Output-Analyse. Aus den Zeilen 2-4 ist ersichtlich, dass die Wertschöpfung im Straßenfahrzeugbau in den 27 Jahren von 1993 bis 2020 etwa entsprechend der gesamten deutschen Wertschöpfung wächst – was für einen Bereich des verarbeitenden Gewerbes ein relativ schnelles

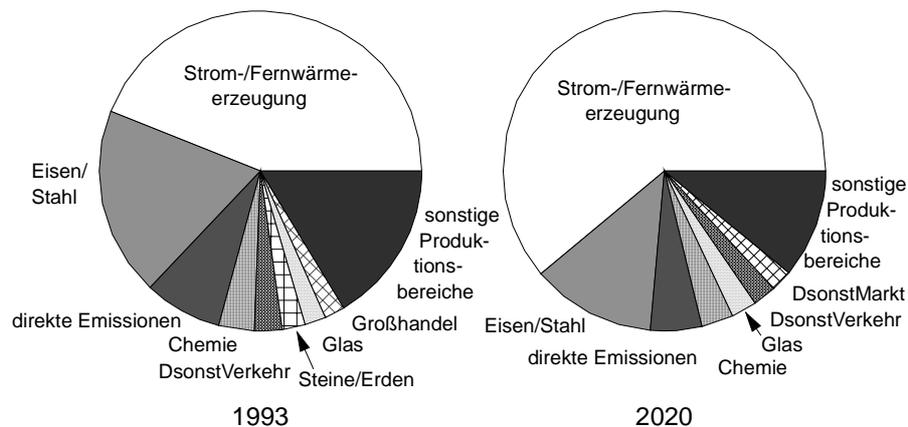
Wachstum ist, da Dienstleistungen in 2020 einen wesentlich höheren Anteil an der Bruttowertschöpfung haben als heute – und die Verringerung der CO₂-Intensität im Straßenfahrzeugbau nicht ausreicht, um einen weiteren, allerdings moderaten Anstieg der CO₂-Emissionen aus dem Straßenfahrzeugbau selbst zu vermeiden. Ein Vergleich der Wachstumsraten von Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung offenbart, dass die Verkäufe deutlich schneller wachsen als die Bruttowertschöpfung, was impliziert, dass die Fertigungstiefe stark abnimmt: Während der Straßenfahrzeugbau in 1993 etwa 68% seiner Einnahmen verwenden musste, um eingesetzte Güter- und Dienstleistungen zu bezahlen, sind es in 2020 nahezu 80%. Entsprechend wachsen auch die kumulierten Emissionen in diesem Zeitraum mit strammen 2,3%/a deutlich schneller als die direkten, was den ohnehin geringen Anteil von 8,8% (1993) der direkten Emissionen an den kumulierten Emissionen auf 5,2% in 2020 drückt. Die Werte zeigen auch, dass die vorgelagerten Produktionsbereiche durchschnittlich eine höhere CO₂-Intensität aufweisen als der Straßenfahrzeugbau und zusätzlich der Rückgang der CO₂-Intensität dort merklich geringer ausfällt. Die Veränderungen der Vorproduktkette lässt sich anhand der bereits in Keimel u.a. (2001) und Klann/Schulz (2001a) für die Bestandsaufnahme erläuterten Aufteilungen näher untersuchen (Abbildung 4)⁷. Der obere Teil der Abbildung ist nach den direkt vom Straßenfahrzeugbau gekauften Gütergruppen gegliedert. Es zeigt sich, dass die traditionell für CO₂-Emissionen wichtigen Käufe aus der Metallverarbeitung (Eisen/Stahl, Zieherei, Gießerei) stark an Bedeutung verlieren, während Dienstleistungen – die in Prozesskettenanalysen tendenziell nicht erfasst werden – und vor allem die Erzeugung der im Straßenfahrzeugbau verbrauchten Strom- und Fernwärmemenge deutlich wichtiger werden. Die untere Hälfte zeigt die kumulierten CO₂-Emissionen nach Emittenten-Produktionsbereich. Auch hier zeigt sich ein ähnliche Entwicklung. Mit der im Trend steigenden Bedeutung des Energieträgers Elektrizität entfällt dabei auf den entsprechenden Sektor in 2020 ein äußerst großer Anteil. Auf einen Vergleich der beiden Aufteilungsarten für 2020 wird verzichtet, da sich die bereits in Klann/Schulz (2001a) und Keimel u.a (2001) für 1993 erläuterten Muster bestätigen.

⁷ Bei einem Vergleich ist zu beachten, dass die dortigen Zahlen sich auf die Treibhausgasemissionen beziehen und nicht nur auf die CO₂-Emissionen und dort auch die Ersatzinvestitionen berücksichtigt wurden.

nach unmittelbar gelieferten Gütergruppen



nach Quellbereichen



Quelle: GWS, Eigene Berechnungen

Anmerkungen– Die Summen für 1993 und 2020 entsprechen den kumulierten CO₂-Emissionen aus Tabelle 1, also 51,1 bzw. 93,6 Mt/a.

- „sonstige Produktionsbereiche“ bezieht sich immer auf sämtliche im jeweiligen Diagramm nicht genannten Bereiche. Diejenigen Bereiche sind explizit aufgeführt, die im jeweiligen Jahr und der jeweiligen Aufteilungssystematik sowohl ein Anteil von mehr als 2% aufweisen als auch zu den acht mit den größten Anteilen gehören. Das entsprechende gilt auch für „sonstige Gütergruppen“.
- Abkürzungen: DsonstMarkt: „sonstige marktbestimmte Dienstleistungen“, zu den enthaltenen Leistungen s. die Beispiele in Klann/Schulz (2001a); DsonstVerkehr: „Leistungen des sonstigen Verkehrs“ enthält v.a. Speditionen, Luftverkehrsgesellschaften.

Abbildung 4: Straßenfahrzeugbau 1993 und 2020 – Vergleich der wichtigsten Produktionsbereiche in der Prozesskette für CO₂-Emissionen

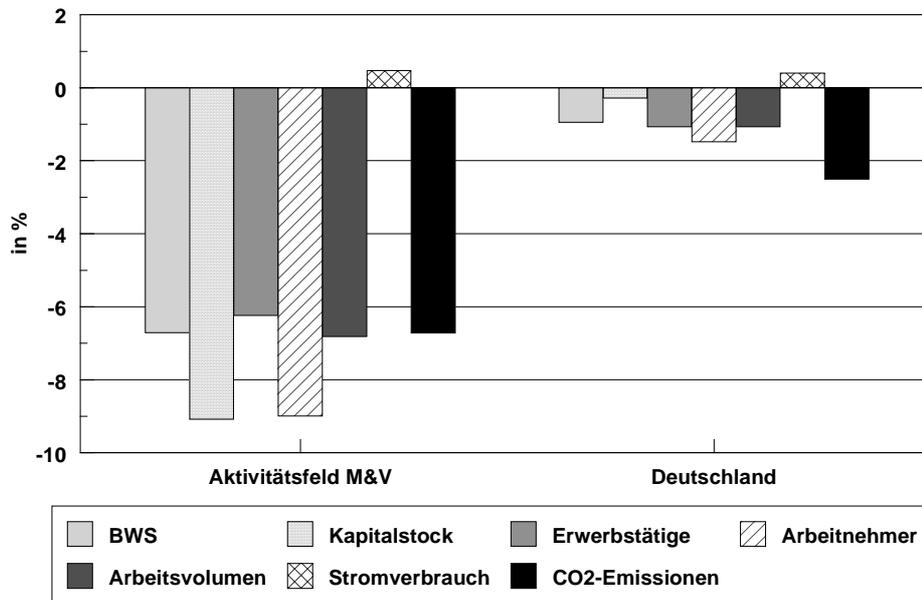
Die beiden Aufgliederung können selbstverständlich auch für 2020 über sämtliche Schritte der Vorproduktstrecke verfolgt werden, um die Analyse zu vertiefen und sämtlich Analysen können parallel für die drei Szenarien durchgeführt werden, was u.a. die Entwicklung robuster Handlungsstrategien unterstützt. Beide Aufteilungen deuten im übrigen daraufhin, dass die Unvollständigkeit von Prozesskettenanalysen deutlich zunimmt, wobei das Auftauchen der sonstigen marktbestimmten Dienstleistungen in der Gliederung nach Quellbereichen ein besonders deutlicher Hinweis ist.

2.3 Wirkungsanalyse von Instrumenten

Will man untersuchen wie eine bestimmte Entwicklung in einzelnen Szenarien zustande kam und wie einzelne Maßnahmen wirken, dann kann die Input-Output-Analyse als Hilfsmittel verwendet werden, zumal Modelle wie PANTA RHEI schon so komplex sind, dass derartige Aussagen nicht evident sind. Im Folgenden wird hier ein Vergleich zweier Szenarienzüge vorgestellt. Im ersten Lauf – der als Basisszenario verwendet wird – wurde die Ökosteuer auf gegenwärtigem Stand eingefroren. Im zweiten Lauf wird dann ausschließlich der Kraftstoffe betreffende Teil der Steuer entsprechend Prognos (2000) eingeführt. Der Vergleich der beiden Szenarienzüge zeigt dann die Wirkung dieses Teils der Ökosteuer für sich genommen.

Abbildung 5 stellt die Ergebnisse aus PANTA RHEI dar: Die Steuer verringert im Vergleich zum Basisszenario die deutschen CO₂-Emissionen in 2020 bei leicht steigendem Stromverbrauch um über 2%, was mit einer ca. einprozentigen Senkung der Bruttowertschöpfung einhergeht, wobei die Produktion etwas kapitalintensiver wird – der Kapitalstock sinkt deutlich weniger stark als das Arbeitsvolumen – und die Erwerbstätigkeit sinkt um ca. 1%. Für das Aktivitätsfeld „Mobilität & Verkehr“ wurden die Änderungen aus den Daten von PANTA RHEI mit Hilfe der Input-Output-Analyse berechnet⁸. Dort zeigen sich wesentlich stärkere prozentuale CO₂-Reduktionen und kontraktive wirtschaftliche Effekte, wobei hier die Produktion weniger kapitalintensiv wird. Wie die jeweiligen Effekte zustande kommen kann nun weiter untersucht werden. Entsprechende Ergebnisse für die Veränderung der CO₂-Emissionen sind in Abbildung 6 näher dargestellt.

⁸ Zur Verdeutlichung sei explizit darauf hingewiesen, dass die Zahlen für „Mobilität und Verkehr“ keineswegs über einfache Anteilsfaktoren mit den Ergebnissen für Deutschland zusammenhängen. Die über die Preiseffekte der Steuer laufenden Strukturänderungen mit ihren Wirkungen auf den Arbeitsmarkt, den Im- und Export etc. sind tatsächlich vollständig endogen abgebildet. D.h.: Methodisch ist der Ansatz jedem Ansatz deutlich überlegen, der die Wirkung für den Verkehrsbereich bestimmt und dann mit einfachen Proportionalitätsannahmen oder mithilfe der statischen Input-Output-Analyse gesamtwirtschaftliche Wirkungen abschätzt.

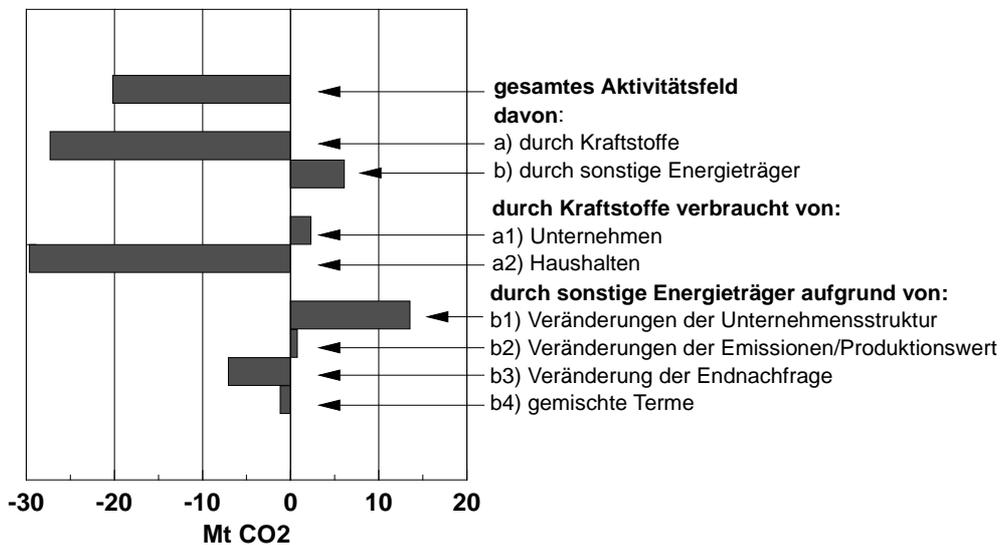


Jahr: 2020

Quelle: GWS, eigene Berechnung

Anmerkung: BWS: Bruttowertschöpfung; M&V: Mobilität & Verkehr.

Abbildung 5: Wirkung einer Kraftstoffsteuererhöhung auf ausgewählte Indikatoren bezogen auf das Aktivitätsfelds Mobilität & Verkehr bzw. auf Deutschland



Jahr: 2020

Quelle: GWS, eigene Berechnung

Abbildung 6: Struktur der Wirkung einer Kraftstoffsteuererhöhung auf die CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld Mobilität & Verkehr

Die Reduktion der CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr durch die Mineralölsteuer beläuft sich auf etwas über 20 Mt/a. Dabei wird eine Reduktion der CO₂-Emissionen, die durch die Verbrennung von Kraftstoffen entstehen, von etwa 27 Mt/a erreicht, der eine Erhöhung der Emissionen durch den Verbrauch anderer Energieträger von 6 Mt/a gegenübersteht. Die Reduktion der CO₂-Emissionen durch den Kraftstoffverbrauch wird allein durch den motorisierten

Individualverkehr der privaten Haushalte (MIV ohne Geschäftsverkehr) erreicht, dessen Emissionen um knapp 30 Mt/a sinken. Dagegen steigen die Emissionen durch den Kraftstoffverbrauch im Unternehmensbereich durch den die Kraftstoffe betreffenden Teil der Ökosteuer sogar um nahezu 3 Mt/a an. Dies auf den ersten Blick überraschende Ergebnis, ergibt sich aus der Kompensation der Mineralölsteuer über eine Verringerung der Sozialversicherungsbeiträge sowie den – hierdurch zusätzlich etwas verstärkten – Umstieg der privaten Haushalte auf öffentliche Verkehrsmittel.

Die Erhöhung der CO₂-Emissionen durch sonstige Energieträger im Aktivitätsfeld „Mobilität & Verkehr“ von ca. 6 Mt/a resultiert aus einem Strukturwandel zu relativ CO₂-intensiver produzierenden Branchen (13 Mt/a), der durch das geringere Niveau der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage und deren Strukturveränderung (-7 Mt/a) nicht kompensiert werden kann. Die im Schnitt leicht erhöhte CO₂-Intensität in den einzelnen Produktionsbereichen ist für das Gesamtergebnis hingegen unbedeutend⁹. Dabei resultiert die Bewegung zu relativ CO₂-intensiveren Branchen u.a. aus der energieintensiveren Produktion von Fahrzeugen, die dann einen geringeren Kraftstoffverbrauch aufweisen.

Der Kraftstoffteil der Ökosteuer führt demnach im Vergleich zum Basisszenario in 2020 zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen, die aus einer Verhaltensänderungen der Haushalte sowie einer Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Aktivitäten resultiert, wobei die CO₂-Emissionen im Unternehmensbereich aufgrund der spezifischen Ausgestaltung der Steuer und als Reaktion auf die veränderte Nachfragestruktur sogar ansteigen.

⁹ „Gemischte Terme“, die eine multiplikative Verknüpfung von mindestens zwei Änderungen enthalten, entstehen stets in Differenzenrechnungen mit mehreren Änderungen – in einer Differentialrechnung gehen sie gegen null und tauchen folglich nicht auf – und erlauben nur willkürliche Zurechnungen zu einzelnen Änderungen. Da sie a priori beliebige Vorzeichen und Größen annehmen können, ist es für die Interpretation der sonstigen Ergebnisse wichtig, sie getrennt auszuweisen. Auf die Angabe der einzelnen gemischten Terme – bei Betrachtung von drei Änderungen sind es vier – wurde verzichtet. Das Ergebnis zeigt, dass die gemischten Terme insgesamt hier keine große Rolle spielen.

Literaturverzeichnis

Keimel, H./ U. Klann/ C. Ortmann/ M. Pehnt (2001):

Mobilität und Verkehr, in: Grunwald, A. et al. (Hrsg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten, Reihe: Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland Band 2. Berlin, Edition Sigma. S.187-218

Klann, U./ J. Nitsch (1999):

Verursacherbezogene, konsistente Erfassung von Belastungsbeiträgen und Integration in ein gesamtwirtschaftliches Modell, HGF-Projekt „Untersuchung zu einem integrativen Konzept nachhaltiger Entwicklung: Bestandsaufnahme, Problemanalyse, Weiterentwicklung“ Abschlußbericht Band 5, Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technikfolgenabschätzung (ITAS), Karlsruhe

Klann, U./ J. Nitsch (2000):

Der Aktivitätsfelderansatz – Ein methodisches Untersuchungsgerüst zur Formulierung von Nachhaltigkeitsstrategien. In: TA-Datenbank-Nachrichten Jg. 9, Nr.2, S.58-64

Klann, U./ V. Schulz (2001):

Die Aktivitätsfeldanalyse auf Basis von Input-Output-Tabellen, in: Grunwald, A. et al. (Hrsg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten, Reihe: Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland Band 2. Berlin, Edition Sigma. S.141-170

Klann, U./ V. Schulz (2001a):

Arbeitspaket: Flächendeckende Erfassung der Aktivitätsfelder in quantitativer Form, in: HGF-Strategiefondsvorhaben „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, Zwischenbericht 2000

Klann, U./ V. Schulz (2002):

Großflächige Ökobilanzen – Anwendungen der umweltbezogenen Input-Output-Analyse, in: Stein, G. (Hrsg.): Umwelt und Technik im Gleichschritt? Systemanalyse und Technikfolgenforschung in Deutschland. Berlin, Springer (in Druck)

Marheineke, T./R. Friedrich /W. Krewitt (1999):

Application of a Hybrid-Approach to the Life Cycle Inventory Analysis of a Freight Transport Task. In: SAE 1998 Transactions – Journal of Passenger Cars. Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale PA

Meyer, B./A. Bockermann/G. Ewerhart/C. Lutz (1999):

Marktkonforme Umweltpolitik, Reihe: Umwelt und Ökonomie 28, Heidelberg, Physica

Prognos (Hrsg.) (2000):

Energierreport III, Stuttgart, Schäffer-Poeschel

Ziegelmann, A. u.a. (2000):

Arbeitsmarkteffekte ressourcenschonender Klimagas-Reduktionsstrategien in Deutschland, Lehrstuhl für Nukleare und Neue Energiesysteme, Ruhr-Universität Bochum, Selbstverlag

IV. Arbeitspaket

Aktivitätsfeld „Mobilität und Verkehr“

Ralf Berghof, Hermann Keimel

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Institut für Verkehrsforschung

1. Aufgaben und Ziele

Im Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr werden alle anfallenden Tätigkeiten der Bereiche Verkehrsmittelproduktion, Verkehrsnachfrage und Verkehrsinfrastruktur (Errichtung sowie Unterhalt) einschließlich der dazu nötigen Vorleistungen betrachtet, wobei in jedem Teilpaket Anknüpfungspunkte zu anderen Arbeitspaketen existieren, wie z.B. Energie, Wohnen und Bauen, Freizeit und Tourismus. Ziel der Untersuchung ist es, die Wirkungen dieser Aktivitäten auf Umwelt, Ökonomie und Gesellschaft zu analysieren und anhand eines Kriterien- und Zielkatalogs hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten (vgl. Keimel u.a. 2001).

Das gesamte Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr kann nach seiner Abgrenzung in den einschlägigen statistischen Datensätzen quantitativ untersucht werden. Dabei werden auf Basis der Lieferbeziehungen zwischen allen Sektoren und den jeweils in diesen Sektoren selbst entstehenden Beiträgen („direkte Beiträge“) die mit den jeweiligen Vorprodukten verbundenen Beiträge („indirekte Beiträge“) errechnet. Beiträge können hierbei monetäre oder stoffliche Inputgrößen, aber auch Emissionen und Abfallstoffe sein. Die Summe aus direkten und indirekten Beiträgen („kumulierte Beiträge“) gibt an, welchen Einfluss die einzelnen Sektoren durch ihre Vorproduktwahl und ihre Aktivitäten im eigenen Bereich auf die einzelnen Beiträge ausüben. Das Ergebnis ist ein in sich konsistentes Datensystem, das zudem konsistent in nationale Datensysteme und über diese in die zum Teilvorhandenen Weltdatensysteme eingebunden ist.

Verschiedene Indikatoren, beispielsweise der ökonomischen Dimension, können sinnvollerweise ausschließlich top-down untersucht werden. Die zugrundeliegenden Daten sind jedoch für technologische Fragen stark aggregiert, stammen aus Zeitreihen und sind deshalb primär für eine Erforschung von Bewegungsmustern des Gesamtsystems geeignet. Sie können daneben auch für eine Bilanzierung von Produktionstechnologien herangezogen werden; jedoch reichen derartige Bilanzierungen jedoch für die Einschätzung möglicher zukünftiger Entwicklungen nicht aus.

Nicht alle Indikatoren können mit dem Top-down-Ansatz erfasst werden. Dies betrifft für eine Mobilitätsuntersuchung im Hinblick auf Nachhaltigkeit so zentrale Aspekte wie Lärmbelästigung, Sicherheit, Mitbestimmung oder Erreichbarkeit. Diese Bereiche werden außerhalb dieses Modellrahmens untersucht und in geeigneter Weise in die Arbeit eingebaut.

Zudem ist die Aktualität der Daten durch die zeitliche Verzögerung der Bereitstellung der Statistiken und die nachfolgende analytische Verarbeitung nicht ausreichend für detaillierte und zeitnahe Analysen. Auch im Bereich der Verkehrsnachfrage erreicht die Top-down-Analyse nicht den erforderlichen Detaillierungsgrad. Unterschiedliche Zusammensetzungen des Fahrzeugbestandes, mit ihren jeweils spezifischen Verbrauchs- und Emissionsdaten, die für eine Beurteilung hinsichtlich Nachhaltigkeit entscheidend sein können, werden davon nicht erfasst. Diese Effekte werden mit eigenen Methoden errechnet.

Die in der hohen Aggregation implizierte Mittlung der Informationen über Produktionsbereiche ist zu grob, als dass sie für die Bewertung einer Option bezüglich ihrer Nachhaltigkeit verwendet werden kann. Bei der Herstellung von Magnesium als typischem Leichtbaumaterial für Straßen-

fahrzeuge beispielsweise wird Schwefelhexafluorid eingesetzt. Dieses ist ein hochwirksames Treibhausgas, das in der Top-down-Analyse nicht erfasst wird und selbst wenn es erfasst würde, fälschlich gleichmäßig auf alle Nichteisen-Metalle verteilt würde und damit die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Magnesiumherstellung in der Input-Output-Matrix deutlich zu gering ausweisen würde.

Die Top-Down-Analyse wird auf ökologischer Seite daher um das Instrument der Ökobilanz (Bottom-up-Ansatz) ergänzt. Gerade die Stärke des Instrumentes *Ökobilanz*, nämlich die spezifische Erfassung einzelner ökologischer Schwachstellen eines Materials, eines Prozesses oder Systems, verhindert wegen des damit verbundenen hohen Aufwandes seinen Einsatz im Rahmen des HGF-Projektes als *flächendeckendes* Analyseinstrument. Die Analyse von Straßenfahrzeugen beispielsweise, die gemäß des Top-down-Ansatzes von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist, beschränkt sich bislang auf wenige ausgewählte Fahrzeugtypen einzelner Hersteller. Daher wird eine Kombination von Top-down- und Bottom-up-Rechnungen vorgenommen.

Zur Abschätzung künftiger Entwicklungen wird wie folgt vorgegangen:

(1) *Szenarienfestlegung*

Es erfolgt eine Zuordnung der vom Gesamtprojekt vorgegebenen Szenarien Technologien, Entwicklungen oder Maßnahmen im Verkehrssektor (Grunwald u.a. 2001). Hierzu werden die abgeleiteten Merkmale und definierten Rahmenbedingungen der Szenarien des Gesamtprojektes auf Entwicklungstendenzen im Verkehr übertragen. In einem iterativen Prozess werden die aus den folgenden Schritten gewonnenen Erkenntnisse für eine Überarbeitung der Szenariofestlegungen herangezogen.

(2) *Technologische Optionen*

In einem nächsten Schritt wird ein Screening der technologischen Optionen mit unterschiedlichen Analysemethoden, beispielsweise Ökobilanzen oder Potenzialuntersuchungen vorgenommen. Neben der Frage nach dem „Ob“ verschiedener Technologien und Strategien lassen sich als wesentliche Informationen für die Entwicklung aktivitätsfelderspezifischer Teilstrategien Aussagen über das „Wann“ und das „Wie viel“ ableiten. So ist z.B. eine Einschätzung erforderlich, wann unter welchen Szenarioannahmen mit einem relevanten Einsatz von regenerativen Energieträgern im Verkehrsbereich zu rechnen ist. Dies hängt von vielfältigen Faktoren ab, die jeweils relativ zum betrachteten Szenario anders zu beurteilen sind: Kostenverhältnisse, Steuer, technische Effizienzgewinne, Nutzungsverhalten etc.

Im Rahmen des für die Szenarienberechnungen verwendeten Verkehrsmodells müssen nun die ausgewählten Optionen quantitativ bestimmt werden, beispielsweise hinsichtlich des Kraftstoffbedarfs und zukünftiger Emissionsentwicklungen. Festlegungen basieren zum Teil auf Simulationen und Modellberechnungen (z.B. der mechanische Antriebsbedarf bei gegebenen Fahrzeugparametern oder der Kraftstoffbedarf von Brennstoffzellenfahrzeugen). Vielfach müssen diese auf einzelne Parameter zurückgreifen (Fahrwiderstände, Kennfelder, etc.), wo bei Parameter von innovativen, gerade in den Markt eintretenden Fahrzeugkonzepten oder Pilotversuchen herange-

zogen werden („Best-case-Transfer“), um das Optimierungspotenzial zu bestimmen. Neben solchen Best-case-Transfers wird auch auf statistische Auswertung von marktüblichen Komponenten zurückgegriffen. Außerdem sind Literaturlauswertungen und Expertenschätzungen erforderlich. Andere Parameter sind exogen, beispielsweise durch gesetzliche Vorgaben, bestimmt.

Die Festlegung der Szenarien erfordert nach der Definition der Einzelfahrzeuge eine Aussage über die Verteilung der Fahrzeuge und Verkehrsmittel nach Antriebskonzepten und Größenklassen. Eine Markterschließung mit neuen Antriebskonzepten vor allem im Bereich des motorisierten Individualverkehrs kann je nach den gewählten Parametern sehr unterschiedliche Ausmaße annehmen. Sie hängt wesentlich ab vom Zeitpunkt der Markteinführung, dem insgesamt erreichbaren Marktpotenzial und der Wachstumsrate, mit der dieses Marktpotenzial erschlossen wird. Diese wiederum sind auf eine Vielzahl von Einflussfaktoren zurückzuführen, z.B. die Entwicklung der Kraftstoffpreise und der Kraftstoffbesteuerung; die Entwicklung der Fahrzeuginvestitionskosten und die Akzeptanz der Käufer, die Höhe der Umweltqualitätsziele und damit zusammenhängend die Entwicklung gesetzlicher Grenzwerte und die Förderung und Bewertung der Technologien in der Öffentlichkeit (vgl. Pehnt 2001).

(3) *Optionen der Verkehrsgestaltung*

Neben den technologischen Potenzialen werden Optionen der Verkehrsgestaltung in den Bereichen der Ordnungspolitik, Preis- und Finanzpolitik, der Verkehrsinfrastrukturpolitik, organisatorischer Maßnahmen, sowie mögliche Verhaltensänderungen und ihre Eintrittsbedingungen untersucht und ausgewählte Maßnahmen den jeweiligen Szenarien entsprechend ihrer Philosophie zugeordnet.

(4) *Szenarioberechnung*

Im Zusammenspiel von technologischen Optionen und Optionen der Verkehrsgestaltung werden die Szenarien hinsichtlich ihrer quantitativen Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage und das gesamte Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr berechnet. Dies geschieht in einem iterativen Prozess mit Hilfe des Umweltökonomischen Simulationsmodells *Panta Rhei* in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) Osnabrück und eigenen Modellen, die sich auf das IKARUS-Verkehrsmodell stützen.

Andere Nachhaltigkeitsaspekte, wie z.B. Lärmbelästigung oder Entwicklung des Unfallgeschehens, sind nicht mit diesem Modell zu berechnen und werden auf andere Weise geschätzt.

(5) *Szenariobewertung*

Die Szenarioergebnisse werden an Hand der Indikatorenliste und Zielvorgaben der einzelnen Indikatoren auf ihre Nachhaltigkeit bewertet.

(6) Maßnahmen und Teilstrategien

Anschließend sollen geeignete Maßnahmen und Instrumente für verschiedene Akteure in unterschiedlichen Handlungsfeldern zur Umsetzung der Potenziale und Szenarien vorgeschlagen und deren Rückwirkungen auf das Verkehrs- und Gesamtsystem analysiert werden, um Handlungsoptionen für die Durchführung geeigneter „Mobilitätsstrategien“ zu entwickeln und noch erforderlichen Forschungs- und Technologiebedarf identifizieren zu können. Bei dieser Vorgehensweise bedarf es stetiger Rückkopplungen mit anderen Arbeitsgruppen, aber auch der Überprüfung der verschiedenen Szenarien und Strategien an Nachhaltigkeitskriterien und -zielen.

In diesem Zwischenbericht wird ein kurzer Abriss der Bestandsanalyse, fokussiert auf ausgewählte Aspekte – Verkehrsnachfrage und Endenergieverbrauch –, wiedergegeben. Anschließend werden die mobilitätsspezifischen Ausdifferenzierungen der Rahmenszenarien vorgestellt, erste Ergebnisse präsentiert und die weiteren Arbeitsschritte dargestellt.

2. Bestandsanalyse

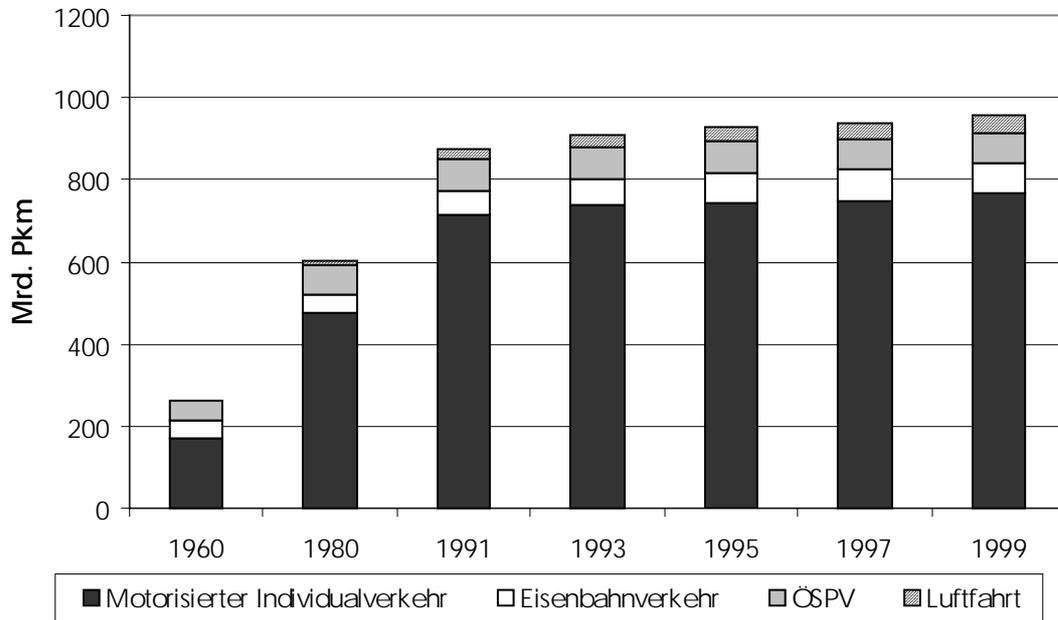
2.1 Verkehrsnachfrage

Der Verkehrssektor expandiert. Allein die *Anzahl der Kraftfahrzeuge* hat sich von 8 Millionen (1960) auf fast 51 Millionen (2000) erhöht. Die *Verkehrsleistung im Personenverkehr* im Bundesgebiet hat sich im selben Zeitraum fast vervierfacht und erreichte 1999 einen Wert von 956 Mrd. Pkm. In relativen Größen (*Personenkilometer je Einwohner*), die aufgrund des deutschen Vereinigungsprozesses angemessener die Entwicklung widerspiegeln, ist sie von 4.300 Pkm/Einw. 1960 auf 11.450 Pkm/Einw. 1999 gestiegen. Im *Güterverkehr* hat die *Verkehrsleistung* innerhalb der letzten 40 Jahre von 142 auf 491 Mrd. tkm zugenommen. In dieser Expansion finden das ausgeprägte Bedürfnis der Menschen nach Mobilität, ihr wachsender Wohlstand und der anschwellende Warenstrom einer expandierenden, globalisierten Wirtschaft ihren unübersehbaren Ausdruck.

Die *modale Verteilung der Personenverkehrsleistung* auf die Verkehrsträger hat sich in der Vergangenheit zugunsten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Luftverkehrs verschoben. Lag der Anteil des MIV 1960 noch bei 65%, betrug er 1999 etwa 80%. Deutlich stärker war das Wachstum des Luftverkehrs, dessen Anteil im selben Zeitraum von 0,6% auf über 4% stieg. Dagegen waren bei der Bahn und dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) Anteilsverluste zu verzeichnen (Abbildung 1). Die Verkehrsleistungen der Fußgänger und Radfahrer (nicht in der Abbildung enthalten) erhöhten sich von rund 40 Mrd. Pkm 1976 auf rund 54 Mrd. Pkm im Jahre 1998.

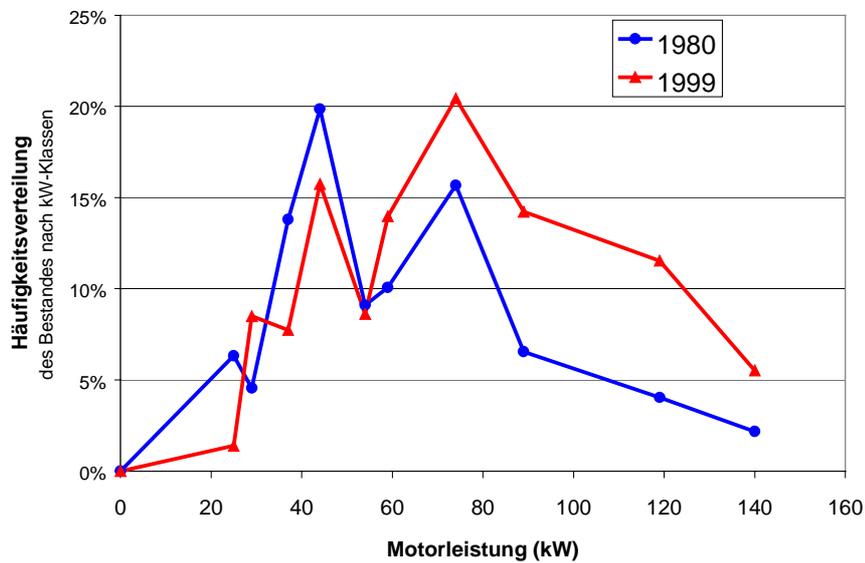
Die Verkehrsleistungen im MIV wurden dabei zunehmend mit größeren, stärker motorisierten Fahrzeugen durchgeführt. Die durchschnittliche Motorleistung von Pkw und Kombis hat sich innerhalb von 20 Jahren von 53 kW (1980) auf 67 kW (1999) erhöht (Abbildung 2). Dieser Trend

geht u.a. auf erhöhte Anforderungen an die Fahreigenschaften, den Komfort und die Sicherheit zurück, bedeutet aber zugleich einen Anstieg des Kraftstoffbedarfs.



Quelle: BMVBW 2000

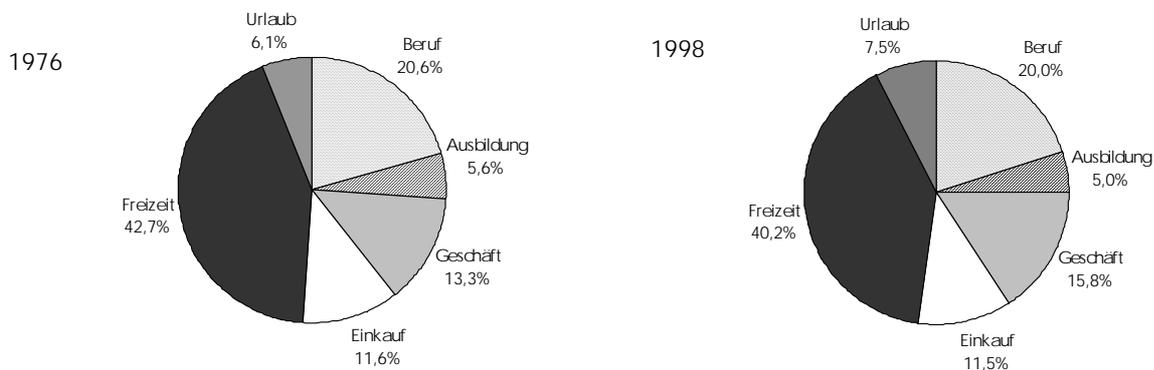
Abbildung 1: Personenverkehrsleistung in Deutschland (ohne Fußgänger und Radverkehr)



Quelle: BMVBW 2000

Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung des PKW/Kombi-Bestandes nach Motorleistung

Nach *Fahrtzwecken* gegliedert änderte sich die Personenverkehrsleistung zwischen 1976 und 1998 nur leicht. Lediglich der Geschäftsreise- und der Urlaubsverkehr konnte Anteile gewinnen (Abbildung 3).



Quelle: BMVBW 2000

Abbildung 3: Verteilung der Personenverkehrsleistung in Deutschland nach Fahrtzwecken.

Insbesondere der Urlaubs- und Freizeitbereich erlangt eine steigende Bedeutung und ist somit ein vordringlicher Ansatzpunkt für Nachhaltigkeitsmaßnahmen. Die *Zahl der Urlaubsreisen* (über 5 Tage) ist in den letzten Jahren fast um den Faktor 3 (1972-2000) gestiegen. Seit ca. 5 Jahren ist das Urlaubsreisevolumen allerdings auf diesem hohen Niveau stabil. Das bedeutet, dass im Jahr 2000 76% der Bevölkerung mindestens eine Urlaubsreise gemacht haben. Im Durchschnitt unternahm jeder Urlaubsreisende im Jahr 2000 1,3 Urlaubsreisen. Über die „richtigen“ Urlaubsreisen hinaus hat etwa ein Drittel der Bevölkerung über 50 Mio. Kurzurlaubsreisen mit einer Dauer von 2-4 Tagen unternommen (F.U.R 2001).

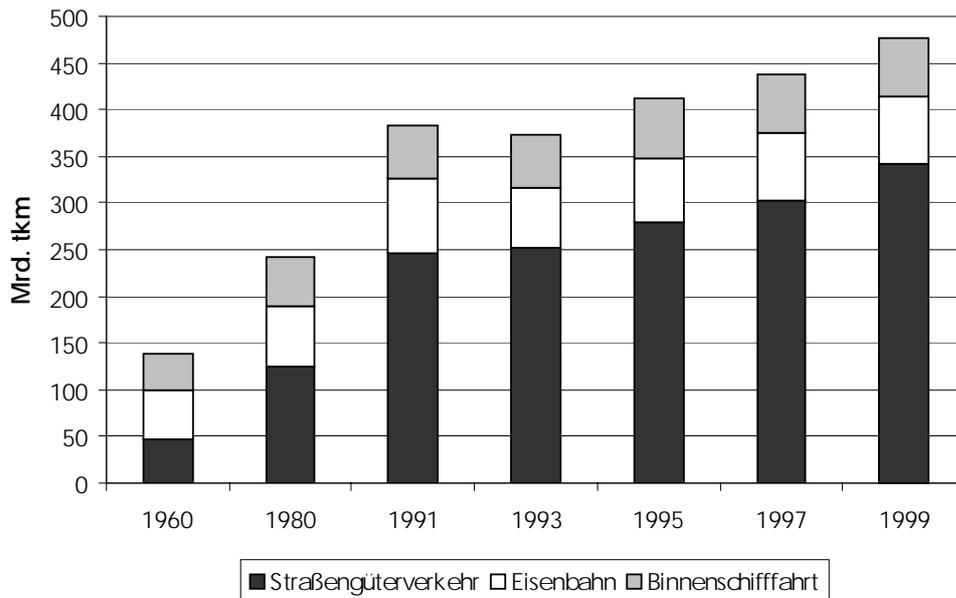
Der **Güterverkehr** weist ebenfalls deutlich steigende *Verkehrsleistungen* auf (Abbildung 4). Vor allen Dingen der Anteil des Straßengüterverkehrs steigt deutlich.¹⁰ Bei der *Aufteilung der Güterverkehrsleistung nach Gütergruppen* zeigen sich seit der Wiedervereinigung leichte Anteilsverschiebungen. Anteilsgewinne hatten der Transport von land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen, von Nahrungs- und Futtermittel sowie der von Industrie- und Konsumgütern (chemische Erzeugnisse, und Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigwaren), während die Grundstoffindustrie Anteilsverluste hinnehmen musste (Abbildung 5).

Allein der Transport von Steinen und Erden sowie der von Fahrzeugen, Maschinen, halb- und Fertigwaren war in beiden Stichjahren für fast die Hälfte der Güterverkehrsleistung verantwortlich. Beide Gütergruppen sind besonders Lkw-affin mit Anteilen des Straßengüterverkehrs um 75% (1999). Die Bedeutung dieser beiden Gütergruppen sowie die Marktverluste des Transports von Gütern der Grundstoffindustrie, die besonders bahn- und binnenschiffaffin sind¹¹, sind ein Grund für die enorme Zunahme des Straßengüterverkehrs. Der kombinierte Güterverkehr (definiert als Verkehr mit Ladungsträgern hatte einen Anteil am Transportaufkommen von knapp 11% (255 Mio. t Straßengüterverkehr, 105 Mio. t Seeschifffahrt, lediglich 42 Mio. t Deutsche Bahn, Binnenschifffahrt 10,3 Mio t) (Reim 2000).

¹⁰ Straßengüterverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge ohne Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen bis 3,5 t Nutzlast bzw. 6 t zulässiges Gesamtgewicht + Straßengüterverkehr ausländischer Lastkraftfahrzeuge

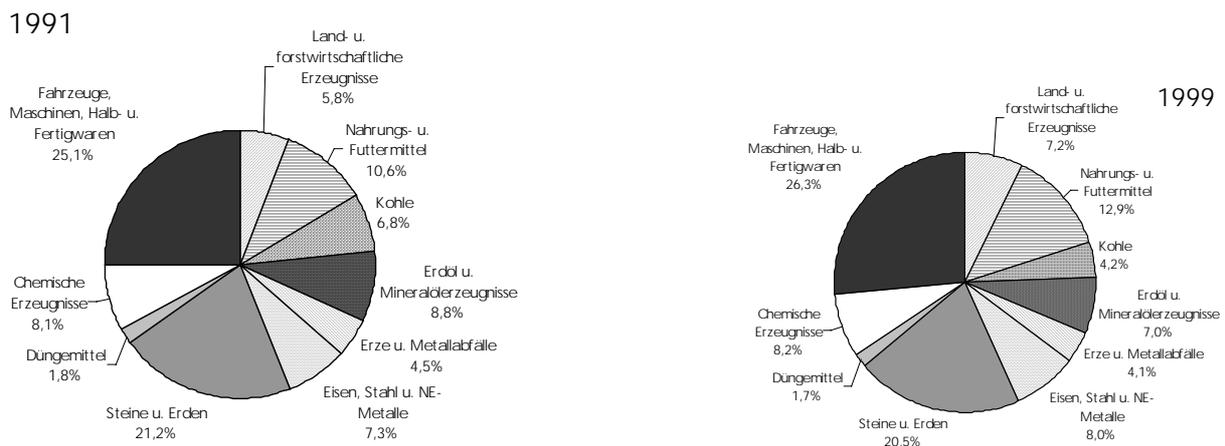
¹¹ Anteil des Bahnverkehrs und der Binnenschifffahrt am Transport der Grundstoffindustrie ohne Steine und Erden 1999: 66%.

Gründe für den steigenden Güterverkehr und die zunehmende Transportintensität der Volkswirtschaft liegen auf der einen Seite im überproportional steigenden Außenhandelsvolumen. Auf der anderen Seite steigt auch die inländische Arbeitsteilung und damit auch der inländische Warenverkehr aufgrund der Wettbewerbsintensivierung (Prognos 2000). So stiegen die *deutschen Ausfuhren* dem Volumen nach von 91 Mrd. DM 1960 auf 1.022 Mrd. DM 1999, die Einfuhren im selben Zeitraum von 78 Mrd. DM auf 883 Mrd. DM (SVR 2000).



Quelle: BMVBW 2000

Abbildung 4: Güterverkehrsleistung in Deutschland



Quellen: Kloas u. a. 1997, BMVBW 2000

Abbildung 5: Verteilung der Güterverkehrsleistung nach Gütergruppen

Für die Erfassung des **Luftverkehrs** werden unterschiedliche Abgrenzungskriterien verwendet (UBA 2001). In dieser Untersuchung werden die Angaben zum Luftverkehr sowohl nach dem Territorialprinzip – in Anlehnung an die Abgrenzung der anderen Verkehrsmittel (vgl. Abbildung 1) – als auch nach dem erweiterten Standortprinzip durchgeführt.

- *Territorial (oder Inlandsprinzip)*: Berücksichtigt werden die Verkehrsleistungen über dem Territorium eines Landes, auch bei grenzüberschreitenden Flügen nur bis zur Landesgrenze. Flüge, die Deutschland ohne Landung überqueren, sind hier ebenso wenig enthalten wie Flugstrecken über internationale Gebiete.
- *Erweitertes Standortprinzip*: Der abgehende Verkehr wird dem Startflughafen zugeordnet. Die Verkehrsleistungen werden bis zum Endzielflughafen berücksichtigt.

Letzteres vermittelt eher als das Territorialprinzip die von Deutschland ausgehenden Wirkungen des Luftverkehrs. Für die Berechnungen der Umweltwirkungen (Energieverbräuche, Emissionen) werden auch die entsprechenden Daten für den Überflug über das Gebiet der Bundesrepublik geschätzt.

In der folgenden Tabelle 1 werden die Verkehrsleistungen des Luftverkehrs nach dem Territorial- und dem (erweiterten) Standortprinzip gegenübergestellt. Die Daten nach dem Standortprinzip stützen sich dabei auf Berechnungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) und des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), des Umweltbundesamtes (UBA), und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Tabelle 1: Verkehrsleistungen im Luftverkehr in Mrd. Pkm

	1991	1993	1995	1997	1999
Territorialprinzip	22,60	27,70	32,50	35,80	39,90
Standortprinzip	81,16	101,30	118,07	130,77	146,59

Quellen: BMVBW 2000, DIW/ISI 1998, Urbatzka u.a. 1999, UBA 2001

Insgesamt stieg der *Endenergieverbrauch des Verkehrs* von 2.461 PJ 1991 auf 2.795 P 1999 (vgl. Tabelle 2). Er nahm damit im Gegensatz zum gesamten *Endenergieverbrauch Deutschlands*, der von 9.316 PJ 1991 auf 9.287 PJ 1999 leicht fiel, noch zu. Der verkehrsbedingte Endenergieverbrauch erhöhte somit seinen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch von 26,4% 1991 auf 30,1% 1999.

Hauptexpansionsbereiche waren der Straßengüterverkehr und der Luftverkehr, die ihre Anteile von 23% auf 29% bzw. 8% auf 10% erhöhten. Größter Verbraucher blieb der motorisierte Individualverkehr – jedoch mit sinkender Tendenz (1991: 62%; 1999: 55%). Die übrigen Verkehrsmittel hatten nur einen geringen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch bei noch abnehmender Tendenz.

Vergleicht man die *spezifischen Verbräuche (in MJ/Pkm)*, so zeigt sich im *Personenverkehr*, dass die öffentlichen Verkehrsmittel mit Ausnahme des Luftverkehrs grundsätzlich energieeffizienter fahren als die individuellen Verkehrsmittel. Der Busverkehr übertrifft dabei noch den Bahnverkehr, allerdings nicht den mit Elektrotraktion.

Im *Güterverkehr* ist der Bahnverkehr das sparsamste Verkehrsmittel vor der Binnenschifffahrt und dem Straßengüterverkehr.

Tabelle 2: Endenergieverbrauch des Verkehrs in PJ

Verkehrsmittel	1991	1993	1995	1997	1999
Mot. Individualverkehr	1.533	1.597	1.542	1.530	1.544
Kraftomni-busverkehr	44	44	40	41	41
Straßen-Güterverkehr	573	624	684	713	817
Schienens-Verkehr	91	84	89	89	79
Binnen-schifffahrt	28	30	33	32	33
Luftverkehr (Territorial)	103	114	123	134	147
Luftverkehr (Standort)	192	218	235	255	281
Summe (Territorial)	2.372	2.493	2.511	2.539	2.661
Summe (Standort)	2.461	2.597	2.623	2.660	2.795

Quellen: Hautzinger u.a. 1996, DIW/ISI 1998, Statistisches Bundesamt 1998, BMVBW 2000, Prognos 2000, Urbatzka u.a. 1999, UBA 2001, eigene Berechnungen

3. Szenarien

Im Folgendem werden die Annahmen und die Ergebnisse der Szenarien hinsichtlich der Verkehrsnachfrage, des Endenergieverbrauchs und ausgewählter Emissionen dargestellt und für den motorisierten Individualverkehr und den Straßengüterverkehr detaillierter behandelt. Um die Auswirkungen der einzelnen Szenarien auf das gesamte Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr abschätzen zu können, werden die technologischen Optionen und die Optionen der Verkehrsges-

taltung in ihrer jeweiligen szenariospezifischen Ausprägung in einem iterativen Prozess mit Hilfe des Umweltökonomischen Simulationsmodells Panta Rhei in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) Osnabrück berechnet.

Erste Ergebnisse werden im März 2002 erwartet. Dies hat zur Folge, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Aussagen über das gesamte Aktivitätsfeld getroffen werden können und Aussagen für einige Indikatoren – insbesondere ökonomischer Art – noch nicht vorliegen.

3.1 Dominanter Markt

Die *Verkehrsleistungen* im Personenverkehr innerhalb Deutschlands steigen aufgrund der zunehmenden Globalisierung und Individualisierung deutlich. Dabei werden höhere durchschnittliche Wachstumsraten als in den 90er Jahren erzielt. Die Verkehrsleistung pro Einwohner, die von 4.300 Pkm/E 1960 auf 12.300 Pkm/E 1999 gestiegen ist, wird im Jahr 2020 auf 16.400 Pkm/E steigen.

Im Personenverkehr wird der *motorisierte Individualverkehr* aufgrund der Tendenzen zur Individualisierung und Globalisierung, der Entwicklung der Siedlungsstruktur, der zunehmenden Verfügbarkeit über einen Pkw durch die weibliche, ältere und jüngere Bevölkerung und der abnehmenden durchschnittlichen Haushaltsgröße zunehmen (1999: 75,9%, 2020: 79,1%). Zudem werden sich die Preise für die Verkehrsteilnahme nicht mehr signifikant erhöhen. Die Anschaffungskosten für einen Pkw steigen nur leicht überproportional zur Inflationsrate. Durch das Einfrieren der Ökosteuer ab 2003 und unter der Annahme eines konstanten Weltmarktpreises für Rohöl und der übrigen Kraftstoffpreiskomponenten werden die Kraftstoffpreise real tendenziell eher niedriger sein als gegenwärtig.

Im *Luftverkehr* wird sich die Wachstumsdynamik fortsetzen, wenn auch die Wachstumsraten der 90er Jahre nicht mehr erreicht werden, so dass sich sein Anteil am gesamten Personenverkehr von 4,0% 1999 auf 5,4% 2020 erhöhen wird. Höhere Wachstumsraten wird der Luftverkehr nach dem (erweiterten) *Standortprinzip* erreichen. Die entsprechende Verkehrsleistung wird sich von 147 Mrd. Pkm 1999 auf 307 Mrd. Pkm im Jahr 2020 mehr als verdoppeln.

Öffentlicher Straßenpersonenverkehr und *Bahnverkehr* werden annähernd stagnieren bzw. leicht zunehmen; damit aber Anteilsverluste erleiden (ÖSPV: 1999 7,6%, 2020 5,7%; Bahn: 1999 7,3%, 2020 5,9%).

Der *Fußgänger- und Fahrradverkehr* wird wie in den neunziger Jahren stagnieren und somit Anteilsverluste hinnehmen. Die in diesem Szenario angenommenen Siedlungsstrukturen sind wenig geeignet für diese Verkehrsarten (vgl. Abbildung 6).

Der *Besetzungsgrad* im Pkw-Verkehr wird im wesentlichen durch die Verkehrsleistungen der einzelnen Fahrtzwecke bestimmt. Freizeit- und Urlaubsverkehr werden überproportional wachsen, was zu einer Erhöhung des Besetzungsgrades führen wird. Die zunehmende Anzahl von Einpersonenhaushalten steht diesem Trend jedoch entgegen, so dass insgesamt von einem stag-

nierenden Besetzungsgrad von 1,41 Personen/Pkw ausgegangen wird. Dies hat zur Folge, dass sich die *Fahrleistungen* proportional zu den Verkehrsleistungen entwickeln.

Bei der Aufteilung der *Fahrleistungen nach Antriebsarten* wird sich der Trend zum Diesel-Pkw weiterhin durchsetzen (Dieselanteil 1999 18%, 2020 1/3), ebenso der Trend zu größeren Fahrzeugen (Hubraum, Leistung).

Die *Durchschnittsverbräuche* werden sich sowohl beim Otto- als auch beim Dieselantrieb weiter verringern, wenn auch nur in moderatem Ausmaß (Otto: 1999 8,9 l/100km, 2020 6,5 l/100km; Diesel: 1999 7,5 l/100 km, 2020 6,0 l/100km). Zur Herleitung der entsprechenden Verbrauchswerte vgl. (Pehnt 2001).

Die *durchschnittlichen Fahrleistungen pro Pkw* werden sich entgegen dem Trend der 90er Jahre wieder erhöhen, so dass sich im Jahre 2020 eine durchschnittliche Fahrleistung von 14.200 km/Pkw ergibt, die damit wieder so hoch ist, wie sie 1990 vor der Vereinigung war (1999: 12.600 km/Pkw).

Der *Pkw-Bestand* wird damit auf 51,5 Mio. Pkw steigen gegenüber 42,3 Mio. Pkw 1999, was einem *Motorisierungsgrad* von 638 Pkw/1.000 E 2020 gegenüber 515 Pkw/1.000 E 1999 entspricht.

Im *Güterverkehr* steigen die *Verkehrsleistungen* aufgrund der zunehmenden Globalisierung weiterhin an. Die *Transportintensität* nahm von 120 tkm/1.000 DM BIP 1980 auf 145 tkm/1.000 DM BIP 1999 zu. Sie wird weiter auf über 155 tkm/1.000 DM BIP im Jahr 2020 steigen. Gründe für die steigende Transportintensität liegen zum einen in den überproportional steigenden Außenhandelsverflechtungen und zum anderen in der zunehmenden Arbeitsteilung und damit auch im zunehmenden im inländischen Warenverkehr.

Die modale Verteilung zeigt, dass der *Straßengüterverkehr* seinen Anteil von 71,7% 1999 auf 79,0% 2020 steigern kann. Die Wettbewerbsvorteile des Straßengüterverkehrs werden sich trotz kostensteigernder Maßnahmen (Straßenbenutzungsgebühren) noch erhöhen. Durch den Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur und dem Einsatz intelligenter Logistik- und Telematikdiensten werden Kapazitätsengpässe auf den Straßen stellenweise abgemildert. *Bahn* und *Binnenschiff* profitieren von der Förderung des kombinierten Verkehrs und werden am Verkehrswachstum teilnehmen. Durch das relativ niedrige Wachstum der Grundstoffindustrie fallen deren Wachstumsraten allerdings unterdurchschnittlich aus, was zu Anteilsverlusten führt (Binnenschiff: 1999 13,2%, 2020 9,8%; Bahn 1999: 15,0%, 2020 11,4%), (vgl. Abbildung 7).

