



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Nachhaltige Ver- und Entsorgung

Impulse aus der sozial-ökologischen Forschung



INNOVATION

Deutschland. Das von morgen.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Publikationen; Internetredaktion
11055 Berlin

Bestellungen

schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn
oder per
Tel.: 01805 - 262 302
Fax: 01805 - 262 303 (0,12 Euro/Min.)
E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Redaktion

Dr. Monika Offenberger, München
Dr. Andreas Zehm, Koordinationssekretariat
Sozial-ökologische Forschung (SÖF)

Autorin

Dr. Monika Offenberger, München

Gestaltung

Michael Stahl, München

Bonn, Berlin 2006

Gedruckt auf Recyclingpapier

*Eine Anmerkung zum Gebrauch der männlichen Form von Personen im weiteren Text:
Um eine leichtere Lesbarkeit zu ermöglichen, wird – wie überwiegend üblich – oft nur
die männliche Form verwendet, wobei selbstverständlich auch Frauen einbezogen
sind.*

Bildnachweise

S. 5: Grundwasseranreicherung im Wasserwerk Spandau
(René Quabbe, Berliner Wasserbetriebe)
S. 11: Mehrsparten-Hausanschluss (Manfred Lomott, NVV AG, Mönchengladbach)
S. 15: Trinkwasser (Delta/bw photoagentur, München)
S. 20: Abwasserkanal (Gezett, Berliner Wasserbetriebe)
S. 25: Montage einer Mikro-KWK-Anlage
(SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH)
S. 31: Schadstoff-Emissionen durch Industrieanlagen (Wuppertal Institut)
S. 35: Sortieranlage zum Recycling von Kunststoff-Verpackungen
(Duales System Deutschland)

Titelfoto

Kanalinspektion (Mixed Media, Berliner Wasserbetriebe)



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Nachhaltige Ver- und Entsorgung

Impulse aus der sozial-ökologischen Forschung

INNOVATION

Deutschland. Das von morgen.



Vorwort

Die Versorgungssysteme für Energie und Wasser sind seit langem Gegenstand der Forschungs- und Infrastrukturpolitik des Bundes. In der letzten Zeit rücken neben technologischen Fragen ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Probleme in den Fokus des Forschungsinteresses: Bleibt die Versorgung mit Wasser und Energie sicher und finanzierbar? Werden wir innovative und qualitätsbewusste Ver- und Entsorgungsunternehmen mit zukunftsfähigen Arbeitsplätzen haben? Sind sektorübergreifende und dezentrale Lösungen zielführend? Und wo bleibt bei alledem der Umweltschutz?

Seit den 1990er Jahren treibt die Bundesregierung den Wandel der öffentlichen Infrastrukturen voran, zunächst mit der Liberalisierung der Abfallentsorgung sowie von Telekommunikation und Post. Seit 1998 wurde der Stromsektor schrittweise für Wettbewerber geöffnet, jüngst durch Einrichtung der Bundesnetzagentur. Ebenfalls seit 2005 können sich gewerbliche Kunden ihren Gasanbieter frei wählen, 2007 werden die Privathaushalte folgen. Auch der Wassersektor ist in Bewegung geraten, nicht zuletzt aufgrund der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union.

Zudem verdeutlichen Rohstoffknappheit auf der einen, Umweltbelastungen auf der anderen Seite, dass wir mehr denn je auf Systeminnovationen angewiesen sind, die technologische Entwicklungen in ihren ökologischen und gesellschaftlichen Kontext einbetten. Hinzu kommen die gewaltigen Herausforderungen der Globalisierung und des demografischen Wandels für die Infrastruktursysteme. Überkapazitäten und gigantische Fehlinvestitionen drohen oder sind bereits Realität. Ein neues Feld für die Forschungs- und Innovationspolitik tut sich hier auf, das man mit „Infrastrukturinnovation“ umschreiben kann.



Um Orientierungs- und Handlungswissen für komplexe Nachhaltigkeitsfragen zu entwickeln, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ eingerichtet. Darin stellen wir für Forschungsprojekte zur Zukunft der Infrastruktursysteme Wasser, Energie und Abfall zwischen 2002 und 2007 rund 9,5 Millionen Euro zur Verfügung. Der Förderschwerpunkt ist Teil des BMBF-Rahmenprogramms „Forschung für die Nachhaltigkeit“.

Im April 2005 diskutierten Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft auf der BMBF-Tagung „Wege zur Nachhaltigkeit – Die Zukunft der Ver- und Entsorgungssysteme“ die vorläufigen Ergebnisse dieser Forschungsprojekte. Die vorliegende Broschüre greift die Tagungsergebnisse auf und gibt den zwischenzeitlich fortgeschrittenen Forschungsstand wieder. Sie soll den Akteuren Impulse für die Debatte geben, wie zukunftsfähige Infrastruktursysteme aussehen könnten.

Prof. Dr. Frieder Meyer-Krahmer

Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung

Inhalt

Vorwort	3
Einleitung	5
Forschungsprojekte	
Integrierte Mikrosysteme der Versorgung (Mikrosysteme)	10
Demografischer Wandel und Versorgungssysteme (demons)	15
Nachhaltige Wasserwirtschaft (netWORKS)	20
Innovationen im Stromsystem (TIPS)	25
Der Handel mit Verschmutzungsrechten (JET-SET)	30
Kooperationen in der Abfallwirtschaft (KIDA)	35
Kontaktadressen	40

Innovationen für eine nachhaltige Ver- und Entsorgung

Die Versorgung mit Wasser, Energie und Telekommunikation ist – ebenso wie die Entsorgung und Verminderung von Abwasser, Abfall und gasförmigen Verbrennungsrückständen – nicht nur eine Frage der Technik. Es sind darüber hinaus die gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen, welche Zustand und Effizienz der Ver- und Entsorgungssysteme bestimmen. Diese Rahmenbedingungen haben sich in den vergangenen Jahren erheblich verändert.

Beispiel Energie

Seit der Liberalisierung des deutschen Strommarktes im April 1998 können industrielle und private Verbraucher ihren Versorger frei wählen, und die Stromerzeuger haben ein grundsätzliches Recht auf die Nutzung der bestehenden Stromnetze zur Versorgung von eigenen Kunden. Bislang regelten aber rechtlich nicht verpflichtende, so genannte Verbändevereinbarungen die Netznutzung durch Dritte; die Bedingungen des Netzzugangs wurden bilateral zwischen Netz-

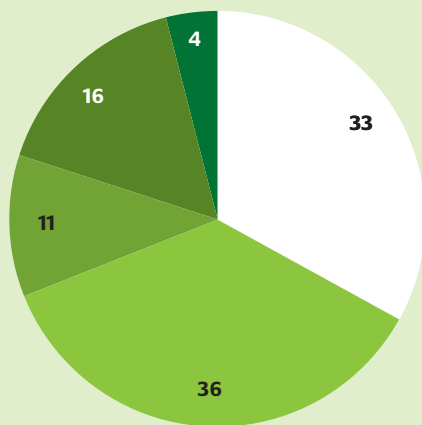
eigentümer und Stromerzeuger vereinbart. In der Praxis führte diese Regelung zu hohen Netznutzungsgebühren und häufig auch zu einschränkenden technischen Vorgaben. Dazu kommt, dass es kein geeignetes Konfliktmanagement für den Fall gibt, dass das Recht auf Stromversorgung oder -durchleitung in Gerichtsverfahren erstritten werden muss.

Zunehmende Konzentration kennzeichnet die Entwicklung des Strom- und Gasmarktes.



Altersstruktur des deutschen Abwassernetzes in %

■ < 25 Jahre
 ■ 25–50 Jahre
 ■ 50–75 Jahre
■ 75–100 Jahre
 ■ >100 Jahre



Aus der Altersstruktur des Abwassernetzes lässt sich ein enormer Investitionsbedarf abschätzen: Etwa ein Drittel der Kanäle sind jünger als 25 Jahre, ein weiteres Drittel ist jünger als 50 Jahre, das letzte Drittel aber ist älter. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 70 Jahren ergibt sich derzeit rein rechnerisch ein Erneuerungsbedarf zwischen 20 und 30 % des gesamten Netzes.

(Quelle: Esch und Thaler 1998)

Diese ungünstige Entwicklung der Rahmenbedingungen im Stromsektor lässt sich auch an weiteren Indikatoren ablesen. Einer davon ist die zunehmende Konzentration: Heute wird der deutsche Strommarkt nach mehreren Fusionen von nur vier überregionalen Unternehmen dominiert, und auch der Gasmarkt unterliegt einer zunehmenden Konzentration. Diese wenigen Unternehmen besitzen zugleich die Übertragungsnetze sowie mehrere Hundert Beteiligungen an regionalen und lokalen Strom- und Gasunternehmen. Nach 1998 auf den Markt getretene, neue Stromanbieter sind zum größten Teil wieder verschwunden. Um diesen negativen Entwicklungen gegenzusteuern, hat die Bundesregierung im Jahr 2005 das Energiewirtschaftsgesetz erlassen; es soll auch kleineren Wettbewerbern faire Markteintrittschancen verschaffen. In Deutschland ist das Interesse von Kunden mit niedrigem Stromverbrauch an Veränderungen ihrer Versorgungstechnik und -herkunft noch vergleichsweise gering. Dies spiegelt sich in der geringen Bereitschaft von Privatkunden wider, den Versorger zu wechseln. Hierzulande machen nur knapp 5 % der Kunden von diesem Recht Gebrauch. Zum Vergleich: In Großbritannien sind es mehr als 30 %.

Beispiel Wasser

Auch die Systeme der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sind einem Wandel der Rahmenbedingungen unterworfen, der nach innovativen Lösungen verlangt. Demografische Umbrüche, Deindustrialisierungsprozesse und ein verändertes Konsumentenverhalten führen zu einer – regional unterschiedlich ausgeprägten – Reduktion des Wasserverbrauchs in Deutschland. So sehr dies unter den Gesichtspunkten der Ressourcenschonung und des Umweltschutzes zu begrüßen ist, so gravierend sind andererseits die Folgen für die Wasserwirtschaft: Im Gegensatz zu anderen Dienstleistungsunternehmen haben die Wasserversorger kurzfristig nur begrenzte Möglichkeiten, ihren Absatz auf neue Kundengruppen oder auf zusätzliche Dienstleistungen auszuweiten; außerdem lassen sich die Frischwasser- und Abwassernetze nur bedingt rückbauen. Obliegt die Kostendeckung allein den Nutzern, führt dies zu steigenden Preisen, die soziale Probleme nach sich ziehen. Dazu kommt, dass ein großer Teil der Anlagen sanierungsbedürftig ist: Allein für die Sanierung und Erneuerung der öffentlichen Wasserver- und Abwasserentsorgung müssen von 2000 bis 2009 mehr als 90 Milliarden Euro in Deutschland investiert werden. Wegen massiver Finanzprobleme droht die Gefahr, dass die kommunalen Betreiber nicht genügend Mittel zur langfristigen Substanzerhaltung der Systeme aufwenden werden können. Zusätzliche Investitionsanforderungen stellt die neue europäische Wasserrahmenrichtlinie: Neben einer Erhöhung der Wasserqualität verlangt das neue Regelwerk bei Wassernutzungen und –dienstleistungen den Nachweis der ökonomischen Effizienz und der Umsetzung einer Preispolitik, die sowohl die betriebswirtschaftlichen Kosten als auch alle Umwelt- und Ressourcenkosten berücksichtigt. Hinzu kommt, dass aktuelle Entwicklungen im EU-Wettbewerbs- und Vergaberecht zu einschneidenden Veränderungen in der Organisation und Durchführung der kommunalen Leistungen führen können. Angesichts dieser immensen Herausforderungen geraten die Städte und Gemeinden, die eine geregelte Wasserversorgung sicherstellen müssen, zunehmend unter Druck.

Die Sanierung der Wasser- und Abwasserleitungen in Deutschland kostet schätzungsweise 92,6 Milliarden Euro.

Netzlängen deutscher Versorgungssysteme

in Tausend Kilometern



Die Versorgung mit Wasser, Strom und Gas sowie die Entsorgung der Abwässer macht ausgedehnte Netze von Leitungen und Kanälen notwendig, welche beispielsweise das Schienennetz der Eisenbahn um ein Mehrfaches übertreffen (siehe Grafik). Diese Infrastruktursysteme sind auf lange Nutzungs-

zeiten ausgelegt, müssen jedoch gleichzeitig an sich wandelnde Rahmenbedingungen wie demographische Prozesse oder ein verändertes Marktgeschehen angepasst werden. Dazu bedarf es Innovationen, die neben technischen Aspekten auch gesellschaftliche Trends berücksichtigen.

Ergebnisse aus Natur- und Gesellschaftswissenschaften

An diesem Punkt setzt die Sozial-ökologische Forschung an: Sie erarbeitet Vorschläge, wie der Wandel netzgebundener Infrastrukturen in den verschiedenen Sektoren durch Kommunen, Versorgungsunternehmen, die Gesetzgebung sowie weitere Akteure gestaltet und in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung gelenkt werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, werden zunächst die vielfältigen Transformationsprozesse innerhalb der Ver- und Entsorgungswirtschaft analytisch erfasst und ihre weit reichenden Auswirkungen – nicht nur auf Wirtschaft und Gesellschaft, sondern auch auf die natürliche Umwelt – aufgezeigt. Dabei stellt sich eine Reihe von übergeordneten Forschungsfragen: Wie lassen sich die Entwicklungen charakterisieren, die in unterschiedlichen Ver- und Entsorgungssystemen zu beobachten bzw. zu erwarten sind? Wie stehen diese in Zusammenhang mit den Prozessen der Privatisierung, Deregulierung, Globalisierung und Dezentralisierung? Welche Auswirkungen auf den Naturhaushalt und die Funktionsfähigkeit der natürlichen Systeme sind von diesen Veränderungen zu erwarten? Mit welchen Konsequenzen für die Lebensqualität und den Gesundheitsschutz der Bevölkerung ist zu rechnen? Welche Alternativen zu den beobachteten Entwicklungen sind denkbar?

Neben technisch-naturwissenschaftlichen Betrachtungen kommen dabei auch indirekte wirtschaftliche und gesamtgesellschaftliche Aspekte zum Tragen: Es wird untersucht, wie die ökonomischen und sozialen Folgen, zum Beispiel für die Einkommensverteilung, die Gestaltung des Arbeitslebens und den sozialen Zusammenhalt zu bewerten sind.

Der Wandel innerhalb der Ver- und Entsorgungswirtschaft muss nachhaltig gestaltet werden.

Weiter wird danach gefragt, welche Probleme, aber auch Nutzungs- und Steuerungsmöglichkeiten sich ergeben, wenn beispielsweise Netz- und Anlagenbetrieb getrennt oder aber verschiedene Sektoren der Ver- und Entsorgung verbunden werden. Welche Möglichkeiten bieten sich zur Minimierung von Stoff- und Energieflüssen – besonders bei nicht erneuerbaren Ressourcen, aber auch zur Risikoversorge – durch eine integrierte Betrachtung unterschiedlicher Sektoren? Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen Regulierungs- und Investitionsentscheidungen einerseits und Innovations- und Verbreitungsbedingungen andererseits erkennen? Inwieweit wirken sich diese Zusammenhänge hemmend bzw. fördernd auf eine nachhaltige Gestaltung von Ver- und Entsorgungssystemen aus, und wie können sie beeinflusst werden?

Die Beantwortung dieser komplexen Forschungsfragen macht es notwendig, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus so unterschiedlichen Disziplinen wie Biologie, Physik, Geographie, Soziologie, Politikwissenschaften, Rechts-

**Sozial-ökologische Forschung ist:
problemorientiert:**

Sie untersucht Umweltprobleme im Spannungsfeld Ökologie, Technik, Ökonomie, Gesellschaft und Kultur. Es werden Optionen für eine nachhaltige Entwicklung aufgezeigt, die sich an Politik, Wirtschaft und Akteure verschiedener gesellschaftlicher Gruppen richten.

interdisziplinär:

Es werden Konzepte und Modelle entwickelt und genutzt, die eine Integration unterschiedlicher Problemwahrnehmungen und die Verknüpfung verschiedener Wissenschaftsdisziplinen ermöglichen.

transdisziplinär:

In die Forschungsprojekte werden aktiv Praxispartner eingebunden, um die für eine Umsetzung ausschlaggebenden Entscheidungs- und Lernprozesse der unterschiedlichen gesellschaftlichen Akteure berücksichtigen zu können.

und Wirtschaftswissenschaften ihr jeweiliges Fachwissen einbringen und dieses miteinander abstimmen. Es erfordert aber zugleich – und dies ist nicht minder wichtig –, dass auch das Erfahrungswissen sowie die Erwartungshaltungen und Handlungsstrategien relevanter Akteure einbezogen werden. Diese enge Zusammenarbeit von interdisziplinärer Wissenschaft und gesellschaftlicher Praxis ist ein Charakteristikum der Sozial-ökologischen Forschung.

Sozial-ökologische Forschung

Im Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) soll das Wissen über die Beziehungen der Menschen zu ihrer natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt verbessert und innovative Wege für eine zukunftsfähige Gestaltung dieser Beziehungen aufgezeigt werden. Sozial-ökologische Forschung trägt damit neben der internationalen Global Change-Forschung entscheidend zur deutschen Nachhaltigkeitsforschung bei, die im BMBF-Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltigkeit“ (fona) gebündelt ist. Das BMBF stellt für den Förderschwerpunkt über einen Zeitraum von zehn Jahren 80 Millionen Euro bereit, von denen rund 9,5 Millionen Euro dem Bereich „Ver- und Entsorgung“ zukommen. Bislang werden damit sechs Forschungsprojekte finanziert, die in dieser Broschüre vorgestellt werden.

Das Projekt **Integrierte Mikrosysteme der Versorgung** (Seite 10) geht davon aus, dass die Sektoren Gas, Strom, Wasser und Telekommunikation ungeachtet ihrer spezifischen Un-

terschiede ähnlichen Veränderungsprozessen unterliegen, die sich zudem gegenseitig beeinflussen. Künftige Entwicklungspfade der netzgebundenen Versorgungssysteme sollen daher durch eine sektorübergreifende Betrachtung identifiziert werden. Das Forschungsteam entwirft Zukunftsszenarien, deren Rahmenbedingungen in einem mehrstufigen Abstimmungsprozess mit Akteuren aus allen Sektoren ausgearbeitet werden. So entsteht eine Vorstellung davon, wie die Versorgung mit Strom, Gas, Wasser und Telekommunikation im Jahr 2025 für Deutschland aussehen könnte – und wie die Weichen gestellt werden müssen, damit zukunftsfähige Entwicklungen realisiert werden können.

Der Forschungsverbund **netWORKS** (Seite 20) stellt die Frage nach den gesellschaftlichen Gestaltungsmöglichkeiten für den Wandel netzgebundener Versorgungssysteme und konzentriert sich dabei auf die Wasserversorgung. Neben kommunal-, raum- und naturwissenschaftlichen Aspekten werden Fragen der Stadttechnik, Ökonomie und der rechtlichen Situation berücksichtigt. Zentrales Produkt des Projekts ist eine „Strategische Entscheidungshilfe“, die den kommunalen Möglichkeiten für ein nachhaltiges Infrastrukturmanagement aufgezeigt.

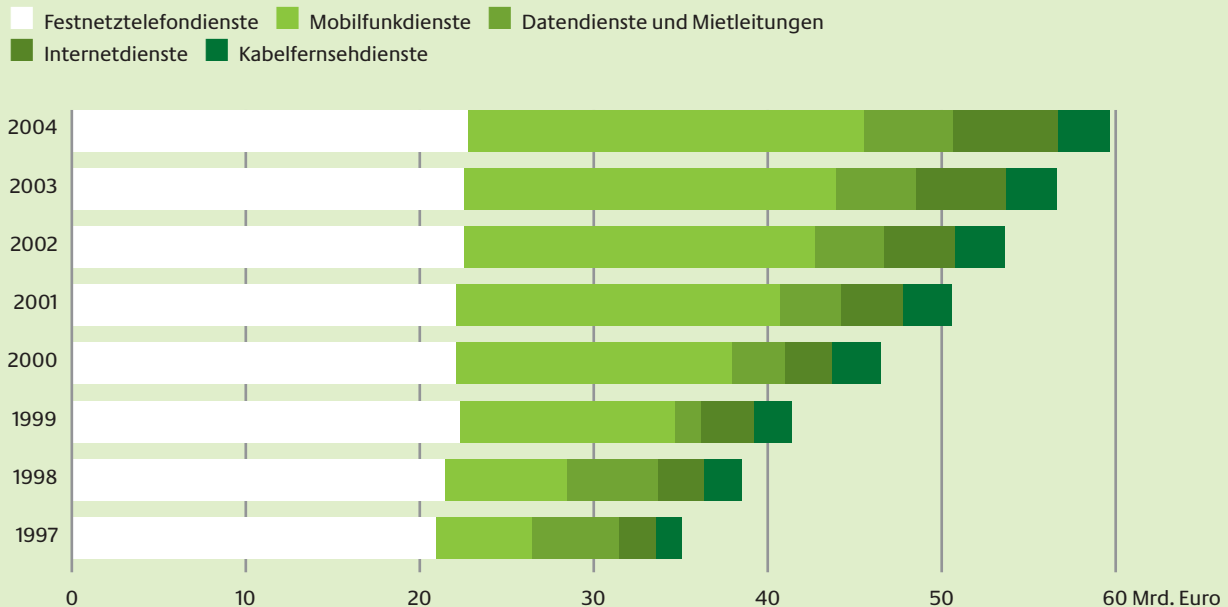
Das Projekt **KIDA** (Seite 35) widmet sich der Entsorgung von Abfall. Dabei kommt ein für die sozial-ökologische Forschung charakteristischer, transdisziplinärer Ansatz zur Anwendung, der relevante Praxispartner bereits in den Forschungsprozess einbezieht. Er erlaubt es, die Potenziale unterschiedlicher Kooperationsformen in der Abfallwirtschaft im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung zu untersuchen und zu bewerten.

