

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	69 (1978)
<b>Heft:</b>	19
<b>Artikel:</b>	Die Problematik von Prognosen über den Bedarf an elektrischer Energie
<b>Autor:</b>	Lienhard, H.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-914943">https://doi.org/10.5169/seals-914943</a>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die Ergebnisse der Berechnungsbeispiele dürften darauf hinweisen, dass die Einräumung von Sondertarifen für elektrische Raumheizung längerfristig gesehen insbesondere bei jenen Werken problematisch ist, welche Versorgungsgebiete mit lockerer Besiedlungsdichte zu bedienen haben. Im allgemeinen ist der Grundsatz erhärtet, dass eine allenfalls fehlende Wirtschaftlichkeit der allelektrischen Versorgung nicht über Tariferlöse ausgeglichen werden sollte, die vom Normalkonsumenten zusätzlich erbracht werden müssten. Das Schwerpunkt der Untersuchung liegt deshalb bei Netzen mit geringer spezifischer Versorgungsdichte, weil dort die wirtschaftlichen Engpässe am offenkundigsten zutage treten. Trotzdem weisen die Rechnungsergebnisse darauf hin, dass auch in solchen Netzen eine zunehmende Verbreitung der Allelektrifizierung nicht als undurchführbar abzuschreiben ist, wenn sich das Verteilwerk grundsätzlich mit der blosen Deckung der betreffenden Grenzkosten begnügt. Die Konkurrenzfähigkeit der

selbst auf dieser Basis ermittelten Gestehungspreise bleibt allerdings mit zunehmendem Allelektrifizierungsgrad nur dann aufrecht, wenn sich die Preisrelationen zwischen dem zu substituierenden Energieträger und der Elektrizität auf längere Sicht zugunsten der letzteren verschieben. Eine mögliche Verknappung der flüssigen Brennstoffe, die eine vermehrte Substitution auch in lockeren Siedlungsräumen erzwingen wird, dürfte aber die vorgenannte Voraussetzung automatisch herbeiführen.

#### Literatur

- [1] VSE-Statistiken über elektrische Raumheizung.
- [2] Künftige Elektroheizsysteme, Studie des VDEW-Arbeitsausschusses «Elektrische Raumheizung und Klimatisierung», September 1976.

#### Adresse der Autoren

E. Enz, dipl. Ing. HTL, Metrohm AG, Herisau und T. Wipf, dipl. Ing. ETH, St.Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG.

## Die Problematik von Prognosen über den Bedarf an elektrischer Energie<sup>1)</sup>

Von H. Lienhard

*Vor der Ölkrise war unter einem Regime des «stabilen» und gesicherten Wirtschaftswachstums die Prognose der Nachfrage-Entwicklung nach elektrischer Energie mit für die Investitionstätigkeit genügender Genauigkeit durch «Fortschreibung» möglich. Dies ist bei der heutigen labilen Wirtschaftslage sehr viel schwieriger geworden. Verstärkt wird diese Unsicherheit durch die gesellschaftspolitisch motivierten, stark rivalisierenden energiepolitischen Vorstellungen verschiedener Interessengruppen. Trotz grosser Anstrengungen zur Schaffung neuerer und verbesserter Prognosemethoden sind die bisher erreichten Resultate immer noch unbefriedigend und erfordern weiterhin grosse Forschungsanstrengungen und kritische Diskussionen.*

### 1. Grundaspekte des Prognostizierens

#### 1.1 Warum prognostizieren wir?

Prognostizieren ist eine Tätigkeit, die gesellschaftlich schon fast geächtet ist. Wer um seinen Ruf als Wissenschaftler bangt, wird Modelle bauen, Projektionen entwerfen, Szenarien konstruieren, Zukünfte definieren oder – bereits an der unteren Grenze des noch Vertretbaren – futurologische Gedanken in eine genügende Dosis Kritik und Gegenkritik sorgfältig einpacken, aber er wird sich hüten, zukünftige Ereignisse und Zustände zu prognostizieren. Warum? Weil sich so viele Prognosen später als falsch erwiesen haben? Oder weil es so viel schwieriger und aufwendiger ist, eine möglichst umfassende und abgesicherte Prognose zu erstellen, zu begründen und zu vertreten? Oder liegt es gar daran, dass es wertneutrale Prognosen gar nicht gibt und damit immer politische Aspekte, sei es bei deren Erarbeitung, der Darstellung der Prognosenergebnisse oder den vorausgesagten Ereignissen, Zuständen und deren Wirkungen eine bedeutsame Rolle spielen?

Trotz allen diesen Schwierigkeiten und Vorbehalten prognostizieren wir alle dauernd, im Berufsleben, zu Hause und

*Avant la crise pétrolière, lorsqu'on était encore sûr d'avoir une croissance économique régulière, on pouvait prévoir l'évolution de la consommation d'énergie électrique avec suffisamment de précision pour pouvoir planifier sans peine les investissements. Cela est bien plus difficile dans les circonstances actuelles incertaines, et cela d'autant plus que les conceptions de politique énergétique des différents groupes d'intérêt se heurtent. On a bien essayé d'élaborer des méthodes prévisionnelles nouvelles et améliorées, mais sans parvenir à des résultats satisfaisants. Aussi faudra-t-il poursuivre les recherches en réunissant les efforts.*

bezüglich der Realisierungschancen unserer geheimsten Wünsche.

Warum spielen also Prognosen eine so eminent wichtige Rolle und sind durch nichts zu ersetzen? Weil es sich um eine Art der menschlichen Zukunftsbewältigung handelt. Immer ist gegenwärtiges Handeln und Verhalten mit der Zukunft verknüpft, auf die Zukunft ausgerichtet. Die Bewältigung der uns gestellten Aufgaben ist nur möglich durch das Fällen zukunftsbezogener Entscheidungen, sei dies im persönlichen Bereich, im Betrieb oder in der Politik. Gute Prognosen ermöglichen eine realitätsbezogene Planung und damit sachgerechte und wirkungsvolle Entscheidungen. Deshalb also die grosse Bedeutung der Prognosen in der Wissenschaft und Politik, geht es doch um die Festlegung des optimalen zieladäquaten Verhaltens bei möglichst präziser Abschätzung des nutzbaren Aktionsraumes.

#### 1.2 Das Grundproblem des Prognostikers

Bevor wir uns einzelnen Prognosemethoden zuwenden, müssen wir uns mit den Grundproblemen befassen, mit denen sich jeder Prognostiker beschäftigen muss (vgl. dazu Fig. 1). Es sind dies die Fragen:

- Wer will etwas über zukünftige Ereignisse, Zustände oder Zustandsänderungen wissen? Ich selbst (aus Wissensdurst, aus

<sup>1)</sup> Referat gehalten am 23. Mai 1978 im Rahmen des Kolloquiums für Forschungsprobleme der Energietechnik des Instituts für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft von Prof. H. Leuthold an der ETH, Zürich.

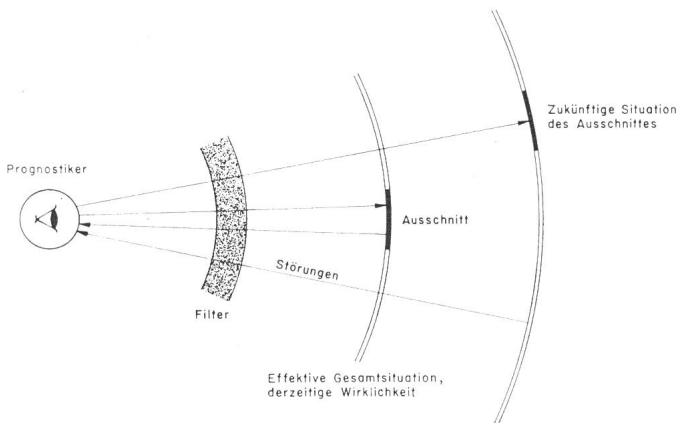


Fig. 1 Das Grundproblem des Prognostikers: Nur ein Teil der relevanten Wirklichkeit wird über Filter erkennbar

Interesse) oder mein (wissenschaftlicher, wirtschaftsorientierter oder politischer) Auftraggeber?

– Welcher Ausschnitt aus der Wirklichkeit oder Ideenwelt soll bezüglich der zukünftigen Entwicklung vorausgesagt werden?

– Wie ist die für die Prognose massgebende Ausgangssituation heute? Gibt es darüber gesicherte, ausreichende und zugängliche Aussagen und Zahlen? Sind die vermutlich massgebenden Sachzusammenhänge bereits klar ersichtlich, und gibt es darüber empirisch abgesicherte Theorien (Informationsstand)?

– Welche Hindernisse und sachlichen Restriktionen stehen einer Abklärung der Ist-Situation entgegen (z. B. Kosten, Zeitaufwand, fehlende Sachkenntnisse, politische Lage usw.)?

– Ist mit der Formulierung des Untersuchungszweckes (des Prognoseziels) unter Umständen bereits eine Vormeinung über die möglichen Prognoseresultate verbunden?

Solche und ähnliche Fragen werden wir uns zweckmäßig immer stellen müssen, bevor wir wissenschaftliche Prognosen erstellen und erarbeitete Resultate veröffentlichen werden. Wie die Fig. 1 veranschaulichen soll, kann unser forschender Blick immer nur einen Ausschnitt der Wirklichkeit erfassen, und unser freies Sehen ist bereits hier durch einen Filter gehemmt, der in einer gewissen Voreingenommenheit dem zu untersuchenden Problem gegenüber, einem selektiven Interesse, der Rücksichtnahme auf Theorie und herrschende Meinungen oder gar Ideologien getrübt ist.

Das sich uns bietende Bild der Wirklichkeit ist zudem unvollständig und oft stark vereinfacht; Störeinflüsse aus andern Bereichen der Wirklichkeit verfälschen zusätzlich unsern Bildindruck. Schliesslich wird die erwähnte Filterwirkung auch bei der Prognoseerstellung nochmals mehr oder weniger stark wirksam werden. Fassen wir also zusammen: Die erwähnten Grundprobleme spielen oft eine viel grössere Rolle als die Wahl einer bestimmten Prognosemethode.

### 1.3 Prognosen im Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen

Versteht man unter einer Theorie eine Erklärung oder ein Erklärungsmodell naturwissenschaftlicher Abläufe oder ökonomisch-technischer Prozesse, so ist das Erarbeiten von Prognosen ein massgeblicher Bestandteil jeder Theoriebildung.