Der *durchschnittliche Auslastungsgrad* im Straßengüterverkehr hat in den 90er Jahren bei etwa 4 tkm/Lkfm stagniert, während er in den 80er Jahren zugenommen hat. Dies ist wohl auf die Umbruchsituation in Ostdeutschland zurückzuführen. Seit Mitte der 90er Jahre steigt er wieder.

Der Auslastungsgrad wird zunehmen, da

- Die internationalen Handelsbeziehungen überproportional wachsen, damit die durchschnittlichen Transportweiten zunehmen und somit vermehrt größere Lkfs, die eine günstigere Beladungseffizienz aufweisen, eingesetzt werden,
- die Wettbewerbsverschärfung durch liberalisierte Verkehrsmärkte zusammen mit Transportkostensteigerungen die Transportunternehmen zur Effizienzsteigerung zwingt
- und gesetzlichen Regelungen (Kabotagefreiheit, Aufhebung des Verbots von Fremdtransport im Werkverkehr) zur Verringerung von Leerfahrten führt.

Aufgrund dieser Entwicklungen wird für 2020 von einem Auslastungsgrad von 4,4 tkm/Lkfs-km ausgegangen. Die *Fahrleistungszunahme* ist also geringer als die der Verkehrsleistung.

Die technischen Potenziale zur Verbrauchsreduktion im Straßengüterverkehr sind gering, so dass der *Durchschnittsverbrauch* von 27,2 l/100km auf 25,8 l/100km sinken wird.

Die *Anschaffungskosten* für einen neuzugelassenen Pkw werden wie in den 90er Jahren steigen. Das bedeutet 2020 Anschaffungskosten von 36.000 DM/Pkw gegenüber 32.000 DM/Pkw 1999 in Preisen von 1991. Es wird keine Abschaffung der *Kfz-Steuer* erwartet.

Durch Einfrieren der Ökosteuer ab 2003 bei realer Konstanz der übrigen Faktoren (Rohölpreis frei Grenze, Raffinerieverarbeitungskosten, Transport- und Vertriebskosten, Mehrwertsteuer, Gewinnaufschlag) werden die realen *Treibstoffkosten* sinken. Die Einführung einer *Straßenbenutzungsgebühr* von 25 Pf/km real für Lkfs > 12t ab 2003 verteuert den Straßengüterverkehr.

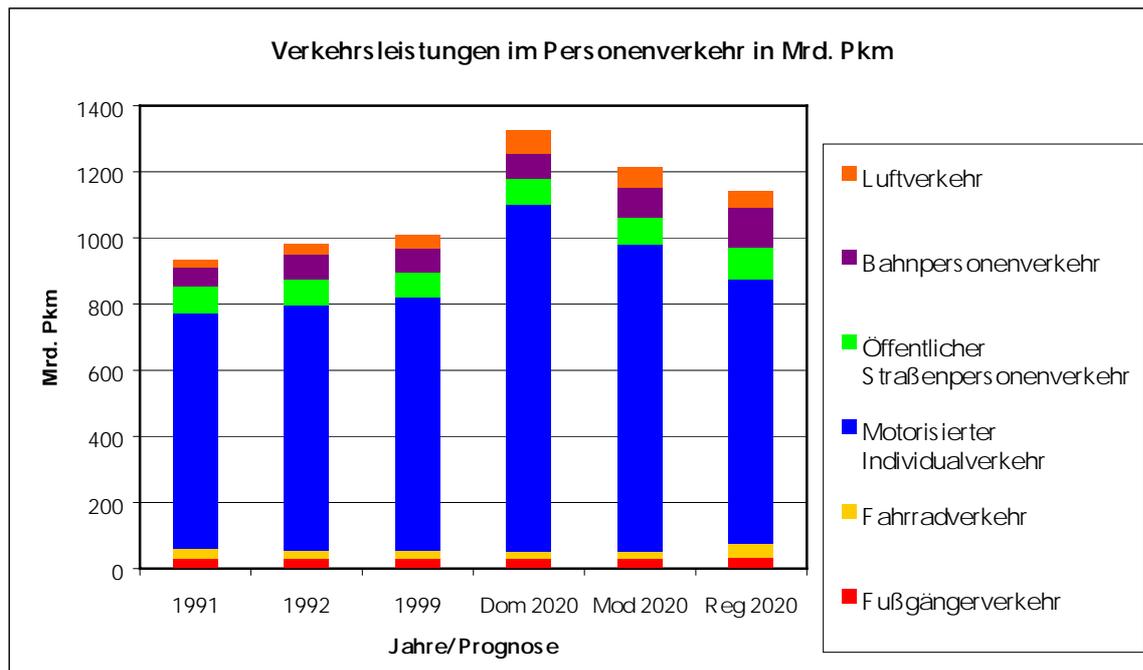
Der gesamte *Endenergieverbrauch der Verkehrsnachfrage* wird sich in diesem Szenario gegenüber 1999 um 22,5% erhöhen (Abbildung 8); in ähnlicher Größenordnung werden die Kohlendioxidemissionen zunehmen. Die Stickoxidemissionen werden dagegen aufgrund der weitgehenden Durchsetzung der Euro-4- bzw. Euro-5-Normen im Straßenverkehr um über 60% abnehmen.

3.2 Modernisierungsszenario

Die *Verkehrsleistungen* im *Personenverkehr* steigen entsprechend der Szenarioannahmen nicht im selben Maße wie im Szenario Dominanter Markt. Dabei werden nicht mehr die Wachstumsraten der 90er Jahre erreicht. Die Verkehrsleistung je Einwohner steigt von 12.300 Pkm/E 1999 auf 15.000 Pkm/E 2020.

Im Personenverkehr wird der *motorisierte Individualverkehr* aus ähnlichen Gründen wie im Szenario Dominanter Markt zunehmen und Anteilsgewinner erreichen, wenn auch nicht im selben Ausmaß (1999: 75,9%, 2020: 76,3%). Dämpfend wirken auf die Verkehrsnachfrage die steigenden Kraftfahrzeug- und Kraftstoffkosten.

Auch der *Luftverkehr* wird Anteilsgewinne realisieren (1999: 4,0%, 2020 5,1%). Nach dem *Standortprinzip* wird der Luftverkehr seine *Verkehrsleistungen* von 147 Mrd. Pkm 1999 auf 277 Mrd. Pkm 2020 um 88% steigern.



Quelle: BMVBW 2000, eigene Berechnungen

Abbildung 6: Verkehrsleistungen im Personenverkehr in Mrd. Pkm

Öffentlicher Straßenpersonenverkehr und *Bahnverkehr* werden wachsen, dennoch aber Anteilsverluste hinnehmen müssen bzw. stagnieren (ÖSPV: 1999 7,6%, 2020 6,7%; Bahn: 1999 7,3%, 2020 7,6%).

Der *Fußgänger- und Fahrradverkehr* wird wie in den neunziger Jahren stagnieren und somit Anteilsverluste hinnehmen (vgl. Abbildung 6).

Während vom Urlaubs- und Freizeitverkehr keine Veränderung gegenüber dem Szenario Dominanter Markt ausgeht, wird durch den geringeren Anstieg der Einpersonenhaushalte und den höheren Kraftstoffkosten ein Trend zu höheren *Besetzungsgraden* **erwartet**. Sie werden im Schnitt moderat von 1,41 Personen/Pkw 1999 auf 1,43 Personen/Pkw 2020 steigen. Dies hat zur Folge, dass die *Fahrleistung* geringer steigt als die Verkehrsleistung.

Bei der Aufteilung der *Fahrleistungen nach Antriebsart* wird der Trend zum Diesel-Pkw weiter anhalten. In diesem Szenario wird weiter angenommen, dass die Fahrzeugindustrie ihre Bemühungen um einen Einsatz von Brennstoffzellen-Pkw verstärkt. Der Markteintritt erfolgt 2008. Im Jahr 2020 werden dann 10% der Fahrleistungen mit Brennstoffzellen-Pkw erbracht, Diesel-Pkw werden einen Anteil von 30%, Otto-Pkw von 60% erreichen.

Der Trend zur höheren *Motorisierung* erfolgt mit geringerer Geschwindigkeit als im Szenario Dominanter Markt.

Die Einsparpotenziale werden im Modernisierungsszenario aufgrund steigender Kraftstoffkosten verstärkt realisiert, so dass sich für Otto-Pkw ein *Durchschnittsverbrauch* von 5,2 l/100km und bei Diesel-Pkw von 4,6 l/100km ergibt. Zur Herleitung vgl. (Pehnt 2001).

Die *durchschnittlichen Fahrleistungen je Pkw* erhöhen sich von 12.600 km/Pkw 1999 auf 13.400 km/Pkw 2020.

Der *Pkw-Bestand* wird damit auf 47,3 Mio. Pkw im Jahr 2020 steigen gegenüber 42,3 Mio. Pkw 1999, was einem *Motorisierungsgrad* von 586 Pkw/1.000E 2020 gegenüber 515 Pkw/1.000E 1999 entspricht.

Die *Verkehrsleistungen im Güterverkehr* werden aufgrund der zunehmenden Globalisierung weiter steigen, wenn auch nicht in dem Maße wie im Szenario Dominanter Markt. Die Transportintensität stabilisiert sich auf dem hohen Niveau der späten 90er Jahre von 145 tkm/1.000 DM BIP. Es findet also eine Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Transportwachstum statt.

Der *Straßengüterverkehr* wird seinen Anteil gering steigern von 71,7% 1999 auf 73,5% 2020. Trotz steigender Kilometerkosten durch Mineralölsteuererhöhung und Straßenbenutzungsgebühr kann der Straßengüterverkehr seine Wettbewerbsfähigkeit erhalten.

Bahnverkehr und *Binnenschifffahrt* werden am Verkehrswachstum teilnehmen, aber dennoch leichte Anteilsverluste hinnehmen müssen (Binnenschiff: 1999 13,2%, 2020 12,3%; Bahn 1999 15,0%, 2020 14,2%), (vgl. Abbildung 7).

Steigende Kilometerkosten und zunehmende Konkurrenz durch Bahn und Binnenschiff zwingen das Kraftverkehrsgewerbe ihren *Auslastungsgrad* über das Ausmaß im Szenario Dominanter Markt hinaus zu erhöhen. Er wird auf 4,9 tkm/Lkfm im Jahr 2020 steigen. Die *Fahrleistungszunahme* ist also geringer als die Verkehrsleistungszunahme.

Die steigenden Kilometerkosten erzwingen eine weitere Effizienzsteigerung, so dass der *Durchschnittsverbrauch* von 27,2 l/100km 1999 auf 23,6 l/100km 2020 sinkt.

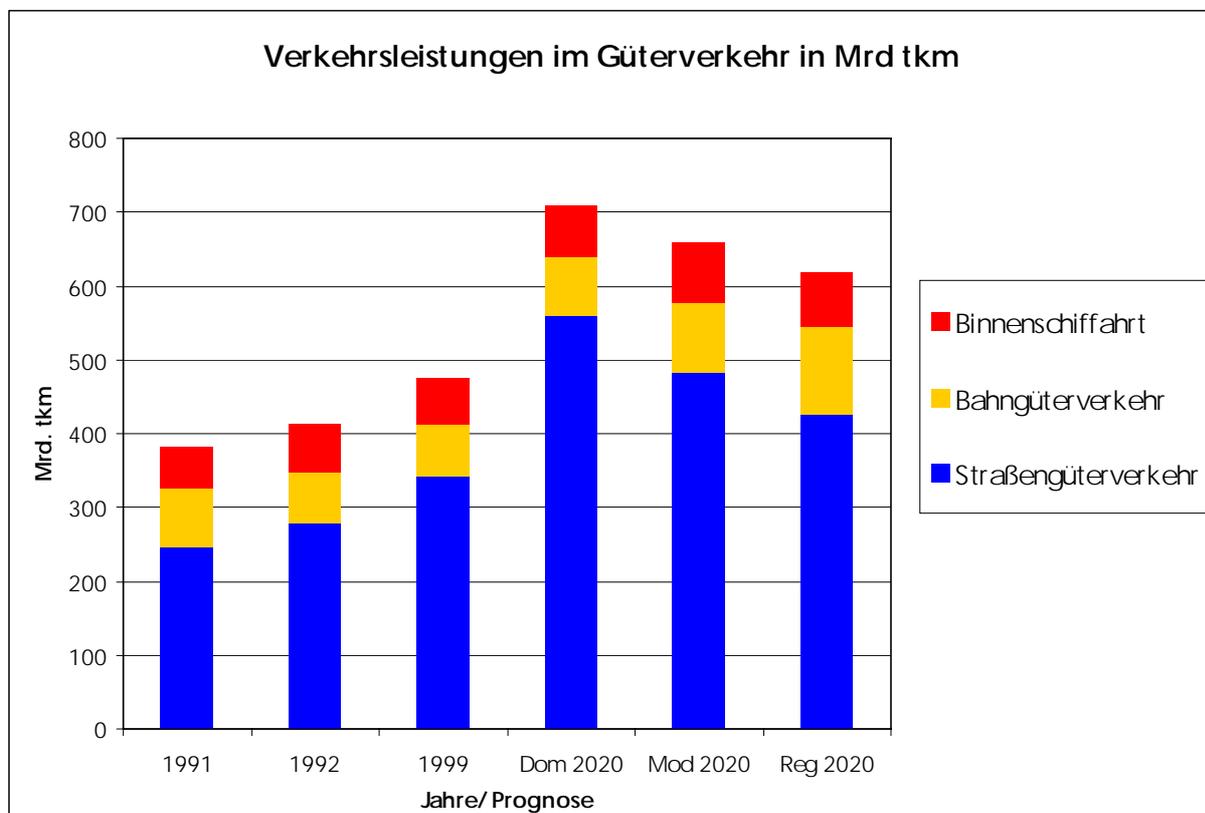
Die *Anschaffungskosten* für einen neu zugelassenen Pkw werden stärker steigen als im Trend der Vergangenheit. Die technische Entwicklung verteuert die Produktion. Das bedeutet Anschaffungskosten von 41.000 DM je Pkw 2020 gegenüber 32.000 DM je Pkw 1999 in Preisen von 1991. Pkw mit Brennstoffzellenantrieb werden um einige tausend DM teurer sein als Pkw mit herkömmlichen Antrieben. Hier werden 43.000 DM pro Pkw unterstellt. Um den Absatz von Brennstoffzellenfahrzeuge zu fördern, wird für diese Fahrzeuge die *Kfz-Steuer* erlassen.

Die *Öko-Steuer* wird nach 2003 weitergeführt nach den Annahmen von Prognos (Prognos 2000). Der Umweltgedanke spielt in diesem Szenario eine größere Rolle als im Szenario Dominanter Markt; mit der Maßnahme wird also eine Lenkungsfunktion angestrebt. Die realen *Kraftstoffkosten* steigen damit ceteris paribus real an.

Die Herstellungskosten für *Wasserstoff* liegen über denen herkömmlichen Kraftstoffes. Um den Absatz zu fördern, wird der Wasserstoffpreis auf das Niveau des Preises für Ottokraftstoffe subventioniert.

Um den Anstieg des Straßengüterverkehrs zu bremsen, wird die *Straßenbenutzungsgebühr* für Lkz > 12t auf den Verkehr auf allen außerörtlichen Straßen ausgedehnt und zugleich auf Lkz < 12t erweitert, allerdings mit geringeren Sätzen (7,5 Pf/km).

Der gesamte *Endenergieverbrauch der Verkehrsnachfrage* wird in diesem Szenario gegenüber 1999 um 12% sinken (Abbildung 8); in ähnlicher Größenordnung werden die Kohlendioxidemissionen abnehmen. Die Stickoxidemissionen werden dagegen aufgrund der weitgehenden Durchsetzung der Euro-4- bzw. Euro-5-Normen im Straßenverkehr und der geringeren Anteile des Straßenverkehrs um nahezu 70% abnehmen.



Quelle: BMVBW 2000, eigene Berechnungen

Abbildung 7: Verkehrsleistung im Güterverkehr in Mrd. tkm

3.3 Regionalisierungsszenario

Die *Verkehrsleistungen* steigen geringer als im Modernisierungsszenario. Die Rückbesinnung auf lokale und regionale Zusammenhänge im ökonomischen Bereich und der Wertewandel in Rich-

tung Gemeinwohl- und Umweltorientierung im Bereich der Lebensformen werden die Verkehrsleistungen gegenüber dem Modernisierungsszenario nur um etwa 6% verringern. Ändern wird sich allerdings die Art und Weise der Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse.

Der *motorisierte Individualverkehr* wird zwar weiterhin wachsen, aber am gesamten Verkehrswachstum nur unterproportional teilnehmen. Sein Anteil wird von 75,9% 1999 auf 70,1% 2020 sinken. Dämpfend auf das Verkehrswachstum wirken die erhöhten Kraftstoffkosten. Die Siedlungsstruktur ermöglicht für viele Bevölkerungsschichten den teilweisen Verzicht auf Pkw-Fahrten, aber auch den Verzicht auf die Anschaffung eines Pkw z.B. durch die Nutzung von Car-Sharing-Angeboten. Die starke Berücksichtigung von Umweltzielen und die Angebotsverbesserungen im ÖSPV und im Bahnverkehr verstärken diese Tendenz. Der aufgrund der verringerten Arbeitszeiten wachsende Freizeit- und Urlaubsverkehrs wird zwar verstärkt über öffentliche Verkehrsangebote abgewickelt werden, lässt jedoch auch den MIV weiter wachsen.

Auch der *Luftverkehr* wird weiter zunehmen, allerdings nur noch im Maße des gesamten Verkehrswachstums, so dass sein Anteil bei 4% stagniert. Nach dem *Standortprinzip* wird der Luftverkehr seine Verkehrsleistungen von 147 Mrd. Pkm 1999 auf 247 Mrd. Pkm 2020 um 68% steigern.

Öffentlicher Straßenpersonenverkehr und *Bahnverkehr* sind die Gewinner in diesem Szenario. Sie werden ihre Anteile erhöhen (ÖSPV: 1999 7,6%, 2020 8,3%; Bahn 1999 7,3%, 2020 10,5%). Um diese Anteile realisieren zu können, müssen das Angebot ausgebaut werden und die technischen Möglichkeiten zur Betriebsleitung ausgenutzt werden.

Der *Fußgängerverkehr* wird aufgrund der Nahräumigkeit und der guten Erreichbarkeit wichtiger Ziele seinen Anteil erhöhen, der *Fahrradverkehr* seinen Anteil nahezu verdoppeln. Hier wird unterstellt, dass sich die fahrradfreundliche Infrastruktur und Verhaltensweisen, wie sie derzeit etwa in Münster oder niederländischen Städten zu finden sind, bundesweit durchsetzen (vgl. Abbildung 6).

Der Trend zu mehr Urlaubs- und Freizeitverkehr, die nur gering steigende Zahl von Einpersonenhaushalten, höhere Kraftstoff- und Kraftfahrzeugkosten, die Gemeinwohl- und Umweltorientierung zusammen mit der starken Nutzung von Mitfahrgelegenheiten werden zu höheren *Besetzungsgraden* führen. Sie werden von 1,41 Personen/Pkw 1999 auf 1,5 Personen/Pkw 2020 steigen. Die *Fahrleistung* wird sich somit gegenüber dem Ende der 90-er Jahre nur marginal erhöhen.

Im Regionalisierungsszenario dominieren effiziente *konventionelle Antriebe*, da der Einsatz regenerativer Energien im Verkehrssektor erst nach Ausschöpfung der Nutzungspotenziale im stationären Bereich erfolgt. Der Trend zum sparsamen Dieselmotor wird sich verstärkt durchsetzen. Er wird 40% der Fahrleistungen erreichen.

Der Trend zur höheren *Motorisierung* wird durch die Einsicht in die Erfordernisse des Klimaschutzes, der hohen Anschaffungskosten und der Neuorientierung der Lebensweise gebremst, kehrt sich in einigen Jahren um und erreicht 2020 wieder die Ausgangsverteilung von 1980. Dies

ist u.a. auch darauf zurückzuführen, dass eine Vielzahl der Fahrzeuge vor allem für Transferzwecke zu den nächsten Umsteigemöglichkeiten des öffentlichen Verkehrs dient. Durch verstärktes Car Sharing ist in diesem Szenario zu dem ein funktionsorientiertes Ausleihen von Fahrzeugen größerer Leistung möglich, so dass der erforderliche Bestand geringer sein kann.

Die Potentiale zur Kraftstoffeinsparung werden voll ausgenützt, so dass die *Durchschnittsverbräuche* von 4,2 l/100km bei Otto-Pkw und 3,7 l/100km bei Diesel-Pkw erreichbar erscheinen. Dabei wird eine umweltbewusste, flüssigere und langsamere Fahrweise unterstellt. Zur Herleitung vgl. (Pehnt 2001).

Die *durchschnittlichen Fahrleistungen* pro Pkw erhöhen sich nur leicht von 12.600 km/Pkw 1999 auf 13.000 km/Pkw 2020.

Der *Pkw-Bestand* wird nur noch geringfügig auf 43,9 Mio. Pkw gegenüber 42,3 Mio. Pkw 1999 steigen, was einem *Motorisierungsgrad* von 543 Pkw/1.000E entspricht.

Die *Verkehrsleistungen* im *Güterverkehr* steigen nur noch um rund 1% pro Jahr. Die *Transportintensität* der Wirtschaft wird sich verringern. Ändern wird sich auch die Art und Weise der Befriedigung der Transportbedürfnisse.

Der *Straßengüterverkehr* wird Anteile verlieren von 71,7% 1999 auf 68,7% 2020. Die steigenden Kraftstoff- und Kilometerkosten, der stagnierende Ausbau der Straßeninfrastruktur, die Re-Organisation auf lokale und regionale wirtschaftliche Strukturen wird den Anstieg des Transportwachstums bremsen. Die ökonomischen Strukturveränderungen hin zu hochwertigen Gütern begünstigt allerdings den Straßengüterverkehr, so dass auch im Jahr 2020 gut 2/3 der Transportleistungen mit Lastkraftfahrzeugen erbracht werden.

Die *Bahn* wird ihren Anteil von 15% 1999 auf 19,4% 2020 erhöhen.. Dabei ist unterstellt, dass die Bahn ihre technologischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Angebotsverbesserung optimal ausschöpft. Damit wird sie für viele Gütertransporte auch qualitativ zum Straßenverkehr ein konkurrenzfähiger Anbieter. Für die preisliche Konkurrenzfähigkeit sorgen die Verteuerungen des Transports auf der Straße. Die *Binnenschifffahrt* kann trotz Verkehrswachstums ihren Modal-Split-Anteil nicht halten. Sie verliert gegenüber 1999 knapp 2 Prozentpunkte Anteil. Die Re-Organisation auf lokale und regionale wirtschaftliche Strukturen lässt den Transport binnenschiffaffiner Güter relativ sinken, so dass trotz Bemühen, Anteile am kombinierten Verkehr zu gewinnen, die Binnenschifffahrt Marktanteile verliert (vgl. Abbildung 7).

Steigende Kilometerkosten und preisliche und qualitative Konkurrenz durch Bahn und Binnenschiff zwingen das Kraftfahrgewerbe zur weiteren Erhöhung ihres *Auslastungsgrades* im Fernverkehr. Im Nahverkehr bleibt der Straßengüterverkehr nahezu unersetzlich. Bahn und Binnenschiff werden ihre Zuwächse im Fernverkehr erreichen und dort dem Lkz Anteile abnehmen. Der Nahverkehr wird also Anteilsgewinne am Straßengüterverkehr erreichen. Durch City-Logistik-Konzepte in Verbindung mit Güterverkehrszentren, von denen vor allem Bahn und zum Teil Binnenschiff profitieren, lässt sich auch der Auslastungsgrad im Straßengüterverkehr erhöhen. Insgesamt wird der Auslastungsgrad von 4 tkm/Lkz-km 1999 auf 5,2 tkm/Lkz-km 2020

steigen. Dies hat zur Folge, dass sich die *Fahrleistungen* gegenüber 1999 kaum noch erhöhen und die durchschnittlichen *Fahrtweiten pro Lkz* sinken.

Neben verbesserten Logistikkonzepten des Transportgewerbes versucht die Fahrzeugindustrie durch weitere Verbrauchssenkungen den administrativ gestiegenen Kilometerkosten zu begegnen. Der *Durchschnittsverbrauch* wird von 27,2 l/100km 1999 auf 22,7 l/100 km 2020 sinken, was auch auf Bestandsänderungen hin zu kleineren Lkz (Einsatz im Nahverkehr) zurückzuführen ist.

Die *Anschaffungskosten* für einen neu zugelassenen Pkw werden ähnlich zunehmen wie im Szenario Dominanter Markt. Die extremen Kraftstoffeinsparungen durch Leichtbau etc. werden die Preise zwar überproportional wachsen lassen. Jedoch wird dies kompensiert durch den Trend zu kleineren Fahrzeugen.

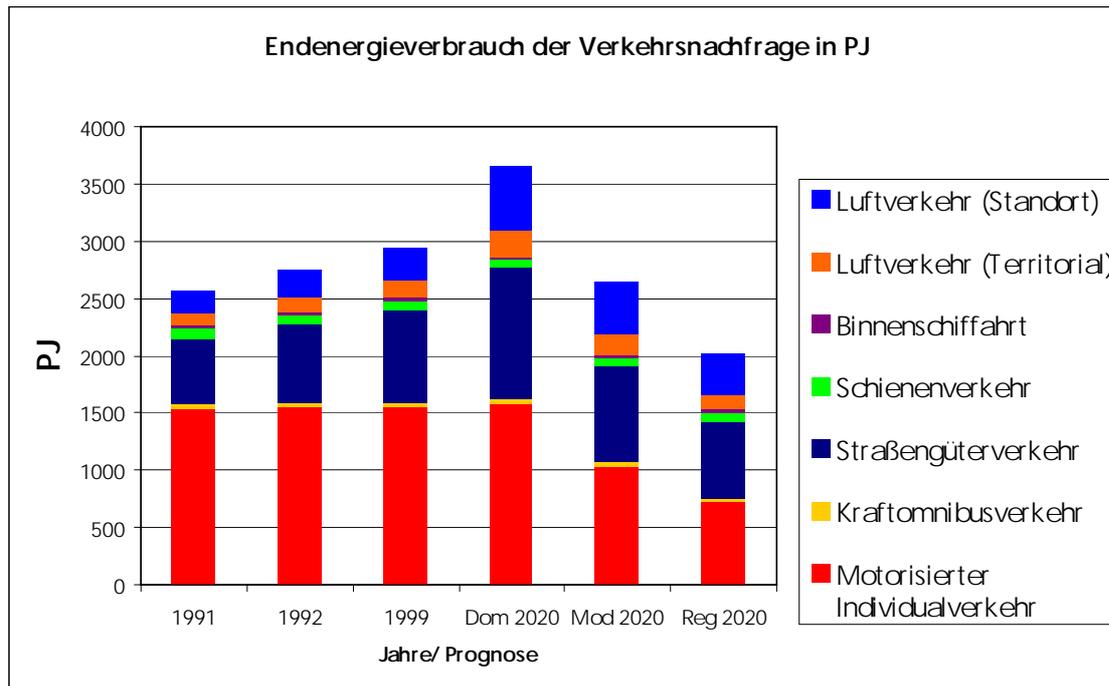
Die *Öko-Steuer* wird wie im Modernisierungsszenario weitergeführt. Mit der zusätzlichen CO₂-Abgabe von 300 DM/t wird sich der *Kraftstoffpreis* noch mal erhöhen. Damit wird eine deutliche Lenkungsabsicht verfolgt, ebenso mit der Einführung einer Kerosin-Steuer für den Luftverkehr in Höhe der Diesel-Steuer.

Um das Wachstum des Straßengüterverkehrs zu bremsen und Bahn und Binnenschiff auch preislich konkurrenzfähig zu stellen, wird die *Straßenbenutzungsgebühr* für schwere Lkz auf allen außerörtlichen Straßen auf 50 Pf/km, für leichte Lkz auf 20 Pf/km erhöht.

Der gesamte *Endenergieverbrauch der Verkehrsnachfrage* wird in diesem Szenario gegenüber 1999 um über 30% sinken (Abbildung 8); in ähnlicher Größenordnung werden die Kohlendioxidemissionen abnehmen. Die Stickoxidemissionen werden dagegen aufgrund der weitgehenden Durchsetzung der Euro-4- bzw. Euro-5-Normen im Straßenverkehr und der geringeren Anteile des Straßenverkehrs um nahezu 75% abnehmen.

4. Stand der Arbeiten und Ausblick

- Die Bestandsanalyse im Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr (einschließlich der Fokussierung auf Regeln und Indikatoren) ist abgeschlossen.
- Die mobilitätsspezifische Ausdifferenzierung der Rahmenszenarien – sowohl hinsichtlich der technischen Optionen als auch der Optionen der Verkehrsgestaltung – ist fertiggestellt.
- Erste Zwischenergebnisse der Szenarioberechnungen mit Hilfe des Umweltökonomischen Simulationsmodells Panta Rhei liegen vor. Die oben auszugsweise vorgestellten Ergebnisse spiegeln diesen Erkenntnisstand dar. Allerdings sind dabei noch nicht die Interaktionen mit den anderen Aktivitätsfeldern berücksichtigt.



Quellen: Hautzinger u.a. 1996, DIW/ISI 1998, Statistisches Bundesamt 1998, BMVBW 2000, Prognos 2000, Urbatzka u.a. 1999, UBA 2001, Pehnt 2001, eigene Berechnungen

Abb. 8: Endenergieverbrauch der Verkehrsnachfrage

- Mitte März 2002 liegen erste Ergebnisse der Simulationsrechnungen mit Panta Rhei vor, bei denen die Interaktionen zwischen den einzelnen Aktivitätsfeldern und ausgewählten Schlüsseltechnologien berücksichtigt sind. Auf Basis dieser Daten kann dann die Entwicklung im Aktivitätsfeld Mobilität und Verkehr in seiner Gesamtheit (Produktion von Verkehrsmitteln, Verkehrsnachfrage aus privaten und ökonomischen Motiven, Errichtung und Unterhalt der Verkehrsinfrastruktur) hinsichtlich einiger zentraler ökonomischer und ökologischer Indikatoren analysiert und an Hand der Regeln, Indikatoren und Ziele bewertet werden.
- Ergebnisse für Mobilitätsuntersuchungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit zentrale Aspekte wie Lärmbelästigung, Sicherheit und Flächeninanspruchnahme, die nicht mit Hilfe von Panta Rhei simuliert werden können, liegen vor (Verkehrssicherheit) oder werden im April 2002 fertiggestellt (Lärmbelästigung, Flächeninanspruchnahme).
- Erste Entwürfe zu sozialen und politisch-institutionellen Aspekten, die nicht oder nur unter großen Schwierigkeiten quantifiziert werden können, wie z.B. Gleichbehandlung, angemessener Zugang zum Verkehrssystem, Verteilung der Umweltbelastungen, Teilhabe an Entscheidungsprozessen sind fertiggestellt. Der Umgang mit diesen Indikatoren bedarf der Diskussion im Gesamtprojekt.
- Ab Mai 2002 wird eine Bewertung der Szenarien hinsichtlich Nachhaltigkeit und die Ableitung von Strategien zur Erreichung bestimmter Nachhaltigkeitsziele durchgeführt.

Literatur

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) (Hrsg.) (2000):
Verkehr in Zahlen. 29. Jahrgang. Deutscher Verkehrs-Verlag. Hamburg

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) (1998):

Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft Nr. 23/97. Abschlußbericht. Berlin und Karlsruhe

Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (F.U.R.) (2001):

Die Reiseanalyse RA 2001. <http://www.fur.de>

Grunwald, A. u.a. (Hrsg.) (2001):

Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, Band 2. Edition sigma. Berlin

Hautzinger H. u.a. (1996):

Inländerfahrleistung 1993. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen „Mensch und Sicherheit“. Heft M 61. Bergisch Gladbach

Keimel, H. u.a. (2001):

Mobilität und Verkehr. In: Grunwald, A. u.a. (Hrsg.) (2001): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, Band 2. Edition sigma. Berlin

Kloas, J. u.a. (1997):

Strukturanalyse und Rückschätzung der Statistik des Straßengüterverkehrs. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW). Berlin

Pehnt, M. (2001):

Ökologische Nachhaltigkeitspotenziale von Verkehrsmitteln und Kraftstoffen. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). STB-Bericht Nr. 24. Stuttgart

Prognos AG (Hrsg.) (2000):

Energiebericht III. Die langfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt. Schäfer-Poeschel. Stuttgart

Reim, U. (2000):

Kombinierter Verkehr. Wirtschaft und Statistik Nr. 12(2000), S. 955-965. Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2001a): Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs. Texte 17/01. Berlin

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (SVR) (2000):

Jahresgutachten 2000/01. Deutscher Bundestag. 14. Wahlperiode. Drucksache 14/4792 vom 29. 11. 2000

Statistisches Bundesamt (1998):

Fachserie 19: Umwelt. Reihe 5: Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Material- und Energieflussrechnungen – 1997. Metzler-Poeschel. Stuttgart

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2001a):

Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs. Texte 17/01. Berlin

Urbatzka, E. u.a. (1999):

Szenarien des Luftverkehrs Deutschlands im Jahr 2010 vor dem Hintergrund kapazitätsbeengter Flughafeninfrastruktur. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Forschungsbericht 1999-43. Köln

V. Arbeitspaket

Aktivitätsfeld „Wohnen und Bauen“

Juliane Jörissen, Volker Stelzer

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Online Version

Aufbauend auf der im Jahr 2000 erfolgten Sichtung und Aufarbeitung der umfangreichen Literatur zum Thema nachhaltige Stadtentwicklung (vgl. Zwischenbericht 2000, Kap. V) wurde im Berichtszeitraum eine ausführliche Problemanalyse der aktuellen Situation im Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen vorgenommen. Als Analyseinstrument wurden die im integrativen Konzept entwickelten Mindestbedingungen oder „Regeln“ einer nachhaltigen Entwicklung (vgl. Kopf-müller et al. 2001, Kap. 4 und 5) herangezogen, wobei sich die Untersuchung auf diejenigen Regeln konzentrierte, die für das Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen von besonderer Bedeutung sind.

1. Nachhaltigkeitsanalyse für das Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen

Wie die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, sind mit dem Prozess des Wohnens und Bauens in Deutschland zahlreiche Nachhaltigkeitsdefizite verbunden, die im Folgenden kurz zusammengefasst werden.¹²

Schutz der menschlichen Gesundheit (Regel 1.1)

Die Belastung von Innenräumen durch eine Reihe von Stoffen wie Asbest, Fein- und Feinstaub (PM₁₀), PVC, Formaldehyd, Lindan, PCB und Radon, hat in den letzten Jahren heftige Diskussionen ausgelöst, die zum Teil vor Gericht ausgetragen wurden. Quellen für diese Schadstoffe sind zum einen Baumaterialien wie Dämmstoffe (PM₁₀, MDI, TCPP), Fußbodenbeläge (Phthalate und andere Weichmacher z.B. aus PVC), Farben (Formaldehyd, halogenorganische Verbindungen, Glykolether und -ester) oder Anstriche von Holzverkleidungen (Lindan). Zum anderen können Schadstoffaustritte aus Einrichtungsgegenständen und Geräten gesundheitliche Probleme bereiten. Beispiele dafür sind Asbest aus Nachtspeicheröfen, Formaldehyd aus Spanplatten, bromierte Kohlenwasserstoffe aus Elektrogeräten und Lösemittel aus Farben, Lacken und Klebern¹³. Außerdem können sich Abgase von außerhalb der Wohnung, hauptsächlich Verkehrsabgase (Benzol, Kohlenmonoxid, Stickoxide), in der Wohnung anreichern. Die Luftbelastung in Innenräumen kann durch Energiesparmaßnahmen noch verstärkt werden, da sie die Luftaustauschrate in der Wohnung verringern und somit die Schadstoffkonzentration erhöhen. Die beträchtliche Zunahme von allergischen Erkrankungen wird u.a. auf „bau- und wohnökologische Einflüsse“ (Isolierfenster, geringer Luftwechsel, Zentralheizung, Vermehrung der Hausstaubmilben, Zunahme der Haustierhaltung, Emissionen aus Farben, Lacken, Klebern, Teppichböden, Einrichtungsgegenständen) zurückgeführt (Eis 1998, S. 69f.). In der Verbindung von Innenraumschadstoffen mit Klimaanlage ist ein eigenes Krankheitsbild, das „Sick Building Syndrom“ (SBS), entstanden

Als ein weiterer wichtiger Belastungsfaktor im Wohnbereich wird in zahlreichen Studien der Lärm angeführt (IPS 1994; UBA 1997, 2000; SRU 1999; Statistisches Bundesamt 1998, 2000a).

¹² Zur ausführlichen Darstellung der Ergebnisse siehe Stelzer/Jörissen 2001, S. 220 ff.

¹³ Für viele der aufgeführten Stoffe ist die Anwendung mittlerweile eingeschränkt oder ganz verboten worden (z.B. bromierte Flammschutzhemmer, Lindan, PCB). Da allerdings keine Pflicht zur Überprüfung und Sanierung von Wohnungen besteht, ist mit einer fortgesetzten Belastung für die Bewohner zu rechnen. Diese Belastung unterscheidet sich von Stoffgruppe zu Stoffgruppe erheblich. Neben der akuten Belastung der Bewohner führen die aufgeführten Stoffe auch zu einer Verschärfung der Entsorgungs- und Recyclingproblematik.

Etwa jede fünfte Wohnung im Westen und jede dritte im Osten wurde 1993 dauernd durch Straßenverkehrslärm beeinträchtigt. Durch Fluglärm, der zweitwichtigsten Lärmquelle, waren dies im Westen 4% und im Osten knapp 2% der Wohnungen. Dabei darf Lärm nicht nur als Störung abgetan werden, sondern stellt durch chronische Beeinträchtigung des Schlafes, der Erholung und der geistigen Arbeit eine konkrete Gesundheitsgefährdung dar. Lärm wirkt als Stressfaktor und kann als solcher Erkrankungen begünstigen, die durch Stress mitverursacht werden, insbesondere Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems. Bei nächtlichen Pegeln über 50 dB(A) ist mit Schlafstörungen zu rechnen und bei Pegeln über 65dB(A) sind erhöhte Risiken z.B. für Herz-Kreislaufkrankungen zu befürchten

Gewährleistung der Grundversorgung (Regel 1.2)

Obwohl in Deutschland insgesamt ein Überhang an Wohnungen besteht (die Leerstandsquote für Deutschland insgesamt beträgt 7,5%) ist die Grundversorgung mit Wohnraum für bestimmte gesellschaftliche Gruppen nicht ausreichend gewährleistet. Nach einer Befragung verfügen 12% aller Haushalte über weniger Räume, als Personen zum Haushalt gehören, im unteren Einkommensfünftel sogar 30%. Haushalte mit Kindern, insbesondere Alleinerziehende sind, was die Wohnfläche anbetrifft, am schlechtesten versorgt.

Im Vergleich zu anderen Ländern der EU ist der Anteil des Einkommens, der für das Wohnen ausgegeben wird, in Deutschland relativ hoch. 1960 mussten die westdeutschen Haushalte rund 10% ihres Einkommens für die Wohnung¹⁴ aufwenden, bis 1998 stieg dieser Anteil auf rund 25%. Die Kostenentwicklung ist einerseits auf die Erhöhung der kommunalen Gebühren und andererseits auf die Steigerung der Nettomieten zurückzuführen. Knapp 10% aller Haushalte in Deutschland können die finanzielle Belastung des Wohnens nicht aus eigener wirtschaftlicher Kraft tragen. Besonders problematisch ist die Entwicklung in Ostdeutschland, wo die Angleichung der Mieten an das westdeutsche Niveau seit Jahren schneller verläuft als die Angleichung der Haushaltsnettoeinkommen (Hinrichs 1999, S. 35f.).

Vor allem in den Innenstädten fehlen preiswerte Wohnungen. Durch den wachsenden Bestand an modernisierten, attraktiven und hochwertigen Altbauten ist das Angebot an bezahlbarem Wohnraum für einkommensschwächere Schichten knapper geworden. Obere Einkommensgruppen eignen sich Teile der Innenstädte wieder an (Schäfer/Schön 2000, S. 141). Betroffen von diesem Verdrängungswettbewerb sind vor allem Familien mit Kindern, Alleinerziehende, ältere Personen, Zuwanderer sowie Langzeitarbeitslose. Das Angebot an preisgünstigem Wohnraum beschränkt sich meist auf sanierungsbedürftige Altbauquartiere, die überwiegend im Besitz der Kommunen sind, auf Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus und auf ehemalige Arbeiterquartiere. In den neuen Bundesländern gehören hierzu auch die Plattenbauten. Diese Wohnungen werden überproportional von sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen genutzt. Mit der räumlichen Konzentration einkommensschwacher Haushalte ist die Tendenz zu sozialer Segregation und Ghattobildung verbunden.

¹⁴ Miete (bzw. Raten und Zinszahlungen bei Eigentum) und Nebenkosten

Selbständige Existenzsicherung (Regel 1.3)

Der Baubereich hat erhebliche Effekte auf die Beschäftigungssituation in Deutschland. Am 30. Juni 1999 waren 2.339.054 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Baugewerbe tätig. Dies macht 8,5% aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland aus (Statistisches Bundesamt 2000b, S. 114). Die letzten Jahre sind durch einen stetigen und signifikanten Rückgang der Erwerbstätigen im Baugewerbe gekennzeichnet. Gründe hierfür sind die Verringerung der Neubau- und Sanierungstätigkeit in den neuen Bundesländern, Rationalisierungseffekte, konjunkturelle Einbrüche, Konkurrenz ausländischer Firmen und Schwarzarbeit. Allein in den Jahren 1997 bis 1999 sind die Erwerbstätigenzahlen im Baugewerbe von 1,6753 Mio. auf 1,5208 Mio. gesunken (Statistisches Bundesamt 2000b, S. 209f.). Dies entspricht einem Rückgang von 9% in nur zwei Jahren. Dennoch ist die Arbeitslosenquote mit 5,3% im Baugewerbe für Ende September 1999, im Vergleich, z.B. zum verarbeitenden Gewerbe, mit 10,6% verhältnismäßig gering (Statistisches Bundesamt 2000b, S. 118). Dafür ist die Zahl der Insolvenzen im Baubereich die höchste aller Wirtschaftsbereiche. Sie betrug 1998 mit 8.112 fast 30% aller Insolvenzen (ebd., S. 132).

Die künftige Entwicklung der Beschäftigung im Wohnungsbausektor hängt nicht zuletzt von der Prioritätensetzung in der staatlichen Wohnungspolitik ab. Sollte in Zukunft einem Um- und Ausbau im Bestand Vorrang vor dem Neubau auf der grünen Wiese eingeräumt werden, könnten, wie verschiedene Studien belegen, positive Beschäftigungseffekte erzielt werden. (Bartholmai 2000).

Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.1)

Eine der wichtigsten erneuerbarer Ressourcen ist der Boden. Durch den Abtrag des Bodens, die Zerstörung der Bodenprofile und die Versiegelung von Fläche im Rahmen von Baumaßnahmen werden die vielfältigen ökologischen Funktionen des Bodens (Lebensraum für Pflanzen und Tiere, Wasserrückhaltung, Pufferung von Schadstoffen, Bindung von CO₂ etc.) stark eingeschränkt oder ganz zerstört. Täglich werden mehr als 120 Hektar Freifläche in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt, von der fast die Hälfte versiegelt wird. Eine Ursache für die enorme Ausweitung der Siedlungsfläche ist der Umstand, dass sich die Wohnfläche pro Einwohner in den letzten fünfzig Jahren fast verdreifacht hat: von 15 qm/E im Jahre 1950 auf 41 qm/ E im Jahre 1998 (IÖR 2001, S. 19). Ebenso stetig hat der Flächenbedarf pro Arbeitsplatz in der gewerblichen Wirtschaft und in den Bereichen Handel und Dienstleistung zugenommen. Eine weitere Ursache für das Flächenwachstum der Städte ist das bisher vorherrschende städtebauliche Leitbild der „Funktionstrennung“, das zu einem zunehmenden räumlichen Auseinanderfallen der Standorte für Wohnen, Arbeiten, Freizeit und Dienstleistungen geführt hat. Das Ergebnis dieses Suburbanisierungsprozesses ist neben dem Flächenverbrauch ein Verlust städtischer Erlebnisvielfalt und ein ständiges Anwachsen des Verkehrsaufkommens. Nach Schätzungen des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) wird sich die Siedlungs- und Verkehrsfläche bis 2010 auf 13,4% der Landesfläche erhöhen. Dies entspricht einer Zunahme von ca. 564.000 ha seit 1997 (BBR 2000, S. 180). Der Anteil ökologisch hochwertiger unzerschnittener Flächen an der Gesamtfläche nimmt aufgrund dieser Entwicklung ständig ab, mit der Folge eines beschleunigten Verlustes an Biodiversität. Das Flächenwachstum könnte gebremst werden, wenn die Nachfrage nach zusätzlichem Wohn- oder Gewerberaum eher durch eine Entwicklung im Bestand als

durch den Neubau auf der „grünen Wiese“ befriedigt würde. Bisher ist eine solche Trendumkehr allerdings nicht zu beobachten. Im Jahr 1998 stand einer Baufertigstellung von 443.748 Wohnungen im Neubau eine Fertigstellung von 56.942 Wohnungen im Bestand gegenüber (Statistisches Bundesamt 2000a, S. 51). Dies entspricht einer Bestandsquote von unter 12%.

Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.2)

Im Jahre 1991 wurden für den Bereich „Hochbau und Ausbau“ ca. 350 Mio. Tonnen an mineralischen Rohstoffen der Natur entnommen. Dies sind etwa 19% des gesamten, durch die deutsche Volkswirtschaft ausgelösten Verbrauchs (Kohler/Hassler/Paschen 1999, S. 91). Ein etwa gleich hoher Anteil entfällt auf die Tätigkeiten des Tiefbaus. Die durchschnittliche Lebenserwartung neuer Baukonstruktionen sinkt, was eine Beschleunigung der Erneuerungszyklen zur Folge hat. Solange weiterhin eine vornehmlich neubauorientierte Wohnungspolitik verfolgt wird, werden die großen Massenströme im Sektor Wohnen und Bauen weiterhin auf einem hohen Niveau verharren.

Nur rund 10% der im Bauwesen eingesetzten Materialien werden zur Zeit wiederverwendet. Gründe dafür sind u.a. die Begrenzung der Recyclingzuschläge in neuen Bauprodukten aus technischen und rechtlichen Gründen, die Verwendung von Verbundwerkstoffen und die hohen Kosten einer sortenreinen Rückgewinnung der verwendeten Materialien. Außerdem sind die heutigen Recyclingverfahren häufig energieintensiver als die Primärproduktion und nur begrenzt wiederholbar. Eine Erhöhung der Recyclingraten nach dem gegenwärtigen Stand der Technik führt daher unter Umständen zu einer negativen ökologischen Gesamtbilanz. Aus diesen Gründen wird Bauschutt, obwohl er im wesentlichen aus mineralischen Stoffen wie Mauerwerk, Ziegelbruch und Beton besteht überwiegend deponiert oder für niederwertige Nutzungen wie Lärmschutzwände, Hinterfüllungen, ungebundene Tragschichten im Straßen- und Wegebau eingesetzt („Downcycling“).

Neben den mineralischen Rohstoffen sind es vor allem fossile Energieträger, die im Bereich Wohnen und Bauen verbraucht werden. Allein der Wohnungsneubau (Baustoffherstellung und Baugewerbe) nimmt pro Jahr rund 5% des Primärenergieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland in Anspruch. Noch deutlich höher ist der Energieverbrauch während der Nutzungsphase der Gebäude. Er beträgt ein Drittel des gesamten Primärenergieeinsatzes, wobei 90% für die Raumheizung benötigt werden. Der Energieverbrauch ist zwar pro qm Wohnfläche zurückgegangen, insgesamt ist er aber infolge der absoluten Zunahme an Wohn- und Nutzfläche, nahezu gleich bleibend. Vor allem dem Trend zu freistehenden Einfamilienhäusern ist es zu verdanken, dass der Energieverbrauch der privaten Haushalte, trotz besserer Heiz- und Dämmtechniken, in den letzten 20 Jahren nicht gesunken ist (Enquete-Kommission 1998, S. 144).

Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (Regel 2.3)

Vor allem der hohe Einsatz fossiler Energieträger für die Deckung des Raumwärmebedarfs hat zur Folge, dass der Sektor Wohnen und Bauen etwa 36% der Gesamtemission an CO₂ in der

Bundesrepublik Deutschland verursacht.¹⁵ Die effektivste Möglichkeit, den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern, besteht in einer Umstrukturierung der Energieerzeugungsbasis, d.h. Umstellung der Raumwärmeerzeugung von kohlenstoffreichen auf kohlenstoffärmere Energieträger (Erdgas), Ausbau der Fernwärmeversorgung, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien.

Neben dem Treibhauseffekt leistet der Bereich Wohnen und Bauen auch einen nicht unerheblichen Beitrag zur Vergrößerung anderer Umweltprobleme wie etwa Photosmog und Versauerung. Der Anteil des Bausektors (Hochbau, Tiefbau, Ausbau) und der Nutzung von Gebäuden (Heizung) an der Gesamtemission der Bundesrepublik Deutschland betragen bei SO₂ etwa 21%, bei NO_x etwa 16%, bei CO etwa 37%, bei Staub etwa 27% und bei NMVOC etwa 32%¹⁶, wobei auch hierbei der größte Anteil der Emissionen durch die Nutzungsphase verursacht wird.

Spiegelbildlich zu seinem hohen Rohstoffverbrauch spielt der Bausektor auch in der Abfallentsorgung eine dominierende Rolle. Fast die Hälfte des gesamten Abfallaufkommens in der Bundesrepublik Deutschland setzt sich aus baubedingten Abfällen wie Erdaushub, Straßenaufbruch, Bauschutt und Baustellenabfällen zusammen. Dabei stellt Erdaushub mengenmäßig die größte Fraktion dar und Baustellenabfälle, aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung, die problematischste. Jährlich fallen ungefähr 30 Mio. Tonnen Bauschutt an. Dabei handelt es sich überwiegend um mineralische Bestandteile aus dem Abriss alter Gebäude (ohne Fenster, Türen, metallische Rohre und ähnliches). Das, im Vergleich zu dem hohen jährlichen Input an mineralischen Rohstoffen eher geringe Bauschuttaufkommen macht deutlich, dass Neubau und Abriss keineswegs ausgeglichen sind. Das Stofflager „Gebäudebestand“ und damit auch das auf künftige Generationen zukommende Entsorgungsproblem wird somit durch die Bautätigkeit permanent vergrößert (Kohler/Hassler/Paschen 1999).

Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (Regel 3.2)

Die Forderung nach demokratischer Teilhabe aller gesellschaftlichen Gruppen an den Planungs- und Entscheidungsprozessen zieht sich wie ein roter Faden durch alle wesentlichen Dokumente zur nachhaltigen Entwicklung. Dieser Forderung liegt ein Verständnis von Partizipation zugrunde, das über die traditionellen Formen der Bürgerbeteiligung in der Planung weit hinausgeht. Die geforderte Integration aller relevanten Nachhaltigkeitsbelange setzt eine ausreichende Kommunikation zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen sowie die Fähigkeit zu Konsensbildung und Konfliktregulierung voraus. Nach Auffassung vieler Sozial- und Planungswissenschaftler reichen die vorhandenen ordnungsrechtlichen und planerischen Instrumente zur Konfliktlösung dafür nicht aus. Gefordert werden daher alternative Verfahren wie Moderations- bzw. Mediationsverfahren, „Runde Tische“ und andere diskursive Planungsverfahren. Ziel ist die Suche nach unausgeschöpften Konsens-Potentialen und „Win-win-Lösungen“ zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Forderungen. Auch die verstärkte Nutzung solcher kooperativer Verfahren stößt jedoch an strukturelle Grenzen und muss durch entsprechende hierarchische Steuerungsinstrumente flankiert werden, wenn das Leitbild der Nachhaltigkeit nicht zu einer in

¹⁵ Eigene Berechnungen von ITAS auf der Grundlage der Input-Output-Tabellen von 1993. Einschließlich der Heizenergie für die gewerbliche Nutzung beträgt der Wert ca. 42%.

¹⁶ Eigene Berechnungen von ITAS auf der Grundlage der Input-Output-Tabellen von 1991.

alle Richtungen beliebig interpretierbaren Leerformel degradiert werden soll (Kühn/ Moss 1998, S. 250).

Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt (Regel 3.3)

Bauwerke und Städte stellen einen wichtigen Teil unseres kulturellen Erbes aus. In ihnen kristallisieren sich die kulturellen Vorstellungen der jeweiligen Epochen, in denen sie errichtet wurden. Deutschland verfügt mit vielen gut erhaltenen historischen Stadtkernen und bedeutenden Bauwerken (Schlösser, Kirchen, Klöster, Rathäuser, Industriedenkmäler etc.) über ein reiches kulturelles Erbe. Dies zeigt sich auch darin, dass es in Deutschland inzwischen 25 Stätten gibt, die zum Weltkulturerbe der UNESCO zählen.

Nach dem zweiten Weltkrieg hat sich die Entwicklung in den beiden Teilen Deutschlands unterschiedlich vollzogen. In der ehemaligen DDR wurde vorwiegend in kostengünstige Neubauten (Plattenbauten) investiert, während Altbauten und historischen Altstädte langsam verfielen. Dadurch war zum Zeitpunkt der Wiedervereinigung im Osten eine umfangreiche, wenn auch höchst erneuerungsbedürftige, alte Bausubstanz erhalten. Aufgrund steuerlicher Förderung und staatlicher Investitionen wurde vieles inzwischen aufwendig restauriert. Der Sanierungsprozess ist allerdings nach Auslaufen der Förderung ins Stocken geraten, obwohl noch immer großer Sanierungsbedarf besteht. Im Westen wurde dagegen in der Nachkriegszeit beim Wiederaufbau der Städte oft wenig pfleglich mit eigentlich erhaltungswürdiger Altbausubstanz umgegangen; sie wurde zum Teil abgerissen und durch Neubauten ersetzt, was zu einer Vereinheitlichung der Stadtbilder geführt haben. Städtebauliche Leitbilder wie das der *Funktionstrennung* und der *autogerechte Stadt* in den 60er und 70er Jahren, Innenstadtberuhigung und Ausweisung von innerstädtischen Fußgängerzonen in den 80er und 90er Jahren sowie der Konzentrationsprozess im Einzelhandel, der dafür sorgte, dass deutsche Innenstädte durch ein immer gleiches Set an Filialbetrieben geprägt sind, taten ein weiteres zur Uniformierung der städtischen Kultur. Erst in jüngster Zeit wird diesem Trend entgegengewirkt und versucht, stadtplanerische Sünden der Vergangenheit rückgängig zu machen.

Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (Regel 3.4)

Die stetige Ausweitung der Siedlungsfläche beeinträchtigt nicht nur die ökologischen Funktionen des Bodens, sondern schränkt auch die Möglichkeit des „ungestörten Naturerlebens“ in starkem Maße ein. Infolge von Urbanisierung und Industrialisierung ist der Anteil an unzerschnittenen Flächen an der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland inzwischen auf unter 20% gesunken. Selbst Gebiete, die als Naturschutz-, Landschaftsschutz- oder Erholungsgebiete ausgewiesen sind, werden durch diese Entwicklung in Mitleidenschaft gezogen, da sie anthropogen Einflüssen von außen (Lärm, Emissionen) ausgesetzt sind.

Erhaltung der sozialen Ressourcen (Regel 3.5)

Diese Regel fordert die Stärkung politisch relevanter Tugenden wie Solidarität, Toleranz, Gemeinwohlorientierung, Rechts- und Gerechtigkeitssinn sowie die Fähigkeit zur gewaltfreien Konfliktregelung, die insgesamt dazu beitragen, die Integration der Gesellschaft zu fördern. Für die

Herausbildung und Einübung solcher individuellen sozialen Fähigkeiten oder Tugenden spielt das Wohnumfeld eine herausragende Rolle. Zahlreiche Studien belegen, dass z.B. die räumliche Konzentration sozial benachteiligter Gruppen den Aufbau stabiler sozialer Beziehungen erschwert und gravierende Probleme (soziale Segregation, Vandalismus, Kriminalität) zur Folge haben kann. Ein wichtiger Faktor in diesem Zusammenhang ist die Ausstattung eines Quartiers mit Wohnfolgeeinrichtungen wie Kindergärten, Spielplätzen, Begegnungsstätten, Jugendhäusern, Bürgerhäusern, Freizeiteinrichtungen etc. Der Mangel an solchen Einrichtungen trägt dazu bei, soziale Probleme zu verschärfen.

