

D. Möst  
W. Fichtner  
A. Grunwald  
(Hrsg.)



Workshop

# Energie- systemanalyse



Karlsruhe, 27. November 2008  
am KIT Zentrum Energie

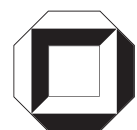




# Energiesystemanalyse

Tagungsband des Workshops „Energiesystemanalyse“  
vom 27. November 2008 am KIT Zentrum Energie, Karlsruhe

D. Möst  
W. Fichtner  
A. Grunwald  
(Hrsg.)



---

universitätsverlag karlsruhe

## Impressum

Universitätsverlag Karlsruhe  
c/o Universitätsbibliothek  
Straße am Forum 2  
D-76131 Karlsruhe  
[www.uvka.de](http://www.uvka.de)



Dieses Werk ist unter folgender Creative Commons-Lizenz  
lizenziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

Universitätsverlag Karlsruhe 2009  
Print on Demand

ISBN: 978-3-86644-389-1





# Inhaltsverzeichnis

## Energiesystemanalyse

*Armin Grunwald, Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Energiesystemanalyse im KIT-Zentrum Energie ..... 1

*Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Einführung zur Energiesystemanalyse ..... 11

*Armin Grunwald*

Energiezukünfte vergleichend bewerten – aber wie? ..... 33

*Christian Dieckhoff*

Modelle und Szenarien – Die wissenschaftliche Praxis der  
Energiesystemanalyse ..... 49

*Dogan Keles, Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2050 – Ein Überblick über ausgewählte  
Szenarien ..... 61

*Tobias Jäger, Susanne Schmidt, Ute Karl*

Ein System Dynamics Modell des deutschen Strommarkts – Modellentwicklung  
und Anwendung in der Unternehmenspraxis ..... 79

*Jürgen Kopfmüller, Volker Stelzer*

Energieszenarien für Megacities – Konzept und erste Ergebnisse des  
HGF-Verbundprojekts „Risk Habitat Megacity“ ..... 99

*Heidi Gerbracht, Robert Kunze, Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Optimierung urbaner Energiesysteme ..... 117

*Massimo Genoese, Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Agentenbasierte Simulation zur Messung von Marktmacht – Eine Analyse für den  
deutschen Strommarkt ..... 139

*Enrique Kremers, Pablo Viejo*

Untersuchung des Einsatzes von agentenbasierten Modellen zur Simulation  
dezentraler Energiesysteme am Beispiel von Guadeloupe..... 169

*Christoph Nolden, Dominik Möst, Wolf Fichtner*

Zur Analyse der Auswirkungen brennstoffabhängiger Benchmarks auf Strom-  
gestehungskosten und Investitionsentscheidungen in der Elektrizitätswirtschaft.... 183

*Anne Held, Heike Krause, Mario Ragwitz*

Kostenpotenzialkurven für Onshore-Windstromerzeugung in der EU basierend  
auf einem geografischen Informationssystem..... 195

*Gunnar Kappler, Stefan Kälber, Ludwig Leible*

Stroh und Waldrestholz – Ergebnisse einer Standortanalyse für das bioliq®-  
Konzept..... 211

*Witold-Roger Poganietz*

Consequential LCA – eine notwendige Weiterentwicklung des LCA? Eine  
Diskussion am Beispiel des lignozellulosebasierten Bioethanols..... 223

Autorenverzeichnis ..... 241



# Modelle und Szenarien

## Die wissenschaftliche Praxis der Energiesystemanalyse

Christian Dieckhoff

*Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland, E-mail: dieckhoff@itas.fzk.de, Telefon: +49(0) 7247/ 82-6794*

### Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag stellt ein Forschungsprojekt<sup>1</sup> vor, in dem das wissenschaftliche Betätigungsfeld der Energiesystemanalyse in Deutschland insgesamt in den Blick genommen wird, um Gemeinsamkeiten und Differenzen in den jeweils etablierten Forschungspraxen und deren zugrunde liegenden Prämissen zu untersuchen. Anlass zu dieser Untersuchung gibt die Feststellung, dass es sich bei der Energiesystemanalyse zwar um ein etabliertes wissenschaftliches Feld handelt, das mit der modellgestützten Szenarioanalyse über eine gemeinsame Herangehensweise an den Gegenstand des Energiesystems verfügt, diese aber an den verschiedenen Instituten in Deutschland in sehr unterschiedlicher Weise umgesetzt wird. Bisher wurden vor allem Unterschiede in den jeweils verwendeten Modellen untersucht und für Differenzen in den resultierenden Szenarien verantwortlich gemacht. Nach hier vertretener Ansicht stellen die Modelle selbst aber lediglich einen Teilaspekt der jeweils an den Instituten etablierten Forschungspraxen dar, in denen die Modelle beispielsweise nicht nur auf Grundlage unterschiedlicher theoretischer Prämissen entwickelt, sondern auch in differierenden Kontexten der Forschung und Beratung eingesetzt werden. Um sowohl die Praxis der Energiesystemanalyse, als auch die jeweils zugrunde liegenden Prämissen systematisch zu untersuchen, wird ein explorativer Ansatz gewählt, dessen Kern eine gemeinsame Rekonstruktion der Praxen und Prämissen mit den beteiligten Akteuren darstellt.

