

TA-INSTITUTIONEN UND -PROGRAMME

Die Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung im Forschungszentrum Jülich

von Jürgen-Friedrich Hake, Forschungszentrum Jülich

Die Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) des Forschungszentrums Jülich wurde 1973 gegründet und arbeitet mit z. Zt. 40 Personen und vier Doktoranden in 7 Arbeitsgruppen in den Bereichen Langfristige Ausrichtung der Energiewirtschaft, Stoffströme in Techno- und Geosphäre, Information und Gesellschaft. Im Rahmen dieser Arbeitsschwerpunkte werden fachlich fundierte Ansätze und Strategien zukünftiger Entwicklung erarbeitet. Der fachliche Hintergrund der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen reicht dementsprechend von den Natur- und Ingenieurwissenschaften bis zu den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Die Arbeiten sind eingebettet in nationale und internationale Forschungsprogramme. Sie sind anwendungs- und projektbezogen und dienen der wissenschaftlichen Beratung in Wirtschaft und Politik.

Die Frage nach der zukünftigen Entwicklung einer Gesellschaft oder eines Landes hat durch das Leitbild „sustainable development“ deutlich an Konturen gewonnen. Es geht heute zumindest für die Industrieländer nicht mehr ausschließlich darum, ihren eigenen Wohlstand und Einfluss zu mehren. Die Diskussion um das Leitbild „sustainable development“ hat nämlich gezeigt, dass ein verantwortungsvoller Umgang mit den von der Natur zur Verfügung gestellten Ressourcen längerfristig nur dann gelingen wird, wenn anderen, weniger entwickelten Regionen und auch zukünftigen Generationen genügend Raum für die eigene Entwicklung bleibt. In dieser Allgemeinheit besteht darüber weltweit weitestgehend ein Konsens. Versucht man aber, Rahmenbedingungen für die zukünftige Entwicklung zu konkretisie-

ren und Handlungsempfehlungen für Politik oder Wirtschaft eines Landes abzuleiten, so stößt man auf äußerst komplexe Sachverhalte und zum Teil auf vielfältige Interessengegensätze, die – wenn überhaupt – nur schwer auszugleichen sind. Beispiele hierfür, die zugleich im Brennpunkt gesellschaftlichen Interesses stehen, sind

- die langfristige Ausrichtung der Energiewirtschaft bezüglich Wirtschaftlichkeit, Umweltschonung und Versorgungssicherheit,
- das Management von ökonomisch bzw. ökologisch relevanten Stoffströmen in Techno- und Geosphäre sowie
- der Umgang mit Veränderungen, die durch elektronische Informationsverarbeitung und Kommunikation weltweit und auch in unserer Gesellschaft verursacht werden.

Es ist offensichtlich, dass eine Auseinandersetzung mit jedem einzelnen Themenbereich bereits eine Vielzahl von hochspezialisierten Detailkenntnissen aus unterschiedlichen Fachrichtungen erfordert. Die Komplexität des einzelnen Beispiels erfordert außerdem genaue Vorstellungen über die wesentlichen Zusammenhänge zwischen den Details, um ein möglichst vollständiges und der jeweiligen Fragestellung angemessenes Bild zu entwerfen. Berücksichtigt man ferner, dass die einzelnen Themen miteinander verbunden sind, so erhöht sich der Schwierigkeitsgrad noch einmal. Die Systemanalyse mit ihren fachübergreifenden Methoden bietet eine ausgezeichnete Grundlage für fachlich fundierte Ansätze, Konzepte und Strategien zur zukünftigen Entwicklung.

