

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 92 (1974)  
**Heft:** 17: SIA-Heft, Nr. 4/1974: Mensch und Technik

**Artikel:** Die Weltvorräte an Energieträgern und deren Verteilung  
**Autor:** Gabor, Dennis  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72338>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

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

Aber wie soll der Politiker, der in den meisten zur Diskussion stehenden Sachfragen ja nicht Fachmann sein kann, den wahren Sachverhalt erkennen, wenn sich häufig die Fachleute nicht einig sind und mit entgegengesetzten Meinungen an die Öffentlichkeit treten? Um das anzustrebende menschliche Verhalten zu erzielen, ist es demnach Vorbedingung, dass die Fachleute übereinstimmen in der Darstellung der Tatbestände, soweit diese sich mit wissenschaftlichen Methoden feststellen lassen. Kurz ausgedrückt: Es ist die *Wahrheit* zu vermitteln.

Immerhin können wir auch feststellen, dass die Ingenieurtätigkeit in vielen Fällen die Verhaltensweise der Menschen mittelbar beeinflusst. Dazu seien aus der Fülle der Beispiele zwei herausgegriffen:

Die Konstruktion des Verbrennungsmotors – zweifellos eine Ingenieurtat – machte die Erzeugung ansehnlicher Leistung in kompakten Einheiten und damit deren Einbau in Fahrzeuge möglich. Dies wurde zum Antrieb einer Verkehrsentwicklung, welche die Lebensgewohnheiten von uns allen so beeinflusste, dass wir im Vergleich mit den Veränderungen während früherer Jahrhunderte von einer stürmischen Entwicklung sprechen müssen. Die neue Technik war also das indirekte Mittel, das unsere Lebensführung prägte. Vom Standpunkt der Technik aus betrachtet, wahrlich ein durchschlagender Erfolg! Der Ausdruck Fortschritt soll hier nicht

gebraucht werden, weil hierüber keine gesicherte Definition, geschweige denn eine allgemein anerkannte Bewertung vorliegt. Aber dies steht hier auch nicht zur Diskussion.

Weiter sei die tiefgreifende Wirkung moderner Kühlmethoden auf unsere Ernährung und auf unsere Haushaltsgewohnheiten erwähnt. Lebensmittel werden überall erhältlich, die sonst nur am Ort der Gewinnung angeboten wurden. Zudem werden auch für den Familienhaushalt Grosseinkäufe und damit eine rationelle Lebensmittelverteilung möglich. Auch hier soll diese Entwicklung in bezug auf die Struktur des Handels nicht bewertet werden. Doch kann man mit Bestimmtheit aussagen, dass durch technische Mittel menschliches Verhalten entscheidend beeinflusst wird.

Demnach ist der Ingenieur verpflichtet, sich über die mittelbaren Wirkungen seiner Produkte Rechenschaft zu geben; auch ist er dafür verantwortlich, die Allgemeinheit darüber aufzuklären. Hierzu ist es unerlässlich, die wahren Sachverhalte zu kennen.

Es ist eine der vornehmsten Aufgaben dieser Fachtagung, die Vorträge und Diskussionen so zu verwerten, dass sie uns ein Stück weiterbringen auf dem Weg zu gemeinsamer Kenntnis der wahren Sachverhalte, denn das, was als gesicherte Erkenntnis erarbeitet ist, wird auch Nichtfachleuten erkennbar und scheidet aus dem Bereich kontroverser Diskussionen aus.

## Die Weltvorräte an Energieträgern und deren Verteilung

Von Dennis Gabor, London

DK 620.9

### Einleitung

Wir befinden uns in einer Wirtschaftskrise, die nicht so bald ein Ende nehmen wird. Dabei ist es nicht so sehr die Erschöpfung von Rohstoffen und Energieträgern, die uns bedroht, sondern ihr *Preis*.

Der Krieg zwischen den arabischen Ländern und Israel hat die Erdölkrise nicht geschaffen, sondern nur *beschleunigt*. In Europa, Amerika und noch mehr in Japan wurde ein viel zu grosser Teil der Wirtschaft auf das blinde Vertrauen aufgebaut, dass es in absehbarer Zeit immer billiges Erdöl in fast unbegrenzten Mengen geben würde.

Bild 1 zeigt, wie der Verbrauch zwischen 1960 und 1970 jährlich um 8% angestiegen ist, entsprechend einer Verdoppelung in weniger als 9 Jahren. Im Jahr 1972 betrug der Weltverbrauch etwa 50 Mio Barrel/Tag (1 Barrel = rund 159 l); selbst bei einer jährlichen Zunahme von nur 6% wäre er bis 1985 auf mehr als 100 Mio Barrel/Tag angestiegen. Etwa 75% davon hätten aus den OPEC-Ländern importiert werden müssen. Bei einem bescheidenen Preis von 6 \$/Barrel

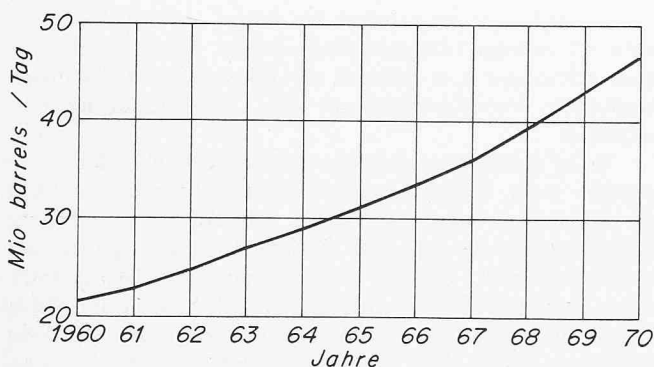


Bild 1. Wachstum der Ölnachfrage von 1960 bis 1970. Durchschnittliche jährliche Zuwachsrate 8%

hätten dazu etwa 150 Mrd \$ aufgewendet werden müssen. Wie könnte dies der Welthandel ertragen?