Das Projekt **JET-SET** (Seite 30) untersucht den europaweiten Handel mit Zertifikaten für Treibhausgasemissionen. Es analysiert die bisherigen Wirkungen, die künftigen Herausforderungen und die Entwicklungsmöglichkeiten des europäischen Emissionshandelsystems, mit dessen Hilfe die Luftverschmutzung und Erderwärmung eingedämmt werden soll.

Das Projekt **demons** (Seite 15) erforscht die Wechselwirkungen zwischen Systemen der Wasser- und Nahrungversorgung und den sich wandelnden Bedürfnissen ihrer Nutzer

Praxisnahe, interdisziplinäre Forschung zeigt gesellschaftliche Handlungsmöglichkeiten auf.

Entwicklungen im Telekommunikationssektor



Der Telekommunikationssektor hat in den letzten Jahren ein stürmisches Wachstum erlebt. Durch rasante technische Weiterentwicklungen sowie extreme Preisrückgänge infolge verstärkten Wettbewerbs hat sich das Marktvolumen stark erhöht: Die Endkundenumsätze nach Abzug der Vorleistungen

stiegen zwischen 1997 und 2004 von 35,4 auf geschätzte 59 Milliarden Euro an. Den größten Zuwachs erfuhren Mobilfunk und Internetdienste. Das Thema Nachhaltigkeit wird bislang in der Branche kaum diskutiert und nur in wenigen Studien aufgegriffen.

Quelle: European Information Technology Observatory EITO

sowie Einflüssen demografischer Trends in ausgewählten Regionen der Erde. Ein Schwerpunkt liegt auf der Situation in Deutschland, wo gegenläufige Prozesse von Bevölkerungsschwund und Bevölkerungszuwachs häufig direkt nebeneinander stattfinden und eine enorme Herausforderung für die Wasserversorgung darstellen.

Das Forschungsprojekt **TIPS** (Seite 25) analysiert die Transformationen des Elektrizitätssystems. Der Schwerpunkt liegt auf sozialen und technischen Innovationsprozessen und deren Governance-Strategien. Als Fallbeispiel dienen kleinste, dezentral in einzelnen Gebäuden installierte Anlagen zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, so genannte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme. Eine weitere interdisziplinäre Fallstudie ergründet die zukünftige Rolle der Kohle bei der deutschen Elektrizitätsgewinnung.

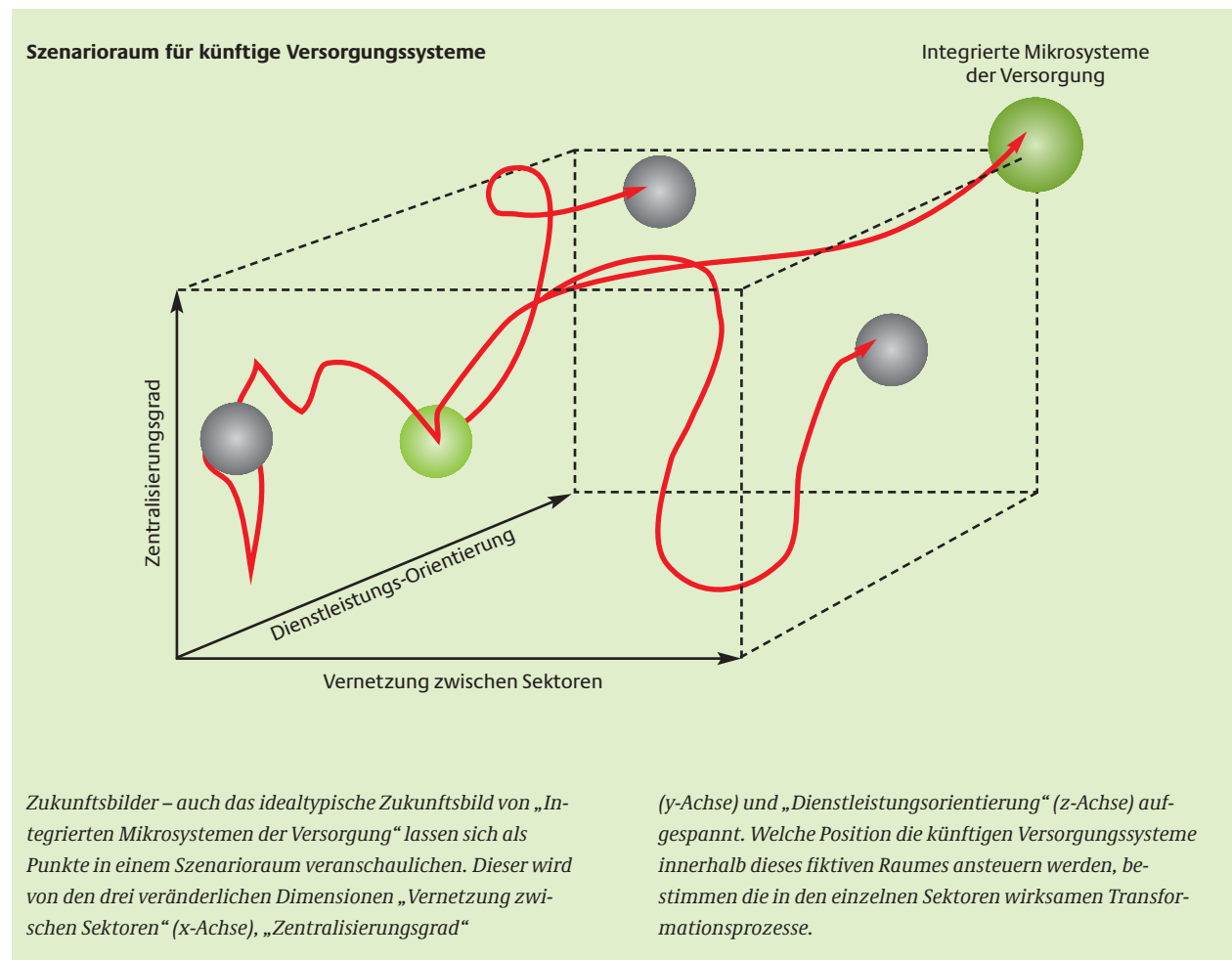
Die Forschungsarbeiten in den Projekten **demons** und **TIPS** werden von zwei der insgesamt neun Nachwuchsgruppen ausgeführt, die das BMBF im Rahmen des Förderschwerpunktes „Sozial-ökologische Forschung“ mit insgesamt 14 Millionen Euro unterstützt. Die Fördermittel sollen jungen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen Gelegenheit

geben, sich mit inter- und transdisziplinären Forschungsprojekten zu habilitieren oder zu promovieren. Die Frauenquote in den Nachwuchsgruppen des Förderschwerpunktes liegt mit über 50 Prozent deutlich höher als in der klassischen Umweltforschung. Zudem wird knapp die Hälfte der Gruppen – so auch die Projekte **TIPS** und **demons** – von Wissenschaftlerinnen geleitet.

Versorgungssysteme der Zukunft

Wie könnte die Versorgung mit Strom, Gas, Wasser und Telekommunikation im Jahr 2025 für Deutschland aussehen? Welche Möglichkeiten sind denkbar, welche Entwicklungen erscheinen heute plausibel, welche sind wünschenswert? Und wie müssen die Weichen gestellt werden, damit zukunftsfähige Entwicklungen realisiert werden? Diese Fragen beschäftigen das vom BMBF geförderte Projekt „**Integrierte Mikrosysteme der Versorgung**“. Der Name umschreibt ein mögliches Zukunftsbild und bringt die wichtigste Hypothese des Forschungsvorhabens zum Ausdruck: Transformationsprozesse in den Versorgungssektoren Gas, Strom, Wasser und Telekommunikation weisen Ähnlichkeiten auf und beeinflussen sich gegenseitig; eine isolierte sektorbezogene Betrachtung greift somit zu kurz. Tatsächlich wurden alle vier Sekto-

ren in den letzten Jahren grundlegenden Reformen unterworfen, deren längerfristige Auswirkungen noch weitgehend offen sind. Diese Phase des Umbruchs – angestoßen durch Liberalisierung, Globalisierung der Märkte sowie durch technische und kulturelle Entwicklungen – bietet eine Chance, die Versorgungssysteme nachhaltiger als heute zu gestalten. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis derjenigen Faktoren und Zusammenhänge, welche die künftigen Entwicklungen des Versorgungsmarktes bestimmen. Erst dann lassen sich mögliche Varianten zukünftiger Entwicklungen entwerfen und in ihrem Nachhaltigkeitspotenzial bewerten, um daraus konkrete Handlungsstrategien für die beteiligten Akteure abzuleiten.





Weichenstellungen für die Zukunft

Die Gestaltung künftiger Entwicklungen ist deshalb eine so schwierige Aufgabe, weil die dazu notwendigen Entscheidungen und Weichenstellungen unter Unsicherheit getroffen werden müssen. Um angesichts der hohen Komplexität und der politischen Sensibilität der Fragestellung Orientierungshilfen für zukünftige Entwicklungen zu geben, entwickelte das Projekt-Team den Sustainability Foresight-Ansatz. Er baut auf Methoden auf, die sich in der partizipativen und konstruktiven Technikfolgenabschätzung und im strategischen Unternehmens-Management bewährt haben. Dabei wird das Instrument der Szenario-Technik durch zwei Schritte ergänzt: Erstens durch eine mehrdimensionale Bewertung dieser Szenarien, die vom Projekt-Team für Nachhaltigkeitsanalysen nutzbar gemacht wurde und zweitens durch den Entwurf von Gestaltungsstrategien für ausgewählte, besonders bedeutsame Innovationsfelder. So lassen sich Problemlagen und Handlungsansätze über die Grenzen unterschiedlicher Akteurskreise hinweg strukturieren und in eine Rangfolge hinsichtlich verschiedener Kriterien wie Wichtigkeit, Machbarkeit und Timing bringen.

Die Methode zielt nicht auf die Bewertung einzelner Technologien, Produkte oder Politikinstrumente ab, sondern auf die Entwicklung eines Orientierungsrahmens, auf den sich konkrete Technik- und Institutionenbewertungen beziehen können. Dabei werden die Wahrnehmungen, Interessen und Kapazitäten von so unterschiedlichen Akteuren wie Versorgungsfirmen, Anlagenherstellern, Behörden, Umwelt- und Verbraucherschützern in Form von Erwartungen und Zielvorstellungen zusammengeführt – um anschließend die Bedingungen herauszuarbeiten, unter denen diese Zukunfts-

bilder gesellschaftliche Relevanz erlangen können. Ausgangspunkt des partizipativen Foresight-Prozesses war die Analyse gegenwärtiger Diskurse über eine nachhaltige Versorgung in Deutschland. Daraus wurden die aktuell vorherrschenden Vorstellungen und Erwartungen zur zukünftigen Entwicklung von Versorgungssystemen rekonstruiert. Drei wünschenswerte Entwicklungstendenzen zeichnen sich ab: zunehmende Dezentralisierung, stärkere Dienstleistungsorientierung und wachsende Kopplung der Versorgungssysteme in gemeinsam genutzten Infrastrukturen, Organisationsverbänden sowie integrierten Produkten. Diese drei Wandlungsdimensionen spannen einen dreidimensionalen Szenarioraum auf, in welchem sich das zugespitzte Idealbild der **Integrierten Mikrosysteme der Versorgung** als eine von vielen Zukunftsmöglichkeiten abbilden lässt (siehe Grafik Seite 10). Diese „Integrierten Mikrosysteme“ zeichnen sich durch eine dezentralisierte Erzeugung sowie durch die intelligente Steuerung von Nutzung und Erzeugung über alle Versorgungsbereiche hinweg aus. Nachdem so der Szenarioraum definiert worden

Die Zukunft netzgebundener Versorgung hängt nicht nur von technologischen Innovationen ab.

war, wurden parallel in den vier Sektoren Gas, Wasser-/Abwasser, Strom und Telekommunikation die wichtigsten Veränderungen in Produktion, Konsum und Regulierung ermittelt. Dazu wurden insgesamt etwa 100 Experten aus unterschiedlichen Akteurskreisen in Deutschland in leitfadengestützten persönlichen Interviews um ihre Einschätzung zu wichtigen Veränderungsdynamiken in den jeweiligen Sektoren gebeten. Darunter waren Anbieter von Versorgungstechnologien, Versorgungsunternehmen, Vertreter aus Wissenschaft, Gewerkschaften, Behörden, Verbraucher- und Umweltverbänden. Die Ergebnisse dieser Sektorstudien wurden jeweils 15 ausgewählten Experten eines Sektors vorgelegt, die in einem zweitägigen Workshop Einflussfaktoren auf die Entwicklung des jeweiligen Sektors identifizierten und die Ungewissheit und Wichtigkeit einzelner Faktoren bewerteten (Uncertainty-Impact-Analyse; siehe Grafik Seite 12). Im Anschluss wurden aus der Vielzahl von Einflussfaktoren die bedeutendsten Faktoren ausgewählt und in einer weiteren Serie von vier moderierten Workshops von 20 Experten aus

Experten und Akteure identifizieren aus der Vielzahl von Einflussfaktoren die zukünftig wichtigsten.

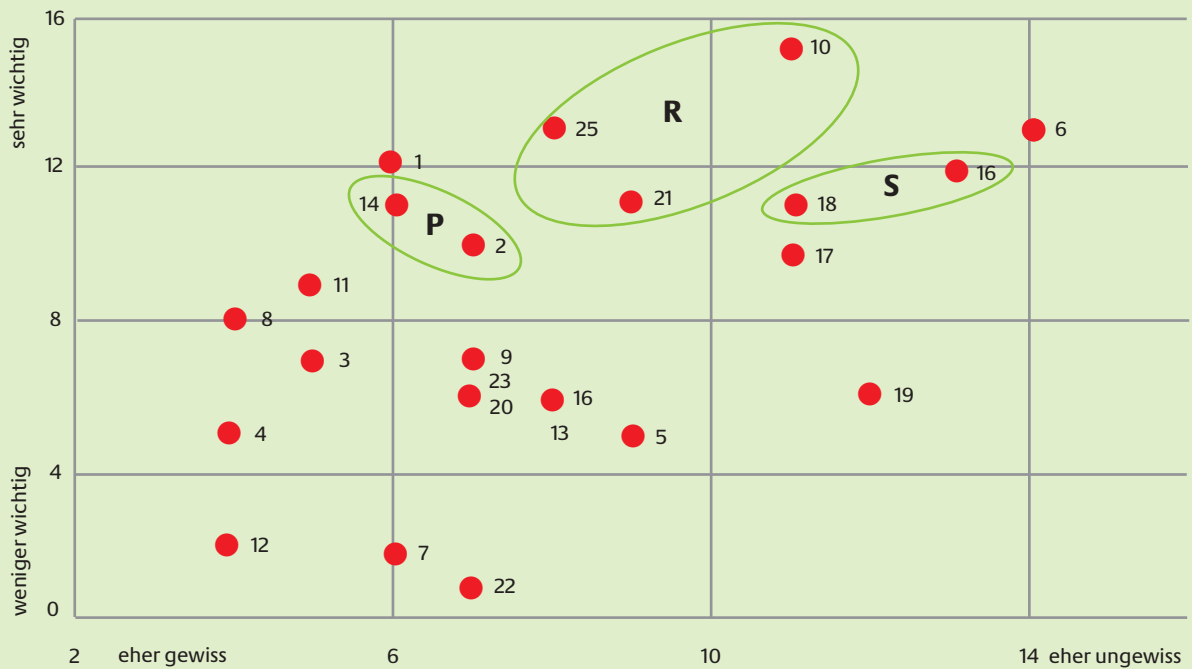
allen Sektoren und Akteurskreisen zu einem sektorübergreifenden Faktorensatz komprimiert. In der anschließenden Cross-Impact-Analyse wurden der wechselseitige Einfluss dieser Faktoren herausgearbeitet und auf dieser Basis vier sektorübergreifende Szenarien (A, B, C und D) zukünftiger

Versorgungsstrukturen entworfen. Dabei kam ein erprobtes softwaregestütztes Verfahren zur Entwicklung explorativer Szenarien zur Anwendung, das auf der BASICS-Methodologie von Batelles aufbaut.

Vier Szenarien künftiger Versorgung

Den Szenarien A und B sind polypolitische Marktstrukturen und ein Mix verschiedener Energiequellen zur Stromerzeugung gemeinsam, in der neben erneuerbaren Energien die Erdgasnutzung zulasten von Kohle eine zentrale Rolle spielt. Allerdings hebt sich Szenario A von B durch einen hohen Anteil dezentraler Anlagen ab. In den Szenarien C und D beherrschen Oligopole die Versorgungssektoren, außerdem kommen fast ausschließlich zentrale Technologien zum Einsatz. Nur in Szenario C haben zusätzlich Brennstoffzellen Konjunktur (siehe Seite 13). Eines der zentralen Ergebnisse des Szenario-Workshops war die Einschätzung der Teilnehmer-

Treibende Kräfte der Strom-Versorgung



Mit Hilfe einer Uncertainty-Impact-Analyse werden Einflussfaktoren hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und Ungewissheit bewertet. In beiden Kategorien konnte jeder Faktor (in der Grafik mit einer laufenden Nummer versehen) von insgesamt sechs Experten-Gruppen aus dem Strom-Sektor jeweils 0 bis 3 Punkte, maximal also 18 Punkte erhalten. Die höchstplatzierten Faktoren

beziehen sich auf Technologie (P), Umweltpolitik (R) und den Netzzugang und damit die effektive Ausgestaltung der Deregulierung und Liberalisierung (S). Sie bilden zusammen mit den entsprechenden Daten aus den Sektoren Gas, Wasser und Telekommunikation den Input für die anschließenden Cross-Impact-Analysen und Szenario-Entwicklungen.

Vier sektorübergreifende Szenarien künftiger Versorgungssysteme				
	Szenario A „Dezentralisierung im Konsens“	Szenario B „Konservativ-ökologischer Entwicklungspfad“	Szenario C „Verbreiterung des Technologiemix durch den Wettbewerb internationaler Großkonzerne“	Szenario D „Keine Verdrängung etablierter Strukturen“
Wirtschaft, Gesellschaft, Staat	Relativ starkes Wirtschaftswachstum Entwicklungsoptionen werden im gesellschaftlichen Diskurs entwickelt und dezentral umgesetzt Gesellschaftlicher Konsens über Vorrang von Klima und Umwelt Staat als Moderator Anwendungsorientierte marktkonforme Förderung	Schwächeres Wirtschaftswachstum Aktiver Umweltschutz durch Staat Märkte staatlich reguliert Policy-Mix zur Förderung umweltverträglicher Technologien	Relativ starkes Wirtschaftswachstum Umweltschutz hat geringe Priorität Märkte staatlich reguliert Aktive Innovations- und Technologiepolitik	Schwaches Wirtschaftswachstum Zwei-Klassen-Gesellschaft Rückzug des Staates; Dominanz ökonomischer Kalküle
Technologie, Markt, Umwelt	Wachstum bei intelligenten, dezentralen Technologien Ausrichtung des Kraftwerks-parks auf Umweltziele Wirksamer Wettbewerb; Vielfalt der Anbieter Verknüpfung der Sektoren Endnachfrage sinkt	Gebremste Durchdringung dezentraler Technologien Ausrichtung des Kraftwerks-parks auf Umweltziele Wettbewerb durch Regulierung; geringere Anbietervielfalt Getrennte Entwicklung der Sektoren Endnachfrage konstant	Zentrale Technologien im Vordergrund; Brennstoffzellen haben Konjunktur Ausrichtung des Kraftwerks-parks auf Umweltziele Dominanz regulierter Oligopole Getrennte Entwicklung der Sektoren Endnachfrage steigt	Zentrale Technologien im Vordergrund Ausrichtung des Kraftwerks-parks auf Umweltziele Dominanz regulierter Oligopole Getrennte Entwicklung der Sektoren Endnachfrage konstant

runde, dass die zukünftige Entwicklung der netzgebundenen Versorgung nicht in erster Linie von technologischen Innovationen abhängt. Vielmehr messen die Experten aus der Praxis den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, aber auch gesellschaftlichen Werthaltungen und Einstellungen eine hohe Bedeutung bei.

