

**ANSPRUCH UND WIRKLICHKEIT  
VON ENERGIEMODELLEN**

**Alfred Voss**

**Programmgruppe Systemforschung  
und Technologische Entwicklung  
der Kernforschungsanlage Jülich GmbH**

## 1. Vorbemerkungen

Im folgenden wird der Versuch einer kritischen Analyse des gegenwärtigen Standes der Energiemodellentwicklung unternommen und zwar aus der Sicht eines an der Entwicklung und Anwendung von Energiemodellen direkt Beteiligten. Die im folgenden gemachten Ausführungen sind deshalb weniger als eine umfassende und objektive Darstellung der Probleme im Bereich der Energiemodellentwicklung und -anwendung zu verstehen, als eine zugegebenermaßen subjektive, aber kritische Selbstreflexion des bisher Erreichten und Nichterreichten.

Energiemodelle und ihre sachgerechte Anwendung sollen im Rahmen unserer Wirtschaftsordnung in erster Linie der Erarbeitung fundierter Entscheidungsgrundlagen über den zukünftigen Ausbau des Energiesystems dienen. Nimmt man die gegenwärtige öffentliche Energiediskussion, die auf viele eher den Eindruck eines Jahrmarktes unterschiedlicher, ja teils konträrer und widersprüchlicher Ideen, Studien und Äußerungen macht, - nimmt man diese zunehmend verwirrender gewordene Energiediskussion als Maßstab, so könnte man leicht versucht sein, festzustellen, daß die Energiemodellentwicklung ihr Ziel zu klareren Vorstellungen über die Zukunft und damit zu besseren Entscheidungen beizutragen, nicht erreicht hat. Eine derartig pauschale Schlußfolgerung ist unzutreffend, weil sie einerseits verfrüht ist und andererseits nicht zwischen Entscheidungshilfen und Entscheidungen bzw. publizierten Meinungen, die ja bei uns keinerlei Beschränkungen unterliegen, differenziert, wobei letztere ja zu einem beträchtlichen Teil von nicht ausgewiesenen Absichten mitbestimmt werden.

Dennoch scheint es, daß die Zeit reif ist, die bisherige Entwicklung und die Fortschritte auf dem Gebiet der Energiemodelle einmal kritisch zu analysieren und sich zu fragen, inwieweit neue Orientierungen notwendig sind, um das selbstgesetzte Ziel zu erreichen, durch ein besseres Verständnis der komplexen Energieproblematik zu besseren Entscheidungen beizutragen.

Mit diesen Ausführungen soll hierzu ein konstruktiver Beitrag geleistet werden.

Aus diesem Grunde wird nicht der Versuch einer Bewertung der verschiedenen Modelltechniken, wie z.B. der Simulation, der linearen Programmierung oder der Input-Output-Analyse unternommen; und es erfolgt keine Auseinandersetzung mit der Frage, ob denn nun statische oder dynamische Modelle besser sind. Es wird auch nicht auf die Frage eines potentiellen Mißbrauchs von Energiemodellen als Instrumente einer zentralen Planung eingegangen. All dies ist entweder ausdiskutiert oder zumindest aus meiner Sicht nur von untergeordneter Bedeutung.

Hier soll vielmehr deutlich gemacht werden, daß die zentrale Herausforderung an die Energiemodelle in der nächsten Zukunft darin besteht, den Nachweis zu erbringen, daß sie konkrete Antworten auf einen Teil der drängenden Fragen und Probleme im Bereich der Energiepolitik geben können. In diesem Zusammenhang scheinen zwei Punkte von besonderer Bedeutung:

1. Wie können die bisher verfügbaren Energiemodelle benutzt werden, um angesichts der großen Unsicherheiten und unterschiedlichen Vorstellungen über die zukünftige Struktur der Energieversorgung zur Formulierung einer tragfähigen Energiestrategie beizutragen?
2. Welche Maßnahmen sind zu ergreifen, damit die Ergebnisse von Modellanalysen auch in den Entscheidungsprozeß einfließen, d.h. von den Entscheidungsträgern in Wirtschaft und Politik genutzt werden?

