

Szenarien der Energieversorgung – Wege einer optimalen Kombination

Ortwin Renn

Energiesysteme sind nicht beliebig miteinander mischbar. Bei der bisherigen Erörterung der einzelnen Energietechnologien wurde ein spezieller Zweck unterstellt und dann gefragt, mit welchen Konsequenzen eine Erfüllung dieses Zwecks (etwa Bereitstellung von Niedertemperaturwärme) mit Hilfe unterschiedlicher Energiesysteme verbunden ist. Nun gibt es im strengen Sinn keinen Bedarf an Strom, Wärme oder Kraft, sondern nur an Energiedienstleistungen, wie bereits eingangs festgestellt wurde. Diese Dienstleistungen beziehen sich auf:

- die Bereitstellung von Niedertemperatur für Heizzwecke und warmes Wasser,
- die Bereitstellung von hohen Temperaturen für industrielle Prozesse,
- die Bereitstellung von Licht und Kraft für Motoren und Beleuchtung.

Diese Dienstleistungen können durch eine Kombination unterschiedlicher Energiesysteme erbracht werden. Die Zusammensetzung einzelner Energiesysteme zu einem Gesamtversorgungssystem ist dabei keinesfalls beliebig. Zum einen können einzelne Energiesysteme für bestimmte Energiedienstleistungen gar nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand eingesetzt werden, zum anderen bedingen sich einzelne Energiesysteme untereinander oder schließen sich teilweise aus. Aus diesem Grund ist es notwendig, neben den Konsequenzen einzelner Energiesysteme auch die Folgen von ganzen Versorgungssystemen zu betrachten, da es naturgemäß schlechtere und bessere Kombinationsmöglichkeiten gibt.

Das erste große Problem, das sich dem Betrachter von Versorgungssystemen stellt, ist die Frage nach der Höhe des Bedarfs. Dabei geht es um eine Bestandsaufnahme des derzeitigen Bedarfs an Energiedienstleistungen und der voraussichtlichen Entwicklung dieses Bedarfs. Wovon hängt der Bedarf an Energiedienstleistungen ab? Hier sind im wesentlichen vier Faktoren zu nennen:

- die Höhe des Pro-Kopf-Volkseinkommens und damit des Konsum- und Lebensstandards (Wirtschaftswachstum, verfügbares Einkommen),
- der Auslastungsgrad der Volkswirtschaft (konjunkturelle Lage),
- die Wirtschaftsstruktur (Anteil des produzierenden Gewerbes an der Wirtschaft; Anteil energieintensiver Fertigungsbetriebe usw.),
- Werte und Gewohnheiten der Bevölkerung (Konsumorientierung, asketischer Lebensstil, Heiz- und Lüftungsgewohnheiten usw.).

Es braucht nicht besonders betont zu werden, daß sich diese vier Einflußgrößen im Lauf der Zeit verändern. Konjunkturelle Zyklen, unterschiedliche Wachstumsraten, die Veränderung der Industriestrukturen und neue Werte und Gewohnheiten machen es dem Energiepolitiker schwer, den genauen Bedarf an Energiedienstleistungen abzuschätzen.

Aber ist dies denn überhaupt notwendig? Sollte man nicht, wie auch sonst üblich in der Marktwirtschaft, die Verteilung von Energiesystemen zur Deckung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen dem freien Markt überlassen? So häufig der Markt als Koordinierungsinstrument für Angebot und Nachfrage funktioniert, so problematisch erscheint es, sich in der Energiefrage ganz auf ihn zu verlassen.

Dies aus drei Gründen:

1. In der Energiewirtschaft können die immanenten Kräfte des freien Markts nur zum Teil ihre Geltung entfalten. Da es eine sinnlose Verschwendung volkswirtschaftlicher Ressourcen darstellen würde, wenn man beispielsweise mehrere Stromleitungsnetze nebeneinander aufbauen würde, sind von staatlicher Seite im Energieversorgungsbereich Monopolunternehmen zugelassen, die ausschließlich für die Versorgung eines Gebiets zuständig sind (etwa für Strom). Konkurrenz besteht zum Teil auf dem Wärmemarkt (etwa zwischen Öl und Gas), aber auch hier hat der Konsument nur in den seltensten Fällen eine echte „Freiheit“ der Kaufentscheidung (limitierte Konsumentensouveränität).
2. Der Markt reguliert Angebot und Nachfrage über den Preis. In dem Moment, wo weitere Kriterien als nur Wirtschaftlichkeit eine Rolle spielen sollen, ist der Markt als Koordinierungsinstrument überfordert. Für Ziele, wie langfristige Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit vom Ausland, Verbesserung von sozialen Konsequenzen usw., müssen entweder von den Versorgungsunternehmen selber oder von der öffentlichen Hand zusätzliche Regulative eingebaut werden, um eine sozial optimale und nicht nur wirtschaftlich optimale Lösung zu erzielen. Eine Zielabwägung zwischen den verschiedenen Optimierungsregeln ist dabei nur unter politischen Gesichtspunkten zu treffen.
3. Energie ist der Lebensnerv unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Ohne ausreichende Energieversorgung würden sämtliche Industriegesellschaften der Welt zusammenbrechen. Ein Ausfall von Primärenergieträgern über mehrere Monate hinweg würde zu wirtschaftlichen und sozialen Katastrophen führen, deren Ausmaße man sich kaum vorstellen kann. Die Angewiesenheit aller Industrienationen auf Energie macht deshalb eine gesellschaftliche Vorsorge notwendig. Wenn sich beispielsweise langfristige Verknappungserscheinungen ankündigen (wie beim Erdöl), dann sind die Regierungen aufgefordert, bereits frühzeitig für Ersatz zu sorgen, um kommenden Generationen schwierige Konfliktlagen und Engpässe zu ersparen. Dann besteht nur noch die Wahl, entweder auf die Schnelle technische Alternativen zu entwickeln, einen Verteilungskrieg um die letzten Reserven anzuzetteln oder aber den Lebensstandard von heute auf morgen drastisch abzusenken. Vorausschauende Energiepolitik ist also notwendig, besonders dann, wenn der Preis von Energierohstoffen wegen der Unvollkommenheit des Energiemarkts die Knappheitsrelationen nicht völlig wiedergibt.