Ausgehend von der Beobachtung von Ereignissen und – wenn immer möglich – der Messung der problemrelevanten Größen, erfolgt die statistische Auswertung und Bewertung der untersuchten Zusammenhänge (vgl. Fig. 2). Aufgrund von Intuition, Vermutungen und Vorstellungen wird eine Hypothese (oder Theorie) formuliert, welche alle jene Zusammenhänge ausdrücken soll, die man aus den beobachteten und errechneten Daten abzuleiten sucht. Aus dieser Hypothese (Theorie) werden nun Schlüsse über das Eintreten zukünftiger Ereignisse gezogen und dabei bisher empirisch nicht bekanntes Wissen aus der Theorie deduziert (abgeleitet). Solche Prognosen haben den Charakter von voreilenden Behauptungen, die durch die spätere Wirklichkeit bestätigt oder widerlegt werden. Nichtbestätigung bzw. grosse Abweichungen zwischen Prognose und Ist-Wert führen zu weitergehenden Beobachtungen und zur Formulierung neuer Theorien; Bestätigungen erfordern schliesslich die breitere Absicherung durch neue, umfassendere und präzisere Beobachtungen. Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematischer Statistik ist es zudem, abklären zu helfen, ob gewisse Abweichungen vertretbar dem Zufall zuzuschreiben sind oder ob es sich um signifikante Abweichungen handelt, nach deren Ursachen zu forschen und aufgrund deren die Theorie zu modifizieren ist.

## 2. Methodologische Grundlagen

### 2.1 Zum Verhältnis von Prognose und Planung

Wir haben bereits klargestellt, was wir unter einer Prognose verstehen. Nötig ist aber jetzt noch die Abgrenzung zur Planung oder dem (Aktions-)Programm.

Ist eine Prognose eine – wenn auch nur bedingt wertfreie – Analyse und Abschätzung zukünftiger Entwicklungen und Zustände, so enthält der Begriff Planung das zielbezogene und möglichst effiziente Einsetzen aller verfügbaren Mittel zur Erreichung des vorgegebenen Planungsziels, oft konkretisiert durch ein detailliertes Aktionsprogramm. Planung hat also oft eine Prognose zur Absteckung des Aktionsraumes zur Voraussetzung; viele politisch motivierte Planungen oder Pro-

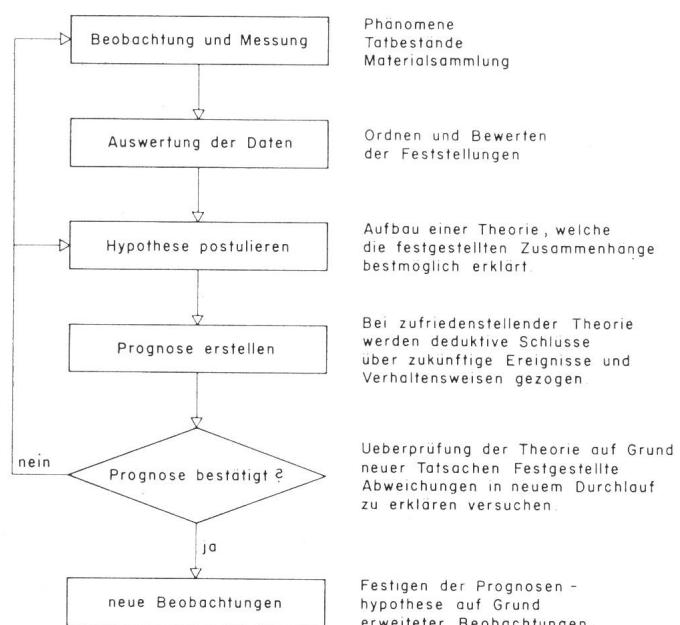


Fig. 2 Die Bedeutung von Prognosen im Ablauf von wissenschaftlichen Untersuchungen und bei der Theoriebildung

gramme sind aber gerade deshalb so attraktiv für ihre Anhänger, weil die Erfolgschance ihrer Planung nicht durch die Resultate einer objektiven Prognose beeinträchtigt wird.

Betrachten wir jetzt den Zusammenhang zwischen Prognose, Planung und Entscheidung im Zeitablauf anhand der Fig. 3. Aufgrund einer Situationsanalyse ist eine Prognose – etwa über den Bedarf (die «Menge») an elektrischer Energie in den Prognosejahren  $t_j$  – erstellt worden. Daraus sind im Hinblick auf das Ziel der Versorgung des Landes mit einer gewissen Versorgungssicherheit (als Wahrscheinlichkeit ausgedrückt) von zum Beispiel 0,98 entsprechende Planungsvarianten auszuarbeiten, mit welchen dies erreicht werden könnte (Alternativen der Beschaffung, Art und Zusammensetzung von Produktionsanlagen usw.). Die Gesamtheit der real planbaren (nicht die Menge der wünschbaren) Alternativen bildet das Entscheidungsfeld, aus dem durch einen konkreten Entscheid die bezüglich des Ziels optimale zur Realisierung bestimmt wird. Werden anschliessend die nötigen Massnahmen veranlasst, erfolgt also der gezielte Mitteleinsatz, so werden im Zeitablauf die rechtlichen und sachlichen Begrenzungen wirksam werden. Ja es können die Gegenwirkungen den Einsatz der eigenen Mittel, konkret etwa der Bau eines Kernkraftwerkes, sehr stark beeinflusst oder gar gebremst werden. Auch das endlich erreichte Planungsresultat (die Inbetriebnahme des Kraftwerkes) wird objektive Wirkungen haben, die von der Allgemeinheit oft kritisch bewertet werden. Diese neue Situation muss dann über den Ist- und Soll-Zustandsvergleich wieder Ausgangspunkt neuer Prognosen sein.

Hier muss noch ein Wort – gerade im Zusammenhang mit der heutigen Lage der Elektrizitätswirtschaft – zur Frage des Planungsrisikos gesagt werden. Gehen wir zur Verdeutlichung wieder von den ordnungspolitischen Extremvarianten aus: In der Matrix der Fig. 4 ist dies eine marktwirtschaftliche oder eine planwirtschaftlich-staatliche Ordnung, die als Entscheidungsträger wirksam ist. Im ersten Fall ist das Elektrizitätswerk, im zweiten der Staat bzw. die staatliche Verwaltung als Vollzugsorgan der zuständige Planungsträger. Die Kernfrage der Allokation (Zuordnung) der Träger ist die nach dem Risikoträger richtiger oder verfehlter Planung. In der marktwirtschaftlichen Ordnung ist dies die Unternehmung, also das zuständige Elektrizitätswerk, bei staatlicher Planung direkt der Steuerzahler in Bund und Kanton. Es gilt der Grundsatz: Wer über die Investitionen – etwa neuer Kraftwerke – bestimmt, trägt auch das Risiko. Unter diesem Aspekt betrachtet, dürfte der geforderte Bedarfsnachweis, der in Zukunft als Bedingung für die Bewilligung zum Bau neuer Kernkraftwerke gesetzlich festgelegt werden soll, noch zu einigen Problemen oder gar Änderungen bezüglich der Verantwortlichkeit für die Versorgungssicherheit Anlass geben.

## 2.2 Die Nachfragefunktion

Die Bedürfnisse der Individuen werden in der Volkswirtschaftslehre als die dem Einzelnen noch klar bewussten Bestimmungsgründe seines Verhaltens angenommen, und diese determinieren sein persönliches und wirtschaftliches Handeln. Bedürfnisse können durch den Einsatz geeigneter Mittel, zum Beispiel von Energie zur Raumheizung, befriedigt werden. Der Einsatz von Mitteln schafft einen bestimmten, bewertbaren Nutzen. Sind die gewünschten Mittel knapp (d.h. nicht ohne Kosten für den Einzelnen erlangbar), so haben sie einen bestimmten Wert, werden also bewertet und sind damit Gegen-

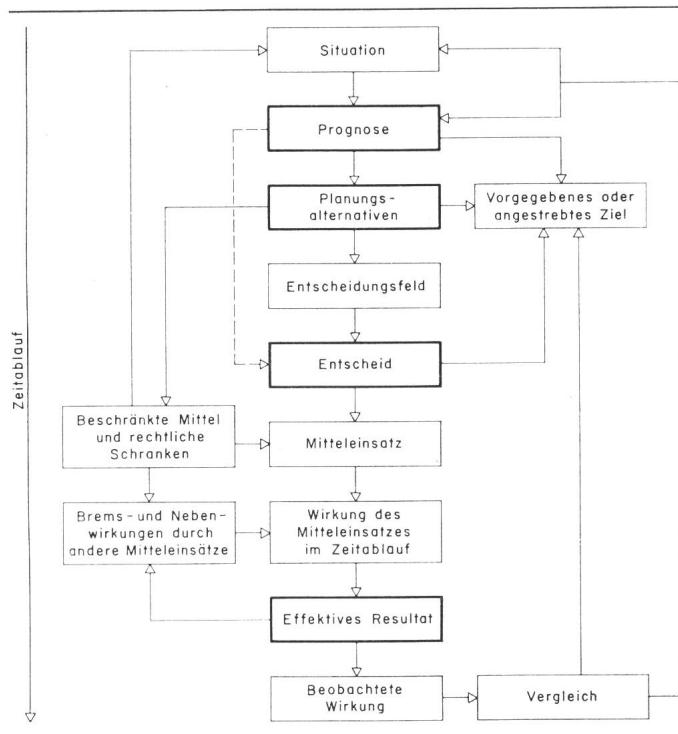


Fig. 3 Der methodische Zusammenhang zwischen Prognose, Planung und Entscheidung im Zeitablauf

Entscheidungsträger	Planungsträger	Risikoträger
Markt	Unternehmung	Unternehmung
Staat	Staat	Steuerzahler

Fig. 4 Die Grundmatrix der Zuordnung (Allokation) der Träger

stand jener menschlichen Tätigkeit, die man «wirtschaften» nennt. Das ökonomische Grundaxiom lautet also: Jede wirtschaftliche Tätigkeit der Menschen bezweckt die Befriedigung von Bedürfnissen; der Konsum von Gütern und Dienstleistungen ist damit letztlich immer Sinn und Zweck jeder ökonomischen Anstrengung.