### Stichworte

Energiesystemanalyse, Modellierung, Szenarioanalyse, Forschungspraxis

---

<sup>1</sup> Das Forschungsprojekt findet unter dem Titel „Empirische Untersuchung der Entstehungsprozesse von Energieszenarien“ als Dissertationsvorhaben am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT statt. Es wird durch Prof. Ulrich Wagner (Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TU-München), Prof. Armin Grunwald (ITAS) und Torsten Fleischer (ITAS) betreut.

## 1 Die Forschungsrichtungen der Energiesystemanalyse

Die Energiesystemanalyse in Deutschland kann heute als ein etabliertes wissenschaftliches Betätigungsfeld betrachtet werden, das unter dieser Bezeichnung eine Reihe unterschiedlicher Forschungsrichtungen der Ökonomie und Ingenieurwissenschaften vereint.

Eine der Forschungsrichtungen, die in die heutige Energiesystemanalyse eingegangen sind, ist die (kybernetische) Systemanalyse. Sie wurde in den 1940er Jahren im militärischen Kontext „als wissenschaftliche Methodologie zur Analyse, Planung und Verbesserung machtpolitischer Strategien“ an der RAND Corporation in den USA entwickelt und wird „auch heute noch häufig als Summe formaler Planungs- und Entscheidungsverfahren betrachtet“ (Epple 1979, S. 8, zit. n. Brinckmann 2006, S. 59). Zwei die heutige Energiesystemanalyse prägende methodische Elemente gehen auf die Arbeiten der RAND Corporation zurück. Zum einen ist das die computergestützte Optimierungstechnik, bei der ein technisches, soziales oder auch ökonomisches System in einem Computermodell abgebildet und hinsichtlich einer oder mehrerer Zielgrößen optimiert wird (vgl. Brinckmann 2006, S. 59). Zum anderen ist es das Paradigma des Szenarios, das zumindest der Grundidee nach auf Arbeiten des RAND-Mitarbeiters Herman Kahn zurückgeführt wird.<sup>2</sup>

Mit der Gründung des International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Laxenburg (Schweiz) im Jahr 1972 wurde nicht nur die Systemanalyse nach dem Vorbild der RAND Corporation in Europa etabliert, sondern gleichzeitig ihr Gegenstandsbereich auf Probleme von globaler Bedeutung ausgeweitet.<sup>3</sup> Schon das erste Forschungsprogramm wandte sich der globalen Energieversorgung zu und etablierte diesen Gegenstand als ein Kernthema der Systemanalyse. Die mehrjährige Arbeit im *Energy Systems Program* fand unter Beteiligung einer großen Zahl internationaler Gastwissenschaftler statt, die ihrerseits die systemanalytische Forschung in ihren Heimatländern einführten bzw. festigten (vgl. Levien 2000, S.456 f.). So bestehen enge

---

<sup>2</sup> Dabei wird häufig auf Kahn und Wiener (1971) verwiesen, wo es zur Methodik heißt: „Die Szenarien, die eine hypothetische Folge von Ereignissen darstellen, sollen die Aufmerksamkeit auf kausale Prozesse und Entscheidungsmomente lenken.“ (ebd. S.21). Allerdings wird das Konzept des Szenarios hier – wie auch Reibnitz (vgl. 1987, S.12) anmerkt – darüber hinaus nur wenig weiter präzisiert. Insbesondere die Abgrenzung zum Konzept der „alternativen Zukunft“ (Kahn und Wiener 1971, S.21) bleibt unklar.

<sup>3</sup> Die engen Verbindungen – in methodischer wie auch institutioneller Hinsicht – von IIASA und RAND Corporation beschreibt ausführlich Roger Levien (2000), der selbst nach langjähriger Mitarbeit an der RAND Corporation von 1974 bis 1981 Direktor des IIASA war.