2. Nachhaltigkeitsindikatoren

Um die im Rahmen der Nachhaltigkeitsanalyse aufgezeigten Probleme dokumentieren und bewerten zu können, wurden Indikatoren entwickelt, die darüber Auskunft geben sollen, inwieweit sich der Bereich Wohnen und Bauen im Zeitablauf in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung bewegt. Sie sind als Ergänzung zu den in Kapitel ?? vorgestellten allgemeinen Indikatoren konzipiert. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht sowohl über die allgemeinen Indikatoren, soweit sie für den Bereich Wohnen und Bauen relevant sind, wie über die aktivitätsfeldspezifischen Indikatoren.

Ziel: Sicherung der menschlichen Existenz		
Regel	Aktivitätsfelderübergreifende Indikatoren	Aktivitätsfeldspezifische Indikatoren
Schutz der menschlichen Gesundheit (Regel 1.1)	- Anteil der Bevölkerung, für den ein vorgegebener mittlerer Lärmpegel überschritten wird	- Anzahl der Wohnungen, die gesundheitsbelastenden Lärmmissionen ausgesetzt sind - Innenraumbelastung
Gewährleistung der Grundversorgung (Regel 1.2)	- Wohnfläche pro Person (evtl. aufgeschlüsselt nach Bevölkerungsgruppen) - Anteil der Wohn- und Nebenkosten am verfügbaren Einkommen - Anteil von Obdachlosen an der Gesamtbevölkerung - Anteil der Personen, die Wohngeld beziehen	- Anzahl der Personen, die in Wohnungen leben, die nicht dem Mindeststandard entsprechen - Anzahl der Räume pro Person - Anteil der „behindertengerechten“ Wohnungen am gesamten Baubestand
Selbständige Existenzsicherung (Regel 1.3)	- Offizielle Arbeitslosenquote - Anzahl Langzeitarbeitsloser	- Offizielle Arbeitslosenquote in der Baubranche - Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der Baubranche - Insolvenzen in der Baubranche

Ziel: Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials		
Regel	Aktivitätsfelderübergreifende Indikatoren	Aktivitätsfeldspezifische Indikatoren
Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.1)	<ul style="list-style-type: none"> - Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag 	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil der verschiedenen Hauptnutzungsarten an der Flächennutzung - Siedlungsfläche pro Kopf - Versiegelungsgrad - Relation von Neubau zu Schaffung von Wohnraum im Bestand - Grad der Verdichtung (Geschossflächenzahl) - Anzahl von Altlasten- und Altlastverdachtsflächen
Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen (Regel 2.2)	<ul style="list-style-type: none"> - Verbrauch nicht erneuerbarer Energierohstoffe - Anteil erneuerbarer Energiequellen am Primärenergieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> - Energieverbrauch für Raumwärme pro Jahr (nach Energieträgern) - Solarkollektorfläche auf Wohngebäuden - Anteil der Gebäude, die dem Niedrigenergiestandard entsprechen - Energieverbrauch für den Wohnungsbau (einschl. Baustoffherstellung) pro Jahr - Entnahme von mineralischen Rohstoffen für den Wohnungsbau pro Jahr - Durchschnittliches Alter von Gebäuden - Recyclingrate von Baurestmassen
Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke (Regel 2.3)	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂-Emission - Emission von NO_x - Emission von NMVOC - Emission von SO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Freisetzung von CO₂ durch den Wohnungsbau (einschl. Baustoffherstellung) - Freisetzung von CO₂ durch die Wohnungsnutzung - Emission von Luftschadstoffen (SO₂, NO_x, CO, NMVOC, Staub) aus dem Wohnbereich
Ziel: Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten		
Regel	Aktivitätsfelderübergreifende Indikatoren	Aktivitätsfeldspezifische Indikatoren
Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (Regel 3.2)	<ul style="list-style-type: none"> - rechtlich abgesicherte Möglichkeiten der Beteiligung an Bauplanungsverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Lokaler Agenda 21-Prozesse - Anteil der Bevölkerung, der aktiv an Agenda-Prozessen teilnimmt
Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil der unter Denkmalschutz stehenden Gebäude an der gesamt- 	<ul style="list-style-type: none"> - Umfang der Fördermittel für den Denkmalschutz

Vielfalt (Regel 3.3)	- ten Bausubstanz - Anzahl der als Weltkulturerbe anerkannten Stätten	
Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur (Regel 3.4)	- Anteil geschützter Gebiete EU- FFH-Gebiete, Nationalparks, Naturschutzgebiete, Naturparks, Landschaftsschutzgebiete an der Gesamtfläche	- Innerstädtische Grünflächen pro Kopf - Anzahl der Wohneinheiten, die in 15/30 Fußminuten zu einer öf- fentlich zugänglichen Grünanlage liegen
Erhaltung der sozialen Ressourcen (Regel 3.5)	- Kindergartenplätze pro Kopf - Anzahl internationaler Begegnung- sstätten	- Anzahl von Jugend-/Bürgerhäusern - Ausstattung mit wohnungsnahen Freizeiteinrichtungen - Zufriedenheit mit den Wohnbedin- gungen (subjektiver Indikator)

3. Entwicklung von aktivitätsfeldspezifischen Szenarien

Die Möglichkeiten, die Entwicklung im Bereich Wohnen und Bauen in Richtung auf Nachhaltigkeit zu steuern, werden wesentlich durch die allgemeinen gesellschaftlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen bestimmt. Ausgehend von der Überlegung, dass sich in der aktuellen Situation sowohl Trends abzeichnen, die mit der Idee der Nachhaltigkeit kompatibel sind als auch solche, die ihr zuwiderlaufen, soll die Diskussion von Strategien und Handlungsoptionen auf der Basis unterschiedlicher Szenarien vorgenommen werden. Im Projekt wurden drei Rahmenszenarien „Dominanter Markt“, „Modernisierung“ und „Regionalisierung“ skizziert. Die in den Rahmenszenarien verwendeten allgemeinen Deskriptoren: Grad der globalen wirtschaftlichen Verflechtung, Bedeutung der verschiedenen Politikebenen, Rolle des Sozialstaates, Entwicklung von Werthaltungen, Teilhabe an politischen Entscheidungsprozessen wurden aktivitätsfeldspezifisch ausdifferenziert und durch weitere, für den Bereich Wohnen und Bauen relevante, Deskriptoren wie Wohn- und Lebensformen, siedlungsstrukturelle Entwicklung, Infrastruktur, Gebäudetechnik und Wohnungsmarkt ergänzt. Grundlage der Szenarientwicklung war eine ausführliche synoptische Bestandsaufnahme vorliegender Szenarien für den Bereich Bauen und Wohnen.¹⁷ Die im Projekt vorgenommene Ausdifferenzierung der Rahmenszenarien für den Bereich Wohnen und Bauen wird im Folgenden kurz zusammengefasst.

Dominanter Markt

¹⁷ Ausgewertet wurden u.a.: Schäfer/Schön: Nachhaltigkeit als Projekt der Moderne (2000); IÖR: Nachhaltige Entwicklung des Wohnungsbestandes in sächsischen Groß- und Mittelstädten (NAWO-Projekt 2000); Difu: Szenarien und Potentiale einer nachhaltigen flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung (2000); Öko-Institut: Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Schleswig-Holstein. Szenarien für eine Mögliche Entwicklung bis zum Jahr 2020; Hall/ Pfeiffer: URBAN 21: Der Expertenbericht zur Zukunft der Städte.

Die Verschärfung des globalen Wettbewerbs führt zu einem Machzuwachs weltweit agierender Unternehmen und einer verstärkten internationalen Arbeitsteilung. Zentraler Koordinationsmechanismus ist der Markt. Die Solidarität innerhalb der internationalen Staatengemeinschaft ist gering und die Position von Organisationen, die Gemeinwohl- und Umweltbelange vertreten, schwach. Bei der Durchsetzung internationaler Standards im Handel, im Umweltschutz und im sozialen Bereich sind Rückschläge zu verzeichnen. Dies führt zu einer Verschlechterung der globalen Umweltsituation und aufkommenden Verteilungskonflikten um Energieträger und Rohstoffe. Die Nationalstaaten reagieren auf die Herausforderungen des globalen Standortwettbewerbs mit dem Abbau tatsächlicher oder vermeintlicher Investitionshemmnisse (Deregulierung). Die formalen Möglichkeiten der Bürgerbeteiligung an Planungs- und Entscheidungsprozessen werden stark eingeschränkt, der Einfluss der Gewerkschaften schwindet. Generell finden eine Abkehr von der korporatistischen Interessenvertretung und eine Hinwendung zu individuellen Verhandlungslösungen statt. Der Staat zieht sich aus vielen Bereichen der Daseinsvorsorge zurück. Dies bedeutet für den hier zur Diskussion stehenden Bereich vor allem Reduktion von Wohnbauförderung und Einschränkung der subjektbezogenen Förderung (Wohngeld). Aufgrund der wachsenden Einkommensunterschiede nimmt die Polarisierung der Gesellschaft zu.

Wohn- und Lebensformen

Das gesellschaftliche Leben lässt sich durch die Attribute Entsolidarisierung, Anonymisierung und Individualisierung charakterisieren. Der traditionelle Familienverbund löst sich mehr und mehr auf, das Niveau von Eheschließungen ist niedrig, die Scheidungsquote hoch und die Zahl Alleinerziehender wächst. Der Anteil der Einpersonen-Haushalte steigt erheblich, was trotz Bevölkerungsrückgang die Gesamtzahl der Haushalte erhöht. Die beruflich erzwungene Mobilität führt zu häufigen Wohnungswechseln. Die Wohnfläche pro Kopf nimmt weiter zu. Die Städte zeichnen sich durch ausdifferenzierte, stark segregierte Stadtteile aus. Abhängig von Einkommen, Bildung, Lebensstil bilden sich homogene Wohngebiete heraus, vom Nobelviertel bis zum Slum; sozial durchmischte Gebiete werden nicht mehr nachgefragt. Die zurückgehende Investitionstätigkeit des Staates führt insbesondere in preisgünstigen Vierteln zu einer erheblichen Verschlechterung des Wohnumfeldes. Dies hat eine geringe Identifikation der Bewohner mit dem Wohnquartier zur Folge. Aufgrund der weitgehenden Segregation der Gesellschaft verliert der öffentliche, von allen nutzbare, Raum an Bedeutung.

Siedlungsstrukturelle Entwicklung

Das Flächenwachstum der Städte setzt sich ungebremst fort, was eine Auflösung der historisch gewachsenen Siedlungsstruktur in einen „Siedlungsbrei“ zur Folge hat. Die Konkurrenz zwischen Kernstadt und Umlandgemeinden verschärft sich aufgrund der Steuergesetzgebung und der Ausgestaltung des kommunalen Finanzausgleichs weiter, die Kooperationsbereitschaft ist gering. Die Neubautätigkeit ist infolge differenzierter individueller Wohnwünsche und eines steigenden Anteils von Einpersonen-Haushalten hoch, während die Sanierungstätigkeit im Bestand eine untergeordnete Rolle spielt. Auch der Trend zur Suburbanisierung von Arbeitsplätzen hält weiter an. Fehlende Erwerbsmöglichkeiten in der Landwirtschaft führen zu einer Entvölkerung des ländlichen Raumes, wodurch die Ballungszentren einem stärkeren Zuwanderungsdruck ausgesetzt sind (große Pendlerströme). Die Transportintensität von Gütern steigt ebenso wie der Motorisierungs-

grad der Bevölkerung weiter an. Das Stadtklima verschlechtert sich infolge hoher Verkehrsbelastung, zunehmender Versiegelung und geringer Durchgrünung.

Infrastruktur

Aufgrund des verschärften globalen Wettbewerbs hat die Förderung wirtschaftsnaher Infrastruktur Priorität. Die Verkehrserschließung ist eher großräumig orientiert, das bedeutet: Ausbau der Straßenfernverkehrsinfrastruktur und der schienengebundenen Hochgeschwindigkeitssysteme. Der gewinnbringende Teil der Verkehrsinfrastruktur ist weitgehend privatisiert. Die Nah- und Regionalverkehrsnetze verbleiben im Zuständigkeitsbereich der öffentlichen Hand und geraten infolge staatlicher Mittelkürzungen zunehmend in einen desolaten Zustand. Der Anteil des ÖPNV ist rückläufig. Der Bereich der Wasser- und Energieversorgung ist vollständig privatisiert. Die Palette staatlicher Angebote im Bildungs-, Kultur- und Sozialbereich wird erheblich reduziert, während das Angebot Privater für gutbetuchte Bevölkerungskreise zunimmt. Die räumliche Konzentration von Versorgungseinrichtungen an verkehrsgünstigen Standorten nimmt zu. Wohnungsnaher privatwirtschaftliche Dienste können sich nur in Gebieten mit hoher Nutzungsdichte halten. Die Entleerung des Nahbereichs von Versorgungseinrichtungen wird durch computergestützte Bestell- und Lieferdienste gemildert. Viele vormals öffentliche Einrichtungen wie Parks, Gewässer, Naherholungsgebiete gehen in privaten Besitz über.

Gebäudetechnik

Aufgrund des eher moderaten Preisanstiegs der Energieträger verliert der Aspekt der Energieeffizienz im Bausektor an Bedeutung. Die Einhaltung der Energieeinsparverordnung wird nicht forciert; infolgedessen sinkt der Jahresheizenergiebedarf pro qm nur geringfügig. Der Einsatz von kostengünstigen Fertigteilen im Neubau findet breite Verwendung. Wohnungen werden zunehmend in Kombination mit einer breiten Palette von Dienstleistungen (Kinderbetreuung, Pflegedienste, Wäschereiservice, Raumpflege, Gärtnertätigkeiten, Lieferdienste, Telehäuser) angeboten

Wohnungsmarkt

Aufgrund der großen Einkommensspreizung findet eine starke Ausdifferenzierung der Nachfrage statt. Begünstigt durch die Lockerung von Bauvorschriften und die Absenkung von Qualitätsstandard existiert ein großes Angebot an Neubauwohnungen im Niedrigpreissektor. Daneben gibt es ein breites Angebot an preisgünstigen un- und teilsanierten Altbauwohnungen. Die aktive Neubautätigkeit bei gleichzeitigem Bevölkerungsrückgang führen zu einem Angebotsüberhang und hohen Leerständen.

Modernisierung

Ausgangspunkt dieses Szenarios ist die Annahme, dass es dank konstruktiver transnationaler Kooperation gelingt, die negativen Aspekte der wirtschaftlichen Globalisierung zu mildern. Die Rolle internationaler Organisationen wird gestärkt. Unter diesen Voraussetzungen gelingt es, ökologische und soziale Mindeststandards auf globaler Ebene festzulegen und die internationalen Finanzströme zu regulieren. Die engere Kooperation der EU-Staaten macht eine verstärkte Über-

tragung nationaler Entscheidungskompetenzen auf die EU erforderlich. Die Anwendung des Subsidiaritätsprinzips führt zu einem teilweisen Erstarken der kommunalen und regionalen Ebene. Der zivilgesellschaftliche Selbstorganisationsgrad nimmt zu, während sich der Staat mehr als Initiator und Moderator des gesellschaftlichen Wandels versteht. Kooperation wird zum zentralen Koordinationsmechanismus. Partizipation- und Informationsangebote an die Öffentlichkeit werden intensiviert. Neben der klassischen, rechtlich abgesicherten, Bürgerbeteiligung etablieren sich zahlreiche informelle Formen der Mitentscheidung wie Runde Tische, Politikdialoge und Mediationsverfahren. Auf betrieblicher Ebene werden einzelne Reformprojekte realisiert, die jedoch eher Pilotcharakter haben.

Wohn- und Lebensformen

Das gesellschaftliche Leben zeichnet sich durch die Vielfalt parallel existierender Lebensstile aus und ist geprägt durch gegenseitige Offenheit und Toleranz. Charakteristisch ist das weitgehend schicht-unspezifische Nebeneinander materieller und immaterieller Orientierungen. Gesundheits-, Umwelt- und Qualitätsaspekte gewinnen jedoch generell an Bedeutung. Der gesellschaftliche Wertpluralismus schlägt sich in stark differenzierten Wohnformen nieder. Der Trend zum individualisierten Wohnen setzt sich fort, während gleichzeitig eine Zunahme von gemeinschaftlichen Wohnformen zu verzeichnen ist, teilweise aus Überzeugung teilweise aus Kostengründen. Die Wohnfläche pro Kopf nimmt weiter zu, allerdings weniger drastisch als im Szenario „Dominanter Markt“. Der Wunsch nach „Wohnen im Grünen“ hält an, gleichzeitig wächst das Bedürfnis nach Zentralität, Umtriebigkeit und Vielfalt, wodurch innerstädtische Wohnviertel aufgewertet werden. Die zurückgehenden Investitionsleistungen des Staates im Bereich der Wohnfolgeeinrichtungen werden durch Privatinitiative ausgeglichen. Vielerorts arbeiten Immobilienbesitzer und Mieter gemeinsam an der Aufwertung „ihrer“ Wohngebiete, was zu einer hohen Identifikation mit dem Wohnumfeld führt.

Siedlungsstrukturelle Entwicklung

Die siedlungsstrukturelle Entwicklung lässt sich als Re-Urbanisierung bei gleichzeitiger Suburbanisierung beschreiben. Die Kommunen haben die Notwendigkeit der Kooperation zwischen Stadt und Umland erkannt und experimentieren mit unterschiedlichen Formen vertikaler Vernetzung, wobei gesellschaftliche und wirtschaftliche Akteure eine wichtige Rolle spielen. Umbau, Erneuerung Modernisierung der bestehenden Bausubstanz gewinnen infolge der neuen Wertschätzung urbanen Wohnens an Bedeutung. Weiterhin wird jedoch eine erhebliche Anzahl von Wohnung im Ein- und Zweifamilienhausbereich gebaut, wodurch die vorhandenen Freiflächen im Umland weiter reduziert werden. Die Entwicklung der Stadtregionen ist aufgrund der Vielfalt unterschiedlicher Organisations- und Koordinationsformen der Gebietskörperschaften nur noch begrenzt gezielt planbar. Städtebauliche Erweiterungen oder Ergänzungen finden überwiegend auf der Ebene der Wohnquartiere statt, wobei öffentliche und private Interessen ergänzend zusammen arbeiten. Die Transportintensität von Gütern und der Motorisierungsgrad der Bevölkerung nehmen weiter zu. In machen Gebieten verbessert sich das Stadtklima infolge gezielter Maßnahmen zu Entsiegelung und Durchgrünung.

Infrastruktur

Die Energie- und Wasserversorgung ist eher kleinräumig organisiert, während bei der Verkehrsinfrastruktur weiterhin der Aspekt der großflächigen Raumerschließung im Vordergrund steht. Es erfolgt ein partieller Ausbau dezentraler Energieversorgungssysteme unter verstärkter Nutzung regenerierbarer Energiequellen. Die rationelle Wassernutzung gewinnt an Bedeutung und bei der Vermarktung regionaler Produkte werden Fortschritte erzielt. Der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur erfolgt vornehmlich durch Erneuerung alter Trassen unter Anpassung an moderne Standards für Entwurf und Bautechnik. Der ÖPNV ist vor allem in den Städten relativ gut ausgebaut. In ländlichen Gebieten wird die ÖPNV-Bedienung aus Kostengründen von der Schiene auf die Straße verlagert. Wie im Szenario „Dominanter Markt“ findet eine Kürzung des staatlichen Angebots im Kultur-, Bildungs- und Sozialbereich statt. Viele Kultur- und Sozialeinrichtungen können nur dank privater und ehrenamtlicher Initiative überleben. Auch hier führt die Konzentration von Versorgungseinrichtungen an verkehrsgünstigen Standorten vielerorts zu einer Entleerung des Nahbereichs, was teilweise durch Liefer- und Bringdienste kompensiert wird.

Gebäudetechnik

Das Kriterium der Energie- und Ressourceneffizienz gewinnt zunehmende Bedeutung in der Technikentwicklung, auch in der Bautechnik. Wärmedämmung und innovative Heizsysteme finden weite Verbreitung im Zuge der Sanierungs- und Neubautätigkeit, was zur Folge hat, dass der Jahresheizenergiebedarf pro qm deutlich zurückgeht. Der Anteil regenerativer Energieträger bei der Raumwärmebereitstellung steigt, ebenso die Verwendung nachwachsender Rohstoffe, insbesondere von Holz als Baustoff. Aus Kostengründen werden im Neubau zunehmend Fertigteile verwendet. Viele Wohnungen werden in Kombination mit einer breiten Palette von Dienstleistungen angeboten.

Wohnungsmarkt

Neubau und Sanierungstätigkeit im Bestand sind vom Umfang her in etwa gleichwertig. Der Wohnungsmarkt bietet ein differenziertes Angebot unterschiedlicher Wohnungstypen. Die Vielfalt der Wohnungsgrundrisse entspricht der Vielfalt der Wertorientierungen. Der genossenschaftliche Gedanke wird wieder entdeckt und den jeweiligen Anforderungen experimentell angepasst.

Regionalisierung

Charakteristisches Merkmal dieses Szenario ist der Trend zur Dezentralisierung. Als politische Reaktion auf den Globalisierungsprozess erfolgt eine Rückbesinnung auf lokale und regionale Zusammenhänge. In Europa der Regionen haben kommunale und regionale Institutionen weitgehende Entscheidungs- und Handlungsbefugnisse. Das Subsidiaritätsprinzip wird konsequent umgesetzt, gleichzeitig gewinnen supranationale Organisationen politisch an Einfluss und Bedeutung. Die Bemühungen der Staatengemeinschaft, global akzeptierte ökologische und soziale Mindeststandards einzuführen, die Finanzmärkte zu stabilisieren und die internationale Devisenspekulation einzudämmen, sind erfolgreich. Unterstützt und vorangetrieben wird diese Entwicklung durch global agierende Nichtregierungsorganisationen, die ihre Position stark ausgebaut

haben. Der Sozialstaat wird zum Wohlfahrtsstaat ausgebaut. Der Anteil der privaten Sozialausgaben ist niedrig, während die staatlichen Transferzahlungen steigen. Die Öffentlichkeitsbeteiligung wird über die traditionellen Partizipationsmöglichkeiten hinaus ausgedehnt. Bürger haben nicht nur freien Zugang zu relevanten Informationen aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft, sondern sind in Entscheidungsstrukturen mit hohem Mitentscheidungsgrad eingebunden. In vielen Bereichen wird nach niederländischem und skandinavischem Vorbild eine unmittelbare Bürgerbeteiligung institutionalisiert. Auch die betrieblichen Mitbestimmungsmöglichkeiten werden erweitert.

Wohn- und Lebensformen

Unterschiedliche Wohn- und Lebensformen existieren in breiter Vielfalt nebeneinander, wobei die Gemeinschaftsorientierung zunehmend in den Vordergrund tritt. Aufgrund der negativen Erfahrungen der Individualisierung (Vereinsamung, Unverbindlichkeit von sozialen Beziehungen) ist eine Renaissance der Familie und anderer Formen gemeinsamen Zusammenlebens zu beobachten. Die Veränderung der Lebensformen schlägt sich auch in der zunehmenden Wertschätzung von Gemeinschaftseinrichtungen und der Ausweitung gemeinschaftlichen Eigentums nieder. Infolge des Bevölkerungsrückgangs, des geringen Wachstums der Einpersonenhaushalte und der Zunahme gemeinschaftlicher Wohnformen stagniert die Gesamtzahl der Haushalte; die Wohnfläche pro Einwohner stabilisiert sich etwa auf dem heutigen Niveau. Die Verkürzung der Arbeitszeiten hat insgesamt zu einer Aufwertung der Lebenswelt geführt. Vor allem in kleinräumig strukturierten Siedlungsgebieten ist eine Re-Intensivierung nachbarschaftlicher Kontakte und die Entwicklung von Nachbarschaftsnetzen zu verzeichnen. Mietern wie Eigentümern werden weitgehende Möglichkeiten der Mitbestimmung bei der Siedlungsplanung und der Ausgestaltung des Wohnumfelds eingeräumt, was zu einer hohen Identifikation mit dem Wohnquartier führt. Einer attraktiven Gestaltung des von allen nutzbaren öffentlichen Raumes wird eine hohe Priorität eingeräumt, für die die Kommunen entsprechende Investitionsmittel zur Verfügung stellen.

Siedlungsstrukturelle Entwicklung

Eine gezielte Innenentwicklung der Städte wirkt einem weiteren Flächenwachstum entgegen. Ziel ist die Einpassung bestehender neuer Nutzungen in bestehende Strukturen und die Umnutzung vorhandener Siedlungs- und Gewerbeflächen anstelle von Neuausweisung. Die räumliche Trennung der Standorte für Wohnen, Arbeiten, Freizeit und Dienstleistungen ist weitgehend aufgehoben und durch eine verstärkte Nutzungsmischung ersetzt worden. Die Stadt-Umland-Kooperation wird gezielt gefördert und durch entsprechende rechtliche Instrumente flankiert (Stärkung der Regionalplanung, Reform des kommunalen Finanzausgleichs). In der Wohnungspolitik haben Erneuerung, Modernisierung, Umbau und qualitative Ergänzung des vorhandenen Bestandes absoluten Vorrang vor dem Neubau. Die Förderung für den Eigenheimneubau wurde eingestellt und die Förderung der Wohneigentumsbildung im Bestand ausgebaut. Für die Sanierungsförderung im Bestand werden Mietobergrenzen festgelegt, um die Nachfrage auf günstige (teilsanierte) Wohnungen zu lenken. Flächenintensive Bauformen wie freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser sind infolge der Streichung von Subventionen und der Einführung neuer Steuern („Flächenverbrauchsabgabe“) unattraktiver geworden. Als Folge davon schwächt sich der Trend zur Suburbanisierung deutlich ab. Die Transportintensität von Gütern sinkt und der Motorisierungsgrad der Bevölkerung nimmt nur noch gedämpft zu. Das Stadtklima hat sich aufgrund von Entsiege-

lungs- und Durchgrünungsmaßnahmen sowie eines Rückgangs des motorisierten Individualverkehrs deutlich verbessert. Dadurch gewinnt urbanes Wohnen neue Attraktivität.

Infrastruktur

Der Infrastrukturausbau erfolgt eher kleinräumig. Auf einen weiteren Ausbau der Straßenfernverkehrsinfrastruktur wurde verzichtet, stattdessen wird der Vernetzung nahräumlicher Gebiete Priorität eingeräumt und der ÖPNV dementsprechend ausgebaut. Die dezentrale Energieversorgung wird infolge neuer rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen stark ausgebaut, wobei ein weitgehender Umstieg auf regenerierbare Energien stattfindet. Städtisches Wassermanagement (rationelle Wassernutzung, Regenwasserbewirtschaftung, Brauchwassernutzung) gewinnt an Bedeutung. Die Rahmenbedingungen regionalen Wirtschaftens, insbesondere im Agrarbereich wurden konsequent verbessert (erweiterte Formen der Direktvermarktung). An günstigen Standorten lassen sich erste Ansätze einer innerstädtischen Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln beobachten. Es existiert ein breites Angebot dezentraler Bildungs-, Kultur- und Sozialeinrichtungen. Die Subventionen für kulturelle Großeinrichtungen wurden stark eingeschränkt, stattdessen werden Vielfalt und Selbstorganisation im Kultur- und Sozialbereich gefördert. Die Ausstattung der Wohnquartiere mit wohnungsnahen Versorgungseinrichtungen ist gut.

Gebäudetechnik

Die weitgehende Durchsetzung des Niedrigenergiestandards sowohl im Neubau wie im Altbau hat eine erhebliche Verringerung des Raumwärmebedarfs pro qm zur Folge. Vorrangig werden Baumaterialien mit niedriger Energieintensität eingesetzt. Auch der Gedanke der Kreislaufwirtschaft gewinnt im Bauwesen zunehmend an Bedeutung (gezielter Rückbau, Wiederverwendung von Baustoffen- und Bauteilen, Erhöhung der Recyclingraten von Bauschutt, verstärkter Einsatz nachwachsender Rohstoffe). Gefördert wird diese Entwicklung durch die Einführung einer Steuer auf die Verwendung von Primärrohstoffen im Bausektor. Das Ziel, Ferntransporte zu reduzieren und die Favorisierung regionalen Wirtschaftens führt zur Entwicklung spezifisch regionaler Bauformen.

Wohnungsmarkt

Der Wohnungsmarkt bietet ein breites Angebot an großen Wohnungen, das dem verstärkten Trend zu gemeinschaftlichen Wohn- und Lebensformen gerecht wird. Großwohnungen für sozial schwache Familien werden über Mitzuschüsse und Wohngeld staatlich subventioniert.

Eine Vielzahl von Häusern verfügt über Gemeinschaftseinrichtungen. Genossenschaftliche Bauvorhaben erleben eine Renaissance. Es existiert ein großes Angebot an voll- und teilsanierten Wohnungen, während die Quote unsanierter Wohnungen gering ist. Infolge staatlich geförderter Abrissprogramme gibt es kaum noch Leerstände.

4. Stand der Arbeiten und Ausblick

Auf der Basis der dargestellten Ausdifferenzierung der Rahmenszenarien für das Aktivitätsfeld Wohnen und Bauen wurde die quantitative Analyse mit Hilfe des umweltökonomischen Simulationsmodells PANTHA RHEI vorbereitet. Erste Ergebnisse der Simulation sollen im Rahmen des Projekt-Meetings im April 2002 präsentiert werden. Sobald die endgültigen Ergebnisse vorliegen, wird eine Bewertung der Szenarien unter Nachhaltigkeitsaspekten anhand der oben angeführten Indikatoren und der ihnen zugeordneten Qualitäts- und Handlungsziele erfolgen.

Die noch verbleibende Laufzeit des Projektes wird der Entwicklung von Strategien und Instrumenten zur Steuerung einer nachhaltigen Entwicklung im Bereich Wohnen und Bauen gewidmet sein. Wirft man einen Blick auf die zahlreichen wissenschaftlichen Studien, politischen Programme und Förderkonzepte¹⁸ für eine nachhaltige Stadtentwicklung, so zeigt sich, dass unter den Experten weitgehender Konsens herrscht, sowohl was die negativen Trends als auch was die anzustrebenden Ziele anbetrifft. Einer Umsetzung in die Praxis stehen jedoch eine Reihe rechtlicher, planerischer, fiskalischer, ökonomischen und organisatorischer Hemmnisse entgegen, die zunächst beseitigt werden müssten. Gefordert wird eine grundlegende Reform der bisher praktizierten Bau- und Wohnungspolitik, die sowohl die Schaffung neuer als auch die Änderung bestehender sowie die Abschaffung überholter Regelungen beinhalten müsste. Der Schwerpunkt der künftigen Projektarbeit wird darin liegen, die zahlreichen schon vorliegenden Vorschläge zu sichten, zu strukturieren und auf dieser Basis alternative Handlungsoptionen zur Reform des rechtlichen und planerischen Instrumentariums zu entwickeln.

¹⁸ Im Hinblick auf die Zielvorstellungen einer nachhaltigen Bau- und Siedlungspolitik hat die Arbeitsgruppe eine ausführliche synoptische Auswertung vorliegender wissenschaftlicher Studien, politischer Programme und Förderkonzepte zum Bereich Wohnen und Bauen vorgenommen, vgl. dazu Zwischenbericht 2000, S. 91 ff.

Literatur

Bartholmai, B. (2000):

Energieeinsparung im Wohnungsbestand – Investitionen müssen verstärkt werden. In: Wochenbericht des DIW, 31/2000, S. 499-507

BBR (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (2000):

Raumordnungsbericht 2000. In: Berichte, 7

Eis, D. (1998):

Welchen Einfluss hat die Umwelt? In: Schwatz, F. W. et al. (Hrsg.): Das Public-Health-Buch. Gesundheit und Gesundheitswesen. München, Wien, Baltimore. S. 51-80

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1998):

Konzept Nachhaltigkeit, vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht. BT-Drs., 13/11200

Forschungszentrum Karlsruhe; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; GMD-Forschungszentrum Informationstechnik; Forschungszentrum Jülich; Umweltforschungszentrum Leipzig (2001):

Vorhaben „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“. Zwischenbericht 2000. Karlsruhe

Hall, P.; Pfeiffer, U. (2000):

URBAN 21, Der Expertenbericht zur Zukunft der Städte. Stuttgart München

Hinrichs, W. (1999):

Entwicklung der Wohnungsverhältnisse in Ost- und Westdeutschland in den neunziger Jahren. In: WZB FS III 99-409. Berlin

IÖR (Institut für ökologische Raumentwicklung) (Hrsg.) (2001):

Zukünftige Wohnungsnachfrage und Neubaubedarf in Ost- und Westdeutschland. In: IÖR-Texte, 133

IÖR (Institut für ökologische Raumentwicklung) (2000):

Nachhaltige Entwicklung des Wohnungsbestandes in sächsischen Groß- und Mittelstädten (NA-WO). Bulletin 3: Präsenarien: Sächsische Groß- und Mittelstädte im Jahre 2030 in einer solidaren, pluralen und utilitären Welt. Dresden, September 2000

IPS (Institut für Praxisorientierte Sozialforschung) (1994):

Einstellungen zu Fragen des Umweltschutzes. Mannheim

Kohler, N.; Hassler, U.; Paschen, H. (Hrsg.) (1999):

Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen. Studie im Auftrag der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages. Berlin, Heidelberg, New York

Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A. (2001):

Nachhaltigkeit integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln und Indikatoren. Berlin

Kühn, M.; Moss, Th. (Hrsg.) (1998):

Planungskultur und Nachhaltigkeit: Neue Steuerungs- und Planungsmodelle für eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung. Berlin

Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2000):

Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Schleswig-Holstein. Szenarien für eine mögliche Entwicklung bis zum Jahre 2020

Schäfer, M.; Schön, S. (2000):

Nachhaltigkeit als Projekt der Moderne: Skizzen und Widersprüche eines zukunftsfähigen Gesellschaftsmodells. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung: Abteilung Organisation und Technikgenese, Berlin, Anhang I: Rahmenszenarien: Deskriptoren und Projektionen ins Jahr 2010

SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1999):

Sondergutachten Umwelt und Gesundheit. Kurzfassung. <http://www.umweltrat.de/son99kf.htm>

Statistisches Bundesamt (1998):

Gesundheitsbericht 1998. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2000a):

50 Jahre Wohnen in Deutschland. Ergebnisse aus Gebäude- und Wohnungszählungen, -stichproben, Mikrozensus-Ergänzungserhebungen und Bautätigkeitsstatistiken. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2000b):

Statistisches Jahrbuch 2000. Wiesbaden

Stelzer, V.; Jörissen, J. (2001):

Wohnen und Bauen. In: Grunwald/Coenen/Nitsch/Sydow/ Wiedemann (Hrsg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Berlin, Kapitel 10, S. 210-240

Umweltbundesamt (1997):

Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland – Ausgabe 1997. Berlin

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2000):

Szenarien und Potenziale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung von Dieter Apel; Christa Böhme; Ulrike Meyer; Luise Preisler-Holl (difu). (Berichte/Umweltbundesamt 1/2000)

VI. Arbeitspaket

Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“

Maren Heincke, Christine Rösch

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Zusammenfassung

Für das Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ wurde anhand des Systems der Nachhaltigkeitsregeln zunächst eine Analyse der wesentlichsten Nachhaltigkeitsdefizite durchgeführt. Es handelte sich dabei um eine systemanalytische Betrachtung der gesamten Prozesskette - von den vorgelagerten Bereichen über die landwirtschaftliche Erzeugung, den Transport, die Verarbeitung, den Handel, den Nahrungsmittelverbrauch und die Entsorgung. Die einzelnen Regeln erwiesen sich als von sehr unterschiedlicher Relevanz für das Aktivitätsfeld.

Anschließend erfolgte eine umfassende Sammlung und Analyse vorhandener Indikatorensysteme mit Bezug zu den Themen Ernährung und Landwirtschaft. Auf der Basis dieser Sammlung wurde ein eigenständiges System an Indikatoren entwickelt. Die Indikatoren sind jeweils den Regeln zugeordnet. Es entstand eine Liste von 27 Hauptindikatoren, welche die wichtigsten Nachhaltigkeitsdefizite abbilden sollen. Zusätzlich wurde eine umfangreiche Liste mit Unterindikatoren erstellt, die als Instrument für vertiefere Analysen zur Verfügung steht.

Die drei verschiedenen Rahmenszenarien des Gesamtprojektes – „Dominanter Markt“, „Modernisierung“, „Regionalisierung und Gemeinwohlorientierung“ – wurden auf das Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ übertragen. Es erfolgten erste qualitative und quantitative Beschreibungen der aktivitätsfelderspezifischen Szenarien. Insbesondere wurden die unterschiedlichen zukünftigen Bedeutungen neuer Technologien innerhalb dieser verschiedenen Szenarien des Aktivitätsfeldes abgeschätzt.

1. Einleitung: Erfahrungen mit der Anwendung des Systems der Nachhaltigkeitsregeln für die Problemanalyse und die Indikatorenauswahl im Aktivitätsfeld Ernährung und Landwirtschaft

Bei der Anwendung des normativen Regelsystems für die Problemanalyse wurden sowohl Vorteile als auch Schwierigkeiten deutlich. Ein Vorteil des Regelsystems bestand darin, dass es ein Instrument zur Systematisierung darstellt, das über die klassische Analyse anhand der Nachhaltigkeitsdimensionen hinausgeht. Beim Durchgehen aller Regeln wurden Nachhaltigkeitsdefizite im AF E & L unter sehr verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet.

Die einzelnen Regeln erwiesen sich als von sehr unterschiedlicher Relevanz für das AF E & L. Ein bloßes vollständiges „Abarbeiten“ aller Regeln hätte bedeutet, „Nachhaltigkeitsdefizite“ künstlich zu konstruieren. Beispielsweise wäre bei Anwendung der Regel zur Begrenzung der Staatsverschuldung ein Zusammenhang mit den deutschen Agrarsubventionen zwar herstellbar, dies wäre jedoch nicht problemadäquat. Die Entscheidung, eine Regel nach Überprüfung auf ihre Relevanz für das AF E & L nicht anzuwenden, stellte einen wichtigen Bewertungsschritt dar. Dieser Bewertungsschritt wurde transparent gemacht.

Die im wesentlichen nationale Betrachtungsebene der Untersuchung zum AF E & L erzeugte unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Problemanalyse und der Indikatorenauswahl. Zum einen haben die Nachhaltigkeitsdefizite der Landwirtschaft innerhalb Deutschlands einen regional sehr unterschiedlichen Ausprägungsgrad (Bsp. Nitratbelastungen des Grundwassers). Indikatoren für

die nationale Ebene können diese regionalen Unterschiede nur sehr begrenzt abbilden. Zum anderen wird die deutsche Landwirtschaft vor allem durch die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union bestimmt. Insbesondere bei der Erarbeitung von Nachhaltigkeitsstrategien ist deshalb eine rein nationale Betrachtung nicht zielführend. Die Einbeziehung der globalen Perspektive im AF E & L konzentrierte sich darauf, die Auswirkungen des deutschen Ernährungsstils und der deutschen bzw. europäischen Agrar-, Wirtschafts- und Entwicklungspolitik auf die Landwirtschaft der Entwicklungsländer aufzuzeigen.

Zum Teil konnten Nachhaltigkeitsdefizite des AF E & L den Regeln nicht in vollkommen konsistenter Weise zugeordnet werden. Zum Beispiel wurden in den substanziellen Nachhaltigkeitsregeln bewusst nur Mindeststandards formuliert. In Bezug auf einige dieser Regeln werden in Deutschland im AF E & L zwar die Mindestbedingungen erfüllt, es bestehen jedoch darüber hinausgehende Nachhaltigkeitsdefizite. Beispielsweise verursachen heute nicht mehr der Nahrungsmangel sondern die weitverbreitete Fehlernährung massive Gesundheitsschäden und –kosten. Auch ließen sich ethisch begründete Forderungen nach einer artgerechteren Haltung der Nutztiere den Nachhaltigkeitsregeln nicht stringent zuordnen, da letztere aus einer (aufgeklärt) anthropozentrischen Perspektive heraus entwickelt wurden. Weiterhin bestanden Schwierigkeiten, die Unternehmenskonzentrationsprozesse im Saatgutmarkt, der agrochemischen Industrie sowie im Lebensmitteleinzelhandel den Nachhaltigkeitsregeln konsistent zuzuordnen, da sich die Regeln nicht direkt auf marktwirtschaftliche Mechanismen beziehen.

2. Zusammenfassung: Problemanalyse im AF E & L anhand der Nachhaltigkeitsregeln

Regel: Schutz der menschlichen Gesundheit

Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogen bedingte Umweltbelastungen sind zu vermeiden.

Die **Schadstoffbelastung der Lebensmittel** in Deutschland hat sich während der letzten Jahrzehnte verringert und ist insgesamt gering. Im Rahmen des staatlichen Lebensmittel-Monitorings werden ganz überwiegend keine oder nur geringe Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und organischen Schadstoffen in Lebensmitteln ermittelt. Nur in Fisch und anderen Meerestieren werden die Umweltkontaminanten PCB, HCB, HCH-Isomere und DDT-Metaboliten häufig nachgewiesen (UBA 2002). Allerdings könnten neue Lebensmittelbelastungen auftreten. Zum Beispiel wird seit den 90er Jahren eine Anreicherung von polycyclischen Moschusverbindungen in Frauenmilch und tierischen Lebensmitteln nachgewiesen. Eine evtl. chronische Toxizität dieses Duftstoffes, der in Kosmetika sowie Wasch- und Reinigungsmitteln in sehr großen Mengen eingesetzt wird, ist noch nicht genügend untersucht (DGE 2000).

Die **Schadstoffbelastungen der landwirtschaftlichen Böden** durch Lufteinträge aus Industrie und Verkehr sind in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen. Aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes und zum Erhalt der Multifunktionalität der Böden planen UBA und BMU eine Verschärfung der zulässigen Schadstofffrachten bzw. –gehalte von Klärschlammen, GülLEN, mineralischen Düngern und Komposten. Langfristig kann die Applikation dieser Düngemittel

sonst zur Aufkonzentrationen von Schadstoffen (Schwermetalle, persistente organische Schadstoffe) in landwirtschaftlichen Böden führen. Außerdem sollen bei Klärschlammen erhöhte Anforderungen an die Hygiene gestellt werden (UBA 2001). Mit der Gülle erfolgen Bodeneinträge von Tierarzneimitteln (vor allem Antibiotika) sowie Wasch- und Desinfektionsmitteln, in Klärschlammen können sich Humanarzneimittelrückstände und hormonartige Stoffe befinden. Die ökotoxikologischen und evtl. humantoxikologischen Auswirkungen dieser Bodeneinträge sind noch wenig erforscht. Bei der Applikation der Sekundärrohstoffe als Düngemittel bestehen teilweise Zielkonflikte zwischen vorsorgendem Bodenschutz und Recyclingaspekten.

Das deutsche **Trinkwasser** erfüllt höchste Qualitätsansprüche. Es wird in Deutschland zu ca. 70 % aus Grundwasser gewonnen. Der Vorsorgegedanke steht beim Grundwasserschutz im Vordergrund. Grundwasserbelastungen aus der Landwirtschaft können durch Einträge von **Pflanzenschutzmitteln** (PSM) oder **Nitrat** entstehen. In etwa 20 % der Grundwasserproben werden Pflanzenschutzmittelspuren nachgewiesen, in etwa 10 % der Proben wird der Grenzwert von $> 0,1 \mu\text{g PSM/L}$ überschritten (LAWA 1997). Beim Grenzwert für PSM handelt es sich um einen Vorsorgewert, der nicht toxikologisch begründet ist. Die PSM-Belastungen des Grundwassers beruhen heute zumeist auf Alteinträgen aus der Landwirtschaft. In Deutschland überschreiten ca. 25 % der Trinkwasserproben den EU-Richtwert von 25 mg Nitrat (NO_3^-) pro Liter (LAWA 1995). Aufgrund von Grundwasserkontaminationen wurden in vielen Regionen Deutschlands Trinkwasserbrunnen geschlossen, Grundwasser verschnitten oder die Förderung in tiefere Grundwasserstockwerke verlagert, was dort zum Durchbruch von Schadstoffen in tiefere Schichten führte. Sowohl bei den PSM- als auch bei den Nitrat-Einträgen werden in Zukunft aufgrund von sehr langen Passagezeiten im Boden steigende Belastungen des Grundwassers erwartet. Umweltschutzmaßnahmen spiegeln sich oft erst nach Jahrzehnten in niedrigeren Schadstoffkonzentrationen in Grundwasser wieder.

Regel: Gewährleistung der Grundversorgung

Für alle Mitglieder der Gesellschaft muss ein Mindestmaß an Grundversorgung (Wohnung, Ernährung, Kleidung, Gesundheit) sowie die Absicherung gegen zentrale Lebensrisiken (Krankheit, Invalidität) gewährleistet sein.

Der Anteil der Nahrung an den Ausgaben für den privaten Verbrauch ist in Deutschland mit durchschnittlich 10 % auch im internationalen Vergleich sehr niedrig. Noch in den siebziger Jahren betrug der mittlere Anteil am privaten Verbrauch für Ernährung etwa 25 % (BMVEL 2002). Preiswerte Lebensmittel sind für die einkommensschwachen Schichten aber nach wie vor wichtig. Sie geben z.T. 20 % ihres Einkommens für Nahrungsmittel aus. Aufgrund des Anstiegs der Zahl der **Sozialhilfeempfänger** wurden in den letzten Jahren vielerorts sogenannte „Tafeln“ gegründet. Dort erhalten täglich mehrere Zehntausend Personen eine preiswerte Mahlzeit oder verbilligte Lebensmittel. Der Sozialhilferegelsatz für Ernährungszwecke von 7-9 DM/Tag für Erwachsene ist für eine vollwertige Ernährung zwar ausreichend aber knapp bemessen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass deutlich weniger als 50 % des Regelsatzes tatsächlich für die Ernährung verwendet wird. **Kinder aus unterprivilegierten Schichten** werden oft qualitativ schlechter ernährt (wenig Obst, Gemüse, Vollkornprodukte) und sind öfter übergewichtig als Kinder aus Akademikerfamilien (Baden-Württemberg 2000).

In einigen ländlichen Regionen Deutschlands hat sich die **Nahversorgung mit Lebensmitteln** aufgrund der vielen Schließungen von kleinen Lebensmittelgeschäften stark verschlechtert. Dies ist insbesondere für ältere und immobile Personen problematisch, da sie nun vollständig auf Bringdienste oder mobile Läden angewiesen sind.

Regel: Selbstständige Existenzsicherung

Für alle Gesellschaftsmitglieder ist die Möglichkeit einer Existenzsicherung (einschließlich Kindererziehung und Altersversorgung) durch frei übernommene Tätigkeit zu gewährleisten.

Der Lebensmittelsektor in Deutschland (vorgelagerte Bereiche, Landwirtschaft, Ernährungshandwerk bzw. -industrie, Handel) beschäftigt rd. 11,3 % aller Erwerbstätigen und hat einen Anteil von 6,1 % an der Bruttowertschöpfung. Er ist durch einen starken Strukturwandel sowie Verdrängungswettbewerb und zunehmende Konzentrations- und Globalisierungstrends geprägt. Dies führte während der letzten Jahrzehnte zu einem starken Abbau von Arbeitsplätzen und Betriebsaufgaben.

In den alten Bundesländern hat sich die Anzahl **landwirtschaftlicher Betriebe** seit 1971 mehr als halbiert. Die Wachstumsschwelle hat sich von 40 ha in 1990 auf heute 50 ha erhöht. Subventionen (EU, Bund, Länder) haben einen Anteil von ca. 40 % an der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung (BMVEL 2002). Trotz hoher Transferzahlungen besteht für viele landwirtschaftliche Betriebe die Einkommensdisparität fort. Etwa 70 % der landwirtschaftlichen Haupteinwerbetriebe erreichen nicht einen Vergleichsgewinn entsprechend dem gewerblichen Vergleichslohn (BMVEL 2002). Zwischen den landwirtschaftlichen Betriebsformen bestehen sowohl in Bezug auf Einkommens- wie auch Entwicklungsmöglichkeiten sehr große Unterschiede. Der Abbau der Arbeitsplätze ist u.a. auf einen fortlaufenden Strukturwandel (Spezialisierung, Rationalisierung, Automatisierung) zurückzuführen. Zusätzlich spielen Faktoren wie Überalterung der Landwirte, hohe Anteile an Nebenerwerbsbetrieben, sehr kleine Betriebsstrukturen etc. eine Rolle. In den kommenden Jahren ist aufgrund der EU-Osterweiterung, den laufenden WTO-Verhandlungen über die europäischen Agrarsubventionen und das Auslaufen der Agenda 2000 im Jahr 2006 mit erheblichen Veränderungen der gegenwärtigen gemeinsamen europäischen Agrarpolitik zu rechnen. Dies wird einen wichtigen Einfluss auf die zukünftige Existenzsicherung der deutschen Landwirte haben.

Das **Ernährungsgewerbe** ist durch einen überdurchschnittlich großen Anteil an klein- und mittelständischen Betrieben geprägt. Etwa 76 % der Beschäftigten sind in Betrieben mit weniger als 500 Mitarbeitern angestellt (Reiß 2000). Viele kleine und mittlere selbständige Unternehmen im Ernährungsgewerbe (Mühlen, Zucker-/Stärkefabriken, Molkereien, Schlachtereien, Bäckereien) mussten aufgrund von Überkapazitäten im Gesamtsektor, hartem Preiskampf, fehlenden finanziellen und personellen Ressourcen und unzureichenden Forschungs- und Entwicklungskompetenzen für neue Produkte schließen. Der Strukturwandel setzt sich fort. Fusionen kleinerer Unternehmen im Ernährungsgewerbe, die Umwandlung selbständiger Unternehmen in Zulieferer von Eigenmarken des Lebensmitteleinzelhandels und ein Zuwachs der Marktanteile von multinationalen Lebensmittelherstellern werden erwartet.

Im **Lebensmitteleinzelhandel** gaben sehr viele kleinere Unternehmen aufgrund der Einführung der Selbstbedienung, des harten Verdrängungswettbewerbs und sehr geringer Gewinnmargen auf. Heute haben die fünf größten Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels in Deutschland einen Umsatzanteil von 62 %, für 2010 wird ihnen ein Marktanteil von 80 % prognostiziert (M + M 2001). Der Lebensmitteleinzelhandel diktiert bereits heute den Lebensmittelherstellern und Landwirten die Preise und geforderten Produkteigenschaften.

Im Ernährungssektor gibt es eine Vielzahl an **Teilzeit-Arbeitsplätzen sowie saisonalen und prekären Beschäftigungsverhältnissen**, die zum Billiglohnssektor zählen. Die mithelfenden – zumeist weiblichen – Familienangehörigen und die ausländischen Saisonarbeitskräfte in der Landwirtschaft und im Gastgewerbe können sich keine eigenständigen tragfähigen Berufsperspektiven aufbauen. Im Tarifbereich der Gewerkschaft Nahrung-Genuss-Gaststätten gibt es noch keine gesetzlichen **Mindestlöhne**.

Regel: Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten

Die Nutzung der Umwelt ist nach Prinzipien der Gerechtigkeit unter fairer Beteiligung aller Betroffenen zu verteilen.

Der deutsche Ernährungsstil ist aufgrund des damit verbundenen sehr hohen Ressourcenverbrauchs nicht weltweit übertragbar. Insbesondere der sehr hohe **Fleischverzehr** von ca. 63 kg Kopf/Jahr ist mit sehr hohem Energieaufwand, geringer Energieeffizienz und hohen CO₂-, N₂O- und CH₄- Emissionen verbunden. Etwa 60 % der deutschen Getreideernte wird verfüttert. Globale Ernährungssicherheit ist bei weiterem Bevölkerungswachstum nur durch eine weltweit überwiegend pflanzliche Ernährung erreichbar. Der westliche Ernährungsstil ist jedoch für viele Schwellenländer ein Vorbild. Dort steigt mit größerer Kaufkraft die Nachfrage nach tierischen Produkten drastisch.

Deutschland ist weltweit zweitgrößter Importeur (1998: 72,8 Mrd. DM) und viertgrößter Exporteur (1998: 43,8 Mrd. DM) im internationalen Agrarhandel. Der deutsche Konsum landwirtschaftlicher Produkte ist mit einer zusätzlichen **Netto-Flächenbeanspruchung im Ausland**, die ca. 30 % der deutschen Landwirtschaftsfläche entspricht, verbunden (Wuppertal-Institut 1996). Der Agrarhandel bewirkt sehr hohe **Nährstoffimporte** (N, P, K) nach Deutschland (Bräutigam et al. 1996). Die Nahrungs- und Futtermitteltransporte insbesondere aus Übersee verursachen einen hohen **Verbrauch an fossilen Energieträgern**.

Etwa ein Viertel der deutschen **Agrarimporte** stammt **aus Entwicklungsländern**. Oft exportieren diese Länder Nahrungs- und Futtermittel, obwohl die Nahrungsgrundversorgung der eigenen Bevölkerung noch nicht gedeckt ist, da sie auf Devisen angewiesen sind. Häufig befinden sich die produktivsten Böden im Besitz der einheimischen Elite oder von multinationalen Konzernen und werden durch umweltbelastende Methoden beim Anbau von Exportprodukten langfristig zerstört. Etwa 7 % der in Deutschland verwendeten Futtermittel stammen aus Entwicklungsländern (Körber 2002).

Hauptverursacher des **Klimawandels** und der Erderwärmung sind die Industrienationen. Viele Prognosen verweisen darauf, dass sich bei einer Klimaerwärmung die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen in Mittel- und Nordeuropa vermutlich kaum verschlechtern sondern sogar eher verbessern würden. Im Gegensatz dazu wird prognostiziert, dass gerade in den Entwicklungsländern, die im wesentlichen geringeren Ausmaß zur Klimaveränderung beitragen, die Ernährungssicherheit durch Folgen der Klimaveränderung bedroht werden wird. Für viele Entwicklungsländer wird eine Veränderung der Niederschlagsverteilung vorausgesagt. Dadurch soll die Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen (Stürme, Dürren, Überschwemmungen, Anstieg des Meeresspiegels) sowie von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten in diesen Ländern stark steigen (Fischer et al. 2001).

Durch Bestrebungen der modernen Gen- und Biotechnologie, **Patente auf bestimmte Pflanzenteile** und Pflanzenarten zu erhalten, werden jahrhundertelange indigene und kollektive Eigentumsrechte an genetischen Ressourcen in den Entwicklungsländern bedroht. Das Nachzuchtverbot für gentechnisch veränderte Kulturpflanzen bedroht die Existenz von Kleinbauern mit geringer Kapitalausstattung. Die Zulassung von Patenten auf Pflanzen und Saatgut könnte zur **Monopolbildung** von transnationalen Unternehmen führen, die dann den globalen Zugang zu bestimmten Nahrungs- und Produktionsmitteln kontrollieren könnten. Bereits jetzt haben die weltweit fünf größten Saatgutproduzenten einen Weltmarktanteil von 23 % des konventionellen Saatgutes und von nahezu 100 % des transgenen Saatgutes (Reiß 2000).

Regel: Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Die Nutzungsrate sich erneuernder Ressourcen darf deren Regenerationsrate nicht überschreiten sowie die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des jeweiligen Ökosystems nicht gefährden.

