

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 73 (1981)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** Irrtümer von Energieprognosen  
**Autor:** La Roche, Ulrich / Weber, Georg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941322>

### **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:** 20.02.2026

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

# Irrtümer von Energieprognosen

Eine MIT-Studie, vorgestellt und kommentiert  
von Dr. Ulrich La Roche und Georg Weber

## Zusammenfassung

Die Auswirkungen von grösseren Verschiebungen in der Energieversorgung sind nicht ohne weiteres zu überblicken. Zur Beurteilung von energiewirtschaftlichen Entscheidungen sind deshalb systemdynamische Modellrechnungen nötig, bei denen die Energiewirtschaft in den Rahmen der Gesamtwirtschaft gestellt wird. Ein Hauptergebnis wurde aufgrund solcher Modellanalysen herausgearbeitet: Wir können es uns nicht leisten, teure Energien ohne Rücksicht auf die Kosten in grösserem Umfang bereitzustellen. Nicht nur die Energieressourcen, sondern auch alle übrigen Ressourcen wie Arbeitskraft, Materialien und besonders Kapital sind begrenzt. Die wechselseitigen Abhängigkeiten dieser Grössen sind zu beachten.

## Résumé: Erreurs dans les pronostics sur l'énergie

Il n'est guère possible de se faire une idée sur les effets de changements importants dans l'alimentation en énergie. Pour juger les décisions relatives à l'économie énergétique, il faut donc procéder à des calculs sur modèle de simulation dynamique permettant d'étudier l'économie énergétique dans le cadre de l'économie générale. Un résultat essentiel a été élaboré sur la base de telles analyses de modèle: Nous ne pouvons pas nous permettre de produire de l'énergie en grosse quantité sans tenir compte des coûts, car non seulement les ressources énergétiques mais encore toutes les autres ressources telles que coûts salariaux, frais de matériels et surtout frais de capital sont limitées et interdépendantes.

## Riassunto: Errori delle previsioni sull'energia

La valutazione delle conseguenze di grandi cambiamenti nei rifornimenti di energia non si comprende direttamente. Per esprimere un giudizio su decisioni di economia energetica sono necessari modelli di calcolo dinamici che considerano l'economia energetica nel quadro dell'economia globale. In base a simili analisi modello è stato elaborato un risultato importante: Non possiamo permetterci di fornire grandi quantità di energie costose senza considerare i costi in un quadro più ampio perché non solo le riserve di energia, ma anche quelle di forze lavorative, materiali e capitali sono limitate e dipendenti fra loro.

## Summary: Errors in Energy Forecasts

It is not possible to gain at a mere glance a clear picture of the effects of major shifts in the supply of energy. Before decisions can be reached on economic aspects of energy supply it is necessary to perform dynamic system calculations on models, in which the energy supply industry is represented as part of the overall economic system. One main result is already evident from such model analyses: We cannot afford to provide expensive energy on a large scale without paying due heed to the costs, because not only are energy resources limited, but also all other resources, such as labour, materials and particularly capital and they are dependent on one another.

## Einleitung

Die sich schubweise verstärkende Verteuerung von Energie, insbesondere von Erdöl und Erdgas, hat in den letzten 6 Jahren zu mannigfachen Studien geführt, in denen versucht wird, die Einflüsse solcher Preisverschiebungen auf die Gesamtwirtschaft zu verstehen. Ihre Kenntnis würde es erlauben, mit einer abgestimmten Energie- und Wirtschaftspolitik die weiteren Entwicklungen gezielt zu beeinflussen.

Mehrere solcher Studien wurden aufgrund von Erfahrungen und Versuchen mit konjunkturpolitischen Eingriffen kurz nach der ersten Erdölkrise 1973/74 in Angriff genommen und mit der seither in Schwung gekommenen Energiekontroverse immer wieder überarbeitet. Ergebnisse solcher Arbeiten bildeten die Grundlage des seither verwendeten Instrumentariums zur Steuerung des Energiemarktes, und aufgrund solcher Grundlagen sind schon viele, weit in die Zukunft reichende Gesetzesbestimmungen in Kraft, die selbst unter veränderten Umständen oder bei Vorliegen besserer Einsicht schwerlich zeitrichtig rückgängig gemacht oder angepasst werden könnten. Eine kürzlich durchgeführte Studie des MIT (Massachusetts Institute of Technology) befasst sich mit der überfälligen Kritik an bisher verwendeten Modellvorstellungen. Sie gibt Hinweise auf Schwachstellen der gegenwärtigen Vorstellungen über die Zusammenhänge zwischen Energie und Wirtschaft.

Das Resultat dieser Arbeit ist ernüchternd: Bisherige Überlegungen sind meist davon ausgegangen, dass der Aufwand für die Energieversorgung nur einen sehr kleinen Anteil einer Volkswirtschaft beansprucht und man deshalb für den Energiesektor so rechnen kann, wie wenn Kapitalangebot und Kaufkraft der Wirtschaft vom Energiesektor nicht beeinflusst würden.

Diese vereinfachte Annahme führte zu den Folgerungen, dass jede beliebige Energiequelle, die man – ungeachtet ihrer Kosten – zusätzlich erschliessen könne, zur Lösung des Energieproblems beitrage und dass mit steigenden Energiepreisen früher nicht konkurrenzfähige Energietechniken konkurrenzfähig werden. Man erwartet so Wachstumsimpulse durch neue Geschäftsmöglichkeiten, die der Konjunkturdämpfung durch höhere Energiepreise entgegenwirken.

Mit diesen vereinfachenden Annahmen wird die alte Erfahrung missachtet, dass man nämlich einen Franken nur einmal ausgeben kann: Wenn er für Energie ausgegeben ist, fehlt er eben für eine Ausgabe anderenorts. Ausgaben sind die Voraussetzung für Wachstum, bei uns oder in den Ölländern.