Verknüpfungen auch zur deutschen Energiesystemanalyse, etwa durch Wolf Häfele, der vom damaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe (KFZ) kommend, das *Energy Systems Program* leitete. Als eine der ersten einschlägigen Einrichtungen in Deutschland wurde 1973 die Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) am damaligen Kernforschungszentrum Jülich (KFA) gegründet, deren späterer Leiter Alfred Voß ebenfalls als Gastwissenschaftler am *Energy Systems Program* mitgearbeitet hatte (vgl. Häfele et al. 1981 und Hake 2000).

Die zweite wichtige Forschungsrichtung der heutigen Energiesystemanalyse entstammt einer primär ökonomischen Perspektive. Ihre Wurzeln gehen auf die 1950er Jahre zurück, in denen die Kohlekrise die Frage der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung erstmals ins öffentliche wie politische Bewusstsein rief (vgl. Kraus 1988, S. 16). In dieser Zeit wurde die Energieversorgung als ein wesentlicher ökonomischer Faktor einer Volkswirtschaft erkannt und als eigenständiger Forschungsgegenstand etabliert.<sup>4</sup> Viele der heutigen Standardverfahren der Energiesystemanalyse lassen sich auf diese Zeit zurückführen, so etwa die damals junge Ökonometrie, die 1954 am Energiewirtschaftlichen Institut (EWI) der Universität Köln auf die Energienachfrage angewandt wurde (vgl. Plett 1954) oder die Input-Output-Rechnung, die 1962 als ein eigenes Arbeitsgebiet am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin etabliert wurde (vgl. Krengel 1986, S. 130. f.).

Ein Zusammentreffen der beiden zuvor skizzierten Forschungsrichtungen lässt sich an dem von Seetzen et al. (1979) dokumentierten Symposium zu makroökonomischen Input-Output-Analysen und dynamischen Modellen festmachen, welches 1977 vom Programm Angewandte Systemanalyse der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungszentren, dem Industrieseminar der Universität Mannheim und dem DIW veranstaltet wurde (vgl. auch Krengel 1986, S. 202). Insbesondere der Tagungsbeitrag von Gonschior macht deutlich, dass hier Systemanalyse und Wirtschaftswissenschaften als zwei unterschiedliche Disziplinen aufeinander trafen (vgl. Gonschior 1979, S.28).

Obwohl Diefenbacher und Johnson (1987) hingegen bereits für das Jahr 1980 beide Forschungsrichtungen als Teil eines gemeinsamen wissenschaftlichen Betätigungsfeldes darstellen, das unter der Bezeichnung *energy forecasting* unter anderem die zuvor genannten Einrichtungen EWI, DIW, KFA und KFZ umfasst, wird auch in dieser

---

<sup>4</sup> So wurde etwa 1949 an der damaligen Technischen Hochschule Karlsruhe die Gesellschaft für praktische Energiekunde gegründet, aus der die heutige Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) in München hervorgegangen ist (vgl. Treser 1952).

Darstellung zwischen Einrichtungen der Systemanalyse und Einrichtungen der Wirtschaftswissenschaften unterschieden. Wie im Folgenden geschildert, hat sich diese Einteilung im Prinzip bis heute erhalten, auch wenn die Bezeichnung *Energiesystemanalyse* gegenwärtig meist – und auch im Weiteren dieses Beitrags – als übergreifende Bezeichnung des gesamten Feldes verwendet wird.

## 2 Die heutige Energiesystemanalyse

Einen aktuellen Überblick über die zur Energiesystemanalyse zugehörigen Institute liefern die Veröffentlichungen des Forums für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen, an deren Modellexperimenten von 1999 bis 2007 nahezu alle einschlägig tätigen Institute beteiligt waren (vgl. Forum 1999, ebd. 2002, ebd. 2004a, ebd. 2004b und ebd. 2007). Diese Veröffentlichungen – aber auch die aktuellen Publikationen der Institute – lassen gleichzeitig Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Arbeitsweisen der Institute erkennen.

Gemeinsam ist den beteiligten Instituten erstens als zentrale Methode die quantitative Modellierung, bei der das Energiesystem (oder Teile davon) mathematisch abgebildet und das resultierende Energiemodell als Computerprogramm umgesetzt wird. Um schließlich Aussagen über die Konsequenz bestimmter energiepolitischer Maßnahmen treffen zu können, werden zweitens mit diesen Modellen Szenarioanalysen durchgeführt. Dies geschieht teilweise als rein akademische Tätigkeit, wird vor allem aber in der Politik- und Unternehmensberatung eingesetzt.