Boden ist nur unter sehr langen Betrachtungszeiträumen als erneuerbare Ressource anzusehen, da die Bodenneubildung und Regeneration der Bodenfunktionen äußerst langsam verlaufen. Die Landwirtschaft nutzt 54 % der Gesamtfläche Deutschlands. Der Umfang landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) ist im früheren Bundesgebiet von 12,25 Mio. ha (1980) auf 11,85 Mio. ha (1994) aufgrund von Sozialbrache und des starken Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen zurückgegangen (täglicher Bodenverbrauch 130 ha). Häufig sind aufgrund der traditionellen Siedlungslagen landwirtschaftlich sehr wertvolle Böden mit hoher natürlicher Produktivität überproportional stark vom **Flächenverbrauch** betroffen (Sachs et al. 2000). Um Selbstversorgung und Ernährungssicherheit in Deutschland langfristig zu gewährleisten, wäre der **besondere Schutz landwirtschaftlich wertvoller Böden** notwendig. Die **Landschaftszerschneidung** engt die Entwicklungsmöglichkeiten landwirtschaftlicher Betriebe zusätzlich ein. In Deutschland wird von Überschreitungen des tolerierbaren Bodenabtrags auf 20-40 % der Ackerflächen ausgegangen. Hauptursache ist die **Wassererosion**. Off-site Schäden entstehen in Gewässern und tragen zu Überschwemmungen und Eutrophierung bei. Erosionsfördernd sind die maschinengerechte Vergrößerung der Schläge, die Umwandlung von Grünland in Ackerland, die Zunahme der Kulturarten mit später Bodenbedeckung und die Intensivierung der Bodenbearbeitung (SRU 1985, S. 208). **Bodenverdichtungen** können durch den Einsatz schwerer Maschinen oder durch die Wahl des falschen Bearbeitungszeitpunktes verursacht werden. Sie führen zu langfristigen Schädigungen.

gen der Bodenfunktionen und der Durchwurzelungsfähigkeit. Durch die Ausdehnung des integrierten Pflanzenschutzes und bessere Abbaubarkeit der Wirkstoffe haben sich die Bodenbelastungen durch **synthetische Pflanzenschutzmittel** (Herbizide, Insektizide, Fungizide) verringert. Die ausgebrachte Wirkstoffmenge reduzierte sich von 3,1 kg/ha (1988) auf 1,8 kg/ha (1999) (DBV 2000). Allerdings sind die wissenschaftlichen Kenntnisse über die Auswirkungen der Pflanzenschutzmittel auf das Bodenleben noch sehr unzureichend.

Die landwirtschaftlichen Böden weisen trotz eines starken Rückgangs des Phosphat- und Stickstoffdüngereinsatzes immer noch sehr hohe **Nährstoffbilanzüberschüsse** von im Schnitt 111 kg N/ha, 11 kg P/ha und 29 kg K/ha im Jahr 1995 auf (Bach und Frede 1998). Sehr hohe Nährstoffüberschüsse werden u.a. durch die Entkopplung von Ackerbau und Nutztierhaltung auf Betriebsebene verursacht und sind vor allem in Regionen mit intensiver Tierhaltung verbreitet. Die Landwirtschaft ist Hauptverursacher der **Nährstoffbelastungen der Oberflächengewässer** (67 % der N-Einträge). Die diffusen landwirtschaftlichen Gewässerbelastungen betragen ca. 400.000 t N/a und 27.000 t P/a. Die landwirtschaftlichen Nährstofffrachten aus Deutschland in die Nordsee (200.000 t N/a, 9.000 t P/a) und in die Ostsee (21.000 t N/a, 580 t P/a) tragen zur Eutrophierung und Zerstörung der sensiblen Meeresökosysteme bei (UBA 2002). Das deutsche Reduktionsziel, die N-Einträge in Nord- und Ostsee bis Ende der 90er Jahre gegenüber Ende der 80er Jahre zu halbieren, wurde nicht erreicht. **Abdrift oder Einträge von Pflanzenschutzmitteln (PSM)** in Oberflächengewässer sind hauptsächlich auf den nicht fachgemäßen Umgang mit PSM zurückzuführen. In Oberflächengewässern können durch PSM Schäden an aquatischen Organismen auftreten. Die Landwirtschaft trägt durch Ammoniakemissionen zur **Versauerung und Eutrophierung von Oberflächengewässern** bei. An den organischen Abwasserbelastungen aus der deutschen industriellen Produktion hatte die Ernährungsindustrie 1997 einen Anteil von 31 %. Vor allem in den Bereichen Schlachtung, Fleischverarbeitung, Brauereien, Molkereien und Kartoffelstärkeindustrie fallen Abwässer mit hohen organischen Frachten (Fett, Partikel) und Löse-, Reinigungs- und Desinfektionsmitteln an (World Bank 2000).

Die hohe **Biodiversität** Mitteleuropas entstand hauptsächlich durch die jahrhundertlangen landwirtschaftlichen Aktivitäten. Offene Landschaften sind wichtige Habitate für viele wildlebende Pflanzen- und Tierarten. Andererseits hat sich die Landwirtschaft während der letzten Jahrzehnte zu einer der Hauptverursacher des Artenschwundes in Deutschland entwickelt. Etwa 40 % der **wildlebenden Tier- und Pflanzenarten** sind gefährdet bzw. ausgestorben. Die Habitat- und Artenverluste wurden vor allem durch die zunehmende Intensivierung, Spezialisierung sowie durch Flurbereinigungsmaßnahmen verursacht (Anbau weniger Hauptkulturarten, Beseitigung von Landschaftsstrukturelementen, Trockenlegung von Feuchtgebieten, etc.). Aber auch die Aufgabe extensiver Landbewirtschaftungsformen aufgrund mangelnder Rentabilität führte zu Verlusten von ökologisch wertvollen Kulturlandschaftsflächen (z. B. Streuobstwiesen, Magerwiesen). Die drastische Verringerung der **Arten-, Rassen- und Sortenvielfalt** bei Nutzpflanzen und Nutztieren setzt sich fort. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts sollen etwa 75 % der genetischen Diversität im Bereich landwirtschaftlicher Nutzpflanzen verloren gegangen sein. In Deutschland sind etwa 90 % der heimischen Kulturpflanzen ex-situ in Genbanken erhalten. Weiterhin treten jedoch z.B. bei den lokalen Gemüsesorten Verluste auf. Die Bestände der Nutztiere beruhen auf nur wenigen Rassen. Zum Beispiel werden 96 % des Rinderbestandes von vier Rassen gestellt. Die Rote Liste

der bedrohten Nutztierassen umfasst 12 Rinderrassen, 10 Schafrassen, 3 Schweinerassen, 11 Pferderassen und 15 Hühnerrassen (GEH 2002). Lokale, weniger leistungsfähige Sorten und Rassen werden in den monopolartigen Strukturen des Saatgutmarktes und der Tierzucht nicht erhalten. Durch neue Züchtungsmethoden wie der Gentechnik wird dieses Problem verschärft. Die hohe genetische Ähnlichkeit moderner Sorten und Rassen birgt wirtschaftliche und ökologische Risiken in sich, z.B. durch Resistenzbildungen.

Regel: Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen

Die Reichweite der nachgewiesenen nicht erneuerbaren Ressourcen ist über die Zeit zu erhalten.

Der Anteil des gesamten Bedürfnisfeldes Ernährung am **Primärenergieverbrauch** und der Materialintensität wird auf rd. 20 % geschätzt (Wuppertal-Institut 1996). Die größten Anteile am direkten Primärenergieverbrauch der Landwirtschaft haben Heizöl, Kraftstoffe und Strom. Zusätzlich entsteht ein hoher Energieverbrauch bei der Bereitstellung der landwirtschaftlichen Vorleistungsprodukte. Zum Beispiel ist die Herstellung von Stickstoffdüngern sehr energieintensiv (Enquete-Kommission 1994). Die Produktion tierischer Nahrungsmittel ist wesentlich energieintensiver als die pflanzliche Erzeugung. Der Energiebedarf zur Nahrungsmittelverarbeitung hängt stark von der Branche, der Betriebsausstattung und der Prozesstechnik ab. Energie- und emissionsintensiv sind Erhitzungs- und Trocknungsprozesse, die Zucker-, Öl- und Fettherstellung, die Produktion von Konservenprodukten und tiefgekühlten Fertiggerichten sowie die Produktion in beheizten Gewächshäusern. Durch die Spezialisierung und Arbeitsteilung in der Ernährungsindustrie ist das Transportaufkommen für die Rohstoffbeschaffung und die Verteilung der Zwischen- und Endprodukte in den letzten Jahrzehnten stark gestiegen. Zwischen 1970 und 1991 erhöhte sich das Güteraufkommen in der Nahrungsmittelproduktion und -distribution von rd. 97 Mio. t auf rd. 158 Mio. t. Parallel dazu fand eine Verlagerung der Transporte von der Eisenbahn und Binnenschifffahrt auf die Straße statt (UBA 1997a). Besonders energieaufwendig ist der steigende Lebensmitteltransport mit dem Flugzeug. Die Pkw-Nutzung zum Nahrungsmittelleinkauf beträgt durchschnittlich 370 km pro Jahr und Haushalt (Taylor 2000). Der direkte Energieverbrauch im Haushalt entfällt hauptsächlich auf das Kühlen und Gefrieren von Nahrungsmitteln.

Phosphat ist ein essentieller Pflanzennährstoff und eine nicht-erneuerbare Ressource mit begrenzter Reichweite. Die Reichweite der weltweiten Phosphatreserven wird sehr unterschiedlich eingeschätzt (US Geological Survey 1998: rd. 80 Jahre). Die Gewinnung von Phosphat ist äußerst energieaufwendig und erzeugt große Abraumhalden. Mit technischen und biologischen Verfahren könnte eine Rückgewinnung von schadstoffarmen Phosphat aus Klärschlämmen und Abwasser für die Düngemittelindustrie erfolgen. Dies wird bisher jedoch aus Kostengründen nicht praktiziert.

Im Ernährungssektor variiert das Aufkommen an **Verpackungs- und Bioabfällen** produktions- und produktbedingt stark. Der Verbrauch von Verkaufsverpackungen in privaten Haushalten und Kleingewerbe beträgt ca. 82 kg pro Einwohner und Jahr (UBA 1997b). Das effektive Bioabfallaufkommen lag 1997 bundesweit im Mittel bei 50 kg pro Einwohner und Jahr (Alwast und Schäffer 2000). Die Recyclingrate dieser Abfälle variiert sehr stark.

Regel: Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke

Die Freisetzung von Stoffen darf die Aufnahmefähigkeit der Umweltmedien und Ökosysteme nicht überschreiten.

Insgesamt entfallen ca. 20 % der deutschen anthropogenen **Treibhausgasemissionen** auf den Nahrungs- und Genussmittelkonsum (Wuppertal-Institut 1996). Ausgedrückt als CO₂-Äquivalente entstehen 44,2 % dieser Emissionen in der Tierhaltung, 7,7 % im Pflanzenbau, 5,7 % bei der Lebensmittelverarbeitung, 13,5 % im Handel und 28,9 % bei den Verbraucheraktivitäten (Enquete-Kommission 1994).

Die Landwirtschaft trägt rd. 5,8 % (ohne energiebedingte Emissionen) zu den gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen in Deutschland bei (AK Land- und Forstwirtschaft 2000). Aus der Landwirtschaft emittierte direkt klimawirksame Gase sind Kohlendioxid (CO₂), Distickstoffoxid (N₂O) und Methan (CH₄). Indirekt klimawirksam werden die Emissionen von Ammoniak (NH₃). Am Abbau der stratosphärischen Ozonschicht sind N₂O und CH₄ außerdem beteiligt. In der Landwirtschaft werden die **CO₂-Emissionen** hauptsächlich durch den Verbrauch fossiler Energieträger bei der Herstellung von Mineraldüngern, durch Treibstoffe und durch den Import von Futtermitteln verursacht. Der Anteil der Landwirtschaft an den energiebedingten deutschen CO₂-Emissionen wird auf etwa 3 % geschätzt (AK Land- und Forstwirtschaft 2000). Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von 52,2 % der größte N₂O-Emittent in Deutschland (AK Land- und Forstwirtschaft 2000). Die **N₂O-Emissionen** sind vor allem auf ein ineffizientes Stickstoffmanagement zurückzuführen. NH₃-Emissionen tragen durch ihre Eutrophierungswirkung bei Böden und Gewässern zu indirekten N₂O-Emissionen bei. Die deutschen **CH₄-Emissionen** werden zu rd. 45 % der Landwirtschaft zugeordnet (AK Land- und Forstwirtschaft 2000). Die CH₄-Emissionen entstehen hauptsächlich aus den Verdauungsaktivitäten der Wiederkäuer (Rinder) und der Güllelagerung. Die Höhe der CH₄-Emissionen sowie der NH₃-Emissionen aus Tierhaltung und Wirtschaftsdüngern hängt von der Art der Stallhaltungssysteme, der Wirtschaftsdünger-Kette, dem Weidegang sowie vom Energie- und Eiweißgehalt des Futters ab. Weitere 37 % der deutschen CH₄-Emissionen stammen aus der Abfallwirtschaft durch die anaerobe Umsetzung von biogenen Abfällen (AK Land- und Forstwirtschaft 2000).

Die NH₃-Emissionen betragen in Deutschland 624.000 t/a. Sie stammen zu 95 % aus der Landwirtschaft, insbesondere aus der Rinderhaltung (AK Land- und Forstwirtschaft 2000). Hohe NH₃-Emissionen treten vor allem lokal in Regionen mit hohen Viehbesatzdichten auf. Die Landwirtschaft trägt über die NH₃-Emissionen zu 20 % zur **Versauerung** und zu 40 % zur **Eutrophierung** in Deutschland bei (UBA 2002). Nährstofflimitierte, naturnahe Lebensräume für Tiere und Pflanzen werden so gefährdet.

Regel: Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken

Technische Risiken mit möglicherweise katastrophalen Auswirkungen für Mensch und Umwelt sind zu vermeiden.

Gegenwärtig ist noch keine abschließende wissenschaftliche Beurteilung der ökologischen und gesundheitlichen Potentiale und Risiken eines weitergehenden Einsatzes der grünen Gentechnik

möglich. Die Risikoeinschätzungen gehen auch in Expertenkreisen sehr weit auseinander. In Europa werden bisher gentechnisch veränderte Pflanzen fast überhaupt nicht für kommerzielle Zwecke angebaut (EEA 2001). Die Freisetzung und das Inverkehrbringen **gentechnisch veränderter Organismen** unterliegen in Deutschland einer Genehmigungspflicht. Bisher wurden an über 400 Standorten gentechnisch veränderte Pflanzen für Forschungs- und Züchtungszwecke freigesetzt (UBA 2000). Gesetzlich ist – da die Risikovorsorge im Vordergrund steht – ein fallspezifisches Monitoring zu den Umweltwirkungen der gentechnisch veränderten Pflanzen verankert. Über ihre Auswirkungen auf Ökosysteme gibt es bisher noch keine verlässlichen Daten, da dafür Langzeituntersuchungen notwendig sind (UBA 2000). Potentielle Risiken bestehen im Gentransfer zu Wildpflanzen oder Wildtieren, Entwicklung der gentechnisch veränderten Organismen zu resistenten Schädlingen oder Unkräutern, Verbreitung von Antibiotikaresistenzen etc.. Bezogen auf den Menschen besteht das Risiko neuer allergener Inhaltsstoffe in der Nahrung (EEA 2001). In der Lebensmittelverarbeitung werden bereits weit verbreitet gentechnisch veränderte Mikroorganismen zur Produktion von Enzymen eingesetzt.

Regel: Entwicklung von Sach-, Human- und Wissenskapital

Das Sach-, Human- und Wissenskapital ist so zu entwickeln, dass die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit erhalten bzw. verbessert werden kann.

Die landwirtschaftlichen Haupterwerbsbetriebe weisen im Durchschnitt positive Nettoinvestitionen auf. Aufgrund des Strukturwandels waren in den vergangenen Jahren die Bruttoanlageinvestitionen in der Landwirtschaft insgesamt jedoch in einer Größenordnung von 2-3 Mrd. DM niedriger als die Abschreibungen (BMVEL 2002). Viele kleine Haupterwerbsbetriebe sowie Nebenerwerbsbetriebe zehren vom Betriebsvermögen. Insbesondere bei den Bauinvestitionen erfolgen die notwendigen Erhaltungsinvestitionen nicht im ausreichenden Maße.

Der Ausbildungsstand in der Landwirtschaft hat sich insgesamt sehr erhöht. Die schwindende Bedeutung vor allem des Landwirtschafts- aber auch des Ernährungssektors spiegelt sich jedoch in den **sinkenden Zahlen an Auszubildenden und Studenten** wieder. Es besteht ein Überhang an land- und hauswirtschaftlichen Ausbildungsplätzen, so dass viele Berufsschulen geschlossen wurden. Insgesamt sind die staatlichen **Forschungs- und Entwicklungsausgaben** im Bereich Landwirtschaft und Ernährung in den letzten Jahren rückläufig. Die FuE-Ausgaben des Bundes in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei sanken von 256 Millionen DM im Jahr 1996 auf 238 Millionen DM im Jahr 2000 (BMBF 2000).

Es findet eine **Wissenserosion** entlang der gesamten Ernährungskette statt. Oft werden jahrhundertes altes Wissen und Praktiken der Landwirtschaft und des Ernährungsgewerbes nur noch in Museen dokumentiert. Bei den Verbrauchern wird ein großer Wissensverlust über die Herkunft und Herstellung von Lebensmitteln, die Küchenhygiene sowie eine Verringerung der praktischen Kochfähigkeiten registriert (Oltersdorf 2000). Damit steigt die Abhängigkeit von verzehrfertig zubereiteten Nahrungsmitteln. Öffentliche Ernährungsbildung und Verbraucheraufklärung sind bislang unterrepräsentiert. Der Ernährungsbildung in allgemein bildenden Schulen wird eine geringe Bedeutung zugemessen, und die Lehrinhalte und –methoden sind oft veraltet (Heseker et al. 2001).

Regel: Chancengleichheit

Alle Mitglieder einer Gesellschaft müssen gleichwertige Chancen in Bezug auf den Zugang zu Bildung, Information, beruflicher Tätigkeit, Ämtern und sozialen, politischen und ökonomischen Positionen haben.

Die Strukturmobilität der **Bauernsöhne** ist heute vergleichbar mit der von Facharbeitersöhnen. Nur etwa ein Viertel der Söhne übernimmt den landwirtschaftlichen Betrieb (Geißler 2001). **Frauen** sind in der Landwirtschaft u.a. aufgrund des praktizierten traditionellen Erbrechts benachteiligt. Nur jeder 11. landwirtschaftliche Betrieb wird von einer Frau geleitet (BMVEL 2002). Als mithelfende Familienangehörige erhalten Bäuerinnen trotz sehr hoher Arbeitsbelastung oft kein eigenes Einkommen und keine eigenständige soziale Absicherung. Zeitbudgetstudien zeigen, dass Frauen trotz steigender Berufstätigkeit noch immer die Hauptverantwortung für die **Ernährung und sonstige Reproduktionsarbeit** tragen. Frauen und Männer verwenden pro Tag ca. 80 Minuten für die Mahlzeiten. Für die Beschaffung und Zubereitung der Lebensmittel wenden Frauen jedoch zusätzlich täglich 82 Minuten, Männer hingegen nur 21 Minuten auf (Oltersdorf 2000).

Regel: Erhaltung der kulturellen Vielfalt

Das kulturelle Erbe der Menschheit und die kulturelle Vielfalt sind zu erhalten.

Die zunehmende Individualisierung der Lebensformen spiegelt sich in einem situationsabhängigen und **multioptionalen Einkaufs- und Ernährungsverhalten** wieder. Früher waren Vorrathaltung, Verarbeitung, Konservierung und Zubereitung von Nahrung zentrale Aufgaben der Haushalte. Heute werden diese Aufgaben immer mehr externalisiert, wodurch der Konsum von einheitlichen Convenient-Food stark ansteigt. Der Außer-Haus-Konsum ist aufgrund der steigenden Flexibilisierung der Arbeitswelt sprunghaft angestiegen, wobei vor allem **billige Einheitsprodukte** verzehrt werden (weltweite McDonaldisierung). Die Esskultur als Bestandteil der Alltagskultur verändert sich stark. Die Zubereitung regionaler Speisen und das Erleben von gemeinsamen Mahlzeiten gehen zurück. Andererseits hat sich durch Einwanderer aus aller Welt die Vielfalt der Speisen in Deutschland während der letzten Jahrzehnte sehr erhöht.

Regel: Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur

Kultur- und Naturlandschaften bzw. Landschaftsteile von besonders charakteristischer Eigenart und Schönheit sind zu erhalten.

Die deutschen Kulturlandschaften wurden von der Landwirtschaft regional sehr unterschiedlich geprägt. Im Landschaftsbild spiegelte sich die lokale Landwirtschaftsgeschichte wieder. Durch die Intensivierung der Bewirtschaftungsweise wurden die **Agrarlandschaften vereinheitlicht**. Alte Bewirtschaftungsformen, z.B. Schafbeweidung von Heiden und Hutungen, wurden fast völlig aufgegeben. Insbesondere erzeugt der großflächige Rückgang des extensiv genutzten Grünlands negative Auswirkungen für den Arten- und Biotopschutz. Zusätzlich geht die Schönheit dieser Landschaftselemente verloren. Im Rahmen von Agrarumweltprogrammen wurden 1998 31.100 ha mit traditionellen Landbewirtschaftungsformen gefördert (BMVEL 2002).

Regel: Internalisierung externer sozialer und ökologischer Kosten

Die Preise müssen die im Wirtschaftsprozess entstehenden externen ökologischen und sozialen Kosten reflektieren.

Die Preise für Lebensmittel sind in Deutschland niedrig. Sie spiegeln nicht die damit verbundenen ökologischen Rucksäcke wieder. Insbesondere bei landwirtschaftlichen Importprodukten aus Entwicklungsländern werden die dort entstehenden Umwelt- und Gesundheitsschäden im Preis nicht berücksichtigt. Auch die sozialen Kosten, die in Entwicklungsländern durch Kinderarbeit, Tagelöhnersysteme und inhumane Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft entstehen können, sind nicht einkalkuliert. Bei der Herstellung von Produkten aus dem **ökologischen Landbau** (Marktanteil ca. 1,6 %) und im **Fair Trade Handel** (je nach Produktgruppe 1-3 % Marktanteil) wird versucht, die ökologischen und sozialen externen Kosten zu verringern.

Regel: Faire weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass wirtschaftlichen Akteuren aller Staaten eine faire Teilnahme am Wirtschaftsprozess möglich ist.

Durch den erschwerten Marktzugang für landwirtschaftliche Produkte in die EU konnten die Entwicklungsländer die Wachstumspotentiale ihrer Landwirtschaft nicht voll ausschöpfen. Hinzu kommt der Verfall der Weltmarktpreise in den 90er Jahren für Kaffee, Tee, Kakao. Trotz der Aufhebung der **Importquoten und Importzölle** bei rund 900 Warenpositionen aus dem Agrarbereich für die 49 am wenigsten entwickelten Länder durch die EU im Jahr 2001 bestehen für Bananen (2006), Zucker und Reis (2009) bis zur vollen Liberalisierung der Einfuhr lange Übergangsregelungen. Gleichzeitig zerstören die Industrieländer durch subventionierte Grundnahrungsmittel die einheimischen Märkte der Entwicklungsländer und verschieben durch ihre **Ag-rarexportsubventionen** die Weltmarktpreise. Im Rahmen der WTO-Verhandlungen zur vollständigen Liberalisierung der Weltagrarmärkte ergeben sich Konflikte, da die Mitglieder der EU u.a. berechnete Produkt-, Sozial-, Tierschutz- und Umweltschutzstandards auch für Importe aus Drittländern festsetzen wollen. Viele Entwicklungsländer sehen darin jedoch eine neue Form des Agrarprotektionismus.

Regel: Förderung der internationalen Zusammenarbeit

Die verschiedenen Akteure (Regierungen, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen) müssen im Geiste globaler Partnerschaft mit dem Ziel zusammenarbeiten, die politischen, rechtlichen und faktischen Voraussetzungen für die Einleitung und Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung zu schaffen.

In Entwicklungsländern leiden weltweit 792 Millionen Menschen - vor allem Kinder und Frauen - armutsbedingt an **chronischer Unterernährung**. In den Industrienationen und Transformationsländern Osteuropas und der ehemaligen Sowjetunion gibt es 34 Millionen unterernährte Menschen (FAO 2000).

Beim **Welternährungsgipfel 1996** in Rom haben sich fast alle Staaten dem Ziel verpflichtet, die Anzahl der Hungernden bis 2015 zu halbieren. Das notwendige Wissen und die technischen

Mittel wären dazu da. Es fehlt jedoch sowohl in den Entwicklungsländern als auch in den Industrienationen am politischen Willen zur Hungerbekämpfung. Bisherige Fortschritte verliefen zu langsam. Innerstaatliches Politikversagen ist die Hauptursache für den massiven Hunger in vielen Ländern Afrikas südlich der Sahara (34 % Unterernährte) und Südasiens (23 % Unterernährte). Gründe für Hungerkrisen sind kriegerische Auseinandersetzungen, fehlende Armutsbekämpfung, fehlender Zugang der Kleinbauern zu Ressourcen, mangelhafte Infrastruktur, ökonomische und politische Korruption und unzureichende Rechtssysteme (Paarlberg 2002).

Durch internationale Institutionen wie FAO und WHO ist eine Nahrungsmittel-Soforthilfe bei Naturkatastrophen zumeist gesichert. Um den chronischen Hunger zu verringern, versucht die internationale Bewegung „**Recht auf Nahrung**“ Institutionen aufzubauen, die dieses Recht justizierbar machen und Druck auf Staaten, die ihren Verpflichtungen zur Gewährleistung von Ernährungssicherheit nicht nachkommen, ausüben können. Bei deutschen außenpolitischen Entscheidungen sollte berücksichtigt werden, ob die Partnerstaaten das Recht auf Nahrung als wichtigen Bestandteil der Menschenrechte ernst nehmen.

Die deutsche Entwicklungshilfe wurde in den 90er Jahre insgesamt reduziert. Überproportional stark wurde dabei die **landwirtschaftliche Entwicklungshilfe** gekürzt (Ernährungssicherheit, Entwicklung des ländlichen Raums, internationale Agrarforschung). Die meisten Armen und Unterernährten leben jedoch in ländlichen Räumen. In vielen agrarisch geprägten Entwicklungsländern hängt das Tempo der Armutsminderung und des volkswirtschaftlichen Wachstums im wesentlichen von der Agrarentwicklung ab. Außerdem trägt eine angemessene Ernährung wesentlich zur Verbesserung der Gesundheitssituation und zur sozialen Stabilität bei.

3. Überblick: Indikatorenansammlung und Auswahl

Es wurden systematisch vorhandene oder in der Diskussion befindliche Indikatorenansammlungen mit Bezug zu den Bereichen Ernährung und Landwirtschaft ausgewertet. Dabei handelte es sich um die CSD-Indikatoren, um spezifische landwirtschaftliche Indikatorenansammlungen, um nationale Indikatorenansammlungen mit Bezug zu Landwirtschaft und Ernährung, um Indikatorenansammlungen zum Konsumentenverhalten im Bereich Ernährung, um Gesundheitsindikatorenansammlungen mit Ernährungsbezug und um ein Indikatorenansammlung, die das gesamte Ernährungssystem der USA abbilden soll. Es zeigte sich, dass die Indikatoren, die sich auf agrarökologische Fragestellungen beziehen, bereits weit entwickelt sind und z.B. im Rahmen der OECD ausführlich wissenschaftlich diskutiert wurden. Im Gegensatz dazu gibt es erst wenige Indikatorenansammlungen, die sich direkt auf den Bereich Ernährung beziehen oder versuchen, das gesamte Ernährungssystem abzubilden. In der folgenden Tabelle sind die ausgewählten Hauptindikatoren für das AF E & L den Nachhaltigkeitsregeln zugeordnet. Die Hauptindikatoren sollen die wichtigsten Nachhaltigkeitsdefizite komprimiert beschreiben. Zusätzlich gibt es Unterindikatoren zu den Regeln, die je nach Fragestellung angewandt werden können.

Hauptindikatoren im Aktivitätsfeld Ernährung und Landwirtschaft

Generelles Ziel: Sicherung der menschlichen Existenz

Regel: Schutz der menschlichen Gesundheit
<i>Anzahl meldepflichtiger Lebensmittelinfektionen</i>
Regel: Gewährleistung der Grundversorgung
<i>Anteil an erwachsenen Personen mit Übergewicht an der Bevölkerung (BMI über 25 kg/m²)</i>
<i>Täglicher durchschnittlicher Obst- und Gemüseverzehr</i>
Regel: Selbständige Existenzsicherung
<i>Anteil landwirtschaftlicher Hauptidebetriebe, die einen Vergleichsgewinn entsprechend dem gewerblichen Vergleichslohn erreichen</i>
Regel: Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten
<i>Durchschnittlicher jährlicher Fleisch- und Wurstverzehr in Deutschland im internationalen Vergleich</i>

Generelles Ziel: Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivitätspotenzials

Regel: Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen
<i>Flächenanteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche</i>
<i>Anteil an Ackerflächen mit Überschreitung des tolerierbaren Bodenabtrags</i>
<i>Pflanzenschutzmittel-Risiko-Indikator nach SYNOPS-Modell</i>
<i>Anbaufläche bedrohter Nutzpflanzen</i>
<i>Bestände an bedrohten Nutzierrassen</i>

Regel: Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen*Primärenergieverbrauch pro Kopf für Ernährungszwecke**Phosphatdünger-Import***Regel: Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke***Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft**Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft**Fläche LF mit Überschreitung von 50 kg N/ha/a N-Bilanz-Überschuss***Regel: Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken***Anzahl meldepflichtiger Ereignisse bei Anlagen und Freisetzungen im Bereich grüner Gentechnik***Regel: Nachhaltige Entwicklung von Sach-, Human- und Wissenskapital***Nettoinvestitionen landwirtschaftlicher Hauptidebetriebe je ha LF**Einfuhrdefizit in der deutschen Ernährungswirtschaft***Generelles Ziel: Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten****Regel: Chancengleichheit***Frauenanteil bei den landwirtschaftlichen Betriebsleitern***Regel: Erhaltung der kulturellen Vielfalt***Marktanteil regionaler Lebensmittel***Regel: Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur***Geförderte Fläche mit traditionellen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen*

Instrumentelle Regeln

Regel: Internalisierung externer ökologischer und sozialer Kosten
<i>Marktanteil der Lebensmittel aus ökologischem Landbau</i>
<i>Marktanteil der Fair Trade Lebensmittel</i>
Regel: Faire weltwirtschaftliche Rahmenbedingungen
<i>EU-Agrar-Exportsubventionen</i>
Regel: Förderung der internationalen Zusammenarbeit
<i>Umfang der landwirtschaftlichen Entwicklungshilfe</i>
Regel: Resonanzfähigkeit der Gesellschaft
<i>Anzahl der nach ISO 14001 bzw. nach EG-Öko-Audit-Verordnung zertifizierten Unternehmen des Ernährungsgewerbes und des Lebensmitteleinzelhandels</i>
Regel: Machtausgleich
<i>Marktanteil der „Top 5“ im Lebensmitteleinzelhandel</i>

4. Literatur

AK Land- und Forstwirtschaft (2000):

Nationales Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. 5. Bericht des Arbeitskreises V der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“.

<http://bml.de/aktuelles/kimaschutz/klimaschutzprogramm.htm>

Alwast H., Schäffer A. (2000):

Ergebnisse der Befragung zur Bioabfallerrfassung in Deutschland. In: Prognos AG (Hrsg.): Branchenreport "Entsorgungswirtschaft 2000", Teilreport "Siedlungsabfälle".

<http://www.vivis.de/zeitschrift/journal/ergebnisseH.A.htm>

Bach M., Frede H.-G. (1998):

Agricultural nitrogen, phosphorus and potassium balances in Germany - Methodology and trends 1970-1995. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 1661, S. 385-393

Baden-Württemberg (2000):

Kindergesundheit in Baden-Württemberg. Sozialministerium, Stuttgart

BMBF (2000):

Bundesbericht Forschung 2000. Bufo 2000. BMBF, Berlin

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2002):

www.verbraucherministerium.de

Bräutigam K.-R., Achternbosch M., Brune D. (1996):

Material Flow Analysis for Nutrients in Agriculture and Food Industry. Bericht. Forschungszentrum Karlsruhe

DBV (Deutscher Bauernverband) (Hrsg.) (2000):

Argumente 2001. Bonn

DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (Hrsg.) (2000):

Ernährungsbericht 2000. Frankfurt am Main

EEA (European Environmental Agency) (ed.) (2001):

Environment in the European Union at the turn of the century. Chapter 3.9. Genetically modified organisms. <http://www.eea.org>

Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" (Hrsg.) (1994):

Schutz der Grünen Erde. Economica Verlag. Bonn

FAO (Food and Agriculture Organisation) (2000):

The state of the food insecurity in the world 2000. Food insecurity: when people live with hunger and fear starvation. http://www.fao.org/sof/sofi/index_en.htm

Fischer G. et al. (2001):

Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21th Century, Hrsg: IIASA and FAO; Wien, www.iiasa.ac.at

GEH (Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e.V.) (2002):

<http://www.g-e-h.de>

Geißler R. (2001):

Soziale Mobilität – Aufstiege und Abstiege. http://www.bpb.de/info-franzis/info_269/body_i_269_7.html

Heseker, H. et al. (2001):

Ernährung in der Schule. Kurzfassung des Forschungsberichts für das BMVEL. <http://verbraucherministerium.de>

Hofer, K. (1999):

Ernährung und Nachhaltigkeit. Entwicklungsprozesse – Probleme – Lösungsansätze. Arbeitsbericht Geographisches Institut der Universität Bern

Körber, K. (2002):

Ernährungsökologie. www.koerber.ernaehrungsoekologie.de

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1995):

Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit Nitrat. Kulturbuch-Verlag, Berlin

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1997):

Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit Pflanzenschutzmittel. Kulturbuch-Verlag, Berlin

M + M (M + M Gesellschaft für Unternehmensberatung und Informationssystem) (2001):

M +M Top-Firmen 2001. Frankfurt

Oltersdorf, U. (2000):

Entwicklungstendenzen bei Nahrungsmittelnachfrage und ihre Folgen. Internes Gutachten der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe im Auftrag des Deutschen Bundestages

Paarlberg, R. (2002):

Governance and Food Security in an Age of Globalization. 2020 Brief 72. IFPRI.
<http://www.ifpri.org>

Reiß, T. (2000):

Perspektiven der Saatgut- und Lebensmittelindustrie. Problemaufriss. Bericht des Fachdialogs "Beschäftigungspotentiale in der Bio- und Gentechnologie im Rahmen des Bündnisses für Arbeit, Ausbildung und Wettbewerbsfähigkeit". BMBF, Bonn

Sachs, N. et al. (2000):

Vorprojekt zur Entwicklung und Anwendung eines räumlich differenzierten Indikatorsystems zur Messung einer nachhaltigen Entwicklung in Baden-Württemberg. Abschlußbericht.
<http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltextte/2000/709>

SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1985):

Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten März 1985. Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Taylor, C. (2000):

Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand von ausgewählter Indikatoren. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

UBA (Umweltbundesamt) (1997a):

Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Erich Schmidt Verlag

UBA (Umweltbundesamt) (1997b):

Daten zur Umwelt. Verpackungen. <http://www.umweltbundesamt.de/dzu/Y00191.html>

UBA (Umweltbundesamt) (2000):

Umwelt und Landwirtschaft – Aktivitäten des Umweltbundesamtes.
<http://www.umweltbundesamt.de/uba/forschung/deutsch/1745.htm>

UBA (Umweltbundesamt) (2001):

Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffen in landbaulich genutzten Böden. UBA-TEXTE Nr. 59/2001, Berlin

UBA (Umweltbundesamt) (2002):

Daten zur Umwelt 2000. <http://www.umweltbundesamt.de>

US Geological Survey (1998):

In: International Fertilizer Industry Association (IFA, ed.): Fertilizer indicators (2000), Paris

World Bank (2000):

World Development Indicators. The World Bank, Washington, USA

Wuppertal-Institut (1996):

Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt und Energie GmbH im Auftrag von BUND und MIS-EREOR, Birkhäuser Verlag, Basel

Zöller K., Stroth U. (1999):

Nachhaltige Entwicklung im Handlungsfeld Ernährung. Ein Diskursprojekt. Arbeitsbericht Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart

VII. Arbeitspaket

Aktivitätsfeld „Freizeit und Tourismus“

Sigrid Klein-Vielhauer

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

1. Im Jahr 2001 durchgeführte und für das Jahr 2002 geplante Arbeiten

Die Arbeiten zu diesem Aktivitätsfeld wurden erst zu Beginn des Jahres 2001 begonnen. Zunächst wurde die Literatur zum Themenkreis „Entwicklung des Bereichs Freizeit und Tourismus“ im Hinblick auf Deutschland generell und speziell unter Nachhaltigkeitsaspekten einschließlich verfügbarer Datenquellen gesichtet. Die Nachhaltigkeitsanalyse wurde begonnen. Hierbei werden die im integrativen Konzept des HGF-Projekts formulierten Mindestbedingungen oder Regeln einer nachhaltigen Entwicklung zugrundegelegt.

Im Jahr 2002 wird die auf Deutschland bezogene Nachhaltigkeitsanalyse zum Sektor Freizeit und Tourismus fortgeführt. Ebenfalls geplant sind die Zusammenstellung aktivitätsfeldspezifischer Indikatoren und die Ausarbeitung alternativer Szenarien. Die Möglichkeiten technischer und anderer staatlich beeinflussbarer Maßnahmen zur Erhöhung der Nachhaltigkeit in diesem Sektor sind zu prüfen.

2. Der Analysegegenstand – Überblick und Abgrenzung

Freizeit- und Tourismus-Aktivitäten (F&T-Aktivitäten) werden üblicherweise nicht so sehr zu den Grundbedürfnissen gerechnet wie Wohnen und Essen. Es gibt jedoch in einem modernen Industrieland wie Deutschland zunehmend Tendenzen, die Bestrebungen von Individuen, aus dem üblichen Alltag für Stunden oder Tage oder sogar für Wochen herauszukommen, mit als wesentliche Bedürfnisse einzustufen. Entsprechend finden die diesen Bedürfnissen zurechenbaren Handlungsfelder nach und nach Eingang in die jüngere Diskussion über eine umfassende Nachhaltigkeit. Deutschland als ein hochindustrialisiertes und dichtbesiedeltes Land mit einer relativ großen Variationsbreite natürlicher und kultureller Ressourcen ist ein Ort, an dem Arbeit und Freizeit häufig zeitlich eng miteinander verwoben sind – die Freizeitaktivitäten werden während der Arbeitswoche oder am Wochenende vom üblichen Wohnort aus ausgeübt. Ein solches Land ist zugleich auch das Zielgebiet für längere und kürzere Urlaubsreisen für die Bewohner des Landes selbst sowie für Besucher aus anderen Ländern. An diesem Ausgangsbefund soll die folgende Nachhaltigkeitsanalyse anknüpfen.

Im Mittelpunkt gesellschaftlicher, politischer und wissenschaftlicher Überlegungen zum Tourismussektor allgemein und speziell unter Nachhaltigkeitsaspekten stehen längere Urlaubsreisen (vier Übernachtungen und mehr) und zunehmend auch kürzere Reisen für private und geschäftliche Zwecke (ein bis drei Übernachtungen). Da diese Reisen häufig mit dem Personkraftwagen oder dem Flugzeug durchgeführt werden, wird der F&T-Bereich bisweilen in erster Linie als Teil des Bereichs Mobilität und Verkehr gesehen. Entsprechend steht in vielen Erörterungen zum F&T-Sektor der energiebezogene Umweltaspekt im Vordergrund. Unter Zugrundelegung eines umfassenden Nachhaltigkeitskonzepts sind aber auch weitere Umweltaspekte wie etwa die Flächennutzung zu betrachten. Hinzu kommen weitere Aspekte wie soziale und ökonomische Probleme der im F&T-Bereich Beschäftigten sowie der Bevölkerung in Orten mit einer nennenswerten touristischen Frequenz oder auch die ökonomische Situation der teils privaten und teils öffentlichen Anbieter verschiedener Freizeitanlagen und -aktivitäten.

Im Folgenden sollen Aspekte eines nachhaltigen Tourismus bzw. einer nachhaltige(re)n Tourismusentwicklung schwerpunktmäßig für den Standort Deutschland aufgegriffen werden. Dabei sind auch traditionell nicht auf den Tourismus ausgerichtete Orte und Regionen mit zu betrachten. Ebenso sind auch die am Wohn- oder Urlaubsort ausgeübten Freizeitaktivitäten, die sich speziell unter Nachhaltigkeitsaspekten häufig nicht nur auf verkehrliche Aspekte beschränken lassen, zu analysieren. Zunehmend werden sportliche, kulturelle und sonstige auf Entspannung und Erholung ausgerichtete Freizeiteinrichtungen von Einheimischen, Urlaubern und Tagesgästen genutzt. Angesprochen sind in diesem Zusammenhang generell die Aktivitäten außerhalb der eigenen Hauptwohnung.

Ein besonderes Augenmerk ist den Tagesausflügen vom Urlaubs- oder Wohnort aus zu widmen, da sie bei den heutigen Verkehrsmitteln über größere Entfernungen bei vergleichsweise geringem zeitlichen Aufwand absolviert werden können. Touristisch attraktive Orte müssen daher nicht zwangsläufig auch den Besucherzahlen entsprechende Beherbergungskapazitäten aufweisen, entsprechend kann auch ein Ort, der als solcher keine größeren touristischen Attraktionen bietet, dennoch bedeutende Beherbergungskapazitäten für Touristen anbieten.

Da Urlaubsreisen prinzipiell auch mit dienstlich oder geschäftlich veranlassten Reisen verknüpft und für beide Reisearten grundsätzlich dieselben Beherbergungs- und Gastronomieeinrichtungen genutzt werden können, sollte auch dieses Reisesegment in der primär auf den Freizeitbereich ausgerichteten Analyse mit berücksichtigt werden.

Die vor allem nach dem Kriterium „außerhalb der eigenen Hauptwohnung“ abgegrenzten F&T-Aktivitäten konkurrieren je nach Lebensalter und sonstigen Lebensumständen in einem gewissen Umfang nicht nur mit Arbeits- und Ausbildungszeiten, sondern auch mit Freizeitaktivitäten, die wie etwa Lesen und Fernsehen vornehmlich innerhalb der eigenen Wohnung stattfinden. F&T-Aktivitäten können vornehmlich zur Erfüllung sehr persönlicher Wünsche, aber auch zur Befriedigung anderer individueller oder gesellschaftlicher Bedürfnisse verwendet werden. Sie können somit nicht nur einem individuellen Streben nach Entspannung und Spaß entsprechen, sondern auch einen Beitrag etwa zur gezielten Förderung der eigenen Gesundheit oder der eines anderen, zur Pflege sozialer Beziehungen oder auch zur Erhaltung des natürlichen und kulturellen Erbes darstellen.

Mit der vorangegangenen Skizzierung des F&T-Sektors sollte im Wesentlichen ein erster Einstieg in die nachfolgende Nachhaltigkeitsanalyse speziell für den Standort Deutschland vermittelt werden. Implizit bedeutet dies zugleich, dass die vor allem auf internationaler Ebene geführte Diskussion zum Thema „Tourismus als Mittel der Armutsbekämpfung“ mit seinen vielfältigen ökonomischen, ökologischen und sozialen Facetten (siehe beispielsweise AG Rio + 10/DANTE 2002) hier eine eher untergeordnete Rolle spielt, wobei die enorme weltweite Bedeutung dieses Themas keinesfalls verkannt werden soll. Die anschließende Analyse stützt sich auf die Ausgangshypothese, dass auch der Freizeit- und Tourismusbereich in einem bereits relativ hochentwickelten Industrieland wie Deutschland bzw. dessen Akteure sowohl im privaten Bereich (auf der Angebots- und der Nachfrageseite) als auch im öffentlichen Bereich (vor allem Bund, Länder und Kommunen) einen angemessenen Beitrag zur lokalen, regionalen und weltweiten Nachhaltigkeit leisten sollte(n).

Die Verbindung von Nachhaltigkeit und Tourismus bzw. touristischer Entwicklung gerade auch für europäische Regionen bzw. deren Bewohner ist etwa in den letzten zehn Jahren im-

mer wieder Gegenstand von einzelnen Analysen, Maßnahmenentwürfen und auch Betrachtungen zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten gewesen. Zahlreiche Aspekte vor allem aus dem Sektor Tourismus wurden und werden unter dem Stichwort Nachhaltigkeit oder unter Verwendung verwandter Begriffe wie alternativer Tourismus, sanfter Tourismus und Ökotourismus bzw. ähnlicher deutscher oder englischer Benennungen diskutiert. Es geht dabei vornehmlich um den Umweltaspekt, beispielsweise in Verbindung mit dem bereits weiter oben angesprochenen Energieverbrauch durch Reisen und die Erschließung landwirtschaftlich genutzter Räume oder von unter Naturschutz stehenden Gebieten auch für touristische Zwecke, die Entwicklung von Gütesiegeln für einzelne touristische „Produkte“ wie Beherbergungsstätten, Gemeinden mit hoher touristischer Frequenz oder auch Stränden (siehe beispielhaft Becker et al. 1996, Becker 1999 – vor allem mit Losang 1999, Luberichs 1999 und Ziener 1999 –, Institut für Länderkunde 2000, Umweltbundesamt 2002). Insofern liegt eine große Zahl von zumindest partiell einschlägigen Veröffentlichungen zum Gesamthema vor, die im Rahmen dieser Analyse allerdings nur bedingt mit berücksichtigt werden können.

Eine umfassende Analyse zum Bereich Freizeit und Tourismus, die vor allem prüfen will, inwieweit Nachhaltigkeitsforderungen in Deutschland erfüllt werden, muss den Blick vorrangig auf verschiedene Arten von Destinationen im Inland richten. Hierhin reisen deutsche Gebietsangehörige, aber auch Bewohner angrenzender oder auch weiter entfernter Länder.

Als Destinationen im Inland lassen sich im wesentlichen Küstenregionen einschließlich Inseln, Hochgebirge, Mittelgebirge, städtische Räume und sonstige ländliche Regionen unterscheiden. Ergänzend und teilweise überlappend zu diesen Destinationen können auch Großschutzgebiete wie Nationalparke, Naturparke und Biosphärenreservate als eine eigene Destinationsart abgegrenzt werden. Anzusprechen sind in den verschiedenen Destinationen die üblichen lokalen oder regionalen Attraktionen wie etwa Natur- und Kulturdenkmäler oder Wasser, Strand und Wälder oder auch Schnee für eine mehr oder weniger aktive Urlaubsgestaltung. Das Augenmerk der auf einzelne Destinationsarten bezogenen Analyse sollte sich aber auch auf die Errichtung und den Betrieb bzw. die Nutzung von üblichen siedlungsbedingten Ver- und Entsorgungseinrichtungen richten (Unterkünfte und Gaststätten/Imbiss-einrichtungen, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung sowie kleinräumige Anlagen für den fließenden und den ruhenden Verkehr).

Die ausgeübten Freizeitaktivitäten – vom Wohnort oder vom Urlaubsort aus – können sich auf Aktivitäten beziehen, die in – fast – allen Arten von Destinationen ausgeübt werden können, so etwa das Aufsuchen von Restaurants oder sonstigen Einrichtungen zur Verpflegung oder das Erkunden der näheren Umgebung zu Fuß. Andere Freizeitaktivitäten wiederum wie etwa das Schifahren unter freiem Himmel können aufgrund der notwendigen geographischen und klimatischen Voraussetzungen überwiegend nur in den Alpen und im Mittelgebirge, und dort meist auch nur im Winter, betrieben werden. Neben den klassischen Freizeitaktivitäten wie Besuch von – im weitesten Sinne – kulturellen Veranstaltungen (beispielsweise Theater, Oper, Kino, Museum usw.) und aktiver und passiver Teilnahme am Sport (beispielsweise Fahrradfahren oder Zuschauen bei der Austragung eines Fußballspiels) sind auch die modernen Freizeitangebote wie Freizeit- und Themenparks mit zu berücksichtigen.

Die kürzeren und längeren (Urlaubs-)Reisen von Ausländern nach Deutschland gehören aufgrund der vorgenommenen Abgrenzung mit in das Zentrum der Betrachtungen. Aber auch die Urlaubsreisen Deutscher ins Ausland können im Rahmen dieser Analyse nicht außer acht ge-

lassen werden. Denn Änderungen in diesen Strömen, plötzliche einmalige und anhaltende Änderungen größeren Umfangs oder kleinere Veränderungen in einer Richtung über mehrere Jahre hinweg, können die Nachhaltigkeitssituation in Deutschland selbst entscheidend beeinflussen. Gemessen an einer jährlichen Gesamtzahl von 101,4 Mill. Reisen Deutscher mit je vier und mehr Übernachtungen im Jahr 1999 führten 33,5 Mill. Reisen, also rund ein Drittel, nach Deutschland, dabei wurden von insgesamt 1212,8 Mill. Übernachtungen 331,1 Mill. Übernachtungen, entsprechend 27%, in Deutschland verbracht (Statistisches Bundesamt 2001 – Tourismus in Zahlen, S. 223, 224). Die nächstwichtigste Reisedestination für Deutsche ist Spanien mit 12,5 Mill. Reisen und 167,0 Mill. Übernachtungen. Entsprechend ist Deutschland für Deutsche das wichtigste Zielland. Nach der Beherbergungsstatistik des Statistischen Bundesamts, die Beherbergungsbetriebe in Deutschland ab neun Betten sowie Ankünfte und Übernachtungen von Reisenden für private und für geschäftliche Zwecke erfasst (Statistisches Bundesamt 2001 – Tourismus in Zahlen, S. 147), entfielen 1999 von insgesamt 308,0 Millionen Übernachtungen knapp 12% (35,7 Millionen Übernachtungen) auf ausländische Gäste.

Die Ausgangssituation für eine nachhaltigkeitsbezogene Analyse zum Freizeit- und Tourismussektor in Deutschland ist noch durch eine weitere Besonderheit gekennzeichnet. Es gibt bisher keine einheitliche oder aus wenigen Hauptbestandteilen bestehende Tourismus- und Freizeitbranche, deren ökonomische Bedeutung – vor allem Umsätze, Einkommen und Beschäftigung – bereits in einheitlicher und systematischer Form statistisch erfasst würde und deren ökologische und soziale Bedeutung hieraus zumindest teilweise abgeleitet werden könnte. Dies hängt, abgesehen von der Heterogenität der hier angesprochenen Güter und Dienstleistungen, nicht zuletzt damit zusammen, dass viele Aktivitäten in diesem Sektor trotz aller „Ökonomisierung“ immer noch von relativ kleinen privaten oder öffentlichen Akteuren ohne entsprechende systematische statistische Erfassung ausgeübt werden. Dies betrifft beispielsweise die Vermietung in kleinen Beherbergungsbetrieben (mit maximal acht Betten), die ehrenamtliche Tätigkeit in Sportvereinen oder die kostenlose Bereitstellung von kommunalen Sportanlagen für Freizeitzwecke.

Einen wichtigen Kern des F&T-Sektors stellt allerdings der traditionelle Wirtschaftszweig Gastgewerbe (= Hotel- und Gaststättengewerbe) dar, der in einer eigenen Statistik und in wichtigen anderen amtlichen Statistiken abgebildet wird (Statistisches Bundesamt 2001 – Tourismus in Zahlen, S. 194 f.). Das Gastgewerbe wird zudem von einem äußerst aktiven Verband (DEHOGA – Deutscher Hotel- und Gaststättenverband, Berlin) vertreten, dessen Jahresberichte neben Branchenzahlen die unterschiedlichsten für die Branche wichtigen Themenbereiche darstellen und erörtern (siehe beispielsweise DEHOGA 1999/2000 und DEHOGA 2000/2001). Der – nominale – Umsatz mit Umsatzsteuer der Branche (Beherbergungsgewerbe, Gaststättengewerbe sowie Kantinen und Caterer) war in der zweiten Hälfte der 90er Jahre leicht rückläufig und betrug 1999 113,9 Mrd. DM, die Beschäftigung (durchschnittlicher Jahreswert, bei allerdings einer größeren Zahl von Nicht-Vollzeitbeschäftigten) ist in demselben Zeitraum deutlich abgesunken und hatte 1999 ein Niveau von 992.100 Personen (DEHOGA 2000/2001, S. 258 – 261).

Es fällt schwer, von der bisherigen Erfassung des Wirtschaftszweigs Gastgewerbe ausgehend die Wirtschaftskraft und Beschäftigungssituation des gesamten Freizeit- und Tourismussektors mit seiner angedeuteten Vielfalt realitätsnah abzubilden. Dies könnte sich in Zukunft ändern, wenn das von der OECD und anderen internationalen Organisationen entwickelte tourismusbezogene Satellitensystem zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung mit vorhande-

nen und noch zu ergänzenden Datenquellen auch auf die Situation in Deutschland angewandt wird (OECD 2000).

Für die überwiegend qualitative und mit einzelnen Zahlen gestützte Einschätzung der Nachhaltigkeitssituation im Freizeit- und Tourismussektor in Deutschland ist auf eine Vielzahl von Quellen mit qualitativen und quantitativen Angaben zurückzugreifen, von denen im Folgenden nur eine knappe Auswahl exemplarisch aufgeführt werden kann. Für unterschiedliche Ausschnitte aus dem Gesamtsektor gibt es verschiedene Datenquellen für monetäre oder auch nicht-monetäre Kenngrößen. Diese lassen sich aber im Sinne einer Momentaufnahme oder Querschnittbetrachtung nur bedingt direkt miteinander kombinieren und sind teilweise regelrecht widersprüchlich. Den Lücken, Überschneidungen und Widersprüchen kann im Rahmen dieser Analyse nur begrenzt nachgegangen werden.

Literatur

AG Rio + 10 (Arbeitskreis Tourismus & Entwicklung, Basel; FernWeh –Forum Tourismus & Kritik, Freiburg i.Br.; Naturfreunde Internationale, Wien; respect, Wien; TOURISM WATCH – EED, Bonn) und **DANTE** – Die Arbeitsgemeinschaft für Nachhaltige TourismusEntwicklung, Rote Karte für den Tourismus? – 10 Leitsätze und Forderungen für eine zukunftsfähige Entwicklung des Tourismus im 21. Jahrhundert, Februar **2002** (Text: Christine Plüss und Martina Backes)

Becker, Christoph (Hrsg.) (1999):

Forschungsergebnisse zur nachhaltigen Tourismusedwicklung, Trier: Selbstverlag der Geographischen Gesellschaft Trier in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Geographie der Universität Trier (Materialien zur Fremdenverkehrsgeographie, Heft 52)

Becker, Ch.; Job, H.; Witzel, A. (1996)

Tourismus und nachhaltige Entwicklung – Grundlagen und praktische Ansätze für den mitteleuropäischen Raum, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft

Institut für Länderkunde, Leipzig (Hrsg.) (2000):

Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, 10. Freizeit und Tourismus, Mitherausgegeben von Christoph Becker und Hubert Job, Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, S. 12-21

Losang, E: (1996):

Nachhaltige Tourismusedwicklung – Quo vadis?, in: Becker, Christoph, Job, Hubert, Witzel, Anke, Tourismus und nachhaltige Entwicklung – Grundlagen und praktische Ansätze für den mitteleuropäischen Raum, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 7-25

Luberichs, J. (1996):

Der Primärenergieverbrauch zur Raumüberwindung im Urlaub und in der Freizeit, in: Becker, Christoph, Job, Hubert, Witzel, Anke, Tourismus und nachhaltige Entwicklung – Grundlagen und praktische Ansätze für den mitteleuropäischen Raum, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 27-43

OECD (2000):

Measuring the Role of Tourism in OECD Economies, The OECD Manual on Touris Satellite Accounts and Employment, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development

Marktes, München: Ulysses Management 2001

Statistisches Bundesamt (2001):

Tourismus in Zahlen 2000/2001, Wiesbaden

Umweltbundesamt (2002):

Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten, Berlin: Erich Schmidt Verlag

Ziener, K. (1996):

Die Räumliche Differenzierung der Erholungsnutzung in Nationalpark- und Biosphärenreservatsregionen – Methodisches Vorgehen und erste Ergebnisse –, in: Becker, Christoph, Job, Hubert, Witzel, Anke, Tourismus und nachhaltige Entwicklung – Grundlagen und praktische

Ansätze für den mitteleuropäischen Raum, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 7-25

VIII. Arbeitspaket

Biotechnologie: Innovation und nachhaltige Entwicklung

Cornelia Karger, W.-D. Fugger, Markus Grutsch, Peter Wiedemann

Forschungszentrum Jülich GmbH

Programmgruppe „Mensch, Umwelt, Technik“ (MUT)

Online Version

1. Ausgangspunkt und Ansatz

Biotechnologie und Nachhaltigkeit stehen in einem Spannungsverhältnis zueinander: Es ist gefragt, ob biotechnologische Applikationen nachhaltig sind. Damit werden einerseits Anforderungen an die Entwicklung der Biotechnologie formuliert, aber andererseits auch nach einem überprüfbaren Wirkungsverhältnis gefragt: Führt Biotechnologie – angewandt in einem bestimmten gesellschaftlichen Feld – zu Wirkungen, die als nachhaltig bezeichnet werden können?