Obwohl dieses Referat den gängigen Ausdruck des «Bedarfs» in seinem Titel verwendet, müssen wir eine klare Begriffsabgrenzung vornehmen: Unter *Bedarf* wollen wir hier nur mengenmässige Angaben in physikalischen Energieeinheiten verstehen. Von einem konkreten Bedarf können wir also streng genommen immer nur im Nachhinein sprechen; für Prognosen ist der Begriff wenig zweckmässig. Warum? Weil der tatsächlich durch Verbrauch (oder besser Energieumsatz) realisierte Bedarf eines Einzelindividuums, einer Branche oder der ganzen Volkswirtschaft von einer ganzen Reihe anderer Faktoren, insbesondere aber dem jeweiligen Preis abhängig ist. Immer dann, wenn wir diese Preisabhängigkeit in unsere Überlegungen mit hineinnehmen wollen, müssen wir von der Nachfrage, genauer der Nachfragefunktion sprechen. Die Nachfragefunktion (oder Nachfragekurve) gibt den Zusammenhang zwischen der zu einem bestimmten Preis effektiv nachgefragten Menge des betreffenden Gutes (z.B. Energieträgers) an. Die Nachfragefunktion kann deshalb auch als Preis-Absatz-Funktion bezeichnet werden, weil mit ihr die nachgefragte und verkaufbare Menge

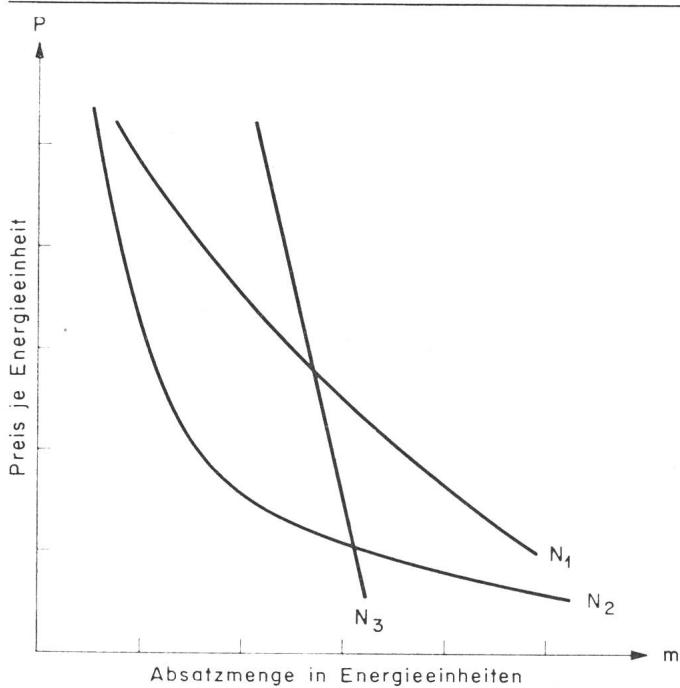


Fig. 5 Typische Preis-Absatz-Kurven (Nachfragefunktionen)

- N<sub>1</sub> hohe Preiselastizität: geringe Preisänderungen verursachen grosse Nachfragemengenänderungen
- N<sub>2</sub> grosse Variabilität der Nachfrageelastizität in Abhängigkeit von der effektiven Preishöhe
- N<sub>3</sub> relativ preisunelastisches Nachfrageverhalten: trotz starker Preiserhöhung geht die Nachfragemenge nur wenig zurück, etwa die Nachfrage nach elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke

eines Gutes als von seiner Preishöhe abhängig dargestellt ist, wie die Fig. 5 zeigt. Die Nachfragemenge ist dabei im wesentlichen abhängig von folgenden Variablen:

- dem Preis  $p_1$  des nachgefragten Gutes 1
- den Preisen  $p_i$  von Substitutionsgütern  $i_n$
- den Preisen  $p_k$  von Komplementärgütern  $k_m$
- den verfügbaren Geldmitteln  $g_z$  (also etwa Einkommen der Individuen, genehmigten Budgetbeträgen öffentlicher Körperschaften usw.)
- den *Erwartungen* über die zukünftige Preisentwicklung der erwähnten Güter und verfügbaren Geldmitteln ( $p_e$ ) (Erwartungswerte)

$$m_1 = f(p_1, p_i, p_k, g_z, p_e)$$

Bereits aus diesen Überlegungen zur Entwicklung von individuellen und aggregierten Gesamtnachfragefunktionen wird deutlich, wie schwierig und komplex nur schon die Konstruktion solcher Funktionen für einzelne Energieträger ist.

### 2.3 Die Elastizität der Nachfrage

Die Elastizität ist ein *Reaktionsmaß* einer abhängigen Variablen auf eine Veränderung der unabhängigen Variablen:

$$\text{Elastizität } \varepsilon = \frac{\frac{dx}{dy}}{\frac{x}{y}} = \frac{dx}{dy} : \frac{x}{y} \quad (-\infty < \varepsilon < +\infty)$$

Die praktische Bedeutung der direkten Preiselastizität der Nachfrage liegt in der Frage, ob bei einer Preisänderung um 1% die Mengenänderung der Nachfrage grösser, gleich oder

kleiner als 1% sein wird. Meist verändern sich Preis und Nachfragemenge entgegengesetzt, das heisst, ein höherer Preis führt unmittelbar zu einer Reduktion der Nachfragemenge. Je dringender jedoch ein bestimmtes Gut, zum Beispiel elektrische Antriebsenergie für Aufzüge, benötigt wird, desto unelastischer ist das Nachfrageverhalten in Abhängigkeit vom Preisverhalten. Problematisch am Begriff der Elastizität ist die oft fehlende Konstanz dieser Grösse auf der Nachfragekurve und bei Änderungen der Nachfragefunktion.

### 2.4 Ökonomisches Wachstum

Unter ökonomischem Wachstum sei hier die laufende Erhöhung des realen Bruttonsozialproduktes ( $Y$ ) eines Landes oder einer abgrenzbaren Wirtschaftsregion verstanden. Wachstum bedeutet also, dass  $Y_1$  der Zeitperiode  $t = 1$  grösser ist als das Bruttonsozialprodukt der Vorperiode  $t = 0$ :

$$Y_1 > Y_0 \quad (\text{Fr. pro Zeiteinheit})$$

Damit weist die Wachstumsrate  $W$  des Bruttonsozialprodukts einen positiven Wert auf<sup>2)</sup>:

$$W = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_0}$$

Unter dem Bruttonsozialprodukt als Gesamteinkommensgrösse einer Volkswirtschaft versteht man das Total der produzierten Sachgüter und Leistungen einschliesslich aller Güter für die Ersatzinvestitionen zu Marktpreisen (Nettosozialprodukt = Bruttonsozialprodukt abzüglich Ersatzinvestitionen).

Das Wachstum einer Volkswirtschaft ist nach dieser Auffassung insbesondere abhängig von folgenden Faktoren:

- laufende Erhöhung des Realkapitals,
- wirksam werdender technischer Fortschritt (Innovation, Automation, Erhöhung der Produktivität),
- bessere Organisation aller Ressourcen,
- effektiv geleistete Arbeitsstunden,
- Bevölkerungswachstum und Altersstruktur der Bevölkerung in einer Volkswirtschaft,
- Ausbildungsstand der arbeitenden Bevölkerung,
- tatsächlicher Leistungswille der Bevölkerung.

Auf einen Punkt, der uns in der Praxis der Konjunkturpolitik immer wieder vor Augen geführt wird, aber auch erklärt, warum oft volkswirtschaftliche Modellergebnisse nicht mit den Resultaten der Wirklichkeit übereinstimmen, ist besonders hinzuweisen:

- Wirtschaftliche Wachstumsprozesse – seien sie nun langfristig wirksam oder handle es sich auch nur um einen kurzfristigen Konjunkturaufschwung – sind kaum machbar. Man kann sie höchstens durch geeignete Massnahmen auszulösen versuchen, begünstigen und aktiv fördern, aber man beherrscht sie nicht (dies ist das Ziel effizienter Wirtschaftspolitik);
- demgegenüber sind destruktive und destabilisierende Prozesse viel leichter machbar. Rezessionen und Krisen sind effektiv planbar.

Diese Asymmetrie im wirtschaftlichen Verhalten ist nicht kalkulierbar und erschwert deshalb wirtschaftliche Voraussagen so ungemein.

<sup>2)</sup> Unter verteilungspolitischen Aspekten wird als ökonomisches Wachstum manchmal die Zunahme des Bruttonsozialprodukts pro Kopf der Bevölkerung definiert.

### 3. Relevante Prognosemethoden

Verstehen wir unter wissenschaftlichen Prognosemethoden nicht nur mathematisch-statistische Verfahren zur Bestimmung zukünftiger Daten, so besteht ein beliebtes Spiel darin, möglichst viele und auch exotische Prognoseverfahren<sup>3)</sup> zu kreieren, mit besonderen Namen zu belegen und anschliessend systematisch zu «ordnen». Wir wollen hier davon Abstand nehmen und uns auf die zwei für die Praxis – und wohl auch theoretisch – ergiebigsten Typen von Prognosemethoden beschränken:

- die mathematischen Trendfunktionen und
- die komplexen volkswirtschaftlichen Vorhersagemodelle, und uns hier wiederum auf relevante Modellausschnitte beschränken.

Die Fig. 6 soll nun beide Gruppen wissenschaftlicher Prognosemethoden quasi als Extremvarianten darstellen:

#### 3.1 Mathematische Trendfunktionen

Beim Arbeiten mit Trendfunktionen nehmen wir bewusst in Kauf, dass wir auf der Basis der historischen Prognosewerte aufbauen, ohne jede Gewichtung und Analyse der Gründe, weshalb in einer bestimmten Zeitperiode gerade dieser und kein anderer Wert zustande gekommen ist. Wir ignorieren bewusst besondere Einflüsse oder Gegebenheiten und gehen still-

3) Dazu gehören etwa sog. intuitive Methoden wie «Brainstorming», «Delphi», blosse Strukturierungsmethoden wie «Morphologische Analyse» oder Umfragen in der Bevölkerung über deren Zukunftsvorstellungen usw.

schweigend davon aus, dass die massgeblichen Kräfte, die die Vergangenheitsentwicklung bestimmt haben, auch in Zukunft in ähnlicher Stärke wirksam sein werden. Umgekehrt kann die Konstruktion einer Trendfunktion als maximale Abstraktion verstanden werden, bei der alle «unwesentlichen» Einflussgrössen in expliziter Form eliminiert sind und man effektiv nur auf die die Vergangenheit determinierenden Grössen abstellt. Damit sind die wesentlichen Vor- und Nachteile dieser für die Praxis wichtigen und sich auch oft bewährenden Hauptgruppen von Prognosemethoden kurz umrissen.

#### 3.2 Volkswirtschaftliche Vorhersagemodelle

Seit Jahren werden von verschiedenen staatlichen und wissenschaftlichen Stellen des In- und Auslandes volkswirtschaftliche Gesamtmodelle (Makromodelle) konstruiert, die im wesentlichen zum Zweck haben, die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung bezüglich realer und monetärer Grössen vorauszusagen<sup>4)</sup>. Sie werden auch insbesondere dazu benutzt, Konjunkturprognosen zu erstellen, oder dienen als Simulationsmodelle für Untersuchungen, mittels deren geklärt wird, welche Einflüsse diese oder jene wirtschaftliche Störgrösse auf den volkswirtschaftlichen Gesamtverlauf ausüben könnte. Solche Modelle basieren, sollen sie einigermassen praxisnahe Resultate ermöglichen, auf Hunderten oder gar Tausenden von makroökonomischen Gleichungen. Diese können in vier Gruppen eingeteilt werden, nämlich in

- *Verhaltengleichungen*, die Aussagen über das Verhalten von Wirtschaftsindividuen enthalten. Beispiele wären etwa Konsum-, Spar- und Investitionsfunktionen.
- *Technische Gleichungen*, die Aussagen über technische Zusammenhänge ermöglichen. Als Beispiel können die Produktionsfunktionen genannt werden.