Im Falle des Erdöls besteht die sonderbare Lage, dass die freien Wirtschaftsländer, mit der einzigen Ausnahme von Nordamerika, praktisch keine Ölproduzenten und die Produzenten fast keine Verbraucher sind (Bild 2). Die Produzenten konnten bald erkennen, dass die Konsumenten ihr Erdöl fast

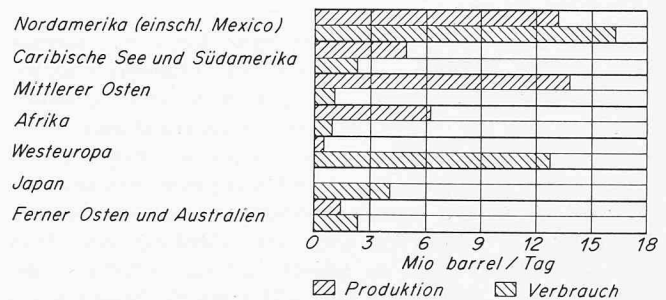
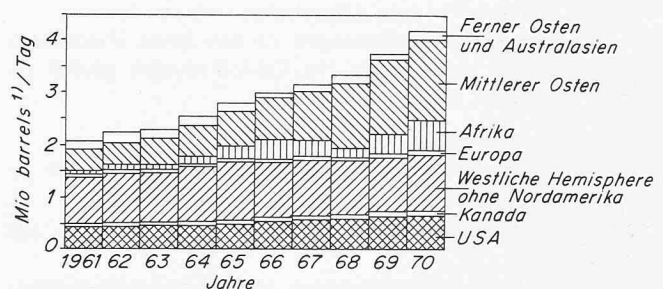
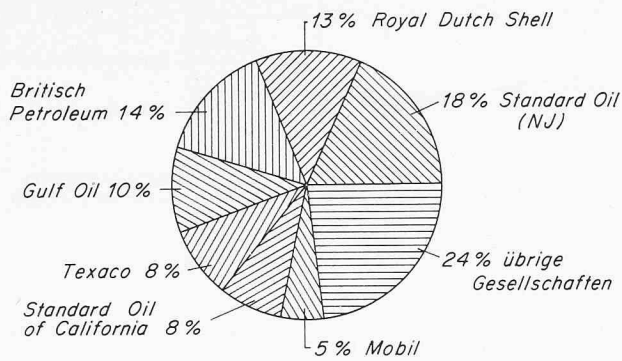


Bild 2. Ölproduktion und Ölverbrauch im Jahre 1970

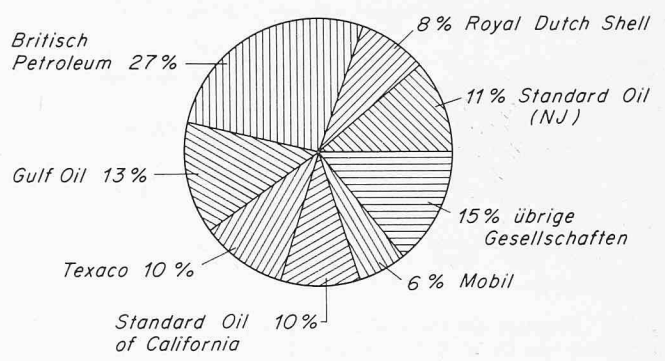


1) Energieinhalt umgerechnet auf entsprechendes Oelvolumen

Bild 3. Brutto-Produktion von Rohöl und Erdgas von 1961 bis 1970. Royal Dutch/Shell Group



a) Weltweit, ohne Nordamerika und Ostblockstaaten



b) Mittlerer Osten

Bild 4. Marktaufteilung zwischen den sieben wichtigsten Gesellschaften (den «sieben Schwestern»)

um jeden Preis kaufen müssen. Diese unvermeidliche Entwicklung, die in einigen Jahren zu erwarten war, ist nun in einigen Monaten zustande gekommen. Die Fachleute sind sich weltweit darüber einig, dass wir dafür dankbar sein müssen. Denn Demokratien reagieren eben besser auf einen Schock als auf ein kriechendes Übel!