Aus den obengenannten Gründen erscheint es notwendig, daß die Gesellschaft die Regelung der Energieversorgung nicht allein dem freien Spiel des Markts überlassen darf, allerdings die positiven Effekte dieses Markts voll nutzen sollte. Aber selbst wenn man der Ansicht ist, daß Staat und Gesellschaft sich aus der Energiepolitik weitestgehend zurückziehen und den Versorgungsunternehmen mehr freie Hand geben sollten, dann kommt man an einer Vorhersage des Bedarfs an Energiedienstleistungen ebenfalls nicht vorbei. Denn

anders als in der frühindustriellen Phase, wo man kurzfristig, flexibel und ohne große Kapitalverluste das Angebot der sich verändernden Nachfrage anpassen konnte, müssen die heutigen Energieversorgungsunternehmen über viele Jahre hinweg ihre Planziele im voraus setzen, um die in Zukunft zu erwartende Nachfrage auch befriedigen zu können. Wenn man bedenkt, daß zwischen dem Zeitpunkt der Planung eines Kraftwerks und seiner Erstellung zwischen 6 und 12 Jahren vergehen, dann wird deutlich, daß auch ein Energieversorgungsunternehmen nicht ohne eine Vorausschätzung des zu erwartenden Bedarfs auskommen kann. Fehleinschätzungen des zukünftigen Bedarfs können dabei zu großen finanziellen Verlusten oder auch wirtschaftlichen Engpässen führen. Energiebedarfsprognosen sind also in jedem Fall notwendig, gleichgültig, ob man den Versorgungsunternehmen oder dem Staat den größeren Anteil an der Gestaltung der Energielandschaft überlassen will. Um diesen Gedankengang weiter auszuführen, ist es notwendig, sich über einige Grundbegriffe der Prognostik und Szenariotechnik vorab Klarheit zu verschaffen.

Die einfachste Form, die zukünftigen Entwicklungen abzuschätzen, ist die *Trendextrapolation*. Dabei werden Trends aus der Vergangenheit auf die Zukunft übertragen und über längere Zeiträume beobachtete Zusammenhänge zwischen zwei Größen als allgemeine Gesetzmäßigkeit betrachtet. Im Energiesektor waren solche Extrapolationen bei der Frage der Verknüpfung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch lange Zeit üblich. Extrapolationen haben natürlich nur so lange Geltung, wie der beobachtete Zusammenhang weiterhin besteht. Da man aus dem Vorliegen von zwei zunächst gleichläufigen (korrelativen) Entwicklungen nicht immer auf eine kausale Beziehung schließen darf, ist eine Änderung des Zusammenhangs bei einer Verschiebung von Drittfaktoren durchaus möglich. Wenn man einen dieser verursachenden Drittfaktoren bestimmen kann, so läßt sich durch politische Maßnahmen die Dauerbeziehung zweier Größen auflösen. Durch forcierte Energiesparmaßnahmen und durch Preiserhöhungen für Primärenergiestoffe wurde beispielsweise die festgefügte Bindung zwischen Primärenergieverbrauch und Wirtschaftswachstum entkoppelt, wie man es in den letzten Jahren beobachten konnte. (Zur Entkopplung von Primärenergieverbrauch und Wirtschaftswachstum sei auf die Erläuterungen zu Abb. 3, S. 22 verwiesen.)

Bei den *Prognosen* unterscheidet man zwischen *bedingten* und *unbedingten Vorhersagen*. Die unbedingte Prognose entspricht am ehesten der Trendextrapolation, wobei jedoch komplexe ökonomische Modelle der Kausalstruktur zwischen den verschiedenen Variablen einfließen. Die unbedingte Prognose geht von der Konstanz der wichtigsten Parameter aus und ist daher nur für kurzfristige Vorhersagen gut zu gebrauchen. Bedingte Prognosen geben dagegen die Umstände an, unter welchen Bedingungen die errechneten Ergebnisse eintreffen. Hat man einen Satz von relevanten Bedingungen festgelegt und die ökonomischen Rechenvorgänge sorgfältig und korrekt ausgeführt, dann sind bedingte Prognosen in ihrem Ergebnis immer richtig. Das irritierte Staunen vieler Menschen über die breite Streuung der Prognoseergebnisse, je nachdem welches Institut eine solche Schätzung vorlegt, disqualifiziert das Instrument der Prognose nicht. Jedes Ergebnis ist eine logische Schlußfolgerung der vorher festgelegten Annahmen – d.h. umgekehrt: jeder Analytiker kann jedes Ergebnis erzielen, wenn er nur die entsprechenden Annahmen trifft. Es sind also Annahmen und Bedingungen einer Prognose, die besonderes Interesse verdienen, und nicht deren abstrakte Ergebnisse. Oder um es plakativer auszudrücken: Das Uninteressanteste an Energieprognosen sind ihre Ergebnisse!

Eine Weiterentwicklung der bedingten Prognose ist das *Szenario*. Bei der Szenariotechnik werden einerseits die Rückwirkungen von Variablenänderungen auf die Parameter miteinbezogen (etwa die Frage nach den Folgen des Energiesparens für das Wirtschaftswachstum) und gleichzeitig Unsicherheitsspielräume stärker berücksichtigt. Auch die grundsätzliche Fragestellung ist etwas verlagert: Szenarien geben Antworten auf die Frage, welche Voraussetzungen notwendig oder wünschenswert sind, um bestimmte Ergebnisse bei den abhängigen Variablen (Energiewachstum, Energieverbrauchsstruktur) zu erzielen bzw. welche Folgen bestimmte Maßnahmen für Wirtschaft und Gesellschaft zeitigen werden. Aus diesem Anspruch heraus leitet sich das Ziel der Szenariotechnik ab, ein wirklich umfassendes, widerspruchsfreies Bild der zukünftigen Entwicklung zu zeichnen und zwar – und dies ist charakteristisch für Szenarien – nicht ausschließlich begründet auf Erfahrungen der Vergangenheit. Diese Tatsache stellt hohe Anforderungen an die Konsistenz und die Plausibilität der Annahmen.