Diese neue Modellrechnung<sup>1</sup> geht davon aus, dass nicht nur Energie, sondern auch Kapital und Kaufkraft durchaus endlich begrenzte Grössen sind. Das «Recycling von Petrodollars» ist ein augenfälliger Ausdruck dieser Begrenzung: Was zurückkommt sind aber nicht mehr eigene Franken, sondern beispielsweise von der OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) ausgeliehene Franken.

Der Titel der Untersuchung «die Wirkung einer verringerten Energieversorgung auf das wirtschaftliche Wachstum» beschreibt den Ansatzpunkt. Es wird gezeigt, wie auf eine realistische Art die Langzeit-Effekte von verringerter Energieversorgung und steigenden Energiekosten auf Investitionen, Wirtschaftswachstum, Beschäftigung, Lebensstan-

<sup>1</sup> John D. Sterman: The effects of energy depletion on economic growth. Massachusetts Institute of Technology, Industrial Liaison Program. WP 1130-80, May 1980, 80 p.

dard und Inflation in einem Gesamtmodell erfasst und quantitativ behandelt werden können.

Mit dem «Enecon» genannten Modell, einem in anderen Zusammenhängen für die amerikanische Volkswirtschaft schon angewendeten Systemmodell, werden die folgenden Fragen bearbeitet:

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen Bruttosozialprodukt und Energieverbrauch?
- Kann eine Drosselung der Energieversorgung einen Wirtschaftsabschwung verstärken?
- Wie beeinflussen Verzögerungen der Substitution zum Beispiel von Erdöl durch andere Energieträger die Wirtschaft?
- Wird der weitere Ausbau von Energieversorgungsanlagen durch das verfügbare Kapital begrenzt (und nicht nur durch das begrenzte Angebot an Energie selbst)?

#### *Kritik an bisherigen Modellvorstellungen*

Warum sind bisherige Vorstellungen oft unvollständig und damit die bis heute getroffenen energiepolitischen Entscheide in ihrer längerfristigen Wirkung in vielen Fällen fragwürdig?

Die Energiekrise(n) sind heute noch fast ausschliesslich als Ungenügen der Energieversorgung identifiziert. Sie werden mehr oder weniger isoliert von der restlichen Wirtschaft behandelt. Auf diese Weise wird die Übersicht vereinfacht. Dabei meist stillschweigend getroffene Annahmen sind aber recht unrealistisch. Nachstehend sind die wichtigsten dieser unzutreffenden Annahmen aufgeführt.

«Das Wirtschaftswachstum sei praktisch unabhängig von der Energieversorgung, diese beanspruche ja nur einen kleinen Teil des Wirtschaftsvolumens, heute 5 bis 8%.» Dass diese Annahme nicht stimmen kann, zeigt sich darin, dass bei einem plötzlichen Ausfall der Erdölversorgung mit schwersten Konsequenzen gerechnet wird; mindestens für kurze Zeithorizonte wird daher eine Vorrats- und Vorsorgepolitik befolgt.

«Die Investitionskosten neuer Technologien seien nicht von den Energiekosten abhängig.» Viele Projektkosten für zum Beispiel Kohlevergasung, Ölschieferausnutzung und Kernenergie (dort zusätzlich noch durch übertriebene Bewilligungs- und Sicherheitsauflagen) sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Wenn die Energiekosten steigen, steigen die Kosten zur Herstellung von Stahl, Zement und Dienstleistungen ebenfalls, was eine allgemeine Teuerungswelle auslöst.

«Das Investitionsvolumen für Energieanlagen beeinflusse die anderen Sektoren der Wirtschaft kaum»: Wenn die Wirtschaft wächst, wächst der Kuchen, der zwischen Konsum, Investitionen und Staatsausgaben verteilt werden kann. Die Annahme, dass das Bruttosozialprodukt von den Energiekosten nicht beeinflusst werde, würde bedingen, dass Konsum und Investitionen ausserhalb des Energiesektors weitergehen, obwohl für die Energiebereitstellung höhere Mittel (höhere Preise und grosse Investitionen) gebunden werden. Diese Konkurrenz um Kaufkraft wird in der einfachen Versorgungsbetrachtung nicht berücksichtigt.

«Die Kapitalzinsen würden von der Energieversorgungslage nicht beeinflusst»: Wenn im Energiesektor grössere Investitionen nötig sind, werden die Zinssätze wegen begrenztem Kapitalangebot nach oben gedrückt. Marginal profitable Investitionen werden zunehmend abgebaut. Für Energieprojekte werden staatliche Subventionen beansprucht, was den Kapitalmarkt zusätzlich belastet.

«Die Inflation sei nicht beeinflusst von Energiepreisen und der Energieversorgungslage»: Dass diese Annahme nicht

zulässig ist, dürfte heute weitgehend bekannt sein. Allein die Wirkungen werden allgemein unterschätzt. Höhere Energiekosten haben immer höhere Produktionskosten für Güter und Dienstleistungen zur Folge. Energiekostensteigerungen über der Inflationsrate verstärken deshalb die Inflation, sie tragen zur verstärkten Verteuerung künftiger Energieprojekte besonders dann bei, wenn diese eine lange Vorlaufzeit haben.

Diese aufgezählten, oft stillschweigend gemachten unzulässigen Voraussetzungen werden zwar vom kurzfristigen Trend kaum widerlegt, aber diese Vereinfachungen lassen entscheidende gegenseitige Abhängigkeiten von Energiekosten, Bildung von Kapital, Wachstum und Inflation zum Teil völlig ausser acht.

Die Ergebnisse vieler bisheriger Untersuchungen und die darauf fussenden energiepolitischen Entscheide der jüngsten Vergangenheit müssen deshalb in Frage gestellt werden.