1 Langfristige Ausrichtung der Energiewirtschaft

Es gibt drei Arbeitsgruppen, die sich aus unterschiedlicher Sicht mit der langfristigen Ausrichtung der (deutschen) Energiewirtschaft befassen:

Arbeitsgruppe „Energiewirtschaftliche Strategien“ (Leitung: Dr. Peter Markewitz)

Ein Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Analyse einer zukünftigen Energieversorgung vor

dem Hintergrund der Reduzierung energiebedingter Klimagasemissionen (Hake, Bansal, Klemann 1999). Ausgehend von der heutigen Situation und den von der Politik für die Jahre 2005 und 2010 vorgegebenen CO₂-Minderungszielen werden mit Hilfe von Modellen technikenorientierte Szenarien entwickelt, um Sektoren und Maßnahmen mit großen und kosteneffizienten Minderungsbeiträgen zu lokalisieren (Kraft, Markewitz, Martinsen 1999). Neben den CO₂-Minderungszielen wird eine zukünftige Energieversorgung auch maßgeblich von anderen Rahmenbedingungen mitbestimmt. Ein Beispiel ist die zukünftige Rolle der Kernenergie oder regenerativer Energien (Markewitz, Martinsen 1999). In diesem Kontext werden Szenarien entwickelt, um die jeweiligen Beiträge energie-, emissions- und kostenseitig abschätzen zu können.

Die Altersstruktur des bestehenden Kraftwerksparks besitzt auch im Zuge der Liberalisierung des Strommarkts eine große Bedeutung, da hieraus ein möglicher zukünftiger Ersatzbedarf an Kraftwerksleistung abgeleitet werden kann. Hierbei kommt der technischen Lebensdauer sowie möglichen Instandsetzungsstrategien, die zu einer möglichen Verlängerung der Anlagenlebensdauer führen können, eine große Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang wird der bundesdeutsche Kraftwerkspark auf der Basis von Einzelblockbetrachtungen analysiert (Markewitz, Nollen 1999).

Arbeitsgruppe „Energieversorgung von Gebäuden und erneuerbare Energiequellen“ (Leitung: Prof. Dr. Manfred Kleemann)

Die Wärmeversorgung im Gebäudesektor beansprucht rund 36% des Endenergieverbrauchs. Damit ist dieser Sektor vor Industrie und Verkehr der größte Verbraucher. Je nach Gebäudetyp sind Sparpotenziale zwischen 30 bis 80% vorhanden. Die Erschließung dieser Potenziale ist aber in der Praxis noch völlig unzureichend, obwohl zwischen den gesellschaftlichen Gruppen ein grundsätzlicher Konsens über die Notwendigkeit von Sparmaßnahmen besteht. Gemessen an den gesetzten CO₂-Reduktionszielen müsste sehr viel mehr getan werden.

Ziel der Arbeiten ist es, zu einer effektiveren Gestaltung der Klimaschutzpolitik beizu-

tragen. Dazu werden Themenbereiche wie Energiesparen, CO₂-Minderung, neue Technologien (Sonne, Wind, Brennstoffzellen etc.) und Beschäftigungseffekte bearbeitet. Es werden zukünftige Entwicklungen untersucht, Handlungsvorschläge erarbeitet und Wirkungsanalysen zur Bewertung von Maßnahmen und Förderprogrammen durchgeführt (Hake, Kleemann, Kolb 2000).

Als systemanalytische Werkzeuge werden technische Raumwärmemodelle und volkswirtschaftliche Input/Output Modelle eingesetzt. Damit wurden z.B. die beiden folgenden, neueren Projekte bearbeitet:

- „CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW“. Diese Wirkungsanalyse wurde im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau durchgeführt (Kleemann, Kuckshinrichs, Heckler 1999).
- „Auswirkungen eines im Gebäudebereich sinkenden Wärmebedarfs auf die Struktur der Energieversorgung im Wärmemarkt bis 2050“. Diese Studie wurde in Zusammenarbeit mit dem Bremer Energie-Institut für Energieversorger durchgeführt (Kleemann et al. 2000).