## 2. Stand der Energiemodellentwicklung

Die Entwicklung von Energiemodellen hat in den letzten Jahren einen fast exponentiellen Aufschwung genommen. In dem vom Internationalen Institut für Angewandte Systemanalyse in Laxenburg herausgegebenen "Review of Energy Models" /1/, - der für jeden, der sich mit Energiemodellen beschäftigt, eine überaus nützliche Informationsquelle ist, - sind bisher allein 144 Energiemodelle beschrieben und klassifiziert worden: dies sind aber bei weitem nicht alle existierenden Modelle.

Primäre Motivation für die Entwicklung umfassender Energiemodelle war die Erkenntnis, daß in Anbetracht der zunehmend komplexer gewordenen Struktur der Energieversorgung und der wachsenden Bedeutung von ökologischen, politischen und sozialen Einflußfaktoren für den Ausbau des Energiesystems die Analyse- und Planungsmethoden diesen neuen Anforderungen anzupassen sind.

Die Energiemodellentwicklung, und hier sind insbesondere die Modelle gemeint, die die Energieversorgung als Gesamtsystem erfassen, hat in ihrer noch recht kurzen Geschichte eine beeindruckende Entwicklung genommen. Beachtliche Fortschritte und Erfolge sind erzielt worden

- in der Adaption bewährter und Entwicklung neuer Methoden,
- in der mathematischen Abbildung des Energiesystems,
- in der modellmäßigen Erfassung der Wechselwirkungen des Energiesystems mit der übrigen Wirtschaft und der Umwelt und
- in der Entwicklung benutzerfreundlicher EDV-Programme zur Handhabung der Energiemodelle.

Aber reicht all dies aus, um die Energiemodelle zu einem nützlichen Hilfsmittel zu machen? Ist es nicht so, daß

- eine Vielzahl von Modellen bisher nur von akademischer Bedeutung sind,
- die Modelle bei aktuellen energiepolitischen Problemen noch nicht "viel zu bieten hatten",
- der Einfluß von Energiemodellanalysen bisher eher indirekt als direkt war, also Energiemodelle von den sog. Entscheidungsträgern nicht gezielt genutzt worden sind, und ist es schließlich nicht so, daß
- wir uns bei der modellmäßigen Behandlung von Unsicherheit und ihres Einflusses auf die Energiepolitik noch recht schwer tun.

Warum haben Energiemodelle und Energiemodellanalysen noch keinen stärkeren und direkteren Eingang in die Entscheidungen im Energiebereich gefunden? Was haben wir - die Modellbauer und Systemanalytiker - falsch gemacht?

Meine Antwort mag einige überraschen, aber ich glaube, daß man den Modellbauern keine groben Fehler vorwerfen kann. Im Gegenteil, sie haben in relativ kurzer Zeit ein brauchbares Instrumentarium erstellt und damit die erste notwendige, aber keineswegs hinreichende Voraussetzung für die Erreichung ihres Zieles geschaffen. Natürlich gilt es, dieses Instrumentarium auch in der Zukunft stetig weiterzuentwickeln und zu verbessern. Aber die Bereiche, wo Fortschritte nötiger sind, liegen woanders, nämlich in dem Nachweis der Leistungsfähigkeit der Energiemodelle. Diese Konfrontation der Modelle mit der energiepolitischen Realität erfordert von manchen Modellbauern eine Neuorientierung ihrer Haltung und Ziele, d.h. sie werden ihre Vorliebe für noch perfektere Methoden und detailliertere Modelle zurückstellen müssen, um ihrem eigenen Anspruch - Entscheidungshilfen für komplexe Probleme zu geben - gerecht werden zu können. Ausgedrückt in der Begriffswelt des Systemanalytikers heißt dies, daß die Modellbauer sich und ihre Arbeit als einen Teil eines übergeordneten Systems erkennen müssen, dessen Ziel nicht bessere Verfahren und Methoden, sondern "bessere" energiepolitische Entscheidungen heißt.