#### *Das «Enecon»-Modell und seine Aussagen*

Das hier beschriebene Modell hat eine Anzahl Vorläufer, mit denen versucht wurde, die erkannten Mängel einer vereinfachten Behandlung der Energiekrise als reines Versorgungsproblem zu beheben. Allein sie weisen die nachstehend erkannten Hauptfehler auf.

#### *Orientierung der Analyse an einer Gleichgewichtsbetrachtung:*

Es wird von einem sich einstellenden Marktgleichgewicht ausgegangen. Ein Beispiel ist das Modell des Elefanten-Kaninchen-Eintopfgerichts: Auch wenn das Gericht statt 1 % Kaninchen deren 2 % enthält, schmeckt es immer noch nach Elefant. Die langzeitlichen, dynamischen Prozesse einer Umstellung von einem Energieanteil der Wirtschaft von beispielsweise 5 % auf 10 % werden vernachlässigt zugunsten von Gleichgewichtsbetrachtungen der beiden Vergleichszustände. Energiesysteme verhalten sich im Zeitmassstab nicht konform mit den üblichen Vorstellungen der Nationalökonomie von Marktgleichgewichten, weil die entsprechenden Vorlaufzeiten sehr viel grösser sind. Man braucht über 15 Jahre, um ein Kernkraftwerk zu bauen (Sicherheits- und Bewilligungsaufgaben!), Autos leben 10 Jahre, Gebäude 50 Jahre und mehr, Lebens- und Wohnweisen ändern sich nur im Zeitraum von Generationen. Auch auf Behördenseite beginnt die Erfahrung vorzuliegen, dass sich eine Energiepolitik erst sehr langfristig auswirkt und dass von einem einmal eingeschlagenen Weg nur sehr schwer und nur mit grosser Zeitverzögerung abgewichen werden kann. Es wird deshalb Jahrzehnte dauern, bis sich die Wirtschaft an das Ende der Ära billiger fossiler Energie in Form von Öl und Gas angepasst hat. In einer Übergangszeit mit unvollständiger Anpassung wirken sich erhöhte Preise und Versorgungsengpässe sehr unangenehm aus, viel stärker als in einer weiteren Zukunft.

Modelle wie das Elefanten-Kaninchen-Eintopfgericht, die von Marktgleichgewichten ausgehen, geben einen Hinweis zur Frage «wohin gehen wir», aber nicht zur vielleicht ebenso wichtigen Frage «können wir überhaupt von hier dorthin gelangen?» und «wie lange wird es dauern?».

#### *Die Verschiebung der Energienachfrage*

In einzelnen Sektoren der Wirtschaft wird die Verschiebung der Energienachfrage oft nicht berücksichtigt: Dieser Mangel ist heute meist behoben. Mindestens im Ansatz werden die Auswirkungen anderer Energiekostenrelationen berücksichtigt.

## Der Einfluss der Wirtschaftslage auf den Energiesektor

Dieser Einfluss beginnt heute, im Gefolge des Soll/Ist-Vergleichs von Energieprognosen, erkannt zu werden. Er ist aber vielfach erst erkannt und noch nicht verarbeitet: Das genannte Elefant-Kaninchen-Modell behandelt das gesamte Kapitalangebot und die Investitionen im Energiesektor als unabhängige Grössen, und das Modell gibt keinen Zusammenhang zwischen Wirtschaftslage und Energiepreisen.

Kapitalbildende Produktionen wie Rohstoffgewinnung, Bauwirtschaft, Veredelungsindustrie sind mehr oder auch weniger abhängig von Energie- bzw. Rohmaterialpreisen. Die Fähigkeit der Wirtschaft, genug Kapital zu bilden, ist deshalb als Ganzes entscheidend für die nötigen Investitionen im Energiesektor. Ohne diese Abhängigkeit fehlt eine wesentliche Bestimmungsgrösse des Energieproblems.

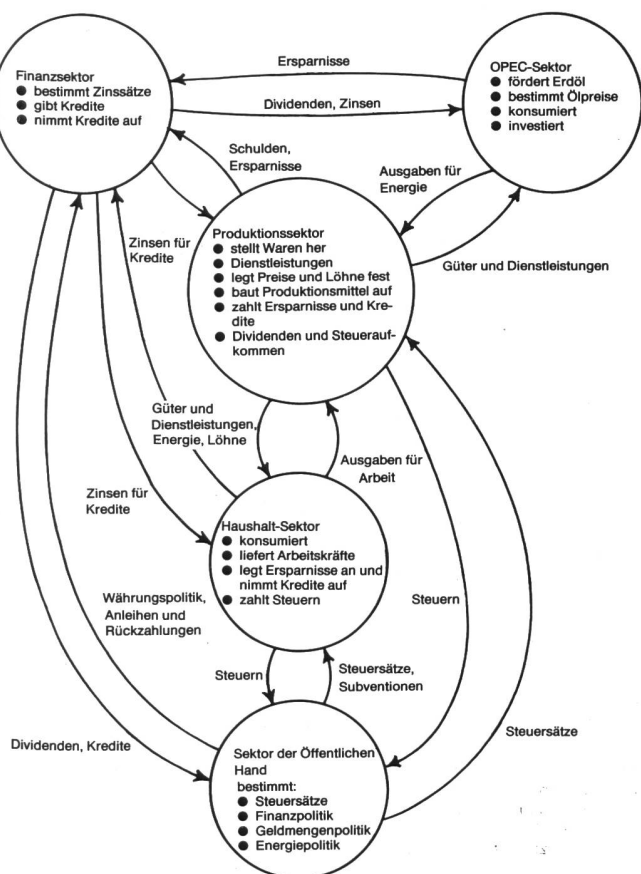
### Kapital und Arbeitskraft als begrenzte Ressourcen

Materielle und finanzielle Bilanzvolumen werden nicht gekoppelt und als feste, endliche Grössen behandelt.