### Produktion und Gewinne der grossen Erdölgesellschaften

Bild 3 zeigt ein charakteristisches Beispiel der Entwicklung zwischen 1961 und 1970: die Erdöl- und Erdgaserzeugung der Royal Dutch/Shell. Die Produktion in den USA und in der westlichen Hemisphäre (hauptsächlich Venezuela) ist nur langsam angestiegen, im Mittleren Osten dagegen sehr stark. Dabei ist der Besitz von Royal Dutch/Shell im Mittleren Osten ziemlich klein, weniger als 8% der ganzen Produktion. Bild 4 zeigt, wie die sieben grossen Gesellschaften, die «Seven Sisters», ihren Anteil an der Erdölerzeugung im Mittleren Osten (85% des Ganzen) unter sich aufgeteilt haben. Der Anteil der BP (British Petroleum) betrug nicht weniger als 27% davon.

Diesen grossen Ölproduzenten wird vielfach vorgeworfen, sie hätten die ganze Ölkrise provoziert, um ihre Gewinne zu erhöhen. Dies ist natürlich Unsinn. Bild 5 zeigt, wie sich die Kosten und die Gewinne vor der Ölkrise verteilt haben im Durchschnitt über alle Derivate, vom Erzeuger zum Verbraucher. Der ganze Gewinn betrug etwa 5,5%. Man sieht auch, dass Erdöl ein wirtschaftlicher Sonderfall ist. Die primären Erzeugungskosten sind äusserst gering; im arabischen Golf betragen sie etwa 10 bis 20 Cents/Barrel. Schon vor der Krise betrug der Steuergewinn der Produzentländer etwa das Zwanzigfache der Kosten. Man kann demnach kaum behaupten, diese seien «ausgebeutet» worden.

Ganz unschuldig an der Ölkrise sind die grossen Ölfirmer allerdings auch nicht, denn sie waren es, die diese zuerst

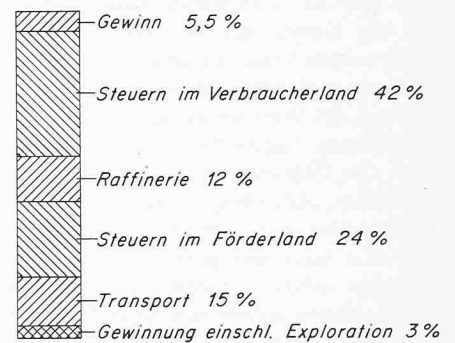


Bild 5. Zusammensetzung der Durchschnittskosten der Erdölprodukte aus den OPEC-Ländern vor der Ölkrise

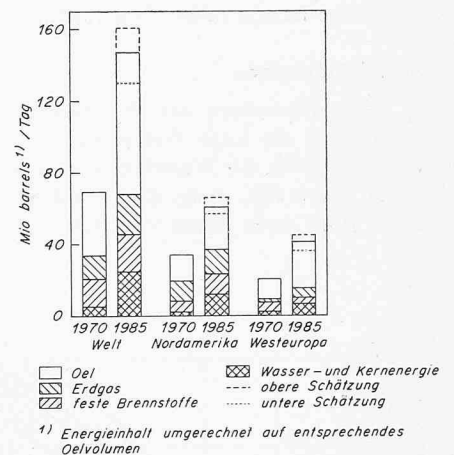


Bild 6. Weltenergiebedarf zwischen 1970 und 1985 (ohne UdSSR, Osteuropa und China)

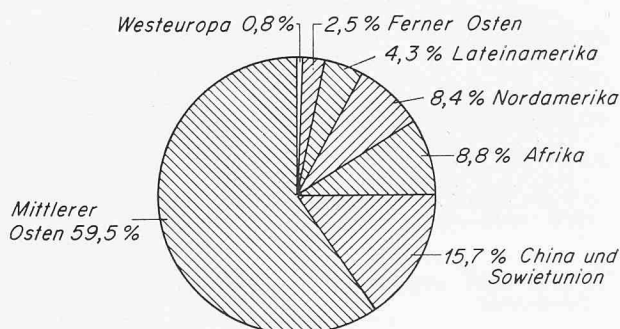


Bild 7. Die gesicherten Ölreserven der Welt, in Prozenten, Stand 1971

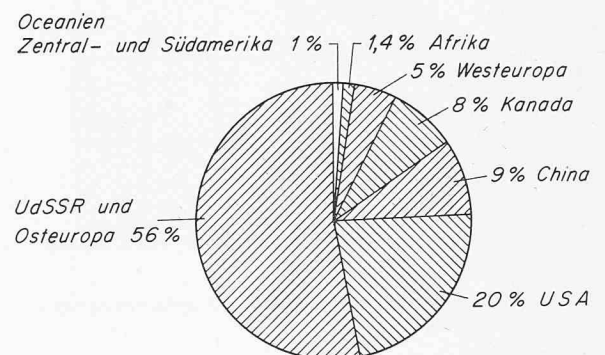


Bild 8. Geschätzte Kohlereserven, weltweit, in Prozenten

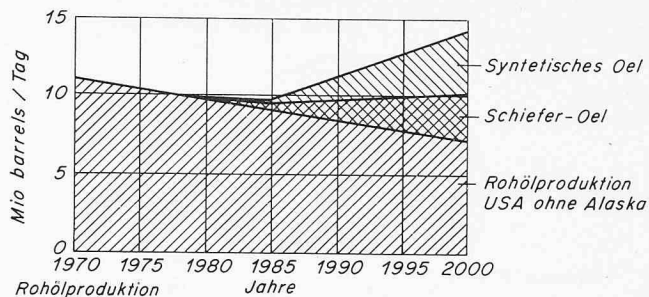
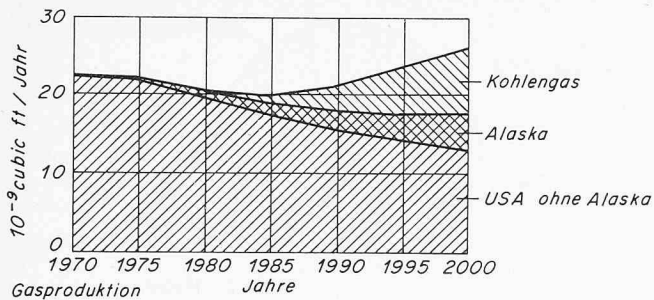