Unterschiede in den Arbeitsweisen der Institute finden sich ebenfalls auf vielfältigen Ebenen. Große Beachtung fanden dabei bisher die Unterschiede der jeweils verwendeten Modelle, deren Untersuchung gerade den Anlass für die Arbeiten am zuvor angesprochenen Forum für Energiemodellierung und Energiewirtschaftliche Systemanalysen darstellte.

In der gängigen Einteilung der Energiemodelle wurden dort als zwei große Gruppen die *Energiesystem-* (gleichbedeutend mit *Bottom-Up-*) von den *Energiewirtschaftsmodellen* (gleichbedeutend mit *Top-Down-*) unterschieden (vgl. Forum 1999). Als Unterscheidungskriterium fungiert bei dieser Einteilung eine jeweils unterschiedliche Perspektive auf das Energiesystem, wonach Energiesystemmodelle vor allem prozesstechnische Aspekte abbilden, während mit Energiewirtschaftsmodellen „die technischen Produktionsbedingungen im Energiesektor (...) auf einer aggregierten Ebene

in Form von Produktionsfunktionen beschrieben [werden]“ (Forum 1999, S. 22). Innerhalb dieser beiden Gruppen haben sich unterschiedliche Modelltypen etabliert. Als Energiesystemmodelle werden in erster Linie Optimierungsmodelle auf Basis linearer Programmierung verwendet, während als Energiewirtschaftsmodelle vor allem Allgemeine Gleichgewichtsmodelle und Input-Output-Modelle angewendet werden. Sowohl die Einteilung der Modelle nach wissenschaftlicher Perspektive als auch die jeweils verwendeten Modelltypen lassen deutlich die historischen Wurzeln erkennen.

### 3 Ausgangsproblem

Szenarioanalysen stellen die gängige Form dar, in der die Energiesystemanalyse Ergebnisse erarbeitet und veröffentlicht. Studien dieser Art werden in großer Zahl publiziert und sind zu einem zentralen Bestandteil der öffentlichen wie politischen Diskussion über die Zukunft der Energieversorgung geworden. Gleichzeitig gestalten sich ihre Rezeption und die Bewertung ihrer Ergebnisse aus verschiedenen Gründen schwierig.<sup>5</sup>

Das vordergründige Problem ist dabei, dass unterschiedliche Studien trotz gleicher oder ähnlicher Fragestellung und Grundannahmen zu divergierenden Ergebnissen kommen. Dieses Problem wurde bereits an unterschiedlichen Stellen untersucht. Dabei wurde es innerhalb der Energiesystemanalyse bisher vor allem als ein modelltechnisches Problem behandelt, da davon ausgegangen wird, dass erstens die unterschiedlichen theoretischen Fundierungen und programmiertechnischen Umsetzungen der Modelle und zweitens die jeweiligen – vor allem als Werte von Parametern realisierten – Annahmen für die unterschiedlichen Ergebnisse der Analysen verantwortlich sind (vgl. Forum 1999, ebd. 2002, ebd. 2004a, ebd. 2004b, ebd. 2007, Koch et al. 2003, Bach et al. 2001, Frohn et al. 1998, Frohn et al. 2003).

Von Außenstehenden, aber auch von Wissenschaftlern dieses Feldes selbst, wurden außerdem die subjektiven Entscheidungen der Modellierer (vgl. Deutscher Bundestag 2002, S. 346 und Bach et al. 2001, S. 3) oder gar die unterschiedlichen energiepolitischen Positionen der Institute (vgl. Deutscher Bundestag 2002, S. 347 und Voß 1997, S. 8) für die divergierenden Ergebnisse verantwortlich gemacht.

---

<sup>5</sup> Armin Grunwald stellt in diesem Band einen Ansatz vor, mit dessen Hilfe Energiezukünfte – zu denen auch die im vorliegenden Beitrag thematisierten Szenarioanalysen gehören – einer rationalen Bewertung zugänglich gemacht werden können. Das vorliegend beschriebene Forschungsprojekt stellt einen empirischen Beitrag zum dort beschriebenen Vorhaben dar.