Die Grundlage von Szenarien bildet das Erfassen der logischen Reihenfolge von Wirkungsketten in einem definierten Untersuchungsfeld. Aufbauend auf diesen Wirkungsketten wird dann versucht, mögliche zukünftige Situationen zu beschreiben, welche sich aus der gegenwärtigen Situation und angenommenen zukünftigen Entscheidungen ableiten. Das Ergebnis der Vorausschau ist also immer abhängig von Annahmen über zukünftige Aktionen. Eine wichtige Aufgabe der Szenariotechnik besteht im weiteren darin, diese Annahmen systematisch zu variieren, um mehrere alternative Zukunftsbilder zu entwerfen. Dadurch lassen sich bessere Vorstellungen über den Spielraum entwickeln, in dem sich praktische Energiepolitik betätigen kann.

Der spezielle Vorzug der Szenariotechnik liegt in der ganzheitlichen Problemerkennung von alternativen Entwicklungspfaden und damit der Möglichkeit, in einem größeren Rahmen unterschiedliche strategische Verhaltensweisen auf ihre Risiken und Chancen hin abzuschätzen. Dies geschieht in einer zeitlichen Abfolge. Zwischenschritte und Übergänge werden explizit erfaßt und fallen nicht wie bei punktuellen Betrachtungen unter den Tisch. Diese Vorgehensweise ist eine Garantie dafür, daß aufgrund der vorgegebenen Annahmen und den aus der Erfahrung gewonnenen funktionalen Beziehungen zwischen den Variablen ein in sich konsistentes Bild eines Versorgungssystems entwickelt werden kann. Allerdings sagt ein Szenario noch nichts darüber aus, ob der beschriebene Versorgungszustand auch real erreicht werden kann. In der Regel wird es nicht sehr schwer sein nachzuprüfen, ob die technischen Voraussetzungen und die angenommenen Versorgungspotentiale überhaupt mit den angestrebten Zielwerten in Übereinstimmung gebracht werden können. Wesentlich schwieriger ist es jedoch, die Verhaltensweisen von Menschen korrekt vorherzusehen und die Richtigkeit der angenommenen Funktionszusammenhänge nachzuweisen. Die Übereinstimmung eines Szenarios mit der realen Entwicklung ist demnach oft nichts anderes als purer Zufall. Der Zweck des Szenarios ist es jedoch auch nicht, die Zukunft richtig vorherzusagen, sondern die Bedingungen und Voraussetzungen zu bestimmen, die zu einem gewünschten Ergebnis führen sollen oder können.

Systematische Zukunftsanalysen rücken die Frage ins Zentrum, was zu tun ist, um heutige Entscheidungen robuster gegenüber Unsicherheiten der Zukunft zu gestalten. Die Erstellung energiewirtschaftlicher Langfristvorhersagen steht wie jede Art von Prognosen, die über mehrere Jahrzehnte reichen, vor der Schwierigkeit, daß mit zunehmender Reichweite

eine immer größer werdende Anzahl von angenommenen Entscheidungen und Parametern in die Überlegungen einbezogen werden müssen. Diese Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung wird noch durch die Variationsbreite bei der Ausprägung von Parametern vergrößert. Infolgedessen muß man mit einer sehr großen Anzahl denkbarer und plausibler Zukunftsverläufe rechnen, die zum Endzeitpunkt der Betrachtung erheblich voneinander abweichen können. Um dieser Vielfalt möglicher Zukunftsverläufe gerecht zu werden, versuchen systematische Zukunftsanalysen keine Antwort auf die Frage zu geben, wie Strategien für die einzelnen Perspektiven aussehen sollten, sondern rücken vielmehr die Frage in den Mittelpunkt, welche Entscheidungselemente notwendig sind, um eine Offenheit der zukünftigen Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft in jedem Fall sicherzustellen. Wenn es gelingt, diese Frage zu beantworten, dann hätte man Entscheidungselemente gefunden, die weitgehend unabhängig von der Streubreite der realen Entwicklung als richtig angesehen werden können. Diese Elemente schaffen also die Möglichkeit, die Mehrzahl von sinnvollen und wünschenswerten Zukunftsverläufen prinzipiell realisierbar zu machen. Damit würde man ein hohes Maß an Flexibilität erreichen und möglichst wenig die sich langfristig darstellende Situation präjudizieren.

Die systematische Zukunftsanalyse stellt heute den wohl weitestgehenden Ansatz dar, Zukunftsvorsorge zu treffen, indem man Vorbereitungen nicht nur für eine oder vielleicht einige wenige Entwicklungen trifft, sondern eine Vielzahl plausibler Alternativen explizit ins Kalkül einbezieht und hieraus quantitative Schlußfolgerungen allgemeingültiger Art ableitet. Diesem Vorteil einer größeren Robustheit für anstehende Entscheidungen steht als möglicher Nachteil ein relativ großer Aufwand entgegen. Außerdem muß in Zweifel gezogen werden, ob man in der Tat Elemente einer Politik ausfindig machen kann, bei denen eine Verträglichkeit mit allen denkbaren Möglichkeiten der Entwicklung für Wirtschaft und Gesellschaft aufgezeigt werden kann.

Nach dieser kurzen Übersicht über die verschiedenen Verfahren, mit statistischen und prognostischen Mitteln Energiepolitik besser zu planen, sei wiederum auf die Ausgangsfrage Bezug genommen. Wie können solche wissenschaftlichen Verfahren Eingang in die Politik finden und wie sind sie sinnvoll zu interpretieren?