### 3. Langfristigkeit und Unsicherheit

Im folgenden soll skizziert werden, wie dieses Ziel erreicht werden könnte, welche Schritte und Anstrengungen dazu notwendig sind. Leider können keine fertigen und erprobten Lösungen angeboten, sondern nur Vorschläge erläutert werden, die erste notwendige Schritte in die gewünschte Richtung darstellen können. Wir wollen uns zunächst der Frage zuwenden, wie denn nun Energiemodelle energiepolitische und energiewirtschaftliche Entscheidungen und Planungen wirksam unterstützen können.

Wenn man im Zusammenhang mit Energiemodellen von Langfristplanung und langfristiger Energiepolitik spricht, so ist es zunächst einmal notwendig zu verdeutlichen, was damit gemeint ist. Langfristplanung und langfristige Energiepolitik haben wenig zu tun mit einer weit in die Zukunft reichenden Prognose der Entwicklung des Energiesystems. Sie sind auch nicht die Festlegung von Entscheidungen oder Entscheidungsfolgen in der ferneren Zukunft, sondern sie sind, wie HANSSMANN /2/ es formuliert hat, "die Festlegung der nächsten Entscheidungsschritte unter Berücksichtigung der

langfristigen Zukunft, d.h. unter möglichster Sicherstellung der Tatsache, daß diese nächsten Schritte zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt nicht zu bereuen sein werden".

Die Notwendigkeit, sich im Rahmen heutiger energiepolitischer Entscheidungen auch mit der ferneren Zukunft auseinanderzusetzen, ergibt sich dabei allein daraus, daß heutige Entscheidungen im Energiebereich entweder erst langfristig wirksam werden, oder Auswirkungen auf lange Zeit haben. So schafft z.B. der Bau eines Kraftwerkes Fakten für einen Zeitraum von 20-30 Jahre und die langen Entwicklungszeiten neuer Energietechniken erfordern z.B. im Bereich der Forschungsförderung Entscheidungen, die erst Jahrzehnte später einen nennenswerten Einfluß auf die Struktur der Energieversorgung haben können.

Weit in die Zukunft reichende Betrachtungen waren aber immer mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch kann man wohl mit einiger Berechtigung feststellen, daß gerade in jüngster Zeit die Unsicherheit zu einem dominierenden Element der Energiediskussion geworden ist, so daß mancher Energieplaner mit Wehmut an die Zeiten zurückdenkt, wo die Annahme einer Verdopplung des Stromverbrauchs in zehn Jahren sich als eine brauchbare Planungsgrundlage erwies, die aber auf der anderen Seite, gerade weil sie sich lange als richtig erwies, eine Sicherheit vortäuschte, die nicht gegeben war.

Heute jedoch werden uns die Risiken und Unwägbarkeiten der Energieversorgung fast täglich demonstriert und die jüngsten Ereignisse im Iran sind ein Beispiel dafür. Der Preis und die Verfügbarkeit von Erdöl ist in dem gleichen Maße unsicher, wie es die internationalen Beziehungen sind. Der zukünftige Ausbau der Kernenergie ist unklar, gleiches gilt für die Rolle der Kohle, dem einzigen heimischen Energieträger, der in nennenswertem Umfang vorhanden ist. Ein weiteres Wachstum des Bruttosozialproduktes wird nicht mehr automatisch als eine wünschenswerte Entwicklung angesehen, was die zu betrachtenden Bandbreiten möglicher Energiebedarfsentwicklungen erheblich vergrößert. Und wenn man die gerade beginnende Diskussion über alternative Lebensformen richtig deutet, so werden auch die bisher gültigen gesellschaftlichen Werte und Wertordnungen in Frage gestellt, was sicher nicht ohne Auswirkungen auf die Energieversorgung und damit auf die Energiepolitik bleiben kann.

All das deutet darauf hin, daß energiepolitische und energiewirtschaftliche Entscheidungen einen neuen Grad an Komplexität erlangt haben, daß der Weg in die energetische Zukunft zunehmend unschärfer und weniger klar erkennbar ist. Wenn wir aber wissen, daß die Sicht auf dem Weg vor uns durch Nebel behindert oder gar völlig eingeschränkt ist, ist es da nicht besser, sich auf mögliche Abzweigungen, Hindernisse und schlechte Wegstrecken, die vor uns liegen können, vorzubereiten und z.B. Vorsorge zu treffen, um zwischen alternativen Routen wählen zu können, wenn solche deutlicher sichtbar werden sollten? Dies bedeutet aber nichts anderes, als die bestehenden Unsicherheiten und Risiken verstärkt in unsere Entscheidungsfindung mit einzubeziehen.