Arbeitsgruppe „Brennstoffzelle und Verkehr“ (Leitung: Dr. Manfred Walbeck)

In hoch industrialisierten Ländern ist die Mobilität die Grundlage für wirtschaftliche Prosperität. Der Verkehrssektor stößt Innovationsprozesse in der Wirtschaft der Länder an. Die Bedeutung des Verkehrs kann man daran erkennen, welche Mittel unsere Gesellschaft in den Verkehrssektor investiert. So gab allein die Bundesregierung z.B. von 1991 bis 1995 mehr als 90 Mrd. DM aus für Bau und Unterhaltung von Straßen, Schienen- und Wasserwegen. Neben den positiven Effekten von Verkehrsaktivitäten auf die Volkswirtschaft darf man aber nicht die mit dem Wachstum des Verkehrs einhergehenden negativen Auswirkungen insbesondere auf die Umwelt außer Acht lassen.

Um hier Entscheidungshilfen zu geben wurde in der Arbeitsgruppe ein ComputermodeLL entwickelt, mit dem es möglich ist, ausgehend von erwarteten Verkehrsleistungen die resultierenden Energienachfragen, die damit verbundenen CO₂-Emissionen, die Höhe der

Abgasemissionen (CO, CH₄, NO_x, NMHC, SO₂, Partikel) und die direkten Kosten im Verkehr zu berechnen sowie deren Änderungen in Abhängigkeit von der Einführung neuer Techniken oder aufgrund von Verkehrsverlagerungen aufzuzeigen. Rechnungen zeigen, dass es in den nächsten 10 - 20 Jahren aufgrund der bereits eingeleiteten technischen Maßnahmen gegenüber Ende der 80er Jahre trotz Verkehrswachstum zu einem drastischen Rückgang (> 70 - 80%) der Abgasemissionen kommen wird. Auch zwischen den CO₂-Emissionen und dem Verkehrswachstum wird eine Entkopplung erreicht, die in ihrer Höhe jedoch langfristig als zu gering erachtet wird. Hier kann nur eine Umstellung auf kohlenstofffreie bzw. -arme Energieträger Abhilfe schaffen (Brosthaus et al. 1999).

Die Brennstoffzelle ist dabei eine Schlüsseltechnik, die langfristig die Option einer weitgehend C-freien Versorgung eröffnet. Sie wird als innovativer Antrieb zur Zeit in der Fahrzeugindustrie zur Serienreife entwickelt. Auch in der Arbeitsgruppe wird sie wegen ihrer Umweltvorteile seit einigen Jahren im Hinblick auf ihren stationären und mobilen Einsatz systemanalytisch behandelt, was sowohl zu Kooperationen innerhalb des Forschungszentrums als auch zur aktiven Beteiligung in den entsprechenden Annexen der Internationalen Energieagentur (IEA) und im vergangenen Jahr zur Mitarbeit an einer Studie des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag zum Brennstoffzelleneinsatz geführt hat (Birnbaum et al. 1999).

2 Stoffströme in Techno- und Geosphäre

Menschliches Handeln beeinflusst zunehmend natürliche Stoffsysteme und verursacht vielfach umfangreiche neue Stoffströme in der Techno- und Geosphäre. Erst bei einer ganzheitlichen Betrachtung unter naturwissenschaftlich-technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien können konkurrierende Techniken und Maßnahmen systematisch miteinander verglichen und Risiken und Chancen für Mensch und Umwelt möglichst frühzeitig erkannt werden. Die Arbeiten konzentrieren sich auf drei Stoffsysteme.

Arbeitsgruppe „Stoffströme in der Technosphäre – Metallische Rohstoffe“ (Leitung: Dr. Wilhelm Kuckshinrichs)

Die Arbeitsgruppe Stoffsysteme in der Technosphäre konzentriert sich zur Zeit auf eine ressourcenorientierte Gesamtbetrachtung von Stoffströmen metallischer Rohstoffe, bei der vorerst das Stoffstrommanagement von Aluminium und Kupfer im Vordergrund steht. Ziel der Gesamtbetrachtung ist es, Handlungsoptionen für eine ressourcenschonende Bereitstellung und Verarbeitung metallischer Rohstoffe zu formulieren und zur Operationalisierung des Leitbilds Nachhaltige Entwicklung für einen Wirtschaftszweig beizutragen. Hierzu werden computergestützte Modelle entwickelt und im Rahmen von Ist-Zustands- und Szenarioanalysen angewendet. Im Vordergrund stehen zur Zeit ein Informationssystem, ein Prozesskettenmodell zur detaillierten Abbildung und Analyse von Stoffflüssen in technischen Systemen und ein partielles Gleichgewichtsmodell zur Abbildung und Analyse ökonomisch determinierter Stoffflüsse der globalen Aluminiumwirtschaft (Hake et al. 1999; Gerke et al. 1999; Schwarz, Krüger, Kuckshinrichs 2000).