Von grosser Bedeutung ist, dass diese beiden Gleichungstypen auf ihre Zuverlässigkeit empirisch überprüft werden können. Dies ist Aufgabe der Ökonometrie.

– *Definitionsgleichungen* (Identitätsgleichungen). Hier handelt es sich um Gleichungen, die einen bloss definitorischen Charakter haben. So besteht zum Beispiel die Nationale Buchhaltung, die alle wesentlichen Makrogrössen enthalten soll, aus einer Zusammenstellung von Definitionsgleichungen. Die empirische Ermittlung der Zahlen ist dabei oft schwierig, es können dabei ganz bedeutende Erhebungsfehler auftreten, oder sie sind aus unserer rudimentären Wirtschaftsstatistik überhaupt nicht zu ermitteln und müssen deshalb grob abgeschätzt werden.

– Als vierte Gruppe haben wir schliesslich die *mathematischen Bestimmungsgleichungen*, die zum Beispiel die Bedingungen für Gleichgewichtsgrössen enthalten.

Die Konstruktion von so aufgebauten umfassenden Vorhersagemodellen<sup>5)</sup> bietet unter anderem folgende Schwierigkeiten:

- das Erfassen aller den Wirtschaftsablauf charakterisierenden Grössen und deren Beziehungen bedingt eine *sehr grosse*

<sup>4)</sup> In der Makroökonomie werden volkswirtschaftliche Gesamtgrössen betrachtet. Anstoss zu diesem Wissenschaftsgebiets der Nationalökonomie hat die Untersuchung der Instabilität der Wirtschaft im Zeitablauf gegeben, insbesondere die Variabilität der gesamtwirtschaftlichen Produktion und Nachfrage.

<sup>5)</sup> Eine Sonderform solcher Modelle sind die auf W. Leontief zurückgehenden Input-Output-Analysemodelle, die zur Untersuchung der produktionswirtschaftlichen Verflechtung einer Volkswirtschaft dienen können, sich aber für Vorhersagen wenig eignen.

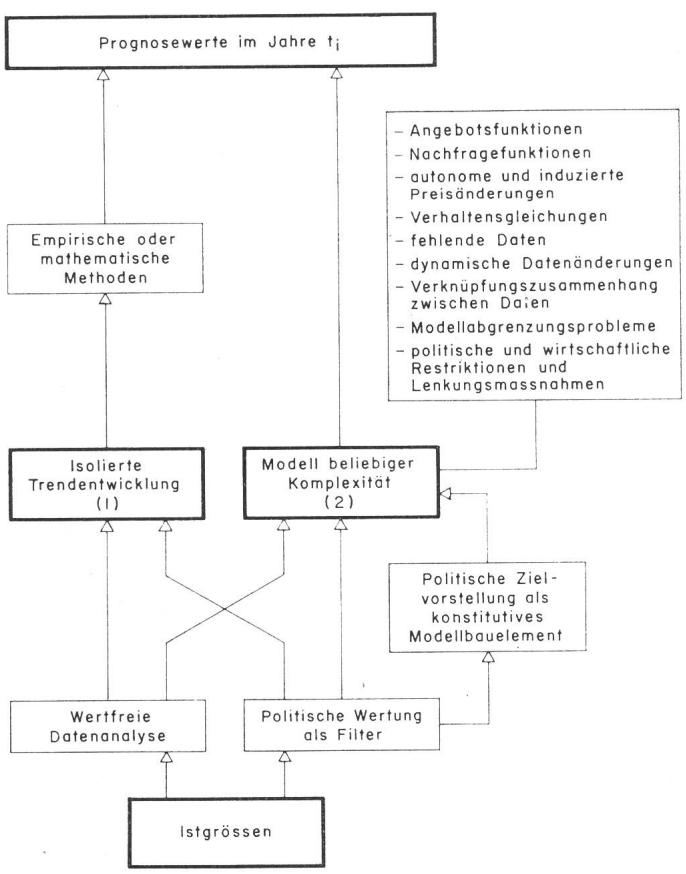


Fig. 6 Extremvarianten wissenschaftlicher Prognosemethoden

Links: Trendprognosen  
Rechts: Prognosemodelle beliebiger Komplexität mit Angabe einiger spezieller Modellprobleme

*Zahl von Daten* (die oft fehlen oder nicht zugänglich sind) und *Gleichungen*, von denen man nicht sicher ist, ob sie die wirklichen Verhältnisse zureichend erfassen;

– viele volkswirtschaftliche Theorien und daraus abgeleitete Verhaltengleichungen sind in einem bestimmten *historischen Umfeld* entwickelt worden, und es ist unsicher, ob sie unter andern Bedingungen auch noch zutreffen;

– beim Bau von Modellstrukturen ist die früher erwähnte Filterwirkung eine besondere Gefahr, weil leicht «*politische Trendkomponenten*» zur Konstruktion von Gleichungen sowie positiven oder negativen Rückkopplungen und zur Annahme von Multiplikator- und Akzelerator-Effekten verleiten, die ein Modell völlig determinieren können<sup>6)</sup>. Das Resultat sind dann Krisen oder gar Zusammenbruchsmodelle, wie wir sie in den letzten Jahren in der Form von Weltmodellen vorgesetzt bekamen. Gelegentlich sind solche Globalmodelle so konstruiert, dass man praktisch beliebige Datensätze eingeben kann, aber immer erfolgt nach einer – oft Jahrhunderte umfassenden – Zeitspanne der völlige Zusammenbruch des Systems. Erstaunlich an solchen Modellen ist nur die Naivität, mit welcher viele Zeitgenossen solche «*Prognoseresultate*» in politische Aktionsprogramme umfunktionieren wollen. Seien wir also um so vor-

<sup>6)</sup> Das Multiplikatorprinzip ist eine mathematische Formulierung, die zeigt, wie das Volkseinkommen über- oder unterproportional durch Änderungen der Investitionen oder des Konsums beeinflusst wird. Demgegenüber ist der Akzelerator ein Faktor, der angibt, um ein Wievielfaches die Investitionen durch eine positive Änderung im Konsum oder des Volkseinkommens zunehmen. Die Wirksamkeit dieses Prinzips ist nur einseitig für den Fall des Wachstums. Beide Größen sind nicht unabhängig voneinander und können daher nicht getrennt betrachtet werden.

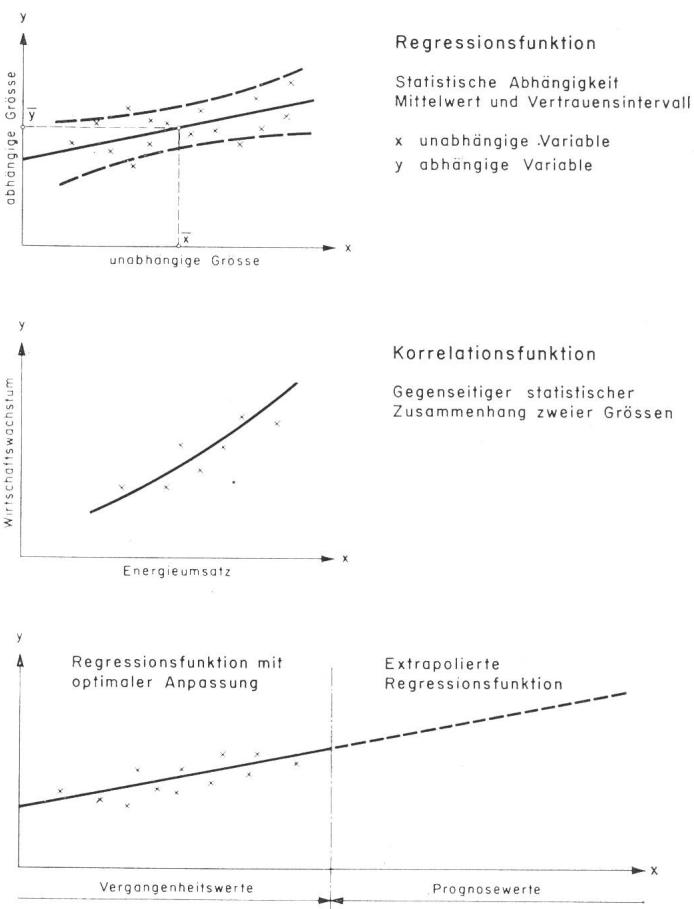


Fig. 7 Den mathematischen Trendfunktionen zugrundeliegende Ausgleichsfunktionen und das Prinzip von deren Extrapolation aus dem Analysenbereich in den Prognosebereich

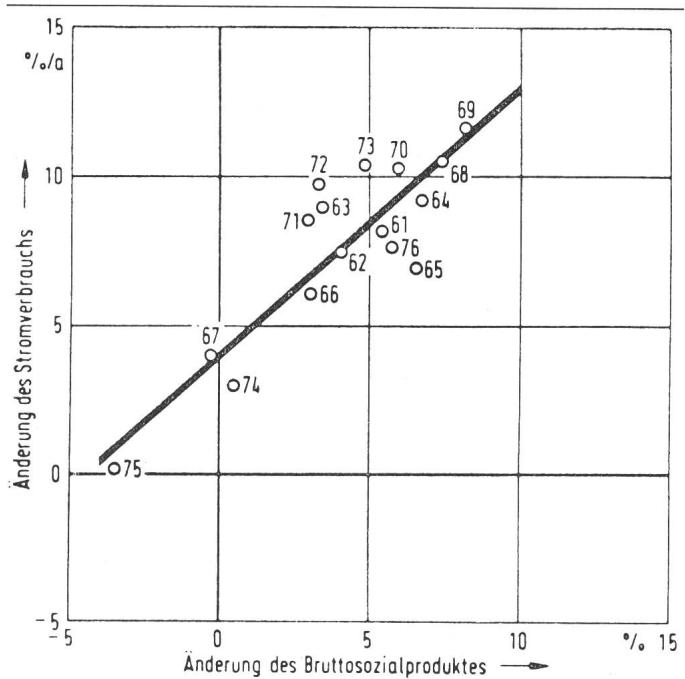


Fig. 8 Als Beispiel eine Korrelationsgerade gemäß [7]

sichtiger, je komplizierter und umfassender solche Modelle sind und den Anspruch erheben, getreue Abbilder der Wirklichkeit zu sein!

#### 4. Zur Technik der Trendprognosen

##### 4.1 Regressions- und Korrelationsanalyse

Jede uns für Prognosezwecke interessierende ökonomische Erscheinung wird durch eine mehr oder weniger grosse Zahl von Ursachen hervorgerufen und von Faktoren beeinflusst, die mit unterschiedlicher Intensität einwirken. Ziel jeder Untersuchung über die Abklärung solcher Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge muss es deshalb sein, aus der Vielzahl von Ursachen jene herauszufinden, die den stärksten Einfluss ausüben. Mathematisch-statistische Methoden sollen zudem helfen, nur zufallsbedingte Zusammenhänge möglichst als solche zu erkennen und auszuscheiden.