Die Fragen, auf die es Antworten zu geben gilt, lauten also nicht:

- Wie hoch wird der Energieverbrauch im Jahre 2000 sein? oder
- Welchen Anteil an der Bedarfsdeckung werden die verschiedenen Primärenergieträger haben?

sondern, welche energiepolitischen Maßnahmen und Entscheidungen sind heute notwendig, um angesichts der bestehenden Unsicherheiten und Risiken und angesichts divergierender Vorstellungen über die anzustrebenden Ziele die Voraussetzungen zu schaffen und die Entwicklungen einzuleiten, welche die für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung unserer Gesellschaft notwendige Energieversorgung gewährleisten. Gefragt sind also keine Prognosen, die, auch wenn sie mit noch so großer Sorgfalt erstellt worden sind, die in der Zukunft liegende Ungewißheit nicht beseitigen können, sondern notwendig ist das, was hier eine "langfristige Energiestrategie" genannt werden soll.

Eine solche Strategie kann Basis sein für die notwendigen energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Entscheidungen, die zu einem Energiesystem führen, das flexibel genug ist, sich neuen Gegebenheiten und Anforderungen anzupassen, die

heute nur unklar erkennbar sind, und das die nötige Stabilität aufweist, um Störungen, die in ihrem Zeitpunkt und Ausmaß nicht vorhersehbar sind, zu überwinden. Die Erarbeitung einer derartigen Energiestrategie erfordert daneben natürlich die Berücksichtigung einer Vielzahl technischer, ökonomischer, ökologischer, sozialer und institutioneller Faktoren, die Einfluß auf die Entwicklung der Energieversorgung haben, wodurch die Aufgabe sicher nicht leichter wird.

Bei sachgerechter, das heißt vor allem sich den Grenzen der Aussagemöglichkeiten bewußter Anwendung, können Energiemodelle einen wichtigen Beitrag bei der Erarbeitung dieser "langfristigen Energiestrategie" leisten:

- Sie können die komplexen Strukturen der Energieversorgung widerspruchsfrei abbilden und ermöglichen damit die Konsequenzen verschiedener energiepolitischer Maßnahmen, wie z.B. zur Energieeinsparung, quantitativ zu ermitteln.
- Sie ermöglichen die Berechnung der "tradeoffs" konfliktärer Ziele, wie z.B. zwischen der Forderung nach einer kostengünstigen und einer sicheren Energieversorgung.
- Sie ermöglichen die Identifizierung sog. "robuster" nächster Schritte, worunter diejenigen Entscheidungen zu verstehen sind, die sich über den gesamten Unsicherheitsbereich der Modellparameter und Umweltkonstellationen als notwendig oder sinnvoll erweisen.
- Und nicht zuletzt ermöglichen sie die Quantifizierung des Einflusses unsicherer Entwicklungen auf das Energiesystem, wie z.B. die unterschiedlicher gesamtwirtschaftlicher Entwicklungen auf die Nachfrage nach Energie.

Auf der anderen Seite, und auch dies soll deutlich gesagt werden, können Energiemodelle auf eine Vielzahl von Fragen, die im Rahmen der Erarbeitung einer "langfristigen Energiestrategie" zu analysieren sind, keine Antworten geben. Insbesondere können sie weder die bestehenden Unsicherheiten reduzieren, noch dem Entscheidungsträger die letztliche Wertung, das Abwägen von Nutzen und Risiken alternativer Entwicklungen ersparen.

Hier scheint nun eine Zwischenbemerkung angebracht. Wenn zuvor von der expliziten Berücksichtigung der Unsicherheit im Rahmen energiepolitischer Entscheidungen gesprochen worden ist, so läßt sich daraus nicht gleich die Forderung nach stochastischen Energiemodellen ableiten, in denen die Unsicherheit einzelner Einflußfaktoren mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen beschrieben wird. In der energiepolitischen Realität ist es schon äußerst schwierig, Unsicherheitsbereiche überhaupt zu quantifizieren, um wieviel schwieriger ist es dann erst, Verteilungsfunktionen der Unsicherheit anzugeben. Aber auch mit deterministischen Modellen läßt sich das Problem der Unsicherheit behandeln. Darauf soll hier aber nicht näher eingegangen werden.