Bild 9. Prognose der Gasproduktion (links) und der Rohölproduktion (rechts) der USA von 1970 bis 2000. Schätzung (ohne «crash programme») von Dr. H. R. Linden, Dir., Institute of Gas Technology, Chicago

vorausgesehen haben. Bild 6 stellt die mutmassliche Entwicklung des Verbrauchs dar nach einer Schätzung der Shell aus dem Jahr 1971. Es wurde bereits erwähnt, dass der Welthandel die Kosten des im Jahre 1985 erwarteten Verbrauchs nicht tragen kann. Es gäbe dazu nur eine Möglichkeit: Die Produzentenländer, insbesondere die arabischen, mit der Technik des Westens zu bezahlen, um damit die Wüstenländer in blühende Landwirtschafts- und Industriegebiete zu verwandeln. Die Ölfirmen haben auch versucht, die Araber dazu zu überreden, aber ohne Erfolg. Statt dessen liessen sie sich einen bedeutenden Teil ihrer Ölausfuhr mit Waffen bezahlen.

Was man den grossen Ölfirmen, die die heutige Lage kommen sahen, vorwerfen kann, ist: erstens, dass sie auch in den letzten Jahren zum Ölverbrauch ermutigt haben, zweitens, dass sie bis vor kurzem wenig getan haben, um Ersatzmittel zu schaffen. Sie haben zwar schon seit Jahren in den USA viele Kohlenbergwerke gekauft, sie haben aber für die Forschung auf den Gebieten der Kohlenvergasung und der Kohlenverflüssigung viel zu wenig investiert; auch haben sie erst in den letzten Jahren begonnen, Ölschiefer auszubeuten.

#### Die Weltölbestände

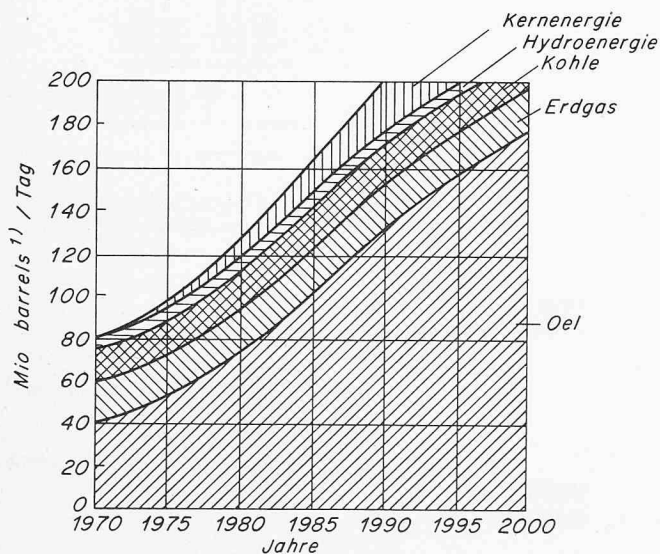
Beim Betrachten der Weltölbestände (Bild 7) fällt auf, wie schlecht die Lage Westeuropas ist. Die Schätzung (aus dem Jahr 1971), die Westeuropa insgesamt 0,8% der Weltbestände zuschreibt, mag das Nordseeöl etwas unterschätzt haben, doch auch dieses vergrössert den Anteil nicht erheb-

lich. Derzeit schätzt man die englische Nordseeölproduktion im Jahr 1980 auf etwa 2 Mio Barrel/Tag, die norwegische auf etwa gleich viel. Dies entspricht rund 40% des heutigen westeuropäischen Verbrauchs. Im Jahre 1980 wird es aber sicher weniger als ein Drittel sein, selbst wenn man einen sehr langsamen Anstieg des Verbrauchs annimmt. Dagegen besitzen die Länder des Mittleren Ostens und Afrikas fast 60% und China und die Sowjetländer 15,7% der Weltvorräte. Die kommunistischen Länder haben für mindestens 20 Jahre keinen Ölman gel zu befürchten. Derzeit führt Russland etwa 2 Mio Barrel/Tag aus, gerade genug, um eines der europäischen Grossländer zu versorgen.