Um den Einfluss von Verringerung der Energieversorgung und von energiepolitischen Entscheiden realistisch abzuschätzen, ist es nötig, sowohl materielle Ressourcen wie Kapital, Arbeitskraft und Energie als auch finanzielle Ressourcen wie Lohnzahlungen, Profite und Steuern als endliche Grössen einer Bilanz zu behandeln.

Eine Subvention für Sonnenenergie zum Beispiel muss aus zusätzlichen Steuern oder der Reduktion von anderen Staatsbeiträgen oder durch Erhöhung der Staatsverschuldung finanziert werden. Jedes dieser Vorgehen wird sich auf die Wirtschaftslage auswirken. Den erhofften günstigen Auswirkungen stehen negative Komponenten gegenüber; leicht können dabei die Nachteile überwiegen.

Bild 1. Die dem Modell zugrunde gelegte Verknüpfung von Aussen- und Innenwirtschaft.



## Die Kontrolle der Modellvorstellungen für extreme Situationen

Viele der bisher verwendeten Modelle für das Verhalten der Volkswirtschaft ergeben keine plausiblen Resultate für extreme Bedingungen. Zum Beispiel ergibt sich mit einer Nachfrageelastizität für Öl (abgeleitet aus der Vergangenheit), dass für eine Nachfrageeinschränkung auf 50 % der Ölpreis so stark ansteigen müsste, dass die Ölrechnung allein das ganze Bruttosozialprodukt in westlichen Industriestaaten stark übersteigen würde. Ein Modell sollte auch ausserhalb des Bereiches von bisherigen Erfahrungszahlen plausibel funktionieren, wenn es zur Untersuchung verschiedener Ansätze einer Energiepolitik dienen soll. Veränderte Rahmenbedingungen und neue Energiepolitik können zu neuartigem, bisher nicht beobachtetem Verhalten führen.

### Behandlung der Beteiligung der Bevölkerung am Arbeitsprozess unabhängig vom Energiesektor

Diese Beteiligung ist eine wesentliche Bestimmungsgrösse der volkswirtschaftlichen Produktion. Wenn sie unabhängig vom Energiesektor behandelt wird, ist das gleichbedeutend mit der Annahme, dass das Bruttosozialprodukt, BSP, bestimmt sei ohne dass Energiepreise, verfügbares Lohn Einkommen, Arbeitslosigkeit und Änderungen im Lebensstil (wieviel wird für was ausgegeben) die Entscheidung zu arbeiten beeinflussen.

Hohe Energiepreise können den Leistungswillen ganzer Bevölkerungsgruppen in starkem Masse ungünstig verändern, ähnlich, wie dies heute schon bei hohen Steuern festgestellt werden kann.

Nicht nur die vereinfachte Behandlung der Energiefrage als reines Versorgungsproblem, sondern auch die meisten neueren Modelluntersuchungen allgemeiner Energie-Wirtschafts-Beziehungen weisen in vieler Hinsicht Unzulänglichkeiten, wie oben beschrieben, auf.

### Anforderungen an die Modellrechnungen

Damit die gegenseitige Abhängigkeit von Energie und Wirtschaft wirkungsgerecht ermittelt wird, sollte ein Modell die gegenseitigen Rückkoppelungen im Rahmen einer Gesamtbilanz enthalten (Bilder 1 und 2). Es sollte ferner die Verschiebungen von Nachfrage und Produktion, den Einfluss von Verzögerungen und Ungleichgewichten berücksichtigen. Materielle und finanzielle Ressourcen sind endliche Bilanzgrössen, und das Modell sollte für extreme Situationen plausibel und innerhalb vernünftiger Grenzen reagieren.

Nur mit solchen, funktionsmässig vollständigen Modellen können Lösungen der komplexen Probleme aufgezeigt werden. Nur sie erlauben es, Prioritäten abzuwägen, die verschiedenen Vorgehensweisen zu vergleichen oder die Zweckmässigkeit einer Energiepolitik zu beurteilen.

Diese Forderungen werden vom «Enecon»-Modell weitgehend erfüllt. In der Folge sind ein paar erste Untersuchungen mit diesem Enecon-Modell kurz beschrieben.

### Simulationsresultate mit «Enecon»

Um das Modell «Enecon» für die Untersuchung einer Energiepolitik einzusetzen, wurden einige Testläufe für zukünftige Entwicklungen durchgerechnet.

Für den Anfang wurden vereinfachende Annahmen getroffen, wie Nullwachstum der Bevölkerung und keinen technologischen Fortschritt.

Gefragt wird nach den Investitionen, der volkswirtschaftlichen Produktion und dem Lebensstandard bei gleichbleibender Geldversorgung. Die Steuerbelastung wird kon-

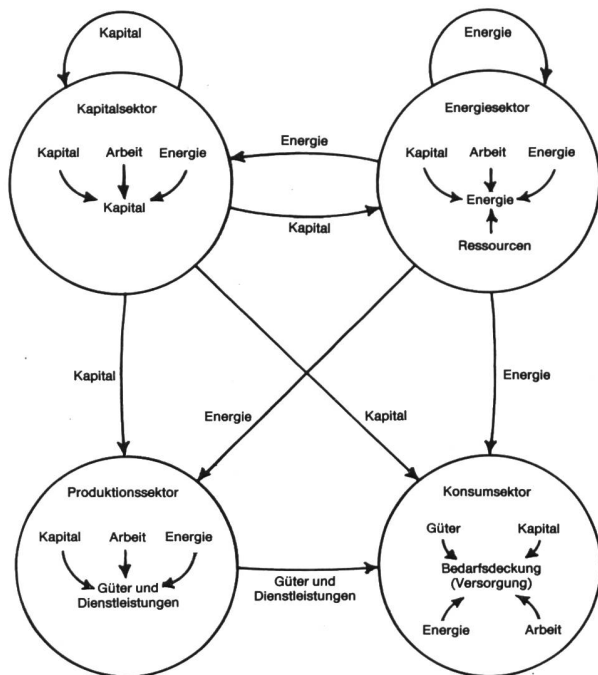


Bild 2. Die dem Modell zugrunde gelegten Zusammenhänge zwischen den Sektoren Kapital, Energie, Produktion und Konsum.