Fangen wir mit den Energieprognosen an. Die Abb. 60 und 61 geben einen Überblick über die Prognosen und ihre Treffsicherheit. Allerdings hat man in der Vergangenheit zwischen Szenario und Prognose noch nicht deutlich genug unterschieden. In der Regel waren die Projektionen als Vorhersage und weniger als „Wenn-dann“-Aussage gedacht. Schon beim ersten Blick auf die Prognosen drängt sich eine Erkenntnis auf: bis zum Jahr 1969 wurde der tatsächliche Energiebedarf weitgehend unterschätzt, danach weitgehend überschätzt. In beiden Fällen hatten sich die Bedingungen grundlegend geändert. Hatte man in den 50er und frühen 60er Jahren den wirtschaftlichen Aufstieg der Bundesrepublik Deutschland unterschätzt, so wurden für die 70er Jahre die wirtschaftliche Prosperität zu positiv eingeschätzt und gleichzeitig die durch die Ölvertéuerung hervorgerufenen Spareffekte nicht ausreichend einkalkuliert. Die heutigen Prognosen reichen von einem absoluten Rückgang der Energienachfrage bis hin zu einer Verdopplung. Wie kann der Energiepolitiker die Vielfalt an Ergebnissen noch sinnvoll interpretieren?

Primärenergieverbrauch

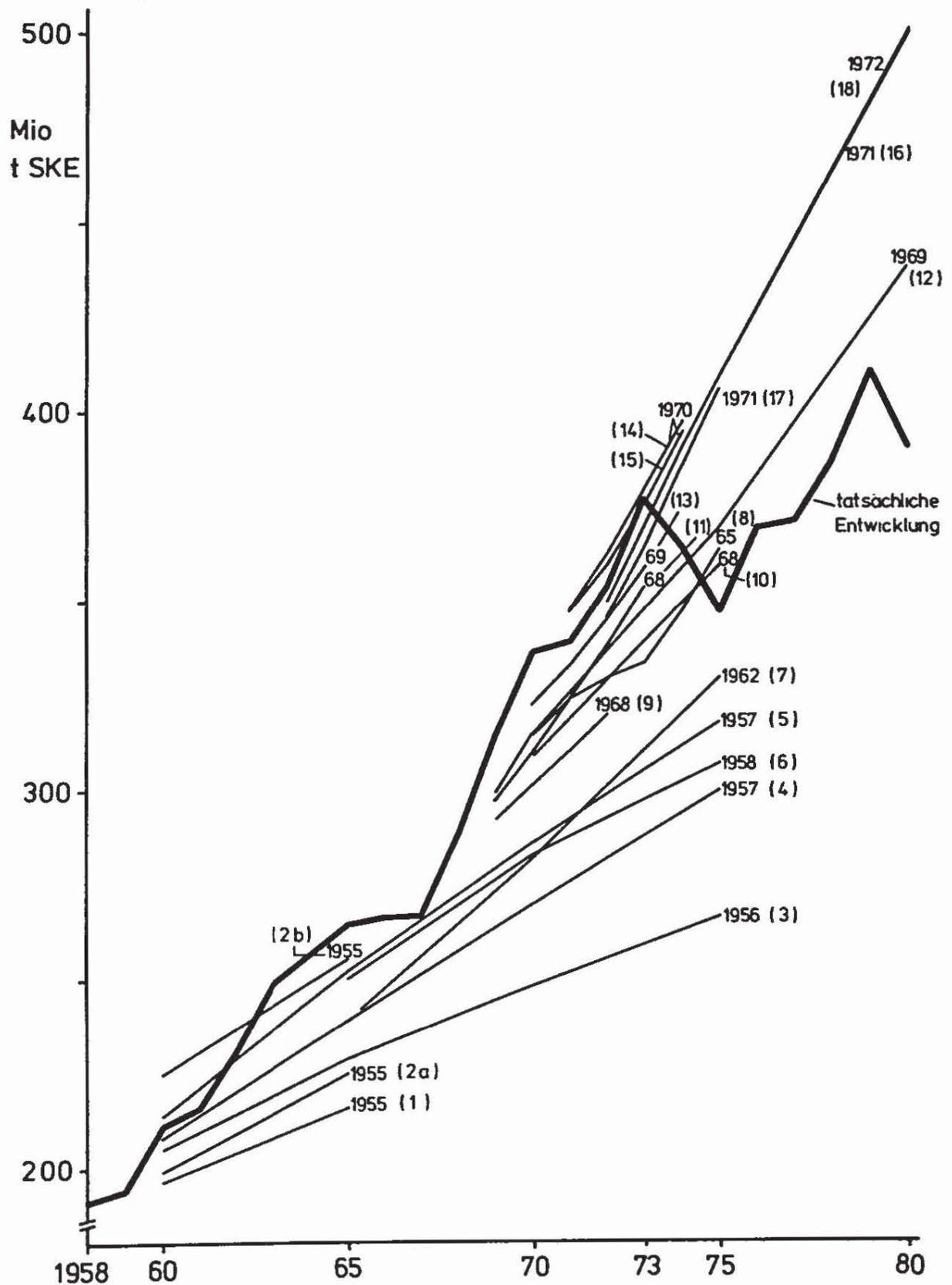


Abb. 60: Energieprognosen aus den Jahren 1955-1972.