Nachhaltigkeit als Bewertungsmaßstab

Im Anschluss an die Entwicklung der Szenarien erfolgte deren Bewertung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Die zentralen Fragen waren:

Welche ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgen sind mit verschiedenen zukünftigen Entwicklungen verbunden und wie bedeutsam werden diese vor dem Hintergrund unterschiedlicher gesellschaftlicher Zielvorstellungen und Interessen eingeschätzt? Welche Zielkorridore sind zukunftssträchtig, welche Konfliktlinien sind erkennbar? In diese Diskussion wurden Vertreter verschiedener Verbände

einbezogen, um ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Perspektiven zu berücksichtigen. Insgesamt nahmen 33 Akteure am Bewertungsdiskurs in unterschiedlichen Funktionen teil: Vertreter von Verbänden der Versorgungsunternehmen, der Industrie, des öffentlichen und privaten Konsums, der Umwelt, der Gewerkschaften und der Politik formulierten Ziele einer nachhaltigen Versorgung und ihre Gewichtung. Wissenschaftliche Experten lieferten heute verfügbares Hintergrundwissen darüber, wie die Zukunftsszenarien hinsichtlich dieser Ziele einzuschätzen sind. In persönlichen und telefonischen Interviews mit Verbandsvertretern wurde ein konkreter Katalog von Zielvorstellungen erstellt und in Form eines hierarchisch strukturierten Wertbaumes visualisiert: Er stellt eine Gesamtschau verschiedener Perspektiven gesellschaftlicher Akteure dar und legt die Kriterien zur Beurteilung der vier Zukunftsszenarien im Hinblick auf eine nachhaltige netzgebundene Versorgung offen. Der Wertbaum verzweigt sich in die fünf Oberziele „Umweltschutz“, „Soziale Aspekte“, „Wirtschaftliche Aspekte“, „Gesund-

heitsschutz“ und „Versorgungssicherheit“, die jeweils aus drei Hierarchieebenen sehr konkreter Ziele bestehen. Dieser hohe Differenzierungsgrad des Zielkataloges wurde von allen Teilnehmern als äußerst hilfreich für die Nachhaltigkeitsbewertung eingestuft. Kein Zukunftspfad der Versorgung kann alle Zielvorstellungen in gleichem Maße erfüllen. Daher setzt jede Weichenstellung eine Abwägung zwischen verschiedenen Zielkriterien voraus.

In Interviews mit Verbandsvertretern wurde anhand eines Fragebogens dieser Abwägungsprozess durch die jeweilige Gewichtung der Ziele vorgenommen. Beispiel „Umweltschutz“: Wenn es um dieses Oberziel geht, ist den Befragten im Mittel der Klimaschutz und die Ressourcenschonung am wichtigsten. Dagegen ist der Landschaftsschutz – etwa der Erhalt von Erholungsgebieten oder die Vermeidung von Eingriffen in das Landschaftsbild durch Windräder und Sendemasten – gegenüber anderen ökologischen Kriterien nachrangig. Allerdings setzen die Akteure hier unterschiedliche

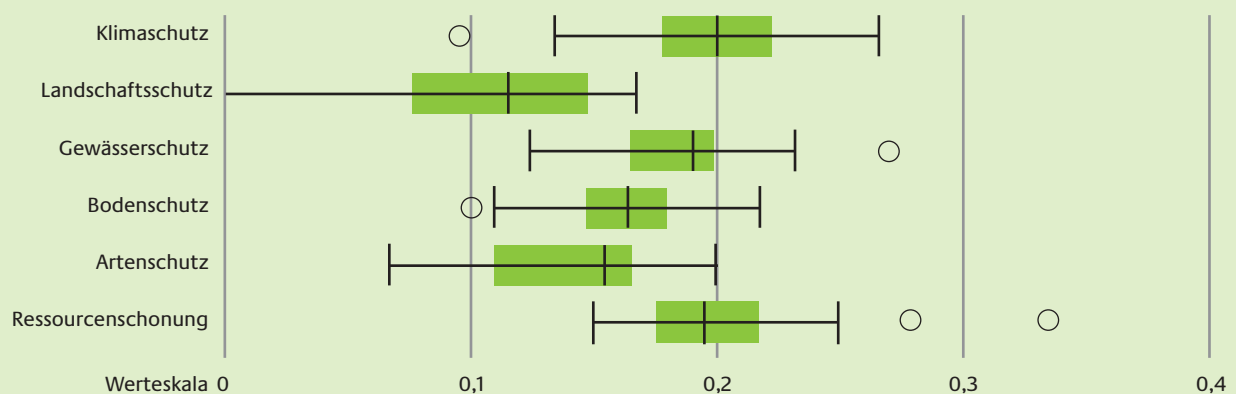
Akzente (*siehe Grafik unten*). Das partizipative Bewertungsverfahren ermöglichte eine vertiefte Diskussion über Chancen und Risiken potenzieller Zukunftspfade, machte Zielkonflikte offenbar und erbrachte in vielen Punkten eine Annäherung zuvor divergierender Interessen.

Dieser Lernprozess manifestiert sich auch in der unterschiedlichen Bewertung einzelner Szenarien hinsichtlich ihrer Wunsch- und Machbarkeit vor und nach dem Workshop: Zu Beginn des Workshops hielten die meisten Teilnehmer Szenario D für am plausibelsten, am Ende hatte sich die Mehrheit (9 von 16 Akteuren) zugunsten Szenario B verschoben.

Die Ergebnisse der Szenario-Entwicklung und -Bewertung dienen als Grundlage für die dritte Phase des BMBF-Projekts: Hier sollen Strategien zur Gestaltung künftiger Versorgungssysteme ausgearbeitet werden. Dazu werden zunächst die Entwicklungspotenziale in drei kritischen Innovationsfeldern beispielhaft ausgelotet. Es sind dies im politischen Bereich neuartige Regulierungen für Stromnetze und im technischen Bereich Systeme der Kraft-Wärme-Kopplung auf Gebäudeebene sowie so genannte Smart Buildings, also Gebäude, deren Versorgung durch intelligente Steuerung von Heizung, Wasser und Stromerzeugung integriert wird. Die Detailstudien sollen den Einfluss von Produktion, Konsum und Regulierung ermitteln und Gabelungspunkte für Zukunftspfade identifizieren, an denen Gestaltungsstrategien ansetzen können. Anhand dieser Daten werden 50 ausgewählte Praxisakteure im Rahmen einer moderierten Arbeitstagung Handlungsstrategien und konkrete Maßnahmen entwerfen, welche die zuvor formulierten Zukunftsszenarien berücksichtigen und chancenreiche Transformationspfade für künftige Versorgungssysteme weisen.

Keiner der möglichen
Zukunftspfade der
Versorgung kann
alle Zielvorstellungen in
gleichem Maße erfüllen.

Umweltschutz als Messlatte für Versorgungssysteme



Klimaschutz und Ressourcenschonung erhielten bei der Bewertung durch 22 Verbandsvertreter die meisten Punkte auf einer von 0 bis 1 reichenden Werteskala. Die Experten rechnen also diesen beiden Kategorien zukünftig besonders hohe Bedeutung zu.

Die Statistik fasst die individuellen Gewichtungen zusammen: 50% der Experten vergaben Werte innerhalb des grünen Kastens, Kreise markieren Ausreißer.

Wasser- und Nahrungsversorgung bei dynamischer Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerung mit ausreichend Wasser, Nahrungsmitteln, Energie, Verkehrseinrichtungen und Wohnraum zu versorgen, stellt für jede Gesellschaft eine große Herausforderung dar. Insbesondere die Grundversorgung mit Wasser ist in vielen Gebieten der Erde gefährdet oder gar nicht gegeben: 1,2 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser, weiteren 2,4 Milliarden Menschen stehen keine sanitären Einrichtungen zur Verfügung, häufig fehlen Anlagen zur Aufbereitung des Abwassers. Durch die große Bedeutung der Bewässerungslandwirtschaft – weltweit entfallen derzeit etwa 70 % der Wassernutzungen auf die Landwirtschaft – sind die Versorgungssysteme für Wasser und Nahrung eng verknüpft. Demografische Umbrüche – also Veränderungen der Größe, Struktur und Verteilung von Bevölkerungen – spielen eine entscheidende Rolle bei den Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung von Versorgungssystemen. Umgekehrt zieht häufig auch die Ausgestaltung dieser Systeme demografische Veränderungen nach sich. Die Versorgung einer Bevölkerung umfasst demnach sozial-ökologische Problemlagen, die sich aus den Wechselwirkungen zwischen demografischen Trends, Bedürfnissen und Versorgungssystemen ergeben. Diese Wechselwirkungen zu analysieren und Lösungsansätze für nachhaltige Transformationen der Versorgungssysteme zu entwickeln, ist Ziel des Forschungsprojekts **demons** (**demographic trends, needs & supply systems**). Am Beispiel der Versorgungssysteme für Wasser und Nahrung untersuchen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen, in welcher Weise die zu erbringenden Versorgungsleistungen von demografischen Veränderungen abhängen und welchen Anteil die Bevölkerungsdynamiken an der Transformation der Versorgungssysteme haben. Den Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bildet die Untersuchung der weltweit heterogenen Bevölkerungsentwicklungen und Dynamiken, die sich in Prozessen des Wachstums, aber auch des Rückgangs von Bevölkerungen sowie in steigenden Urbanisierungsraten und Migrationsbewegungen manifestieren.

In der interdisziplinär angelegten, grundlagenorientierten Nachwuchsgruppe arbeiten ein Geograph, ein Soziologe und je eine Biologin, Wirtschafts- und Politikwissenschaftlerin der Universität Frankfurt und des Instituts für sozial-ökologische Forschung (ISOE) an der gemeinsamen Fragestellung. Diese wird anhand aktueller und historischer Fallstudien in drei Kontinenten bearbeitet, um ein breites Spektrum an demografischen Veränderungen zu erfassen. Die dabei gewonnenen Ergebnisse bilden die Grundlage für ein konzeptionelles Modell zur Beschreibung der komplexen



Wechselwirkungen, das für unterschiedliche Bevölkerungsdynamiken, verschiedene Versorgungssysteme und unterschiedliche soziale und kulturelle Kontexte angemessen ist.

Wasserkonflikte im Jordanbecken

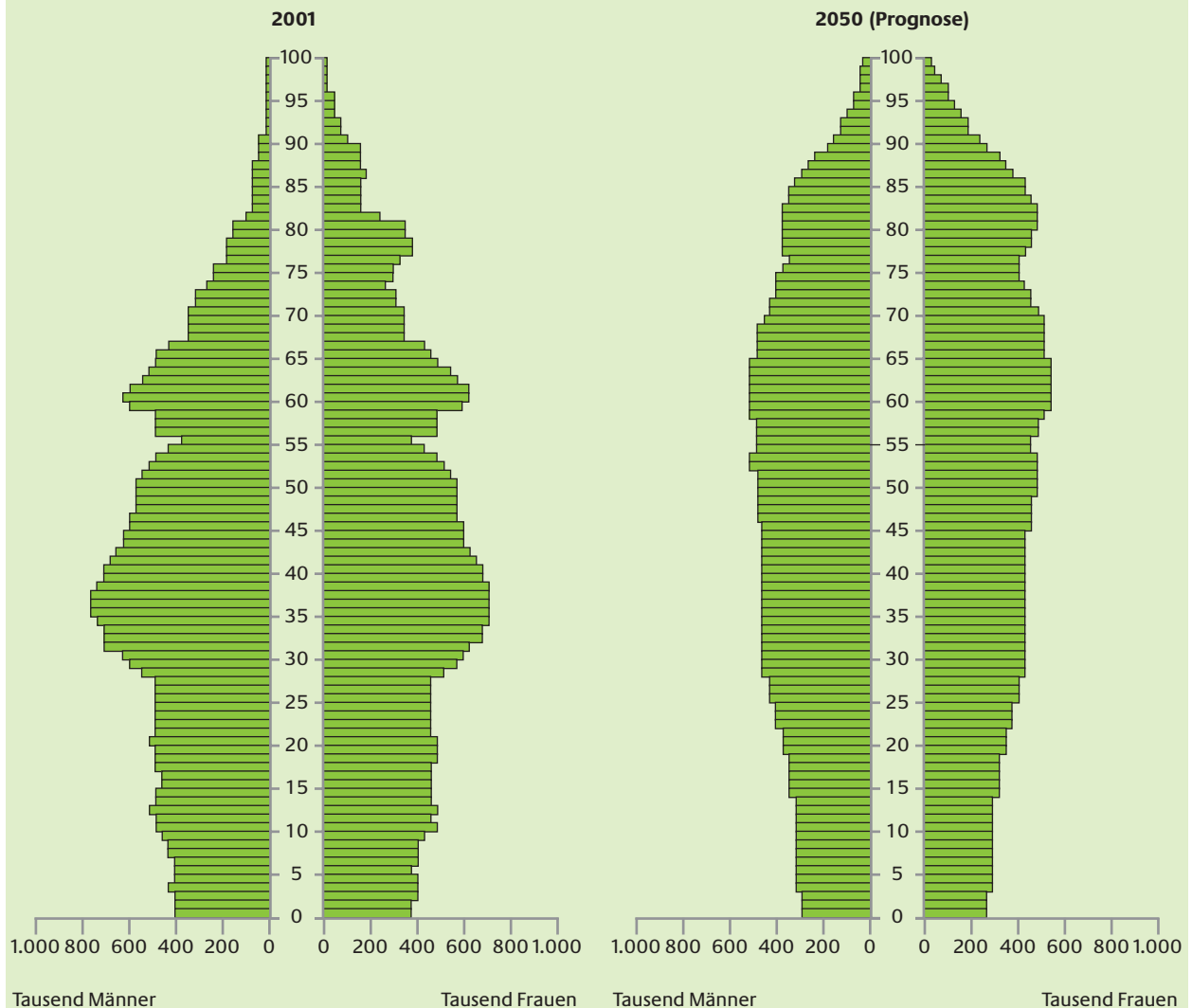
Wie die politische Sicherung der Wasser- und Nahrungsversorgung unter Bedingungen von Bevölkerungswachstum gewährleistet werden kann, ist Untersuchungsgegenstand des politikwissenschaftlichen Teilprojekts. Diese Fragestellung wird in einer Fallstudie im Nahen Osten konkretisiert – einer Region, die von extremer Wasserknappheit und zugleich starkem Bevölkerungswachstum geprägt ist. Nach aktuellen Prognosen wird sich Jordaniens derzeitige Einwohnerzahl von 5,6 Millionen bis zum Jahr 2050 auf 10,2 Millionen fast verdoppelt haben; die Bevölkerung Israels wird auf 10,6 Millionen und die Einwohnerzahl im Gaza-Streifen und der Westbank auf nahezu 12 Millionen Menschen anwachsen. Alle drei Staaten bzw. Territorien sind in starkem Maße auf international geteilte Gewässer angewiesen, deren politische Kontrolle umkämpft ist; im Wesentlichen sind dies der Jordan-Fluss sowie Grundwasservorkommen. Der Wasserverbrauch übersteigt bereits seit einiger Zeit in starkem Umfang die zur Verfügung stehenden erneuerbaren Wasserressourcen. Hinzu kommt die extrem ungleiche Verteilung der Wasserentnahmen. Eine Umverteilung ist daher wichtiger Bestandteil des Friedensabkommens zwischen Jordanien und Israel, während eine Einigung über die Verteilung und Nutzung der Wasserressourcen zwischen

Israel und den Palästinensern vermutlich erst im Rahmen eines umfassenden Friedensabkommens erreicht werden kann.

Das Teilprojekt arbeitet mit der Hypothese, dass neben diesen zwischenstaatlichen Konflikten um die Ressource Wasser aufgrund der demografischen Entwicklung mehr und mehr interne Nutzungskonflikte an Bedeutung gewinnen und eine wachsende Konkurrenz zwischen Landwirt-

schaft und Haushalten nach sich ziehen wird. Der mit Abstand größte Anteil des genutzten Wassers fließt in die Bewässerungslandwirtschaft. Ihr ökonomischer Nutzen ist jedoch vielfach gering: Sie beschäftigt in der Region im Durchschnitt nur 8% der Erwerbstätigen und erwirtschaftet einen geringen Anteil von 5 – 7% des Bruttosozialprodukts. Die Bewässerung großer Teile der landwirtschaftlichen Fläche hat nicht nur hohe Kosten zur Folge, sondern auch die Versalzung der

Demografische Entwicklung in Deutschland



Derzeit leben rund 6,2 Milliarden Menschen auf der Erde. Während die Weltbevölkerung beständig wächst – auf schätzungsweise 9,3 Milliarden im Jahr 2050 – geht die Einwohnerzahl in Deutschland zurück. Nach Vorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes könnte sie in den nächsten

50 Jahren von derzeit 82,5 auf rund 75 Millionen schrumpfen. Geburtenrückgang und steigende Lebenserwartung führen zudem zu einer starken Alterung unserer Gesellschaft, wie ein Vergleich der „Alterspyramiden“ von 2001 und 2050 verdeutlicht.

Böden und andere Umweltprobleme. Lösungswege zum Umgang mit der Wasserknappheit reichen von technologischen Ansätzen wie Meerwasserentsalzungsanlagen oder Staudämmen über eine differenzierte Nutzung von Wasser unterschiedlicher Qualität (vor allem der Verwendung wiederaufbereiteten Abwassers in der Landwirtschaft) bis hin zur Umverteilung zwischen den Sektoren, insbesondere von der Landwirtschaft hin zu den Haushalten und der Industrie. Das Teilprojekt beleuchtet, welche Folgen sich daraus für die Landwirtschaft ergeben und wie die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst wird. Das Konzept des „Virtuellen Wasserhandels“, das den Import wasserintensiver Nahrungsmittel als eine Form des Umgangs mit der Wasserkrise vorsieht, ist für die Forschungsarbeit von großer Bedeutung (siehe Grafik unten).

Fallstudien in Java, Ghana und Namibia

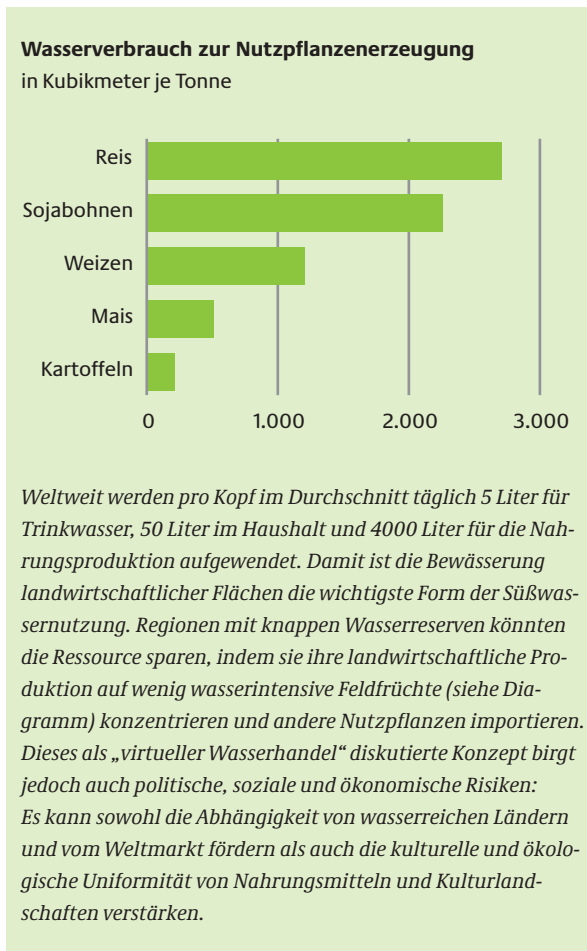
Welche Auswirkungen Urbanisierungsprozesse für die Transformation von Versorgungssystemen haben, untersucht das soziologische Teilprojekt. Der Anteil der städtischen Bevölkerung wird nach Prognosen der Vereinten Nationen welt-

Weltweit wird der größte Teil des Süßwassers zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen verbraucht.

weit von heute 3 Milliarden Menschen auf rund 5 Milliarden im Jahre 2030 anwachsen; ein hoher Anteil dieses Wachstums findet in den Metropolen der Entwicklungsländer statt. Die Folgen für den Ernährungssektor werden am Beispiel Accras, der Hauptstadt Ghanas, analysiert. Das enorm rasche Anwachsen der Einwohnerzahl – sie hat sich innerhalb eines Jahrzehnts fast verdoppelt – bedingt einen starken Konkurrenzdruck um Flächen. Der Wohnungsbau greift zunehmend auf Böden über, die bislang zum Anbau von Feldfrüchten genutzt wurden und die Selbstversorgung der Stadtbevölkerung mit frischem Obst und Gemüse sicherstellten. Zugleich bringt das Abwandern von Arbeitskräften aus den ländlichen Regionen Probleme für die Nahrungsmittelproduktion mit sich. Dieses komplexe Wirkungsgeflecht zwischen demographischen Prozessen und Nahrungsvorsorgungssystemen zu analysieren und die treibenden Kräfte zu identifizieren, ist vorrangiges Ziel des Teilprojekts.