Arbeitsgruppe „Stoffströme in der Technosphäre – Nuklearer Brennstoffkreislauf“ (Leitung: Dr. Gotthard Stein)

Der nukleare Brennstoffkreislauf hat für die nachhaltige Entwicklung der Welt weiterhin eine große Bedeutung. Er ist in jeder Hinsicht internationalisiert, denn von den Vereinigten Staaten von Amerika abgesehen kann kein Land seine Versorgung und Entsorgung allein bewerkstelligen, und alle Staaten sind an der Einhaltung von Sicherheitskriterien beim Betrieb sowie der Verhinderung des Missbrauchs der Nukleartechnik für militärische Zwecke interessiert. Der Atomwaffensperrvertrag verlangt, dass sich seine 185 Mitglieder den Kontrollen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) unterwerfen und dass die Atommächte ihre Atomwaffen letztendlich abschaffen. Vor etwa zehn Jahren bekannt gewordene Vertragsverletzungen haben die Staatengemeinschaft zur Verschärfung der Kontrollstrategie veranlasst; die IAEO soll seither auch heimliche Nuklearaktivitäten entdecken

können. Hier leistet die STE im Forschungszentrum Jülich Zuarbeit vor dem Hintergrund, dass die Bundesregierung zur Kooperation mit der IAEA verpflichtet ist. Die wichtigsten Aktivitäten sind: Erarbeitung von Vorschlägen zur Zusammenführung bisheriger und neu geforderter Überwachungsmaßnahmen auch unter dem Aspekt eines angestrebten Produktionsstopps für Waffenmaterial, Entwicklung und Anwendung von Auswertemethoden bei der Fernerkundung, Entwicklung von Überwachungskonzepten und -systemen für den neuen Forschungsreaktor in Garching sowie für die geologische Endlagerung von ausgedientem Nuklearmaterial einschließlich überschüssigem Plutonium und Entwicklung digitaler Mess- und Überwachungstechniken zur Reduzierung des Routine-Inspektionsaufwandes in den kerntechnischen Anlagen. Da alle Arbeiten von grundsätzlicher Bedeutung für die weltweite Anwendung sind, bestehen vielfältige internationale Kooperationen (Häckel, Stein 2000; Cauty 2000).

Arbeitsgruppe „Wasser- und Nährstoffströme in der Geosphäre“ (Leitung: Dr. Frank Wendland)

Die Bilanzierung und Prognose von Wasser- und Nährstoffströmen in großen Flusseinzugsgebieten stellt eine wesentliche Grundlage für ein nachhaltiges und vorausschauendes Management der Wasserressourcen dar. Hierzu wird das regionale Zusammenspiel von Klima, Boden, Geologie und Landnutzung im Hinblick auf das Wasserdargebot, die Gebietsentwässerung und den Transport diffus eingetragener Nährstoffe in die Oberflächengewässer mit Hilfe computergestützter Modelle analysiert (Kunkel, Wendland, Albert 1999). Die Ergebnisse dieser Arbeiten ermöglichen verlässliche Aussagen über die regional dominanten Abflusskomponenten und die regionale Langzeitgefährdung des Grundwassers durch diffus eingetragene Pflanzennährstoffe (z.B. Nitrat). Darüber hinaus können die Zeiträume angegeben werden, nach denen legislative Maßnahmen zur Verminderung diffuser Nährstoffeinträge in die Flüsse zu einem merklichen Rückgang der Stofffrachten in den Oberflächengewässern führen (Wendland, Bach, Kunkel 1998). Das Modellinstrumentarium wurde in einer Anzahl nationaler und internationaler