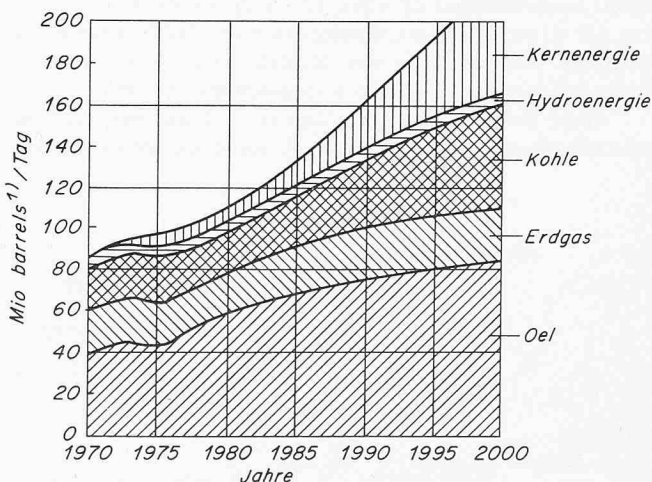
#### Kohle als Energieträger

Vor der Ölkrise wurde geschätzt, dass die Erdölvorräte der Welt beim erwarteten, stark ansteigenden Verbrauch nur für etwa 30 bis 40 Jahre ausreichen würden. Darum wurde vielerorts nach Ersatzmitteln gesucht. Kohle ist offenbar der beste Rohstoff, um Gas und Öl herzustellen. Selbst bei einem stark steigenden Verbrauch dürften die Vorräte für einige hundert Jahre genügen. Zudem ist deren Verbreitung nicht so einseitig wie die der Ölvorräte. Die UdSSR, die osteuropäischen Länder und China besitzen zusammen etwa 55% der Vorkommen; die USA 20% und Westeuropa etwa 5%, davon liegt etwa die Hälfte in Grossbritannien. Japan schneidet auch hier schlecht ab (Bild 8).

Bei der Forschung mit dem Ziel, aus Kohle künstliches



1) Energieinhalt umgerechnet auf entsprechendes Oelvolumen



1) Energieinhalt umgerechnet auf entsprechendes Oelvolumen

Bild 10a. Prognose des Weltenergiekonsums ausserhalb der Ostblockstaaten, geschätzt um 1970

Bild 10b. Prognose des Weltenergiekonsums ausserhalb der Ostblockstaaten, wie sie 1974 geschätzt werden kann



Öl und Gas herzustellen, wurden leider etwa 10 bis 15 Jahre versäumt. Zwar hat Deutschland schon im Zweiten Weltkrieg mit dem *Lurgi-Prozess* Öl aus Kohle hergestellt, dieses war aber ein ziemlich verschwenderisches Verfahren. Nach dem Krieg hat das amerikanische Office of Coal Research den *Lurgi-Prozess* verbessert und den amerikanischen Kohlen angepasst. Es wurden auch neue Methoden entwickelt, insbesondere der *Hygas-Prozess* des Institute of Gas Technology, Chicago, aber nur in bescheidenem Massstab. Die Hygas-Pilotfabrik verbraucht weniger als 10 t/Tag Kohle, während die geplanten, riesigen Konversionswerke täglich 16000 t aufarbeiten werden. Ein Sprung von drei Grössenordnungen kann aber nicht von heute auf morgen verwirklicht werden. Darum sind die in Bild 9 zusammengefassten Erwartungen ziemlich bescheiden. Diese sind den Veröffentlichungen von Dr. *Henry R. Linden*, Direktor des Inst. of Gas Technology, Chicago, entnommen. Wie man sieht, ist in den USA die Erdgasproduktion bereits rückgängig; die Erzeugung von synthetischem Gas wird erst ab 1985 einen steigenden Bedarf decken können.