Zurück zu den Ursprüngen der Menschheit geht das evolutionstheoretisch orientierte Teilprojekt. Es befasst sich mit Entwicklungsmodellen für den Zusammenhang zwischen Organismen, Populationen und Ressourcen und geht dabei der Frage nach, in welcher Weise Organismen mit ihren Lebens- und Ernährungsweisen auf ihre Umwelt gestaltend einwirken. In einer Fallstudie werden die Lebensbedingungen und Bewirtschaftungsformen pleistozäner Hominiden, die vor mindestens einer Million Jahren Java besiedelten, untersucht. Durch die Rekonstruktion ökologisch relevanter Umweltparameter jener Zeit soll aufgedeckt werden, welchen Einfluss die Nutzung bestimmter Nahrungsquellen auf die Populationsgröße und andere demografische Parameter javanischer Hominiden sowie auf Artbildungsprozesse hatte – und umgekehrt.

Die Bedeutung räumlicher Bevölkerungsveränderungen für die Wasserversorgung untersucht das geographische Teilprojekt. Die Frage nach der Territorienbildung in der Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen steht dabei im Vordergrund. Der Norden Namibias, der trockenste Staat südlich der Sahara, zeichnet sich durch eine hohe Bevölkerungskonzentration und Siedlungsdichte aus. Der Großteil des genutzten Wassers wird über ein Fernleitungsnetz aus dem Nachbarstaat

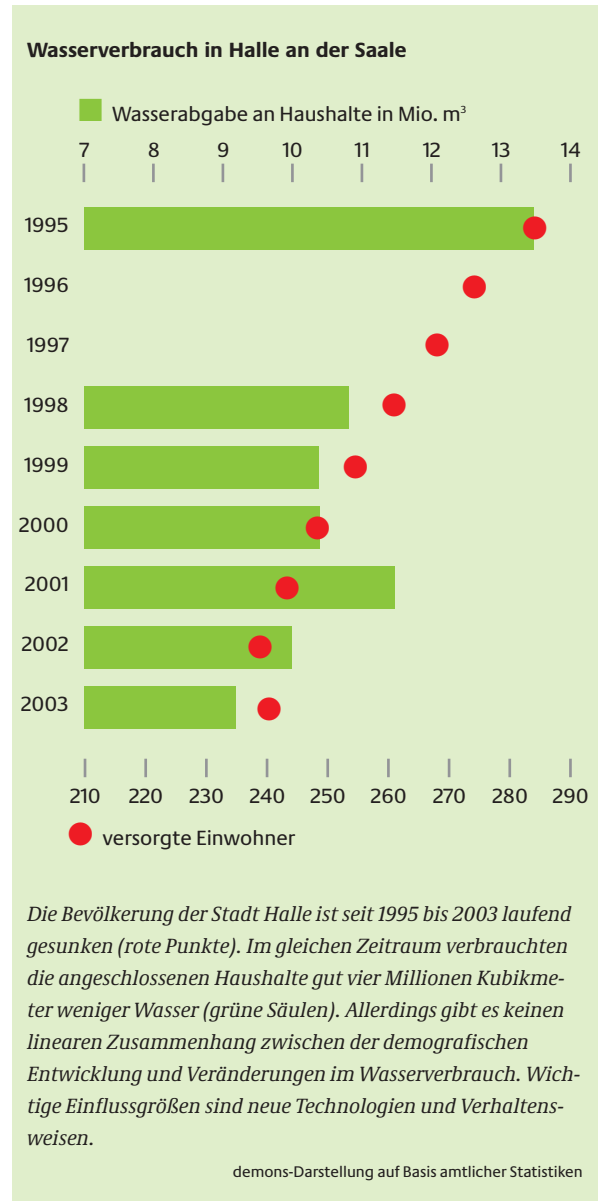


Angola bezogen und stammt zudem aus mehr als einem Flusseinzugsgebiet. Die infrastrukturelle, ökonomische und hydropolitische Verknüpfung unterschiedlicher Flusseinzugsgebiete stellt für ein integriertes Wasserressourcen-Management eine große Herausforderung dar. Das Projekt analysiert daher Lösungsansätze, die diesen Bedingungen gerecht werden können. Damit soll möglichen Konflikten, die sich aus einer zunehmenden Bevölkerungskonzentration einerseits und der aktuellen Neugliederung von Versorgungsräumen andererseits ergeben, frühzeitig begegnet werden.

Deutschlands Städte schrumpfen

Welche Bedeutung demografische Schrumpfungsprozesse für das Wassermanagement in Deutschland haben, beleuchtet das ökonomische Teilprojekt. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 hat die Bundesrepublik eine starke Migrationsbewegung von Ost nach West und einen erheblichen Rückgang der Geburtenzahlen erlebt. Auch im Westen sind bereits einige größere Gebiete von dem Bevölkerungsschwund betroffen, insbesondere im Saarland und im Ruhrgebiet. Gleichzeitig gibt es Regionen mit Bevölkerungszuwachs, etwa Teile Bayerns oder Niedersachsens. Auch ins Umland ostdeutscher Städte wie Berlin, Rostock und Halle sind vermehrt Menschen zugezogen. Diese gegenläufigen Prozesse finden häufig direkt nebeneinander statt. Was diese heterogenen demografischen Veränderungen für die Wasserversorgung bedeuten, wird am Beispiel der Stadt Halle an der Saale untersucht, deren Einwohnerzahl von 1995 bis 2003 kontinuierlich gesunken ist. Das Ergebnis verblüfft: Zwar verbrauchten die angeschlossenen Haushalte in Halle in den letzten Jahren deutlich weniger Wasser als zu Beginn des Untersuchungszeitraums, doch gab es vereinzelt Jahre, in denen gegenüber dem Vorjahr weniger Menschen mehr Wasser verbrauchten (siehe Grafik rechts). Die Auswertung amtlicher Statistiken hat verdeutlicht, dass demografische Veränderungen den Wasserverbrauch erheblich beeinflussen. Doch werden sie von anderen Einflussgrößen überlagert, beispielsweise von Veränderungen in der angewendeten Haushaltstechnologie oder in Verhaltensmustern bei der Körperpflege und Hausarbeit.

Erste Auswirkungen des aufgezeigten demografischen Wandels auf die netzgebundenen Systeme der Wasserversorgung machen sich zusammen mit einem drastischen Rückgang des gewerblichen Wasserbedarfs in den neuen Bundesländern bereits heute als Unterauslastung der Versorgungssysteme bemerkbar. Die zentrale Herausforderung für eine künftige Planung und Gestaltung des Wassersektors liegt demnach darin, flexible Versorgungskonzepte zu entwickeln, die sich auch an kleinräumige und schnell wechselnde demografische Veränderungen anpassen lassen, um die Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Versorgungssysteme zu sichern. Erforderlich ist daher ein neuer Umgang mit schwierig

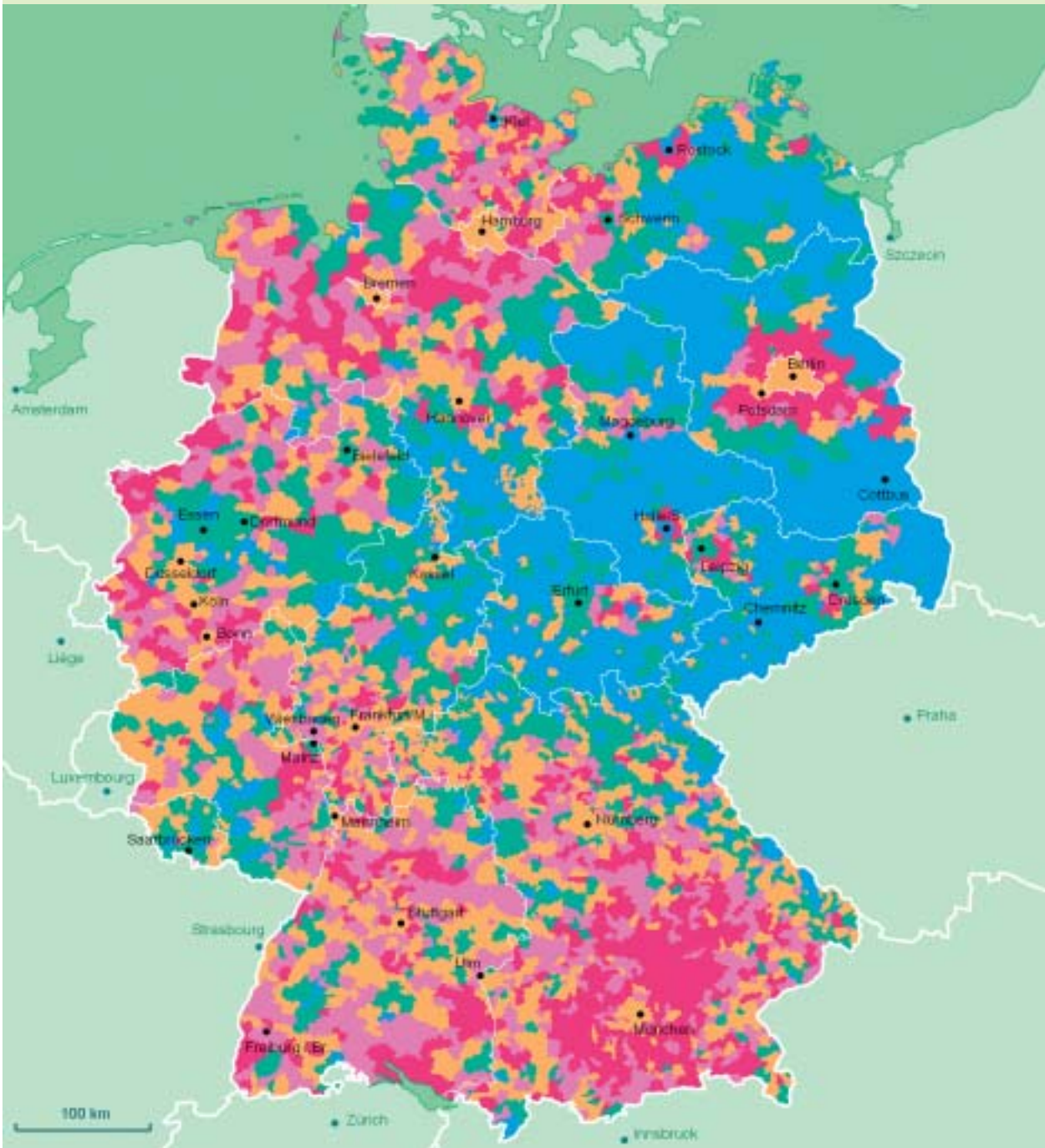


vorhersehbaren Entwicklungen, zum Beispiel eine technisch flexiblere Infrastruktur oder neue Preismechanismen.

Das Fallbeispiel verdeutlicht, dass die einfache Formel „Bevölkerungswachstum führt zu Ressourcenverknappung und Umweltzerstörung“ den komplexen Wirkungszusammenhängen zwischen demografischen Entwicklungen und Transformationen der Versorgungssysteme nicht immer gerecht wird. Vielmehr gilt es, bei der Suche nach Adaptionsmöglichkeiten der Versorgungssysteme an den demografischen Wandel neben quantitativen Veränderungen auch qualitative Faktoren wie die räumliche Verteilung und Siedlungsstruktur einer Bevölkerung, jedoch auch veränderte Bedürfnisse und Konsummuster zu betrachten.

Bevölkerungsdynamik in Deutschland

Veränderung der Einwohnerzahlen ■ unter -10% ■ -10 bis unter -3% ■ -3 bis unter 3% ■ 3 bis unter 10% ■ 10% und mehr



Die Einwohnerzahlen Deutschlands entwickeln sich regional sehr unterschiedlich. Während sie in manchen Gegenden anwachsen, schrumpfen sie andernorts. Die Landkarte zeigt dieses

Nebeneinander von Rückgang (blau) und Anstieg (rot) der Bevölkerung im Zeitraum von 2002 bis 2020. Die Prognose stammt vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

Nachhaltige Wasserwirtschaft als Herausforderung für die Kommunen

Die flächendeckende Versorgung mit Wasserleitungen und Abwasserkanälen, die eine sichere Ver- und Entsorgung auf hohem Niveau und zu angemessenen Preisen gewährleistet, ist in Deutschland eine Selbstverständlichkeit. Die Wasserwirtschaft ist über lange Zeiträume als zentrales Versorgungssystem gewachsen und wird in erster Linie von den Kommunen getragen: Sie haben für eine stetige, räumlich und sozial ausgewogene Netzentwicklung gesorgt und große Summen in den Ausbau der Anlagen investiert, die dadurch eine teilweise extrem lange wirtschaftliche und technische Lebensdauer erhielten. Die Langlebigkeit garantiert eine hohe Versorgungssicherheit, macht das System in technisch-ökonomischer Hinsicht aber auch unflexibel. Gerade diese mangelnde Flexibilität stellt die Kommunen nun vor große Probleme. Denn die Wasserwirtschaft ist gegenwärtig – mehr noch als andere netzgebundene Infrastruktursysteme – mit veränderten Rahmenbedingungen konfrontiert: Demografische Umbrüche, Deindustrialisierungsprozesse und ein verändertes Konsumentenverhalten führen in vielen Regionen zur Reduktion des Wasserverbrauchs, der erhebliche Rück- und Umbaukosten nach sich zieht. Gleichzeitig ist ein großer Teil der Anlagen sanierungsbedürftig. Hinzu kommt, dass

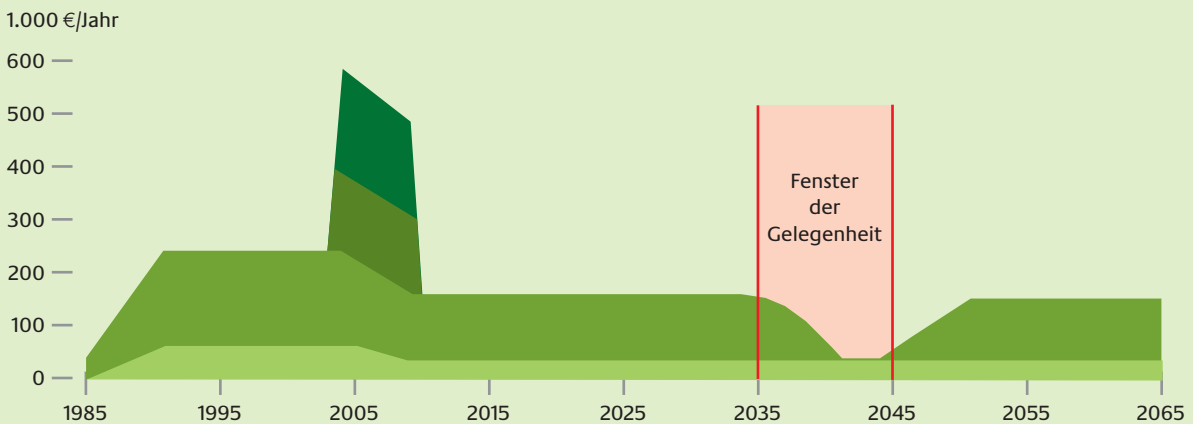
aktuelle Entwicklungen im EU-Wettbewerbs- und Vergaberecht zu einschneidenden Veränderungen in der Organisation und Durchführung der kommunalen Leistungen führen können. Angesichts dieser immensen Herausforderungen geraten die Städte und Gemeinden, die die Wasserversorgung bisher alleine oder in interkommunalen Kooperationen überaus erfolgreich bewältigt haben, mehr und mehr unter Druck. Dass dies vielerorts noch nicht in seiner ganzen Tragweite erkannt ist, lässt sich zum Teil durch

Die lange Lebensdauer von Wasser- und Abwasserleitungen macht die Systeme unflexibel.



Lebenszyklus und Kosten eines Abwasserleitungsnetzes in Ostdeutschland (Beispiel)

■ Wertberichtigung ■ Rückbaukosten ■ Kapitalkosten
■ Betriebskosten (Wartung, Instandhaltung etc.)



Für Neuschmellwitz, das jüngste Neubauviertel aus der DDR-Zeit der Stadt Cottbus, wurden am Lehrstuhl für Stadttechnik der dortigen Universität die ökonomischen Konsequenzen für das Abwasserleitungsnetz geschätzt. Die Gesamtkosten des Netzneubaus lagen rechnerisch wenige Jahre nach Baubeginn der Siedlung im Jahr 1985 bei rund 240.000 Euro pro Jahr, wovon etwa 85 % Kapitalkosten sind. Entsprechend der Lebensdauer der Anlagen erfolgt die Abschreibung über 50 Jahre. Durch Abwanderungen in Einfamilienhaussiedlungen im Umland der Stadt, Fernwanderung und sinkende Geburtenzahlen, die für viele ostdeutsche Städte typisch sind, standen in der

Siedlung ab 2003 bis zu 30 % der Wohnungen leer. Deshalb wird in den kommenden Jahren in diesem Viertel ein Teil des Wohnungsbestandes zurückgebaut. Dies macht auch einen Teilrückbau bzw. eine Anpassung der Wasserver- und Abwasserentsorgungsnetze notwendig, obwohl diese noch nicht einmal zur Hälfte abgeschrieben sind. Spätestens nach Ablauf der rechnerischen Lebensdauer muss sich die Stadt entscheiden, ob sie das alte System sanieren oder neue Konzepte entwickeln will. Die Zeit nach erfolgter Abschreibung bietet ein „Fenster der Gelegenheit“ für neue Investitionen in alternative Systemlösungen.

Problemverdrängung und kommunale Finanznot erklären. Die Ursachen liegen aber auch in der Komplexität der Aufgaben und im fehlenden Wissen über Lösungswege. An diesem Punkt setzt die Arbeit von **netWORKS** an: Der Forschungsverbund will die vielfältigen Transformationsprozesse innerhalb der Wasserwirtschaft analytisch erfassen und ihre weitreichenden Auswirkungen nicht nur auf Wirtschaft und Gesellschaft, sondern auch auf die natürliche Umwelt aufzeigen. Diese sozial-ökologische Betrachtungsweise ermöglicht die Erarbeitung von Vorschlägen, wie der Wandel gestaltet und in einen Korridor nachhaltiger Entwicklung gelenkt werden kann. **netWORKS** ist ein inter- und transdisziplinäres Forschungsprojekt: Die Untersuchungsbausteine erstrecken sich über kommunal-, raum- und naturwissenschaftliche Betrachtungen bis zu Fragen der Stadttechnik, Ökonomie und zur rechtlichen Situation. In den Forschungsverbund sind mehrere Städte, darunter München, die Region Hannover als Gebietskörperschaft sowie das Land Berlin eingebunden. Begleitet wird die Arbeit des Forschungsteams durch einen Beirat, der

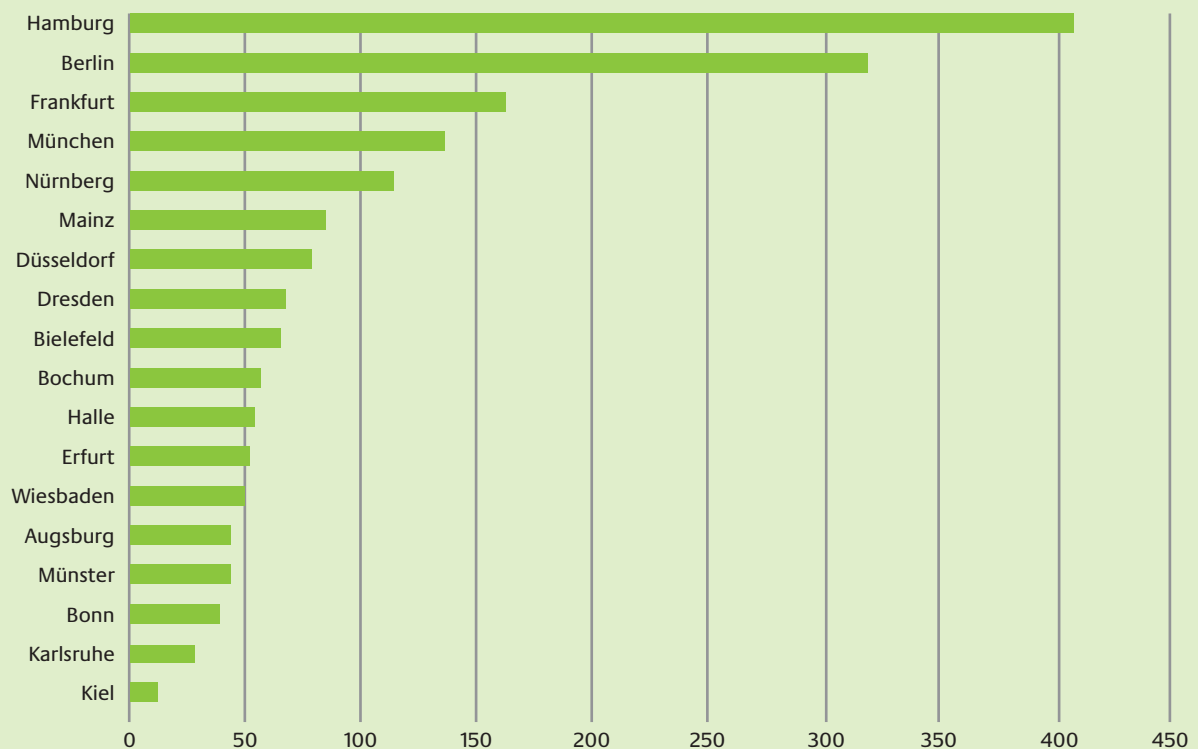
sich aus Vertreterinnen und Vertretern von Ver- und Entsorgungswirtschaft, Landesministerien, Verbänden und Kommunen zusammensetzt. Ziel ist es also, gemeinsam mit kommunalen Akteuren nach Wegen zu suchen, wie der Wandel in Ver- und Entsorgungssystemen, insbesondere der Wasserwirtschaft, nachhaltig gestaltet werden kann. Die Kommunen sind dabei gleichzeitig empirisches Feld, Korrektiv der Untersuchung und Nutzer der Forschungsergebnisse. Durch diesen integrativen Forschungsansatz unterscheidet sich **netWORKS** von der derzeit vorherrschenden Beratungspraxis und will mit seinem zentralen Produkt, einer Strategischen Entscheidungshilfe für ein nachhaltiges Infrastrukturmanagement, kommunale Entscheidungskompetenzen stärken. Zugleich leistet das Projekt einen Beitrag zur übergreifenden Problematik der sozial-ökologischen Regulation von Transformationsprozessen. Denn Wasserleitungsnetze bilden nicht nur einen Kernbereich der öffentlichen Daseinsvorsorge, sondern sind auch eine zentrale Schnittstelle des Stoffwechsels zwischen Natur und Gesellschaft.