Diese Frageformulierung zeigt, dass neben empirischen Unsicherheiten – eben welche Wirkungen hier existieren – auch normative Unsicherheiten bedacht werden müssen: Sind diese Wirkungen – falls es sie gibt – auch als nachhaltig zu bewerten?

Bei Innovationen – und dazu zählt nicht nur die Biotechnologie – ist eine weitere Besonderheit zu beachten. Es geht hier um die Früherkennung von Chancen und Risiken in bezug auf Nachhaltigkeit. Und das aus einem einfachen Grund. Per definitionem sind Innovationen Neues. Deshalb ist auch das Wissen über die Wirkungen des Neuen unvollständig. Die Wirkungen liegen im Spannungsfeld des Möglichen.

Früherkennung von Chancen und Risiken ist folglich Teil einer Handlungskette, deren einzelne Glieder miteinander verbunden sind:

- Beobachtung: Was verändert sich in der Gesellschaft in bezug auf Technik, Wissenschaft, bei der Produktion, beim Konsum und bei der Entsorgung?
- Signalerkennung: Welche Chancen- und Risikopotenziale können damit verbunden sein?
- Priorisierung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit: Welche Chancen sind am größten, welche Risikopotenziale sind am bedrohlichsten?
- Management: Wo, wie und wann muss eingegriffen werden, um Chancen zu fördern und Risiken zu minimieren?

Früherkennung umfasst somit die Identifikation der relevanten Information, die Sammlung, wissenschaftliche Charakterisierung und Bewertung von Daten und Wissensbeständen sowie die Entwicklung von Optionen des Chancen- und Risikomanagements in Form eines Bewertungsberichts.

Je nach Entwicklungsstand der Innovationen haben wir es mit drei verschiedenen Chancen- und Risikotypen zu tun (siehe Abbildung 1): unbekannte, unsichere und bekannte Risiken und Chancen.

In bezug auf die Biotechnologie steht der Typ der unsicheren Chancen und Risiken im Mittelpunkt. Die Früherkennung zielt darauf ab, zu bewerten, in welchem Ausmaß Chancen- oder Risikoannahmen begründet sind. Leitfragen sind: Wie begründet ist eine Hypothese über Chan-

cen/Risiken? Welche Datenlücken, welche Unsicherheiten bestehen? Welche Konsequenzen können sich aus dem Übersehen einer sich abzeichnenden Chance oder eines Risikos ergeben?

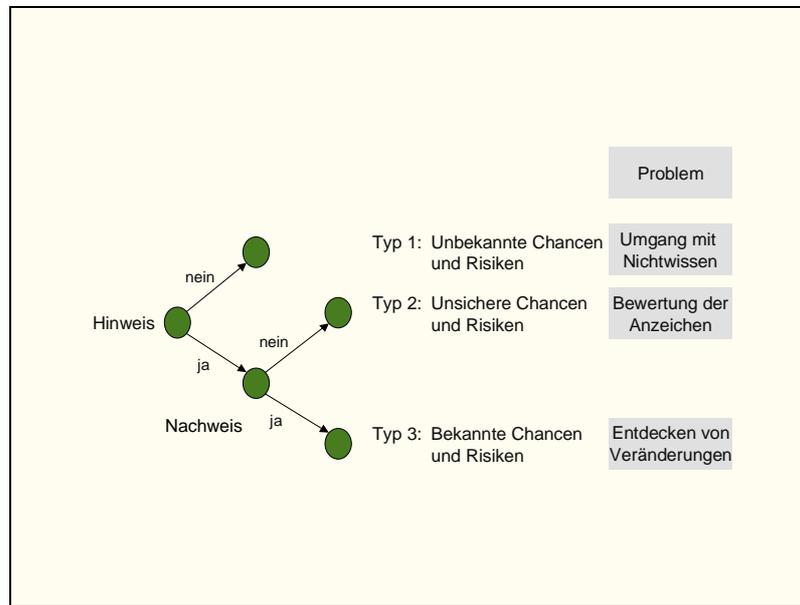


Abbildung 1: Typen von Chancen und Risiken

2. Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm gliedert sich in vier Arbeitspakete (siehe Zwischenbericht 2000). Die bisherigen Arbeiten haben gezeigt, dass bei den Arbeitspaketen 1 und 3 eine Vertiefung und Erweiterung notwendig ist: a) Die Potentiale der Bio- und Gentechnik wurde nicht nur für die Pflanzenzüchtung, sondern auch für den Bereich der Lebensmittelverarbeitung aufgearbeitet. Dadurch ist eine enge Verzahnung mit dem Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ möglich. b) Die Charakterisierung der Evidenz wurde für die Chancen der Grünen Gentechnik vertieft untersucht. Dies zeigt beispielhaft, wie bei der Bewertung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen unter Unsicherheit vorgegangen werden kann.

Arbeitspaket 1: Chancenbeurteilung: Im Arbeitspaket 1 wurde die Analyse der Chancenpotentiale der Grünen Gentechnik abgeschlossen. Als weiteres Anwendungsbeispiel der Bio- und Gentechnik wurde der Bereich der Lebensmittelverarbeitung untersucht.

Arbeitspaket 2: Risikobeurteilung: Im Arbeitspaket 2 wurde die quantitative und qualitative Auswertung der Interviews mit Biotechnologie-Experten abgeschlossen.

Arbeitspaket 3: Evidenzmodell: Im Arbeitspaket 3 wurde die Frage der Evidenzcharakterisierung bearbeitet. Es wurde ein „Evidenzworkshop“ mit Experten der Technikfolgenabschätzung unterschiedlicher Werthaltung sowie mit Vertretern der Politik und Verwaltung durchgeführt, um Ansätze der Evidenzcharakterisierung zu diskutieren. Weiterhin wird für die in Arbeitspaket 1 iden-

tifizierten Chancen der Grünen Gentechnik ein Screening vorhandener Belege durchgeführt, die Belege systematisiert und kategorisiert. Für ausgewählte Beispiele wird ein Vorschlag für eine Evidenzbewertung entwickelt.

Arbeitspaket 4: Szenarien: Im Arbeitspaket 4 sind zwei Szenarioworkshops zum Thema „Die Rolle der Grünen Gentechnik in der Landwirtschaft der Zukunft“ in Vorbereitung. Im Szenarioworkshop I werden mit Vertretern von Umwelt-, Naturschutz- und Verbraucherverbänden, Entwicklungshilfe und Gewerkschaften alternative Zukünfte entworfen und im Hinblick auf ihre Implikationen für die Grüne Gentechnik diskutiert. Im Szenarioworkshop II nehmen zusätzlich Vertreter entlang der Nahrungsmittelkette teil. Im Zentrum steht die Frage, inwieweit jenseits kontroverser Bewertungen des Beitrags der Grünen Gentechnik zu einer nachhaltigen Entwicklung eine Einigung über zukünftige Rahmenbedingungen erzielt werden kann.

In Tabelle 1 sind die Meilensteine der verschiedenen Arbeitspakete sowie der Bearbeitungsstand ausgewiesen. Die neu hinzugekommenen Arbeitsschritte sind markiert.

Tabelle 1: Projekttablaufplan

Arbeitspakete	Meilensteine					
	Chancenbeurteilung	Potentiale erfassen	Indikatoren konkretisieren	Verfügbare Evidenz bewerten	Berichte: Grüne Gentechnik Lebensmittelverarbeitung	Interviews mit Experten
Risiko- beurteilung	Innovationen identifizieren	Interviewleitfaden konzipieren	Interviews mit Experten	Quantitative und qualitative Auswertung	Vertiefende Interviews mit Experten	Auswertung Veröffentlichungen
Evidenzmodell	Evidenz-Kriterien erfassen	Arten der Evidenz kategorisieren	Workshop TA-Experten u. Stakeholder	Screening verfügbarer Evidenz	Evidenz-Charakterisierung	Veröffentlichungen
Szenarien	Auswertung vorhandener Studien	Rahmenbedingungen konkretisieren	Leitideen entwickeln	Szenarioworkshops zur Grünen Gentechnik	Auswertung Veröffentlichungen	

Abgeschlossen
 Neu
 Geplant

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden Ergebnisse der neu hinzugekommenen Arbeitsschritte dargestellt.

3.1 Chancenbeurteilung

Im Folgenden werden Ergebnisse der Analyse von Nachhaltigkeitspotentialen bio- und gentechnologischer Anwendungen in der Lebensmittelverarbeitung dargestellt.

Der Einsatz von Bio- und Gentechnologie in der Lebensmittelverarbeitung ist heute weltweit verbreitet. Chancen werden vor allem in vier Bereichen gesehen:

1. Identifikation, Auswahl und Entwicklung von leistungsfähigen Mikroorganismen (Hefen, Bakterien und Pilze);
2. Entwicklung und Herstellung von gentechnisch veränderten Mikroorganismen und ihr Einsatz in der Fermentation
3. Entwicklung und Herstellung von Verarbeitungshilfsstoffen und Zusatzstoffen (Enzyme, Aminosäuren, Vitamine, Geschmackstoffe, etc.) und ihr Einsatz in biotechnologischen Herstellungsverfahren
4. Lebensmittelüberwachung: Diagnose von Lebensmittelkontaminationen und Verderbsvorsorge

In Tabelle 2 sind die Ziele, die in den vier Bereichen verfolgt werden, aufgeführt; der Stand der Anwendung sowie die Vorteile werden im Hinblick auf Nachhaltigkeit diskutiert.

Tabelle 2: Überblick über Chancen der Bio- und Gentechnik in der Lebensmittelverarbeitung

I: Identifikation und Auswahl von Organismen mit besonderen Eigenschaften			
ZIELE		STAND DER ANWENDUNG	VORTEILE
Verkürzung der Auswahl- und Entwicklungszeiten		In Anwendung	Ökonom.
II: Entwicklung und Herstellung von gentechnisch veränderten Organismen und ihr Einsatz in der Fermentation			
ZIELE		STAND DER ANWENDUNG	VORTEILE
<i>Verbesserung der gesundheitlichen Wertigkeit der Lebensmittel, Optimierung der sensorischen Merkmale</i>		<i>Mittels Optimierung des mikrobiologischen Geschehens</i>	Marktreife Ökonom.
<i>Technologische Ziele</i>		<i>Prozesssicherheit: Resistenz gegen Bakteriophagen im Fermentationsprozess</i>	Marktreife Ökonom.
		<i>Prozesszeitverkürzung: Beschleunigung metabolischer Aktivitäten und Prozesse, Verkürzungen bei der Fermentation</i>	Marktreife Ökonom.
III: Entwicklung und Herstellung von Verarbeitungshilfsstoffen und Zusatzstoffen und ihr Einsatz in biotechnologischen Herstellungsverfahren			

UNTERBEREICHE	ZIELE	STAND DER ANWENDUNG	VORTEILE	
Gewinnung von Zusatzstoffen/ Enzym Engineering	<i>Stabilisierung und Verbesserung katalytischer Eigenschaften von Enzymen</i>	Marktreife	Ökonom.	
	<i>Substanzersetzung</i>	Gewinnung von naturidentischen Stoffen	Marktreife	Ökonom., ökolog.
		Substanzgewinnung aus nicht-natürlichen Quellen	In Entwickl.	Ökonom., ökolog.
	<i>Erhöhung der Substanzreinheit</i>	Marktreife	Ökonom.	
	<i>Steigerung der Ausbeute</i>	Marktreife	Ökonom.	
	<i>Anpassung an den Verwendungszweck</i>	Marktreife	Ökonom.	
	<i>Verbesserung der ökologischen Anpassungsfähigkeit</i>	In Entwickl.	Ökonom.	
Einsatz der Enzyme in Herstellungsverfahren	<i>Ersetzen von chemischen durch enzymatische Verfahren</i>	Marktreife	Ökonom., ökolog.	
	<i>Herabsetzung von Verfahrensstufen</i>	Teilweise in Anwendung	Ökonom.	
IV: Lebensmittelüberwachung: Typisierung, Diagnose				
ZIELE		STAND DER ANWENDUNG	VORTEILE	
<i>Identifizierung von kontaminierten Lebensmitteln (Verderbvorsorge)</i>		In Anwendung	Ökonom.	

Mit dem Einsatz der Gentechnik in der Lebensmittelverarbeitung sind vor allem wirtschaftliche Vorteile verbunden. Es werden allerdings auch ökologische Vorteile diskutiert, insbesondere durch die Optimierung der Verfahrenstechnik und die Möglichkeit der Substitution von chemischen Prozessen durch enzymatische Prozesse im Einsatz von biotechnologischen Verfahren. Für eine Einschätzung, inwieweit sich die erhofften positiven Effekte, z.B. Energieeinsparungen oder bessere Abfallbilanzen, im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren tatsächlich realisieren, lässt sich aufgrund der dürftigen empirischen Datenlage schwer einschätzen. Die wenigen Beispiele sind überwiegend nur Einzelbilanzen (Vogel 1997; OECD 1998 nach Brass, Hoeks & Rohner 1997). Ein systematisches Life-Cycle-Assessment zur Herstellung von Riboflavin wurde in einer Studie des Unternehmens Hoffmann La-Roche durchgeführt (OECD 2001). Hier zeigte sich, dass die eingesetzten Rohstoffe im biotechnologischen Verfahren signifikant besser verwertet werden konnten. Neben der dürftigen Datenlage stellt sich zudem die Frage, inwieweit solche Vorteile in erster Linie auf den Einsatz biotechnologischer Verfahren und erst in zweiter Linie auf die Gentechnik zurückzuführen sind. Dazu gibt es bislang keine systematische Untersuchung.

3.2 Evidenzmodell

Die Folgen der Grünen Gentechnik werden für alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen diskutiert (siehe Zwischenbericht 2000). Nicht nur in Bezug auf potentielle negative Folgen, sondern auch

hinsichtlich zu erwartender positiver Effekte besteht Unsicherheit. Um eine Einschätzung treffen zu können, ist zum einen eine Analyse der bisherigen Belege notwendig und zum anderen ein Maß, das es erlaubt, die vorhandene wissenschaftliche Evidenz über verschiedene Belege hinweg zu beurteilen. Beide Schritte werden für die Frage der Beurteilung der Chancen der Grünen Gentechnik erarbeitet.

Chancen der Grünen Gentechnik der ersten Generation werden vor allem in der Einsparung von Pestiziden, im Erhalt und der Steigerung des Ertrages sowie in der Reduzierung der Kosten der Pflanzenproduktion gesehen (siehe Zwischenbericht 2000). Um zu vernünftigen Einschätzungen zu kommen, ist es notwendig, die Belege möglichst spezifisch pro Pflanzensorte und Art der gentechnischen Veränderungen zu untersuchen.

Das Vorgehen in diesem Arbeitspaket wird nachfolgend am Beispiel transgener Sojabohnen illustriert. Transgene Sojabohnen sind neben Mais bisher am weitesten verbreitet. Sie machen zusammen 82% der Fläche aus (James 2001). Vor allem bei Sojabohnen haben sich transgene Sorten durchgesetzt. Auf sie entfallen heute 46% der Weltproduktion. Hinsichtlich der veränderten Eigenschaften dominieren Herbizidtoleranz gefolgt von Insektenresistenz und kombinierter Insektenresistenz mit Herbizidtoleranz.

In Tabelle 3 wurden für das Beispiel der Herbizidresistenz (HR) bei Soja empirische Studien zu Pestizidaufwand, Ertrag und Kosten ausgewertet. Die Studien wurden hinsichtlich ihrer Aussagen sowie der Datenbasis, auf die sich die Aussagen stützen, charakterisiert.

Tabelle 3: Auswertung empirischer Studien zu Chancen herbizidresistenter Soja

Studien	Chancen		
	Herbizidaufwand	Ertrag	Ökonomische Effekte
<p>Carpenter & Gianessi (2001)</p> <p>Ergebnisse und Kernaussagen vieler Studien und Untersuchungen, die den US-Behörden für Landwirtschaft (USDA*), Umwelt (EPA*) und Lebensmittelsicherheit (FDA*) vorgelegt wurden.</p> <p>Es werden zudem agrar-statistische Erhebungen von 1995-1999 ausgewertet.</p>	<p>Die Gesamtmenge an Herbiziden blieb von 1995-1999 konstant.</p> <p>Glyphosat-Anstieg von 1995-1999 von 20% auf 62% der Anbauflächen. Das bis dahin meist-verwendete Herbizid (Imazethapyr) fiel von 44% der Anbaufläche (1995) auf 16% (1999).</p> <p>Rückgang der flächenbezogenen Herbizidanwendungen 1995-1999 um 12 % - bei einem Zuwachs der US-Anbauflächen für Soja um 18%. (Anwendung = Zahl der Aufbringungen jeweils eines Wirkstoffs pro acre).</p>		<p>Kostensparnisse von 216 Mio. US-\$ (1999 / 1995)</p>

<p>Fernandez-Cornejo & McBride (2000).</p> <p>Agrarökonomische Daten aus der jährlichen, bei allen Farmen durchgeführten Erhebung der USDA (AMRS, <i>Agricultural Resource Management Study</i>).</p> <p>Ökonomische Auswertung (Ertrag, Herbizidverbrauch, Betriebsergebnis) des Anbaus herbizidresistenter Sojabohnen in verschiedenen Regionen der USA 1995–1998.</p>	<p>Der Verbrauch an den bisher üblichen Herbiziden ging zurück.</p> <p>Dagegen wie erwartet ein Mehrverbrauch des Herbizids Glyphosat.</p> <p>Insgesamt leichter Netto-Rückgang bei den Gesamt-Herbizidmengen.</p>	<p>Leichter Anstieg der durchschnittlichen Erträge (ca. 1%).</p>	<p>Insgesamt keine Veränderungen bei den wirtschaftlichen Ergebnissen, jedoch ein unterschiedliches Bild für die einzelnen Anbauregionen.</p>
<p>Benbrook (2001).</p> <p>Auswertung statistischer Daten der US-Landwirtschaftsbehörde USDA* für das Jahr 1998</p> <p>und</p> <p>Auswertung von Anbauversuchen mit herbizidresistenten Sojabohnen in mehreren Bundesstaaten der USA im Jahr 2000 (Sortenprüfungen).</p>	<p>Im HR-System höhere durchschnittlichen Herbizid-Anwendungsrate. (höhere Wirkstoff-Menge pro Flächeneinheit als bei konventionellen Sorten). Es gibt große regionale Unterschiede.</p> <p>Im HR-System werden weniger Herbizidwirkstoffe eingesetzt. Es dominiert Glyphosat.</p> <p>Im pfluglosen Anbau des HR-Systems höhere Herbizidmenge. Bei pfluglosen Anbauverfahren ist generell ein höherer Herbizideinsatz (Anzahl und Menge der Wirkstoffe) erforderlich.</p>	<p>HR-Sojabohnen liefern 5-10% weniger Erträge als vergleichbare konventionelle Sorten.</p> <p>Variation zwischen HR-spezifischen Ertragsverlusten von 12% und Ertragszuwachsen von 5% je nach Standort, Bundesstaat und Reifegruppe der Sorten</p>	
<p>Oplinger et al., (1999)</p> <p>Datenerfassung durch Unternehmen, Züchter, Institute und Experten.</p> <p>Es wurden ca. 3000 Anbauflächen (Sortenprüfungen u.ä.) sowie Anbau-Management-Studien untersucht.</p> <p>Ausgewertet wurden Ertrag, Größe und Aussehen der Pflanzen, Reifegrad, Protein- und Fettgehalt, Krankheitsbefall und Unkrautkontrolle</p>		<p>HR-Sorten haben im Durchschnitt einen 4% geringeren Ertrag.</p> <p>Im Vergleich zu konventionellen Sorten liegen die höchsten Unterschiede bei 13% Mehr- und 14% Minderertrag.</p>	
<p>CLM (2001).</p> <p>Zentrum für Landwirtschaft und Umwelt, Utrecht/NL (CLM). Report im Auftrag einer Arbeitsgruppe aus Vertretern von niederländischen Unternehmens-, Umwelt- und Verbraucherverbänden.</p> <p>Auswertung aller veröffentlichten Studien zum Anbau von HR-Sojabohnen in den USA 1996-2000.</p>	<p>Die Anwendung von HR-Sojabohnen führte zu einem geringfügigem Rückgang im Gesamtverbrauch chemischer Herbizide.</p> <p>Studien über veränderte Herbizidmengen infolge des Anbaus von HR-Soja differieren zwischen einem Rückgang von 40% und einem Anstieg von 7% der in HR-Systemen eingesetzten Herbizidmengen.</p>	<p>Kommerzieller Anbau von HR-Soja zeigte gegenüber konventionellen Sorten leicht ansteigende oder gleichbleibende Erträge;</p> <p>Anbauversuche liefern eher geringere Erträge.</p>	<p>Es gibt keine oder nur geringe Einkommensverbesserungen für die einzelnen Farmer, die eindeutig auf die Anwendung des HR-Systems zurückzuführen und nicht übliche jährliche Schwankungen sind.</p>

*EPA: Environmental Protection Agency

*USDA: United States Department of Agriculture

*FDA: Food and Drug Administration

Die Ergebnisse und ihre Interpretationen hinsichtlich der Erträge und der Herbizid-Aufwandmengen sind uneinheitlich. Nach der Auswertung aller veröffentlichten Studien aus der landwirtschaftlichen Praxis in den USA werden für HR-Sojasorten leicht ansteigende oder gleichbleibende Erträge im Vergleich zu konventionellen Sorten festgestellt; Anbauversuche von Universitäten liefern eher geringere Erträge. Auch die Studien zu den Herbizid-Aufwandmengen in HR-Anbau-

systemen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen: Sie differieren zwischen einem Rückgang von 40% und einem Anstieg von 7% der eingesetzten Herbizidmengen (CLM 2001).

Die Berechnungen der US-Landwirtschaftsbehörde (USDA) auf der Basis amtlicher statistischer Daten zeigen einen konstanten Herbizidverbrauch in den USA im Zeitraum von 1995 bis 1999. Der Herbizideinsatz im Sojaanbau hat sich aber mit Einführung des Anbaus von herbizidresistenten Sojabohnen verändert. Erwartungsgemäß wurden bei Anwendung des HR-Systems deutlich weniger verschiedene Herbizidwirkstoffe eingesetzt. Da die Anbaufläche für HR-Sojabohnen zunahm, stieg in der Folge auch der Einsatz des dazu notwendigen Totalherbizids (Wirkstoff Glyphosat) an und zwar von 20% der Anbaufläche (1995) auf 65% der Anbaufläche (1999). Im HR-System dominiert Glyphosat (Wirkstoff des Totalherbizids *RoundupReady*).

Im Vergleich zu anderen Herbiziden, die im Sojaanbau eingesetzt werden, hat Glyphosat ein besseres Umweltprofil. Dieses wurde anhand eines Messzahl-Konzepts ermittelt, in dem die Auswirkungen des jeweiligen Herbizids auf Wasser- und Bodenorganismen sowie die Grundwasserbelastung erfasst werden (CLM 2001). Die Aufwandmenge anderer Herbizide ging drastisch zurück, z.B. der Einsatz von Imazethapyr – das am stärksten verbreitete Herbizid im Sojaanbau. Es wurde 1995 auf 44% der Sojaflächen eingesetzt, verglichen zu 16% im Jahr 1999 (Carpenter & Gianessi 2001).

Benbrook (2001) kommt nach Auswertung der Daten der US-Landwirtschaftsbehörde USDA für 1998 zu dem Ergebnis, dass der Anbau von HR-Sojabohnen zu höheren Herbizid-Anwendungsraten (Herbizid-Wirkstoffmenge pro Flächeneinheit) führt, da bei HR-Sojabohnen neben dem Total-Herbizid weitere Herbizide eingesetzt werden. Es gibt große regionale Unterschiede. In sechs Bundesstaaten lagen die Herbizid-Raten im HR-System um mehr als 30% über konventionellen Systemen. In fünf Staaten wurden im HR-System geringfügig weniger Herbizide verbraucht, in einem Staat deutlich weniger. In die Untersuchung waren 16 Bundesstaaten, darunter alle großen Sojaanbau-Regionen, einbezogen. Bei der Berechnung der Herbizidmengen wurde nicht berücksichtigt, welche Umweltverträglichkeit die einzelnen Wirkstoffe aufweisen. Benbrook (2001) stützt seine Aussagen zum Herbizidverbrauch auf Vergleiche einzelner Felder. Andere Studien vergleichen durchschnittliche Herbizidmengen.

Nach einer Auswertung der Ergebnisse von Anbauversuchen mit HR-Sojabohnen in mehreren Bundesstaaten aus dem Jahre 2000 (Sortenprüfungen) liefern HR-Sojabohnen 5-10% weniger Erträge als vergleichbare konventionelle Sorten (Benbrook 2001). Verglichen werden die Erträge von HR-Sorten und konventionellen Sorten einer bestimmten Reifegruppe (maturity group). In der Regel lieferten HR-Sorten geringere Erträge. Andere Studien hingegen zeigen auch Ertragszuwächse. Die Ergebnisse differieren zwischen HR-spezifischen Ertragsverlusten von 12% und Ertragszuwächsen von 5%, je nach Standort, Bundesstaat und Reifegruppe der Sorten.

Die Auswertung der Studien zeigt, dass die Ergebnisse von einer Reihe von Faktoren abhängen. Die Güte der Studien hängt maßgeblich davon ab, inwieweit solche Einflussfaktoren im Design Berücksichtigung fanden. Beispielsweise spielen für die Menge der eingesetzten Herbizide die Standortbedingungen eine wesentliche Rolle:

- Umwelt und Ökosystem
 - Welche Unkräuter gibt es vor Ort, welche Schädlinge, Pflanzenkrankheiten?
 - Sind die gentechnisch vermittelten Resistenz-Strategien auch gegen sie wirksam?
- Klima, Boden, Geografische Lage
 - Welchen Einfluss haben Bodenqualität und Klima?
 - Wie sind die geografischen Beschaffenheiten, etwa Höhen- oder Hanglagen?
 - Wie groß sind die Flächen?
- Anbauverfahren und -praxis
 - Wie wird angebaut, welche Düngemittel werden eingesetzt? Gibt es Fruchtwechsel?
 - Was ist mit Größe und Arbeitsweise der landwirtschaftlichen Betriebe?
 - Ist es möglich, die spezifischen Empfehlungen für gentechnisch veränderte Pflanzensorten
 - (z.B. Anwendungszeitpunkt und Dosierung bei Herbiziden, Verzicht auf Insektizide) in der landwirtschaftlichen Praxis tatsächlich einzuhalten?

Zusammenfassend ist festzuhalten:

Die Bewertung von Chancen beruht vor allem auf folgenden Schwierigkeiten:

1. Die Beurteilung der Einzelstudien

- Sind die gefundenen statistischen Effekte signifikant?
- Lassen sich die Befunde kausal interpretieren? (Sind die Effekte auf die gentechnische Veränderung zurückzuführen?)

2. Die Gesamteinschätzung über verschiedene Studien

- Kommen die Studien zu demselben Ergebnis?
- Sind die Studien vergleichbar?
- Wie sind die Einzelstudien zu gewichten?

Die ausgewerteten Studien zeigen, dass es sich nicht um experimentelle Untersuchungsdesigns handelt, sondern entweder um die Auswertung von Freilandversuchen oder um die Auswertung statistischer Daten aus der landwirtschaftlichen Praxis. Es fließen eine Reihe von Einflussfaktoren ein, die im Untersuchungsdesign nicht kontrolliert sind (siehe oben). Darüber hinaus kommen

die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die mangelnde Vergleichbarkeit erschwert eine Gesamteinschätzung.

Um eine fundierte Bewertung treffen zu können, ist deshalb folgende Vorgehensweise notwendig:

- Screening und Systematisierung der Belege (Überblick über alle Befunde),
- Grobe Charakterisierung hinsichtlich der Stärke der Aussagen (empirische Befunde, Experteneinschätzungen, Hypothesen),
- Vertiefte Auseinandersetzung mit der Aussagekraft und der Belastbarkeit der verfügbaren Belege (pro Pflanze und gentechnischer Veränderung; beispielhaft siehe Tabelle 3).

Literatur

Benbrook, C. M. (2001):

Troubled Times Amid Commercial Success for Roundup Ready Soybeans. AgBioTech InfoNet technical Paper Number 4, May 3, 2001. (<http://www.biotech-info.net/troubledtimes.html>)

Brass, J. M.; Hoeks, F.W.J.M.M; Rohner, M. (1997):

Application of Modelling Techniques for the Improvement of Industrial Bioprocesses. *Journal of Biotechnology*, 59, 63-72

Carpenter, J. E.; Gianessi, L. P. (2001):

Agricultural Biotechnology: Updated Benefit Estimates. National Center for Food and Agricultural Policy. (<http://www.ncfap.org>)

CLM (2001):

Agronomic and environmental impacts of the commercial cultivation of glyphosate tolerant soybean in the USA. Zentrum für Landwirtschaft und Umwelt, Utrecht/NL (CLM – Centrum voor Landbouw en Milieu). – Report im Auftrag einer Arbeitsgruppe aus Vertretern von niederländischer Unternehmens-, Umwelt- und Verbraucherverbänden. By C.J.A. Hin (Centre for Agriculture and Environment); P. Schenkelaars (Schenkelaars Biotechnology Consultancy); G.A. Pak (Centre for Agriculture and Environment)

Fernandez-Cornejo, J.; McBride, W. D. (2000):

Genetically Engineered Crops for pest management in U.S. agriculture: Farm level effects. Resource Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 786. James, C. (2001). Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001. ISAAA Briefs No. 24: Preview. ISAAA: Ithaca, NY

OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (1998):

Biotechnologie für umweltverträgliche industrielle Produkte und Verfahren. Wege zur Nachhaltigkeit in der Industrie. Paris: OECD Publications

OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (2001):

The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability. Paris: OECD Publications

Oplinger, E. S.; Martinka, M. J.; Schmitz, K. A. (1999):

Performance of Transgenic Soybeans. Soybean Variety Test Results. Department of Agronomy and Plant Pathology, University of Wisconsin-Madison

Vogel, R. F. (1997):

Fermentative Verfahren unter Anwendung gentechnischer Mikroorganismen. In H. G. Gassen und W. P. Hammes (Hrsg.), *Handbuch Gentechnologie und Lebensmittel* (II.1.2.1, S. 1-18). Hamburg. Behr

Wiedemann, P.; Karger, C.; Brüggemann, A.; Fugger, W.-D. (2000):

Biotechnologie: Innovation und nachhaltige Entwicklung. Zwischenbericht

IX. Arbeitspaket

Nanotechnologien als Schlüsseltechnologien

Torsten Fleischer

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Die Entwicklung, Herstellung und Verarbeitung von neuen Materialien für innovative Anwendungen hat herausragende Bedeutung für viele Technologiefelder und Wirtschaftsbranchen. Neue Materialien bilden die Grundlage für Weiterentwicklungen in praktisch allen wichtigen Technologiebereichen, dabei sind Materialinnovationen eng verbunden mit Innovationen in der Verfahrens- und Fertigungstechnik sowie in der Analytik. Die künftige **wirtschaftliche Entwicklung** steht in engem Zusammenhang mit Innovationen im Werkstoffbereich, zugleich sind die Herstellung von Werkstoffen und ihre Nutzung in Produkten von zentraler Bedeutung für zahlreiche menschliche Aktivitäten. Damit verbundene Fragen haben zahlreiche Anknüpfungspunkte zur Diskussion um nachhaltige Entwicklung.

Die ‚klassische Welt der Materialien‘ wird erweitert durch die Anwendung der **Nanotechnologie**. Diese ist eine Querschnittstechnologie mit weitreichenden Implikationen für andere Technologien und einem hohen antizipierten wirtschaftlichen und forschungsbezogenen Innovationspotenzial. Ihr immanent sind qualitative Verbesserungen bestehender Produkte und Applikationen, sie kann auch zur Konstituierung gänzlich neuer Produkte und Anwendungen führen. Das möglich erscheinende Design von Materialien auf atomarer und molekularer Ebene und damit verbunden die Kontrolle von makroskopischen – ggf. neuen – Produkteigenschaften sowie die weitere Miniaturisierung von Komponenten, Produkten und Verfahren bis hin zum Bau von „Nanomaschinen“ sowohl für Hersteller als auch für Anwender faszinierend. Darüber hinaus werden der Nanotechnologie erheblicher Einfluss auf existierende Technologien sowie das Potenzial zur grundlegenden Veränderung ganzer Technologiefelder (Systeminnovation) und folglich der Status einer Schlüsseltechnologie zugesprochen. Teilweise wird der Nanotechnologie sogar eine epochale Bedeutung zugeschrieben, da sie für zahlreiche Hochtechnologie-Bereiche marktentscheidende Beiträge liefern kann. Man erwartet von ihr einen bedeutenden Einfluss auf den Güter- und Arbeitsmarkt des 21. Jahrhunderts, einige Verfechter sehen sie als Grundlage einer „dritten industriellen Revolution.“

Bei einer detaillierteren Analyse zeigt sich, dass die Nanotechnologie ein diffuser Untersuchungsgegenstand ist. Es gibt keine in der ‚wissenschaftlichen Community‘ allgemein anerkannte klare Definition oder Abgrenzung zu verwandten oder benachbarten Gebieten wie z.B. Mikroelektronik oder Biotechnologie. Problematisch ist zudem, dass der Begriff ‚Nanotechnologie‘ nicht i.e.S. e i n e Technologie oder eine Gruppe von Technologien bezeichnet. In allen gängigen ‚Definitionen‘ von NT sind ein Größenbereich (etwa zwischen 0,1 und 100 nm) und/oder die aus der Miniaturisierung resultierenden Effekte, insbesondere Quanteneffekte, die bestimmenden Merkmale. Einige Definitionen schließen explizit auch die Anwendung dieser Techniken mit ein.

Auf der Anwendungsseite weist das ‚Nano‘-Feld ein breites Zeitspektrum auf. Bestimmte seit Jahren etablierte Produkte und Prozesse werden heute als nanotechnologisch angesprochen. Einige neue NT-(Vor-) Produkte sind bereits auf dem Markt, der Großteil der Entwicklungen befindet sich allerdings noch in der Anfangsphase. Das Gebiet ist in seiner Breite eher noch durch Grundlagenarbeiten gekennzeichnet, für die (bestenfalls) grob skizzierte Produkt- und Anwendungsideen existieren. Das ist insbesondere deshalb von Belang, weil Chancen und Risiken neuer Technologien fundiert nur in Anwendungskontexten untersucht werden können.

Hinzu kommt, dass Nanotechnologie eine ‚enabling technology‘ ist, die in nur wenigen Fällen einen unmittelbaren Produktbezug hat. Für den Nutzer steht die Funktionalität eines neuen

bzw. weiterentwickelten Systems oder Produkts im Vordergrund, die dahinter stehenden Werkstoff- und Verfahrensinnovationen werden in der Regel nicht wahrgenommen. Viele Fortschritte bei bekannten Produkten und Technologien, aber auch neuartige Produkt- und Prozessinnovationen bis hin zu Umwälzungen ganzer Schlüsseltechnologiefelder (Elektronik, Biotechnologie), werden auf nanotechnologiebasierten Materialien oder Verfahren beruhen. Es sind aber weniger die Nanomaterialien und -technologien selbst, die beträchtliche ökonomische und damit verbunden auch soziale, institutionelle und ökologische Konsequenzen haben werden. Von weitaus größerer Bedeutung dürfte deren Nutzung in neuen Produkten oder Technologien, deren Realisierbarkeit noch ungewiss ist und deren Ausgestaltung sich erst in Ansätzen erkennen lässt. Durch diese Situation werden quantitativen oder gar auf empirischen Daten aufbauenden Vorhaben und Verfahren enge Grenzen gesetzt.

In einer groben Systematik lassen sich für die Analyse von Innovationseffekten der Nanotechnologie drei Ansätze unterscheiden, die zusammen mit einigen für die Analyse von Effekten in Bezug auf Nachhaltigkeit relevanten Charakteristika in nachstehender Tabelle zusammengefasst sind:

	Zeithorizont	Informationen-Verfügbarkeit	„Wirkungs“-Potenzial	analytische Vergleichsbasis
<i>I: Nanotechnologie als ‚unterstützende‘ Technologie bei Prozess- und Materialinnovationen für existierende bzw. in der Entwicklung befindliche Produkte und technische Systeme</i>	(kurz- und) mittelfristig	qualitativ: gut quantitativ: eingeschränkt	mittel	gut
<i>II: Nanotechnologie als ‚enabling technology‘ für neue Produkte und Verfahren</i>	mittel- bis langfristig	qualitativ: eingeschränkt quantitativ: kaum belastbar	mittel - hoch	kaum vorhanden
<i>III: Nanotechnologie als Voraussetzung für Systeminnovationen</i>	langfristig	qualitativ: hoch spekulativ quantitativ: keine	hoch	nicht möglich

Eine generalisierte Diskussion von Chancen und Risiken der Nanotechnologie, erscheint nicht geeignet und nicht problemadäquat. Vielmehr können Potentiale und Probleme der Nanotechnologie in Bezug auf die Dimensionen der Nachhaltigkeit nur bei konkreten Produktinnovationen und deren Nutzung in spezifischen Anwendungsfeldern detaillierter betrachtet werden. Deshalb bietet sich deshalb zunächst eine Konzentration auf die in der Studie vertieft behandelten Schlüsseltechnologien und Aktivitätsfelder an. Eine vorläufige Übersicht von Entwicklungen im Bereich der Nanotechnologie, die für die im Rahmen der Untersuchung Schlüsseltechnologien von Bedeutung sein dürften, geben die beiden nachstehenden Tabellen. Ergänzend aufgenommen wurden – im Vorhaben nicht vertiefend behandelte – Bereiche, in denen ein großes Einsatzpotential der Nanotechnologie erwartet wird (Medizintechnik und Gesundheitswesen, Komponenten für die Informations- und Kommunikationstechnik sowie Konstruktionsmaterialien). Nach dem derzeitigen Diskussionsstand sind gerade in diesen Bereichen wichtige Auswirkungen in Bezug auf die Nachhaltigkeitsregeln sowie potentielle Sekundäreffekte – in anderen Technologiefeldern, aber auch in nichttechnischen Bereichen – zu erwarten.

	Mobilität	Bauen und Wohnen	Landwirtschaft und Ernährung	(Gesundheit)
Nanomaterialien (Partikel, Röhren, molekulare Systeme)	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Konstruktionsmaterialien • Funktionelle Schichten • Farbeffektlacke und -schichten • Gasspeicher • Reibarme Lager 	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Konstruktionsmaterialien • Funktionelle Schichten • Lichtquellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Pharmakopositionierung • Marker 	<ul style="list-style-type: none"> • Pharmakopositionierung • Nanoemulsionen • Pflege-, Schutz- und Effektpigmente • Marker • Therapie
Ultradünne Schichten	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Konstruktionsmaterialien • Elektrochrome Beschichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Konstruktionsmaterialien • Elektrochrome Beschichtungen • Folien für Lichtmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Biokompatible Oberflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Biokompatible Oberflächen
laterale Strukturen (< 100 nm)	<ul style="list-style-type: none"> • Einspritzsysteme (mit Nanolöchern) • Verschleissensorik • Partikelfilter 	<ul style="list-style-type: none"> • Partikelfilter 	<ul style="list-style-type: none"> • Ultrafiltration • nm-Elektroden und Kapillare 	<ul style="list-style-type: none"> • Si-Organik-Kopplung • Ultrafiltration • nm-Elektroden und Kapillare
Mikro- und Nanosysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Gasaufbereitung • Accelerometer • Sensorik • Kommunikation und Unterhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikationstechniken • Unterhaltung • Sensorik 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanomaschinen • Sensorik und Diagnostik • DNA-Analyse • ‚Lab-On-A-Chip‘ • Wirkstoffforschung • ‚Elektronische Nase‘ • Mikroreaktoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Medizinische Nanomaschinen • Diagnostik • DNA-Analyse • Neuroprothesen und künstliche Organe • ‚Lab-On-A-Chip‘ • Wirkstoff- und Kosmetikforschung • chirurgische Instrumente

	Energie	<i>(Informations- und Kommunikationstechniken)</i>	Biotechnologie	Konstruktionsmaterialien
Nanomaterialien (Partikel, Röhren, molekulare Systeme)	<ul style="list-style-type: none"> • Gasspeicher • Photovoltaik-Zellen • Batterien / Brennstoffzellen / Kondensatoren • neue Leitermaterialien • funktionelle Schichten 	<ul style="list-style-type: none"> • Induktive Bauelemente • Quantenbauelemente • NLO-Bauelemente • Metallpigmente für Datenspeicher • Aufbau- und Verbindungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkstoffforschung • Prozesstechnik • Supramolekulare Einheiten • Katalysatoren • Membrane 	<ul style="list-style-type: none"> • Keramikbauteile • Leichtbaumaterialien • Superharte Legierungen • Verbund- /Gradientenwerkstoffe
Ultradünne Schichten	<ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaik-Zellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Schreib-Lese-Köpfe (GMR-Effekt) • Datenspeicherschichten • Photonik-Bauelemente • Vertikale CMOS-Elemente • Wafer-Bonding • Quantum-Well-Laser • Funktionale Schichten • Sensoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusionsschichten • Photosyntheseschichten • Sensoroberflächen • Katalytisch wirkende Oberflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Polymerschichten • Gradientenschichten • Schichtnachbehandlung • Korrosionsschutzschichten
laterale Strukturen (< 100 nm)	<ul style="list-style-type: none"> • Gasaufbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Datenspeicher / Terabit-Chip • Quanten- / Opto- / Molekularelektronik • Lithografiemasken • Strukturierte Schreib-Lese-Köpfe • Granulare GMR-Elemente • Biomolekulare Informationsverarbeitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Si-Organik-Kopplung • Biomolekulare Informationsverarbeitung 	

X. Arbeitspaket

Schlüsseltechnologien „Informations- und Kommunikationstechnologien“

Peter Dippoldsmann, Michael Paetau, Anita Poppenburg
Fraunhofer-Institut für Autonome intelligente Systeme (AiS)

In dem Arbeitspaket werden die auf IuK-Techniken bezogenen Erwartungen für eine nachhaltige Informations- oder Wissensgesellschaft einer exemplarischen Analyse unterzogen. Im Zentrum steht die Frage nach den Unterstützungsmöglichkeiten für Wissensnetzwerke. Ausgangspunkt für diese Fragestellung war die Prämisse, dass im Rahmen der für eine nachhaltige Entwicklung als unabdingbar angesehenen institutionellen Innovationen, insbesondere im Rahmen von weltweit aufzubauenden tripolaren Governance-Strukturen (Regierungen, Unternehmen, Zivilgesellschaft) zivilgesellschaftliche *Nachhaltigkeitsnetzwerke* eine zunehmende Bedeutung besitzen werden. In diesem Zusammenhang wird den Informations- und Kommunikationstechnologien insbesondere für die Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien eine große Rolle zugesprochen. Die potentiellen Einsatzmöglichkeiten werden im Monitoring von ökologischen und sozialen Problemlagen, der Verarbeitung, Modellierung und Archivierung von nachhaltigkeitsrelevanten Daten und ihrer Transformation in relevante Entscheidungsinformationen, der Visualisierung und Präsentation von komplexen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, der Aufbereitung für Planungs- und Entscheidungsprozesse, der betrieblichen Nachhaltigkeitsberichterstattung sowie in der gesellschaftlichen Kommunikation über Strategien und Handlungsziele gesehen. Große Erwartungen werden auf informationstechnisch gestützte Netzwerke gesetzt, in denen partikular erzeugtes und dezentral gesammeltes Wissen über Probleme und Problemlösungsalternativen gesellschaftlich verfügbar gemacht wird und in konkrete Entscheidungsprozesse – wo immer in der Welt – einfließen kann. Diese Erwartungen werden im allgemeinen mit der Vision einer globalen Informations- oder Wissensgesellschaft zum Ausdruck gebracht.

Eine Potentialanalyse unter dem Gesichtspunkt der Erhöhung der institutionellen Innovationsfähigkeit und der Erweiterung des Wissens über den institutionellen Handlungs- und Gestaltungsbedarf der Gesellschaft ist mit folgendem Problem konfrontiert: Die Semantik des Wortes Potenzial (Leistungsfähigkeit) beinhaltet den Anspruch, eine Aussage zu treffen über eine Möglichkeit, die zur Wirklichkeit werden kann. Sie impliziert die Einheit von Möglichkeit und denkbarer Realisierung dieser Möglichkeit: Die technische Möglichkeit muss unter dem Blickwinkel ihrer möglichen realen Einbettung in und Anwendung auf ein konkretes gesellschaftliche Anwendungs- und Aktivitätsfeld der Wissensnetzwerke untersucht werden. In unserer Analyse haben wir uns auf zwei exemplarische Untersuchungsfelder konzentriert: erstens auf Selbsthilfenetzwerke von PatientInnen im Gesundheitswesen und zweitens auf kommunale Netzwerke im Rahmen lokaler Agenda 21-Prozesse.

1. Selbstorganisation und Selbsthilfe von PatientInnen

1.1. Zukunftsfähige Gestaltbarkeit der IuK-Technologie

Die Frage nach den Potentialen der IuK-Technologie und ihrer iuk-technischen Artefakte ist zu differenzieren in die Frage nach dem Einsatz und den Folgen vorgegebener iuk-technischer Artefakte und ihrer möglichen Leistungsfähigkeit für institutionelle Innovationen einerseits. Andererseits ist zu fragen, ob die IuK-Technologie offen ist für eine – an einen veränderten institutionellen Gestaltungs- und Handlungsbedarf – angepasste Gestaltung und Konstruktion iuk-technischer Unterstützungsinstrumente.

Die erste Frage fokussiert auf die Wirkungs- und Folgenanalyse einer gegebenen IuK-Technik (zu ihrer Reichweite vgl. 1.3.). Bei der zweiten Frage steht die Technikgenese als ein sozialkonstruktiver Prozess im Vordergrund, in dem die technischen Artefakte als Produkte sozialen Handelns entstehen. Diese über eine iuk-technische Wirkungs- und Folgenanalyse hinausgehende technikgenetische Betrachtungsweise setzt die Definition voraus, welchen Anforderungen die Artefakte genügen sollen und wie dieser Definitions- und Konstruktionsprozess zu gestalten ist. Technik ist in dieser Sicht nicht Ausdruck einer Herrschaft der Sachzwänge und technischen Logik. Ihre Konstruktion und Durchsetzung ist kein Selbstlauf, sondern von sozialen Bedingungen abhängig und muss gesellschaftlich durchgesetzt werden.

Der Begriff der IuK-Technologie kann generell verstanden werden als Gesamtheit der Methoden, Instrumente und Verfahren des informatischen/ingenieurwissenschaftlichen Gebietes und Aktivitätsbereichs (hier Information/Wissen/Kommunikation). Auf dieser Basis sind iuk-technische Artefakte als die konkret konstruierte Einheit zweckmäßig ausgewählter Mittel, Verfahren, Fertigkeiten und Prozesse zu verstehen, die notwendig sind, um die definierten Ziele und Anforderungen zu erreichen.

Im Zentrum der IuK-Technologie für selbstorganisierte Wissensnetzwerke steht die Transformation gesellschaftlicher Informations-, Kommunikations- und Interaktionsbeziehungen oder Handlungszusammenhänge in eine artefaktische Form und deren Rückbezug auf ihre Gesellschaftlichkeit. Sie repräsentiert damit ein mehr oder weniger offen konstruiertes oder festgelegtes, ausgewähltes Set von Möglichkeiten gesellschaftlicher Strukturierung, Steuerung, Beziehungen/Interaktionen, Kommunikationen usw. Ihre Transformation in ein technisches Artefakt hat gleichzeitig die Konsequenz, dass sie Gesellschaftlichkeit in spezifischer Weise formt, also selbst die gesellschaftliche Konstitution und Steuerung verändert bzw. in einem bestimmten Rahmen (z.B. die Anschluss- und Ausschlussfähigkeit von Individuen zur Systemumwelt) festlegt. Die IuK-Technologie und ihre Artefakte sind also aufgrund des immanenten Reflektionsprozesses der gesellschaftlichen Grundlagen im Konstruktions- und Gestaltungsprozess in hohem Maße gestalterisch ausdifferenzierbar. Sie ermöglichen für die jeweiligen Anwendungsfelder unterschiedliche Optionen und Alternativen, da sie schon im sozialen Entstehungsprozess der Technik angelegt sind und von der gesellschaftlichen Einbettung und den angezielten institutionellen Rahmenbedingungen geprägt sind. Der sozialkonstruktive Charakter der IuK-Technik erweitert den Handlungs- und Gestaltungsspielraum. Technische Artefakte können gezielt als technische Rahmenbedingung für institutionelle Innovationen entwickelt werden.

Die genetische Sichtweise der IuK-Technik als soziales Konstrukt und sozialkonstruktiver Prozess eröffnet grundsätzlich den Diskurs für einen gesellschaftlichen Such-, Lern- und Erfahrungsprozess, indem er die technische Sachzwanglogik überwindet und die Perspektive für alternative technische und soziale (z.B. genderperspektivische) Gestaltungsoptionen und -alternativen erweitert.

1.2. Zur Erforderlichkeit eines genderperspektivischen institutionellen und technologischen Entwicklungsbedarfs

Der Status Quo zur Berücksichtigung der Genderperspektive kann kurz als „Blindheit der Technologie und der Wissenschaft gegenüber der Geschlechterfrage“ charakterisiert werden (Gemeinschaften 2001). Insbesondere ist im Bereich der IuK-Schlüsseltechnologien bzw. der Informatik die Einsicht in die genderperspektivische Notwendigkeit noch kaum entwickelt (Genrich 2000; Dippoldsmann und Genrich 2001a):

Noch immer wird die Bedeutung der Genderperspektive – wenn sie überhaupt wahrgenommen wird – einseitig auf die Berücksichtigung spezieller Frauenprobleme reduziert. Die andere Seite des den „Frauenproblemen“ zugrundeliegenden Geschlechterverhältnisses, der Mann, wird ausgeblendet und so eine geschlechtsneutrale Weltsicht und Beobachterperspektive konstruiert. Die Frage spitzt sich zu, wenn sie in den Zusammenhang mit Sustainable Development gestellt wird: Sustainable Development als gestaltende und innovative Veränderung der alltäglichen gesellschaftlichen und individuellen Lebens- und Re-Produktionsverhältnisse zielt auf die Neugestaltung des bipolarisierten modernen Natur- und Geschlechterverhältnisses. Das „alltägliche Leben (ist) ebenso wie ... Forschung und Entwicklung keine politikfreie Zone, sondern eine Arena der Geschlechterpolitik“ (Conell 1999). Mit wechselnden Praktiken werden die Verhältnisse der Geschlechter zueinander immer wieder bestätigt, neu konstruiert und institutionell festgeschrieben. Insofern bedeutet Sustainable Development Geschlechterpolitik und erfordert die Integration der Genderperspektive in alle Aktivitäten.

Im Zentrum des Gender Mainstreaming steht die gesellschaftliche Strukturkategorie Gender. Sie ist inhaltlich und strategisch von entscheidender gesellschafts- und wissenschaftspolitischer Bedeutung. Geschlechtsspezifische Unterschiede sind struktureller Art. Weder Männer noch Frauen können wie eine von vielen, spezifischen Interessengruppen behandelt werden. Das soziale Geschlecht beeinflusst und verstärkt Unterschiede und Verletzlichkeiten durch andere strukturelle Unterscheidungen, wie Rasse/ethnische Herkunft, soziale Klasse, Alter, Behinderungen, sexuelle Ausrichtung, usw. Politiken, die als geschlechtsneutral erscheinen, können aufgrund der Unterschiede von Männern und Frauen diese in unterschiedlicher Weise beeinflussen und bestehende Ungleichheiten verstärken. Politiken sind meist geschlechtsrelevant.

Gleichstellungspolitik als strategisches Konzeptes der Förderung von, für und über Frauen hat Konsequenzen auf drei Ebenen. Mit Blick auf Sustainable Development geht es darum,

- Geschlechterpolitik zu machen (doing gender/gendering the Mainstream),
- die nicht nur Top-Down orientiert ist, sondern auch die AkteurInnen Bottom-Up fördert und systematisch einbezieht und
- die genderperspektivisch-kritisch vorhandenes Wissen weiterentwickelt, neue Informationen und neues Wissen (re-) produziert sowie für die Sensibilisierung für und Verbreitung dieses Wissens sorgt.

Die Fokussierung nur auf eines der Geschlechter kann begründet sein, so z.B. in der Medizin (Schwangerschaft). Auch in den Sozialwissenschaften können Erfahrungen, Verhalten und Ansichten von VertreterInnen eines Geschlechts begründeter Gegenstand spezifischer Unter-

suchungen sein. Wissenschaftlich und medizinisch untragbar ist es jedoch, die Ergebnisse einer solchen geschlechtsspezifischen Sichtweise auf beide Geschlechter zu übertragen. Zum Beispiel werden Frauen durch Methoden der medizinischen Forschung, die Frauen nicht einbeziehen, in Gefahr gebracht: „Im Jahre 1981 lief eine Studie von 22 000 Ärzten an, die deutlich machte, dass ein Aspirin alle zwei Tage sich günstig auf Herzkrankgefäßerkrankungen auswirkt. In diese Studie wurde nicht eine einzige Frau einbezogen. ... Männliche Freiwillige und Patienten sind routinemäßig Studienobjekte der medizinischen Forschung, was zu nicht optimalen Therapien bei Frauen (beispielsweise bei Patientinnen mit kardiologischen Erkrankungen) und gleichzeitig zur nicht optimalen Medikamentendosierung bei Frauen und älteren Menschen führte, da sich die meisten pharmakologischen Studien männlicher Freiwilliger bedienen“ (ETAN) 2001). Um eine solche methodische Vorgehensweise zukünftig zu verhindern, institutionalisierte 1999 der Medizinische Forschungsrat Schwedens ein Konzept, wonach für Vorhaben im Zusammenhang mit lediglich einem Geschlecht (in der Regel Männer) grundsätzlich keine Forschungsgelder vergeben werden sollen. Andernfalls muss begründet werden, warum sich die Untersuchung auf nur ein Geschlecht konzentriert.

Insbesondere für das Aktivitätsfeld Gesundheit ist schon lange bekannt, dass es gendered ist: „That health is gendered has long been understood. Women and men have different rates of different diseases, seek medical care differently and in differing amounts, and are unequally affected by global health intervention strategies. ... the major obstacles to women's improved health care is the same obstacle that inhibits men's adequate use of available health care systems“ (Greig, et al. 2000). Ebenfalls bekannt ist, dass die Chancen zur Selbstorganisation und Einflussnahme zwischen Männern und Frauen ungleich verteilt sind (Glade and (IES) 2001); (Heinze, et al. 1997); (Keupp o.J.). Sustainable Development „requires more than a focus on women, ...; what is also needed is a focus on men“: „Overcoming male bias is not simply a matter of persuasion, argument, and change in viewpoint in everyday attitudes, in theoretical reasoning and in policy process. It also requires changes in the deep structures of economic and social life, and collective action, not simply individual action“ (Greig, et al. 2000).

1.3. Reichweite iuk-technischer Vernetzungen für eine Bottom-up Selbstorganisation und Selbsthilfe von PatientInnen

Es gibt inzwischen eine starke Präsenz von Selbsthilfe-Angeboten im Internet: Eine kurze Suche z.B. bei Yahoo Deutschland nach ‚Selbsthilfe‘ brachte April 2000 Hinweise auf 435 Web-Sites, bei Inktomi 6.671 und bei Altavista 36.000 Treffer. Im November 2001 waren es bei Yahoo auf 63900 deutschsprachige AnbieterInnen (Deutschland, Österreich, Schweiz), bei Altavista 238230 und bei Google 156000 Hinweise.