## 4 Gegenstand des Forschungsprojektes

Das im vorliegenden Beitrag beschriebene Forschungsprojekt schließt an die zuvor genannten Arbeiten an, erweitert die dort eingenommene Perspektive aber in folgender Hinsicht: Szenarien zum Thema Energieversorgung werden nicht nur als Ergebnis von Modellrechnungen betrachtet, sondern als Produkt einer diversifizierten wissenschaftlichen Praxis, in der – neben den modellspezifischen Aspekten – eine Vielzahl von Bedingungen und Einflüsse bei ihrer Erstellung wirksam sind. Zu diesen gehören insbesondere die Tätigkeiten der an den Szenarioanalysen beteiligten Wissenschaftler selbst, die Rolle des Auftraggebers bei der Erstellung von Energieszenarien bzw. bei der auftragsinduzierten Modellentwicklung und die institutionellen Bedingungen, unter denen dies jeweils stattfindet. Eine leitende Forschungsfrage des Projektes lautet damit: *Wie werden in den Forschungspraxen verschiedener Institute Szenarioanalysen mittels Modellen durchgeführt?*

Neben die so skizzierte analytische Ebene der Praxis tritt eine zweite Ebene, in der die der Praxis zugrunde liegenden Überzeugungen, Verständnisse und Annahmen in den Blick genommen werden. Die Untersuchung dieser Prämissen erscheint deshalb notwendig, weil davon ausgegangen wird, dass sie das wissenschaftliche Handeln maßgeblich beeinflussen und wiederum selbst durch die etablierte Praxis beeinflusst werden (vgl. Flick 2007, S.82 ff.). Gleichzeitig wurde im Rahmen der bisherigen Untersuchung festgestellt, dass die Prämissen unter denen an den verschiedenen Instituten der Energiesystemanalyse gearbeitet wird, bisher nur selten expliziert wurden und wenn doch, dann Widersprüche erkennen lassen.<sup>6</sup> Eine zweite leitende Forschungsfrage lautet somit: *Von welchen Prämissen wird in den jeweiligen Forschungspraxen bei der modellgestützten Szenarioanalyse ausgegangen?*

## 5 Spezielle Forschungsfragen

Da zum einen die *Modellierung des Energiesystems* und zum anderen die *Szenarioanalyse* als Kernelemente der Forschungspraxen identifiziert wurden, ergeben sich für das Forschungsprojekt die folgenden speziellen Fragestellungen:

---

<sup>6</sup> Beispielsweise wurden zum Verständnis von „Modell“ unter anderem die folgenden Literaturstellen gefunden: „Dabei sind die Ergebnisse optimierender Systemmodelle nicht als Prognosen zu deuten, sondern als Quantifizierung formaler ökonomischer Theorien.“ (Böhringer 1999, S. 382) und „Aus dem Vergleich zwischen Modelllösung und in der Realität beobachteten Verläufen kann darauf geschlossen werden, inwieweit das Modell die maßgeblichen Zusammenhänge der Realität erfasst.“ (Frohn et al. 2003, S. 111)

Die *Modellierung des Energiesystems* kann als Denkakt aufgefasst werden, in dem ein – als in der Wirklichkeit vorfindlich angenommenes – „Realsystem“ (Forum 1999, S. 23) vereinfacht abgebildet wird. Dieser wird von Annahmen über Modell und Realität geleitet und manifestiert sich wiederum in der Programmierung des Modells, welches dann als Werkzeug in der Praxis der Szenarioanalyse verwendet wird. Die Prämissen werden somit einerseits selbst zu Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung des Modells. Andererseits werden aber viele der einschlägigen Modelle bereits über mehrere Generationen von Wissenschaftlern weiterentwickelt und sind zu umfangreichen Strukturen angewachsen, die von neuen Wissenschaftlern erst erlernt werden müssen. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die programmierten Modelle selbst wieder auf das sich jeweils etablierte Modellverständnis und damit die relevanten Prämissen zurückwirken.

Im so skizzierten Fragenkomplex zur Modellierung des Energiesystems werden sowohl die jeweiligen Prämissen der Modellierung als auch die technische Umsetzung untersucht, wobei die zuvor zitierten vergleichenden Arbeiten der unterschiedlichen Modelltypen zu einer wichtigen Grundlage des Vorhabens werden. Spezielle Forschungsfragen lauten: *Welches Modellverständnis liegt der Modellierung zugrunde und welche Geltung wird dem Modell zugesprochen? Wie wird das Modell jeweils technisch umgesetzt? Wie wird die Geltung des Modells überprüft?*

In einem zweiten Fragenkomplex nimmt das Forschungsprojekt die *Szenarioanalyse* als die zentrale Anwendung von Modellen in der Energiesystemanalyse in den Blick. Ausgehend von der Beobachtung, dass zwar an verschiedenen Literaturstellen ein ähnliches Verständnis des Szenarios als eine bestimmte Beschreibungsform der Zukunft expliziert wird<sup>7</sup>, diese Explikationen aber weiterhin Unterschiede aufweisen<sup>8</sup> und darüber hinaus die veröffentlichten Szenarioanalysen in Struktur und Inhalt stark divergieren,