(Quellenverzeichnis siehe S. 179; aus: Schmitz, K. et al.: Analyse und Bewertung von Energieprojektionen für die Bundesrepublik Deutschland. Jül-Spez-133, Bd. 1. Jülich 1981)

Primärenergieverbrauch

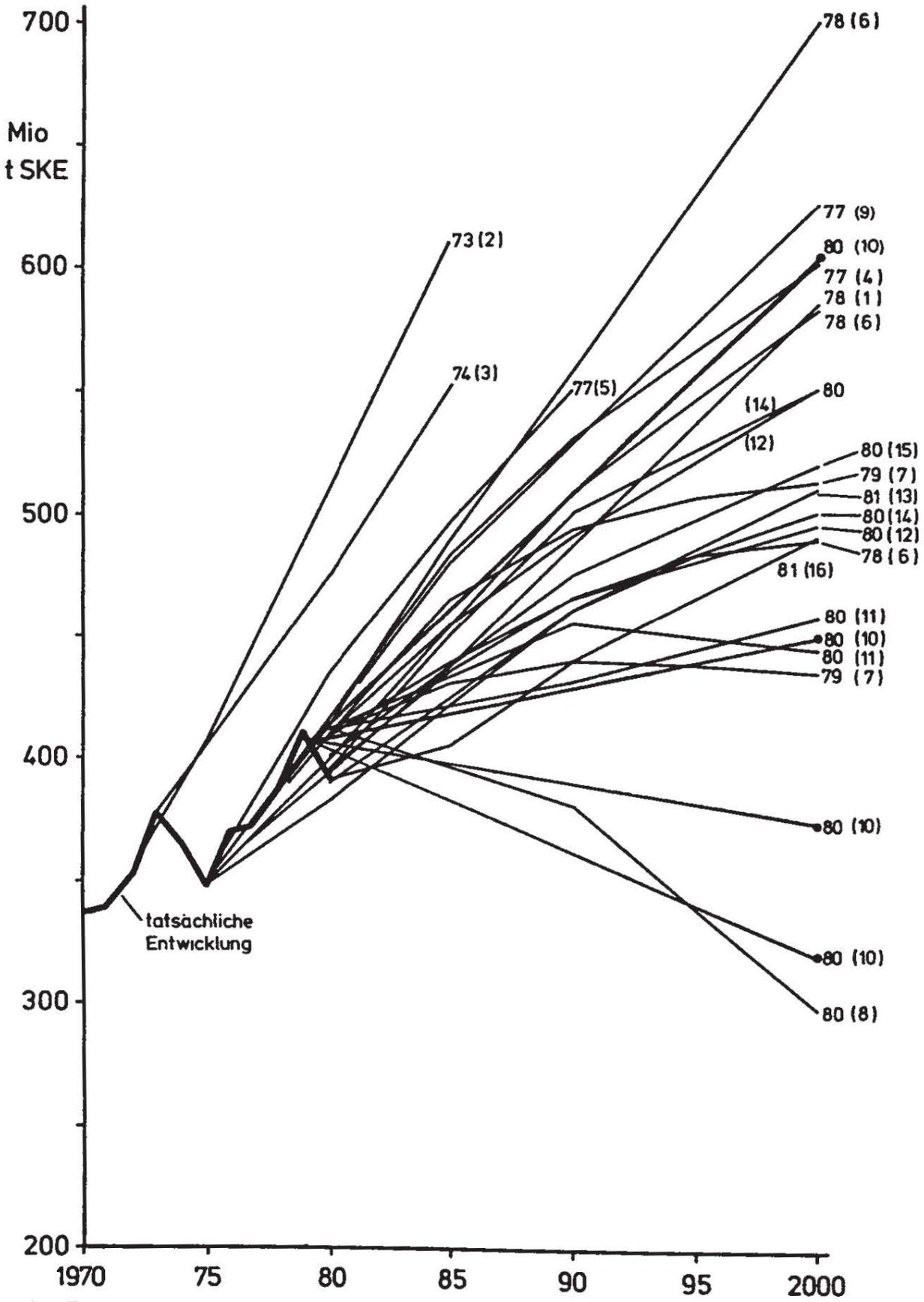


Abb. 61: Energieprognosen aus den Jahren 1973-1980.
 (Quellenverzeichnis siehe S. 180; aus: Schmitz, K. et al.: Analyse und Bewertung von Energieprojek-
 tionen für die Bundesrepublik Deutschland. Jül-Spez-133, Bd. 1. Jülich 1981)

Getreu dem Ausgangspunkt, daß es auf die Ergebnisse nicht ankomme, ist der Energiepolitiker gut beraten, sich die Bedingungen der jeweiligen Prognose genau anzusehen und die Konsequenzen abzuschätzen, die eine Realisierung dieser Bedingungen mit sich bringt. Dies sollte er unter zwei Gesichtspunkten tun:

- Um Ergebnisse von Prognosen richtig einzuschätzen, muß man sich mit den Bedingungen für dieses Analysemodell beschäftigen. Dabei sind strukturelle Trends der Volkswirtschaft relativ zuverlässig ableitbar, Verhaltensannahmen oder branchenspezifische Entwicklungen können jedoch lediglich grob abgeschätzt werden.
- Die Bedingungen für die Modellanalyse können nicht willkürlich gewählt werden; ihr jeweiliger innerer Zusammenhang muß stets berücksichtigt werden. Wer auf ein niedriges Wachstum setzt, muß sich immer mit dem Problem der Arbeitslosigkeit auseinandersetzen. Wer auf Arbeitszeitverkürzung setzt, muß wiederum die Auswirkungen auf die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Wirtschaft und damit auf die Handelsbilanz und den Kapitalmarkt beachten.

Beide Schlüsse sind von zentraler Bedeutung für die Interpretation von Prognosen oder Szenarien. Die genaue Prüfung der Bedingungen und Voraussetzungen gibt dem Politiker eine Überprüfungsmöglichkeit der Plausibilität der getroffenen Annahmen und – wenn ihm die Ergebnisse der Prognosen zusprechen – weist ihn gleichzeitig auf die Richtung der politischen Maßnahmen hin, die er einleiten muß, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Somit ist eine Prognose kein naturgesetzliches Ereignis, sondern eine mögliche Zielvorstellung eines energiepolitischen Programms, das darauf abzielen muß, Bedingungen herbeizuführen, die das gewünschte Ergebnis verursachen. Naturgemäß ist Voraussetzung für jegliche Verwertung von Prognosen, daß modellintern ein konsistentes und realitätsnahes Abbild des Bedingungsgefüges und seiner Folgen einkalkuliert wurde.