Kommunale Beteiligungen

Städte und Gemeinden nutzen zunehmend die Möglichkeit, Aufgaben von selbstständigen Organisationseinheiten innerhalb (zum Beispiel Eigenbetriebe) und außerhalb (Gesellschaften privaten Rechts) der Verwaltung wahrnehmen zu lassen. Häufig werden in die Wasserver- und Abwasserentsorgung auch private Dritte in Form von Minderheitsbeteiligungen oder von zeitlich befristeten Betreiberverträgen einbezogen. Um das Ausmaß solcher Privatisierungen zu ermitteln, wurden vom Deutschen Institut für Urbanistik so genannte Beteiligungsberichte ausgewertet, die mittlerweile fast flächendeckend für deutsche Großstädte erstellt werden (siehe Grafik unten). Erfasst wurden die Anzahl der Unternehmen unterschiedlichster Aufgabenbereiche mit städtischer Beteiligung sowie deren Rechtsformen. Die mit Abstand am meisten genutzte Rechtsform für kommunale Beteiligungsunternehmen ist die der GmbH (75,7%), gefolgt von der GmbH & Co. KG mit 6,7% sowie der Aktiengesellschaft mit 6,1% und den beiden

öffentlich-rechtlichen Formen des Eigenbetriebs (4,8%) und des Zweckverbands (1,9%). Bei weniger als einem Viertel der erhobenen Unternehmen haben die Kommunen unmittelbar Einfluss auf wichtige Entscheidungen, weil sie direkt und mit Mehrheit daran beteiligt sind. Bei dem überwiegenden Rest ist der Einfluss dagegen begrenzt. Im Energiesektor ist die Organisationsprivatisierung am weitesten fortgeschritten, im Wassersektor bleiben die Zahlen hinter dem Gesamtdurchschnitt zurück. Anders als Unternehmen in Privatbesitz, die sich in erster Linie an ihrem wirtschaftlichen Erfolg messen lassen müssen, sind kommunale Unternehmen auch einem öffentlichen Zweck verpflichtet. Hier geht es um die Erfüllung konkreter Sachaufgaben, also etwa das Vorhalten einer bestimmten Infrastruktur, aber auch um allgemeine politische Vorgaben mit Blick auf soziale Gesichtspunkte, Umweltaspekte oder auch Wirtschafts- und Beschäftigungsförderung. Die Vorteile einer eigenständig organisierten Kommunalwirtschaft werden nur wirksam, wenn sichergestellt ist, dass die Städte als Gesellschafter die durch sie vertretenen öffentlichen

Kommunale Beteiligungen an selbstständigen Unternehmen

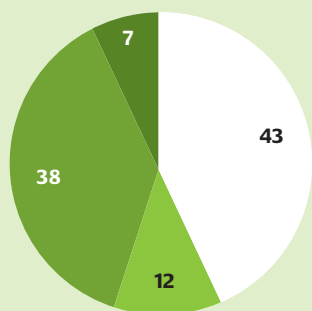


Städte und Gemeinden nutzen zunehmend die Möglichkeit, bei der Bereitstellung kommunaler Leistungen selbstständige Organisationseinheiten zu beteiligen. 36 deutsche Städte, deren Beteiligungsberichte ausgewertet wurden, kommen in den Jahren 2000/2001 zusammen auf 3034 inländische und

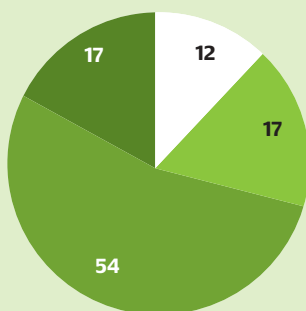
178 ausländische Beteiligungen. Städte mit mehr Einwohnern sind in der Regel auch an mehr Unternehmen beteiligt; die Spanne reicht bei den in die Untersuchung einbezogenen Städten von 404 Beteiligungen der Hansestadt Hamburg bis zu elf Beteiligungen der Stadt Kiel.

Kommunaler Anteil an Versorgungsunternehmen in %

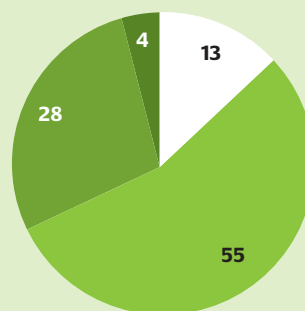
100 % direkte Beteiligungen (Tochtergesellschaften)
 100 % indirekte Beteiligungen (Enkelgesellschaften)
 > 50 % (Mehrheitsgesellschaften)
 < 50 % (Minderheitsgesellschaften)



Wasser



Energie



ÖPNV

Im Wassersektor befinden sich 55 Prozent der Beteiligungen nach wie vor direkt oder indirekt vollständig in der Hand der jeweiligen Kommune. Beim Öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) ist dieser Anteil mit 68 Prozent sogar noch höher.

Im Energiebereich ist dagegen der Verkauf von Unternehmensanteilen an Dritte (Teilprivatisierung) bereits weiter vorgeschritten.

Interessen gegenüber den Unternehmen wahren, so die Schlussfolgerung der Forscher.

Vier Fallstudien

Nicht nur die wirtschaftliche Organisation der Wasserversorgungssysteme ist im Wandel begriffen, sondern auch deren Raumwirkungen und -strukturen. Diese sich verändernden Beziehungen, ihre regionale Organisation und regionalwirtschaftliche Bedeutung sind Gegenstand einer raumwissenschaftlichen Analyse des Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung in Erkner bei Berlin.

Die empirischen Studien zu Deutschland umfassen die Auswertung von Policy-Dokumenten, Sekundärliteratur und

Stellungnahmen relevanter Verbände sowie 18 Experteninterviews. Die Daten dienen zur Vorbereitung von vier Fallstudien in Hannover, Frankfurt/Oder, Berlin und München. Hannover ist neben Stuttgart Vorreiter in Sachen Regionalisierung: Zwar sind die Stadtwerke als Versorger noch zu 75 Prozent in öffentlicher Hand; sie verstehen sich aber immer weniger als Instrument der Daseinsvorsorge, sondern vielmehr als Unternehmen, die sich auf umkämpften Märkten behaupten müssen. Ganz anders sieht es in der Untersuchungsregion München aus. Als raumwissenschaftliches Schlüsselthema wurde hier die Neuausweisung bzw. Neuberechnung von Wasserschutzgebieten identifiziert: Vor dem Hintergrund zunehmender Belastungen des Trinkwassers durch die Landwirtschaft steigt in Bayern der Bedarf an Gebieten mit einem hohen Schutzniveau und entsprechenden Nutzungsbeschränkungen. Dies führt zur Konkurrenz um Flächen zwischen Landwirtschaft und Kiesindustrie einerseits und den am Trinkwasserschutz orientierten Akteuren andererseits. Ein Konflikt, der stets mehrere Kommunen und Landkreise betrifft und daher nicht alleine auf lokaler Ebene gelöst werden kann. Dagegen deckt die Fallstudie in Frankfurt an der Oder Schrumpfungs- und Stadtumbauprozesse als raumwissenschaftliche „key issue“ auf. Die Einwohnerzahl Frankfurts sank von knapp 86.000 im Jahr 1990 auf etwas über 66.000 Ende 2004. Für die Wasserwirtschaft folgt daraus ein starker Verbrauchsrückgang der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung: Die Stadt musste innerhalb der letzten zehn

Die Struktur und die wirtschaftliche sowie räumliche Organisation des Wassersektors sind im Wandel.

Jahre allein zur Bekämpfung von Geruchsbelästigungen aus weniger genutzten Kanälen – zum Beispiel durch Spülungen – ihre Ausgaben versechsfachen.

Strategische Entscheidungshilfe

So unterschiedlich die Probleme im Einzelnen sind, haben sie doch eines gemeinsam: Sie sind vielschichtig und lassen sich nicht durch lineare Ursache-Wirkungszusammenhänge beschreiben. Durch die zunehmende Auslagerung und Privatisierung von Aufgaben – sei es auf kommunale Unternehmen in privater Rechtsform oder auf rein private Unternehmen – benötigt die Verwaltung weniger als im traditionellen Modell der Eigenproduktion Überwachungswissen und -kompeten-

Sozial-ökologische Regulation von Ressourcen

Die herkömmliche Bewirtschaftung von Wasserressourcen baut auf Steuerungskonzepten auf, die einfache Ursache-Wirkung-Beziehungen zugrundelegen. Solche klassischen Steuerungskonzepte stoßen bei komplexen und dynamischen Beziehungsgeflechten an ihre Grenzen. Das Institut für sozial-ökologische Forschung in Frankfurt hat für netWORKS das Konzept der sozial-ökologischen Regulation entwickelt, das sich durch zwei wesentliche Charakteristika auszeichnet:

- 1. Natur und Gesellschaft werden als System beschrieben, worin Ursachen und Wirkungen – wie in einem kybernetischen Regelkreis – durch Rückkopplungsschleifen verknüpft sind.*

- 2. Das steuernde Subjekt nimmt die Wirkungen seiner Handlungen wahr (z. B. durch modellgestützte Simulationen) und berücksichtigt sie bei weiteren Regulationsmaßnahmen im Sinne einer Adaption an sich wandelnde Zielzustände. Das Konzept hat sich bereits beim Wasserqualitäts-Management bewährt: Das Fuhrberger Feld, das den Großraum Hannover mit Trinkwasser beliefert, ist durch hohe Nitratreinträge aus der Landwirtschaft belastet. Traditionell orientierte Steuerungsmaßnahmen wie Wasserschutzgebotsauflagen und der finanzielle Ausgleich von Mehraufwand und Ertragsminderung für Landwirte brachten keine ausreichende Reduzierung der Nitratbelastung.*

Erst die Partizipation der Landwirte ermöglichte eine angepasste Bewirtschaftungspraxis im Schutzgebiet: Freiwillige ökologisch zielführende Beiträge der Bauern zur Nitratreduktion, zum Beispiel eine veränderte Zusammensetzung der Nutzpflanzungen, werden nun von den Stadtwerken Hannover honoriert und als neue Kernelemente des integrierten Schutzgebietsmanagements anerkannt.

Die kommunalen
Verwaltungen müssen die
Steuerungskompetenz
und Verhandlungsmacht
wahren.

zen bezüglich des eigenen Produktionsprozesses. Stattdessen gewinnen solche Kompetenzen an Relevanz, die sich auf die Zielerreichung beziehen. Das heißt, dass die Kommunen jederzeit in der Lage sein müssen zu überprüfen, inwieweit der Versorgungsauftrag entsprechend der vereinbarten Leistung erbracht wird. Vor diesem Hintergrund müssen geeignete Verfahren und Instrumente entwickelt oder fortentwickelt werden, die eine ausreichende und qualifizierte Einflussnahme der legitimierten öffentlichen Entscheidungsträger sicherstellen. Andernfalls werden die Kommunen nicht mehr in der Lage sein, die sozial-, umwelt-, wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Folgen von Privatisierungsentscheidungen abzuwägen und ihre Steuerungs- und Verhandlungsmacht zusehends verlieren. netWORKS hat daher einen Ansatz zur integrierten Betrachtung der komplexen Transformationsprozesse entwickelt, der den Kommunen eine Methode für die Entscheidungsfindung anbietet. In Form eines Handbuchs werden die verantwortlichen Praktiker zu einer Analyse ihrer Problemlage angeleitet: Zunächst erhalten sie eine verständliche Darstellung der vom Forschungsverbund entwickelten integrierten Methode. Dabei werden die einzelnen Verfahrensschritte erläutert, die eine systematische Beschreibung der Ausgangslage mittels Deskriptoren (z. B. demografische Entwicklung, Haushaltslage, Ressourcensituation) ermöglichen. Danach werden beispielhaft für den Typus Agglomerationsraum bzw. Mittelstadt prototypische Entscheidungsprozesse durchgespielt sowie die grundlegenden Handlungsstrategien und -optionen vorgestellt. Dem folgen Wirkungsabschätzungen für die einzelnen Handlungsoptionen mit Hilfe von Indikatoren, die sich in den gleichen Dimensionen wie die Deskriptoren bewegen. Die schließlich gewählte Strategie oder Handlungsoption wird zuletzt an den Leitprinzipien der Nachhaltigkeit gemessen, in einem iterativen Prozess angepasst und gegebenenfalls nachreguliert. Diese „Strategische Entscheidungshilfe“ richtet sich an die Entscheidungsträger in den Stadtverwaltungen und Kommunen und unterstützt sie dabei, sich den enormen Problemen in der Siedlungswasserwirtschaft zu stellen. Sie kann Kommunen helfen, millionenschwere Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Innovationen im Stromsystem

Der allgemeine Trend zu Globalisierung, Liberalisierung und De- bzw. Re-Regulierung von Versorgungssystemen hat längst auch die Strommärkte erfasst. Parallel dazu stellen grundlegende technische Weiterentwicklungen bei der Elektrizitätserzeugung und den Leitungsnetzen das bisher zentral organisierte Energieversorgungskonzept in Frage. Diese Entwicklungen stoßen spürbare Veränderungen in den Elektrizitätssystemen an. Eine auf Umwelt- und Klimaschutz abzielende Energiepolitik muss versuchen, die sich abzeichnenden Transformationsprozesse in Richtung größerer Nachhaltigkeit zu lenken. Das BMBF fördert im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung das Projekt TIPS, das diese Transformation und Innovation in Elektrizitätssystemen (Power Systems) analysiert. Sieben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen aus vier universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen untersuchen, welche Innovationsprozesse sich in der Technik, den Marktstrukturen, dem Nutzerverhalten und den Politikformen beobachten lassen, wie diese Prozesse die Transformation der Stromversorgungsstrukturen beeinflussen und wie sie nachhaltig gestaltet werden können.

Fallstudie Mikro-KWK

Ein möglicher Entwicklungspfad führt in die Dezentralisierung der Energieversorgung durch einen wachsenden Anteil kleiner Erzeugungseinheiten. Dazu zählen auch kleinste, in einzelnen Gebäuden installierte Anlagen zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, so genannte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme (Mikro-KWK). Würden sich Mikro-KWK in großem Maßstab verbreiten, könnte diese Innovation zu einer radikalen Veränderung der Systemeigenschaften der Stromversorgung führen: Große Kraftwerke versorgen bis zu 100.000 Gebäude gleichzeitig, Mikro-KWK-Anlagen jeweils nur eines, sind dabei aber an das Stromnetz



Durch dezentrale Erzeugungseinheiten kann die Energieversorgung nachhaltig gestaltet werden

der allgemeinen Versorgung angeschlossen. Verschiedene Typen solcher Anlagen werden seit einigen Jahren vermehrt angeboten und entwickelt, beispielsweise basierend auf Ottomotoren, Stirlingmotoren oder Brennstoffzellen.

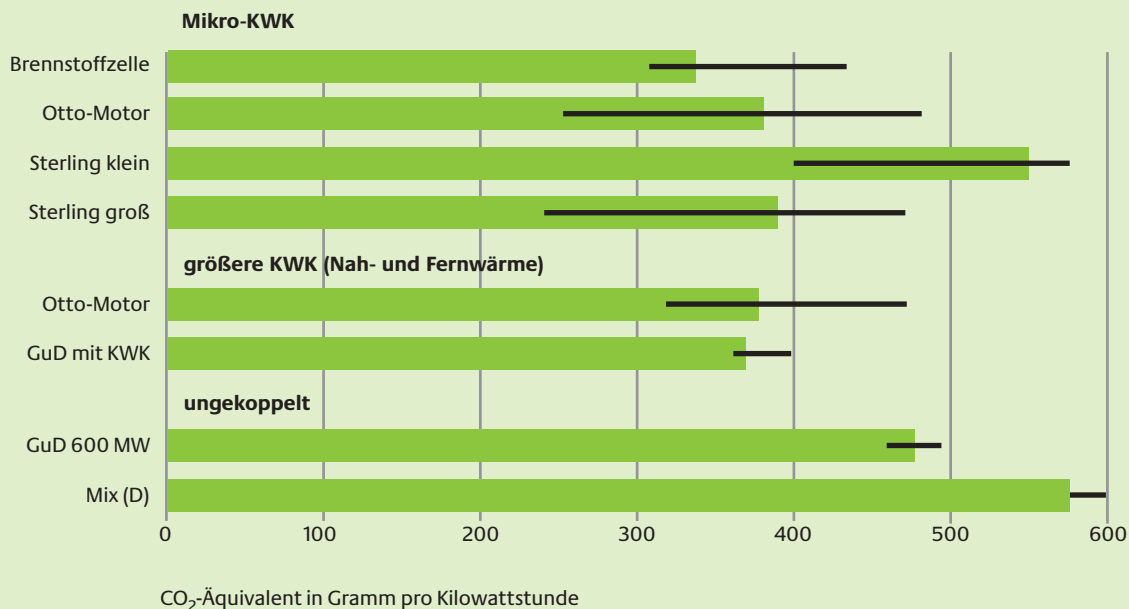
Allerdings befinden sie sich noch in den Anfängen ihrer Verbreitung und sind vorläufig auf eine kleine Nische des Marktes für Energie-Erzeugungsanlagen begrenzt. Verglichen mit dem heutigen, zentral organisierten Energieversorgungssystem ohne Kraft-Wärme-Kopplung ist die Energieeffizienz von Mikro-KWK höher; zugleich sind die Netzverluste geringer. Dennoch sind dezentrale Kleinst-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nicht in jedem Fall ökologisch überlegen. So ist beispielsweise in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte die zentrale Kraft-Wärme-Kopplung, verbunden mit einem gut ausgebauten Fernwärmenetz, die bessere Alternative.

In einer interdisziplinären Fallstudie hat das TIPS-Team deshalb untersucht, welchen Beitrag Mikro-KWK zu einer nachhaltigen Transformation des Elektrizitätssystems leisten können. Zunächst wurde eine detaillierte Öko-Bilanz verschiedener Mikro-KWK-Systeme im Vergleich zu größeren KWK (Nah- und Fernwärme) und zu ungekoppelten Stromer-

**Kraft-Wärme-Kopplung
erzeugt geringere
Umweltwirkungen als
ungekoppelte Anlagen.**

zeugungsanlagen erstellt. Dabei zeigt sich, dass die meisten Mikro-KWK-Technologien geringere Umweltwirkungen – beispielsweise Treibhausgase wie CO₂ – verursachen als die ungekoppelte Erzeugung, sich aber nicht deutlich von modernen Nah- oder Fernwärmeanlagen abheben können (siehe Grafik unten). Langfristig könnten Mikro-KWK auch mit erneuerbaren Brennstoffen betrieben werden, was in solchen kleinen Systemen jedoch schwieriger zu realisieren ist als in größeren Anlagen.