---

<sup>7</sup> Zum Beispiel: „Szenarien [sind] keine Prognosen, sondern fiktive Zukunftsentwürfe, die Entwicklungen beschreiben, die sich bei Ergreifen bestimmter Maßnahmen und der Vorgabe gewisser Rahmenannahmen als Folge dieser Maßnahmen einstellen.“ (Fahl et al. 2007, S. xii)

<sup>8</sup> Vergleiche etwa „Neben der unter einem solchen Politikscenario prognostizierten *absoluten Höhe* der endogenen Variablen kann deren Veränderung im Vergleich zum Basisszenario ermittelt werden.“ (Frohn et al. 2003, S. 112; Hervorhebungen durch Autor) und „Bei den numerischen Simulationsrechnungen geht es nicht um eine Zukunftsprognose der wirtschaftlichen Entwicklung, sondern um die vergleichende Analyse alternativer Politikscenarioen. Ausschlaggebend für die Ergebnisinterpretation bzw. den Vorteilsvergleich alternativer Entscheidungsstrategien sind die Unterschiede zwischen den Simulationsläufen und *weniger die absoluten Werte*.“ (Böhringer 1996, S. 91 f.; Hervorhebungen durch Autor)

wird das jeweilige Szenarioverständnis selbst im Rahmen des Forschungsprojektes systematisch untersucht.

Ähnlich dem ersten Fragenkomplex wird auch bezüglich der Szenarioanalyse davon ausgegangen, dass enge Verknüpfungen der beiden Ebenen von Praxis und Prämissen bestehen. Denn zum einen wird die Szenarioanalyse als Methode zwar überwiegend epistemologisch begründet<sup>9</sup>, stellt zum anderen aber eine Standardform dar, in der die Energiesystemanalyse Politik- und Unternehmensberatungen durchführt. Dies führt zu der Annahme, dass mit dieser Praxis wiederum eigene Prämissen – beispielsweise in Form eines Verständnisses über gute wissenschaftliche Beratung – verbunden sind, die neben die epistemologische Begründung von Szenarioanalysen treten. In diesem Zusammenhang lauten spezielle Forschungsfragen: *Welches Szenarioverständnis wird zugrunde gelegt und welche Geltung wird den Szenarien zugesprochen? Inwieweit wird diese Geltung durch das verwendete Modell eingeschränkt? Welchen Einfluss auf die Szenarioanalyse hat das Beratungsverhältnis zum Auftraggeber?*

## 6 Vorgehen

Da die Praxis und die zugrunde liegenden Prämissen der Energiesystemanalyse bisher nicht umfassend systematisch untersucht wurden, wird im hier beschriebenen Forschungsprojekt ein explorativ ausgerichteter Ansatz gewählt, in dem Methoden der qualitativen Sozialforschung zum Einsatz kommen. Als zentrale Methode wird eine in zwei Wellen gestaffelte Befragung der beteiligten Akteure mittels leitfadenbasierter Interviews durchgeführt. Die Untersuchung geschieht damit nicht, indem eine theoretische Erklärung „von außen“ an das Feld der Energiesystemanalyse herangetragen und überprüft wird, sondern durch eine gemeinsame Rekonstruktion der Arbeitsweisen und Überzeugungen mit den beteiligten Akteuren (vgl. Flick 2007, S. 124).

Für die erste Welle der Untersuchung wurden zehn verschiedene einschlägig tätige Institute ausgewählt und dort jeweils ein Interview mit einem in der Szenarioanalyse tätigen Mitarbeiter durchgeführt. Die Auswahl der Institutionen bzw. Interviewpartner erfolgte dabei unter Maßgabe größtmöglicher Variation der eingesetzten Modelltypen, da angenommen wird, dass diese einen entscheidenden Unterschied für die jeweiligen Arbeitspraxen darstellen.

---

<sup>9</sup> Insbesondere wird zur Begründung auf die Unsicherheit zukunftsbezogener Aussagen verwiesen, etwa in (vgl. Fishedick 2001, S. 235).



Demnach wurden Interviewpartner ausgewählt, die sowohl über gute Kenntnisse über die jeweils – bei der Durchführung aktueller Szenarioanalysen – eingesetzten Modelle und gleichzeitig – als Autoren einschlägiger Szenariostudien – über Erfahrung in der Politik- und Unternehmensberatung verfügen. Ziel der ersten Welle ist es, die jeweiligen etablierten Praxen und zugrunde liegenden Prämissen möglichst umfassend in den Blick zu nehmen.