Ebenso bedeutsam ist der zweite Punkt: Viele Analytiker und Verwender von Energiemodellen verkennen die wichtige Tatsache, daß für die Querverbindungen der Parameter eines Prognosemodells, etwa zwischen Wachstum und Arbeitslosigkeit, eine beliebige Variation der Bezugsgrößen nicht möglich ist. Darüber hinaus bestehen in der Regel Querverbindungen zwischen den Variablen und den Parametern, die durch Rückkopplungen im Modell erfaßt sind. Alle diese realen Abhängigkeiten engen den Gestaltungsspielraum von Szenarien und Zukunftsanalysen ein und vermitteln gleichzeitig einen Eindruck von den unerwünschten Nebenwirkungen einer an sich wünschenswerten Entwicklung. Gute Szenarios weisen sich gerade dadurch aus, daß sie auf die möglichen Nebenwirkungen von prognostizierten Entwicklungen hinweisen.

Durch die Einbeziehung von Interdependenzen in die Modelle läßt sich verdeutlichen, welche Konsequenzen bestimmte Ziele mit sich bringen und welchen Preis ein Entscheidungsträger für die eine oder andere Maßnahme zu zahlen hat. In dieser Hinsicht sind Szenarien wichtige Entscheidungshilfen, weil sie die komplexen Wirkungszusammenhänge aufdecken, die Manövriermasse für Maßnahmen in der Energiewirtschaft und in der praktischen Politik aufzeigen und die Gefahren von bestimmten Maßnahmen beschreiben können.

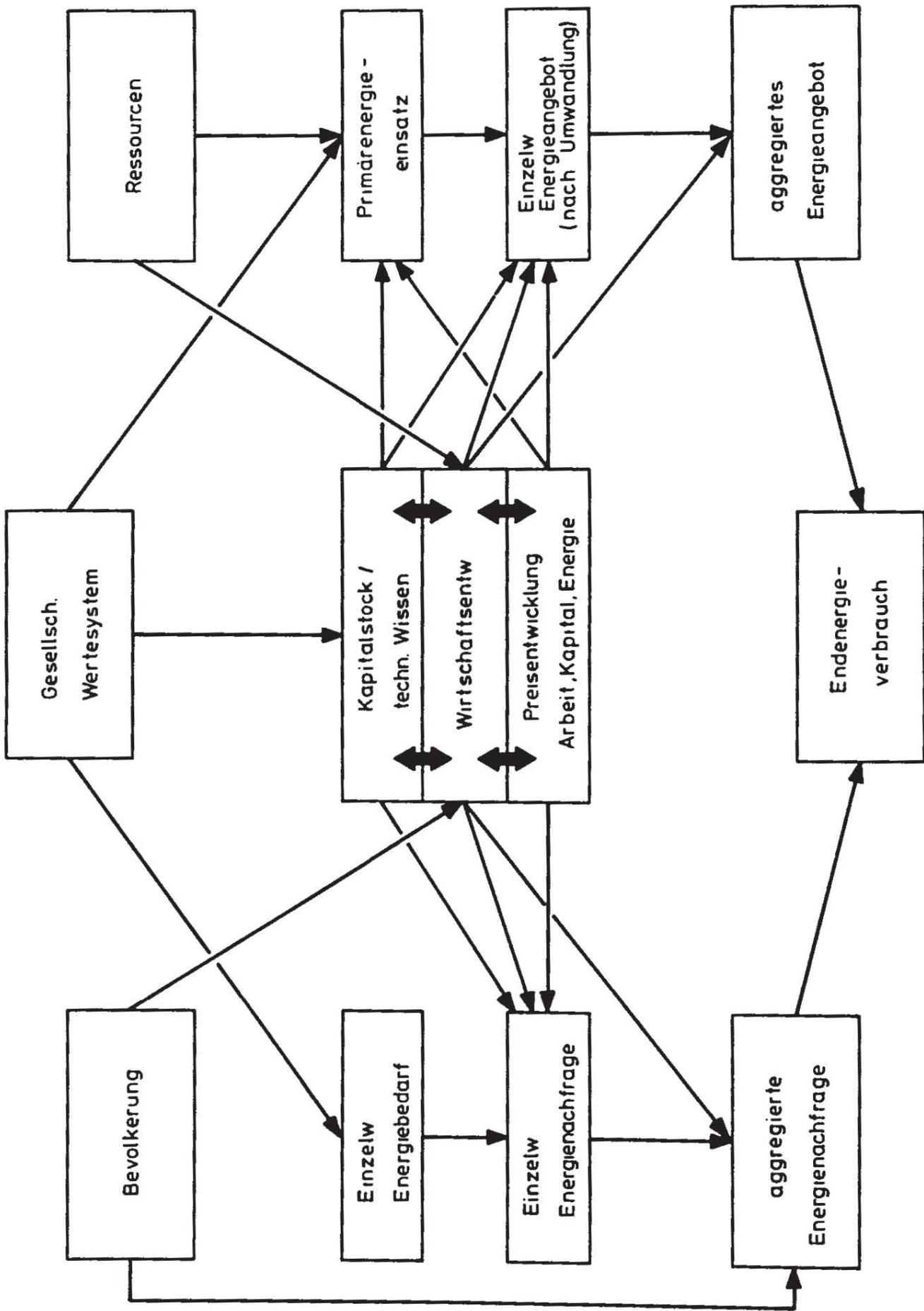


Abb. 62: Determinanten des Energieverbrauchs. (Quelle: Schmitz, K. et al.: Analyse und Bewertung von Energieprojektionen für die Bundesrepublik Deutschland. Jüli-Spez-133, Bd.1. Jülich 1981)

In Abb. 62 wird eine systematische Verkettung der Parameter für jedes Energiemodell aufgezeichnet. Im wesentlichen sind es sechs Einflußgrößen, die eine jede Prognose oder ein jedes Szenario bestimmen:

- die Bevölkerungsentwicklung und ihre Struktur,
- gesellschaftliche Wert- und Präferenzsysteme,
- die Wirtschaftsentwicklung (Strukturveränderung und Wachstum),
- der Kapitalstock und das technische Know-how,
- die Entwicklung der relativen Preise für Arbeit, Kapital und Ressourcen,
- die Verfügbarkeit über Ressourcen.