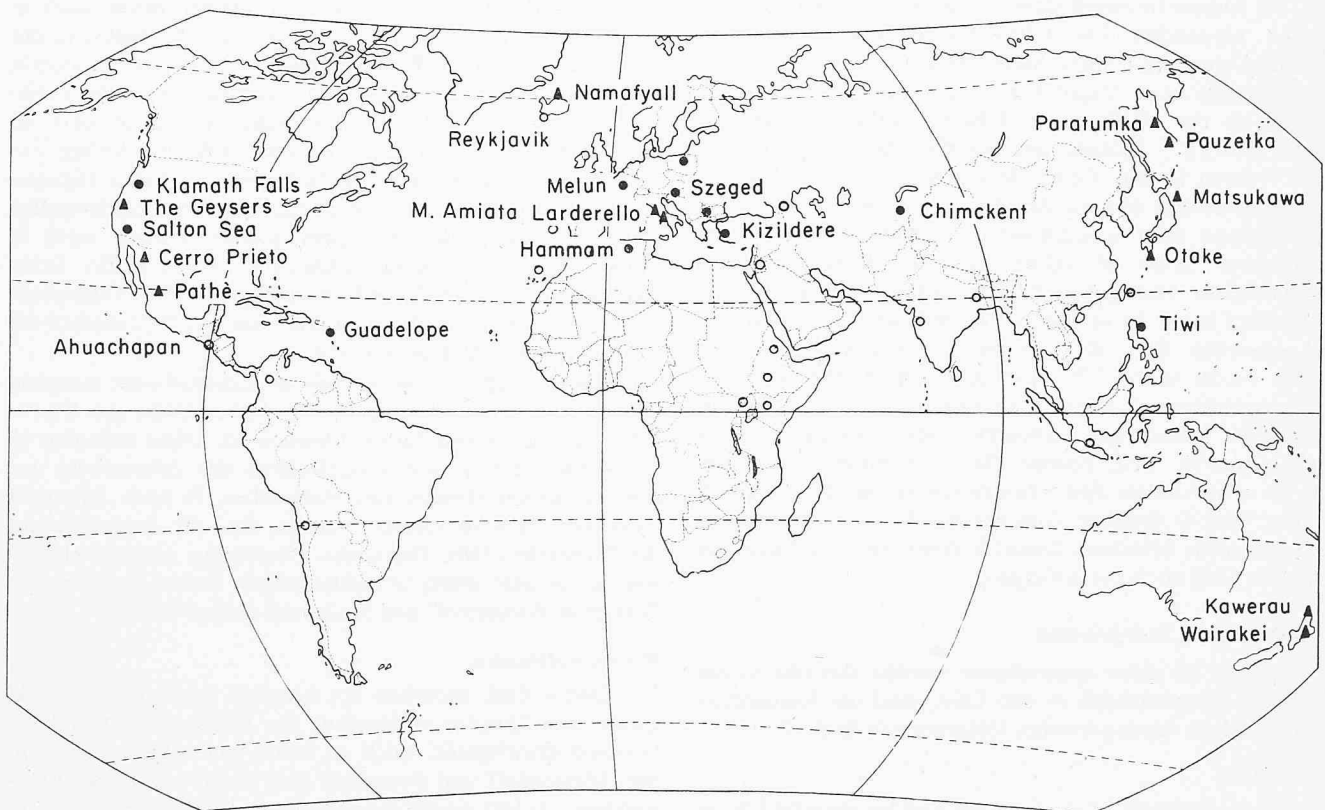
#### Die Lage in den USA

Tatsächlich dürfte die Lage in den USA etwas besser sein, denn der hohe Erdölpreis wird bewirken, dass neue Bohrungen erstellt werden. Diese und die Quellen in Alaska, die im zweiten Diagramm in Bild 9 nicht enthalten sind, könnten schon gegen 1980 den Produktionsrückfall sowohl an Öl wie auch an Gas aufhalten. Zudem dürfte sich der ganze Plan als «crash program» bedeutend beschleunigen lassen. Dann dürften die USA etwa um 1980 den heutigen Bedarf aus eigenen Quellen decken können. Doch ist es fraglich, ob man die «Trendlinie» (5 bis 6% Zuwachs/Jahr)

jemals erreichen wird. Nach Schätzungen des Office of Energy Preparedness der USA und von Prof. *Carroll Wilson* könnte aber etwa die Hälfte dieses Wachstums erreicht werden, wenn man mit der Energie etwas sparsamer umgeht und wenn man Öl wo immer möglich durch Kohle ersetzt. Allerdings müsste dazu die amerikanische Kohleförderung bis 1985 verdoppelt, bis 2000 vervierfacht werden!

#### Die Lage in Europa

In Europa hat England immer noch die besten Kohlen-schätze, aber die Produktion betrug im Jahre 1972 nur etwa 145 Mio t. Im Jahre 1967, als die Ölkrise noch nicht voraus-zusehen war, beschloss die Regierung, die Produktion auf 100 Mio t herabzusetzen; in der Folge haben mehr als 100000 Bergleute andere Berufe gefunden. Jetzt hat die Regierung beschlossen, den Rückgang aufzuhalten. Bis 1980 sollen genügend neue Bergwerke in Betrieb gehen, um zusätzlich etwa 45 Mio t zu liefern. Dem gegenüber stehen Bergwerke mit einer Förderleistung von etwa 20 Mio t, die aus wirtschaftlichen Gründen geschlossen werden sollen. Es ist daher wenig wahrscheinlich, dass England in die Lage kommen wird, einen bedeutenden Teil des eigenen Ölbedarfs durch synthetisches Öl zu decken. Der britische Erdölverbrauch beträgt jetzt etwa 100 Mio t/Jahr; um die Hälfte davon zu decken, müssten etwa 100 Mio t Kohle verarbeitet werden, und dazu besteht wenig Aussicht. Ähnlich steht es mit den europäischen Festländern, die gesamthaft etwa gleich viel wie England produzieren. Aus diesen Gründen kann vorsichtigerweise nur mit der Öl- und Gasförderung aus der Nordsee gerechnet werden. Gegenwärtig deckt das Nordseegas etwa 10% des englischen Energieverbrauchs; dieser Anteil dürfte in Zukunft noch etwas steigen.



- ▲ Länder, in denen geothermische Kraftwerke in Betrieb sind
- Länder, in denen geothermische Wärmeträger für Heizzwecke, sowie in Landwirt und Industrie verwendet werden
- Länder, in denen Forschung betrieben wird

Bild 11. Stand der weltweiten geothermischen Forschung und Nutzung (nach *T. Leardini*, Geothermal Power)