Generell gibt es bei der Selbsthilfe in Deutschland eine Entwicklungsschere. Die Präsenz Selbsthilfekontaktstellen im Internet ist auf der Ebene der örtlichen Selbsthilfeunterstützenden Einrichtungen (Selbsthilfekontaktstellen) noch eher gering; von 236 örtlichen Einrichtungen verfügen nur 50 über eine Internetadresse (= 21,2%) und nur ein knappes Viertel (57 = 24,2%) über eine E-Mail-Adresse (Stand: 11.04.2000). Auf örtlicher/Landesebene gibt es jedoch eine Entwicklung zu örtlichen/regionalen/landesweiten Verbundsystemen, die vielerorts noch am Anfang stehen. Die Präsenz der Bundesvereinigungen/Dachorganisationen/Dachverbände der Selbsthilfe im Internet ist deutlich größer als die der Selbst-

hilfekontaktstellen: Von 334 solcher Vereinigungen, Verbände, Organisationen verfügt inzwischen annähernd die Hälfte über eine Internetadresse (162 von 334 = 48,5%) und mehr als die Hälfte (181 = 54,2%) über eine E-Mail-Adresse (Stand: 11.04.2000). Außerdem gibt es einige themenübergreifende und themenspezifische Foren.

Wie groß die Zahl der NutzerInnen von Selbsthilfe-Informationsangeboten im Internet ist, ist nicht abzuschätzen, da die Messverfahren weder einheitlich noch verlässlich sind.

Überwiegend genutzt werden von den Selbsthilfevereinigungen/-organisationen und Kontaktstellen der elektronischer Briefverkehr/Datenaustausch (E-Mail), themenzentrierte Diskussionsforen (Newsgroups) oder Chatrooms und das WorldWideWeb zur Selbstdarstellung, Kontaktvermittlung, Information und Öffentlichkeitsarbeit sowie für interaktive Zwecke (z.B. gemeinsam genutzte und gepflegte Datenbankanbindungen) und für Verweise auf andere Seiten (Links). Aufgebaut werden auch Intranets zur Kommunikation innerhalb der Organisation/Vereinigung.¹⁹

Trotz des relativ fortgeschrittenen Einsatzes vernetzter iuk-technischer Unterstützungsinstrumente in Selbstorganisationsprozessen der Selbsthilfe nach innen und in die Systemumwelt und nicht zu unterschätzender Erleichterungen z.B. beim Zugang und bei der Verteilung zu Informationen, einer schnelleren formalen Organisation von Informations- und Kommunikationsprozessen und der Öffentlichkeitsarbeit, lässt diese empirische Situation einerseits keine verlässliche Einschätzung zu, ob und wenn ja diese IuK-Techniken selbstorganisierte Kommunikationsverhältnisse und Wissensnetzwerke unterstützen. Andererseits ermöglicht eine kritische Reflektion dieser empirischen Situation, Ansatzpunkte für weiteren institutionellen und iuk-technischen Entwicklungsbedarf zu identifizieren.

Schon die Güte der Informationen und der Kommunikationsangebote ist nicht leicht zu beurteilen. Noch schwieriger wird eine Einschätzung, welchen Beitrag diese Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten für Wissensprozesse und ihre vorausgesetzten symmetrischen Kommunikations- und Selbstorganisationsprozesse bedeuten, durch die Informationen erst zu pragmatisch relevanten Selbsthilfeinformationen werden, die dann wiederum zu individuellem und sozial explizitem Wissen werden können. Irreführend ist es, wenn AnbieterInnen den Selbsthilfebegriff als Wortbestandteil in ihrer Internetadresse verwenden, ohne eine Selbsthilfevereinigung oder eine Selbsthilfekontaktstelle zu sein. So hat beispielsweise der Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie (BPI) – Partner der Selbsthilfe die Internetadresse: www.selbsthilfe.de.

1.4. Weiteres Vorgehen

In den weiteren Arbeiten wird der begonnene Überblick über die empirische Situation über selbstorganisierte Selbsthilfe im Gesundheitssystem fortgesetzt. Insbesondere die Nutzung iuk-technischer Instrumente hinsichtlich Umfang und Reichweite wird erhoben. Es werden die Grenzen und Reichweite des Status Quo selbstorganisierter Selbsthilfe dargestellt und an einem zukunftsfähigen Gesundheits- und Selbsthilfebegriff gemessen. Anhand eines erwei-

¹⁹ Zu denkbaren Chancen und Risiken für die Arbeit der selbstorganisierten Selbsthilfe vgl. beispielhaft [Thiel, 2000a #147; Thiel, 2000b #152]

terten salutogenetischen Gesundheitsbegriffs werden Voraussetzung für Autonomie und Selbstregulation in diesem Bereich ausgearbeitet und Schlussfolgerungen für eine iuk-technische Unterstützung gezogen.

2. Wissensnetzwerke in Prozessen der Lokalen Agenda 21

2.1. Die Anforderungen an die Gestaltung zukunftsfähiger Wissensnetzwerke im Rahmen lokaler Agenda 21-Prozesse

Die Bedeutung von gesellschaftlichen Netzwerkstrukturen als Form politischer Steuerung wurde in den letzten Jahren zunehmend untersucht (vgl. z.B. Mayntz/Scharpf 1995; Pappi 1993) und auch in der Ökonomie wird das Phänomen Netzwerkstrukturen als zunehmend relevant bewertet (vgl. Noriah/Eccles 1992; Sydow 1992). Gerade die Wirtschaftswissenschaften sprechen Netzwerken auch besondere Fähigkeiten bei der Verarbeitung und Generierung neuen Wissens zu (Rehäuser/Krcmar 1996; Högberg/Edvinson 1998; Powell 1998).

Im Zusammenhang mit lokalen Agenda 21-Prozessen spricht Dangschat davon, „dass der Agenda 21-Prozess eine völlig neue Herausforderung für das Schaffen von Informationen und Wissen, dessen Transfer und Vernetzung, für Kommunikationsstile und Gruppenlobbyismus bedeutet. Hier deuten sich völlig neue Professionalisierungen bezüglich des Informations- und Wissensmanagements an, die über die gegenwärtigen Techniken weit hinausreicht“ (Dangschat 1998, S.189).

Wissen wird in diesem Zusammenhang gesehen als Problemlösungsfähigkeit (Probst u.a. 1999), als „information combined with experience, context, interpretation, and reflection“ (Davenport/De Long/Beers 1998), als „Möglichkeit, etwas in Gang zu setzen“ (Bechmann/Stehr 2000).

Zukunftsfähige Wissensnetzwerke in diesem Sinne müssen sowohl explizites als auch implizites Wissen einbeziehen und Strukturen entwickeln müssen, die helfen, das Wissen und die Erfahrungen der Akteure greifbar und austauschbar zu machen. Es geht dabei um mehr als das bloße Zusammentragen von Daten und Informationen, sondern um das Stimulieren von Wissensgenerierungs- und Austauschprozessen.

Dafür sind generell zwei Aspekte von besonderer Bedeutung: die institutionellen Rahmenbedingungen, die die strukturellen und kulturellen Dimensionen umfassen und die Wissensprozesse im Sinne der Interaktions- und Kommunikationsprozesse auf den verschiedenen Ebenen. Nur durch die Betrachtung der Kommunikationsverhältnisse in „communities of practice“, in diesem Fall von Netzwerken, die sich im Rahmen lokaler Agenda-Prozesse bilden, kann man die Frage beantworten, wie sich Wissen um die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung als Ergebnis eines kollektiven Lernprozesses generieren kann.

2.2. Methodisches Vorgehen

Um die Frage der Potenziale der IuK-Technik zum Aufbau zukunftsfähiger Kommunikationsverhältnisse im Kontext von Prozessen der Lokalen-Agenda-21 zu untersuchen, entschieden wir uns für ein diskursives Verfahren. Vor allem wegen des normativen Charakters der Nachhaltigkeitsdebatte wollten wir uns bei der Entwicklung des Forschungsdesigns auf Diskursdaten von beteiligten Akteuren stützen. Aus diesem Grund führten wir einen Workshop mit Experten im Bereich der lokalen Agenda 21 durch. Experten kamen aus den Bereichen der entwicklungspolitischen Bildungsarbeit, der Umweltbildung, der Friedensarbeit, der Forschung, der regionalen Akteurskoordination. Die Experten wurden mit einer Liste von Nachhaltigkeitsregeln konfrontiert, die zuvor in Zusammenarbeit mit Partnern aus anderen Forschungseinrichtungen des HGF-Verbundprojektes als gemeinsame konzeptionelle Basis entwickelt worden war (Kopfmüller 2001). In diesem Konzept waren insgesamt 15 substantielle und 10 instrumentelle Nachhaltigkeitsprinzipien entwickelt worden. Im Zusammenhang der hier skizzierten Analyse konzentrierten wir uns vor allem auf die instrumentellen Prinzipien, d.h. auf die Frage nach den gesellschaftlichen Voraussetzungen und Formen nachhaltiger Entwicklung (vgl. Kopfmüller et al. 2001). Diese – von konkreten Kontexten und Situationen abstrahierenden – Nachhaltigkeitsregeln wurden in dem Workshop auf die Operationskontexte der anwesenden Akteure bezogen und dienten der Ausarbeitung einer Reihe von (mehr oder weniger konkreten) Anforderungen, mit denen die anwesenden Experten ihre Visionen von Informations- und Kommunikationsverhältnissen skizzierten. Wir wollten von den ExpertInnen wissen, wie aus ihrer Sicht Kommunikations*verhältnisse* gestaltet sein müssten, um nachhaltige gesellschaftliche Veränderungsprozesse anzustoßen?

Dieser Workshop stellte den Anfang einer partizipativen Öffnung des Forschungsprozesses dar, die das Ziel hatte, einen gemeinsamen Dialog zwischen Agenda- und Technik-ExpertInnen zu initiieren (Poppenborg 2001). Der IuK-Technologie wurde in diesem Ansatz die Rolle eines Unterstützungsinstrument, eines Enablers zugewiesen, welcher sich in seiner Anwendung und Weiterentwicklung an den Anforderungen der Praxis orientiert muss. Aus diesem Grund fand der erste ExpertInnen-Workshop im Juni 2001 ausschließlich mit Agenda-ExpertInnen statt, um vor dem Hintergrund der konkreten Projekterfahrungen die oben genannte Frage zu reflektieren.

Die ursprüngliche Planung, die IuK-Experten in einen Workshop mit den Anforderungen der Agenda-Experten zu konfrontieren, ließ sich leider nicht realisieren. Es war nicht möglich, in der uns zur Verfügung stehenden Zeit alle Experten zu einem gemeinsamen Termin zusammenzukriegen. Wir entschlossen uns deshalb zu einer Veränderung der Methode und führten Einzelgespräche (Experteninterviews) durch.

Es wurden insgesamt elf Interviews durchgeführt, in denen wir von Experten aus unterschiedlichen IuK-Bereichen erfahren wollten, inwieweit sie sich eine sinnvolle Unterstützung der von den Agenda-Experten aufgestellten Anforderungen vorstellen konnten.

Die befragten Experten repräsentieren sehr unterschiedlichen Informatik-Teilbereiche. Die Expertisen erstrecken sich von Betrieblichen Umweltinformationssystemen, Geographischen Informationssystemen, bis hin zu Simulationssystemen und agentenbasierte Informations- und Kommunikationssysteme. Nicht alle der befragten Experten entwickeln oder forschen in Anwendungsbereichen, die man der Nachhaltigkeitsforschung zurechnen könnte. Viele hatten

zwar einen moralisch affirmativen Bezug zu dem Thema, was sich jedoch nicht unbedingt in einer professionellen inhaltlichen Hinwendung manifestierte. In der Regel war es aber für diesen Personenkreis kein Problem, einen gedanklichen Bezug zwischen den beiden Bereichen herzustellen.

In einem weiteren Workshop, der im Frühjahr 2002 stattfindet, werden beide Gruppen anwesend sein und die Ergebnisse diskutieren.

2.3. Erste Ergebnisse

Am ersten Workshop nahmen 10 Agenda-ExpertInnen teil, die in unterschiedlicher Art und Weise gesellschaftliche Veränderungsprozesse anstoßen, managen und begleiten. Es war uns besonders wichtig unterschiedliche VertreterInnen der kommunalen Praxis zusammenzubringen. So diskutierten unter anderem Akteure aus der umweltpädagogischen und der entwicklungspolitischen Bildungsarbeit miteinander, zwei Bildungsbereiche, die in der Praxis häufig noch sehr unberührt nebeneinander stehen. Die Agenda-ExpertInnen stellten „best-practice-Beispiele“ unter dem Aspekt der Gestaltung zukunftsfähiger Kommunikationsverhältnisse vor. Diese konkreten Projektbeispiele wurden von den TeilnehmerInnen diskutiert und zu 11 Anforderungen für die Gestaltung zukunftsfähiger Kommunikationsverhältnisse abstrahiert.

1. Kommunikationsverhältnisse müssen das scheinbar Bekannte neu sehen und lernen lehren
2. Kommunikationsverhältnisse müssen Macht- und Entscheidungsstrukturen transparent machen, (um Kooperationen zu ermöglichen)
3. Kommunikationsverhältnisse müssen Ambivalenzen und Unsicherheiten aushalten
4. Kommunikationsverhältnisse müssen Phantasie für Lösungen mobilisieren
5. Kommunikationsverhältnisse müssen bereitgestelltes Wissen zugänglich machen
6. Kommunikationsverhältnisse müssen ganzheitlich gestaltet sein
7. Kommunikationsverhältnisse müssen fehlertolerant sein und die Möglichkeit enthalten, Missverständnisse auszugleichen
8. Kommunikationsverhältnisse müssen Menschen in ihren Alltagserfahrungen ansprechen und sinnvolles Handeln ermöglichen
9. Kommunikationsverhältnisse müssen durch gleiche Kommunikationsbedingungen für alle Beteiligten geprägt sein.
10. Kommunikationsverhältnisse müssen der Selbstdarstellungs- und Erhaltungstendenz von Gruppen Rechnung tragen
11. Die Rahmenbedingungen für Kommunikationsverhältnisse müssen institutionalisiert sein.

Für die teilnehmenden ExpertInnen waren dies die zentralen Anforderungen an die Gestaltung von zukunftsfähigen Kommunikationsverhältnissen im Rahmen lokaler Agenda 21-Prozesse. Es zeigen sich deutliche Berührungspunkte, aber auch Ergänzungen zu denen, im Rahmen des HGF-Projektes formulierten, institutionellen Anforderungen Resonanzfähigkeit, Reflexivität, Machtausgleich, Selbstorganisation, Steuerungsfähigkeit und Erwartungskonformität (vgl. Jörissen u.a. 1999). Vor allem die beiden Anforderungen 3 und 7 nennen einen neuen, ergänzenden Aspekt der Unsicherheit und Fehlertoleranz.

Die Frage des Potentials und der Grenzen iuk-technischer Unterstützungsinstrumente für die Umsetzung dieser Anforderungen wurde im Rahmen dieses ersten Workshops nur ansatzweise diskutiert, da es in diesem Workshop vor allen darum ging, die grundsätzlichen Anforderungen an die Kommunikationsverhältnisse zu identifizieren und die gesellschaftliche Vision einer Nachhaltigen Entwicklung als Ausgangspunkt für die Anwendungsmöglichkeiten und Erfordernisse iuk-technischer Weiterentwicklungen zu setzen. Bei der am Ende des ersten Workshops geführten Diskussion um das Potential und die Grenzen iuk-technischer Unterstützung fokussierten die teilnehmenden ExpertInnen besonders den Bereich des Wissensmanagements und des globalen Dialoges im Sinne eines Erfahrungs- und Informationsaustausches zwischen Ländern des Südens und des Nordens. Gleichzeitig betonten sie den instrumentellen Charakter von IuK-Technologie, der in seiner Nutzung vielen Hemmnissen und Grenzen unterliegt.

Die formulierten Anforderungen bildeten die Grundlage für den nächsten Schritt innerhalb des partizipativen Forschungsprozesses, die Einbeziehung von Technik-ExpertInnen, die zunächst in Form von Experteninterviews stattfand und im Frühjahr 2002 ihren Abschluss in einem weiteren Workshop finden wird, in dem dann beide Gruppen gemeinsam diskutieren werden.

Das umfangreiche Material, das die Befragung ergeben hat, ist noch nicht vollständig ausgewertet. Um einen Eindruck von den Ergebnissen zu vermitteln, soll hier auf eine Anforderungen beispielhaft eingegangen werden, die jedoch nur sehr verdichtet wiedergegeben werden können.

Mit der Anforderung 1 (...das scheinbar Bekannte neu sehen und lernen lehren) ist verbunden, Lernprozesse zu initiieren, in denen gesellschaftliche Akteure sich die Auffassung zu eigen machen, dass das ihnen (scheinbar) Bekannte auch anders gesehen werden kann. Die Antworten der IuK-Experten umfassen drei Dimensionen:

1. Eine *soziale* Dimension: Die jeweiligen gesellschaftlichen Akteure sollen sich für die Sichtweise *anderer* Beobachter öffnen.
2. Eine *inhaltliche* Dimension: Die Akteure sollen sich der Komplexität des Themas öffnen. In der Nachhaltigkeitsdebatte wird dies bekanntlich mit den drei oder vier Nachhaltigkeitsdimensionen (Ökologie, Ökonomie, Soziales und Institutionen) zum Ausdruck gebracht.
3. Eine *mediale* Dimension: hierbei geht es vor allem um das Verhältnis von Information und Kommunikation. Gerade die Computertechnik hat eine Trennung der beiden Bereiche herbeigeführt, die nun – so der Tenor vieler Beiträge – wieder geschlossen werden muss.

Folgende iuk-technischer Unterstützungsformen wurden vorgeschlagen:

- a. *Durch den Austausch mit anderen Vielfalt generieren:* hier wurden vor allem computermediatisierte Kommunikation genannt, aber auch alle nicht-technischen Formen des Austauschs. (hybride Kommunikationsformen)
- b. *Moderierte Vermittlung (Hervorhebung des Aspekts des vermittelten Lernens und des Lehrens):* hier wurden computerunterstützte Lernumgebungen, Mediationssysteme und Systeme zur besseren Strukturierung von Konflikten genannt.
- c. *Vielfältiges Informieren:* hier wurden Monitoring-Systeme genannte, betriebliche Umwelt-Informationssysteme, aber auch generell alle Systeme, die uns helfen können, vorhandene Daten als Zeichen für neue Sachverhalte zu entdecken und auszuwerten (z.B. Entfernungsdaten von der Wohnung zum Arbeitsplatz).
- d. *Kopplung unterschiedlicher (wissenschaftlicher) Fachdisziplinen:* Als Beispiele wurden hier Integrierte Modellbildung und Simulation genannt, die einen Experten in die Lage versetzt, unterschiedliche Aspekte der Nachhaltigkeit (ökologischer, sozialer und ökonomischer Art) miteinander zu verbinden und – wenn es die Simulation erlaubt, die Dynamiken der verschiedenen Bereiche zu berücksichtigen.
- e. *High-Tech in Präsenzgruppen:* hier wurde auf die Möglichkeiten aufmerksam gemacht innerhalb von Interaktionsbeziehungen (z.B. Gruppengespräche) mit Hilfe modernster Technik (Beispiel: Simulationstechnik) die Vielfalt der Sichtweisen zu berücksichtigen in ein gemeinsames Modell der Realität einfließen zu lassen.
- f. *Netzwerke:* hier wurde hervorgehoben dass häufig aus zunächst rein bilateralen Beziehungen zwischen Akteuren (Kommunikation, Warenlieferungen, Geldströme etc.) Netzwerke entstehen, ohne dass dies von den beteiligten Akteuren so geplant oder überhaupt geahnt wird. In dem Moment, in dem dies aber bewusst wird, erhält eine eingefahrene Praxis fast schlagartig eine veränderte Sichtweise.

Ein wichtiger Punkt, ist – nach wie vor – die Frage der Integration unterschiedlicher Datentypen. Die für einen bestimmten Prozess relevanten Daten sind ja sehr unterschiedlicher Art und auch in unterschiedlichen Formen gespeichert.

2.4. Weiteres Vorgehen

Das umfangreiche Material, das die Befragung ergeben hat, ist noch nicht vollständig ausgewertet. Aber es lässt sich ein erster Eindruck formulieren, der geeignet scheint, um in die nächste Phase des Dialogs zwischen LA-21-Experten und IuK-Experten einzutreten. Auf dem für das Frühjahr 2002 geplanten nächsten Workshop haben nun beide Gruppen gemeinsam die Möglichkeit, das Verhältnis von Praxisanforderungen einerseits und technischem Entwicklungspotential andererseits zu diskutieren und ggf. gemeinsame Schlussfolgerungen hinsichtlich der Gestaltung zukunftsfähiger Informations- und Kommunikationsverhältnisse zu ziehen.

3. Wissenstransfer: Publikationen und Vorträge aus der Projektarbeit im Jahr 2001

Brandl, V.; Jörissen, J.; Kopfmüller, J.; Paetau, M. (2001):

Das integrative Konzept: Mindestbedingungen nachhaltiger Entwicklung. In: Grunwald, A.; Coenen, R.; Nitsch, J.J.; Sydow, A.; Wiedemann, P.: Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Berlin 2001: Sigma, S. 79-126

Dippoldsmann, P.; Genrich, H. (2001):

Zukunftsfähige Informationsgesellschaft und Gender. Problemdimensionen einer genderperspektivischen, zukunftsfähigen Technologieentwicklung, GMD-Forschungszentrum für Informationstechnik GmbH, GMD Report 149, Sankt Augustin

Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A. (2001):

Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin: Sigma

Paetau, M. (2001):

Sustainability Networks and the Emergence of Knowledge. 3rd International Conference on Sociocybernetics. Leon, Mexico, 2001, June 25-30

Paetau, M. (2001):

Jak jest możliwy przyszłościowy rozwój? – O problemie społecznej autonomii. Problemy Ekologii. 2 (26) 2001. S. 72-75

Paetau, M.; Pieper, M. (2001):

Sustainable Information environments and informed sustainability. In: Stephanidis, C. (Hg.): Universal Access in HCI. Towards an Information Society for all. Mahwah, New Jersey (USA): Lawrence Erlbaum, S. 1093-1098

Paetau, M.; Christaller, Th. (2001):

Informed Sustainability: Autonomy and Knowledge for Sustainable Development. In: Hilty, L.; Gilgen, P. (Hg.): Sustainability in the Information Society. 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zürich 2001. Marburg 2001: Metropolis, S. 151-158

Poppenborg, A (2001):

Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung zukunftsfähiger Wissensnetzwerke. In: Grunwald, A. u.a. (Hg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten, Berlin, S.285-289

Poppenborg, A. u.a. (2001):

Online mediation as a tool of public knowledge management for shaping a sustainable information society. In: Hilty, L. M./ P.W. Gilgen (Hg.): Sustainability in the information Society. 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, S. 167-173

4. Verwendete Literatur

ETAN (European Technology Assessment Network) (2001):

Wissenschaftspolitik in der Europäischen Union. Förderung herausragender wissenschaftlicher Leistungen durch Gender Mainstreaming. Bericht der ETAN-Expertinnenarbeitsgruppe „Frauen und Wissenschaft“, Europäische Kommission – Generaldirektion Forschung – Ausbau des Potenzials an Humanressourcen in der Forschung und Verbesserung der sozioökonomischen Wissensgrundlage, Bericht der ETAN-Expertinnenarbeitsgruppe „Frauen und Wissenschaft“ Brüssel (ftp://ftp.cordis.lu/pub/improving/docs/g_wo_etan_de_200101.pdf)

Bechmann, G.; Stehr, N. (2000):

Risikokommunikation und die Risiken der Kommunikation wissenschaftlichen Wissens. Zum gesellschaftlichen Umgang mit Nicht-Wissen. In: GAIA 9 (2000), No.2, S.113-121

Conell, R. W. (1999):

Der gemachte Mann. Konstruktion und Krise von Männlichkeiten, (Hrsg.), Geschlecht und Gesellschaft, Bd. 8, Opladen

Dangschat, J. (1997):

Sustainable City – Nachhaltige Zukunft für Stadtgesellschaften. In: Brand, K.W. (Hg.): Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung an die Soziologie. Opladen, S. 169-195

Davenport, T. H.; De Long, D. W.; Beers, M. C. (1998):

Successful Knowledge Management Projekts. Eight Key Factors Can Help a Company Create, Share, and Use Knowledge Effectively. In: Sloan Management Review, 39 (1998) 2, pp.43-57

Dippoldsmann, P.; Genrich, H. (2001a):

Zukunftsfähige Informationsgesellschaft und Gender. Problemdimensionen einer genderperspektivischen, zukunftsfähigen Technologieentwicklung, GMD-Forschungszentrum für Informationstechnik GmbH, GMD Report 149, Sankt Augustin

Gemeinschaften, Kommission der Europäischen (2001):

Frauen in der Wissenschaft: Die Geschlechterdimension als Antrieb für die Reform der Wissenschaft, Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen, SEK(2001) 771, 15.5.2001, Brüssel, Kommission der Europäischen Gemeinschaften

Gemeinschaften, Kommission der Europäischen (2002):

Gleichstellung von Frauen und Männern. „Gender Mainstreaming“. Definition, Website, 30.1.2002, Kommission der europäischen Gemeinschaften

Genrich, H. (2000):

Chancengleichheit in der GMD. Interner Bericht zur Situation der in der GMD arbeitenden Frauen. Vorschläge von Maßnahmen zu mehr Chancengleichheit, GMD-Forschungszentrum für Informationstechnik GmbH, Sankt Augustin

Glade, A. (IES), Institut für Entwicklungsplanung und Strukturforschung an der Universität Hannover (2001) (Hrsg.):

Freiwilliges Engagement als Chance zur Teilhabe aus der Geschlechterperspektive – Auswertungen zu den Tätigkeitsbereichen und Potenzialen der Freiwilligenarbeit auf der Grund-

lage des Freiwilligensurveys 1999, Materialien zur Gleichstellungspolitik, 88/2002, Hannover, (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend)

Greig, A.; Kimmel, M.; Lang, J. (2000):

Men, Masculinities & Development: Broadening our work towards gender equality, (UNDP), United Nations Development Programm (Hrsg.), Gender in Development, Bd. Monograph Series #10, o.O., (United Nations Development Programm (UNDP))

Heinze, R. G.; Keupp, H.; Bearbeiter: Kraus, W.; Rinne, K.; Schwarze, J.; Straus, F.; Strünck, Ch.; von:, Unter Mitarbeit: Cerny, F.; Erlinghagen, M.; Hamed, A.; Kühnlein, I.; Pankofer, S. (1997):

Gesellschaftliche Bedeutung von Tätigkeiten außerhalb der Erwerbsarbeit. Gutachten, Kommission für Zukunftsfragen« der Freistaaten Bayern und Sachsen, Bochum und München, (<http://www.ipp-muenchen.de/texte/gutachten-zukunftskommission.pdf>)

Högberg, C.; Edvinson, L. (1998):

A Design for futurizing knowledge networking. In: Journal Knowledge Management, 2 (1998) 2, pp 81-92

Jörissen, J u.a. (1999):

Ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrum Karlsruhe 6393, Karlsruhe

Keupp, H. (o.J.):

Eigeninitiative und solidarisches Handeln: Die Zukunftsfähigkeit kommunitärer Projekte, (<http://www.ipp-muenchen.de/texte.html>)

Mayntz, R.; Scharpf, F. W. (1995):

Gesellschaftliche Selbstregelung und politische Steuerung, Frankfurt

Meggeneder, O.; Noack, H. (Hrsg.) (2001):

Vernetzte Gesundheit. Chancen und Risiken des Internet für die Gesundheit, Schriftenreihe „Gesundheitswissenschaften“, 16, Linz, (Institut für Gesellschafts- und Sozialpolitik, Johannes Kepler Universität Linz in Zusammenarbeit mit der Oberösterreichischen Gebietskrankenkasse)

Minsch u.a. (1998):

Institutionelle Reformen für eine Politik der Nachhaltigkeit, Berlin u.a.O.

Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995):

The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation, Oxford, New York

Nonaka, I. (1991):

The Knowledge-Creating Company. Harvard Business Review, 69 (1991) 6, pp 96-104

Noriah, N.;Eccles, R. G. (1992):

Networks and Organizations: Structure, Form, And Action, Boston

O Dell, C.; Grayson, C. J. (1998):

If Only we Knew what we Know. The Transfer of Internal Knowledge and Best Practice, New York

Pappi, F. U. (1993):

Zur Anwendung von Theorien rationalen Handelns in der Politikwissenschaft. In: Beyme, K.v./ C. Offe (Hg.): Politische Theorien in der Ära der Transformation. PVS-Sonderheft 26, Opladen

Polanyi, M. (1996):

The Tacit Dimension, New York

Poppenborg, A. (2001):

Informations- und Kommunikationstechnologie zu Unterstützung zukunftsfähiger Wissensnetzwerke. In: Grunwald, A. u.a. (Hg.): Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten, Berlin, S. 285-289

Powell, W. W. (1998):

Learning from Collaboration: Knowledge and Networks in the Biotechnology and Pharmaceutical Industries. In: California Management Review, 40 (1998) 3, pp 229-231

Probst, G. u.a. (1999):

Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen, Frankfurt a.M.

Rehäuser, J.; Krcmar, H. (1996):

Wissensmanagement in Unternehmen. In: Schreyögg, G./P.Conrad (Hg.): Managementforschung 6 – Wissensmanagement, Berlin, New York

Sydow, J (1992):

Strategische Netzwerke – Evolution und Organisation, Wiesbaden

Thiel, W. (2000):

Selbsthilfe und Selbsthilfegruppen ohne Angesicht. Chancen und Risiken des Internets, in: ÖGGW&PH, Österreichische Gesellschaft für Gesundheitswissenschaften und Public Health (Hrsg.), „Vernetzte Gesundheit – Chancen und Risiken des Internet für die Gesundheit“. Referate: 4. Wissenschaftliche Tagung, 13./14. April 2000, Linz, S. 15-18

Thiel, W. (2000a):

Kommunizieren ohne Angesicht: Chancen und Risiken des Internets für die Selbsthilfe, in: Selbsthilfegruppen, Deutsche Arbeitsgemeinschaft (Hrsg.), Selbsthilfegruppenjahrbuch, Gießen, S. 113-121

Union, Der Rat der Europäischen (2001):

Entscheidung des Rates vom 20.Dezember 2000 über ein Aktionsprogramm der Gemeinschaft betreffend die Gemeinschaftsstrategie für die Gleichstellung von Frauen und Männern (2001-2005) (2001/51/EG), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (ABl.) nr. L 17/22 vom 19.1.2001, 2001, S. 22 - 29

Willke, H. (1998):

Systemisches Wissensmanagement. Stuttgart

[1](#)Zu denkbaren Chancen und Risiken für die Arbeit der selbstorganisierten Selbsthilfe vgl. beispielhaft [Thiel, 2000a #147; Thiel, 2000b #152]

XI. Arbeitspaket

Nachhaltigkeit und Risiko

Johannes Mertens, Wilfried Hennings

Forschungszentrum Jülich GmbH

Programmgruppe „Mensch, Umwelt, Technik“ (MUT)

1. Vorbemerkungen

Die Thematisierung technischer Risiken als Problem orientiert sich in konzeptionellen Publikationen zu Nachhaltigkeit (etwa Brown Weiss 1989) an Störfällen und Unfällen sowie an deren potentiellen Folgen. Dies führte zu der Formulierung entsprechender Regeln, etwa mit dem Ziel, Risiken mit möglicherweise katastrophalen Auswirkungen für Mensch und Umwelt zu vermeiden (Grunwald et al. 2001). Im Zwischenbericht des Vorjahres wurde dementsprechend ein Konzept zur Konkretisierung derartiger Regeln vorgestellt. Der vorliegende Bericht setzt ergänzend bei den generellen Merkmalen von Risiken und Risikoforschung an, skizziert einen weiter gefassten Bezug zu Nachhaltigkeit und fasst Prinzipien und konkrete Ausformungen staatlicher Risikoregulierung zusammen. Der Abschlussbericht zum Projekt wird darüber hinaus bewertende Vorschläge zur Integration technikinduzierter Risiken in Nachhaltigkeitsbetrachtungen sowie Fallbeispiele enthalten.

2. Risiken und Risikoforschung

2.1 Bestimmende Merkmale von Risiken

In den Begriffen Chance und Risiko drückt sich jeweils aus, dass aus einer Möglichkeit Realität werden kann und dass sich dies in irgendeiner Weise bewerten lässt. Ob sich eine solche Möglichkeit tatsächlich auch realisiert, bleibt jedoch ungewiss. Ungewissheit ist eine konstitutive Eigenschaft von Chancen und Risiken.

Mit Risiken werden meist negative Erwartungen verbunden, zumindest in der Art, dass etwas nicht so ist, wie man es – aus welchen Gründen auch immer – erwartet. Im Falle einer Befürchtung bedeutet ein Risiko ein potentielles Ereignis mit unerwünschten Wirkungen. Ein solches Risiko besteht im Prinzip aus den Komponenten Eintrittswahrscheinlichkeit (pro Zeiteinheit, eigentlich Eintrittshäufigkeit) und Schaden.

Bezüglich des Zustandekommens einer negativer Erwartung unterscheiden sich Risiko und Gefahr (Beck 1986). Gefahr steht für etwas Bedrohliches oder auch Fremdartiges, das sich ereignet, etwa in Form einer Naturkatastrophe. Risiko dagegen wird in der Regel als mögliche zukünftige Folge der Wahl einer bestimmten Handlungsoption und daher als grundsätzlich beeinflussbar angesehen.

Die Diskussion in unserer Gesellschaft über technische Risiken hat sich in den letzten drei Jahrzehnten verstärkt. Sie wurde wesentlich dadurch ausgelöst und geprägt, dass technische Risiken anthropogenen Ursprungs – also direkte oder indirekte Folgen von Handlungen – sind und daher durch gesellschaftliche und politische Entscheidungen beeinflusst werden können.

Solche technikinduzierten Risiken können einerseits als unbeabsichtigte Folge des bestimmungsgemäßen Betriebs entsprechender Einrichtungen auftreten; in diesem Fall liegt das Wesen des

Risikos in der Ungewissheit des Schadens. Ein Schaden kann auch unbekannt sein; um ein Risiko hervorzurufen, muss er jedoch wenigstens vorstellbar sein. Beispiel eines Risikos aufgrund einer Umweltbelastung durch den bestimmungsgemäßen Betrieb technischer Anlagen ist der steigende CO₂-Gehalt in der Atmosphäre, zu dem mit Gewissheit technische Einrichtungen beitragen, dessen Folgen aber ungewiss – und wohl zum Teil auch noch unbekannt – sind.

Andererseits bestehen Risiken aufgrund der Möglichkeit von Störfällen mit bekannten – eventuell auch im obengenannten Sinn unbekannt – schädlichen Folgen; in diesen Fällen kommt noch die Ungewissheit über das tatsächliche Eintreten der Störfälle hinzu.

Störfälle mit schwerwiegenden Umweltbelastungen sind selten, aber dann meist spektakulär, wie etwa die Fälle Seveso, Bhopal und Tschernobyl als Beispiele für Chemie und Kernenergie oder auch der Bruch eines Staudamms in Indien (Machhu II, 1979 (Hirschberg 1998)). Mit dem Eintritt dieser Fälle musste nicht zwangsläufig gerechnet werden.

Bezüglich der Risiken des bestimmungsgemäßen Betriebs technischer Anlagen ist die wesentliche Frage die nach der dauerhaft zulässigen Umweltbelastung. Insbesondere bei der Einführung neuer Technologien ist zu klären, ob mit schädlichen Nebenwirkungen zu rechnen ist. Im Fall von Störfällen ist zu fragen, gegen welche Ereignisse aufgrund ihrer Plausibilität und ihrer Folgen Vorkehrungen getroffen werden müssen und ob ein dennoch verbleibendes Risiko aufgrund immer noch möglicher Störfälle akzeptabel ist.

Der spezielle Charakter eines Risikos wird – wie bereits erläutert – deutlich, wenn man es versteht als Ausdruck des Gegensatzes zwischen Realität und Möglichkeit. In der ein Risiko quantitativ definierenden Produktformel „Häufigkeit mal Schaden“ können die beiden Faktoren jeweils Werte aus einem weiten Bereich annehmen. Spezifikum eines Risikos, wenn es das Eintreten unbeabsichtigter Folgen der Nutzung einer Technik aufgrund von Störfällen bezeichnen soll, ist jedoch die kleine Häufigkeit. Dies gilt insbesondere, wenn sich die Häufigkeit auf den Betrieb *einer* Anlage bezieht. Werden (sehr) *viele* gleichartige Anlagen im gleichen Zeitraum genutzt, können sich Häufigkeiten ergeben, die die unbeabsichtigten Folgen zu etwas mehr oder weniger alltäglichem machen.

Dieser Sachverhalt lässt sich am Beispiel von Verkehrsunfällen gut verdeutlichen. Für den einzelnen Verkehrsteilnehmer ist das Risiko eines tödlichen Verkehrsunfalls verhältnismäßig gering und deutlich kleiner als andere Todesrisiken. Ob eine bestimmte Person betroffen wird, ist also ungewiss und eher unwahrscheinlich. Aus Sicht der Gesellschaft ist jedoch erfahrungsgemäß jährlich mit einer mehr oder weniger gleichbleibenden Zahl an Verkehrstoten zu rechnen. In diesem Sinne gibt es keine Unsicherheit mit einer derartigen Qualität, wie sie für Risiken typisch ist. Solche Folgen des Straßenverkehrs sind daher Schäden, mit denen real gerechnet werden muss, und keine Risiken, die lediglich möglich sind und eventuell eintreten.

2.2 Entwicklungsschritte der Risikoforschung

Risikoforschung als eigenständiger Forschungszweig wurde initiiert um 1960, als die Gefahrenpotentiale neuartiger Großtechnologien – vor allem der Kernenergie, aber auch großchemischer Anlagen – öffentlich bewusst und Anlass gesellschaftlicher Auseinandersetzungen wurden. Bezüglich der Forschungsansätze lässt sich eine schrittweise Entwicklung feststellen (Buergin 1999):

- *Probabilistisch-mathematische Ansätze (Wahrscheinlichkeitsrechnung)* zielten darauf ab, Unsicherheiten abzuschätzen und handhabbar zu machen.
- Im Rahmen *probabilistisch-ökonomischer Ansätze* wurde klar zwischen Unsicherheiten und Risiken unterschieden, und Entscheidungstheorien wurden entwickelt, die auf die Transformation nicht berechenbarer Unsicherheiten in berechenbare Risiken abzielen.
- Auf der Berechenbarkeit von Risiken gründen die *probabilistisch-technischen Ansätze*, die auf der Risikoformel Eintrittshäufigkeit mal Schaden und einer hinreichend genauen Bestimmbarkeit beider Faktoren basieren.
- Aus Zweifeln an dieser Bestimmbarkeit und an der Objektivierbarkeit von Risiken entstanden *psychologisch-kognitive Ansätze der Risikoforschung*, die zunächst dem objektiven Risiko der Experten das subjektive Risiko der Laien gegenüberstellten, die privilegierte Erkenntnissituation der Experten infrage stellten und daher die Bedeutung gesellschaftlicher Kommunikations- und Verhandlungsprozesse betonten.
- *Ethisch-normative Ansätze* stellen die Frage nach der Zumutbarkeit von Risiken und beschäftigen sich unter anderem mit den gesellschaftlichen Praktiken der Risikoregulierung.
- *Kulturell-soziologische Ansätze* entwickeln unter anderem die These einer kulturellen Prägung der Risikowahrnehmung und des Risikoverhaltens und fragen darüber hinaus, ausgehend von einer Analyse der neuen Qualität moderner Risiken und Gefahren, nach deren Bedeutung für die Konstitution und Selbstbestimmung unserer Gesellschaft.
- *Integrativ-ökologische Ansätze* schließlich haben ihre Wurzeln in probabilistisch-technischen Ansätzen sowie der naturwissenschaftlich ausgerichteten Umweltforschung, versuchen aber, sozialwissenschaftliche Perspektiven und Methoden einzubeziehen und so einen umfassenderen Zugang zur Risiko- wie zur Umweltproblematik zu gewinnen. In diesem Kontext spielen Interdisziplinarität, aber auch kontroverse Positionen bezüglich gesellschaftlicher Wert- und Zielvorstellungen eine große Rolle.

2.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Risiken Ungewissheit als konstituierendes Element enthalten. Diese Ungewissheit kann in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten. Sie kann die

Realisierung einer weitgehend bekannten Schadensmöglichkeit betreffen, und sie kann das eventuelle Auftreten von ungewissen oder unbekanntem Schäden durch Effekte betreffen, die als vorhanden bekannt sind. Risiken unterscheiden sich von Gefahren dadurch, dass sie als (unbeabsichtigte) Folgen von Handlungen verstanden werden. Hieraus entstehen Situationen, in denen unter Unsicherheit gehandelt wird. Dies war in der Vergangenheit bei inzwischen etablierten Technikanwendungen (Kernenergie, Chemie) der Fall, und neuartige Technologien werden unter diesem Aspekt zum Teil heftig diskutiert (Mobilfunk, grüne und rote Gentechnik). Das wesentliche Element, derartige Risiken zu handhaben, liegt im Umgang mit Unsicherheit und Ungewissheit.

Die Entwicklung der Risikoforschung zeigt, dass eine *Ermittlung* von Risiken am ehesten mit naturwissenschaftlich-technischen Methoden möglich ist. Eine gesellschaftlich tragfähige *Risikobewertung* ist jedoch nur unter zusätzlicher Nutzung sozialwissenschaftlicher Methoden, im Diskurs mit allen Beteiligten und im Kontext der vorherrschenden Wertvorstellungen möglich.

3. Nachhaltigkeit als Bewertungsrahmen für technikinduzierte Risiken

3.1 Indikatoren und Akzeptabilität von Risiken

Ein möglicher Kontext, um Risiken umfassend und womöglich auch im gesellschaftlichen Konsens zu bewerten, ist eine Politik der Nachhaltigkeit. Bereits der Bericht der Brundtland-Kommission (Hauff 1987) hat dem Umgang mit Risiken – breit verstanden und gekennzeichnet durch die Gefahr irreparabler Schädigungen des globalen Ökosystems – große Bedeutung für die Realisierung einer solchen Politik zugemessen. Auf technologische Risiken konzentriert sich Brown Weiss (1989); die generelle Pflicht, solche Risiken zu vermeiden, beinhaltet demnach drei Aspekte: Minimierung der Eintrittswahrscheinlichkeit, Minimierung des Ausmaßes der potentiellen Schäden sowie die Gewährleistung entsprechender internationaler Notfallmaßnahmen und -einrichtungen.

Der Versuch, einfache Indikatoren für Risiken aufzustellen, führt zu der Frage nach der Akzeptabilität von Risiken. Je nach Stakeholder sind dabei unterschiedliche Risikodimensionen ausschlaggebend, so dass keine allgemeingültigen Indikatoren aufgestellt werden können. Insbesondere werden Risiken durch die Dimensionen Häufigkeit und Schadensumfang allein nicht hinreichend charakterisiert.

Viele Autoren, insbesondere die US-amerikanische Umweltschutzbehörde EPA, sind der Auffassung, dass es keine allgemeingültige Grenze zwischen akzeptablen und inakzeptablen Risiken gibt. Im Bericht *Residual Risk Report to Congress* (1999, Seite B-5) heißt es: „Die EPA schlussfolgerte [...], dass kein spezifischer Faktor für sich allein genommen identifiziert werden konnte,

der unter allen Bedingungen Akzeptabilität definiert, und dass die Akzeptabilität eines Risikos von der Berücksichtigung einer Vielfalt von Faktoren und Bedingungen abhängt.“²⁰

Über die Akzeptabilität entscheiden neben Häufigkeit und Schadensumfang weitere Risikodimensionen (ebd.): „Die EPA glaubt, dass die Höhe des maximalen Individualrisikos, die Verteilung von Risiken in der exponierten Bevölkerung, (die) Verbreitung (des Risikos), die mit den Risiko-Maßen verbundenen wissenschaftlichen Annahmen und Unsicherheiten, und das Gewicht der wissenschaftlichen Belege (dafür), dass ein Stoff gesundheitsschädlich ist, alles wichtige Faktoren sind, die in der Beurteilung der Akzeptabilität berücksichtigt werden müssen.“²¹ Die genannten Risikodimensionen finden sich auch in der Begründung und den Zielsetzungen des Vorsorgeprinzips (s. u.).

Weitere für die Akzeptanz wichtige Risikodimensionen sind z.B. der mit der risikobehafteten Aktivität verbundene Nutzen sowie weitere mit der risikobehafteten Aktivität verbundene Kosten (*Factsheet NMP4 2001*).

Eine detaillierte Betrachtung der verschiedenen Risiko-Dimensionen zeigt, dass Risiken zu vielen Nachhaltigkeits-Regeln in Bezug stehen (siehe Abbildung 1).

3.2 Kategorisierung von Risiken

Ein Ansatz zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit (Kopfmüller 2001) unterscheidet drei Kategorien technischer Risiken: Risiken mit verhältnismäßig hoher Eintrittswahrscheinlichkeit, bei denen jedoch das Ausmaß der potentiellen Schäden lokal oder regional begrenzt ist; Risiken mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, aber hohem Schadenspotential für Mensch und Umwelt, und Risiken, die mit großer Ungewissheit behaftet sind, da weder Eintrittswahrscheinlichkeit noch Schadensausmaß derzeit hinreichend genau abgeschätzt werden können.

Zu der ersten Kategorie gehören Risiken, die durch den unsachgemäßen Umgang bei Lagerung, Transport und Entsorgung von gefährlichen Stoffen entstehen.

²⁰ » [...] the Agency compiled and presented a “Survey of Societal Risk” in its July 1988 proposal (53 FR 28512-28513). As described there, the survey developed information to place risk estimates in perspective, and to provide background and context for the Administrator's judgment on the acceptability of risks “in the world in which we live.” Individual risk levels in the survey ranged from 10^{-1} to 10^{-7} (that is, the lifetime risk of premature death ranged from 1 in 10 to 1 in 10 million), and incidence levels ranged from less than 1 case/year to estimates as high as 5,000 to 20,000 cases/year. The EPA concluded from the survey that no specific factor in isolation could be identified as defining acceptability under all circumstances, and that the acceptability of a risk depends on consideration of a variety of factors and conditions.« (*Residual Risk Report to Congress 1999*, page B-5)

²¹ »In today's decision, EPA has selected an approach based on the judgment that the first step judgment on acceptability cannot be reduced to any single factor. The EPA believes that the level of the MIR (maximum individual risk), the distribution of risks in the exposed population, incidence, the science policy assumptions and uncertainties associated with the risk measures, and the weight of evidence that a pollutant is harmful to health are all important factors to be considered in the acceptability judgment.« (*Residual Risk Report to Congress 1999*, page B-5)

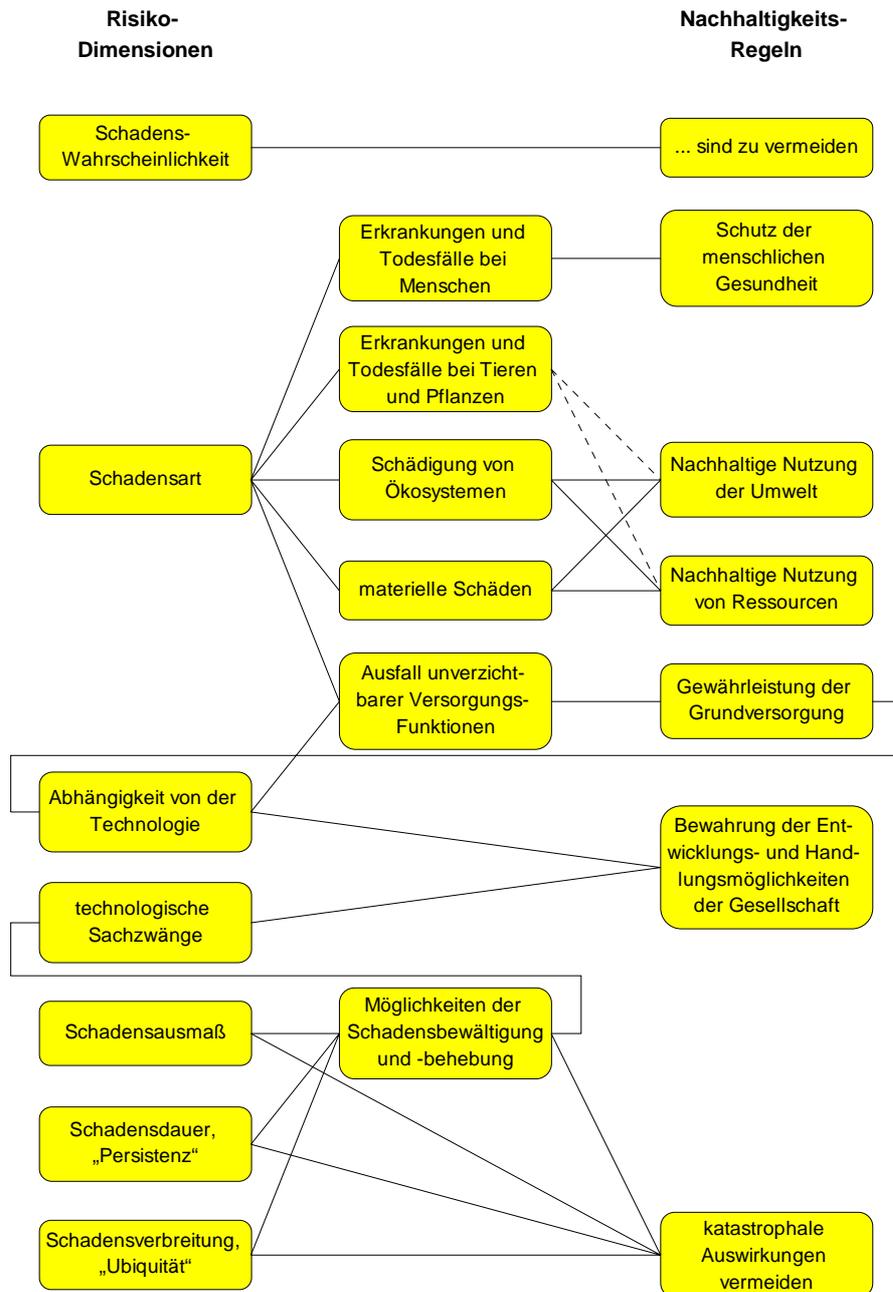


Abbildung 1: Beziehungen zwischen Risiko-Dimensionen und Nachhaltigkeits-Regeln

Bei der zweiten Kategorie von technischen Risiken steht die Möglichkeit von Unfällen und Störfällen mit gravierenden Folgen im Mittelpunkt. Beispiele dafür sind die zivile Nutzung der Kernenergie, Anlagen der Großchemie und Staudämme. Die Forderung nach der Vermeidung unvermeidbarer technischer Risiken gebietet im Hinblick auf solche Technologien, nach behutsameren, weniger tiefgreifenden, fehlertoleranten und möglichst rückholbaren Alternativen zu suchen (Kopfmüller 2001). Neben der Suche nach nutzgleichen aber weniger risikoträchtigen Alternativen kommen nach Kopfmüller (2001) auch Lösungen in Betracht, die entweder auf eine Ver-

stärkung der Sicherheitsvorkehrungen oder auf eine Gefährdungspotentials zielen. Hier liegt aus Sicht der Risikoforschung ein Anwendungsfeld für probabilistische Risikoanalysen als Entscheidungshilfe.

Zu der dritten Kategorie von technischen Risiken, die sich durch eine hohe Ungewissheit über Eintrittswahrscheinlichkeit und Ausmaß möglicher negativer Folgen auszeichnen, gehören in erster Linie bestimmte Anwendungen der Gentechnologie. Dabei geht es vorrangig um die unbeabsichtigten Folgen des Inverkehrbringens transgener Pflanzen oder die ungewollte Verbreitung transgener Mikroorganismen.

In diese Kategorie sind beispielsweise auch die potentiellen Risiken einzustufen, die dem Mobilfunk zugeschrieben werden. Hier sind neben den thermischen Wirkungen, die der Grenzwertableitung (s.u.) zugrunde liegen, sogenannte athermische Wirkungen bekannt, deren Schädlichkeit jedoch umstritten und nach wissenschaftlichen Maßstäben nicht nachgewiesen ist.

4. Konzepte politischer Regulierung

4.1 Vorsorge als Handlungsprinzip

4.1.1 Das Anliegen des Vorsorgeprinzips

Die grundlegende Idee des Vorsorgeprinzips wurde im Rahmen der deutschen Umweltpolitik entwickelt. Das Prinzip betrifft Ausrichtung und Intensität des Umweltschutzes und wird daher hierzulande als ein zentraler Grundsatz der Umweltpolitik verstanden. Auch im Ausland hat das Vorsorgeprinzip eine starke Bedeutung erlangt. Es ist – auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlicher Intensität – in einer Reihe von Ländern zum Bestandteil der nationalen Umweltpolitik geworden und spielt auch auf internationaler Ebene eine Rolle, beispielsweise im EU-Recht.

Das Vorsorgeprinzip besagt nach weit verbreiteter Auffassung, dass Umweltpolitik über die Beseitigung eingetretener Schäden und die Abwehr konkreter Gefahren hinaus schon im Vorfeld von Gefahren das Entstehen von Umweltbelastungen verhindern oder einschränken und dadurch Risiken mindern soll. Die natürlichen Lebensgrundlagen sollen langfristig bewahrt und schonend in Anspruch genommen werden. Aus der letzten Zielsetzung ergeben sich enge Bezüge zum Prinzip der Nachhaltigen Entwicklung mit einer Deutung des Vorsorgeprinzips im Sinne von Zukunftsvorsorge. Diese besteht im Gebot einer möglichst weitgehenden Schonung von Umweltmedien zur Schaffung von ökologischen Freiräumen und im Interesse künftiger Nutzungen.

Das Vorsorgeprinzip ist zwar grundsätzlich anerkannt als umweltpolitisches Instrument, das sich auf potentielle Risiken bezieht. Unklar bleibt jedoch, nach welchen Kriterien die Besorgnis bei solchen Risiken bewertet werden soll, in welchen Fällen eingegriffen werden soll und welche Mittel dabei einzusetzen sind.

4.1.2 Gefahrenabwehr und Risikovorsorge

Gefahren müssen nach deutschem Recht abgewehrt werden: Gefahrenabwehr ist erforderlich, wenn eine Sachlage besteht, die eine erkennbare, nicht entfernte Möglichkeit eines Schadenseintritts beinhaltet oder die – anders ausgedrückt – „bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden führt“ (SRU 1999-S, S, S. 39). Verallgemeinert bedeutet dies das Vorliegen einer ausreichenden Gewissheit über das Eintreten der Gefahr. Dem gegenüber besteht das Leitmotiv der Vorsorge gerade darin, auch ohne eine solche Qualität an Gewissheit zu handeln. Vorsorge weist weit über die Gefahrenabwehr hinaus in den Bereich der Risiken und hat deren Verminderung zum Ziel. Daher wird häufig in klassifizierenden Darstellungen das Begriffspaar Gefahrenabwehr und Risikovorsorge benutzt.

Risiko wird dabei verstanden als jede Möglichkeit, dass ein Schaden lediglich mit einer Gewissheit eintritt, die nicht ausreicht, um das Vorhandensein einer Gefahr zu begründen. Der Anwendungsbereich für Risikovorsorge ist allerdings nicht unbegrenzt. Eine fehlende Vorhersehbarkeit oder eine unzureichende Plausibilität des faktischen Eintretens von Schäden dient als Legitimationsgrundlage dafür, dass Risiken zum Teil ohne vermindernde Maßnahmen hinzunehmen sind. Solche Restrisiken beruhen, wie das Bundesverfassungsgericht in seiner „Kalkar-Entscheidung“ sinngemäß formuliert hat, auf Ungewissheiten jenseits der Schwelle der praktischen Vernunft, die ihre Ursache in der Begrenztheit des menschlichen Erkenntnisvermögens haben.

Dementsprechend existieren prinzipiell auch unbekannte Risiken und unbekannte Gefahren. Denn sowohl für den Bereich des Risikos wie für den der Gefahr sind Fälle denkbar, von denen man bislang zwar noch nichts weiß, die aber rein logisch auch nicht ausgeschlossen werden können.

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen Risiko, Gefahr und den zugehörigen umweltrechtlichen Begriffen.