Wie aus Abb. 62 zu ersehen ist, hängen die Größen eng miteinander zusammen und bedingen sich teilweise gegenseitig. Gute Szenarien sollten sich dadurch auszeichnen, daß innerhalb dieser vorgegebenen Bedingungen die Annahmen explizit erörtert und die Querverbindungen und Folgen dieser Annahmen genau betrachtet werden.

Und damit sind wir am Kernpunkt der Ausführungen angelangt. Wie lassen sich sinnvolle Szenarien zusammenstellen und welche Interpretationsmöglichkeiten bieten sie für den Entscheidungsträger oder für den energiepolitisch interessierten Bürger? Ein gutes Szenario, mit dem man weiterarbeiten kann, sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- eine deutliche Klarstellung der Prämissen,
- eine plausible Erklärung für die Festlegung der Prämissen (etwa Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum),
- Analysen über die Querverbindungen der Parameter und der Nachweis ihrer vollständigen Berücksichtigung,
- modellinterne Konsistenz und realitätsnahe Verarbeitung der Daten (interne Validität),
- transparente Darstellung und nachvollziehbare Analyseschritte,
- ausführliche Darlegung der Ergebnisse und ihrer Folgen und die
- Berücksichtigung von Unsicherheit und Parameter-Variationen.

Der letzte Punkt bedarf noch einer kurzen Erörterung. Viele exogene Größen des Modells sind weniger von der Wünschbarkeit bestimmter Maßnahmen geprägt, als von den nicht durch Politik oder andere Maßnahmen beeinflussbaren Entwicklungen. Insbesondere sind hier die Bevölkerungsentwicklung, die Möglichkeit von veränderten Präferenzen und Werten und auch die allgemeine Weltwirtschaftslage zu nennen. Darüber hinaus sind natürlich auch die beeinflussbaren Größen, wie Wachstumsraten, Ressourcenzugang oder Kapitalstock nicht beliebig variierbar, sondern nur im Rahmen von Bandbreiten zu gestalten. Bei Szenarien für langfristige Entwicklungen ist es deshalb notwendig, der Unsicherheit von möglichen Alternativverläufen dadurch Rechnung zu tragen, daß im Rahmen des Modellzeitraums andere mögliche Entwicklungslinien verfolgt und ihre Implikationen untersucht werden. Natürlich sind einer solchen Sensitivitätsanalyse enge Grenzen gesetzt;

man kann hier nicht jeden denkbaren Fall durchspielen. Bedenkt man aber die Einschränkungen von Entwicklungsmöglichkeiten durch die inneren Zusammenhänge der Datenstruktur und schließt man sehr unwahrscheinliche Diskontinuitäten, wie Revolutionen der Wirtschaftsstruktur oder des Wertesystems aus, so läßt sich im Rahmen von Szenarien durchaus mit Hilfe begrenzter Variationen von Modellannahmen ein weites Band möglicher Zukunftswege abstecken. Ebenso sinnvoll ist es natürlich, über systematische Zukunftsentwürfe die Toleranzgrenzen des politischen Handelns für bestimmte Perspektiven aufzuzeigen.

Unter der Voraussetzung, daß Szenarien oder Zukunftsanalysen nach den oben beschriebenen Gütekriterien aufgestellt und überprüft worden sind, können sie einen wichtigen Beitrag für die praktische Energiepolitik leisten. Voraussetzung ist hierfür wiederum, daß der Energiepolitiker oder der mit Energiefragen beschäftigte Entscheidungsträger den Inhalt solcher Modelle richtig zu lesen vermag. Einige wenige Interpretationsregeln reichen im Grund genommen aus, um Szenarien für die Entscheidungsfindung nutzbar zu machen:

1. Szenarien der Energieversorgung sagen nichts darüber aus, wie die Versorgung im Jahr X aussehen wird, sondern wie sie unter welchen Umständen aussehen könnte oder auch sollte.
2. Szenarien kommen dann der zu erwartenden Entwicklung am nächsten, wenn die Bedingungen stärker auf der Beharrlichkeit struktureller Trends als auf Verhaltensänderungen beruhen.
3. Szenarien sind umso wertvoller für den Entscheidungsträger, je plausibler die Umstände und Annahmen begründet sind und je einfacher eine Realisierung dieser Bedingungen für die Entscheidungsträger ist.
4. Gute Szenarien geben dem Entscheidungsträger Hinweise, welche Auswirkungen bestimmte Maßnahmen und Strukturveränderungen auf Wirtschaft und Gesellschaft haben. Besondere Vorsicht ist dann angebracht, wenn mit der geforderten Veränderung eines Bedingungssystems (um bestimmte Ziele zu erreichen) nur positive oder nur negative Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft prognostiziert werden.
5. Szenarien und vor allem systemanalytische/systematische Zukunftsanalysen gehen über die Information der Nebenwirkungen hinaus, indem sie Vorgaben für mögliche Handlungsspielräume für Entscheidungsträger aufzeigen. Auf der einen Seite weisen sie auf Sachzwänge hin, die einer an sich vernünftigen Lösung entgegenstehen, auf der anderen Seite aber können sie Gestaltungsmöglichkeiten identifizieren, die bislang noch viel zu wenig genutzt werden.
6. Aus den Sensitivitätsanalysen kann der Entscheidungsträger ersehen, welche Veränderungen sich bei einer Variation der Annahmen ergeben. Die Information kann ihn entweder zur Korrektur von schon erkannten Fehlentwicklungen veranlassen oder ihm Bandbreiten von Entwicklungslinien aufzeigen, die alle noch zu wünschenswerten Erkenntnissen/Ergebnissen führen.