Betrachten wir Fig. 7: Aus einer zweidimensionalen ( $X, Y$ ) Grundgesamtheit liegt eine Stichprobe von Beobachtungen  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  vor, wobei die  $y$ -Werte als von den  $x$ -Werten abhängig betrachtet werden. Als Beispiel können wir etwa die Höhe einer bestimmten Baumart von ihrem jeweiligen Alter annehmen. Die einzelnen Messwerte (Zahlenpaare) werden dabei in einem zufälligen Ausmass voneinander abweichen. Wir möchten jedoch eine klare Abhängigkeit der  $y$ - von den  $x$ -Werten konstruieren und versuchen deshalb, eine Ausgleichsgerade oder eine andere mathematisch beschreibbare Funktion so in den Punkteschwarm hineinzulegen, dass die «Fehler», oder besser Abweichungen der Beobachtungspunkte von der Ausgleichsfunktion, minimal werden. Damit subjektive Beurteilungen über die Frage, welche Gerade oder Kurve sich am besten in die Punkteschar einpasst, ausgeschaltet werden, muss eine mathematisch möglichst brauchbare, objektive Anpassungsmethode angewandt werden. Es ist dies das auf Gauss zurückgehende Prinzip der kleinsten Quadrate. Es ist die Forderung, die Ausgleichsfunktion so zu konstruieren, dass die vertikale Summe der Quadrate aller Abstände der Beob-

achtungspunkte von der Funktion möglichst klein wird. Je geringer, desto besser die Anpassungsgüte.

Unter der Annahme einer bestimmten Verteilung der Variablen (etwa der Normal- oder  $t$ -Verteilung) können wir zudem Vertrauensintervalle (etwa mit der Wahrscheinlichkeit von 95 oder 99%) definieren und damit den Vertrauensbereich der Funktionswerte abgrenzen.

Liegt also bei der Regression eine klare Abhängigkeit einer Variablen von einer anderen vor, so ist gerade bei wirtschaftlichen Problemen oft nicht klar, welche Größe die abhängige ist. Ein solch umstrittenes Beispiel ist etwa der statistische Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum. In diesen Fällen spricht man von Korrelationsfunktionen. Zur Veranschaulichung diene mit Fig. 8 ein Beispiel aus der Literatur [1]. Hier ist eine Korrelationsgerade zwischen der Änderung des jährlichen prozentualen Stromverbrauchs und der jährlichen prozentualen Änderung des Bruttonsozialprodukts für die BRD eingetragen.

Aufgrund solcher Korrelationsgeraden können auch Elastizitäten bestimmt werden. So arbeitet beispielsweise die französische nationale Energiekommission mit einer mittleren Elastizität von 0,7 zwischen Bruttonsozialprodukt und Gesamtenergiebedarf.

#### 4.2 Zeitreihenanalyse

Bei der Zeitreihenanalyse tritt als mathematische Größe die Zeit  $t$  in äquidistanten Einheiten (Monate, Halbjahre, Jahre usw.) auf. Eine Zeitreihe kann damit aufgefasst werden als eine zeitlich geordnete Menge von Beobachtungswerten einer bestimmten Größe. Die oft typischen kurzfristigen Abweichungen im langfristigen Ablauf (Trend) und deren Abgrenzung von Zufallswerten (Zeitreihenzerlegung) hat in der Ökonomie und angewandten Mathematik seit langem grosses Interesse gefunden, und es wurden interessante Lösungsverfahren entwickelt [2; 3; 4].

Für unsere Zwecke der längerfristigen Prognostik ist wesentlich, dass wir die aus dem Analysenbereich (Fig. 7, unten) ermittelten Vergangenheitswerte zur Konstruktion einer Regressionsfunktion benutzen und diese Funktion zur Gewinnung der Prognosewerte in den Prognosebereich extrapoliieren. Es ist dabei ganz klar, dass die Prognosesicherheit um so mehr abnimmt, je weiter wir uns von den realisierten historischen Beobachtungswerten (den sog. Stützwerten) entfernen. Eine gewisse Bedeutung hat auch die Frage, ob wir allen – auch den zeitlich weit zurückliegenden – das gleiche Gewicht bezüglich der Funktionsanpassung zumessen oder ob wir die gegenwartsnäheren Beobachtungswerte stärker als die entfernteren gewichten wollen. Die ungleichgewichtige Anpassung eignet sich für kurzfristige Prognosen, und es sind entsprechende Methoden entwickelt worden. Für Langfristprognosen hat sie keine praktische Bedeutung erlangt [5; 6].

#### 4.3 Wachstumsfunktionen

Für die Erstellung von Trendprognosen brauchen wir mathematisch möglichst einfache Funktionen, deren Verlauf mit unseren Vorstellungen (hier Filterwirkung?) über die mögliche Zukunftsentwicklung vereinbar sind und die als Ausgleichsfunktion die verfügbaren (und auch zu verwendeten Stützwerte; hier wieder Filter!) Beobachtungswerte möglichst gut approximiert. Wird die Ausgleichsfunktion auch zur Extra-

polation verwendet, so gehen wir – wie bereits erwähnt – davon aus, dass sich die bisherige Entwicklungsrichtung auch in Zukunft in gleicher Weise fortsetzen wird und dass mögliche Störfaktoren kein signifikant neues Verhalten erzwingen werden.

Als einfache Wachstumsfunktion kommen unter anderen die in Fig. 9 dargestellten Funktionen in Frage. Bereits die Wahl der «richtigen» Prognosefunktion unterliegt damit einem erheblichen Ermessen des Prognostikers. Zweckmässig wird man bei der Auswahl einer zweckentsprechenden Prognosefunktion das Verhalten des Zuwachses als Hilfsmittel verwenden und mit dem

Differentialquotienten  $y' = \frac{dy}{dt} = \varphi(t)$  und dem relativen Differentialquotienten, der sog. logarithmischen Ableitung

$$\frac{dy}{y} = \frac{dy}{y \cdot dt} = \frac{d(\log y)}{dt} = \omega(t)$$

arbeiten.

Bei der Auswahl einer mathematischen Prognosefunktion haben wir insgesamt folgende Teilprobleme zu lösen:

- Auswahl des zweckentsprechenden Funktionstyps, wobei wir beachten müssen, dass die verschiedenen Funktionstypen unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.
- Bestimmung der optimalen Anpassung an die Funktionswerte und Bestimmung der Parameter. (Mit einem Polynom entsprechenden Grades kann eine sehr gute Anpassung an die Beobachtungswerte erreicht werden, aber eine solche Funktion hat einen instabilen Richtungskoeffizienten und eignet sich deshalb wenig als Prognosefunktion.)
- Auswahl der Anpassungskriterien (Gauss, Brownsches Kriterium).
- Allfällige Transformation der Ausgangsdaten vornehmen (z. B. Logarithmierung).

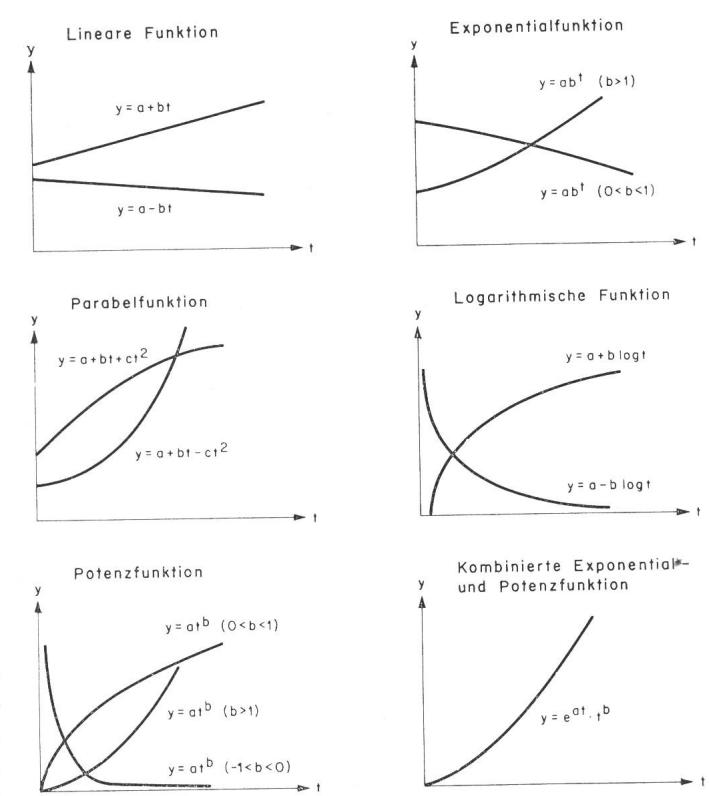


Fig. 9 Kurvenbilder typischer Prognosefunktionen

Eine gute Vorstellung davon, wie stark die Prognosewerte bei einem Prognosehorizont von 10 bis 15 Jahren je nach gewähltem Funktionstyp, der seinerseits optimal an die Vergangenheitswerte angeglichen ist, abweichen können, gibt Fig. 10, die einer früheren Publikation entnommen ist [7].

#### 4.4 Einem Grenzwert zustrebende Wachstumsfunktionen

Das Ermessen bei der Wahl einer Prognosefunktion wird dann sehr gross, wenn wir für Entwicklungsprozesse eine obere oder untere Grenze (etwa als fixer Sättigungswert) postulieren und eine entsprechende Trendfunktion auswählen. Einige bekannte Kurventypen sind in Fig. 11 in ihrem Verlauf dargestellt.

Ist nach dem bisher Gesagten bereits die Wahl der richtigen Prognosefunktion und die Parameterbestimmung recht schwierig, so ist die Prognose des Grenzwertes eine sehr schwierige Aufgabe, die dann noch weiter kompliziert wird, wenn wir annehmen müssen, dass die Sättigungsgrenze selbst eine Funktion des Sättigungsgrades, also des jeweiligen Funktionswertes ist.

### 5. Trendextrapolation für den Elektrizitätsbedarf bis 1985

#### 5.1 Die bisherige Verbrauchsentwicklung

Die Entwicklung des Verbrauchs elektrischer Energie in der Schweiz ist aus Fig. 12 ersichtlich. Die Darstellung ist halb-logarithmisch; eine der bisherigen Entwicklung zugrunde liegende Exponentialfunktion müsste sich also als Gerade darstellen lassen. Dies ist in grober Annäherung auch der Fall. Man wird deshalb als Prognosefunktion zu Recht den Typus einer (allfälligen) modifizierten Exponentialfunktion verwenden dürfen.