Projekte für die Analyse und zum Management des Nährstoffstroms in Flusseinzugsgebieten erfolgreich eingesetzt (Kunkel, Wendland 1999; Wendland, Kunkel 1999). Im Rahmen des EU-Projektes „Regional Analysis of Sub-surface Retention of Nitrogen“ wurden die vorhandenen Instrumentarien erfolgreich für die Analyse und zum Management des Nährstoffstroms in einem repräsentativen Flusseinzugsgebiet in Dänemark eingesetzt.

3 Information und Gesellschaft

Information gilt wegen ihrer grundlegenden Bedeutung neben Energie, Rohstoffen, Arbeit und Kapital als ein weiterer Produktionsfaktor. Die zumindest partiell bestehende Möglichkeit gegenseitiger Substitution der Produktionsfaktoren scheint durch diese Entwicklung einen zusätzlichen Freiheitsgrad zu gewinnen und neue Handlungsspielräume zu eröffnen.

Gegenstand der Untersuchung ist die gegenwärtig im Aufbau befindliche, weltweit angelegte Infrastruktur aus Hard- und Software sowie die daraus resultierenden Wechselwirkungen mit Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Im Vordergrund stehen dabei Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik, die einen hohen Grad an Vernetzung aufweisen und aufgrund ihres großen Leistungsvermögens die Bereitstellung neuer Dienstleistungen ermöglichen.

Eine erste Bestandsaufnahme des Forschungsfeldes wurde durchgeführt. Dabei wurden Indikatoren zur Messung der Einflüsse von Informations- und Kommunikationstechnologie auf Gesellschaft, Wirtschaft und Politik zusammengetragen und ausgewertet. Die identifizierten Trends dienen als Grundlage für die weitere Untersuchung.

4 Gruppenübergreifende Zusammenarbeit

Obwohl das Themenspektrum jeder einzelnen Arbeitsgruppe bereits sehr breit ist, gibt es immer wieder Themen, die eine über das Übliche hinausgehende gruppenübergreifende Zusammenarbeit erforderlich machen. Hierzu gehört beispielsweise der Beitrag der STE zum HGF-Projekt „Zukunftsfähiges Deutschland“. Im Rahmen der Hauptstudie wird STE untersu-

chen, ob und wie sich Organisationen verändern müssen, damit sie eine Querschnittspolitik, wie sie „Zukunftsfähigkeit“ einfordert, formulieren und umsetzen können. Dabei stehen ihre internen Strukturen und Arbeitsabläufe im Zentrum. Basierend auf der Analyse von Steuerungsproblemen und -paradigmen unter der Randbedingung von „Globalisierung“ sollen Fallstudien zur Europäischen Kommission und zur Bundesregierung durchgeführt werden, um zu klären, mit welchen organisatorischen Reformprozessen sie auf Querschnittspolitik reagieren, d.h. ob, wie und unter welchen Bedingungen sie „lernen“. Die im Vorprojekt erarbeiteten Regeln für die institutionell-politische Dimension sollen im Arbeitspaket angemessen berücksichtigt werden. Erwartet wird, dass die Arbeiten dazu beitragen, Merkmale zukunftsfähiger Organisationen zu identifizieren.