#### 4. Modelle und Entscheidungsprozeß

Mit den bisherigen Ausführungen ist versucht worden, deutlich zu machen, daß Energiemodelle ein brauchbares Instrumentarium sein können, das, richtig angewendet, über ein besseres Verständnis der komplexen Energieprobleme zu rationaleren Entscheidungen führen kann. Neben der Verfügbarkeit leistungsfähiger Modelle und ihrer sachgerechten, der jeweiligen Problemstellung entsprechenden Anwendung ist aber dazu noch eine dritte Voraussetzung zu erfüllen, nämlich, daß die Modellergebnisse auch von denen genutzt werden, die man so unspezifisch die "Entscheidungsträger" nennt. Denn die wertvollsten Ergebnisse bewirken wenig, wenn sie in der Versenkung verschwinden oder nur als wissenschaftliche Reports im Kreis der Modellbauer diskutiert werden. Damit ist das Problem der Kommunikation zwischen den sog. Modellbauern und den sogenannten Entscheidungsträgern, oder man sollte besser sagen, denen, die die Resultate von Modellrechnungen nutzen wollen, angesprochen. Wir wollen hier der Einfachheit halber bei der simplifizierenden Einteilung in die Modellbauer und Entscheidungsträger bleiben, um einige grundsätzliche Anmerkungen zu diesem Problemkreis zu machen, dem in der Vergangenheit zu wenig Beachtung geschenkt worden ist, und zwar von beiden Seiten, d.h. sowohl von den Modellbauern, als auch von den Entscheidungsträgern.

Natürlich sind grundsätzlich unterschiedliche Wege denkbar, um die Einbindung von Modellergebnissen in den Entscheidungsprozeß zu erreichen. Einige propagieren die direkte Kommunikation des Entscheidungsträgers mit dem Energiemodell, d.h. daß der Modellbauer nur für die Erstellung und nicht für den Betrieb des Modells zuständig ist. Der Entscheidungsträger soll sich dabei durch den direkten Dialog mit dem Modell über ein Computerterminal die entscheidungsrelevanten Informationen generieren. Ein derartiger Vorschlag verkennt entweder den Zeitdruck unter dem der sog. Entscheidungsträger gewöhnlich steht und der ihm die aufwendige Detailarbeit mit einem Modell nicht erlaubt, oder er verkennt, daß wir es im Energiebereich mit komplexen Problemen zu tun haben, die mit simplen Modellen nicht adäquat analysiert werden können. Der Aufbau dialogfähiger Energiemodelle für den Entscheidungsträger scheint deshalb kein gangbarer Weg zu sein, eine sinnvolle Nutzung von Energiemodellen zu erreichen.

Der erfolgversprechende Weg liegt in einer "wechselseitigen Kommunikation" zwischen dem Entscheidungsträger und dem Modellbauer. Die Formulierung "wechselseitige Kommunikation" ist hier bewußt gewählt, um auf die jeweils spezifische Rolle und Verantwortlichkeit beider im Rahmen dieses Prozesses hinzuweisen, die es nun kurz zu umreißen gilt.

Voraussetzung für eine nutzbringende Kommunikation ist dabei zunächst die Schaffung einer Verständigungsbasis, eines Minimums an gemeinsamer Sprache, die es dem Modellbauer ermöglicht, die Probleme, die analysiert werden sollen, zu verstehen und die es dem Entscheidungsträger erlaubt, die Möglichkeiten und die Grenzen der Modelle zu erkennen und zu verstehen, warum sie gerade die Ergebnisse produzieren, die sie produzieren. Erwarten der oder die Entscheidungsträger praktisch verwertbare Ergebnisse von der Modellanwendung, so müssen sie hierzu selbst einen Beitrag leisten. Dieser beginnt bei der Formulierung der Problemstellung und Zielsetzung und reicht bis zur Analyse der Modellergebnisse. Die Übertragung der zu Anfang eines Projektes oft nur unscharf beschriebenen Problemstellungen in klar und eindeutig formulierte Zielsetzungen, kann vom Modellbauer nicht allein geleistet werden. Dies gilt im weiteren Verlauf der Arbeiten auch für die Formulierung und im besonderen Maße für die Bewertung und Einordnung alternativer Modellläufe.