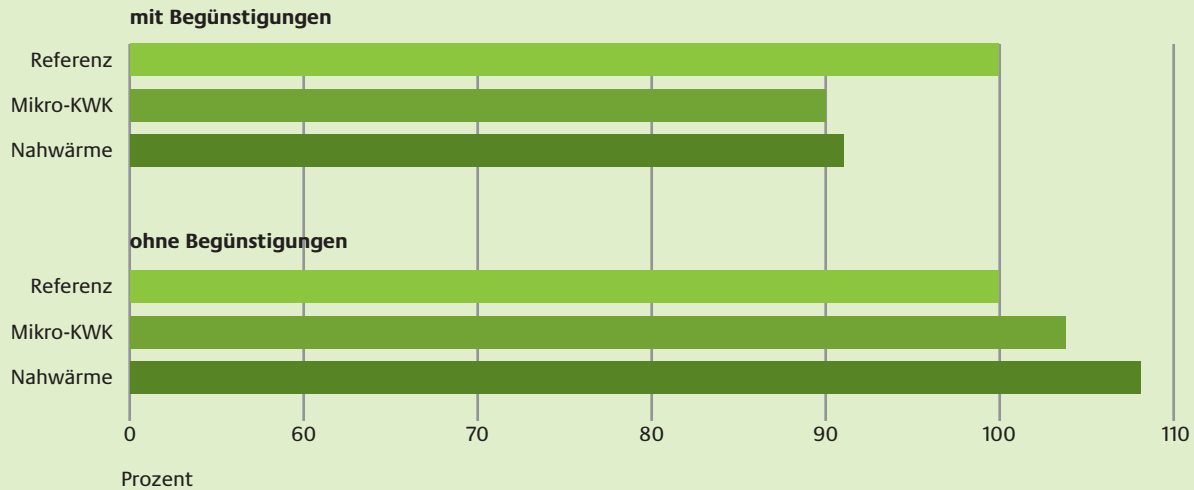
Gute Ökobilanz für Kraft-Wärme-Kopplung



Heutige Mikro-KWK-Technologien zeigen eine gute Ökobilanz: Mit Ausnahme der kleinen Stirling-Motoren reduzieren sie den Ausstoß an Treibhausgasen – gemessen in Gramm CO₂-Äquivalenten – gegenüber ungekoppelten Stromversorgungsanlagen deutlich. Sie tragen jedoch etwa gleich viel zum Treibhaus-

effekt bei wie größere Gas- und Dampfkraftwerke (GuD) mit KWK (Nah- und Fernwärme). Das Ende der Säulen repräsentiert Höchstwerte, schwarze Balken kennzeichnen Mindest- bzw. Mittelwerte; der zugrundegelegte Strommix beruht auf Hochrechnungen für das Jahr 2010.

Energiekosten im Vergleich



Durch die Nutzung bestehender Steuervergünstigungen und weiterer Förderinstrumente wie KWK-Bonus sind die jährlichen Energiekosten eines Mehrfamilienhauses für unabhängige Betreiber von Mikro-KWK und Nahwärme-Kraftwerken geringer

als für die herkömmliche Versorgung der Gebäude aus dem Stromnetz und mit einem Gas-Brennwertkessel (grauer Referenzwert). Ohne Förderung arbeiten Kraftwerke mit Wärmekopplung heute jedoch noch nicht wirtschaftlich.

Zukunftspotenziale und Erwartungen

Eine von TIPS vorgenommene Auswertung von sechzehn Prognosestudien sowie von explorativen und Politikszenerarien gibt einen Überblick darüber, wie Akteure aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft die Entwicklungen in den Bereichen Dezentralisierung, Kraft-Wärme-Kopplung und konkurrierende Innovationen einschätzen. Je nach Szenariotyp unterscheiden sich die Erwartungen bezüglich KWK: In Studien, die bestehende Trends, insbesondere beim Energieverbrauch, fortschreiben, wird die KWK nur in beschränktem Umfang ausgebaut und ihr Zuwachs primär von wirtschaftlichen Faktoren begrenzt. Dagegen setzen Politikszenerarien, die Klima-

schutzziele beinhalten, auf den massiven Ausbau der KWK-Technik. Alle Szenarien gehen davon aus, dass der künftige Heizenergiebedarf aufgrund moderner Wärmeisolierung beträchtlich sinken wird. Das schränkt den Einsatzbereich von Mikro-KWK-Anlagen ein, da diese nur bei einer hohen Anzahl von (Wärme-) Betriebsstunden wirtschaftlich sind. In Gebieten mit geringer Wärmedichte, zum Beispiel in Einfamilienhaussiedlungen ohne gemeinsames Wärmenetz, kann Mikro-KWK aber eine wirtschaftlich attraktive Versorgungsoption werden.

Institutionelle und ökonomische Hemmnisse

Noch steht einer erfolgreichen Ausbreitung dieser innovativen Technologie eine Reihe von Hemmnissen entgegen. Erstens sind die institutionellen Rahmenbedingungen für die Betreiber äußerst unübersichtlich; insbesondere die Konditionen des Netzanschlusses und der für Stromeinspeisungen geleisteten Entgelte führen zu Verunsicherung. Zweitens fehlt es an einem geregelten Management, wie die Anlagen in bestehende Netze integriert werden können. So kommt es im Einzelfall zu schwierigen Verhandlungen zwischen Netzbetreibern, Energieversorgern und KWK-Betreibern sowie anderen Beteiligten. Drittens sind die wirtschaftlichen Anreize für Investitionen in Mikro-KWK bislang gering. Denn die Mikro-KWK können ohne Förderung noch nicht mit der

Ohne staatliche Förderung sind Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme bislang nicht konkurrenzfähig.

Verbraucher als Pioniere

Für die Entwicklung und Akzeptanz neuer Technologien wie Mikro-KWK sind „Pionier-Nutzer“ unter den Verbrauchern unentbehrlich. In einer umfangreichen Feldstudie ermittelte die Forschungsstelle für Umweltpolitik der FU Berlin via Fragebogen und Gruppendiskussionen die Charakteristika und Motive von Mikro-KWK-Anwendern und -Interessenten. Demnach scheint es zwei unterschiedliche, sich überlappende Gruppen von Nutzern neuer Energie-Technologien zu geben: zum einen akademisch Gebildete der gehobenen Mittelschicht, die Umweltschutz praktizieren wollen, zum anderen eher bodenständige Technikenthusiasten. Auffällig ist, dass es sich in beiden Gruppen ganz überwiegend um Männer mit hohem Einkommen und einer technischen Ausbildung handelt. Im Gegensatz zu dieser relativ kleinen Gruppe von Pionieren ist das Interesse der deutschen Verbraucher an ihrer Energieversorgung gering, wie schon die mäßige Bereitschaft zum Versorgerwechsel gezeigt hat.

ungekoppelten Erzeugung konkurrieren. Eine Reihe von Vergünstigungen wie die Einspeisevergütung, den KWK-Bonus, steuerliche Vorteile sowie Entgelte für vermiedene Netzkosten machen die Mikro-KWK für bestimmte Betreiber – bezogen auf die jährlichen Energiekosten – bereits heute rentabel. Allerdings ist der administrative Aufwand für die Beantragung der steuerlichen Förderung sowie für die Anmeldung und Zulassung der Anlagen vergleichsweise hoch, was viele Betreiber abschreckt. Daher engagieren sich heute nur wenige Akteure – vor allem Technologieentwickler, Contracting-Firmen und Gasversorger – für die Verbreitung von Mikro-KWK. Größere Stromversorger setzen ebenso wie kommunale Anbieter andere Prioritäten. Solange sich an diesen Bedingungen nichts ändert, werden Mikro-KWK ein Nischenmarkt bleiben.

Verbraucherverhalten, Umweltwirkungen und Emissionshandel

Zusätzlich zu den disziplinübergreifenden Fallstudien wie Mikro-KWK bearbeiten die TIPS-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Einzelprojekte. An der Forschungsstelle für Umweltpolitik der FU Berlin wurden anhand des Beispiels Mikro-KWK Charakteristika von „Pionier-Nutzern“ zusammengestellt, die für Entwicklung und Einsatz neuer Technologien unentbehrlich sind (siehe Kasten oben). Im Öko-Institut Berlin wird untersucht, wie Politikinnovationen zustande kommen. Dazu wird der Evolutionsprozess betrachtet, durch den neue Politikinstrumente von der Idee zur Umsetzung gelangen. Die Analyse der verzweigten „Innovationsbiografien“ von

Netzregulierung und Emissionshandel zeigen, dass sich Politikinstrumente über mehr als zehn Jahre in einem experimentellen Entwicklungsprozess mit den technischen und institutionellen Strukturen im Sektor wechselseitig anpassen, bevor sie wirksam werden können. Die Identifikation von Wirkungsmechanismen gibt Aufschluss über die Realisierungsbedingungen für neue Politikkonzepte: Ein Beispiel dafür ist der „policy hype“, der die in der Politikberatung tätigen Institutionen in Erwartung eines sich zukünftig entwickelnden Geschäftsfeldes gesammelt hinter ein Instrument bringt.

Ebenfalls am Öko-Institut Berlin geht ein Doktorand der Frage nach, wie sich der seit 2005 in der EU eingeführte Emissionshandel auf Innovationen im deutschen Strommarkt auswirkt. Die Auswertung von insgesamt 21 detaillierten Interviews mit Akteuren aus der Elektrizitätsindustrie zeigt, dass der Begriff „Innovation“ noch vor allem mit technischen Neuerungen in Verbindung gebracht wird; institutionelle Veränderungen werden dagegen meist nicht als Innovationen wahrgenommen. Vor dem Inkrafttreten des Emissionshandels wurden von den betroffenen Unternehmen vor allem „weiche“ Innovationen eingeführt, die keine größeren Investitionsentscheidungen erforderlich machen. Dagegen wartet man mit „harten“ Innovationen wie etwa neuen Kraftwerken, die größere finanzielle Ressourcen beanspruchen, häufig ab, bis erste Erfahrungen mit dem Emissionshandel vorliegen.

Ein Forschungsprojekt am DIW Berlin betrachtet die Diffusion von ausgewählten Innovationen im Elektrizitätssystem aus evolutionsökonomischer Sicht. Dazu zählen beispielsweise dezentrale Erzeugungstechniken wie Mikro-KWK oder hochmoderne Kraftwerkstechnologien und die Abscheidung von Kohlendioxid. Dabei werden die Motivationen und Strategien der beteiligten Akteure im jeweiligen Kontext von Industriestruktur und institutionellen Bedingungen betrachtet.

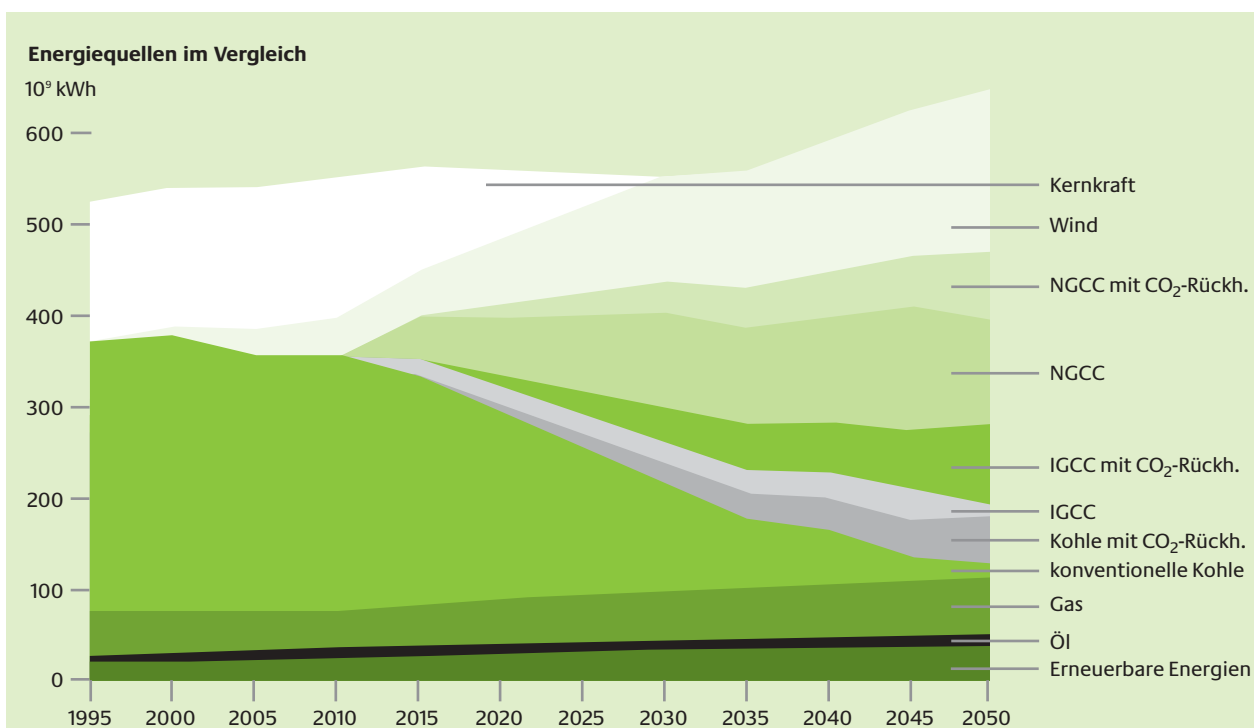
Eine Arbeit am Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) analysiert Umweltwirkungen zukünftiger Energiesysteme und untersucht die methodischen Voraussetzungen für eine zeitaufgelöste, dynamische Umweltbewertung der verschiedenen Entwicklungspfade des Stromsystems.

Noch wird der Begriff „Innovation“ häufig nur für technische Neuerungen gebraucht.

„Saubere“ Kohleverstromung

Eine weitere interdisziplinäre Fallstudie soll die zukünftige Rolle der Kohle bei der deutschen Elektrizitätsgewinnung erforschen. Der Einsatz von Kohle zur Strom- und Wärmeerzeugung wird hierzulande kontrovers diskutiert. Einerseits ist die Kohleverwertung aufgrund der hohen Emissionen von CO₂ und anderen Luftschadstoffen sowie des Landschaftsverbrauchs umweltschädlich. Andererseits erhöht dieser Primärenergieträger die Versorgungssicherheit, ist im Fall der heimischen Braunkohle vergleichsweise preisgünstig und sichert Arbeitsplätze. Technische Neuerungen auf dem Gebiet der so genannten CO₂-Sequestrierung versprechen eine umwelt- und klimaschonende Form der Kohleverstromung, bei der das entstehende CO₂ abgeschieden und gespeichert, also nicht mehr in die Luft freigesetzt wird. Allerdings sind diese Tech-

nologien noch im Frühstadium ihrer Entwicklung und werden nicht vor 2020 marktreif sein. Dennoch könnten sie Bewegung in die Diskussionen über eine nachhaltige Elektrizitätsversorgung der Zukunft bringen. In einer Fallstudie zur CO₂-Sequestrierung untersucht TIPS, wie sich Akteurspositionen und Koalitionsbildungen durch die Vision einer „sauberen“ Kohlenutzung verschieben könnten, ob dadurch die Kohleverstromung eine breitere Unterstützung erhält und welches Zukunftsszenario politisch realisierbar erscheint. So stehen in den kommenden zwei Dekaden Entscheidungen über massive Investitionen zur Erneuerung des deutschen Kraftwerks-parks an: rund 40 Gigawatt elektrischer Leistung müssen bis 2020 ersetzt werden. Einen besonderen Schwerpunkt legt die Fallstudie deshalb auf die Wahl geeigneter Zeitstrategien, die für eine potenzielle Einführung von Techniken der CO₂-Sequestrierung angemessen sind.



Eine Dissertation am DIW Berlin untersucht, welchen Einfluss umwelt- und klimaschonende Innovationen – insbesondere Gas- und Dampfkraftwerke auf Erdgasbasis (NGCC) oder mit integrierter Kohlevergasung (IGCC), Windenergie (on- und offshore) sowie die Abspaltung und Einlagerung von Kohlendioxid (CO₂-Rückhaltung) – auf ein künftiges Stromsystem in Deutschland haben können. Mit Hilfe des energieökonomischen Simulationsmodells SGM Germany werden die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener Technologie- und Politikannahmen analysiert. Seit Einführung des Emissions-

handels Anfang 2005 schwankt der Zertifikatspreis für die Emission einer Tonne CO₂ zwischen 10 und über 20 Euro. Es zeigt sich, dass weiterentwickelte Windkraftanlagen und Kohleverstromung mit CO₂-Rückhaltung von 2015 an ab einem CO₂-Preis von ungefähr 30 Euro pro Tonne zum Einsatz kommen könnten. Mit steigendem Zertifikatspreis erhöht sich dieser Anteil, so dass bis Mitte des Jahrhunderts bei einem möglichen Zertifikatspreis von etwa 50 Euro pro Tonne CO₂ schon ungefähr 50% der deutschen Stromerzeugung auf diesen Technologien beruhen könnten.

Der Handel mit Verschmutzungsrechten

Seit 1. Januar 2005 ist in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union ein Emissionshandelssystem in Kraft. Es soll den Ausstoß des klimaschädlichen Treibhausgases CO₂ im Energie- und Industriesektor begrenzen und den erfassten Unternehmen die Möglichkeit geben, mit dieser begrenzten Menge zu handeln. Mit dem Aufbau dieses Systems hat die Europäische Union weltweit eine Vorreiterrolle in der Umsetzung so genannter flexibler Klimaschutzinstrumente eingenommen.

Der Emissionshandel soll dazu beitragen, die im Kyoto-Protokoll festgehaltenen Reduktionsverpflichtungen der EU umzusetzen: Der Ausstoß der sechs wichtigsten Treibhausgase – allen voran Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und verschiedene halogenierte Kohlenwasserstoffe – soll in der Periode zwischen 2008 und 2012 um 8 % gegenüber 1990 gesenkt werden, wobei einzelne Mitgliedstaaten Ziele zwischen –28 % (Reduktion) und +27 % (Anstieg) anstreben.

Da der Emissionshandel etwa 60 % der in der Union anfallenden CO₂-Emissionen erfasst, kommt dessen wirksamer

Umsetzung eine Schlüsselstellung in der EU-Klimapolitik zu. Das Emissionshandelssystem ist in seiner grundsätzlichen Funktionsweise einfach zu verstehen (*siehe Kasten unten*). Allerdings wirft seine rechtliche Ausgestaltung und Umsetzung in den Mitgliedstaaten zahlreiche Fragen auf: In welcher Weise greift das neue marktwirtschaftliche Instrument in die strategischen Entscheidungen der betroffenen Unternehmen ein? Welche technologische Steuerungswirkung soll der Emissionshandel entfalten? Gewährleistet der institutionelle Rahmen die Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit des entstehenden Emissionshandelsmarktes? Wie könnte dieses Klimaschutzinstrument im Zeitraum zwischen 2008 und 2012 und darüber hinaus weiterentwickelt und optimiert werden? Lässt sich das europäische Emissionshandelssystem mit gegenwärtig bestehenden Systemen in Nicht-EU-Staaten wie z. B. in Japan oder Kanada zu einem weltweiten Markt verknüpfen? Welche Wirkungen sind von diesem Prozess zu erwarten?

Die Einführung und Weiterentwicklung des Emissionshandels in der europäischen Klimapolitik leitet zugleich einen gesellschaftspolitisch relevanten Prozess ein, der bislang noch wenig reflektiert und in seinen übergreifenden Wirkungen kaum abgeschätzt worden ist: Die Luft, die wir atmen – also ein Teil der „globalen Allmende“ – wird in eine markt-basierte Bewirtschaftung überführt. Somit wirkt ein in der ökonomischen Theorie entwickeltes Instrument darauf ein, wie die Wechselwirkung zwischen Natur und Gesellschaft gestaltet und gesteuert werden kann. Diesen Prozess als eine sozial-ökologische Transformation zu begreifen, ist gleichermaßen Ausgangspunkt und These des Forschungsvorhabens **JET-SET - Joint Emissions Trading as a Social-Ecological Transformation**. Das vom BMBF geförderte Projekt begleitet die Einführung des Emissionshandels in der EU und der Bundes-

Luftverschmutzung als Ware

Das Prinzip des Emissionshandels ist einfach: Der Staat weist den Betreibern von emittierenden Anlagen eine bestimmte Menge an Zertifikaten zu, deren jedes zum Ausstoß von einer Tonne CO₂-Äquivalent berechtigt. Betroffen sind alle Anlagen, die eine Größe von 20 Megawatt Feuerungswärmeleistung überschreiten, darunter Kraft- und Heizwerke, Gasturbinenanlagen, Raffinerien, Kokereien sowie Glashütten, Zementwerke und Anlagen der Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung. Übersteigen die tatsächlichen Emissionen den zugewiesenen Höchstwert, dann müssen zusätzliche Zertifikate erworben werden; wird das Limit nicht ausgeschöpft, so können überzählige Zertifikate an andere Emittenten verkauft werden – zu freien Preisen. Somit sind die Anlagenbetreiber vor die betriebswirtschaftliche Entscheidung gestellt, entweder in Zertifikate zu investieren oder in Maßnahmen zur Emissionsreduktion. Der Handel mit Verschmutzungsrechten ist sowohl innerhalb einer Volkswirtschaft als auch zwischen den EU-Mitgliedstaaten möglich. In Europa werden etwa 10.000 Anlagen durch den Emissionshandel erfasst, davon rund 1.800 Anlagen in Deutschland. Bezogen auf die CO₂-Menge sind damit in Deutschland circa 90 Prozent der Emissionen aus der Energiewirtschaft und der Industrie erfasst – das entspricht 60 Prozent der gesamten bundesdeutschen Emissionen.