Literatur

- Birnbaum, U.; Dienhart, H.; Nitsch, J.; Staiß, F.; Walbeck, M.*, 1999: Die Marktsituation von Brennstoffzellen. In: Zukunftstechnologie Brennstoffzelle, Forschungsverbund Sonnenenergie, Berlin, S. 81-89
- Brothaus, J.; Kober, R.; Walbeck, M.; Sonnenschein, D.*, 1999: Energie- und Emissionsszenarien im Sektor Verkehr. In: „Das IKARUS-Projekt: Klimaschutz in Deutschland“, (Hrsg. G. Stein, H.-F. Wagner), Springer Verlag, S. 169-191
- Canty, M.J.*, 2000: Konfliktlösungen mit Mathematica. Springer Verlag, Berlin
- Gerke, M.; Meier-Kortwig, J.; Rombach, G.; Teschers, R.; Wolf, S.; Zapp, P.*, 1999: Analyse der Recyclingaktivitäten bei Aluminiumverpackungen. Entsorgungspraxis 12, S. 21-26
- Häckel, E.; Stein, G.* (Ed.), 2000: Tightening the Reins: Towards a Strengthened International Nuclear Safeguards System. Springer Verlag, Berlin
- Hake, J.-Fr.; Bansal, N.; Kleemann, M.* (Ed.), 1999: Strategies and Technologies for Greenhouse Gas Mitigation – An Indo-German Contribution to Global Efforts. Ashgate Publishing, Aldershot
- Hake, J.-Fr.; Kleemann, M.; Kolb, G.*, 2000: Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden. Seminarreihe, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 21
- Hake, J.-Fr.; Kuckshinrichs, W.; Schwarz, G.; Zapp, P.*, 1999: Elemente einer ressourcenorientierten Gesamtbetrachtung des Aluminiumstoffstroms. Nutzen von Ökobilanzen. Heft 85 der Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik, S. 91-111
- Kleemann M.; Heckler R.; Kolb G.; Hille M.*, 2000: Die Entwicklung des Wärmemarktes im Gebäudesektor bis 2050. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, erscheint im Juli 2000.
- Kleemann M.; Kuckshinrichs W.; Heckler R.*, 1999: CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW – Eine modellgestützte Wirkungsanalyse. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 17
- Kraft, A.; Markewitz, P.; Martinsen, D.*, 1999: IKARUS-MARKAL. In: Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hrsg.): Energiemodelle zum Klimaschutz in Deutschland. Reihe Umwelt und Ökonomie Nr. 13, Physica-Verlag, Berlin, S. 248-282
- Kunkel, R.; Wendland, F.*, 1999: Das Weg-/Zeitverhalten der unterirdischen Abflusskomponenten im Flusseinzugsgebiet der Elbe, FZ- Jülich, Buchreihe Umwelt Bd. 13
- Kunkel, R.; Wendland, F.; Albert, H.*, 1999: Das Nitratabbauvermögen in den grundwasserführenden Gesteinseinheiten des Elbeeinzugsgebietes. Wasser und Boden 51/9, 16-19
- Markewitz, P.; Martinsen, D.*, 1999: Kernenergie und zielorientierte CO₂-Minderungsstrategien. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, H. 1/2, S. 61-63
- Markewitz, P.; Nollen, A.*, 1999: Die Altersstruktur sowie Fortschreibung des deutschen Kraftwerksbestandes. VDI-Berichte 1495: Entwicklungslinien in der Energie- und Kraftwerkstechnik, S. 83-93
- Schwarz, H.-G.; Krüger, B.; Kuckshinrichs, W.*, 2000: Studies on the Global Material Flow of Primary Aluminium. Aluminium 76, S. 60-64
- Wendland, F.; Bach, M.; Kunkel R.*, 1998: The Influence of Nitrate Reduction Strategies on the Temporal Development of the Nitrate Pollution of Soil and Groundwater throughout Germany – a Regionally Differentiated Case Study. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50, 167-179
- Wendland, F.; Kunkel, R.*, 1999: Der Landschaftswasserhaushalt im Elbeeinzugsgebiet (deutscher Teil). Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 5, 226-232

Kontakt

Dipl.-Math. Jürgen-Friedrich Hake
 Leiter der Programmgruppe STE des
 Forschungszentrum Jülich GmbH
 D-52425 Jülich
 Tel.: + 49 (0) 2461 / 61 - 3161
 Fax: + 49 (0) 2461 / 61 - 2540
 E-Mail: jfh@fz-juelich.de
 Internet: <http://www.fz-juelich.de/ste/>

«