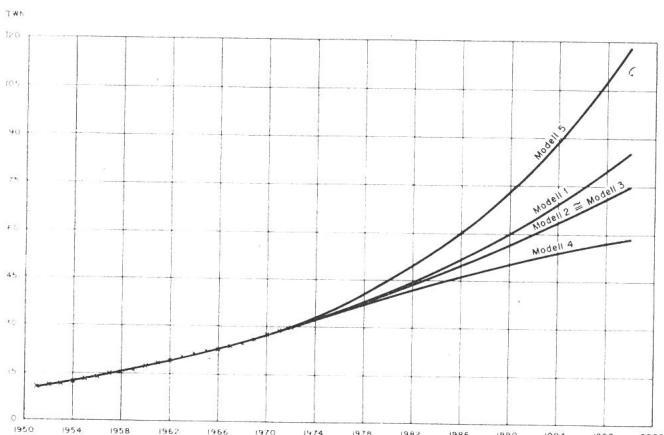


Fig. 10 Trendprognosen mit Stützwerten der Jahre 1951/52 bis 1971/72 und jeweils optimaler Ausgleich folgender Funktionen

$$\text{Modell 1: } y = a + b \cdot e^{ct}$$

$$\text{Modell 2: } y = a + bt + ct^2$$

$$\text{Modell 3: } y = e^{(a + \frac{b}{ct})}$$

$$\text{Modell 4: } y = \frac{1}{a + b \cdot e^{ct}}$$

$$\text{Modell 5: } y = a + e^{bt}$$

(Die jährliche Zunahme beträgt als Orientierungsgröße bei Modell 5 (oberste Kurve) etwa 5 %)

Tatsächlich zeigt die Kurve, dass die bisherige Entwicklung ausgesprochen stabil verlaufen ist. Trotzdem sind zwei Feststellungen nötig:

– Es hat bisher drei signifikante Abweichungen vom Wachstumstrend gegeben, und zwar im Sinne eines Minderverbrauchs über eine gewisse Zeit. Alle Wachstumsstörungen liegen zeitlich parallel mit einer wirtschaftlichen Krisensituation

1. Wachstumskrise etwa 1930/31 bis 1935/36

2. Wachstumskrise etwa 1947/48 bis 1949/50

3. Wachstumskrise etwa 1973/74 bis 1975/76

– Seit 1964/65 erfolgte ein Wachstumsknick, das heisst eine wahrnehmbare Abnahme der jährlichen Wachstumsrate.

#### 5.2 Trendprognose bis 1985/86

Die 27 in der Fig. 12 eingetragenen Stützwerte sind den folgenden Prognoserechnungen zugrunde gelegt:

Untersuchen wir als Beispiel, wie sich die Berücksichtigung von mehr Stützwerten, aber gleicher Prognosefunktion auswirkt, insbesondere wenn wir beachten, dass die Zuwachsraten der Jahre 1973/74 bis 1976/77 sehr schwach waren und von 1974/75 auf 1975/76 sogar ein Rückgang zu verzeichnen war. Die Vergleichsprognose basierte auf 22 Stützwerten von 1950/51 bis 1971/72 und wurde in einer früheren Arbeit publiziert [8]. Als Prognosefunktion diente die modifizierte Exponentialfunktion

$$y = a + b \cdot e^{ct}$$

Die Vergleichsresultate sind in Tabelle I eingetragen. Bemerkenswert ist, wie stark die Prognosewerte aufgrund der Berücksichtigung der letzten Jahre reduziert wurden, nämlich von 49,7 auf 45,2 TWh im Jahre 1985/86. Interessant ist, dass der früher ermittelte Wert von 49,7 TWh recht nahe dem Wert lag, der für den gleichen Zeitpunkt im Ergänzungsbericht des

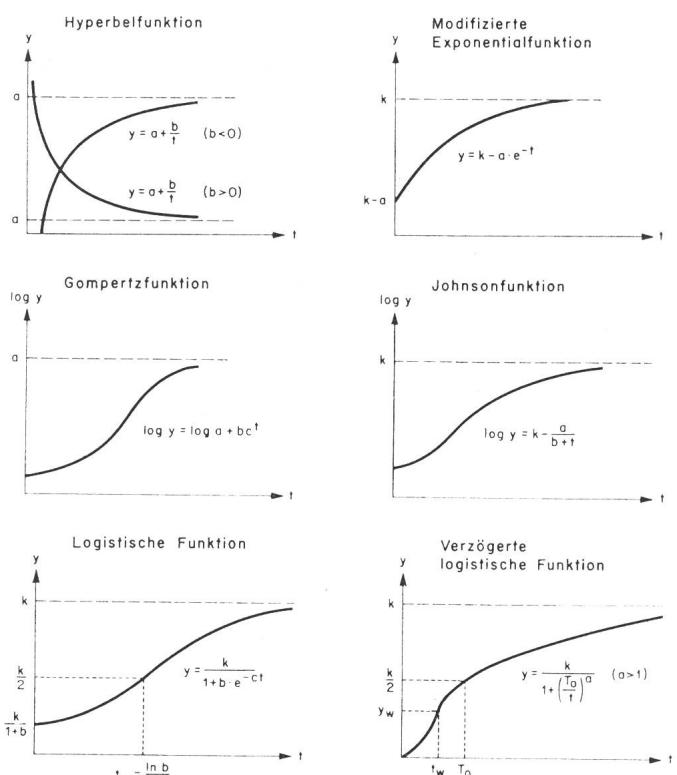


Fig. 11 Kurvenbilder von Prognosefunktionen, deren Endwerte einem Grenzwert (einer Sättigungsgrenze) zustreben

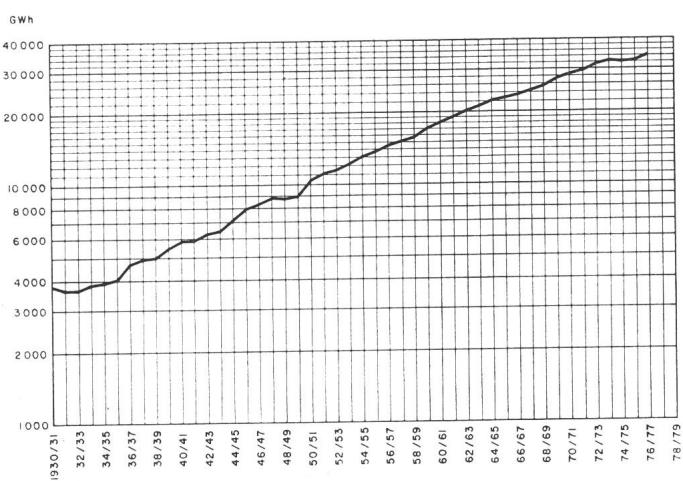


Fig. 12 Verbrauchsentwicklung von elektrischer Energie in der Schweiz seit 1930/31

4. Zehnwerke-Berichtes bei schwacher Zuwachsentwicklung mit 51,9 TWh angegeben wurde [9].

Beachtenswert an dieser Prognose ist, dass der absolute Zuwachs jährlich noch zunehmen, dass aber der prozentuale Zuwachs abnehmen wird. Diese Feststellung dürfte für die schweizerische Elektrizitätswirtschaft erhebliche Konsequenzen haben. Der Verlauf der prozentualen Zuwachsraten der ausgeglichenen Prognosefunktion  $F_1$  ist in Fig. 13 vom Jahre 1951/52 bis 1985/86 an aufgetragen.

Je nach der als zweckmäßig zugrunde gelegten Funktion und dem Kriterium optimaler Ausgleichung werden wir abweichende Werte erhalten, die gegebenenfalls mit gleicher Überzeugung vertreten werden können.

## 6. Volkswirtschaftsmodelle, Modellmoduln und ihre Probleme

### 6.1 Gesamtmodelle und Moduln

Wissenschaftliche Aussagen, die eine praktische Bedeutung erlangen sollen, setzen einen gewissen Mut, wenn nicht gar eine Art Bekenntnis voraus. So bedingt die Verwendung von Trendprognosen den Mut zur Vereinfachung und extremen Abstraktion.

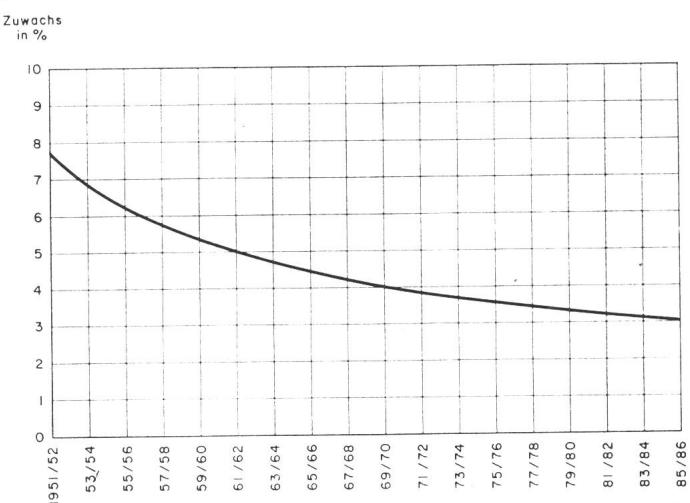


Fig. 13 Verlauf der prozentualen Zuwachsraten der ausgeglichenen Prognosefunktion gemäss Tabelle I für alle Werte seit 1951/52 bis 1985/86

Umgekehrt braucht auch die Konstruktion und Anwendung von Gesamtmodellen Mut und den Glauben (oder wenn Sie lieber wollen: die Überzeugung), dass die in ihrer Ausgestaltung nicht determinierte Zukunft in letztlich zahlenmässigen Beziehungen eingefangen werden kann und dass die Modelle zudem die unvorhersehbare Entwicklungsdynamik mitberücksichtigen können. Es gibt denn auch kaum wirklich umfassende Volkswirtschaftsmodelle, die auch die massgebende gesellschaftliche und politische Entwicklung miteinbeziehen. Oft bestehen solche Modelle nur in Ansätzen oder sind in ihrer Zielsetzung (etwa als Branchenprognosen) so stark eingeengt und damit von anderen wesentlichen Einflussfaktoren abstrahiert, dass der Aussagewert kaum über Einzelergebnisse, wie sie auch einfache Trendprognosen liefern würden, hinauskommt [10].

Statt zu kritisieren, wollen wir anhand einiger Modellmoduln aufzeigen, weshalb die Konstruktion von aussagefähigen Gesamtmodellen so schwierig ist. Unter einem Modellmoduln wollen wir dabei einen herausgegriffenen, aber – und das ist ganz wichtig – nicht abgegrenzten, sondern in vielfacher Interaktion mit anderen Moduln stehenden Systemausschnitt (Baustein) verstehen.