Wenn es gelingen sollte, den Gütegrad von Szenarien durch wissenschaftsinterne Diskussionen und Überprüfungen zunehmend zu verbessern, den Entscheidungsträger für die wirkliche Aussagekraft solcher Szenarien zu sensibilisieren und auch die Öffentlichkeit über Sinn

und Unsinn solcher Szenarien aufzuklären, dann könnten von der systemanalytischen Szenario- und Prognosetechnik wichtige Impulse für die Energiepolitik ausgehen. Wer die Grundlagen der Prognose- und Szenariotechnik durchschaut und ihre Aussagekraft richtig einzuschätzen weiß, der kann mit ihrer Hilfe wichtige und notwendige Informationen zu einer rationalen Bewältigung der Zukunft ableiten.

Quellenverzeichnis zu Abbildung 60:

- (1) Köhn, Dr. H., Esso AG Hamburg: Der westdeutsche Energiebedarf bis 1965 und seine Deckung. Wirtschaftsdienst 35 (1955), S. 679–702
- (2) (a) Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft VIK
(b) Tätigkeitsbericht 1954, S. 2–5
- (3) Ebert, K. und von Ludwig, S.: Vorschau auf die Energiebedarfsentwicklung der Bundesrepublik Deutschland in den nächsten zwanzig Jahren. Glückauf 92 (1956), S. 1257–1270
- (4) Köhn, D. H., Esso AG Hamburg: Der westdeutsche Energiebedarf bis 1975 und seine Deckung. Erdöl und Kohle 10 (1957), S. 406/11
- (5) Armand, L.; Etzel F und Giordani, F.: Ziele und Aufgaben für EURATOM. Brüssel 1957
- (6) Rumler, F.-J. und Schönauer, G.: Die Deckung des künftigen Rohenergiebedarfs der deutschen Bundesrepublik. Atomwirtschaft 3 (1958), S. 285–286, 393–396
- (7) Untersuchung der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft. Hohe Behörde, Bulletin, Europäische Gemeinschaft. Kohle Stahl 7 (1962), Sondernummer 3
- (8) Bischoff, H.-H.: Unternehmensverband Ruhrbergbau. Interne Ausarbeitung 1965
- (9) Bekanntmachung der ersten Absatzvorausschätzungen für Steinkohle vom 15. 8. 1968. Bundesanzeiger 20 (1968), Nr. 153, S. 1–2
- (10) Der Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland von 1950–1975. BP Benzin und Petroleum AG Hamburg. September 1968
- (11) Die kurz- und mittelfristigen Absatzaussichten der deutschen Steinkohle. Wochenbericht DIW 35 (1968), S. 299–303
- (12) Fischer, K.-D.: Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland nach Energieträgern. Informationsveranstaltung der Esso AG in Köln, Mai 1969
- (13) Bekanntmachung der dritten Absatzvorausschätzung für Steinkohle vom 27. 11. 1969. Bundesanzeiger 21 (1969), Nr. 224, S. 2
- (14) Die kurz- und mittelfristigen Absatzaussichten der deutschen Steinkohle. Wochenbericht DIW 37 (1970), S. 394–454
- (15) Bekanntmachung der vierten Absatzvorausschätzung für Steinkohle vom 25. 11. 1970. Bundesanzeiger 22 (1970), Nr. 226, S. 2–3
- (16) Die kurz- und mittelfristigen Absatzaussichten der deutschen Steinkohle. Wochenbericht DIW 39 (1972), S. 21–28
- (17) Bekanntmachung der fünften Absatzvorausschätzung für Steinkohle vom 10. 12. 1971. Bundesanzeiger 23 (1971), Nr. 235, S. 3
- (18) Liebrucks, M.: Internationales Symposium des Gottlieb-Duttweiler-Instituts „Energie, Mensch und Umwelt“. Zürich, Februar 1972

Quellenverzeichnis zu Abbildung 61:

- (1) Pestel, E.: Das Deutschlandmodell – Referenzszenario. Stuttgart 1978
- (2) BMWI: Das Energieprogramm der Bundesregierung, 1973
- (3) BMWI: Erste Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung, 1974
- (4) BMWI: Zweite Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung, 1977
- (5) Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. Nr. 30, S. 265 Bulletin, Sonderausgabe. Grundlinien und Eckwerte für die Fortschreibung des Energieprogramms, 1977
- (6) Schmitz, K.: Langfristplanung in der Energiewirtschaft – Eine Computersimulation für die Bundesrepublik Deutschland. Basel, Boston und Stuttgart, 1979
- (7) Deutsche Shell AG, Hamburg: Trendwende im Energiemarkt – Szenarien für die Bundesrepublik bis zum Jahre 2000. Hamburg 1979
- (8) Öko-Institut, Freiburg: Energiewende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran. Frankfurt 1980
- (9) Deutsche BP AG, Hamburg: Energie 2000 – Tendenzen und Perspektiven. Hamburg 1977
- (10) Zukünftige Kernenergie-Politik. Bericht der Enquete-Kommission, 1980
- (11) Die geteilte Zukunft. Szenarioplanung der Shell, 1980
- (12) BP AG: Prognose des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland bis 2000. Hamburg 1980
- (13) BP AG: Energieperspektiven 1950 – 1980 – 2010. Hamburg 1981
- (14) VEBA AG: Energieprognose für die Bundesrepublik Deutschland, 1980-2000. Düsseldorf 1980
- (15) Esso AG: Kurzinformationen Energie/Öl. Hamburg 1980
- (16) Esso AG: Kurzinformationen Energie/Öl. Hamburg 1981