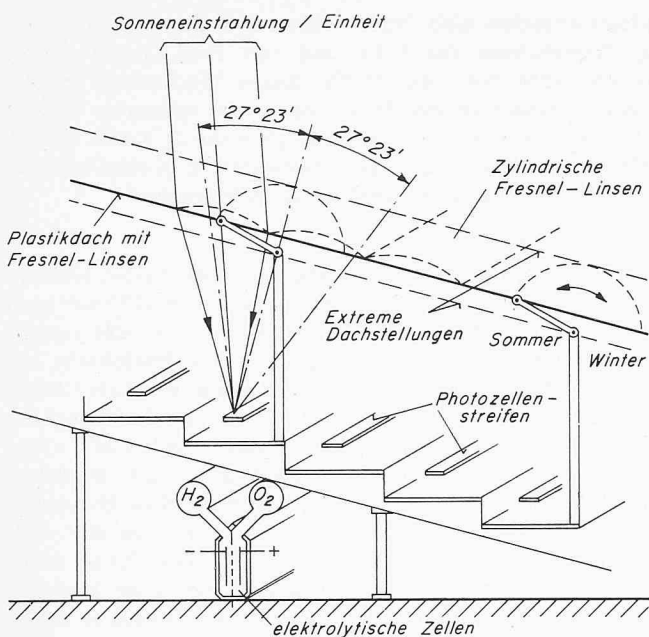


Bild 12. Schema eines Solargenerators mit Photozellen und Elektrolyse-Ausgang für den Breitengrad  $15^{\circ}$

### Die Welterdölversorgung

Die Weltaussichten sind in Bild 10 in zwei Diagrammen zusammengefasst. Das erste ist eine Schätzung aus dem Jahre 1970 (es entspricht etwa dem Bild 6), als man noch erwartete, dass Erdöl den exponentiell anwachsenden Bedarf decken würde, bei ziemlich gleich bleibender Kohleförderung. Dieser Ausblick hat sich im letzten Jahr grundlegend geändert; die frühere (unbegründete) Zuversicht hat sich in Ungewissheit verwandelt. Die OPEC-Länder können zu rund 6 \$/Barrel etwa die frühere Menge verkaufen, was der Weltmarkt gerade noch tragen kann; wenn sie es aber wollen, können sie die Hälfte zu 12 \$/Barrel verkaufen oder ein Drittel zu 18 \$ – solange uns die Notlage zwingt, Öl um jeden Preis zu kaufen. Es wurde angenommen, dass langjährige Lieferverträge und die Angst vor späterer Vergeltung die OPEC-Länder dazu bewegen werden, die Öllieferungen etwas zu steigern. Sicher ist jedoch, dass mit keinem weiteren exponentiellen Anstieg von billigen Erdöllieferungen gerechnet werden kann. Es ist deshalb zu bedauern, dass Stimmen laut geworden sind, die versprechen, dass es in wenigen Jahren wieder einen Überfluss geben wird. Werden diese ernst genommen, so könnten sie nur dazu führen, dass die technischen Neuerungen verzögert werden. Solange aber Öl noch gebraucht wird, können die Produzenten sicher sein, dass sie es verkaufen. Erst wenn es zur Wasserstoffwirtschaft kommt, wird es denkbar, dass wir das Erdöl als Energieträger nicht mehr brauchen. Damit können wir aber kaum vor dem Jahr 1990 auch nur anfangen.

### Die alternativen Energieträger

Es kann als sicher angenommen werden, dass die Kohleförderung (hauptsächlich in den USA) und die Kernenergie stark ansteigen werden (zweites Diagramm in Bild 10).

#### Kernenergie

Die Kernenergie ist unsere beste und für manche Länder die einzige Aussicht, das Energieangebot der Nachfrage anzugleichen. Wenn auch tatsächlich sämtliche Sicherheitsmassnahmen verwirklicht und eingehalten sind (dazu gehören auch solche, die ein Entwenden von Spaltmaterialien verunmöglichen), dann dürfte die Kernspaltung die Menschheit für

lange Zeit mit Energie versorgen. Beim heutigen Preis von etwa 20 \$/kg reichen die Uranoxydbestände zwar nur für etwa 20 Jahre; bei einem zehnmal höheren Preis reichen die Uranerze für mindestens 100 Jahre aus (mit den heutigen Reaktoren), dafür würden sich die Kosten der gelieferten Elektrizität um weniger als 25% erhöhen. Wenn es aber gelingt, die riesigen Brüterreaktoren zu verwirklichen, die das Uran 50mal sparsamer verbrauchen, dann reichen die Vorräte nicht nur für hundert Jahre, sondern fast unbeschränkt, denn die Ozeane enthalten genug Uran.

Es ist zu hoffen, dass die Menschheit nicht mehr lange auf Kernspaltungsenergie angewiesen bleibt. Diese wird eines Tages durch die Wasserstofffusion abgelöst, doch wäre es beim heutigen Stand der Technik unverantwortlich, sie in einen Zukunftsplan einzusetzen.

#### Geothermische Energie

Die geothermische Energie hat leider nur beschränkte Aussichten. Wie Bild 11 zeigt, gibt es in Europa nur wenig Möglichkeiten, sie auszuschöpfen. In Italien hat man mit dem Kraftwerk Larderello von rund 400 MW schon ziemlich das Ende erreicht. Die gesamte installierte geothermisch-elektrische Leistung der Welt beträgt etwa 1000 MW. Dennoch beträgt beispielsweise die potentielle geothermische Energie im Westen der USA mindestens zehnmal mehr; auch im sonst so energiearmen Japan sind noch Reserven vorhanden. Die Werke, die in den USA und in Japan gebaut werden, weisen je etwa die gleiche Leistung auf wie Larderello.