Die rechtliche Ausgestaltung des internationalen Emissionshandelsystems wirft zahlreiche Fragen auf.



republik Deutschland und lotet ausgewählte ökonomische, ökologische und soziale Folgewirkungen des Emissionshandelssystems aus. Darüber hinaus leistet es einen Beitrag zur im Jahre 2006 anstehenden Evaluation der EU-Emissionshandelsrichtlinie und formuliert Empfehlungen für die künftige Ausgestaltung des EU-Emissionshandelssystems.

Innerhalb des **JET-SET**-Forschungsverbundes analysierte das Wuppertal Institut insbesondere die institutionellen Veränderungen, die die Einführung des Emissionshandels in der europäischen Klimapolitik nach sich gezogen hat. Als wichtigste Ergebnisse lassen sich festhalten: Die Nationalstaaten verlieren in der zunehmenden Politikverflechtung an

politischer Souveränität in der Umwelt- und Klimapolitik. So konnte innerhalb des europäischen Institutionengeflechts zwischen Kommission, Rat und Parlament ein Zirkel von wenigen zentralen Personen sehr stark auf den Entscheidungsprozess Einfluss nehmen.

Im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie in Deutschland zeigten die Analysen des Wuppertal Instituts, dass der Emissionshandel wichtige Prämissen der bundesdeutschen Klimapolitik grundlegend verändert. Insbesondere erfordert er eine Neujustierung bzw. Anpassung bestehender Klimaschutzinstrumente und löst einen Lernprozess beteiligter Akteure aus: Im Industrie- und Energiesektor wurden verbind-

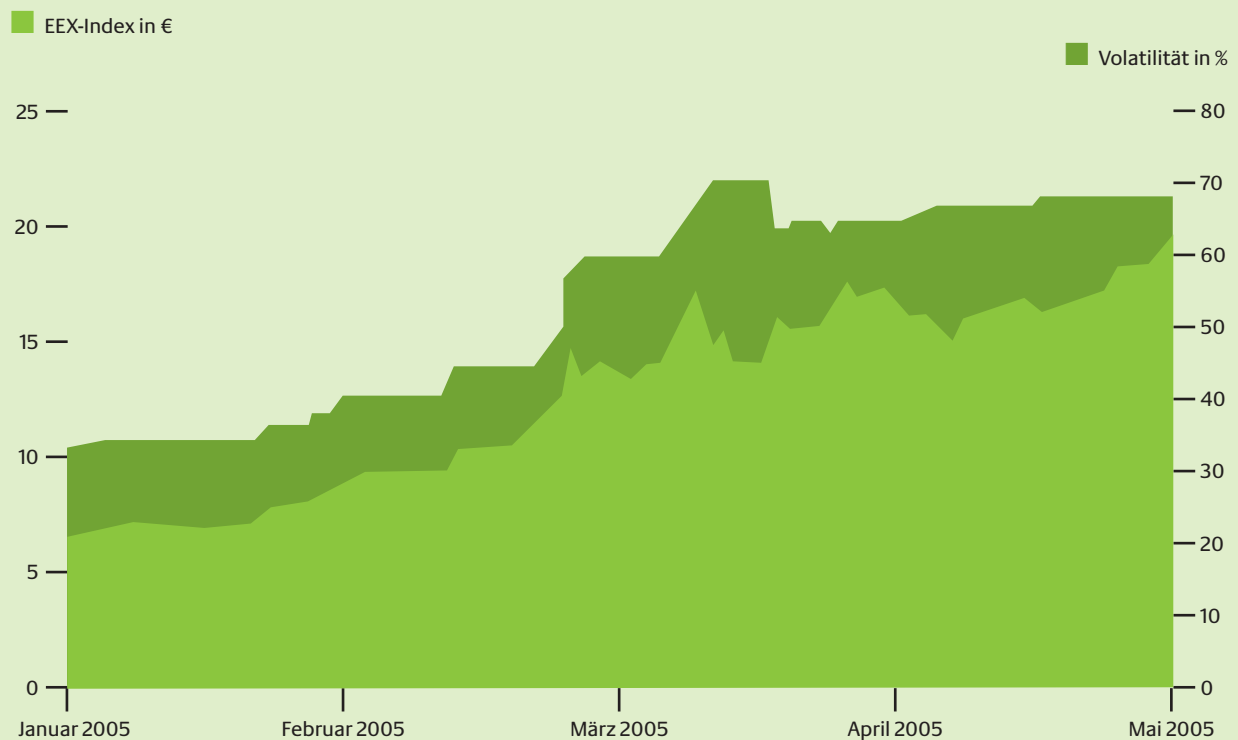
liche Reduktionsziele eingeführt, für die Modernisierung des bundesdeutschen Kraftwerksparks werden künftig deutliche Anreize für eine nachhaltigere Entwicklung gesetzt und für so genannte Newcomer technische Standards formuliert. Allerdings greift das bundesdeutsche Emissionshandelssystem bis weit in die Phase nach 2012 vor: Beispielsweise können modernisierte Anlagen Emissionsberechtigungen erhalten und brauchen dann bis zu 18 Jahre lang keine zusätzlichen Emissionsreduktionen vorzunehmen (Übertragungsregelung). Aufgrund des moderaten Reduktionsziels im Industrie- und Energie-Sektor erhöht sich zugleich der Druck auf andere Sektoren wie beispielsweise den Verkehr und die privaten Haushalte, deutliche – und im Vergleich zum Industriesektor volkswirtschaftlich teurere Reduktionsleistungen – zu erbringen.

Die Einführung des Emissionshandels verändert die deutsche Klimapolitik grundlegend.

Risiko und Marktmacht

Vom Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) werden die dem Emissionshandel zugrunde liegenden idealisierten Annahmen über die Funktionsfähigkeit von Zertifi-

Preisentwicklung von CO₂-Emissionsrechten



Seit Einführung des Emissionshandels in der Europäischen Union steigen die Preise für CO₂-Lizenzen (in der Grafik anhand des Index EEX der Börse Leipzig dargestellt). Gleichzeitig wächst die Volatilität, die als Maß für das unternehmerische Risiko gilt (hier berechnet aus den Preisschwankungen um den Mittelwert aus jeweils drei zurückliegenden Monaten). JET-SET-Wissenschaftler des Zentrums für Europäische Wirt-

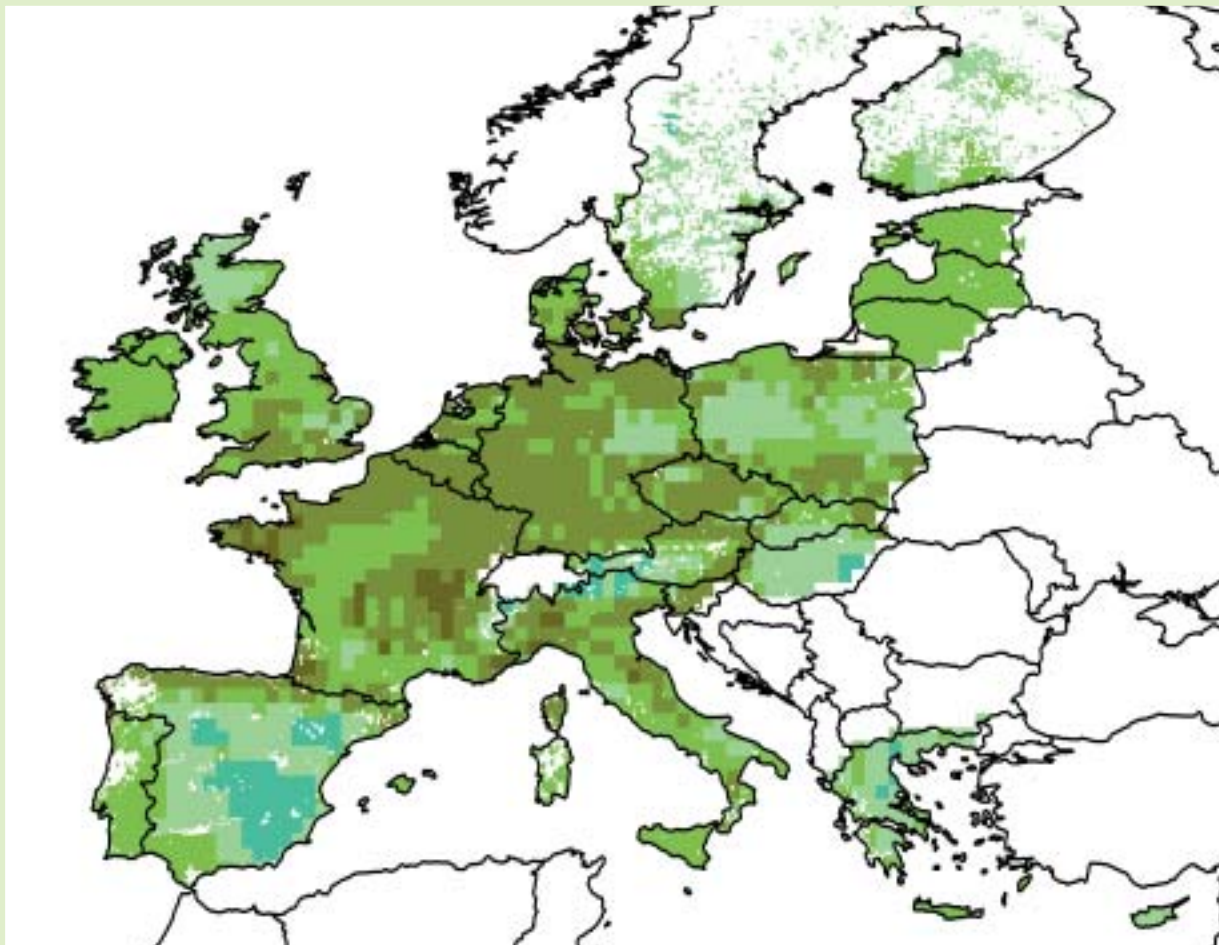
schaftsforschung haben mittels der Realoptionstheorie den Einfluss der Volatilität auf Investitionen in Vermeidungsmaßnahmen untersucht. Ein signifikanter Zusammenhang der beiden Größen ließ sich jedoch nicht nachweisen. Demnach ist die üblicherweise angewandte Kapitalwertmethode – entgegen den Erwartungen – für die Bewertung von Vermeidungsmaßnahmen ausreichend.

Der EU-Emissionshandel macht eine besondere Marktmacht einzelner Akteure unwahrscheinlich.

katemärkten hinterfragt. Erstens wird die Prämisse überprüft, dass Marktakteure über vollständige Information verfügen; stattdessen wird ihr Verhalten bei Unsicherheit infolge unvollständiger Information untersucht. Zweitens wird die Annahme in Frage gestellt, Marktakteure stünden in vollständiger Konkurrenz zueinander; dagegen wird analysiert, unter welchen Bedingungen Marktmacht und deren Missbrauch eine Rolle im Kontext eines Emissionshandelssystems spielen.

Miscanthus-Ertrag (t/ha)

keine Daten 0-10 10-15 15-20 20-25 25-37



Chinaschilf (*Miscanthus*) hat einen ähnlich hohen Heizwert wie Holzpellets und setzt bei seiner Verbrennung nur so viel CO₂ frei, wie es beim Aufwachsen der Atmosphäre entzogen hat. Die Karte zeigt mögliche Erträge dieser Energiepflanze, die unter den heutigen Klima- und Bodenbedingungen auf den gegenwärtig von der Landwirtschaft genutzten

Flächen erzielt werden könnten. Je dunkler die Flächen, umso höher die Erträge. Mit Hilfe von Computermodellen lassen sich Szenarien über zukünftige Landnutzungen entwerfen und den Beitrag von Energiepflanzen wie *Miscanthus* zur Emissionseinsparung berechnen.

Investitionen im Rahmen des Emissionshandels sind von hohen Unsicherheiten begleitet, zum Beispiel hinsichtlich der Preisentwicklung von Emissionsrechten (*siehe Grafik Seite 32*). Außerdem zeichnen sie sich durch hohe Volumina (mehrere hundert Millionen bis einige Milliarden Euro) aus und sind in der Regel nicht rückgängig zu machen. Bei Investitionsentscheidungen über konkrete Maßnahmen im Rahmen des Emissionshandels müssen demnach primär die Handlungsspielräume berücksichtigt und bewertet werden, die eine Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen ermöglichen.

Chinaschilf, Pappeln und Weiden stehen als Energiepflanzen in den Startlöchern.

Verschiedene Bewertungsmodelle können hier zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Das ZEW untersucht den Einfluss alternativer Bewertungsmodelle auf unternehmerische Investitionsentscheidungen. Dazu werden traditionelle Methoden wie das Discounted-cash-flow-Modell modernen Methoden wie der Realoptionstheorie gegenübergestellt. Als Ergebnis lässt sich festhalten: Trotz der durch den Emissionshandel gewährten Flexibilität unterscheiden sich die Bewertungen in der Praxis nicht signifikant; die traditionelle Kapitalwertmethode führt trotz der Vernachlässigung von Handlungsspielräumen in der Regel zu adäquaten Investitionsbewertungen.

Ob die Emissionshandelsrichtlinie die Ausbildung und den Missbrauch von Marktmacht fördert, war ebenfalls Untersuchungsgegenstand des ZEW. Detaillierte Analysen der seit Ende 2004 verfügbaren nationalen Allokationspläne der europäischen Mitgliedstaaten ergaben, dass am EU-Emissionshandel eine ausreichend hohe Zahl an Marktakteuren beteiligt ist. Eine Herausbildung von Marktmacht insbesondere auf dem europäischen Markt ist daher sehr unwahrscheinlich, zumal für die Marktakteure die Möglichkeit besteht, sich Klimaschutzprojekte in Entwicklungsländern und in osteuropäischen Transformationsländern anerkennen zu lassen. Im Gegensatz zur Ausbildung eines gesamt europäischen Marktes können starke Konzentrationen von Emissionsberechtigungen in einzelnen Ländern beobachtet werden, so etwa in Dänemark oder Irland. In welcher Weise diese marktbeherrschenden Positionen auch im Sinne einer

Marktmacht ausgenutzt werden können, bleibt eine offene Frage. Um einem Bedeutungszuwachs dieses Phänomens entgegenzuwirken, sollte die Politik bei der Wahl der Zuteilungen für große Unternehmen in nationalen Allokationsplänen eine Über- bzw. Unterausstattung mit Zertifikaten vermeiden – und zugleich die Schaffung eines einheitlichen und transparenten Marktes fördern.

Energiepflanzen als Alternative

Hohe CO₂-Preise können pflanzliche Biomasse gegenüber fossilen Energieträgern wirtschaftlich konkurrenzfähig werden lassen. Daher kann – so die Hypothese – das Emissionshandelsystem die Geschwindigkeit beeinflussen, mit der der Anbau so genannter Energiepflanzen wie schnellwüchsiger Gras- und Baumarten eingeführt bzw. ausgeweitet wird. In den meisten Bundesländern spielt der Anbau von „Non-Food-Raps“ zur Erzeugung von Biodiesel heute schon eine wichtige Rolle; seit dem Jahr 2000 werden bundesweit jährlich rund 300.000 Hektar damit bepflanzt. Dagegen werden Chinaschilf (*Miscanthus*), Pappeln und Weiden, die mehrjährig und gegenüber Raps produktiver sind, bislang nur versuchsweise auf geringer Fläche angebaut (im Jahr 2000 bundesweit 340 Hektar). Welche Potenziale und Risiken ein vermehrter Anbau von Energiepflanzen birgt, wird im Wissenschaftlichen Zentrum für Umweltsystemforschung der Universität Gesamthochschule Kassel abgeschätzt. Dazu werden mit Hilfe zweier gekoppelter Modellsysteme Szenarien einer veränderten Landnutzung entworfen und deren Potenziale für CO₂-Einsparungen ermittelt: Mit dem prozessorientierten Stoffflussmodell „DayCent“ lässt sich berechnen, welche Erträge Energiepflanzen je nach Klima und Bodeneigenschaften auf ausgewählten Standorten in Europa erbringen können und wie viel Kohlenstoff sie dabei der Luft entziehen und in Biomasse bzw. im Boden binden. Mit dem Modell „LandShift“ lassen sich europaweit unterschiedlich genutzte Flächen – zum Beispiel Siedlungen, Wald oder Ackerland – identifizieren und nach vorgegebenen Regeln ineinander überführen. So werden zum Beispiel europaweit Hohertragsstandorte für Energiepflanzen ermittelt, die als Datengrundlage in die Szenarientwicklung eingehen (*siehe Karte Seite 33*). Des Weiteren wird eine Reihe von Klimaschutzszenarien zusammengestellt, die sowohl eine zukünftige Änderung der Landnutzung wie auch der Treibhausgasemissionen beinhalten. Diese Szenarien decken Widersprüche und Wechselwirkungen auf, die die unterschiedlichen nationalen Ausgestaltungen des europäischen Emissionshandelsystems hervorbringen.

Kooperation für eine nachhaltige Abfallwirtschaft

Die Abfallwirtschaft der Bundesrepublik zeichnet sich durch eine starke Dynamik aus, die durch technische, rechtliche und organisatorische Veränderungen bedingt ist. Seit Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes von 1996 wird um das Abfallaufkommen ein scharfer Wettbewerb geführt. Während bei den Gewerbeabfällen eine Liberalisierung erfolgt ist, besteht bei den Siedlungsabfällen derzeit eine sogenannte Andienungspflicht gegenüber den Kommunen: Hausmüll muss – mit wenigen Ausnahmen wie zum Beispiel Altkleider oder „Grüner Punkt“-Müll – dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger überlassen werden. Über eine stärkere Liberalisierung im Hausmüllbereich wird insbesondere in Politik und Wirtschaft kontrovers diskutiert. Als Folge dieser Tendenzen bilden sich für die Abfallwirtschaft neuartige Formen der Zusammenarbeit aus, die – je nach Vorgeschichte und Ausgangsbedingungen – aus regional sehr unterschiedlichen Akteurs-Konstellationen mit je verschiedenen abfallwirtschaftlichen Modellen erwachsen:

- Kommunale Gebietskörperschaften arbeiten eng zum Beispiel mit privaten Entsorgungsunternehmen zusammen und gründen gemeinsame Unternehmen;
- andere rufen kommunale Unternehmen ins Leben und nehmen so aktiv am Markgeschehen teil;
- Gebietskörperschaften einer größeren Region bündeln ihre Aufgaben und Ressourcen in Zweckverbänden oder Gesellschaften zur gemeinsamen Wahrnehmung kommunaler Aufgaben;
- private Entsorgungsunternehmen vernetzen sich, um beispielsweise ihre komplementären Kompetenzen dazu zu nutzen, die Qualität der Angebote zu steigern oder die Kosten bei gleicher Leistung zu senken.

Bei den Entscheidungsprozessen, die zur Formierung bestimmter Kooperationen führen, sind vor allem ökonomische Überlegungen ausschlaggebend. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sieht zwar die Schonung der natür-



lichen Ressourcen und eine umweltverträgliche Abfallbeseitigung vor und knüpft damit an den Grundgedanken der Nachhaltigkeit an. Diese Aspekte finden jedoch erst in den letzten Jahren verstärkt Einzug in die abfallwirtschaftliche Praxis. Ob bestimmte Formen der Zusammenarbeit in der Abfallwirtschaft dazu beitragen, die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung zu unterstützen, erforscht das vom BMBF geförderte Projekt KIDA (Kooperation in der Abfallwirtschaft), das von Zukünftige Technologien Consulting des VDI Technologiezentrum koordiniert wird. In einem transdisziplinären Ansatz, der relevante Praxispartner bereits in den Forschungsprozess einbezieht, werden die Potenziale unterschiedlicher Kooperationsformen in der Abfallwirtschaft im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung untersucht und bewertet.