stant gehalten, und man nimmt ein Staatsbudget an, das im Gleichgewicht sei. Die OPEC versorgt den ganzen Bedarf an Erdöl und rezirkuliert ihre Einnahmen durch Importe bei den Verbrauchern. Die Energiepreise steigen stetig nach Massgabe des Versiegens der Erdölquellen bis zum Kostenniveau einer Ersatztechnik. Es wird angenommen, dass die Ersatztechnik in unbegrenzter Menge vorliege, ohne zusätzliche Vorlaufzeiten für Entwicklung oder Realisierung, was einer Unterschätzung der Effekte einer verringerten Energieversorgung entspricht.

Wachstumsraten, Inflation, Staatsdefizite, Versorgungsunterbrüche und Verzögerungen von Entwicklung neuer Technologie, wie sie in Wirklichkeit vorkommen, werden vernachlässigt. Mit diesen Testläufen von «Enecon» sollten weder historisch bekannte Abläufe reproduziert noch die Zukunft vorausgesagt werden. Es gilt zu verstehen, wie eine verringerte Energieversorgung eine Volkswirtschaft als Ganzes über einen grossen Zeitraum beeinflusst. Mit zunehmender Einsicht können die vereinfachenden Randbedingungen und Annahmen wegfallen.

Als Anfangselemente wurden die Daten der USA vor den Erdölkrisen verwendet.

### Referenzfall

Es wird angenommen, dass bei gleichbleibendem Verbrauch das Erdöl für 50 Jahre reiche. Im Verlaufe der Erschöpfung der Quellen sinkt die Produktivität des Energiesektors (pro Kosteneinheit zur Verfügung gestellter Energie) bis auf 25% des ursprünglichen Wertes. Die Ersatztechnik wird damit viermal teurer angenommen als die ursprünglichen Kosten der erschöpften Energiequelle. Dies entspricht dem Verlauf der US-Erdölkosten zwischen 1930 und 1980. Bild 3 gibt den zeitlichen Verlauf von Bruttosozialprodukt, Konsumentenpreisindex und Arbeitslosigkeit vom Beginn der Preisentwicklung bis zum neuen, stabilen Gleichgewicht 200 Jahre (!) später.

Zwei Ergebnisse sind zu erkennen: Erstens ist das Bruttosozialprodukt im neuen Gleichgewicht kleiner, was einem merklich reduzierten materiellen Lebensstandard entspricht, und zweitens dauert die Anpassung zum neuen

Gleichgewicht mehr als ein halbes Jahrhundert vom Moment an, wo die neue Ersatzenergie zum Einsatz kommt (im Bild 3 vom Jahr 40 bis zum Jahr 90). Der Einfluss verringerter und verteuerter Energieversorgung auf das Bruttosozialprodukt, die Arbeitslosigkeit und die Teuerung ist am stärksten in einer Übergangsperiode, bevor die Substitution durch die Ersatzenergie wirksam wird.

Eine Verarmung findet statt, weil die Produktivität, das heisst Produktion pro Kosteneinheit für Energie, im Beispiel auf  $\frac{1}{4}$  fällt. Die Ersatzenergie wird viermal teurer. Ein Absinken der Produktivität im Energiesektor zieht unweigerlich ein Absinken des materiellen Niveaus der gesamten Volkswirtschaft nach sich.

Bild 4 gibt für die gleichen Annahmen den Verlauf des Energiepreises und das Verhältnis Energieverbrauch pro BSP (spezifischer Energieverbrauch pro Produktion der Volkswirtschaft).

Der Energiepreis ist im neuen Gleichgewicht fünfmal stärker erhöht als das Absinken der Produktivität des Energiesektors auf  $\frac{1}{4}$ , weil wegen erhöhtem Kapitalbedarf des Energiesektors auch die Kapitalkosten steigen (Kopplungseffekt).

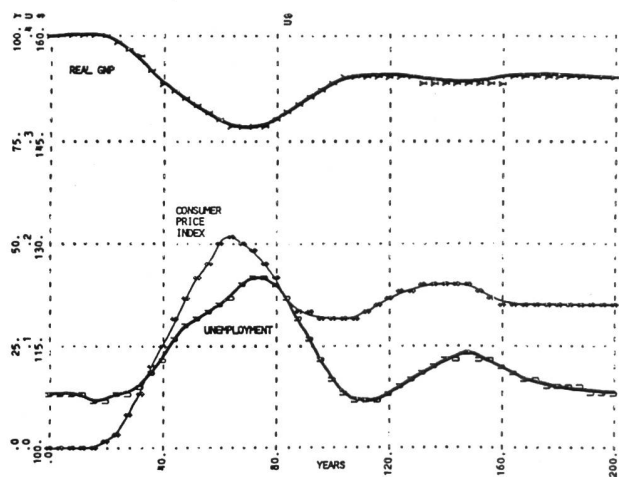


Bild 3. Referenzfall. Die Entwicklung dreier Parameter unter den im Text genannten Annahmen über 200 Jahre. Reales Bruttosozialprodukt in % des Ausgangswertes; Konsumentenpreisindex (real) in % des Ausgangswertes; Arbeitslosenrate in % der arbeitsfähigen Bevölkerung. Auf der Abszisse ist die Zeit in Jahren aufgetragen.