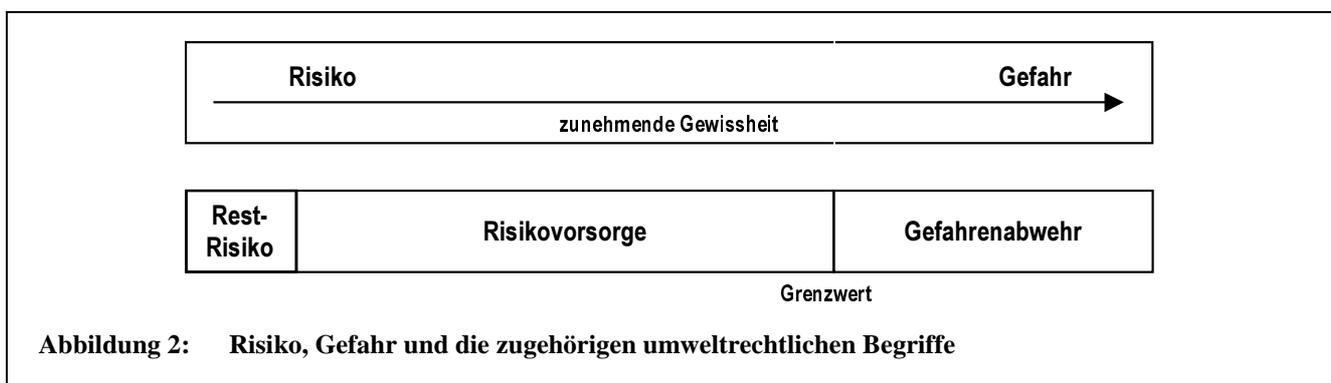


Abbildung 2: Risiko, Gefahr und die zugehörigen umweltrechtlichen Begriffe

4.1.3 Funktion und Charakter von Grenzwerten

In der Regel wird Gefahrenabwehr inhaltlich umgesetzt durch Grenzwerte. Sie trennen den Gefahrenbereich vom Risikobereich und damit die Gefahrenabwehr von der Risikovorsorge. Auf diese Weise wird eine Unterscheidung zwischen zulässigen und unzulässigen Belastungen getroffen. Dieser Unterscheidung geht eine wissenschaftliche Bewertung des Risikos voraus.

Grenzwerte werden so festgesetzt, dass bei Belastungen unterhalb dieser Werte bei keinem Betroffenen eine Gefahr für Gesundheitsschäden besteht. Dies impliziert jedoch nicht, dass eine Überschreitung von Grenzwerten immer eine Gesundheitsschädigung zur Folge hat.

Grenzwerte werden meist aus Versuchsergebnissen auf der Basis von Schwellenwerten ermittelt. Bei der Festlegung von Grenzwerten werden Vorsichtsregeln angewendet, um wissenschaftliche Unsicherheiten zu berücksichtigen. Diese Unsicherheiten können beispielsweise die verwendeten Modelle, die Eigenschaften von Stoffen oder Dosis-Wirkungsbeziehungen und Expositionen betreffen. Weitere Unsicherheiten entstehen bei der Übertragung von Versuchsergebnissen von Tieren auf Menschen und durch die unterschiedlichen individuellen Empfindlichkeiten von Menschen. Um solchen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, werden bei der Grenzwertsetzung häufig Sicherheitszuschläge (sogenannte Sicherheitsfaktoren) benutzt.

4.1.4 Ergänzende Vorsichtsmaßnahmen

Vor allem im Zusammenhang mit der Gestaltung technischer Einrichtungen haben sich im Laufe der Zeit einige auf Vorsicht basierende, generelle Prinzipien zur Minimierung von Emissionen entwickelt. Die als „*Prudent Avoidance*“ bekannte Strategie zielt darauf ab, alle diejenigen Maßnahmen zur Emissionsvermeidung zu treffen, die mit geringen Kosten verbunden sind und keine wesentlichen Nachteile hervorrufen. Diese Strategie stützt sich nicht auf Risikonachweise und setzt keine wissenschaftliche Bewertung der Risikominderung durch diese Maßnahmen voraus. Dagegen begegnet das *ALARA-Prinzip* („*As Low As Reasonably Achievable*“) einer ungenauen Kenntnis über die Wirkung geringer Emissionen auch weit unterhalb von Grenzwerten. Nach diesem Grundsatz müssen die Emissionen so weit wie vernünftigerweise erreichbar vermindert werden, wobei wirtschaftliche und soziale Faktoren – etwa der erreichte Nutzen – berücksichtigt werden sollen. Eine Emissionsminimierung nach dem *Stand der Technik* verlangt die Unterbindung jeder Emission, die mit verfügbaren und erprobten Rückhaltetechniken vermieden werden könnte. Der *Stand von Wissenschaft und Technik*, der im deutschen Atomgesetz verankert ist, fordert auch die Realisierung von neuen, aus der Wissenschaft stammenden Rückhaltetechniken, selbst wenn sie noch nicht technisch erprobt sind (WBGU 1998).

4.1.5 Anwendungsfelder und Begriffsinhalte von Vorsorge

Das Vorsorgeprinzip kommt vor allem dann zum Tragen, wenn im Falle eines Risikoverdachts die Informationen bei der Risikobewertung nicht ausreichen, um das Risiko mit hinreichender Sicherheit zu ermitteln und unter Beachtung der Vorsichtsregeln wissenschaftlich begründete Grenzwerte abzuleiten. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn ein Kausalzusammenhang zwischen einer Emission und einem Schaden zwar mit hinreichender Plausibilität vermutet wird, aber nicht nachweisbar ist. In solchen Fällen kann beispielsweise die Anwendung des oben genannten ALARA-Prinzips als Vorsorge, also als Handeln ohne wissenschaftlich verlässliche Kenntnis des Risikos, verstanden werden.

Ein anderes Feld der Vorsorge sind Bereiche, in denen trotz bekanntem Kausalsachverhalt eine explizite Schadensabwehr mit bestimmter Qualität nicht für erforderlich gehalten wird, wo aber dennoch Maßnahmen zur Risikominderung ergriffen werden sollen (Beispiel: sehr seltene Störfallabläufe in Kernkraftwerken). Hier spielen Gesichtspunkte des Kosten-Nutzen-Vergleichs und der technischen Machbarkeit eine Rolle.

Die in der Praxis anzutreffende Unschärfe des Vorsorgeprinzips in inhaltlicher Sicht wird verdeutlicht durch eine Auflistung von Begriffsinhalten, geordnet nach tendenziell zunehmendem Vorsorgegehalt (siehe auch Reh binder 1988). Das Vorsorgeprinzip kann demnach bedeuten:

- eine Reduzierung des Risikos bei Ereignissen mit extrem kleinen Eintrittswahrscheinlichkeiten,
- eine Reduzierung eines möglichen Risikos bei bloßem, aber konkretem Risikoverdacht,
- eine Minimierung von Umweltbelastungen ohne Vorliegen eines konkreten Risikoverdachts,
- ein Verbot von Umweltbeeinflussungen bei fehlendem Nachweis ihrer Unschädlichkeit,
- ein Gebot der Nullemission.

Aufgrund dieser möglichen Auslegungen des Vorsorgeprinzips kommt es beispielsweise in verschiedenen Bereichen der deutschen Umweltpolitik zu unterschiedlichen Konkretisierungen.

4.2 Nationale Ausgestaltung von Regulierungsverfahren

4.2.1 Einleitung

Bei der Beurteilung und der Regulierung technikinduzierter Risiken kommt national gesehen dem Genehmigungsrecht eine überragende Rolle zu. Zum einen sollen Genehmigungsverfahren dafür sorgen, dass die materiellen Normen, etwa zum Schutz von Mensch und Umwelt bei der Errichtung oder beim Betrieb einer Anlage, eingehalten werden. Andererseits gibt es das Genehmigungsrecht im weiteren Sinn mit Normen, an denen die Genehmigungsfähigkeit einer Tätigkeit

geprüft wird. Beides unterliegt grundsätzlich der Regelungskompetenz von Staaten (WBGU 1998). Auf diesem Feld sind aber auch internationale Organisationen tätig, die mit der Ausarbeitung internationaler Standards und mit internationalen Überwachungsaufgaben befasst sind, etwa die privat organisierte International Organization for Standardization (ISO) oder die IAEA in Wien als Teil der UN (IAEA 1998).

Ein Vergleich nationaler Praktiken zur Ermittlung und Bewertung technischer Risiken zeigt, dass es in diesem Bereich zwei grundsätzlich unterschiedliche Schulen gibt (Merz 1995). Die eine Schule strebt quantitative Bewertungsansätze an, um die Frage zu beantworten, welche Risiken letztlich akzeptiert werden können. Die andere Schule arbeitet mehr mit qualitativen, eventuell auch semiquantitativen Ansätzen, um damit gegebenenfalls auch neue, über den Stand der Sicherheitstechnik hinaus gehende Maßnahmen zu beurteilen, ohne aber explizit nach den letztlich akzeptierten Risiken zu fragen. Allerdings werden in der Praxis oft beide Ansätze kombiniert.

4.2.2 Qualitative Ansätze

Beispiele für qualitative Bewertungsansätze finden sich in Deutschland und Frankreich (Merz 1995). Die deutsche Störfallverordnung fordert den Nachweis, dass in einer Anlage, die gefährliche Stoffe enthält, der Stand der Sicherheitstechnik eingehalten wird. Hierzu ist in einer Sicherheitsanalyse zu zeigen, dass zahlreiche Detailvorschriften während Planung, Konstruktion und Betrieb beachtet werden. Dabei muss in bestimmten Fällen die Eignung von Maßnahmen mit Zahlen belegt werden, quantitative Abgaben zu den eigentlichen Risiken werden jedoch nicht verlangt. Demnach stellt sich auch nicht die Frage, welche Risiken akzeptabel sind und nach welchen Kriterien dies entschieden werden kann. Die Vollzugsbehörden praktizieren also eine im Kern qualitative Bewertung.

Die französische Praxis ist weitgehend ähnlich, gibt allerdings der quantitativen Schadensmodellierung ein größeres Gewicht. Aber auch hier ist im wesentlichen mit einer Sicherheitsanalyse die Eignung getroffener Maßnahmen nachzuweisen.

Beide Länder haben kürzlich in einer Novellierung dieser Verordnungen die Zweite Seveso-Richtlinie umgesetzt. Die Richtlinie enthält – gegenüber ursprünglichen Entwürfen stark abgeschwächt – probabilistische, also risikoquantifizierende Elemente, eröffnet aber auch die Möglichkeit einer qualitativen Nachweisführung. Die Richtlinie hat nicht zu wesentlichen Veränderungen der beschriebenen Praxis in den beiden Ländern geführt (Hauptmanns 2001).

4.2.3 Quantitativer Ansatz in den Niederlanden

In den Niederlanden wird seit rund 20 Jahren ein Bewertungsverfahren für technische Risiken entwickelt und angewendet, die außerhalb des Betriebsareals von Anlagen aufgrund von Störfällen auftreten können (Bottelberghs 2000). Der Ansatz ist risikobasiert, verwendet quantitative

Akzeptanzkriterien und arbeitet mit Sicherheitsabständen zu Wohn- oder sonstigen Bebauungen. Dabei werden zwei Risikoparameter verwendet:

- Das Individualrisiko an einem Aufpunkt in der Umgebung einer gefährlichen Aktivität ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass eine durchschnittliche ungeschützte Person, die dauerhaft an diesem Punkt verweilt, durch einen Unfall im Rahmen der gefährlichen Aktivität zu Tode käme.
- Das Kollektivrisiko aus einer gefährlichen Aktivität ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass eine Gruppe von mehr als N Personen durch einen Unfall im Rahmen der gefährlichen Aktivität zu Tode käme.

In der Regel werden Sicherheitsabstände auf der Grundlage generischer Risikoabschätzungen für den betreffenden Anlagentyp festgelegt. Bei großen Anlagen werden die Ergebnisse spezifischer Abschätzungen benutzt; dies gilt für die Mehrzahl der Anlagen, die Gegenstand der Seveso-Richtlinie sind. Bei Planung einer neuen Wohnbebauung wird ein Individualrisiko größer 10^{-6} pro Jahr nicht akzeptiert; im entsprechenden Bereich sollen (bei generischen Risikoabschätzungen) beziehungsweise dürfen (bei spezifischen Abschätzungen) keine Häuser gebaut werden. Im Fall bestehender Wohnbebauungen muss die zu genehmigende Anlage entsprechend technisch aufgerüstet werden.

Die Schutzziele für das Kollektivrisiko werden durch $P \leq 10^{-3} / N^2$ pro Jahr beschrieben, wobei N die Anzahl der bei einem Unfall getöteten Personen und P die Wahrscheinlichkeit dieses Unfalls ist. Die Fläche für die Berechnung des Kollektivrisikos wird begrenzt durch eine Linie, jenseits derer die bedingte Wahrscheinlichkeit für Tod kleiner ein Prozent ist.

Oberstes Prinzip für die sicherheitstechnische Gestaltung der Anlagen ist die vernünftigerweise mögliche Risikominderung (ALARA: as low as reasonably achievable). Entsprechende quantitative Risikoanalysemethoden wurden auch für Gefahrguttransporte entwickelt. Nach den guten Erfahrungen mit der Anwendung des beschriebenen quantitativen Ansatzes auf etwa 4000 Anlagen sieht man in den Niederlanden eine ausreichende Basis, um das Vorgehen rechtlich fest zu verankern (Bottelberghs 2000).

Die genannten Risiko-Grenzwerte beziehen sich jedoch nur auf Todesfälle von Menschen. Für ökologische Risiken sind keine Risiko-Grenzwerte definiert, und sie werden zudem nur für Oberflächenwasser in Betracht gezogen:

» [...] es wird erwartet, dass die Ergebnisse dieser Risikoermittlungen ziemlich aussagekräftig auch für luftgetragene Umweltrisiken sind. [...] es wird erwartet, dass gegenüber Verschmutzung des Bodens Schutzmaßnahmen möglich sind [...] Daher wurde in den Niederlanden geschlussfolgert, dass Risikoermittlung zum Schutz der Umwelt gegen größere Unfälle in erster Linie das Oberflächenwasser behandeln solle.« (Bottelberghs 2000)

4.2.4 Gefahrenabwehr und Risikovorsorge bei Kernkraftwerken

Hintergrund und Praxis der Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke in Deutschland eignen sich gut zur Darstellung einer differenzierten Regulierung, deren Prinzipien – bei eventuell angepassten Methoden – auch in anderen Technikbereichen angewendet werden kann. Daher wird das Verfahren hier angeführt, obwohl nach der Novellierung des Atomgesetzes 2002 eine Genehmigung neuer Anlagen nicht mehr vorgesehen ist.

Im Fall der deutschen Kernkraftwerke legt die Strahlenschutzverordnung (2001 novelliert) Grenzwerte als normative Regelung fest: Für den bestimmungsgemäßen Betrieb gelten die Werte des § 47 (0.3 mSv als Körperdosis für eine Referenzperson in der Umgebung der Anlage), und für die Fälle, die bei den Anlagen als Auslegungsstörfälle zugrundegelegt werden sollen, die Werte des § 49 (50 mSv). Die Strahlenschutzverordnung enthält keine Definition dieser Störfälle. Die Abgrenzung der Gefahrenabwehr von der Gefahren unabhängigen Risikovorsorge muss daher auf anderem Wege konkretisiert werden (Hertrich 1994).

Ein Mittel zur Beurteilung angemessener Risikovorsorge sind quantitative, mit Wahrscheinlichkeiten arbeitende Sicherheits- und Risikoanalysen (probabilistisch-technischer Ansatz der Risikoforschung, siehe oben). Die Unterscheidung zwischen den Begriffen Sicherheitsanalyse und Risikoanalyse ist häufig unklar. Streng genommen bewertet eine Sicherheitsanalyse – mit dieser Bezeichnung meist nicht explizit probabilistisch angelegt – die Sicherheit einer Anlage unter vorgegebener Randbedingungen für Systemzustände („deterministischer“ Ansatz), wogegen eine Risikoanalyse möglichst vollständig das Systemverhalten beschreibt, dabei das Versagen von Sicherheitssystemen einbezieht und so Häufigkeit und Folgen der möglichen Störfälle ermittelt. In der Praxis treten oft Mischformen auf, etwa als Risikoanalysen bezeichnete Untersuchungen, die lediglich die Anlagensicherheit überprüfen, oder Sicherheitsanalysen mit Schadensbetrachtungen und Risikoangaben für einige ausgewählte („determinierte“) Störfälle. In der Praxis sind Sicherheitsanalysen im Rahmen von Genehmigungsverfahren zwar wertvolle und juristisch handhabbare Sicherheitsnachweise, sie liefern aber nicht das Anlagenrisiko.

Eine solche Bestimmung des Anlagenrisikos ist ein mit probabilistischen Analysen erreichbares Ergebnis. Üblicherweise unterscheidet man bei solchen Analysen – in Orientierung an der Technik der Leichtwasserreaktoren als des häufigsten Reaktortyps – drei verschiedene Stufen. Die Zielsetzung der ersten Stufe („Level-1“) besteht in der Ermittlung der Summenhäufigkeit für Ereignisabläufe, die zur Zerstörung des Reaktorkerns („Kernschmelzen“) und damit zu einer notwendigen Bedingung für gravierende Spaltproduktfreisetzungen führen. Level-2-Analysen beziehen das Versagen des Sicherheitsbehälters und das Ausmaß an Spaltproduktfreisetzungen (Quellterm) mit ein; Level-3-Analysen ermitteln Umfang und zu erwartende Häufigkeit von Schäden in der Umgebung – sind also eigentliche Risikoanalysen. Zur Methodik solcher Analysen siehe beispielsweise Hauptmanns (1991) oder Fullwood (1999).

Im Kontext der Sicherheits- und Risikobewertung technischer Anlagen dienen probabilistische Analysen also – zusammenfassend gesagt – zur Einschätzung, mit welcher Wahrscheinlichkeit es trotz der Sicherheitsmaßnahmen zu Gefährdungs- und Schadenszuständen durch Störfälle kommen kann und welche Auswirkungen dies hätte. Demnach müssen die Grenzwerte zur Gefahren-

abwehr bei Störfällen eingehalten werden, deren Häufigkeit größer als etwa 10^{-2} pro Anlage und Jahr ist. Bei der Definition von Auslegungsstörfällen für Kernkraftwerke wurde in Deutschland ein Häufigkeitsbereich zugrunde gelegt, der bis zu Werten zwischen 10^{-5} und 10^{-6} pro Anlagen-Betriebsjahr reicht.

Dies ist ein wesentliches Ergebnis der gesetzlich gebotenen Schadensvorsorge durch die Exekutive, die nach deutscher Rechtsprechung besser als der Gesetzgeber zur Ermittlung und Bewertung technischer Risiken gerüstet ist, eine Dynamisierung des Rechtsgüterschutzes sicherzustellen (Hertrich 1994). Dabei hat die Exekutive alle wissenschaftlichen und technisch vertretbaren Erkenntnisse heranzuziehen und willkürfrei zu verfahren. Bei schwerwiegenden Schadensfolgen genügt bereits eine entfernte Wahrscheinlichkeit zur Auslösung der Schutzpflicht, und die Genehmigung einer technischen Anlage mit Gefahrenpotential ist nur zulässig, wenn es nach Stand von Wissenschaft und Technik praktisch ausgeschlossen erscheint, dass solche Schadensereignisse eintreten. Ein absolut sichere Ausschluss von Grundrechtgefährdungen kann allerdings nicht gefordert werden („Restrisiko“). Bei der Lösung des sich hieraus ergebenden Abgrenzungsproblems gegenüber noch kleineren Störfallhäufigkeiten dienen probabilistische Analysen als Hilfsmittel. (Mit der inzwischen vollzogenen Novellierung des Atomgesetzes ist beabsichtigt, wegen der nicht völlig auszuschließenden Möglichkeit von Unfällen mit großen Spaltproduktfreisetzungen eine normative Grundsatzentscheidung gegen die Kernenergie zu treffen).

Literatur

Beck, U. (1986):

Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt a. M.

Bottelberghs, P. H. (2000):

„Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands.“ Journal of Hazardous Materials, 71 (1-3), 59-84

Brown Weiss, E. (1989):

In Fairness to Future Generations: International Law, Common Patrimony, and Intergenerational Equity. Dobbs Ferry, New York: Transnational Publishers, Inc. (1988, The United Nations University, Tokyo)

Buergin, R. (1999):

Handeln unter Unsicherheit und Risiko. Eine Zusammenschau verschiedener Zugänge und disziplinärer Forschungslinien. Arbeitsbericht, 27-99. Freiburg: Institut für Forstökonomie, Albert-Ludwigs-Universität. URL (zuletzt geprüft 2002-03-21):

http://www.uni-freiburg.de/gradwald/pdf/FOR27_99.pdf

factsheet NMP4 (2001):

Ministerie van volkshuisvesting, ruimtelijke ordening, milieubeheer en rijkshuisvesting (Ministerium für Wohnung, Raumordnung und Umwelt der Niederlande). URL (geprüft 2001-11-06):

http://www.vrom.nl/docs/milieu/pdf/nmp4_factsheet.pdf

Fullwood, R. (1999):

Probabilistic Safety Assessments in the Chemical and Nuclear Industries. Butterworth-Heinemann

Grunwald, A., et al. (Hrsg.) (2001):

Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten. Reihe „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“, Bd. 2. Berlin: Edition Sigma

Hauff, V. (Hrsg.) (1987):

Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Grevén: Eggenkamp-Verlag

Hauptmanns, U.; Werner, W. (1991):

Engineering Risks, Springer Verlag

Hauptmanns, U. (2001):

Probabilistische Anforderungen in der Seveso II-Richtlinie und der neuen Störfallverordnung, 4. Sitzung des Arbeitskreises Technische Systeme, Risiko und Verständigungsprozesse der Störfallkommission, Hannover, 22. Mai 2001

Hertrich, M. (1994):

Kriterien für die Sicherheit im Genehmigungsverfahren kerntechnischer Anlagen. In: Die Anwendung des Atomrechts. Konrad-Adenauer-Stiftung, Interne Studien 77/1994

Hirschberg, S., et al. (1998):

Severe Accidents in the Energy Sector. PSI-Bericht 98-16, Paul Scherrer Institut, Villigen, Schweiz

IAEA (1998):

Guidelines for integrated risk assessment and management in large industrial areas. International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC 994, Vienna

Kopfmüller, J., et al. (2001):

Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Reihe „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“, Bd. 1. Berlin: Edition Sigma

Merz, H. A., et al. (1995):

Bewertung von technischen Risiken. Polyprojekt Risiko und Sicherheit. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Rehbinder, E. (1988):

Vorsorgeprinzip im Umweltrecht und präventive Umweltpolitik. In: E.U. Simonis (Hrsg.), Präventive Umweltpolitik. Frankfurt/M., Campus: S. 129-143

Residual Risk Report to Congress (1999):

United States Environmental Protection Agency (EPA). URL (zuletzt geprüft 2002-01-16): http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/reports/risk_rep.pdf

SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1999-S):

Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1999. Kurzfassung: URL (zuletzt geprüft 2002-03-21): <http://www.umweltrat.de/songut99.htm>

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1998):

Welt im Wandel – Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998. Berlin: Springer Verlag, 1999. URL (zuletzt geprüft 2002-03-21): http://www.wbgu.de/wbgu_jg1998.pdf

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999-S):

Welt im Wandel – Umwelt und Ethik. Sondergutachten 1999. Marburg: Metropolis-Verlag, 1999. URL (zuletzt geprüft 2002-03-21): http://www.wbgu.de/wbgu_sn1999.pdf

XII. Arbeitspaket

Nachhaltige Landnutzung in der Kulturlandschaft:

Vergleichende Landschaftsbewertung auf der Basis von Fernerkundungs- und GIS-Daten zur Umsetzung in regionale Umweltqualitätsziele (LABURNUM)

Heidrun Mühle, Robert Backhaus

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ)

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

1. Einleitung und Forschungsansatz

In den ländlichen Regionen der Bundesrepublik Deutschland lassen sich Nachhaltigkeitsrisiken v.a. auf den Konflikt zwischen den raum-zeitlichen Verteilungsmustern von landwirtschaftlicher Produktion und urbaner Infrastruktur einerseits und den hochgradig nachhaltigkeitsrelevanten ökologischen Regulationsfunktionen andererseits zurückführen. Kennzeichnend für die Nicht-Nachhaltigkeit der Flächennutzung sind u.a. die Problemkomplexe Landschaftswasserhaushalt, Bodenverluste und -degradation sowie Verluste an repräsentativen Lebensräumen mit entsprechendem Artenschwund (Pimentel 1997; Held 1997; Ripl 1995; WBGU 1999).

Regionen sind meist geprägt von einer typischen abiotischen und biotischen Ausstattung sowie von sozioökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen. Durch ökologisch unangepasste räumliche Verteilungsmuster verursachte Nachhaltigkeitsrisiken erfordern demnach regional angepasste Maßnahmen auf der Grundlage regional disaggregierter, räumlich expliziter Indikatoren. Denn „Nachhaltigkeit im ökologischen Sinne verlangt die Orientierung von Nutzungsarten und -intensitäten an den jeweils gegebenen naturräumlichen Voraussetzungen“ (Bastian 1999).

Dies erfordert die Erfassung von Naturraum und Landnutzung mit Hilfe der Landschaftsanalyse unter Verwendung geeigneter Bewertungskriterien und Indikatoren. Der funktionsräumliche Forschungsansatz untersucht das Vermögen des Landschaftshaushaltes, bestimmte ökologisch und gesellschaftlich relevante Leistungen zu erbringen und ist in der deutschen Planungspraxis weit verbreitet und viele validierte Bewertungsverfahren sind vorhanden (Marks et al. 1992; Bastian & Schreiber 1999). Funktional bedeutsame Strukturmerkmale wie z.B. Flächengröße, Zerschneidung, Isolation und Verbund von Landschaftsobjekten bzw. Habitaten können mit Hilfe von geometrischen Strukturmaßen („landscape metrics“) analysiert werden. Darüber hinaus kann die zeitliche Veränderung der Landschaft in ihrer funktionalen und strukturellen Ausprägung untersucht werden, um sozioökonomisch bedingte Transformations- und natürliche Sukzessionsprozesse zu indizieren.

Maßnahmen zur Erhaltung bzw. zur Entwicklung von ökologisch nachhaltig funktionsfähigen Kulturlandschaften müssen aber auch die ökonomischen und sozialen Interessen der lokalen Bevölkerung berücksichtigen. Die Erfüllung dieser verschiedenen gesellschaftlichen Nutzungsanforderungen erfordert also eine räumlich explizite Optimierung der multifunktionalen Nutzung der Landschaften, z.B. der landwirtschaftlichen Produktion einerseits und Minimierung der Bodenerosion andererseits.

Vor diesem Hintergrund findet eine vergleichende Untersuchung zweier (nord)mitteleuropäischer Landschaftsräume statt (Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland bei Leipzig in Sachsen sowie Eider-Treene-Sorge – Niederung in Schleswig-Holstein). Es sollen bewährte sowie neue Methoden und Konzepte der Landschaftsbewertung und -optimierung sowie Indikatorensysteme im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der aktuellen realen Nutzung ausgewählter Gemeinden dieser Landschaften erprobt und weiterentwickelt werden. Szenariotechniken, welche die Auswirkungen optionaler Landnutzungsmuster auf die Funktionsfähigkeit räumlich wiedergeben, können wertvolle Empfehlungen für die Entscheidungsträger geben. Der

direkte Bezug zu den jeweiligen Planungs- und Entscheidungs-Kompetenzen kann auf der regionalen Ebene u.a. durch die Landschaftsrahmenplanung, auf lokaler Ebene durch die Landschaftsplanung und die betroffene lokalen Akteure (Landwirte) erfolgen. Der Forschungsansatz ist umsetzungsorientiert, landschafts- und landnutzungsbezogen und multikriteriell, da mehrere Landschaftsfunktionen parallel betrachtet werden. Um den wichtigen Bezug zu der regionalen Planungsebene herzustellen werden in Schleswig-Holstein der Planungsraum V (Schleswig-Flensburg, Nordfriesland) und in Sachsen der Großraum Leipzig mit dem Untersuchungsraum Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland als Kernuntersuchungsraum des UFZ soweit in der Projektlaufzeit durchführbar in die Untersuchungen miteinbezogen.

2. Stand der Arbeiten

Im ersten Projektjahr stand die Zusammenstellung und Vorverarbeitung der Geo- und Fernerkundungsdaten im Vordergrund. Vor allem im Untersuchungsgebiet Eider-Treene-Sorge-Niederung sind erheblichen Verzögerung bei der Datenzusammenstellung zu verzeichnen. So liegen das digitale Höhenmodell, die Biotop- und Nutzungstypenkartierung 1990 und die digitale Bodenkarte 1:25000 z. Zt. noch nicht vor, das ATKIS seit März 2002. Die Befliegung mit der HRSC-Kamera für die aktuelle Landnutzungskartierung fand erst im August 2001 statt, die Daten konnten aber erst im März 2002 bereitgestellt werden.

Weitere Schwerpunkte in 2001 lagen in der Erfassung der regionalen Leitbilder und der Recherche, Auswahl und Evaluierung funktionaler ökologischen Indikatoren und Bewertungsverfahren. Für das Testgebiet in Sachsen liegen bereits die Bewertungsergebnisse für sechs Landschaftsfunktionen vor. In Folge werden die Untersuchungsgebiete vorgestellt die bisher durchgeführten Arbeiten skizziert und ein Ausblick auf die Arbeitsziele für 2002 gegeben.

2.1 Untersuchungsgebiete

Eider-Treene-Sorge Niederung/Planungsraum V

Die Altmoränenlandschaft der Eider Treene-Sorge-Niederung in Schleswig-Holstein ist charakterisiert durch ausgedehnte entwässerte Niedermoore mit eingestreuten Hochmoorresten und Marschböden an den Flussrändern. Kleinflächig tritt die Hohe Geest in Form von deutlich abgesetzten Grundmoräneninsel hervor die eine Höhe von bis zu 50m über NN erreichen und vornehmlich als Siedlungsbereiche genutzt werden. Die Geestböden sind meist tiefreichend entkalkt und nährstoffarm. Die Niederung sind geprägt durch eine ausgedehnte Milchwirtschaft. Größere Gebiete der Region sind als integriertes Großschutzgebiet für die Flora-Fauna-Habitat Richtlinie in der aktuellen Landschaftsrahmenplanung vorgesehen.

Das Kernuntersuchungsgebiet liegt an der westlichen Grenze der Niederung und wird durch die topographische Karte 1: 25000 Blatt 1621 begrenzt. Das Blatt umfasst ca. 12 Gemeinden. Die Auswahl des Gebietes erfolgte in Absprache mit dem LANU Schleswig-Holstein.

Der Planungsraum V der Landschaftsrahmenplanung in Schleswig-Holstein umfasst die Kreise Nordfriesland und Schleswig-Flensburg und wird im Rahmen des europäischen Verbundprojektes SPIN (www.spin-projekt.org) vom DLR bearbeitet. Es wird die flächendeckende Anwendung von räumlich expliziten Indikatoren im regionalen Maßstab am Beispiel eines großen regionalen Planungsraumes untersucht.

Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland

Durchaus vergleichbar ist das Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland. Die Landnutzung ist bestimmt durch landwirtschaftliche Flächennutzung (Acker), mit Wald oder Grünland bedeckten Trockenkuppen und wenigen Moorrestflächen in einer Höhenlage zwischen ca. 105 und 179 m über NN. Der Raum zwischen Wurzen, Eilenburg und Taucha ist einer der wenigen großen unzerschnittenen Räume im Regierungsbezirk Leipzig. Weite Bereiche sind als Landschaftsschutzgebiet festgesetzt.

Der Kernuntersuchungsraum hat eine Größe von 2090 ha. Seine Abgrenzung folgt der Mikrogeochorenabgrenzung der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Arbeitsgemeinschaft „Naturhaushalt und Gebietscharakter“ mit dem Titel: „Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen im Maßstab 1:50.000“ (SMU 1997). Die Auswahl des Untersuchungsraumes ist vernetzt mit Verbundprojekten am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH.

2.2 Geo- und Fernerkundungsdatenverarbeitung

Für die Landschaftsanalyse und als Datengrundlage für die Bewertungsverfahren werden die Daten für die beiden Untersuchungsgebiete jeweils in ein geographisches Informationssystem zusammengestellt. Der Datenbedarf wird durch die gewählten Bewertungsverfahren und den Anwendungsmaßstab bestimmt. So ist z.B. das digitale Höhenmodell im 50m Raster für regionale Anwendungen im Maßstab 1:100000 – 1:50000 geeignet, aber nicht für lokale Anwendungen in Maßstäben über 1: 10000. Die meisten Eingabeparameter für die funktionalen Bewertungsverfahren müssen erst durch GIS-Operationen erstellt werden (z.B. Hangneigung aus dem Digitalen Höhenmodell) oder wie z.B. die nutzbare Feldkapazität sekundär über eine Tabellenabfrage nach der Ableitungsvorschrift aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) bestimmt werden.

Die aktuelle Landnutzung, -bedeckung kann kostengünstig und effizient mit Fernerkundungsdaten erfasst werden. Das amtliche topographische Informationssystem ATKIS bietet zwar eine gute geometrische Basis, aber unzureichende und unsichere Angaben zur aktuellen Landnutzung. Landbedeckungs-, bzw. Landnutzungsklassifikationen auf Basis des Landsat TM 5/ETM 7 können v.a. im regionalen Maßstab verwendet werden. Durch die Verwendung der Objektgeometrien des ATKIS oder der Biotop- und Nutzungstypenkartierung ist aber auch die Erfassung von flächenhaften Objekten bis in den Maßstab 1: 10000 möglich. Linienhafte Strukturen und Objekte unter 1 ha sind hinreichend genau jedoch nur mit höher aufge-

lösten Sensoren, wie z.B. IKONOS oder flugzeuggestützten Kameras oder Scannern kartierbar. Für die Eider-Treene-Sorge Niederung liegen Daten des flugzeuggestützten HRSC-Scanners mit einer Bodenauflösung von 20 cm für die lokalen Testgebiete vor. Für die Indikation der zeitlichen Veränderungsdynamik liegen in Schleswig-Holstein für den gesamten Planungsraum V Landsat TM 5 Daten aus den Jahren 1990 und 1995 und Landsat ETM 7 Daten aus dem Jahr 2001 vor.

Die Georeferenzierung und die radiometrische Korrektur der Landsat Daten wurde abgeschlossen. Z.Zt. wird eine Evaluierung objektbasierter Klassifikationsverfahren und die Aufbereitung des digitalen Geländemodells auf Basis der HRSC Daten durchgeführt. Der Klassifikationsschlüssel wird in Anlehnung an das europäische System EUNIS erstellt.

In dem lokalen Testgebiet in Sachsen (Mikrogeochore Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland) erfolgte die Kartierung der Landnutzung auf Basis der Biotoptypenkartierung. Diese wurde durch eine eigene Feldkartierung des UFZ aktualisiert.

In den Tabellen 1 und 2 im Anhang sind Umfang und Sachstand der Geodatenbeschaffung für die Untersuchungsgebiete zusammengestellt.

2.3 Analyse der regionalen Leitbilder

Eider-Treene-Sorge-Niederung

Nach den Leitbildern der Landschaftsrahmenplanung 2001 (MUNF 2001a & 2001b) soll die Entwicklung zu naturnahen und extensiven Niedermoorbiotopen und vielfältigen Hochmooren, sowie „Gruppen- und Grabenstrukturen“ in den intensiver genutzten Bereichen führen. Auf den Geestinseln und Holmen ist das Leitbild eine kleinkammerig gegliederte Agrarlandschaft mit hohem Grünlandanteil und kleinflächigen und linearen Gras- und Staudenfluren und Feldgehölzen, auf mineralischen Böden grundwasserbeeinflusste Wälder. Die Umsetzung soll in der Regel in den Schutzgebiets- und Biotopverbundsystemen auf landesweiter und regionaler Ebene (unter Einbeziehung der Aussagen des Landschaftsprogramms zu den historischen Kulturlandschaften) erfolgen, wobei die räumlich explizite Ausweisung im Rahmen der kommunalen Landschaftsplanung verwirklicht werden soll.

- Naturschutzfachliche Ziele sind Biotoperhaltung/-erweiterung (bei einer durchschnittlichen Größe von 8 ha in fast allen Fällen gegeben) und Entwicklung und Wiederherstellung von (ehemals naturraumtypischen) Biotopkomplexen.
- Artenschutzziele werden insbesondere für Weiß- und Schwarzstorch, Kranich, Wiesen- und Moorvögel sowie Amphibien definiert. Brut- und Nahrungsbiotope für Vögel sollen gesichert und entwickelt und die Lebensbedingungen für Amphibien verbessert werden. Hierzu sollen wieder ausgedehnte, feuchte und extensiv bewirtschaftete Grünlandbereiche entwickelt und Flachgewässer angelegt werden. Im Bereich von naturnahen Landschaftselementen ist auf Düngung und Pflanzenschutz zu verzichten. Die Umsetzung wird durch Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes oder Flächenankauf gestützt.
- Wasserschutzgebiete sind im Untersuchungsraum für die Geestinsel um die Gemeinden Erfte und Osterwittbekfeld geplant. Im Einzugsgebiet der Treene sind Maßnahmen zu einer

verstärkten, flächenhaften Retention im Rahmen des Hochwasserschutzes zu verwirklichen.

Auch intensiv genutzte Flächen können zu den Eignungsbereichen gehören. Die Flächenauswahl ist dabei zunächst unabhängig von der Besitzstruktur, diese ist bei der konkreten Umsetzung zu berücksichtigen. Die Flächensicherung erfolgt in der Eider-Treene-Sorge Niederung v.a. durch Flächenankauf und nur in geringem Maße durch Vertragsnaturschutz. Eine Abwägung mit anderen Nutzungsansprüchen ist im Rahmen der Landschaftsplanung durchzuführen.

Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland

Der Regionalplan Westsachsen verzeichnet für den Untersuchungsraum flächendeckend Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft. Der Freiraum ist als regionaler Grünzug entlang des Flüsschens Parthe und dem „Grünen Ring Leipzig“ verzeichnet. Daneben sind Vorbehaltsgebiete für die Landwirtschaft verzeichnet. Gleichzeitig ist es Vorbehaltsgebiet für die Bereitstellung von Wasser.

Das „Entwicklungskonzept Landschaft verdichteter Raum Leipzig Maßstab 1:75.000“ zeigt folgende Zielrichtungen. Die umweltgerechte Ackerflur soll geringfügig angereichert werden durch Hecken und Gehölze bei gleichzeitig vorrangiger Extensivierung des Ackerbaus. Grünlandflächen sollen erhalten und zum Teil in der ersten Priorität erweitert werden. Dies betrifft erstrangig die Endmoränenkuppen. Der Waldanteil soll erhöht werden. Einige Fließgewässer sollen entroht werden. In der Parthenaue sollen beeinträchtigte Bachabschnitte in ihrer natürlichen Dynamik Revitalisiert werden. Die Auwiesen sollen in erster Priorität in Grünland umgewandelt werden.

Weiter sollen in der Agrarlandschaft überackerte Endmoränenkuppen wieder in extensives Grünland (Magerrasen) im Biotopverbund umgewandelt werden. Als schützenswerte Leitart der offenen Agrarlandschaft wird der Feldhase (Rote Liste Sachsen Gefährdungsstatus 3) angesehen (Anonym 2001). Ebenso haben die Habitatverhältnisse für Rotmilane eine über Deutschland hinausgehende Bedeutung (Freistaat Sachsen o. J.).

2.4 Funktionale Indikatoren

Ein funktionaler Indikator kann als hauptsächlich strukturelle Variable verstanden werden, die gewisse Prozesse im Ökosystem indiziert, oder als ein einfaches Relativmaß, das über mehrere komplexe, dynamische Prozesse integriert. Funktionale Indikatoren kennzeichnen somit die Interaktion zwischen den Landschaftsobjekten/-elementen und der Erfüllung landschaftshaushaltlicher Funktionen der untersuchten Landschaftseinheiten. Nach dem Ansatz von de Groot (1992) werden die von der Landschaft realisierten Funktionen in Produktions-, Regulations-, Träger- und Habitatfunktionen unterteilt. Eine vorläufige Auswahlliste für die Untersuchungsgebiete zeigt Tabelle 3 im Anhang.

Die für die spätere Optimierung der Landnutzung regionalspezifisch relevanten Landschaftsfunktionen werden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Welche ökologischen Funktionen erfüllt die betrachtete Kulturlandschaft (Naturraum, Habitat, Habitatkomplex) zur Zeit und was sind die regionalen Schutzziele ?
- Was sind die hauptsächlichsten anthropogenen Belastungen/Einflussfaktoren und welche Auswirkungen haben die Belastungen auf die Kulturlandschaft, bzw. was sind die hauptsächlichsten Gefährdungen ?
- Welche Funktionen könnten/sollten verbessert werden, was sind die wesentlichen Defizite im Hinblick auf lokale und regionale Betrachtungsebenen?
- Welche Maßnahmen sind erforderlich, um regionale Schutzziele zu erfüllen bzw. die Funktionalität im Gesamt- und/oder Teilraum nachhaltig zu gestalten?

2.5 Struktur-Indikatoren

Das Bemühen um Indikatoren zur Landschaftsstruktur geht auf die moderne Landschaftsökologie zurück (vergl. Forman und Gordon 1986). Als Struktur werden die räumlichen Beziehungen innerhalb von Ökosystemen verstanden, d.h. die räumliche Verteilung einzelner Faktoren in Bezug auf Größe, Form, Anzahl, Art und Konfiguration. Funktionen sind die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Ökosystems (Energie- und Stoffflüsse), deren Veränderungen über die Zeit sowie auch die Veränderung der Strukturen eines Landschaftsmosaiks. Landschaftsstrukturen sind demnach nicht nur als das Ergebnis ökologischer Prozesse, sondern auch als eigener Wirkungsfaktor zu betrachten. Die zunehmende Quantifizierung bei der Analyse digitaler räumlicher Daten mit GIS und Fernerkundung wirkte sich auch auf die Untersuchungen zur Landschaftsstruktur aus. Durchgesetzt hat sich dabei die Methodik der Landschaftsstrukturmaße, die insbesondere in Großbritannien und Nordamerika vorangetrieben worden ist (Blaschke 1999). Landschaftsstrukturmaße dienen der quantitativen Beschreibung der räumlichen Strukturen innerhalb einer Landschaft. Analysiert werden Form und Gestalt einzelner Landschaftselemente sowie deren Anordnung und Zusammensetzung in einer Landschaft. Die Berechnung erfolgt anhand digitaler thematischer Karten von Landbedeckung oder Landnutzung. Landschaftsstrukturmaße können prinzipiell für drei Ebenen berechnet werden: Patches (homogene, zusammenhängende Flächen einer Landbedeckungsklasse), Klassen und gesamte betrachtete Landschaft. Einen zunehmenden Bedarf an Informationen über Landschaftsstrukturen und -prozesse belegen jüngste Veröffentlichungen der OECD sowie aus dem Umfeld europäischer und nationaler Behörden, in denen für die Entwicklung von Umweltindikatorenssystemen Landschaftsstrukturparameter als Zielindikatoren für die Umweltaspekte Biologische Vielfalt sowie Habitate und Landschaft genannt werden (OECD 1999; Europäische Kommission 2000; Wascher 2000). Wascher (2000) hat in dem Report „*Agri-Environmental Indicators for Sustainable Agriculture in Europe*“ eine umfangreiche Liste für *State* und *Pressure* Indikatoren kompiliert, die auf Landschaftsstrukturmaßen beruhen. Eine Auswahl dieser Indikatoren wird in den Untersuchungsgebieten getestet werden. Am Umweltforschungszentrum Leipzig sind verschiedene Arbeiten zur Einschätzung von Strukturindikatoren in Bearbeitung (Lausch 2000).

2.6 GIS Modellierung und Bewertung

Im Untersuchungsraum Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland wurden auf Basis der angegebenen GIS-Daten folgende Landschaftsfunktionen bewertet

- Retentionsvermögen (Marks et al. 1989)
- Nitratauswaschungsgefährdung (Feldwisch in Frede/Dabbert 1998)
- Grundwasserneubildung (Renger & Strebel 1980)
- Bodenerosion durch Wasser (Schwertmann et al. 1989)
- Bodenerosion durch Wind (Smith et al. 1992)
- Erholungseignung (Marks et al 1989)
- Produktionsfunktion (Bodenwertzahlen)

Für folgende Funktionen steht eine Bewertung für das 1. Halbjahr 2002 auf dem Arbeitsprogramm:

- Habitatfunktionen für Leitarten (eigene Entwicklungen)
- Nachhaltiger Grundwasserschutz (eigene Entwicklung nach Klauer et al. 2000)

Für die Untersuchungsräume in Schleswig-Holstein wurden die in Tabelle 3 genannten Regulationsfunktionen in das GIS implementiert und werden nun verfahrenstechnisch optimiert. In der Bodendatenbank der BÜK 200 werden z.Zt. Abfragen für die notwendigen Eingangsparameter der Bewertungsverfahren generiert.

3. Vorgesehene Arbeiten für 2002

Für das laufende Projektjahr 2002 sind die folgenden Arbeitsschwerpunkte vorgesehen:

- Aufbereitung z.Zt. noch nicht vorliegender Geodaten
- Klassifikation von Landsat TM und HRSC-Daten im Testgebiet Eider-Treene-Sorge
- Anwendung und Bewertung der landschaftsökologischen Funktionen
- Recherche und Entwicklung von spezifischen Verfahren zu Habitatfunktionen
- Untersuchungen zu Strukturindikatoren
- Multikriterielle Optimierung im Testgebiet Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland

Darüber hinaus wird der Landschaftswandel in den Testgebieten analysiert und die gegenwärtigen Möglichkeiten einer Anwendung von dynamischen Modellen zur Indikatorbildung überprüft.

Anhang

Tabelle 1: Geodaten für die Untersuchungsgebiete Planungsraum V und westl. Eider-Treene-Sorge Niederung (TK 1621) in Schleswig-Holstein

Tabelle 2: Geodaten der Untersuchungsgebiete Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland in Sachsen

Tabelle 3: Vorläufige Auswahlliste räumlicher Indikatoren (* in Marks et al. 1992)

Inhalt	Datensatz	Herkunft der Daten	Abdeckung
Topographie	ATKIS	Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (LVA-SH) bereitgestellt über das Landesamt für Natur- und Umweltschutz Schleswig-Holstein (LANU-SH)	Planungsraum V, digital
	TK 1: 100000 DGK 1: 5000	LVA-SH, über LANU-SH LVA-SH, über LANU-SH	Planungsraum V, digital TK 1621/ 1521, digital
	Verschiedene historische Karten	LANU-SH	TK 1621
Boden	Bodenübersichtskarte 1: 200000 Bodenkarte 1: 25000	Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe LANU-SH	Planungsraum V, digital TK 1621, digital (bestellt)
Relief	Aster-Satellitenbild DHM 30m Raster Digitales Höhenmodell 50m Raster Digitales Oberflächenmodell 1m Raster aus HRSC Scannerbefliegung,	USGS EROS Data Center LVA-SH, über LANU-SH LANU-SH	Planungsraum V, digital, (in Vorbereitung) Planungsraum V, digital, (bestellt) TK 1621/ 1521, digital
	FFH-Schutzgebiete, Biotopverbund Biotop- und Nutzungstypenkartierung 1990 (flächendeckende Kartierung) Biotopkartierung (Einzelkartierung) Biologisch-ökologisch-bedeutsame Lebensräume 1: 5000 (FFH-Kartierung)	LANU-SH (Natura 2000 GIS) LANU-SH LANU-SH (Natura 2000 GIS) LANU-SH	Planungsraum V, digital TK 1621/ 1521 (Vector) Planungsraum V (1 bit Raster) Planungsraum V, digital Eider-Treene-Sorge Niederung, digital (bestellt)
Vegetation	Verschiedene Einzelkartierungen von Mooren und Feuchtgrünland	Diplomarbeiten, Gutachten, Auftragsarbeiten für das LANU-SH	Eider -Treene-Sorge Niederung, z.T. digital
Vögel	Verschiedene Punkt-Kartierungen von Brut- und Wiesenvögel	Gutachten, Auftragsarbeiten für das LANU-SH, Naturschutzzentrum Bergenhusen (Naturschutzbund Deutschland / NABU),	Eider-Treene-Sorge Niederung Gesamt und Teilgebiete, digital beim NABU-Bergenhusen
Amphibien	Artendatenbank (im Aufbau)	LANU-SH, Faunistisch-Ökologische Arbeitsgemeinschaft Universität Kiel	Planungsraum V, digital
Hydrologie	Teileinzugsgebiete Wasserschutz – und Schongebiete Grundwasserflurabstand(1975 – 2001) Entwässerungsgräben	LANU-SH LANU-SH, (digitaler Landschaftsrahmenplan) LANU-SH, (WAFIS, Landesgrundwasserdienst LANU-SH (FIS ETS)	Eider-Treene-Sorge Niederung, digital Planungsraum V, digital Eider-Treene-Sorge Niederung, digital TK 1621/ 1521, digital, 1bit Raster
	Klima	langjährigen Mittelwerte, 1*1 Km ²	Deutscher Wetterdienst, Offenbach
Planung	Digitaler Landschaftsrahmenplan	LANU-SH	Planungsraum V
	Landschaftspläne (analog)	LANU-SH	Ausgewählte Gemeinden TK 1621 (bestellt)

Tabelle 1: Geodaten für die Untersuchungsgebiete Planungsraum V und westl. Eider-Treene-Sorge Niederung (TK 1621) in Schleswig-Holstein

Inhalt	Datensatz	Herkunft der Daten	Abdeckung
Topographie	CORINE	Statistisches Bundesamt	Gesamtraum, digital
	ATKIS	Landesvermessungsamt Sachsen	Gesamtraum, digital
	TK 100, TK 10	Landesvermessungsamt Sachsen	Gesamtraum
	Meßtischblatt	Landesvermessungsamt Sachsen	Gesamtraum
Boden	Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung 1:100.000	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Gesamtraum, digital
	Bodenschätzungskarte 1:10.000	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Gesamtraum, eigene Digitalisierung
Relief	Digitales Höhenmodell 200 m, DGM 20 m Raster	Landesvermessungsamt Sachsen	Gesamtraum, digital
	Digitales Höhenmodell	DLR	Gesamtraum, digital
Biotope, Vögel	Biotop- und Nutzungstypenkartierung 1992 (flächendeckende Kartierung), 1:10.000	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Gesamtraum, digital
	Selektive Biotoptypenkartierung	Staatliches Umweltfachamt Leipzig	Inselkarten
	Verschiedene Kartierungen von Brut- und Wiesenvögel	Staatliches Umweltfachamt Leipzig	Gesamtraum
Klima	Klimadatensatz langjährigen Mittelwerte, 1*1 Km ²	Deutscher Wetterdienst, Offenbach	Gesamtraum, digital
Hydrologie	Hydrogeologische Karte 1:50.000	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Gesamtraum
	Wasser- und Naturschutzgebiete	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Gesamtraum, Regierungsbezirk, digital
	Grundwasserflurabstand	STUFA, Wasserwerk Leipzig, Lysimeterstation Brandis	Punktdaten
	Drainageflächen	Nachfolgeeinrichtungen der Meliorationsbetriebe (Hamann 2000)	Muldeinzugsgebiet (fast flächendeckend 1:25.000)
Planung	Regionalplan Westsachsen	Regionale Planungsstelle Leipzig	Gesamtraum
	Landschaftspläne (analog)	Gemeinden	Taucha und Verbandsgemeinde Jesewitz (noch nicht vorliegend)

Tabelle 2: Geodaten der Untersuchungsgebiete Taucha-Eilenburger Endmoränenhügelland in Sachsen

Landschaftsfunktion	Indikator	Verfahren
Produktionsfunktionen (ökonomisch)	Produktion pflanzlicher Biomasse (landwirtschaftliche Produktionseignung)	- Biotisches Ertragspotential n. Glawion 1992 * - Interpretation der Bodenschätzung
	Grundwasserneubildung	- Renger und Strebel 1980 * (in: Bastian und Schreiber 1999) - Renger und Wessolek 1990 (in: Pekdeger et.al. 2000)
Regulationsfunktion	Grundwasserschutz	- Klauer et al 2000
	Schutz gegen Bodenerosion (Wasser) Schutz gegen Bodenerosion (Wind)	- Schwertmann et al. 1989 - Smith 1992
	Nitratrückhaltevermögen NitratAuswaschungsgefährdung	- Arbeitsgruppe Bodenkunde 1982 - Sandner et al. 1993 (in: Bastian und Schreiber 1999) - Feldwisch in Frede/Dabbert 1998
Habitatfunktionen	Fragmentierung	- diverse Landschaftsstrukturmaße (s. Wascher 2000)
	Verinselung – Verbund	- diverse Landschaftsstrukturmaße (s. Wascher 2000)
	Habitateignung für spezielle Leitarten oder Tiergruppen (Feldhase und Schwarzmilan in Sachsen, Brutvögel und Amphibien in Schleswig-Holstein)	- Verfahren noch nicht festgelegt, bzw. in Bearbeitung

Tabelle 3: Vorläufige Auswahlliste räumlicher Indikatoren (* in Marks et al. 1992)

Literatur

AG Boden (1994):

Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage, 392 S., Hannover

Anonym (2001):

Erfassungsbogen Mikrogeochore „Wölpener Moränenschwelle“ mit Angaben zu Flora und Fauna

Bastian, O. (1999):

Das Nachhaltigkeitsprinzip als Leitbild der Landschaftsentwicklung. In: H.-P. Böhm, J. Dietz, & H. Gebauer (Hrsg.), Nachhaltigkeit – Leitbild für die Wirtschaft? (S. 159-170). Technische Universität Dresden, Zentrum für Interdisziplinäre Technikforschung

Bastian, O.; Schreiber, K. F. (1999):

Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft (2. Auflage). Berlin

Blaschke, T. (1999):

Quantifizierung von Fragmentierung, Konnektivität und Biotopverbund mit GIS. In: Strobl, J. u. T. Blaschke (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung. S. 60-73

De Groot, R. S. (1992):

Functions of Nature. Evaluation of nature in environmental planning and decision making. Wolters-Noordhoff, Groningen

Europäische Kommission (2000):

From Land Cover to Landscape Diversity in the European Union. Abrufbar unter: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/> (letzter Zugriff: 13.3.2002)

Feldwisch, N.; Frede H. G.; Hecker, F. (1998):

Verfahren zum Abschätzen der Erosions- und Auswaschungsgefahr. In: Frede, H.G. & Dabbert, S. (Hrsg.): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, Landsberg, 50-57

Forman, R.; Godron, M. (1986):

Landscape Ecology. Chichester

Freistaat Sachsen (o.J.):

LfUG: Brutvogelkartierung im Freistaat Sachsen.

<http://www.umwelt.sachsen.de/lflug/fachinformationen/naturschutz/53/brut/index.htm>

Held, M. (1997):

Der letzte Dreck – Gründe für die gesellschaftliche Ignoranz der Tragweite der Bodendegradation.. GAIA, 6(3), 205-211

Klauer, B.; Horsch, H.; Geyler, S.; Meyer, B. C. (2000):

Indikatoren und Kriterien für einen nachhaltigen Grundwasserschutz in der Querfurter Platte. UFZ-Bericht 30/2000, 47 S

Lausch, A. (2000):

Raum-zeitliches Monitoring von Landschaftsstrukturen in der Tagebauregion Südraum Leipzig mit Methoden der Fernerkundung und Geoinformation. – UFZ-Bericht 12/2000, UFZ Leipzig-Halle GmbH, Leipzig, 185 S

Marks, R.; Müller, M. J.; Leser, H.; Klink, H. J. (1992):

Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BALVL). Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Vol. 229, Trier

MUNF (Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein) (2001a):

Erläuterungen zum Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum V, Entwurf, Neuaufstellung 2000, (Entwurf Oktober 2000), Kiel

MUNF (Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein) (2001b):

Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum V, Entwurf, Neuaufstellung 2000 (Entwurf Oktober 2000), Kiel

OECD (1999):

Environmental Indicators for Agriculture. Bd. 2: Issues and Design. The York Workshop. Paris, 1999

Pimentel, D. (1997):

Soil Erosion and Agricultural Productivity: The Global Population/Food Problem.. GAIA, 6(3), 197-204

Pedeger, A.; von Jarmersted, C.; Tesemer, M.; Ziemke, B. (2000):

Endbericht zum Forschungsvorhaben „Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet Lübeck“. Freie Universität Berlin, Institut für Geologie, Geophysik und Informatik, Fachrichtung Rohstoff- und Umweltgeologie

Ripl, W. (1995):

Nachhaltige Bewirtschaftung von Ökosystemen aus wasserwirtschaftlicher Sicht. In: P. Fritz, J. Huber, & H. W. Levi (Hrsg.), Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive (S. 69-80). Stuttgart

Regionaler Planungsverband Westsachsen (2002):

Regionalplan Westsachsen. Leipzig

Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M. (1987):

Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart

Smith, J. A.; Lyon, D. J.; Dickey, E. C.; Rickey, P. (1992):

Emergency wind erosion control. University of Nebraska NebGuide Publication, G75-282-A

SMU (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, Hrsg. (1997):

Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen Materialien zur Landesentwicklung 2/97, Dresden, 62

Wascher, D., (Hrsg.) (2000):

Agri-environmental Indicators for Sustainable Agriculture in Europe. Tilburg, European Centre for Nature Conservation, 246 S

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999):

Welt im Wandel – Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre, Jahresgutachten 1999. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag

XIII. Arbeitspaket

GLOBALSIM – Simulationsmodelle zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien

**Torsten Asselmeyer-Maluga, Peter Frank, Andreas Hoheisel,
Helge Rosé, Bertram Walter**

Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik

Online Version

1. Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum wurde maßgeblich die Implementierung des interaktiven multidisziplinären Simulationsframeworks zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien durch die Umsetzung des Konzeptes der M3-Simulation und die Integration der Umweltmodelle vorangetrieben. Dies umfasste die Implementierung einer Hierarchie von Basisklassen von MUVE-Objekten, eines 3D-Clients zur Visualisierung der M3-Welt für die Akteure, die Konzeption und Einrichtung der M3-Datenbank, die Implementierung des Modellservers samt XML-Schnittstellen für die Modelle SWIM, 4C und WGEN, sowie die Modifikation, Anpassung und Integration von SWIM, 4C, WGEN und des Impaktmoduls in das M3-System.