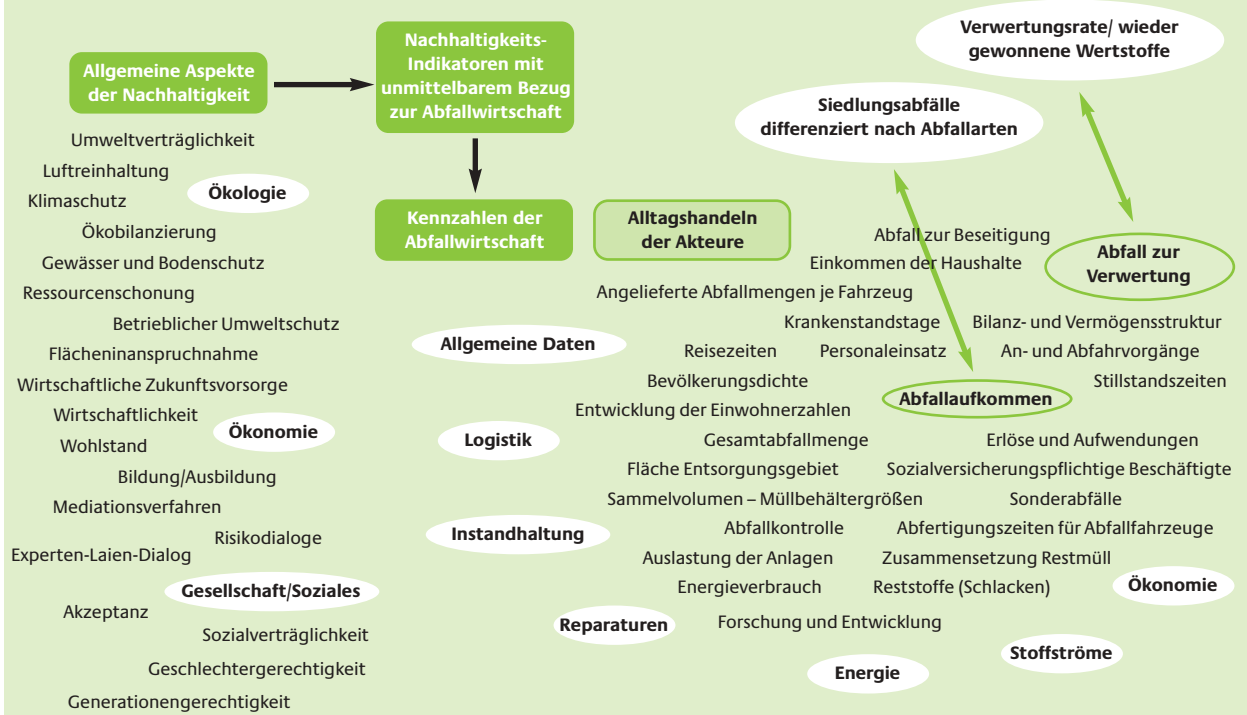
Indikatoren für ein komplexes Leitbild

Eine nachhaltige Abfallwirtschaft steht vor der Aufgabe, die Menge der anfallenden Abfälle so weit wie ökonomisch vertretbar zu verringern. Zugleich sollte sie die Qualität der verbleibenden Abfälle so gestalten, dass die darin enthaltenen Rohstoffe und Energien wiederverwertet werden können und die nicht verwertbaren Reststoffe Natur und Klima mög-

Auch betriebswirtschaftliche Kennzahlen der Abfallwirtschaft werden auf Eignung als Nachhaltigkeits-Indikatoren überprüft.

lichst wenig belasten. Eine derart gestaltete Abfallwirtschaft kann einen wesentlichen Beitrag zur Schonung unserer natürlichen Ressourcen leisten und so eine nachhaltige Entwicklung fördern. Als komplexes Phänomen lässt sich Nachhaltigkeit jedoch nicht unmittelbar messen. Um dennoch Aussagen über Nachhaltigkeit treffen zu können, haben verschiedene Organisationen – darunter die OECD, die Commission of Sustainable Development der UN und die Bundesregierung – zahlreiche mess- und bewertbare Kenngrößen als Indikatoren für Nachhaltigkeit ausgewiesen. KIDA überprüft Nachhaltig-

Tonnen, Meter, Kilowattstunden – lässt sich Nachhaltigkeit in Zahlen fassen?



KIDA untersucht, welche Indikatoren sich zur Darstellung von Nachhaltigkeit in der Abfallwirtschaft eignen und gleichzeitig auch als Kennzahlen für die abfallwirtschaftliche

Praxis dienen können. Mit Hilfe solcher Kennzahlen werden Aspekte der Nachhaltigkeit in das Alltagshandeln der Akteure eingefügt und in konkrete Maßnahmen umgesetzt.

Nachhaltige Abfallwirtschaft leistet einen wesentlichen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen.

keits-Indikatoren, die einen Bezug zur Abfallwirtschaft aufweisen, auf ihre Praxisrelevanz und ergänzt sie gegebenenfalls durch weitere aussagekräftige Indikatoren. Betriebswirtschaftlich orientierte Kennzahlen der Abfallbranche – zum Beispiel zu Logistik, Instandhaltung, Reparaturen, Energie- und Stoffströmen – werden daraufhin untersucht, inwiefern sie sich zur Darstellung von Nachhaltigkeit eignen.

Darauf aufbauend werden bei Bedarf weitere Kennzahlen entwickelt bzw. benannt werden, die als Indikatoren für eine nachhaltige Abfallwirtschaft dienen können (siehe *Schaubild auf Seite 36*). Denn erst durch die unmittelbare instrumentelle und institutionelle Einbindung von Nachhaltigkeitszielen in die Prozesse der Abfallwirtschaft – und somit in das Alltagshandeln der Akteure – wird die konsequente Umsetzung des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung ermöglicht.

Szenarien einer künftigen Abfallwirtschaft

Ob bestimmte Kooperationsformen die Ziele einer nachhaltigen Abfallwirtschaft besser, kostengünstiger oder schneller erreichen können, wird in drei Schritten überprüft: Zuerst werden die bisherige Entwicklung in zwei Modellregionen retrospektiv für die letzten zehn Jahre nachvollzogen und „good-practice“-Beispiele näher betrachtet: Dabei werden Indikatoren mit Bezug zur Abfallwirtschaft hinsichtlich einer Praxistauglichkeit untersucht und bewertet. Im Anschluss daran werden die Schlüsselfaktoren für Handlungsoptionen transparent gemacht; dies geschieht mit Hilfe einer Szenario-Analyse, in welcher Zukunftsbilder der kommenden 10 bis 15 Jahre entworfen und ausgewertet werden. Anschließend Stakeholder-Befragungen und Workshops dienen dazu, die in KIDA erarbeiteten Handlungsoptionen von Akteuren der Abfallwirtschaft und -politik sowie sonstigen Interessengruppen kommentieren und bewerten zu lassen. Die Praxisakteure sind nicht mehr nur wissenschaftliches Untersuchungsobjekt, sondern werden zusätzlich zum Forschungspartner.

Als Modellregionen für die Untersuchungen wurden Düsseldorf/Mettmann/Wuppertal und Frankfurt/Main-Taunus-Kreis/Wiesbaden ausgewählt. Beide Regionen weisen eine

KIDA-Praxispartner: Der Abfallwirtschaftsverein Region Rhein-Wupper

Im Regierungsbezirk Düsseldorf hat sich 1980 der Abfallwirtschaftsverein Region Rhein-Wupper gegründet, dem mittlerweile fünf Kreise und elf große Städte angehören. Damit organisiert der Verein die Abfallentsorgung von über fünf Millionen Einwohnern. Um die Interessen der in der Region ansässigen Betriebe zu vertreten, haben außerdem drei Industrie- und Handelskammern Sitz und Stimme im Verein; die Bezirksregierung Düsseldorf nimmt als beratendes Mitglied an den Sitzungen teil. Alle Mitglieder-Städte haben Nebentgeltregelungen mit dem DSD (Duales System Deutschland) getroffen; erhebliche Unterschiede bestehen bei den Regelungen über die Entsorgung von Papier, Pappe und Karton (PPK-Fraktion). 1996 hat der Verein einen Ausfallverbund ins Leben gerufen, in dem sich zehn teils innerhalb, teils außerhalb des Vereinsgebietes gelegene Müllverbrennungsanlagen zur gegenseitigen Hilfeleistung im Falle von Betriebsstörungen verpflichtet haben. Ein weiterer Vorteil dieser Kooperation liegt darin, dass sich Ausweichlösungen durch Zwischenlagerungen und Reservehaltung im Verbund kostengünstiger regeln lassen. Auch bei der Abfallberatung – eine Pflichtaufgabe der Städte und Kreise – arbeiten die zuständigen Berater in den Gebietskörperschaften und den Industrie- und Handelskammern zusammen und erhöhen so deren Effizienz. Die Kooperation beinhaltet zudem den Erfahrungsaustausch in gemeinsamen Fortbildungsveranstaltungen und übergreifenden Arbeitsgruppen zu besonderen abfallwirtschaftlichen Fragen, beispielsweise zur Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung und zur Entsorgung von Elektronikschrott. Die Städte Wuppertal und Remscheid beteiligen sich zudem an dem bezirksübergreifenden kommunalen Abfallentsorgungsverband EKO-City. Die koordinierte Abfallwirtschaft im Regierungsbezirk Düsseldorf hat – neben veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen und einem gestiegenen „Müll-Bewusstsein“ der Verbraucher – dazu beigetragen, dass sich das Verhältnis zwischen Beseitigung und Verwertung des Hausmülls deutlich verändert hat: Wurden im Jahr 1992 noch annähernd 2 Millionen Tonnen beseitigt, so waren es zehn Jahre später nur noch 1,5 Millionen; umgekehrt stieg im selben Zeitraum die Menge an verwertbarem Abfall von knapp 0,6 auf fast 1,1 Millionen Tonnen an. Das Gesamtaufkommen an Hausmüll ist demnach nicht gesunken, sondern sogar leicht angewachsen.

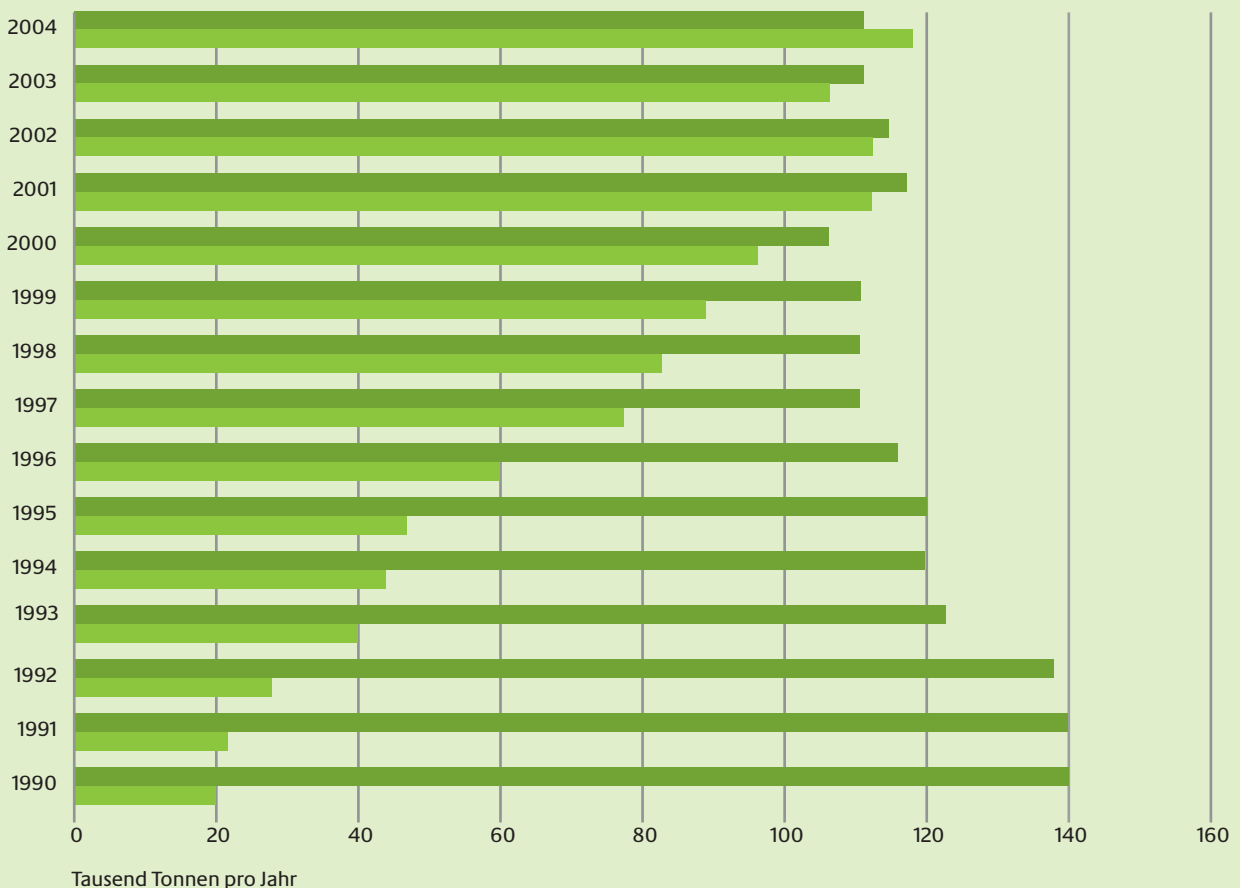
KIDA-Praxispartner Kreis Mettmann

Der Kreis Mettmann, an der Nahtstelle der Rheinebene und des bergischen Landes gelegen, ist mit 507.000 Einwohnern in zehn kreisangehörigen Städten fast so dicht besiedelt wie eine Großstadt. Der Nordosten des Kreises ist durch den Automobil-Sektor und die Schlösser- und Beschlagindustrie geprägt; im Nordwesten haben sich große Unternehmen der Telekommunikationsbranche angesiedelt und im Süden dominiert die Chemische und Pharmaindustrie. Zur Abfallverwertung sowie zur umweltgerechten Beseitigung nicht verwertbarer oder schadstoffhaltiger Abfälle bedient sich der Kreis verschiedener Dienstleister. Mit der Stadt Düsseldorf und einem privaten Entsorger wird eine gemeinsame Kompostierungsanlage betrieben. Nicht verwertbare Abfälle aus Haushalten und Gewerbe werden derzeit in zwei Müllverbrennungsanlagen in der näheren Umgebung beseitigt. Die kreiseigene Deponie für Bauabfälle wurde wegen Überkapazitäten in der Region

und mangelnder Wirtschaftlichkeit vorübergehend stillgelegt. Zwei Müllumladestationen werden von einer gemeinsamen Gesellschaft mit einem privaten Entsorger betrieben. Mit Beginn des Jahres 2001 hat zudem die vormals abfallrechtlich privilegierte kreisangehörige Stadt Velbert per Vertrag wesentliche Teile ihrer abfallwirtschaftlichen Zuständigkeiten an den Kreis übertragen. Der Beitritt des Kreises zu einer neuartigen kommunalen abfallwirtschaftlichen Kooperation in der östlichen Rhein-Wupper-Region wird erwogen. Die Intensivierung der getrennten Abfallsammlung, insbesondere von Bioabfall, Papier/Pappe, Glas und Leichtverpackungen führte zu einer stetigen Zunahme der Wertstoffmenge bei gleichzeitigem Rückgang des nicht verwertbaren Restmülls: So konnte im Jahr 2004 eine Verwertungsquote von 51% erzielt werden. Allerdings ist die Gesamt-Abfallmenge deutlich angestiegen.

Abfallmenge im Kreis Mettmann

■ verbrannt ■ verwertet



ähnliche Gliederung in städtisch und ländlich geprägte Gebiete auf und ermöglichen einen direkten Vergleich abfallwirtschaftlicher Problemstellungen und deren Lösung. Die Datenerhebung erfolgt über Internet- und Literaturrecherchen sowie leitfadengestützte Interviews mit Akteuren aus der Abfallwirtschaft. Aus der Untersuchungsregion Düsseldorf/Mettmann/Wuppertal konnten darüber hinaus zwei Praxispartner in das Forschungsprojekt KIDA integriert werden: der Abfallwirtschaftsverein Region Rhein-Wupper e.V. sowie der Kreis Mettmann. Der Abfallwirtschaftsverein Region Rhein-Wupper ist ein freiwilliger Zusammenschluss mehrerer Kreise, Städte und Industrievertretern (*siehe Kasten auf Seite 37*), die gemeinsam nach neuen Entsorgungskonzepten suchen. Dagegen repräsentiert der Kreis Mettmann einen kommunalen Entsorger, der mittels verschiedener Kooperationen seine Andienungspflicht bezüglich des Siedlungsabfalls zu erfüllen sucht (*siehe Grafik Seite 38*). Die Einbindung dieser regionalen Akteure in das Forschungsvorhaben erlaubt es, das Know-how aus der täglichen Praxis zu nutzen und eine solide Datengrundlage zu gewinnen. Die Aufgaben der KIDA-Praxispartner sind insbesondere

- die Vermittlung von Experten;
- die Bereitstellung, Aufbereitung und Bewertung von Daten und Entwicklungstrends über Abfallmengen, Stoffströme, Beseitigungskosten sowie Informationen zu Daseinsvorsorge, langfristigen Planungen, Betriebsformen und Trägerschaften in den Untersuchungsregionen und
- die Prüfung von Nachhaltigkeits-Indikatoren auf Praxistauglichkeit

Die Daten werden praxisnah erhoben und anschließend in einen konzeptionellen und theoretischen Bezugsrahmen eingebunden. Eine Systematisierung der Kooperationen erfolgt hinsichtlich formaler sowie prozessualer Kriterien (z. B. Art, Typus, Kategorie, Kooperations- und Kontrollmechanismen). Für den Begriff „Kooperation“ wurden theoretische Grundlagen aus dem volks- und betriebswirtschaftlichen Bereich herangezogen, die durch Kooperationstheorien und -konzepte aus der Soziologie und Evolutionsbiologie

ergänzt werden. Neben dem Abfallwirtschaftsverein und dem Kreis Mettmann werden weitere Praxisakteure und Stakeholder beteiligt. Im Dezember 2004 trafen sich auf einem von KIDA organisierten Workshop Vertreter der privaten und kommunalen Abfallwirtschaft mit Experten aus Wissenschaft, Politik, Verbänden sowie weiteren gesellschaftlichen Interessengruppen und tauschten sich über Wege und Ziele einer nachhaltigen Abfallwirtschaft aus. Mit dem in KIDA verfolgten „Bottom-up“-Prinzip – das heißt, die Impulse kommen von den Stakeholdern selbst – will das Forschungsprojekt eine breite praxisnahe Inhalte- und Wertediskussion initiieren, die den Akteuren Orientierungswissen für eine nachhaltige Entwicklung in der Abfallwirtschaft vermittelt.

„Good-practice“-Beispiele
für Kooperationen
werden auf Nachhaltigkeit
untersucht.

Kontaktadressen

Integrierte Mikrosysteme der Versorgung

www.mikrosysteme.org

Projektkoordination:

Christof Timpe,
Öko-Institut e.V., Institut für angewandte Ökologie,
Freiburg – Darmstadt – Berlin
Postfach 500240, 79028 Freiburg
info@mikrosysteme.org

Kooperation:

Forschungszentrum Jülich/Programmgruppe
Mensch, Umwelt, Technik (MUT)

CIRUS – Centre for Innovation Research in the Utility Sector/
EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz), Schweiz

DaimlerChrysler AG, Society and Technology
Research Group, Berlin

Energiewirtschaftliches Institut (EWI)
an der Universität Köln

Wissenschaftliches Institut für
Kommunikationsdienste (WIK), Bad Honnef

demons

www.demons-project.de

Projektleitung:

Dr. Diana Hummel,
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE),
Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main
hummel@isoe.de

Kooperation:

Johann Wolfgang Goethe Universität,
Frankfurt am Main

netWORKS

www.networks-group.de

Projektkoordination:

Jens Libbe,
Deutsches Institut für Urbanistik (Difu),
Straße des 17. Juni 112, 10623 Berlin
libbe@difu.de

Dr. Thomas Kluge,
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE),
Frankfurt
kluge@isoe.de

Kooperation:

Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und
Umweltforschung GmbH (ARSU), Oldenburg

Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU)

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin

Institut für Regionalentwicklung und
Strukturplanung (IRS), Erkner bei Berlin

TIPS

www.tips-project.de

Projektkoordination:

Dr. Barbara Praetorius,
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW),
Königin-Luise-Straße 5, 14195 Berlin
bpraetorius@diw.de

Kooperation:

IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung,
Heidelberg

Forschungsstelle für Umweltpolitik (ffu), FU Berlin

Öko-Institut e.V. – Institut für Angewandte Ökologie
Freiburg - Darmstadt - Berlin

JET-SET

www.wupperinst.org/Projekte/fg2/3214.html

Projektleitung:

Dr. Ralf Schüle,
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
ralf.schuele@wupperinst.org

Kooperation:

Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu),
Heidelberg

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE),
Frankfurt

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW),
Mannheim

Wissenschaftliches Zentrum für
Umweltsystemforschung der Universität Kassel

KIDA

www.nachhaltige-abfallwirtschaft.de

Projektleitung:

Dr. Dr. Axel Zweck
Zukünftige Technologien Consulting (ZTC)
der VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Straße 84, 40239 Düsseldorf
zweck@vdi.de

Praxispartner:

Abfallwirtschaftsverein Region Rhein-Wupper e.V.,
Kreis Mettmann, Umweltdezernat

BMBF-Förderschwerpunkt Sozial-ökologische Forschung (SÖF)

www.sozial-oekologische-forschung.org

Dr. Andreas Zehm
Koordinationssekretariat Sozial-ökologische Forschung
Kühbachstraße 11, D-81543 München
andreas.zehm@gsf.de

Projektträger in der GSF (PT GSF)

www.gsf.de/ptukf

Dr. Monika Wächter
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und
Gesundheit GmbH,
Projektträger in der GSF
Kühbachstraße 11, D-81543 München
pt-ukf@gsf.de

BMBF-Rahmenprogramm Forschung für Nachhaltigkeit (fona)

www.fona.de

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