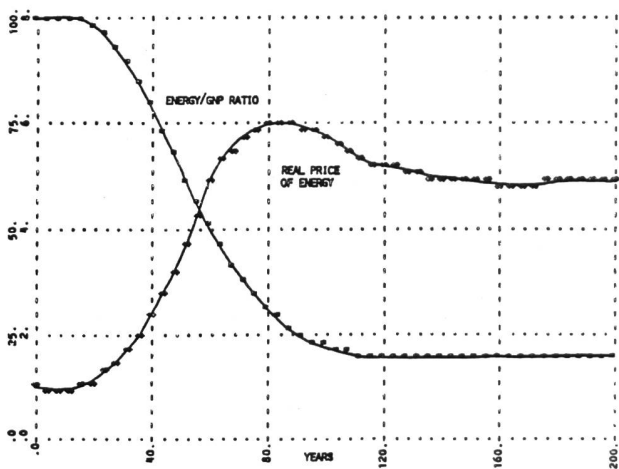


Bild 4. Referenzfall. Die Entwicklung zweier Parameter unter den im Text genannten Annahmen über 200 Jahre. Reale Energiepreise, Entwicklung ausgehend vom Momentanwert; Verhältnis Energie zu Bruttosozialprodukt in % des Ausgangswertes. Auf der Abszisse ist die Zeit in Jahren aufgetragen.



Mit steigenden Energiekosten findet eine allgemeine Verlagerung zugunsten von Produktionsmethoden mit einem stark verringerten spezifischen Energieverbrauch statt.

Es sind die gegenseitigen Abhängigkeiten, die die drastische Veränderung gemäss den Bildern 3 und 4 bewirken:

*Für die Bereitstellung von Energie wird Energie benötigt (um Energieanlagen zu bauen und zu betreiben). Bei höheren Energiepreisen wird auch hier versucht, den Aufwand an Energie zu reduzieren und statt dessen mehr Kapital und Arbeitskräfte einzusetzen. Weil die übrige Wirtschaft dasselbe tut, verkleinert sich bei begrenztem Angebot von Kapital und Arbeit das Bruttosozialprodukt.*

Hier ist in Erinnerung zu rufen, dass die untersuchte Modellwirtschaft jene der USA ist. Der Anteil an Heizaufwand betrug dort im Jahre 1970 weniger als 20 % (gegenüber 40 bis 50 % in Westeuropa). Dies bedeutet, dass die Verhältnisse in Westeuropa ungünstiger sind als in den USA.

Der Unterschied zwischen der bisher meist üblichen gesonderten Behandlung des in der Gesamtwirtschaft unbedeutenden Energiesektors und der vorliegenden gekoppelten Untersuchung liegt bei der beobachteten Reduktion der materiellen Produktion der Volkswirtschaft bei steigenden realen Energiepreisen. Die Grösse dieser Reduktion wird weitgehend durch die über grosse Zeitverzögerungen einsetzenden Kopeffekte von Energiepreis und begrenzter Verfügbarkeit von Kapital und Arbeitskraft in einer Volkswirtschaft bestimmt. Frühere Modelle, zum Beispiel das erwähnte «Elefanten-Kaninchen-Eintopfgericht», stellen diese Kopeffekte praktisch nicht in Rechnung. Zusätzlich berücksichtigt das «Enecon»-Modell auch die Grösse und den zeitlichen Ablauf der Veränderungen.

Wie aus den Bildern 3 und 4 ersichtlich, kann die Übergangsperiode mehr als 50 Jahre dauern. Das ist bedingt durch die Annahme, dass die Einführung von energieeffizienter Produktion einer Energietechnik (und die Auswirkung auf die übrige Wirtschaft) durch die Lebensdauer der vorhandenen Anlagen von etwa 20 Jahren begrenzt wird. Auch die angenommene 50jährige Verknappungs- und Auslaufzeit des Erdöls beeinflusst die lange Dauer dieser Übergangszeit.

Die Anpassung der arbeitsfähigen Bevölkerung an die Bedingungen der Übergangsperiode ist lange und schwierig. Stark reduziertes Produktionsvolumen, eine Teuerung grösser als im Endzustand und stark überhöhte Arbeitslosigkeit sind mit einem wesentlich tieferen materiellen Lebensstandard verbunden.

Solche Faktoren tragen, oftmals sich verstärkend, zu einer Verlangsamung der Anpassung bei, womit die Lebensbedingungen in der Anpassungsperiode noch schlechter werden.

Der zeitliche Verzug im Ersatz alter durch neue, energiesparende Produktion führt auch wieder mit Kopeffekten zu einem kumulativen Mittelbedarf: für den Kauf von teurem Erdöl (von der OPEC) und für teure eigene Energieanlagen (Bild 5). Die dadurch gebundenen Mittel fehlen dann bei den Einkommen der Privathaushalte, in den Unternehmen oder bei den Staatsausgaben.

Dieser Zusammenhang gibt Anlass zu einer sich verstärkenden Wirkung weg vom angestrebten Ziel. Ungenügende Energieversorgung und höhere Energiekosten verringern die Mittel, die nötig wären, um mit energieeffizienter Produktion unwirtschaftliche Investitionen abzulösen.