Vergleich von neuer mit früherer Trendprognose (modifizierte Exponentialfunktion) des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs.  
Basiswerte der neuen Prognose: 1951/52 bis 1977/78; der alten von 1951/52 bis 1971/72

Tabelle I

Jahr	Ist-Werte	Frühere Prognose	Neue Prognose $F_1$	Neuer Zuwachs	
				GWh	%
1972/73	29 788	29 685	29 196	1 086	3,86
1973/74	31 504	30 957	30 300	1 104	3,78
1974/75	32 482	32 268	31 424	1 123	3,71
1975/76	32 272	33 621	32 567	1 143	3,64
1976/77	32 588	35 015	33 731	1 163	3,57
1977/78	34 173	36 452	34 914	1 183	3,51
1978/79		37 934	36 118	1 204	3,45
1979/80		39 461	37 343	1 225	3,39
1980/81		41 036	38 589	1 246	3,34
1981/82		42 660	39 857	1 268	3,29
1982/83		44 334	41 147	1 290	3,24
1983/84		46 060	42 460	1 313	3,19
1984/85		47 839	43 796	1 335	3,15
1985/86		49 673	45 154	1 359	3,10

## 6.2 Mikro- und Makromodelle

Wir müssen dabei noch eine wichtige Unterscheidung vornehmen und uns in jedem Fall vergegenwärtigen, ob sich unser Modul auf einen mikroökonomischen Sachverhalt eines Haushaltes, einer Unternehmung oder einer öffentlichen Körperschaft bezieht, deren Einzeluntersuchungsresultate dann zu Gesamtgrößen zusammengefasst (aggregiert) werden müssen, oder ob wir direkt Globalgrößen (volkswirtschaftliche Makrogrößen) untersuchen<sup>7)</sup>.

Als Beispiel einer mikroökonomischen Untersuchung wollen wir uns mit der Abschätzung des Elektrizitätsumsatzes und der Haushaltsumgaben für elektrische Energie befassen. Dazu diene das Schema der Fig. 14. Neben der psychologischen Grundhaltung der Familienmitglieder sind auch wirtschaftliche, demographische und technische Größen massgebend. Die Problematik ist nun, dass auch in diesem Modellmodul Größen eine wesentliche Rolle spielen, die von ganz anderen Modulen (wie zum Beispiel der Entwicklung der Apparatetechnik oder etwa dem zukünftigen Familieneinkommen von Globalgrößen wie dem Volkseinkommen und der Einkommensverteilung) abhängen, die man aber kennen müsste, um ein solches Modellmodul zur Prognose verwenden zu können. Es ist gerade die grundlegende Schwierigkeit des Modellbaus, dass man immer wieder auf Größen zurückgreifen muss, die vorweg auch prognostiziert sein müssten, was man aber nicht kann, weil dazu wieder die Prognose der uns gerade interessierenden Größe notwendig ist, kurz also, das Problem alle Werte gleichzeitig prognostizieren zu müssen.

7) Die mikroökonomische Theorie untersucht wirtschaftliche Sachverhalte und Verhaltensweisen einzelner Wirtschaftssubjekte und versucht diese als Funktionen darzustellen. Demgegenüber zielt die makroökonomische Analyse auf die Erfassung von volkswirtschaftlichen Gesamtgrößen, etwa einer Wirtschaftsregion, eines Landes oder eines ganzen Wirtschaftsraumes. Ein Beispiel dazu ist die Nationale Buchhaltung.

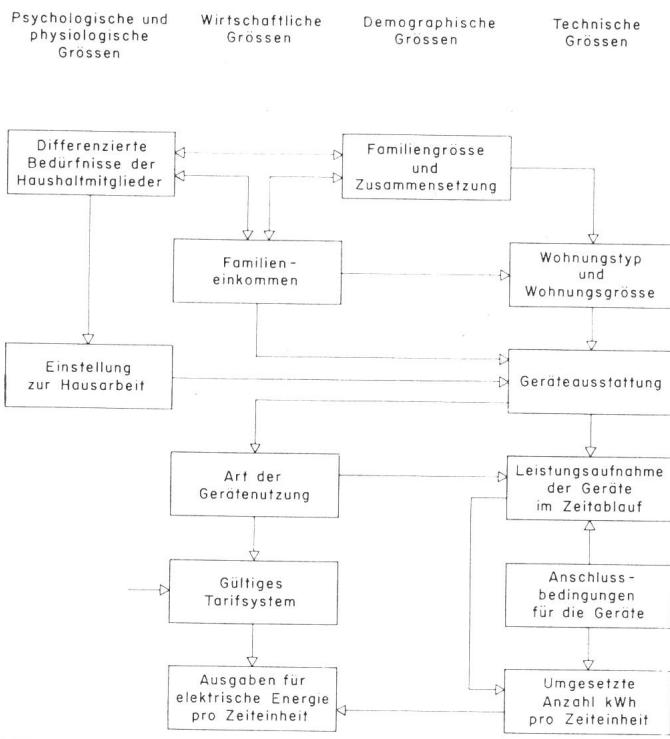


Fig. 14 Mikroökonomisches Modellmodul, enthaltend die wesentlichen Einflussgrößen zur Abschätzung von Elektrizitätsumsatz und Haushaltsumgaben für elektrische Energie von Haushaltungen

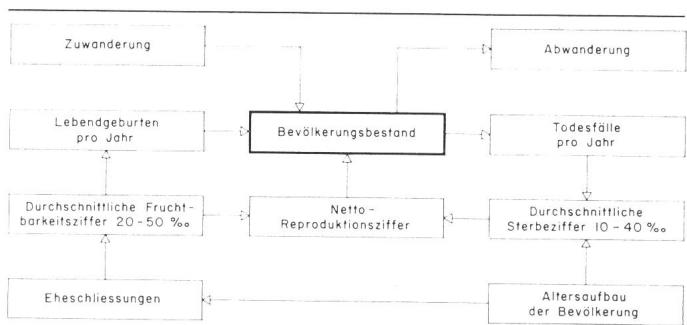


Fig. 15 Regelkreis des Bevölkerungswachstums als Modellmodul jedes Verbrauchsgrößen prognostizierenden Volkswirtschaftsmodells

Demgegenüber kann man zu historischen Daten als Stichprobenwerte für die Energieausgaben kommen, wenn man auf die durch die Sozialstatistische Kommission erhobenen Haushaltrechnungen abstellt, oder die Elektrizitätswerke können aus ihrer Tarifstatistik die entsprechenden Werte ermitteln. Nicht gelöst ist aber damit die Aufgliederung und Zuordnung dieser Zahlen auf die vorgelagerten Einflussgrößen.

## 6.3 Moduln als Regelkreissysteme

Gehen wir zu einem relativ leicht überschaubaren Gesamtgrößenmodul über, dem Regelkreis für das Bevölkerungswachstum gemäss Fig. 15.

Dieses Modul ist gekennzeichnet durch eine lange Zeitkonstante, weil die hier massgebenden Änderungen der Geburten- und Sterberate ohne die Einwirkung ausserordentlicher Ereignisse sich nur relativ langsam auswirken. Diese sind zwar ihrerseits durch medizinische, soziologische, religiöse und wirtschaftliche Faktoren beeinflusst, deren Wirkung sich zudem noch oft teilweise kompensiert, so dass das ganze System nur einem langsamem Wandel unterworfen ist. Trotzdem sind auch

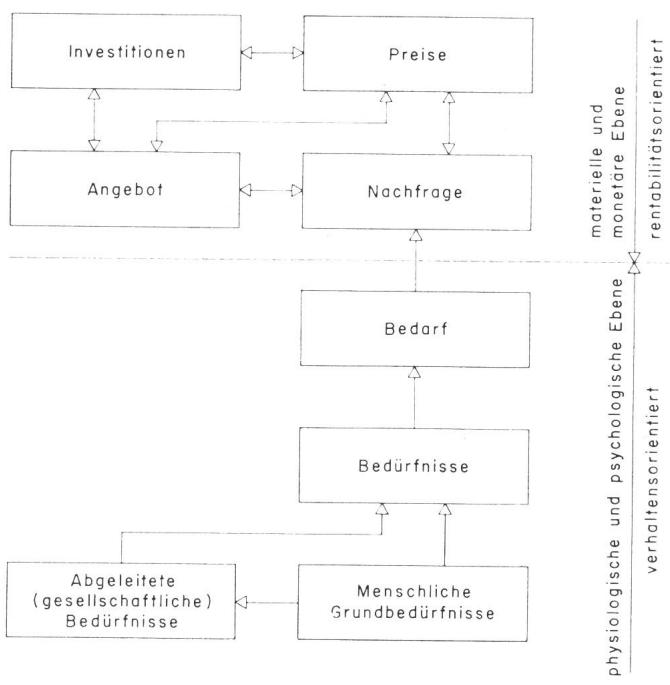


Fig. 16 Das zentrale Prognosegrundproblem als makroökonomisches Grundmodul jedes wirtschaftsrelevanten Prognosemodells

die an sich noch einfachen Bevölkerungsprognosen – wie wir alle aus der Erfahrung der letzten Jahre wissen – sehr problematisch und müssen oft kurzfristig geändert werden.

Wollen wir nun modellmäßig ökonomische Sachverhalte zutreffend erfassen, so müssen wir uns vorerst dem von mir genannten ersten und zentralen Prognosegrundproblem zuwenden, wie dies in Fig. 16 veranschaulicht wird. Da das wirtschaftliche Verhalten des Menschen seinen letzten Sinn und Zweck immer im Konsum von Gütern und Leistungen findet, müssen wir auch hier von seinen Bedürfnissen und dem konkretisierten Bedarf ausgehen. Der Bedarf wird aber nur so weit wirksam, als er bezahlte Nachfragermenge wird. Diese wiederum ist abhängig vom Preis (also der Nachfragefunktion) und der Angebotsfunktion. Dieser nutzen- und rentabilitätsorientierte Regelkreis determiniert auch die Investitionen. Charakteristisch ist jedoch, dass je nach den absoluten und relativen Preishöhe im Verhältnis zu anderen Gütern mengenmäßige Brems- oder Beschleunigungseffekte ausgelöst werden können. Die Annahme sog. Gleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage sind zwar für die Darlegung von Theorien sehr hilfreich, haben in dynamischen Märkten kaum praktische Bedeutung (können aber in isolierten und stationären Teilmärkten auftreten). Kompliziert wird dieser quasi horizontale Modellschnitt dadurch, dass die Preise verschiedener Güter durch komplementäre und substitutive Beziehungen quasi vertikal miteinander verbunden sind. Ein gutes Beispiel dazu sind die Preise verschiedener Energieträger, etwa auf dem Wärmemarkt.

Erweitern wir jetzt den vorausgehenden Modellausschnitt zum Modul der Gesamtenergie-Mengenprognose und betrachten als Unterausschnitt die Mengenprognose für nur einen Energieträger, wie dies in Fig. 17 erfolgt ist.

Gehen wir wieder vom zentralen Einflussparameter des Preises aus, so sind die Probleme mit den Substitutionsproblemen (etwa von Heizöl durch Elektrizität oder von verbundenen Gütern etwa Dampf/Warmwasser und Elektrizitätsproduktion in einem Kernkraftwerk) noch einigermassen überschaubar. Aber wie werden sich in Zukunft politische und technische Restriktionen oder umgekehrt Entwicklungsprogramme auswirken?