In der zweiten Welle sollen zum einen wiederum Interviews mit Mitarbeitern der zuvor untersuchten Institute durchgeführt werden, um Fragestellungen zu behandeln, die in der ersten Welle nicht ausreichend untersucht werden konnten oder sich erst aus ihren Ergebnissen ergeben haben.

Zum anderen sollen in der zweiten Welle aber auch Interviews mit Vertretern einschlägiger beauftragender Institutionen durchgeführt werden. Auf diese Weise wird das Beratungsverhältnis von Auftragnehmer und Auftraggeber als eine wichtige Rahmenbedingung der Praxis der Energiesystemanalyse genauer untersucht, das zwar bereits Gegenstand der ersten Welle war, hier aber nur aus der Perspektive der Auftragnehmer betrachtet werden konnte.

Ziel der Erweiterung um die Sichtweise der Auftraggeber ist es erstens die Praxis der Energiesystemanalyse aus ihrer Perspektive zu rekonstruieren, wobei der Fokus vor allem auf ihre direkten gestaltenden Anteile an einer Szenarioanalyse – etwa durch die Vorgabe bestimmter Parameterwerte – liegt. Zweitens sollen mit diesen Interviews aber auch die Überzeugungen und Annahmen der Auftraggeber in Bezug auf die modellgestützte Szenarioanalyse untersucht werden, indem beispielsweise ihre Geltungserwartung an eine Szenarioanalyse erfragt wird. Ein anschließender Vergleich des Geltungsanspruches seitens der Auftragnehmer und der Geltungserwartung seitens der Auftraggeber soll Hinweise auf die Ursachen unterschiedlicher Interpretationsweisen von Szenarioanalysen geben.

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt liefert somit sowohl einen Betrag zur Verständigung und Reflexion innerhalb des wissenschaftlichen Feldes der Energiesystemanalyse, als auch zur gesellschaftlichen Selbstverständigung über die Zukunft der Energieversorgung insgesamt, indem auch Außenstehenden ein besseres Verständnis der Hintergründe modellgestützter Szenarioanalysen ermöglicht wird.

## Literatur

- Bach, S.; Bork, C.; Kohlhaas, M.; Lutz, C.; Meyer, B.; Praetorius, B.; Welsch, H. (2001): Die ökologische Steuerreform in Deutschland. Eine modellgestützte Analyse ihrer Wirkungen auf Wirtschaft und Umwelt. Heidelberg: Physica.
- Böhringer, C. (1996): Allgemeine Gleichgewichtsmodelle als Instrument der energie- und umweltpolitischen Analyse. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendung. Frankfurt am Main: Lang.
- Böhringer, C. (1999): Die Kosten des Klimaschutzes. Eine Interpretationshilfe für die mit quantitativen Wirtschaftsmodellen entwickelten Kostenschätzungen. In: Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht, Nr. 3, Jg. 22: S. 369-384.
- Brinckmann, A. (2006): Wissenschaftliche Politikberatung in den 60er Jahren. Die Studiengruppe für Systemforschung, 1958 bis 1975. Berlin: Ed. Sigma.
- Deutscher Bundestag (2002): Drucksache 14/9400. Endbericht der Enquete-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung". Berlin.
- Diefenbacher, H.; Johnson, J. (1987): Energy Forecasting in West Germany. Confrontation and Convergence. In: Baumgartner, T.; Midttun, A. (Hg.): The politics of energy forecasting - A comparative study of energy forecasting in Western Europe and North America. Oxford: Clarendon Press. S. 61-84
- Eppler, K. (1979): Theorie und Praxis der Systemanalyse. Eine empirische Studie zur Überprüfung der Relevanz und Praktikabilität des Systemansatzes. Diss: Konstanz.
- Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.) (1999): Energiemodelle zum Klimaschutz in Deutschland. Strukturelle und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen aus nationaler Perspektive. Heidelberg: Physica.
- Fahl, U.; Rühle, B.; Blesl, M.; Ellersdorfer, I.; Eltrop, L.; Harlinghausen, D.-C.; Küster, R.; Rehl, T.; Remme, U.; Voß, A. (2007): *Energieprognose Bayern 2030. Forschungsbericht im Auftrag des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie*. [Zugriff am 07.04.2008: <http://elib.unistuttgart.de/opus/volltexte/2007/3372/pdf/FB102.pdf>]
- Fischedick, M. (2001): Vom Würfel zum Energiemodell. In: Langniß, O.; Pehnt, M. (Hg.) (2001): Energie im Wandel: Politik, Technik und Szenarien einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Berlin: Springer, S. 233-240

Flick, U. (2007): *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch.

Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.) (2002): *Energiemodelle zum Kernenergieausstieg in Deutschland. Effekte und Wirkungen eines Verzichts auf Strom aus Kernkraftwerken*. Heidelberg: Physica.

Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.) (2004a): *Energiemodelle zum Klimaschutz in liberalisierten Energiemärkten. Die Rolle erneuerbarer Energieträger*. Münster: LIT.

Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.) (2004b): *Energiemodelle zum europäischen Klimaschutz. Der Beitrag der deutschen Energiewirtschaft*. Münster: LIT.

Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (Hg.) (2007): *Energiemodelle zu Innovation und moderner Energietechnik. Analyse exogenen und endogenen technischen Fortschritts in der Energiewirtschaft*. Münster: LIT.

Frohn, J.; Leuchtmann, U.; Kräussl, R. (1998): *Fünf makroökonomische Modelle zur Erfassung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen. Eine vergleichende Betrachtung; Abschlußbericht im Projekt "Modellvergleich" des Wissenschaftlichen Beirats zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung*. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

Frohn, J.; Chen, P.; Hillebrand, B.; Lemke, W.; Lutz, C.; Meyer, B.; Pullen, M. (2003): *Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen. Abschätzungen mit zwei ökonomischen Modellen*. Heidelberg: Physica.

Gonschior, P. (1979): Die Berücksichtigung Technologischer Entwicklungen in Input-Output-Analysen. In: Seetzen, J.; Kregel, R.; Kortzfleisch, G. von (Hg.): *Makroökonomische Input-Output-Analysen und dynamische Modelle zur Erfassung technischer Entwicklungen. Mit Beispielen aus der Energietechnik, Rohstofftechnik, Chemietechnik, Maschinenbautechnik*. Basel [u.a.]: Birkhäuser. S. 27-33

Hake, J.-F. (2000): Die Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung im Forschungszentrum Jülich. In: *TA-Datenbank-Nachrichten*, Nr. 2, Jg. 9: S. 72-76.

Häfele, W.; Anderer, J.; McDonald, A.; Nakicenovic, N. (1981): *Energy in a Finite World. Paths to a Sustainable Future. Volume 1*. Cambridge, Mass: Ballinger.

Kahn, H.; Wiener, A. J. (1971): *Ihr werdet es erleben. Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Koch, M.; Jochen H.; Blok, K. (2003): Systematische Analyse der Eigenschaften von Energiemodellen im Hinblick auf ihre Eignung für möglichst praktische Politik-Beratung zur Fortentwicklung der Klimaschutzstrategie. Forschungsbericht 299 97 311 UBA-FB 000440 im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Kraus, M. (1988): Energieprognosen in der Retrospektive. Analyse von Fehlerursachen der Prognose/Ist-Abweichung von Energiebedarfsschätzungen in der Bundesrepublik Deutschland von 1950 bis 1980. Diss: Karlsruhe.

Krengel, R. (1986): Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung. (Institut für Konjunkturforschung); 1925-1979. Berlin: Duncker und Humblot.

Levien, R. E. (2000): RAND, IIASA, and the Conduct of Systems Analysis. In: Hughes, A. C.; Hughes T. P. (Hg.): Systems, experts, and computers. The systems approach in management and engineering, World War II and after. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press. S. 433-462

Plett, H. (1954): Ökonometrische Nachfrageuntersuchung in der Energiewirtschaft. In: Schriftenreihe des Energiewirtschaftlichen Instituts. Band 3. München: R. Oldenbourg.

Reibnitz, U. von (1987): *Szenarien - Optionen für die Zukunft*. Hamburg [u.a.]: McGraw-Hill.

Seetzen, J.; Krengel, R.; Kortzfleisch, G. von (Hg.) (1979): Makroökonomische Input-Output-Analysen und dynamische Modelle zur Erfassung technischer Entwicklungen. Mit Beispielen aus der Energietechnik, Rohstofftechnik, Chemietechnik, Maschinenbautechnik. Basel [u.a.]: Birkhäuser.

Treser, G. (1952): *Die Aufgaben und Ziele der Gesellschaft für praktische Energiekunde e.V.* In: Berichte der Gesellschaft für praktische Energiekunde, Nr.1, Jg.1: S. 2-6.

Voß, A. (1997): Erfahrungen, Grenzen und Nutzen von Energiemodellen. In: Molt, S.; Fahl, U. (Hg.): Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland - Stand der Entwicklung - IKARUS-Workshop am 24. und 25. Januar 1996 im Haus der Wirtschaft Stuttgart. Forschungszentrum Jülich: Zentralbibliothek. S. 1-10