2. Implementierung in einer verteilten Rechnerarchitektur

2.1 Multi User Virtual Environment (MUVE)

Das Multi User Virtual Environment ist die logische Repräsentation des zu simulierenden realen Systems. Alle Objekte der realen Welt werden durch einen konsequent *objekt-orientierten* Ansatz durch *Agents* im MUVE abgebildet. Jeder Agent ist durch seinen *Zustand*, die möglichen *Prozesse* seiner Änderung und durch seine *Relationen* zu anderen Agents charakterisiert.

Die Implementierung des MUVE und der Agents wurde in Java 2 realisiert. Die Basisklasse **Thing** aller Agents bzw. Dinge im MUVE stellt allein softwaretechnische Grundfunktionen bereit und bleibt hinsichtlich Zustands- und Prozessdefinition unspezifiziert. Die erste Kernfunktionalität implementiert die Klasse **RelatedThing** indem sie Relationen zwischen den Agents als Delegation Based Event Handling (Listener Design Pattern) etabliert. Damit wird es möglich die Kommunikation zwischen den Agents über ihre Relationsstruktur zu kanalisieren.

Von **RelatedThing** leiten sich alle weiteren Klassen von Agents ab, in dem sukzessive der Zustand und die möglichen Prozesse spezifiziert werden. Die Strukturierung der möglichen Zustände und Prozesse in einer tiefen Klassenhierarchie bietet den Vorteil der effizienten und redundanzarmen Implementierung konkreter Agents aus wenigen Grundklassen.

```

Klassenhierarchie des MUVE
class m3.muve.std.thing.Thing
    class m3.muve.std.thing.RelatedThing
        class m3.muve.std.thing.ChangeableThing
            (implements m3.muve.std.thing.Changeable)
        class m3.muve.std.thing.LocatedThing
            (implements m3.muve.std.thing.Viewable)
        class m3.muve.std.thing.DynamicalThing
            (implements m3.muve.std.thing.Changeable)
        class m3.muve.std.thing.MoveableThing
            (implements m3.muve.std.thing.Moveable)
        class m3.muve.std.thing.MechanicalThing
            class m3.muve.std.mechanical.Actor

```

Die erste Aufspaltung der Hierarchie erfolgt dabei gleich nach **RelatedThing** durch die Zweige **ChangeableThing** und **LocatedThing**. Während **ChangeableThing** das Interface **Changeable** implementiert, das durch die Methode *changeState* den Zustand **State**, der eine freikonfigurierbare Menge von Zustandsvariablen bereithält, des Agent ändern kann und damit einen Prozess installiert, instanziiert **LocatedThing** den Zustand **LocatedState**, der alle kinetischen Variablen (Ort, Rotation, Geschwindigkeit) umfasst und damit das Modell eines starren Körpers der Newtonschen Mechanik realisiert. Außerdem implementiert **LocatedThing** das Interface **Viewable**, das es als sichtbares Objekt im MUVE auszeichnet und ihm eine graphische Repräsentation verleiht.

Das von **LocatedThing** abgeleitete **DynamicalThing** implementiert ebenfalls das Interface **Changeable** jetzt allerdings verändert der Prozess *changeState* den lokalisierten Zustand **LocatedState**, d.h. **DynamicalThing** wird beweglich. **MoveableThing** erweitert diese räumliche Funktionalität mit der Implementierung des Interface **Moveable** durch die Definition der Bewegungsmethode *move* und die Bereitstellung von Listen benachbarter Agents. Solche **Vicinities** können hierarchisch geschachtelt und zur Kollisionsberechnung oder Visualisierung des Umfeldes eingesetzt werden.

Die Klasse **MechanicalThing** modelliert durch ihre überlagerte *move* Methode die reale physikalische Dynamik eines Newtonschen starren Körpers, die sowohl nichtlineare Reibungsprozesse mit dem Umgebungsmedium als auch inelastische Zweierstöße mit anderen **LocatedThings** berücksichtigt.

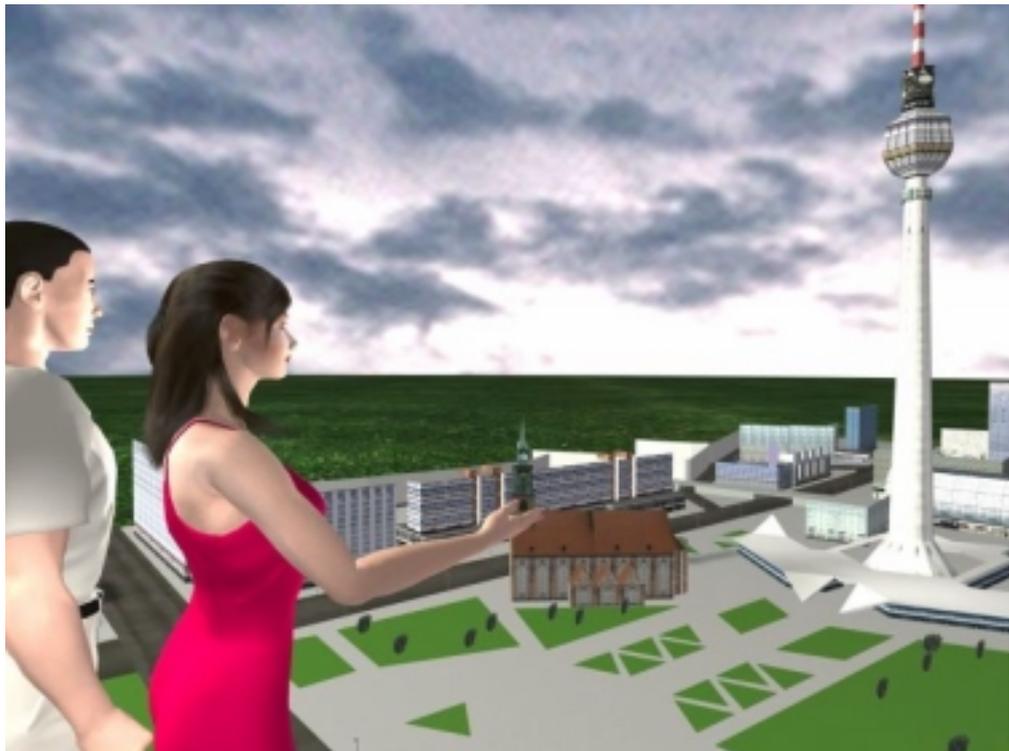
Die Repräsentation der realen Akteure im MUVE wird schließlich durch die Klasse **Actor** erreicht, die einerseits von **MechanicalThing** alle Eigenschaften eines mechanischen Objektes erbt und zusätzlich die erforderliche Infrastruktur zur Kommunikation mit dem 3D-Client des Multi Purpose Graphical User Interface durch ihren Delegate **ActorProxy** und den RMI-Connector **ClientProxy** zur Verfügung stellt.

Die durch diese Hierarchie von Basisklassen bereitgestellte reichhaltige Grundfunktionalität findet in der gegenwärtigen Ausbaustufe des MUVE nur beispielhaft durch eine Hand voll konkreter

Klassen, wie z.B. **AgrarianField**, **Building**, **Vegetable**, **Car**, **Ball**, eine Anwendung. Genau hier wird jedoch später die API des M3-Systems ansetzen und eine beliebige Erweiterung des Systems durch die User selbst möglich machen.

Alle Parameter der Agents des MUVE sind in der M3-Datenbank gespeichert und spezifizieren so das Instanzieren einer M3-Welt. Derzeit wird ein 2x2 km großes Gebiet betrachtet, das durch ein 3D-Modell des Berliner Alexanderplatzes visualisiert wird und neben den Gebäuden und einem einfachen Straßennetz mit computergenerierten Verkehr auch zahlreiche landwirtschaftlich bewirtschaftete Felder umfasst.

Blick auf den virtuellen Alexanderplatz des M3-Systems



2.2 Multi Purpose Graphical User Interface

Da die virtuelle Welt von den Akteuren gesteuert und beeinflusst wird, fällt der Wahl der 3D-Engine und der Implementierung des 3D-Clients – der grafischen Schnittstelle für den Akteur – besondere Bedeutung zu. Folgende wesentlichen Voraussetzungen müssen dabei erfüllt werden:

- Die Welt muss möglichst realistisch und ansprechend dargestellt werden und
- die Interaktionen mit dem System müssen flüssig sein und ihre Auswirkungen zeitnah erfolgen.

Neben diesen Nutzeranforderungen ergeben sich von der Entwicklerseite weitere Voraussetzungen:

- Möglichkeit der Nutzung der für das MUVE entwickelten Softwarekomponenten zur schnellen und konsistenten Ankopplung des Clients an die serverseitige Repräsentation der Welt im MUVE,
- Unterstützung von Standardformaten (z.B. 3DS) und Software (z.B. 3D Studio MAX) zur Nutzung von im Internet frei erhältlichen 3D-Objekten (z.B. Bäume, Häuser)
- Großer Funktionsumfang der Entwicklungsbibliotheken zur Implementierung komplexer Vorgänge (z.B. Verkehrslärm)

Aufgrund dieser Anforderungen fiel die Wahl der 3D-Engine auf die Implementierung von WildTangent. Diese ist in Java geschrieben, unterstützt 3D-Hardware über die DirectX-Schnittstelle und stellt Exportmodule für mehrere 3D-Modellierungssysteme (z.B. 3D Studio Max, Lightwave) bereit.

2.2.1 Kopplung zwischen 3D-Client und MUVE

Die Kopplung zwischen Client und MUVE findet auf Clientseite durch den **ClientProxy** statt. Der Datenaustausch erfolgt über RMI (Remote Method Invocation). Neben dieser technischen Kopplung ist die zeitliche Kopplung besonders kritisch. Die Zustände aller Objekte im sichtbaren Bereich des Clients sollten im Idealfall zeitlich synchron mit den Zuständen ihrer zugehörigen Repräsentationen im MUVE sein. Für den Akteur bedeutet dies, dass wenn er von Punkt A zu Punkt B läuft, seine Position sowohl im Client als auch im MUVE zu jedem Zeitpunkt identisch ist.

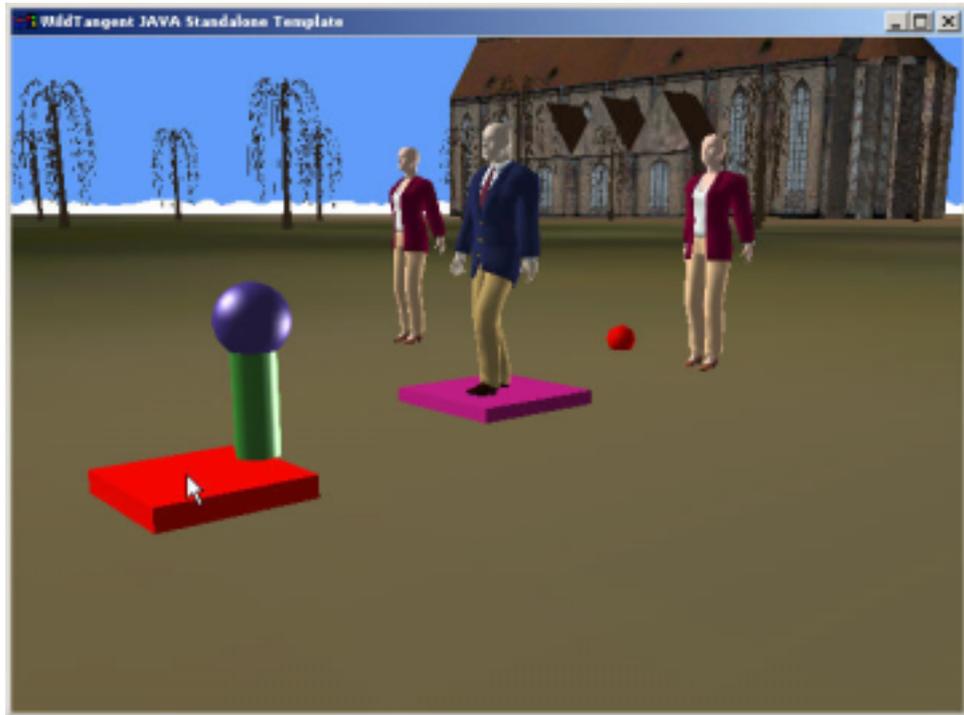
Während in einem schnellen lokalen Netzwerk dies noch zu erreichen ist, kann innerhalb des Internets diese Synchronisation aufgrund der Latency nicht mehr zu jedem Zeitpunkt garantiert werden. Lokale Bewegungsvorhersagen im Client sind schwierig, da nur das MUVE alle Informationen zur Hand hat, die z.B. die Bewegung des Akteurs beeinflussen können (z.B. starker Wind, Bodenreibung).

Daher muss bevor ein Bewegung erfolgen kann, diese beim MUVE bestätigt und deren Folgen (Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung) für einen Zeitschritt vom MUVE gesendet werden. Deswegen verbietet sich eine direkte Steuerung des Akteurs über zum Beispiel die Cursortasten, da eine Reaktion (Bewegung der Figur) zeitlich mindestens mit der zweifachen Latency (im Mittel 400ms) als Verzögerung erfolgen würde. In unserem System wird daher die Methode der indirekten Bewegung verwendet.

Dabei gibt der Akteur für seine Figur einen Zielpunkt vor, zu dem die Figur dann selbsttätig läuft. Dies hat den Vorteil, dass die Bewegungsabfragen beim MUVE nicht so häufig stattfinden müssen, die Figur kann vorab loslaufen und die nötigen Positionskorrekturen können dann gleichmäßig über den Weg zum Zielpunkt verteilt werden. Außerdem erlaubt diese Vorgehensweise dem Akteur seine Aufmerksamkeit von der Steuerung seiner Figur auf andere Dinge richten.

Sogenannte Wegpunkte dienen dabei der Definition von längeren Wegen, die von der Figur dann automatisch abstritten werden. Im folgende Bild ist eine solche Szene zu sehen. Die Person mit dem blauen Jacket bewegt sich gerade auf den blauen Wegpunkt zu. Die rote Fläche markiert das angewählte Objekt und die violette Fläche die angewählte Person. Der rote Ball ist ein Beispiel für einen Gegenstand, mit dem man interagieren kann. In diesem Fall kann man ihn wegsticken.

Visualisierung der M3-
Welt im 3D-Client



Für die Personen werden konvertierte Poser-Figuren verwendet, deren Animation mit 3D Studio Max erstellt worden sind. Dies erlaubt einen hohen Detailreichtum und sehr natürlich wirkende Bewegungen.

2.3 Modellserver und Datenbank

Die Modelle, die den betrachteten Umweltbereich simulieren, werden anhand der Relationen der MUVE-Agents verknüpft. Die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den Modellen werden auf ein Petri-Netz abgebildet, mit dessen Hilfe das Zusammenspiel zwischen den Modellkomponenten auf generische Art und Weise von einem Modellkoordinator gesteuert werden kann. Die direkte Kommunikation und der Datenaustausch zwischen den Modellen erfolgt in Form einer selbstbeschreibenden Auszeichnungssprache auf Basis von XML (Extensible Markup Language). Das verteilte Netzwerk von Simulationsmodellen bildet den Modellserver des M3-Systems.

Es wurde ein SQL-Datenbankserver eingerichtet, von dem die Modelle und das System ihre erforderlichen Initialisierungsdaten über das Internet beziehen. Während der Simulation werden die

in XML beschriebenen Ausgabedaten der einzelnen Modelle automatisch verarbeitet und in allgemeingültiger Form in der vereinheitlichten M3-Datenbank zur späteren Auswertung gespeichert. Zudem können in der Datenbank Online-Messwerte aus der realen Welt gespeichert werden, die einen Einfluss auf die simulierte Welt ausüben. Auf die gesamten Daten der M3-Datenbank kann über eine komfortable Web-Benutzerschnittstelle (siehe Abbildung 1) oder per SQL-Abfrage zugegriffen werden.

C

Home

- createWorld0
- help
- m3
- mysql
- test
- world0
 - IGPStatus
 - MethodClassFart
 - MethodClassMap
 - MethodClassPerr
 - RoadnetworkDat
 - m3_model_globe
 - m3_model_hydr
 - m3_model_meta
 - m3_model_subb
 - muveData
 - thingData
 - thingInfo
 - thingInfo_de
 - thingInfo_en
- world1
- world1001
- world1010
- world1011
- world1012
- world1013
- world1014
- world1015
- world1016
- world1017
- world1018
- world1022
- world1023
- world1025
- world1026
- world1027
- world1028

Datenbank world0 - Tabelle thingData

Zeige Datensätze 0 - 29 (128 insgesamt)

SQL-Befehl: [\[Ändern\]](#)
SELECT * FROM thingData LIMIT 0, 30

Anfang << Vorherige < > Zeige 30 Datensätze, beginnend ab 30 >> Ende

	thingId	thingClass	look	actorName	translationX	translationY	translationZ
Ändern Löschen	0	m3.muve.std.mobile.Actor	4lowman	andreas	500000	1500000	0
Ändern Löschen	1	m3.muve.std.mobile.Actor	4lowboy	peter	970000	970000	0
Ändern Löschen	2	m3.muve.std.mobile.Actor	4lowman	rose	970000	920000	0
Ändern Löschen	3	m3.muve.std.fixed.AgrarianField	cropField	None	250000	500000	0
Ändern Löschen	4	m3.muve.std.fixed.AgrarianField	cropField	None	250000	150000	0
Ändern Löschen	5	m3.muve.std.fixed.AgrarianField	cropField	None	250000	250000	0
Ändern Löschen	6	m3.muve.std.mobile.Actor	4lowman	torsten	950000	10000	0
Ändern Löschen	7	m3.muve.std.fixed.AgrarianField	cropField	None	250000	350000	0
Ändern Löschen	8	m3.muve.std.fixed.WeatherStation	model/thing/weatherStation	None	1000000	1000000	0
Ändern Löschen	9	m3.muve.std.mobile.Car	88-Sizuki-Samurai	None	0	0	0
Ändern Löschen	10	m3.muve.std.mobile.Car	88-Sizuki-Samurai	None	0	0	0
Ändern Löschen	11	m3.muve.std.fixed.Building	01	None	552000	953000	0
Ändern Löschen	12	m3.muve.std.fixed.Building	02	None	676000	1040000	0
Ändern Löschen	13	m3.muve.std.fixed.Building	03	None	842000	1099000	0
Ändern Löschen	14	m3.muve.std.fixed.Building	04	None	1035000	1278000	0
Ändern Löschen	15	m3.muve.std.fixed.Building	05	None	1101000	1411000	0
Ändern Löschen	16	m3.muve.std.fixed.Building	06	None	1194000	1440000	0
Ändern Löschen	17	m3.muve.std.fixed.Building	07	None	1362000	1336000	0
Ändern Löschen	18	m3.muve.std.fixed.Building	08	None	497000	1259000	0

2.4 Modellkopplung

Eine realitätsbezogene Modellierung einer virtuellen Welt wird erst durch die Implementierung von wissenschaftlich fundierten Simulationsmodellen gewährleistet. Auf Grund der Komplexität des Systems ist es dabei nicht sinnvoll, alle zu betrachtenden Umweltbereiche durch ein einziges Simulationsprogramm zu modellieren, zumal ein solches Programm die Rechenkapazität eines einzelnen Computers übersteigen würde. Sehr viel flexibler ist eine Untergliederung in einzelne Simulationsmodule, welche jeweils für sich einen bestimmten Bereich der Umwelt modellieren und über standardisierte Schnittstellen mit den anderen Modellen gekoppelt sind. Die Kopplung und Steuerung der Simulationsmodule wird im M3-System durch moderne Technologien auf der Basis verbreiteter Internet-Standards realisiert, die den Aufbau eines Modellserver als verteiltes Netzwerk von Simulationsmodellen unterstützen.

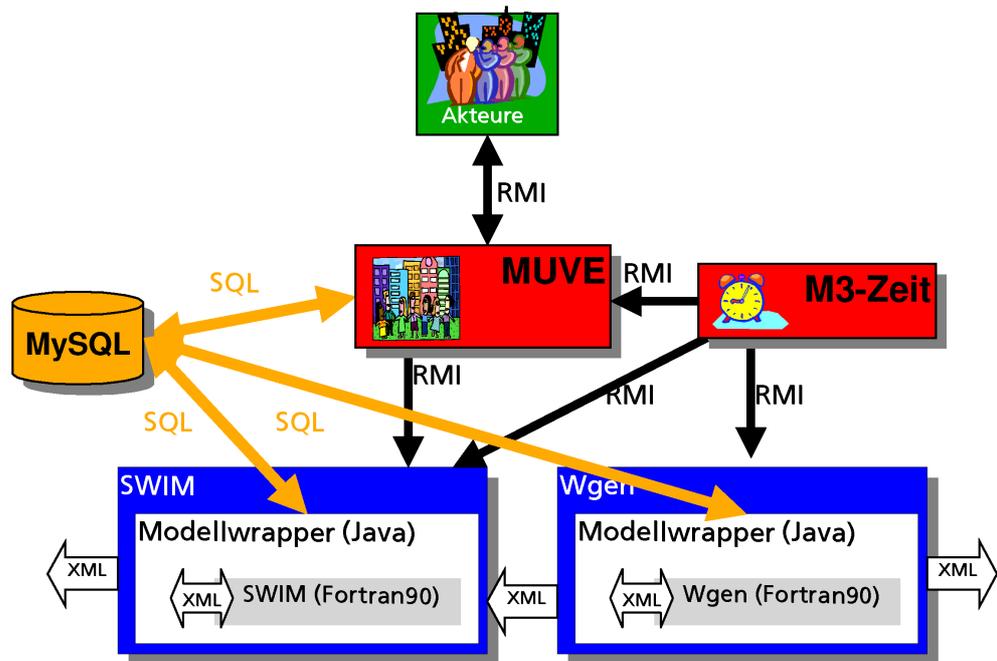
In dem Bereich der Umweltsimulation wird aus Sicht der Informatik in den meisten Fällen das Prinzip der *engen Kopplung* verwendet, bei dem die Kommunikation zwischen den Modellen über gemeinsame Hauptspeicherbereiche erfolgt. Diese Art der Kopplung erfordert in der Regel einen hohen Aufwand bei der Integration neuer Modelle und es ist oft sogar notwendig, alle Modelle in der selben Programmiersprache zu implementieren. Bei der M3-Simulation wurde hinge-

gen ein neuer Weg eingeschlagen, bei dem das Prinzip der *losen Kopplung* verfolgt wird. Die Modellkopplung im M3-System ist netzwerkorientiert, mit asynchronen Methodenaufrufen und basiert auf unstrukturierten oder semistrukturierten Datenaustauschformaten, wie sie zum Beispiel durch XML gegeben sind. Diese Art der Kopplung ist sehr flexibel und ermöglicht die einfache Wiederverwendbarkeit einzelner Modelle in einem anderen Kontext.

Der modulare Aufbau des Modellservers vereinfacht die Integration von schon vorhandenen Simulationsmodellen, welche sich in dem jeweiligen Fachgebiet etabliert und bewährt haben, wodurch eine Kopplung der Wissensstände der verschiedenen Disziplinen realisiert wird. Der Modellservers kann dynamisch durch Hinzufügen weiterer Modelle zur Laufzeit erweitert oder durch Auswechseln von einzelnen Simulationsmodulen angepasst werden, ohne dass dadurch Eingriffe in die anderen Simulationsprogramme des M3-Systems notwendig werden. Hierzu muss weder das gesamte System neu kompiliert, noch die Simulation unterbrochen und neu gestartet werden. Die einzelnen Modelle der gesamten Simulation werden dabei auf mehrere nebenläufige Prozesse verteilt, welche online miteinander kommunizieren (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2:

Teil des M3-Systems mit beispielhafter Einbindung zweier Modelle (SWIM und Wgen), die online per XML miteinander kommunizieren.



2.4.1 Schnittstellen und Protokolle

Die in der M3-Simulation integrierten Modelle verwenden ein XML-Datenformat zur Kommunikation mit anderen Komponenten des M3-Systems. Die Struktur der Ein- und Ausgabedaten eines jeden Modells ist durch eine sogenannte Document Type Definition (DTD) klar spezifiziert. Die XML-Daten eines Simulationsprogramms können auch Methodenaufrufe enthalten. Aufgrund dieser standardisierten und selbstbeschreibenden Modellschnittstelle ist es auf einfache Art und Weise möglich, externe Simulationsmodelle zu kapseln und generisch anzusteuern.

Für gewöhnlich bieten die Simulationsprogramme, wie sie zur Zeit in den verschiedenen Disziplinen für die Simulation umweltrelevanter Prozesse benutzt werden, kaum Möglichkeiten einer externen Steuerung. Diese ist aber für die Interaktion mit den Akteuren und für die Kopplung mit anderen Modellen unerlässlich. Um solche Programme trotzdem für das M3-System verwenden zu können, werden die ursprünglichen Simulationsprogramme – welche überwiegend aus Fortran77-, Fortran90- oder C-Programmcode bestehen – mittels in Java programmierten *Wrapper* gekapselt. Die Kommunikation zwischen dem jeweiligen Java-Wrapper und dem eigentlichen Simulationsprogramm erfolgt über die Schnittstellen Standardein- und -ausgabe, die in nahezu jeder Programmiersprache vorhanden sind. Modellkomponenten, die vollständig über Standardein- und -ausgabe gesteuert werden können und auch ihre Daten über diese Schnittstellen austauschen, lassen sich zum Beispiel mit Hilfe von Skripts unabhängig vom Gesamtsystem sehr einfach testen und validieren.

Durch die Entwicklung geeigneter Kapselungsmechanismen kann von den Stärken der Java-Programmiersprache (Plattformunabhängigkeit, Nebenläufigkeit, hohe Netzwerктаuglichkeit etc.) profitiert werden, ohne größere Eingriffe in den ursprünglichen Code der Simulationsprogramme vornehmen zu müssen.

2.4.2 XML-Datenmodell

Um das M3-System möglichst offen gegenüber anderen Modellen und Anwendungen und zugleich robust zu halten, wurde ein Datenaustauschprotokoll auf Basis von XML entwickelt. XML bietet gegenüber anderen Protokollen zur Datenformatsbeschreibung einige Vorteile:

- Erweiterbarkeit: Ermöglicht einfache und individuelle Anpassung der Semantik des Datenmodells für spezielle Anwendungen
- Struktur: XML-Daten können auf Wohlgeformtheit sowie auf Gültigkeit hin geprüft werden, da die Struktur der Daten extern festgelegt ist
- Textformat: Unterstützung aller gebräuchlichen Textkodierungen, sodass die Übertragung der Daten unabhängig ist von der Plattform, der Programmiersprache sowie dem Protokoll, welches für den Transfer der Daten verwendet wird
- Dokumentation: XML-Daten enthalten Metadaten, die eine leicht verständliche Dokumentation der Eingabe- und Ausgabedaten der Modelle ermöglichen. Neben informationstechnischen Formatbeschreibungen (double, float, integer, string etc.) enthalten die Metadaten auch die (z.B. physikalische) Bedeutung der Daten
- Weit verbreitet: Es gibt eine große Anzahl von Programmen zur Bearbeitung, Auswertung und Darstellung von XML-Daten

XML kann sich jedoch auch als nachteilig erweisen, insbesondere beim Transfer sehr großer Datenmengen. Grund hierfür ist das durch die Metadaten und das verwendete Textformat erhöhte

Datenvolumen sowie die zusätzliche Rechenzeit, die zur Auswertung der XML-Daten erforderlich ist. Das zusätzliche Datenvolumen kann jedoch durch die Verwendung von Kompressions-techniken oder durch Trennung der Metadaten von den binären Daten erheblich reduziert werden.

Die Modellierung der Daten orientiert sich an der realen Welt oder Umgebung, sodass die Beschreibung der Daten unabhängig vom konkreten informationstechnischen System bleibt. Dabei soll ein Kompromiss zwischen möglichst präzisen Definitionen einerseits und effizienter Kommunikation andererseits gefunden werden. Bei der Datenmodellierung wird die Struktur und die Bedeutung von Daten erfasst, wodurch reine Daten zu verwertbaren Informationen werden. Ein besonders Augenmerk ist auf die Wahl des richtigen *Vokabulars* zu richten, welches zum Beispiel in DTDs oder Schemata festgelegt wird. Ein *Vokabular* beschreibt die Menge aus Elementen, ihren Attributen und die Regeln für die Anwendung der Elemente.

Das im Folgenden anhand eines Beispiels erläuterte Datenmodell kann sowohl für den direkten Datenaustausch zwischen den Modellkomponenten, als auch für die Speicherung der Daten in relationalen oder objektorientierten Datenbanken verwendet werden. Soweit nicht anders angegeben, werden in dem Datenmodell alle physikalische Größen konsequent in SI-Einheiten angegeben. Der angegebene Niederschlag (precipitation) wird hier somit in Metern gemessen und nicht in Millimetern.

Beispiel von Eingabe-
daten für das Modell
SWIM

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE model SYSTEM "swim1_5.dtd">
<model name="swim">
  <methodCall name="step" />
  <methodCall name="getProperty" propertyName="precipitation" />
  <methodCall name="setProperty" propertyName="interactiveManagement"
    type="boolean" igis="1519">true</methodCall>
  <methodCall name="thisIsNotAValidMethod" />
</model>
```

Beispiel der entsprechenden Ausgabedaten des Modells

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE model SYSTEM "swiml_5.dtd">
<!-- data output from swim -->
<!-- working directory: modelle/br2/ -->
<model name="swim">
  <version>1.5_m3</version>
  <methodResponse nr="1" name="step">
    <dataIO>
      <timeInstant>
        <dateTime.yearDayMs>
          <year>2000</year>
          <dayOfYear>1</dayOfYear>
        </dateTime.yearDayMs>
      </timeInstant>
    </dataIO>
  </methodResponse>
  <methodResponse nr="2" name="getProperty">
    <dataIO>
      <timeInstant>
        <dateTime.yearDayMs>
          <year>2000</year>
          <dayOfYear>1</dayOfYear>
        </dateTime.yearDayMs>
      <data.raster rasterName="subbasins" rasterIndex="isub">
        <precipitation isub="1">0.70E-02</precipitation>
        <precipitation isub="2">0.10E-01</precipitation>
        [...]
        <precipitation isub="20">0.78E-02</precipitation>
      </data.raster>
    </timeInstant>
  </dataIO>
</methodResponse>
<methodResponse nr="3" name="setProperty"></methodResponse>
<methodResponse nr="4" name="thisIsNotAValidMethod">
  <fault>
    <faultCode>10</faultCode>
    <faultString>error: lookup for unknown function</faultString>
    <faultActor>m3.model.swim.xmlparse_expat.c</faultActor>
    <detail>thisIsNotAValidMethod</detail>
  </fault>
</methodResponse>
</model>
```

Das Element `<model>` steht für ein eigenständiges Simulationsprogramm, welches als Komponente einer Simulationsumgebung benutzt werden kann. Modellkomponenten können Daten oder Funktionalitäten bereitstellen. Die eindeutige Identifikation einer speziellen Modellkomponente, erfolgt über Ihren Namen (z.B. `name="swim"`). Modellkomponenten können weitere Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Versionsnummer `<version>` und eine Beschreibung `<description>` haben.

Methodenaufrufe `<methodCall>` sind selber spezielle Datenpakete, welche von der aufrufenden Komponente zur ausführenden Modellkomponente geschickt werden und dort asynchron abgearbeitet werden. Die Methodenaufrufe werden durch einen Namen `<name>` eindeutig zugeordnet. Jede Modellkomponente sollte als Mindestanforderungen folgende Methoden implementiert haben:

- `step`: Berechnet den nächsten Zeitschritt
- `exit`: Beendet den Simulationsprozess

- `getAllProperties`: Ausgabe aller Daten des aktuellen Zeitschrittes
- `getProperty`: Ausgabe eines bestimmten Parameters, der durch seinen Namen `<propertyName>` festgelegt ist.
- `setProperty`: Setzen eines bestimmten Parameters, der durch seinen Namen `<propertyName>` festgelegt ist.

Damit der Rückgabewert `<methodResponse>` eines Methodenaufrufs eindeutig einem Methodenaufwurf zugeordnet werden kann, wird er mit dem Namen der Methode und mit einer fortlaufenden Nummerierung versehen. Der Rückgabewert einer Methode kann entweder ein Datenpaket `<dataIO>` oder eine Fehlermeldung `<fault>` enthalten.

Da die Ausgabeparameter des einen Programms die Eingabeparameter eines anderen Programms darstellen können, werden sowohl Datenblöcke mit Ausgabe-, als auch Datenblöcke mit Eingabeparametern gleichermaßen `<dataIO>` genannt

Insbesondere Datenpakete können einen Zeitbezug haben, das heißt, sie enthalten zum Beispiel physikalische Parameter, welche nur zu einem bestimmten Zeitpunkt oder während einer bestimmten Zeitspanne gültig sind. Dieser Zeitbezug wird durch das Element `<timeInstant>` gegeben.

Bei der Übertragung von Daten mit Raumbezug werden in der Regel entweder jede einzelne Größe direkt mit einer Ortskoordinate versehen `<data.point>`, oder man fasst die Koordinaten des Gitters zu einem Vektor beziehungsweise einer Matrix zusammen und überträgt diese getrennt von den eigentlichen Werten. Ein Datengitter besteht somit aus der Ortsbeschreibung mehrerer Punkte im Raum (Lage der Gitterpunkte) und der Angabe der zugehörigen (physikalischen) Parametern in Form von Feldern oder Rastern `<data.raster>`. Damit können mehrere Datenpunkte zusammengefasst und die Weitschweifigkeit verringert werden.

Hier wurden nur einige grundlegende Elemente des Datenmodells beschrieben, welche einen generischen und umfassenden Zugriff auf die Funktionalität und die Daten der Simulationsmodelle ermöglichen. Für jedes einzelne Modell können weitere Elemente definiert werden, die es ermöglichen, auch komplexe Datenstrukturen in einem für Mensch und Maschine verständlichem Format auszudrücken.

3. Einbindung von Modellen

Das M3-Framework ermöglicht die Implementierung einer Vielzahl von verschiedenen, untereinander gekoppelter Modelle, welche jeweils einen bestimmten Bereich der Umwelt simulieren. Das M3-System soll dabei zunächst folgende Bereiche abdecken: Das Wachstum von Pflanzen (Landwirtschaftsmodell, Forstmodell), das Grund- und Oberflächenwasser (hydrologisches Mo-

dell), den Boden und dessen Einfluss auf das Pflanzenwachstum (Bodenmodell), das Wetter und die Ausbreitung von Schadstoffen (Wetter- und Luftbelastungsmodell), den Verkehr (Verkehrsmodell) und den Impact der Umwelt auf den Menschen (Impactmodelle). Die Ökonomie soll endogen durch die Implementierung eines Wirtschaftssystems in das M3-System abgebildet werden.

Zur Zeit werden die oben genannten Bereiche durch die Modelle *SWIM* (Landwirtschaft, Hydrologie, Boden), *4C* (Forst, Boden), *Wgen* (Wetter), *Impact* (Einfluss der Umwelt auf den Menschen) und *Mobility* (Verkehr) abgedeckt.

Einfachere Modelle, wie z.B. die Bewegungsdynamik mechanischer Körper, oder die Metabolismusfunktionen der Akteure, wurden bereits direkt im MUVE implementiert.

3.1 Die Prozessmethode *move* der Klasse *MechanicalThing*: Eine einfache Implementierung der Newtonschen Dynamik

An die Dynamik der mechanischen Objekte im MUVE werden einige spezielle Anforderungen gestellt. Einerseits sollen die Akteure in der virtuellen Welt aktiv über den Client gesteuert werden und andererseits müssen sich alle Objekte nach den Gesetzen der Newtonschen Dynamik bewegen. Dieses Problem haben wir wie folgt gelöst. Die Steuerung des Akteurs im 3D-Client erfolgt durch setzen einer Marke, die der Akteur mit einer konstanten Geschwindigkeit erreicht. Um eine Synchronisation mit dem entsprechenden MUVE-Agent zu erreichen und auch alle Zwischenschritte richtig wiederzugeben, ohne ständig mit diesem verbunden zu sein, muss die Newtonsche Dynamik auch im Client berechnet werden.

Zur Zeit sind innerhalb des MUVE folgende Bewegungen bzw. Aktionen möglich:

- Bewegung auf einer Oberfläche mit Reibung
- Bewegung durch ein Medium, welches sich im turbulenten Regime befindet
- Elastischer und inelastischer Zentralstoß
- Rotation des Objekts, falls die Kraft nicht zentral angreift.

Die ersten beiden Punkte werden durch folgende dynamische Gleichung

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -\beta \frac{dx}{dt} - \alpha \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 - \nabla V(x)$$

beschrieben, wobei β die Reibung des Untergrunds und α die quadratische Reibung des turbulenten Mediums beschreibt. Das zusätzliche Potential $V(x)$ ist ein globales Feld, in welchem sich alle Objekte bewegen. In unserem Falle ist es das Gravitationsfeld der Erde, wobei $V(x) = mgz$ mit z als z -Koordinate mit m als Masse des Objektes.

Punkt 3 in der obigen Liste beschreibt die mechanische Wechselwirkung, welche auch als Stoß oder Streuung bezeichnet wird. Dabei stoßen 2 Objekte zusammen und es müssen die Geschwindigkeiten dieser beiden Objekte nach der Streuung berechnet werden. Zur Bestimmung der 6 unbekannt Variablen, d.h. der Komponenten der beiden Geschwindigkeiten, benutzen wir den Energieerhaltungssatz, die 3 Impulserhaltungssätze und die beiden Bedingungen an den Zentralstoß. Damit haben wir erst einmal den elastische Stoß beschrieben. Für den inelastischen Stoß wird der Energieerhaltungssatz einfach um die Deformationsenergie ergänzt.

Bei Punkt 4 haben wir die explizite Formel

$$\varphi = \varphi_0 + t \sqrt{\frac{F}{mr}}$$

verwendet. Dabei sind φ, φ_0 der neue bzw. alte Drehwinkel des Objektes, r der Abstand vom Schwerpunkt des Objektes und F die angreifende Kraft.

Diese 4 Punkte decken schon die meisten Bewegungen im MUVE ab. Die angegebenen Bewegungsgleichungen wurden aus Rechenzeitgründen explizit gelöst. In einer späteren Version soll noch der Untergrund variabel gestaltet werden, damit auch solche Bewegungen wie das Treppen steigen einfließen können.

3.2 Metabolismus des Akteurs im MUVE

Wie im richtigen Leben, muss jeder Akteur essen, schlafen etc. und kann in Abhängigkeit von der Umwelt krank werden. Diese Eigenschaften sind Teil des Metabolismus eines Akteurs. Bisher sind folgende Eigenschaften implementiert:

- *Gefahren-Index*: Luftschadstoffe üben einen Impakt auf den Menschen aus. Dieser Index ist 1, falls der Grenzwert des Bundesumweltamtes erreicht ist. In Abhängigkeit von diesem Index kann die Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung ermittelt werden, was in einer späteren Version vorgesehen ist.
- *Kalorienverbrauch*: Jeder Mensch verbraucht mindestens 1500 kcal am Tag zur Aufrechterhaltung aller Körperfunktionen. In Abhängigkeit von seiner Tätigkeit kommt ein weiterer Verbrauch dazu. Bisher ist nur ein einfaches (lineares) Modell für den Kalorienverbrauch implementiert, welches nur die Bewegung des Akteurs als Tätigkeit berücksichtigt.

Der Metabolismus des Akteurs wird stündlich berechnet und in einer Datenbank abgespeichert. In einer späteren Version werden noch weitere Objekte wie Nahrung und Wasser eingefügt, die im richtigen Metabolismus des Menschen eine wichtige Rolle spielen.

3.3 SWIM (Soil and Water Integrated Model)

SWIM integriert die Hydrologie, die Vegetation (z.B. Wachstum von Getreide), die Erosion und den Nährstoffkreislauf auf der Skala von Wassereinzugsgebieten. SWIM wurde vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK-Potsdam) entwickelt (Krysanova et al. 1998) und erfolgreich auf verschiedene Gebiete in Europa angewandt (z.B. im Rahmen des Projekts RAGTIME). Der Anwendungsbereich der Programme liegt bei mesoskaligen Wassereinzugsgebieten von 100 bis zu 20.000 km². Beide Modelle ermöglichen neben der Simulation des Pflanzenwachstums und der Berechnung von landwirtschaftlichen Erträgen zusätzlich die Simulation der Hydrologie und des Bodens in Abhängigkeit der Bewirtschaftung, der Bodenbeschaffenheit, des Wetters, des Grundwasserstandes sowie der Topographie.

Implementierung in das M3-System

Das zunächst zu Testzwecken in das M3-System eingebundene Modell SWAT (Soil & Water Assessment Tool; Grassland, Soil & Water Research Laboratory / USA) wurde durch das Simulationsprogramm SWIM ersetzt, um so bei der notwendigen Parametrisierung des Landwirtschaftsmodells für die Region Berlin/Brandenburg auf die vorhandene Datenbasis des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung zugreifen zu können.

In der ursprünglichen Version ermöglichen weder SWAT noch SWIM eine externe Steuerung der Simulation, das heißt, die Programme können während der Laufzeit nicht von außen beeinflusst werden. Daher war es notwendig, das Programm mit Schnittstellen zu versehen, welche den Zugriff auf die Funktionalität und die Zustandsdaten von SWIM ermöglichen. Die Steuerung der Simulation wurde durch die Implementierung eines XML-Parsers (Programmiersprache C) ermöglicht, der das oben beschriebene XML-Datenmodell umsetzt. Hierfür wurden Teile des Fortran77-Codes von SWIM in Fortran90-Code umgeschrieben und Funktionen hinzugefügt, die eine interaktive Bewirtschaftung einzelner Elementarflächen des Modells durch dynamisch agierende Akteure erlauben.

Die zeitliche Synchronisation mit anderen Modellen wurde durch das Einfügen einer blockierenden Abfrage in die Zeitschleife des Simulationsprogramms, in deren Zeittakt die Kopplung mit anderen Modellen stattfindet, ermöglicht. Die Kontrollinstanz des Simulationsmodells bekommt die aktuelle, durch ein zentrales Zeitmodell berechnete M3-Zeit regelmäßig mitgeteilt, um dann selbständig zu entscheiden, ob die Simulation für den nächsten Zeitschritt fortgesetzt werden muss. Der Modellkoordinator kann wiederum über das Internet bei dem Programm nachfragen, ob die Simulation „up to date“ ist.

Des Weiteren wurde das Modell SWIM an die M3-Datenbank angebunden, in der nun alle für die Kopplung und Auswertung wichtigen Ausgabedaten des Modells gespeichert werden. Zur intuitiven Visualisierung werden zur Zeit für jede Elementarfläche die Pflanzenart, die Biomasse und der „Leaf Area Index“ (Maß für die Fläche, die von Blättern überdeckt wird) dem M3-System bereitgestellt.

3.4 Forstmodell – 4C

Ähnlich wie im Landwirtschaftsmodell gibt es vielfältige Gründe ein Forstmodell in die M3-Simulation zu implementieren. Das Forstmodell kann zum einen als ein weiterer Wirtschaftsfaktor neben der Landwirtschaft fungieren. Des Weiteren stellt der Wald eine wichtige Erholungsfunktion für den Menschen dar und beeinflusst somit im starken Maße Lebensqualität und Gesundheit. Auch der indirekte Einfluss des Waldes auf den Menschen durch die Fähigkeit Wasser zu speichern und Schadstoffe zu filtern sind wichtige Faktoren, die bei einer Umweltsimulation nicht zu vernachlässigen sind.

Als Forstmodell soll das vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelte Programm 4C (Bugmann et al. 1997; Lindner et al. 2000) herangezogen werden. Bei 4C handelt es sich ursprünglich um ein Forstmodell, welches die Sukzessionsdynamik für kleinflächige Waldbestände von ca. 200 m² simuliert. Teilweise umgesetzt wurden bereits die Kopplung des Landwirtschaftsmodells SWIM und 4C über den Wasserhaushalt und die klimatischen Rahmenbedingungen. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit den Modellentwicklern von SWIM und 4C durchgeführt.

Das Forstmodell wird im Wesentlichen durch Wetterdaten (Niederschlag, Luftdruck, Luftfeuchte, Tagesdurchschnittstemperatur und Strahlung) angetrieben. Die Baumindividuen einer jeden Art sind in Kohorten gleichen Alters und gleicher Baumdimension zusammengefasst. Es werden während der Simulation Wasser- und Wärmeflüsse, Phänologie, Bodenkohlenstoff- und Stickstoffdynamik sowie die photosynthetische Produktion berechnet. 4C besitzt zur Zeit noch ein eigenes Bodenmodell, das hauptsächlich aus den drei Untermodellen Wasser-, Temperatur- und Kohlenstoff/Stickstoffmodell besteht.

Da 4C ursprünglich als Punktmodell konzipiert war, in der M3 Simulation die Bestände jedoch räumlich verteilt sind, musste 4C in Kooperation mit den 4C-Entwicklern in ein räumlich verteiltes Simulationssystem überführt werden. Dies setzte technisch voraus innerhalb von 4C räumliche Informationen zu halten, und eine räumliche Schleife in der Programmhierarchie unterhalb der zeitlichen Schleife einzufügen.

Ein anderer, sehr einfacher Weg für die 4C Simulation räumlich getrennter Bestände ist, für jeden einzelnen Bestand eine eigene 4C Simulation zu starten. Dieser Ansatz wurde jedoch aus Effektivitätsgründen verworfen. Dieser Ansatz ist allerdings für die zukünftige Einbindung weiterer Simulationsmodelle eine interessante, wie auch leicht zu realisierende Option.

Da eine externe Steuerung des Modells ursprünglich nicht vorgesehen war, aber dies eine Grundvoraussetzung für die Implementierung in das M3-System ist, wurde in die 4C Tagesroutine ein Kommunikationsmodul eingefügt, welches den externen Datenaustausch mit anderen Anwendungen ermöglicht. Es können nun während der Laufzeit von 4C einzelne Parameter und Zustandsgrößen abgefragt und geändert werden. Es besteht somit die Möglichkeit interaktiv in den Simulationsablauf einzugreifen und Funktionalitäten wie etwa die Bewirtschaftung eines Forstes durch Einschlag, Pflanzung oder Düngung zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren wurde 4C an die M3-Datenbank gekoppelt, so dass Zwischenergebnisse dort persistent abgelegt werden können.

nen. Angedacht ist auch die Initialisierung von 4C Simulationen über die Datenbank. Dadurch können sehr einfach und effizient unterschiedliche 4C Läufe durchgeführt und verglichen werden.

Um das Modell möglichst offen für andere Anwendung zu halten, geschieht der externe Datenaustausch generisch in dem Datenformat XML.

3.5 Wetter- und Luftbelastungsmodell

Zur Zeit werden die meteorologischen Daten durch ein im Landwirtschaftsmodell implementierten einfachen Wettergenerator bestimmt und dem M3-System zur Verfügung gestellt. Um aber auch die Ausbreitung von Schadstoffen in der Luft simulieren zu können, soll dieser durch ein eigenständiges Wetter- und Luftbelastungsmodell ersetzt werden. Als Wettergenerator benutzen wir das WGEN-Modell von Richardson und Wright (Richardson und Wright 1984). Das Modell beruht auf einem Markov-Ketten-Modell 1. Ordnung, d.h. das tägliche Wetter wird durch einen stochastischen Prozess ermittelt (Richardson 1981). Basierend auf den Klimadaten von Wetterstationen auf der ganzen Welt wurden statistische Daten für Niederschläge, maximale und minimale Lufttemperatur, Luftdruck, Sonneneinstrahlung (Nettostrahlung) und Tageslänge extrahiert, welche vom Zufallsgenerator zur Erzeugung der täglichen Wetterdaten benutzt werden (Friend 1998). Entsprechende Daten für die Windfelder müssen noch ermittelt werden, um auch diese auf die gleiche Art und Weise zu simulieren. Dabei hilft ein vom PIK erstellter allgemeiner Disaggregator *C2W*, welcher vorhandene Klimadaten zur Generierung von Wetterdaten benutzt (Bürger 1997).

Zusammen mit diesen Eingangsdaten können wir alle relevanten Daten zur Steuerung von SWIM, dem hydrologischen Modell, dem Forstmodell und dem Luftschadstoffmodell erzeugen. Neben der Systemzeit fungiert der Wettergenerator als weiteres Steuerungs-Tool für alle anderen Simulationsmodelle. Eng gekoppelt an das Wettermodell ist die Ausbreitung von Luftschadstoffen in Form von Gasen oder Partikeln. Ein großer Teil von gesundheitsschädlichen Substanzen wird dadurch transportiert. Unsere Arbeitsgruppe besitzt einige Erfahrungen mit Luftschadstoffen und deren Simulation im Rahmen des DYMOs-Modells (Sydow et al. 1997, 1998).

Das Modell basiert auf REWIMET, welches ein hydrostatisches, mesoskaliges Euler-Modell ist. Durch die Ankopplung eines Lagrange-Modells können damit auch Partikel bis 10 μ m (PM10-Modell) simuliert werden. Als Eingangsdaten werden neben der Wetterinformation auch Emissionen der Fahrzeuge sowie Haushalte und Industrie berücksichtigt. Die Luftchemie ist in ca. 90 Reaktionsgleichungen abgebildet während die Ausbreitung sowohl die Diffusion als auch den windgetriebenen Transport umfasst. In der aktuellen Version des M3-Systems wird nur eine einfache Ausbreitung von Schadstoffen durch Diffusion betrachtet, welche durch die Autos in der virtuellen Welt verursacht werden.

3.6 Impaktmodell:

Die Modellierung wichtiger Rückkopplungsgrößen der wirtschaftlichen und sozialen Aktionen der Akteure auf ihre Lebenssituation und insbesondere auf ihre Gesundheit wurde in einem Unterauftrag an das IBB Ingenieurbüro Beger für Umweltanalyse und Forschung vergeben (Beger et al. 2000). Die Berechnungsgrundlage für das zu erstellende Impaktmodul bildet die quantitative expositionsabhängige Modellierung und Bewertung der Gefährdung des Menschen, die dem derzeitigen Entwicklungsstand bei der Gefährdungsabschätzung toxischer Stoffe entspricht. Dabei wird die bestehende oder potentiell zu erwartende Exposition der Menschen ausgehend von der Schadstoffkonzentration in den Umweltmedien standortspezifisch simuliert und an Hand von humantoxikologisch begründeter tolerabler Expositionswerte bewertet. Während des Berichtszeitraumes konnten die wesentlichen konzeptionellen Grundlagen der Entwicklung des Moduls geklärt und die Implementierung vollendet werden. Dabei wurde als erstes folgende Impaktkette realisiert: das Auto emittiert Schadstoffe in die Luft, die der Akteur einatmet.

Jedes Auto in der virtuellen Welt erzeugt eine bestimmte Menge an Schadstoffen, die in die (virtuelle) Luft abgegeben werden. Diese Luft wird vom Akteur eingeatmet und stellt eine Gesundheitsbelastung dar. Bisher wurden nur die beiden Stoffe: NO₂ und Benzol berücksichtigt, wobei letzterer akkumulativ eingeht und zur Klasse der kanzerogenen Stoffe zählt.

Um diese Impakt-Kette in das allgemeine MUVE einzubauen, müssen entsprechende Agents für die Luft, das Essen und Trinken eingefügt werden. Bisher gibt es den globalen Agent **ActorAir**, welcher die Luft, die der Akteur zum Atmen braucht, darstellt. Der Agent **Car** emittiert Schadstoffe, welche in **ActorAir** abgegeben werden und sich dort durch Diffusion über die Welt ausbreiten. **Actor** fragt die Konzentration der Schadstoffe ab und das Impaktmodell, dargestellt durch den Model-Agent **Impact**, berechnet den Gefahren-Index. In einer späteren Version werden auch die Agents für das Essen und Trinken eingefügt, die dann mit dem Wasser- und Landwirtschaftsmodell gekoppelt werden müssen.

Literatur

Bürger, G. (1997):

On the Disaggregation of Climatological Means and Anomalies, *Climate Research*, Vol. 8 (1997), pp. 183-194

Bugmann, H.; Grote, R.; Lasch, P.; Lindner, M.; Suckow, F. (1997):

A new forest gap model to study the effects of environmental change on forest structure and functioning. In: Mohren, G.M.J. & Kramer, K. (eds.), *Global Change Impacts on Tree Physiology and Forest Ecosystems*. Forestry Sciences Vol. 52, Kluwer Academic Publishers, 255-261

Friend, A. D. (1998):

Parametrisation of a global daily weather generator for terrestrial ecosystem modelling. *Ecological Modelling* 109, pp. 121-140

Krysanova, V.; Müller-Wohlfeil D.-I.; Becker, A. (1998):

Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds. *Ecological Modelling*, 106, 261-289

Lindner, M.; Lasch, P.; Erhard, M. (2000):

Alternative forest management strategies under climatic change – Application of a forest gap model in risk analyses. *Silva Fennica*, 34, 101-111

Richardson, C. W.; Wright, D. A. WGEN (1984):

A model for generating daily weather variables. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service

Richardson, C. (1981):

Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. *Water Resources Res.*, pp. 182-190

Sydow, A.; Lux, Th.; Mieth, P.; Schmidt, M.; Unger, S. (1997):

The DYMOS Model System for the Analysis and Simulation of Regional Air Pollution, in: R. Grützner (ed.), *Modellierung und Simulation im Umweltbereich*, Vieweg-Verlag, Wiesbaden, 1997, pp. 209-219

Sydow, A.; Lux, Th.; Rosé, H.; Rufeger, W.; Walter, B. (1998):

Conceptual Design of the Branch-Oriented Simulation System DYMOS (Dynamic Models for Smog Analysis), *Transactions of the Society for Computer Simulation International*, Vol. 15, No. 3 (1998), pp. 95-100

Publikationen

Aßelmeyer-Maluga, T.; Frank, P.; Hoheisel, A.; Rosé, H.; Walter, B. (2001):

The M3-Project: Distributed Environmental Simulation and Virtual Reality. In *Proceedings of the ESS 2001*, pp. 573-577, Marseille

Rosé, H.; Jugel, M. L. (2001):

The M3 Project – Living in Simulated Worlds. *ERCIM News*, 45, p. 38-39

Rosé, H. (2001):

M3 simulation: Multidisciplinary Simulation of Sustainability Strategies. *SAMS*

Rosé, H.; Hoheisel, A.; Frank, P.; Aßelmeyer-Maluga, T.; Kwella, B.; Skrobotz, D.; Sydow; A. (2001):

Interaktive Simulationsmodelle zur Entwicklung und Analyse von Nachhaltigkeitsstrategien. In *Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit – Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland*, A. Grunwald et. al (eds.), pp. 341-360, Berlin

Vorträge

Aßelmeyer-Maluga, T. (2001):

The M3-Project: Distributed Environmental Simulation and Virtual Reality. *Simulation in Industry'2001 (ESS'2001)*, Marseille 18-20. Oktober 2001

Rosé, H.; Hoheisel, A. (2001):

M3 – Leben in simulierten Welten. *Lange Nacht der Wissenschaften*. Berlin, September 2001