Ist mit dem bisher Gesagten die Verantwortung des Entscheidungsträgers oder Auftraggebers grob umrissen, soll nun auf die Rolle des Modellbauers oder Modellbetreibers eingegangen werden. Natürlich ist es zunächst seine Aufgabe, das Modell zu erstellen bzw. zu modifizieren, die notwendigen Eingangsdaten aufzuarbeiten und die eigentlichen Modellrechnungen durchzuführen. Darüber hinaus kommt ihm aber im Rahmen der "wechselseitigen Kommunikation" die Aufgabe zu, dem Entscheidungsträger die nötige Einsicht in das Modell in seine Möglichkeiten und Grenzen zu vermitteln, um ihn damit in die Lage zu versetzen, die Ergebnisse verstehen, einordnen und vor allen Dingen bewerten zu können. Die Offenlegung der implizit und explizit gemachten Annahmen und der Struktur des Modells sowie eine verständliche Darstellung der Modellergebnisse, die sich auf das Wesentliche beschränkt, sind Aufgaben, die dem Modellbauer keiner abnehmen kann.

Man wird sicher noch viele Erfahrungen sammeln müssen, um diesen Prozeß der "wechselseitigen Kommunikation" für beide Seiten möglichst effektiv zu gestalten. In diesem Zusammenhang sei an dieser Stelle noch auf das vom Electric Power Research Institute geförderte Energy Modeling Forum Projekt hingewiesen /3/. Ziel dieses Projektes ist es unter anderem, die praktische Zusammenarbeit von Modellbauern und potentiellen Benutzern zu erproben.

##### 5. Zusammenfassung

Ziel der vorangegangenen Ausführungen war es, den gegenwärtigen Stand der Energiemodellentwicklung darzustellen und aufzuzeigen, welche Aufgaben noch vor den Modellbauern liegen. Dabei wurde manches bewußt vereinfacht dargestellt. Diejenigen, die von den Simplifizierungen betroffen waren, werden um Nachsicht gebeten. Die hier angesprochenen Fragen bedürfen sicher noch einer intensiven Diskussion zwischen allen Beteiligten.

Zusammenfassend bleibt festzustellen: Die Entwicklung der Energiemodelle hat heute

einen Stand erreicht, der es ermöglicht, bei sachgerechter Anwendung dieses Instrumentariums einen Beitrag zur Lösung der vor uns liegenden Energieprobleme zu leisten. Dabei geht es weniger um die Erstellung von Prognosen, als um die Identifizierung derjenigen Entscheidungen und Maßnahmen, die heute notwendig sind, um die Energieversorgung in der Zukunft zu sichern. Der expliziten Berücksichtigung der Unsicherheit und Ungewißheit über die vor uns liegenden Entwicklungen kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu.

Energiemodelle werden aber nur dann ihr Ziel erreichen, wenn es gelingt, eine Brücke zwischen den Modellbauern auf der einen und den sogenannten Entscheidungsträgern auf der anderen Seite zu schlagen. Bei beiden liegt die Verantwortung, ob die Chancen, die die Energiemodelle zur Erarbeitung besserer Entscheidungshilfen bieten, letztlich genutzt werden.

#### LITERATURANGABEN

- /1/ BEAUJEAU, J.-M./CHARPENTIER, J.-P.: A Review of Energy Models, No. 4 - July 1978. International Institute for Applied Systems Analysis, RR-78-12, Laxenburg 1978
- /2/ HANSSMANN, F.: Energiemodelle kritisch gesehen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 6, 26. Jg., 1976
- /3/ SWEENY, J.L./WEYANT, J.P.: The Energy Modeling Forum: Past, Present and Future in diesem Buch