### Modellrechnung mit beschleunigter Substitution

Eine Verringerung der zeitlichen Verzögerungen für neue energieeffiziente Substitutionstechnik hat, wie in Bild 6 ge-

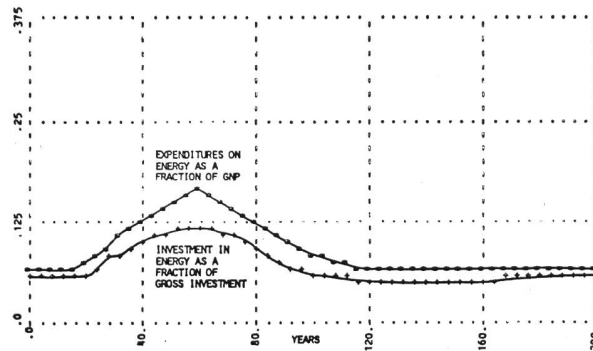


Bild 5. Die Entwicklung zweier Parameter unter den im Text genannten Annahmen über 200 Jahre.

Ausgaben für Energie als Anteil am Bruttosozialprodukt;  
Investitionen im Energiesektor als Teil der gesamten Investitionen.

Wegen verzögerter Substitution von Erdöl durch energie- und kostengünstige Anlagen im Energiesektor werden grosse Mittel der Wirtschaft im Energiesektor gebunden (Importe von teurem Erdöl, eigene Investitionen).

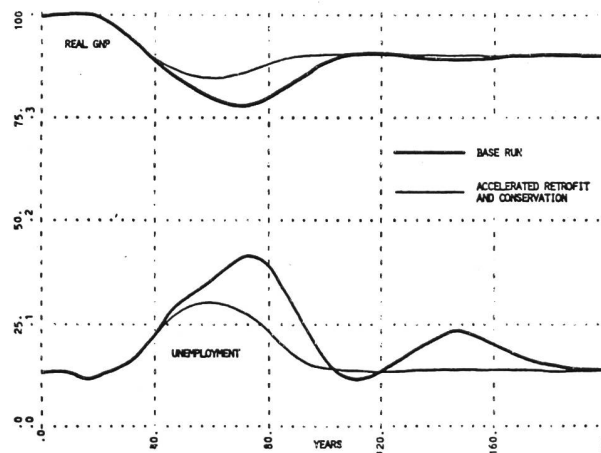


Bild 6. Vergleich zwischen dem Referenzfall (Bilder 3 bis 5) und einer Rechnung mit beschleunigter Substitution. Vergleich der Parameter.  
Reales Bruttosozialprodukt in % des Ausgangswertes und  
Arbeitslosenrate in % der Arbeitskräfte.

Die Verkürzung der Anpassungszeit führt auch zu einer fast ebenso wichtigen Verkleinerung der ungünstigen Auswirkungen.

zeigt, eine erhebliche, günstige Wirkung. Zur Berechnung des Kurvenverlaufs wurden die Substitutionszeiten im Energiesektor gegenüber den Berechnungen für die Bilder 3 bis 5 halbiert.

Die widrigen Erscheinungen der Übergangs- und Anpassungsperiode dauern dank der halbierten Substitutionszeiten nicht nur kürzer, sondern sie fallen auch fast um die Hälfte weniger ins Gewicht.

### Schlussfolgerungen

Die Rechen- und Gedankenmodelle zur Untersuchung des Einflusses von Energieversorgung auf die Wirtschaft zeigen viele Ansatzpunkte auf, wo schon heute erkennbare, völlig kontraproduktive Konzepte bestehender energiepolitischer Leitvorstellungen einer drastischen Korrektur bedürfen.

Der vorgelegte Testrechengang des Modells «Enecon» zeigt, wie infolge der berücksichtigten Kopplungen des Energiesektors mit der Gesamtwirtschaft bisher vernachlässigte Folgen einer verringerten Energieversorgung mit höheren Kosten zutage treten. Hierzu gehören als vielleicht wichtigste Folgerungen:

erstens der Befund, dass eine verringerte Energieproduktivität (das heisst höhere spezifische Kosten der Energie) eine entsprechende Senkung des materiellen Lebensstandards zur Folge haben;

zweitens der Befund, dass infolge der Kopplung von Energiepreis und begrenzten materiellen und finanziellen Ressourcen einer Volkswirtschaft in der Übergangszeit der Anpassung und Bewältigung der neuen Umstände bezüglich Energieversorgung die widrigen Wirkungen von überhöhten Energiepreisen, Kaufkraftschwund und Arbeitslosigkeit sich gegenseitig verstärken und die Anpassungszeit dadurch verlängern;

drittens der Befund, dass eine Beschleunigung des Ersatzes von energieineffizienten Investitionen durch neue, effiziente Produktionsinvestitionen nicht nur die Anpassungszeit verkürzt, sondern fast im selben Masse auch die dabei auftretenden Schwierigkeiten verringert.

Von den bisher von einem eigentlichen politischen Konsens getragenen Vorstellungen, dass die Frage der Energieversorgung nur eine Frage der Versorgung, gleichgültig zu welchem Preis sei, muss ebenso Abschied genommen werden wie von der Vorstellung, dass, weil mit steigenden Energiepreisen bisher nicht konkurrenzfähige Technologien interessant werden, dadurch erstens das Versorgungsproblem gemildert und zweitens Wachstums- oder wenigstens Beschäftigungsimpulse in der Wirtschaft ausgelöst würden.

Unerbittlicher Massstab aller Vorkehren, die Energiekrise zu meistern, ist die Produktivität neuer Energieanlagen zum Ersatz des teuren Erdöls und die Schnelligkeit, mit der dieses ersetzt wird.

Die heute im westlichen Zentraleuropa befolgte Energiepolitik ist allerdings, um diese Feststellung wird man nicht herumkommen, obigen Schlussfolgerungen fast genau entgegengesetzt.

Verzögert statt beschleunigt werden Substitutionsinvestitionen hoher Energieproduktivität wie Kernenergieanlagen, gefördert werden sogenannte Alternativenenergien mit nachweislich kleiner Energieproduktivität. Energiesparen wird ohne Rücksicht auf Kosten betrieben bzw. propagiert, und es gilt als weise, den Preis für an sich wirtschaftliche Energie durch Abgaben, durch Sicherheits- und Bewilligungsauflagen zu erhöhen.