Die Preise wiederum sind auch durch die Kosten beeinflusst und diese ihrerseits von Steuern, Lenkungsabgaben (man denke etwa an den Kohlepennig in der BRD) und Subventionen, alles Größen, die politisch beeinflusst sind. Es dürfte klar sein, dass ein Partialmodell, das alle diese angedeuteten Regelkreise heute und für die Zukunft richtig wiedergibt, sehr schwierig aufzubauen ist und einen hohen Komplexitätsgrad aufweisen muss.

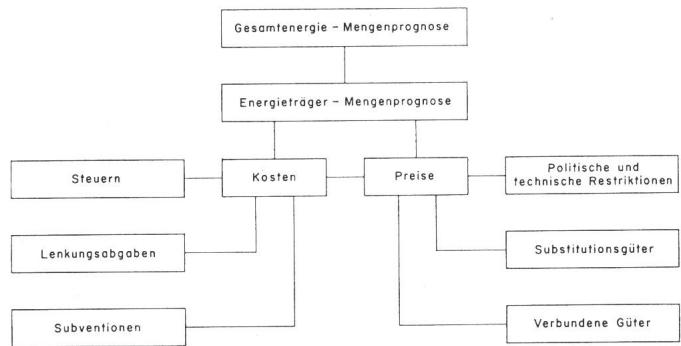


Fig. 17 Haupteinflussparameter bei der Erstellung einer isolierten Erarbeitung einer Gesamtenergie-Mengenprognose

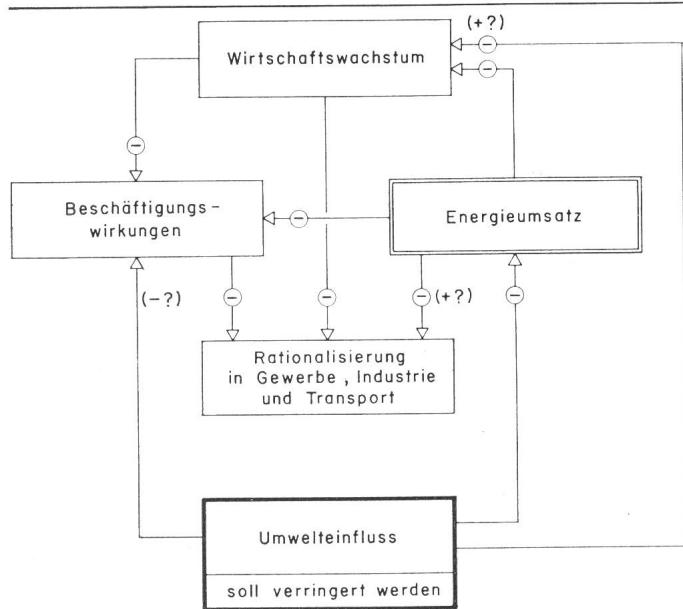


Fig. 18 Zur Problematik wichtiger Modellmodule:

Figur 18 und 19 sind als solche identisch, aber je nach der angestrebten Zielsetzung und den zugrunde gelegten (behaupteten und bisher empirisch nicht eindeutig beweisbaren) Abhängigkeiten ergeben sich grundlegend verschiedene Wirkungen eminent wichtiger wirtschaftlicher und politischer Größen. Der Figur 18 liegt als Ziel die Reduktion des Umwelteinflusses zugrunde

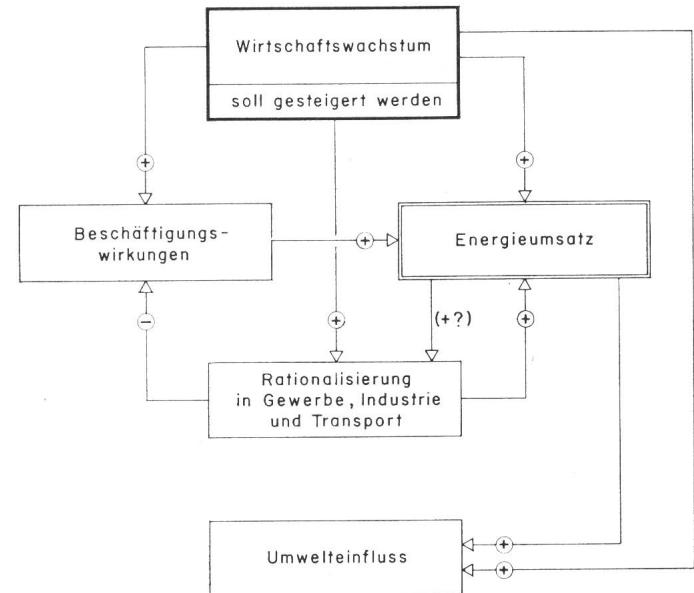


Fig. 19 Modulaufbau analog Figur 18, aber als Ziel wird die Steigerung bzw. Ingangsetzung des Wirtschaftswachstums aus einer Rezessions- oder Stagnationsphase gesetzt

Sind jedoch im vorangehenden Modul die Wirkungszusammenhänge und damit die Prozesswirkungen noch klar definierbar, so gibt es viele Wirtschaftsprozesse, in denen die massgebenden Wirkungsrichtungen umstritten oder nicht genau quantifizierbar sind.

Ein Beispiel dieser Art sei in Fig. 18 und 19 gezeigt. Beide Regelkreise sind identisch, aber es liegen der Betrachtung verschiedene politische Zielsetzungen zugrunde:

– In Fig. 18 soll der Umwelteinfluss reduziert werden, und es geht um die Frage, wie sich dies auf die Beschäftigung und den Energieumsatz auswirkt.

– In Fig. 19 soll ein Wirtschaftswachstum in Gang gebracht oder gesteigert werden, und es geht um die Frage, ob trotz verstärkter Rationalisierung in Industrie, Gewerbe und im Transportwesen der Energieumsatz gesteigert werden muss.

Die wesentlichen Beeinflussungen dieses Regelkreismoduls sind als Pfeile dargestellt; ein + soll eine Verstärkung, ein – eine Abschwächung charakterisieren. Wie Sie wissen, ist über die Frage um die zutreffende Wirkungsweise dieses Modells heute eine heftige politische Kontroverse im Gange, die in Kurzform auf die folgenden beiden Fragen reduziert werden kann:

1. Bedingt ein höheres Wirtschaftswachstum einen höheren Energieverbrauch, ist die statistisch nachweisbare Korrelation zwischen Bruttonsozialprodukt und Energieverbrauch nur zufällig und keine Ursache-Wirkung-Beziehung, oder begünstigt umgekehrt ein höherer Energieverbrauch gar das Wirtschaftswachstum?

2. Verursacht eine verstärkte Rationalisierung in Industrie und Gewerbe eine grössere (strukturelle) Arbeitslosigkeit mit höherem Energieverbrauch, oder ermöglicht umgekehrt die verstärkte Rationalisierung eine höhere Rentabilität der Produktion, damit höhere Einkommen und über die dadurch mögliche grössere Massennachfrage nach Gütern und Dienstleistungen vermehrte Beschäftigungsmöglichkeiten?

Fassen wir zusammen: Solange auch wissenschaftlich solche Zusammenhänge nicht eindeutig und überprüfbar geklärt sind, können Gesamtmodelle, in denen derartige Modellmoduln eine zentrale Rolle spielen, zu keinen wertneutralen und für die Praxis brauchbaren Prognosen führen.

## 7. Schlussfolgerungen

In Thesenform lässt sich der Aussagegehalt dieses bewusst kritisch gehaltenen Referates wie folgt zusammenfassen:

1. Gerade für die Elektrizitätswerke mit ihren notgedrungen sehr langfristigen Planungszeiträumen für Kraftwerke und Netze hat die Prognose des Elektrizitätsverbrauchs eine grundlegende, durch nichts zu ersetzende Bedeutung. Solche Langfristprognosen, die aber immer wieder von den sich wandelnden Realitäten ausgehen müssen, sind auch unabdingbare Voraussetzung für eine zweckmässige Finanz- und damit Tarifpolitik.

2. Die vorausgehenden Ausführungen wurden bewusst auf zwei Hauptprognosegruppen eingeschränkt, auf solche nämlich, mit denen überhaupt einigermassen begründbare und für die Praxis brauchbare Prognosen erstellt werden können und sich damit deutlich vom blossen Glauben, Hoffen und Meinen abheben.

3. Die heute in vielen wissenschaftlichen Kreisen geübte Geringschätzung für Trendprognosen ist in der Realität fehl am Platze. Es werden mit dieser starken, aber streng sachbezogenen Abstraktionstechnik oft bessere Resultate erzielt als mit komplexen Modellen.

4. Umfassende Prognosemodelle haben für jeden Wissenschaftler – und auch manchen Mann von der Strasse (man denke nur an die Popularität der «Grenzen des Wachstums») – etwas Faszinierendes an sich. Gute Modelle müssen aber zwangsläufig einen so hohen Komplexitätsgrad aufweisen und in ihrer gegenseitigen Einwirkung wenig geklärte Beziehungen und Verhaltensweisen sowie deren Reaktionen gerade auch aus dem politischen Bereich mit einbeziehen, dass die bisher bekanntgewordenen Modellresultate in eher kläglichem Gegensatz zur Realität standen. Zur Schaffung umfassender und erfolgsträchtiger Prognosemodelle muss deshalb noch eine bedeutende Entwicklungsarbeit geleistet werden.

## Literatur

- [1] P. Schnell: Energiebedarfsprognosen in der Elektrizitätswirtschaft und ihre praktische Nutzanwendung. Elektrizitätswirtschaft 76(1977), S. 525, Bild 6.
- [2] W. Wetzel: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Zeitreihenanalyse, Göttingen 1970.
- [3] W. Birkensfeld: Zeitreihenanalyse bei Feedback-Beziehungen, Würzburg 1973.
- [4] P. Mertens: Prognoserechnung, Würzburg 1973.
- [5] R. G. Brown: Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, London 1963.
- [6] H. Lienhard: Die Methode der fortlaufenden exponentiellen Ausgleichung zur Gewinnung kurzfristiger Prognosewerte. Elektrizitätsverwertung 17(1972) 3/4, S. 169. 175.
- [7] H. Lienhard und U. Hartmann: Abschätzung des zukünftigen Elektrizitätsbedarfs der Schweiz aufgrund von simulierten Trendprognosen bis 1985. Elektrizitätsverwertung 48(1973)11, S. 357...363.
- [8] H. Lienhard: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft. Berner Beiträge zur Nationalökonomie, Bd. 27, Bern 1976.
- [9] Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz von 1975 bis 1985; Überprüfung und Ergänzung des vierten Zehnwerke-Berichtes, Bull. SEV/VSE 66(1975)18.
- [10] H. Matthöfer: Argumente in der Energiediskussion, Bd. 2, Energiebedarf und Energiebedarfsforschung. Villigen-Schwenningen 1977.

## Adresse des Autors

Dr. H. Lienhard, Direktor des Elektrizitätswerkes des Kantons Thurgau, 9320 Arbon.