Energiepolitische Entscheide werden im kurzfristigen politischen Opportunitätshorizont gefällt, und erst vereinzelt werden die zu erwartenden langfristigen Wirkungen dieser Entscheide auf die Volkswirtschaft entsprechend dem dynamischen Ablauf beurteilt.

Eine solche Beurteilung hat ein komplexes Wirkungsgefüge zu untersuchen, das ohne wirkungsgerechte Modellkonzepte wie zum Beispiel das Modell «Enecon» mit dem gesunden Menschenverstand allein leider kaum richtig erfasst werden kann.

Bei fallenden Energiepreisen kurzfristig gefällte Entscheide sind korrigierbar. Bei steigenden Energiepreisen wirken sich energiepolitische Entscheide erst langfristig aus, sie sind deshalb vorausschauend und besonders sorgfältig zu fällen. Dies ist die vielleicht einschneidendste Lehre aus den ersten Simulationsversuchen mit dem «Enecon»-Modell.

## Zürcher Fischereijahr 1980

Im Fischereijahr 1980 sind im Kanton Zürich die Fangerträge um 44,8 t auf total 258,8 t gestiegen. Der Mehrertrag ist auf um 37,9 t höhere Edelfischfänge (Forellen, Aeschen, Felchen) zurückzuführen. Seit 1970 wurde noch nie ein derart grosser Felchenertrag im Zürichsee ausgewiesen wie 1980. Wie wiederholt 1980 in der Presse veröffentlicht, dass die Edelfischbestände in Schweizer Seen angeblich stark rückläufige Entwicklungen aufzeigen, trifft für die zürcherischen Gewässer nicht zu.

### Fangerträge in einzelnen Gewässersystemen

Der Totalertrag von 175 t Fisch im Zürichsee teilt sich auf in 4,6 t Seeforellen, 57,9 t Felchen, 3,8 t Albeli, 5,6 t Hechte, 30 t Egli, 59,1 t Schwalen und 14 t übrige Fische. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Fangertrag bei den Edelfischen (Seeforellen, Felchen, Äschen) also um 37,4 t gestiegen sowie bei Hechten und Egli um 12,0 t gesunken.

Im Greifensee sind total 34,6 t Fisch gefangen worden, nämlich 1 t Felchen, 3,6 t Hechte, 3,9 t Egli und 26,1 t übrige Fische (vorwiegend Schwalen). Im Vergleich zum Vorjahr erfolgte eine Ertragssteigerung von 10,7 t, welche jedoch auf eine Spezialaktion zur Reduktion der Schwalenbestände zurückzuführen ist. Vor und während der Laichzeit der Schwalen wurden mittels Spezialnetzen innerhalb weniger Tage mehrere Tonnen Schwalen aus dem See entfernt. Diese Dezimierungsaktion ist aus gewässerschützerischen wie aber auch aus fischereibiologischen Überlegungen notwendig.

Im Pfäffikersee teilt sich der Totalertrag von 7,3 t Fisch auf 1,7 t Hechte, was einer Ertragssteigerung im Vergleich zum Vorjahr um 35% gleichkommt, 1,7 t Egli (entspricht einer Ertragssteigerung um 23,5%) sowie 3,9 t übrige Fische auf. Erstmals seit über 30 Jahren wurde im Herbst 1980 wieder ein Felchenlaichfischfang im Pfäffikersee durchgeführt. Die dabei gewonnenen Fortpflanzungsprodukte waren von guter Qualität.

In den Fliessgewässern konnte gesamthaft ebenfalls eine Ertragssteigerung ausgewiesen werden. Der Ertrag von 39,1 t teilt sich auf 29% Edelfische, 5,4% Hechte, 3,4% Egli, 20% Barben, 19,3% Alet und 22,9% übrige Fische auf. In einzelnen Fischereirevieren nahm in den letzten Jahren nachgewiesenermassen der Bachforellenertrag ab. Diese Ertragsverminderung konnte anhand von Bestandskontrollen mit dem Elektrofanggerät eindeutig auf kleinere Forellenbestände zurückgeführt werden. Dies ist in Anbetracht der in vielen Gewässern verbesserten Wassergüte überraschend. In einzelnen Revieren sind auch Auswirkungen der Graureiher, im Volksmund besser unter dem Namen Fischreiher bekannt, wahrscheinlich. Der Bestand an Graureihern ist in den letzten zehn Jahren von einigen wenigen Exemplaren auf einen Bestand von heute mehreren hundert Vögeln angewachsen.

### Jungfischeinsätze

In die öffentlichen Gewässer wurden 1980 19,4 Mio Fischbrütlinge und 1 Mio Vorsommerlinge, Sommerlinge und Jährlinge eingesetzt. In die fliessenden Gewässer wurden 1 Mio Bachforellenbrütlinge und 260 000 Bachforellensommerlinge und Sommerlinge ausgesetzt. Dank der Aufzuchtmöglichkeit der 1978 in Betrieb genommenen Fischzuchtanlage Dachsen konnten vermehrt Äschen ausgesetzt werden (über 100 000 Sommerlinge). Von den Jungfischeinsätzen in die Seen sind die 12,5 Mio Felchenbrütlinge, die 2,5 Mio Hechtbrütlinge und 385 000 Hechtsetzlinge hervorzuheben. Kantonale Informationsstelle Zürich

Adressen der Verfasser: Dr. Ulrich La Roche, BBC, Brown Boveri & Cie. AG, Abt. KLS, CH-5401 Baden; und Georg Weber, Redaktor «wasser, energie, luft – eau, énergie, air», CH-5401 Baden.