#### Sonnenenergie

Es bleibt also als Letztes – und vielleicht Bestes – die Sonnenenergie. In dieser Hinsicht sind die äquatorialen Wüstenländer begünstigt. Die Sonnenstrahlung beträgt rund  $1 \text{ kW/m}^2$ ; wenn aber diese Energie auf Tag und Nacht, Sommer und Winter verteilt wird, so bleiben davon auch in den südlichen Regionen Europas nur etwa 5%. Selbst in der Wüste von Arizona sind es nur etwa 11%. Das ist immerhin eine beachtliche Leistung, wenn man sie aber mit einem Wirkungsgrad von 20% in elektrische Energie umsetzt, so muss man für eine Jahresleistung von 1 kW eine Anlage von rund  $45 \text{ m}^2$  vorsehen. Bei den bisherigen niedrigen Energiepreisen und dem geringen Wirkungsgrad von Siliziumzellen (rund 11%) kam der Bau einer solchen Anlage nicht in Frage. Die zu erwartende, allgemeine Erhöhung der Energiepreise um etwa 150% und die neu entwickelten Galliumarsenidzellen mit einem Wirkungsgrad von fast 20% ändern die wirtschaftlichen Parameter völlig.

Bild 12 zeigt, wie ein solches Sonnenkraftwerk aussehen könnte. Die Optik ist einfach: Ein flaches Dach aus Kunststoff, das mit Fresnel-Linsen versehen ist. Diese verlaufen in Ost-West-Richtung und konzentrieren das Sonnenlicht auf einen schmalen Streifen von Photozellen. Je nach Jahreszeit muss das Dach so versetzt werden, dass die Brennpunkte auf die Photozellen fällt. Der in den Photozellen erzeugte elektrische Strom geht direkt in elektrolytische Zellen, in denen das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird.

#### Wasserstoffenergie

Damit sind, gemessen am heutigen Stand der Technik, gleich zwei Utopien verbunden: die Sonnenenergie und die Wasserstoffwirtschaft; doch ist keine von beiden unerreichbar. Wasserstoff und Sauerstoff sind ideale und billige Energieträger, zudem eignen sie sich für den Transport in Pipelines. Von einigen hundert Kilometern an kann dieser Transport sogar billiger werden als der von elektrischer Energie. Ein besonderer Vorteil des Wasserstoffs ist die saubere Verbrennung in Otto- und Dieselmotoren. Die Abgase enthalten nur Wasserdampf. Es ist aber auch möglich, Wasser-

stoff in Methanol (Methylalkohol) umzusetzen, um einen flüssigen Brennstoff zu erhalten.

In einer weltweiten, auf Wasserstoff beruhenden Energie-wirtschaft dürfte eine auf lange Sicht gesehen gute Lösung der sich anbahnenden Krise liegen, die insbesondere die jüngere Ingenieurgeneration begeistern könnte. Die unmittelbare Zukunft sieht allerdings düsterer aus. Wir haben uns schwer verrechnet und daher versäumt, die Energietechnik der Zukunft vorzubereiten. Jetzt muss der Mensch vermutlich für etwa zehn Jahre den Konsum bremsen und grosse Kapitalien investieren. Hier stossen wir auf die erste Schwierigkeit: die Inflation. Bei einem Zinsfuss von 10% ist es unmöglich, mit geliehenem Kapital Anlagen zu bauen, die erst in 6 bis 8 Jahren einen Gewinn abwerfen werden. Die grösste Triebkraft des freien Wirtschaftssystems, in dem Unternehmer mit Fremdkapitalien arbeiten, geht dabei verloren. Selbst das Kapital der grossen Unternehmen wird wahrscheinlich für die gewaltigen Aufgaben nicht ausreichen. Der Staat muss eingreifen und das Kapital aus Steuern aufbringen.

## Schlusswort

Eine weitere und wahrscheinlich noch grössere Schwierigkeit ist, dass die Völker in den freien Wirtschaftsländern, die sich an den stetig wachsenden Privatkonsum gewöhnt haben, die nötigen Einschränkungen nicht leicht hinnehmen werden. In England wütet bereits der Klassenkampf, und es ist kaum anzunehmen, dass andere Länder davon ganz verschont bleiben werden. Die Ölkrise wird wahrscheinlich auch von extremistischen Gruppen dazu benutzt, Unruhe zu stiften. Wir müssen leider erwarten, dass die technischen Vorbereitungen für die achtziger Jahre durch die von ihnen ausgelöste Zwietracht stark verzögert werden.

Der Techniker, den man viel zu lange nicht befragt hat, kann zum sozialen Frieden beitragen, wenn er dem Volk den Weg zum Wiederaufstieg klar und sachlich darstellt.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Dennis Gabor, Nobelpreisträger für Physik, Imperial College of Science and Technology.

# Einwirkungen der Energieerzeugung auf die Umwelt, Betrachtungen zur Gesamtenergiekonzeption

Von R. Hohl, Baden

DK 620.9

*Grenzen des Wachstums, Umweltschutz, Ölkrise, Gesamtenergiekonzeption, Abwärme der Kernkraftwerke sind Schlagworte, die seit einiger Zeit durch unseren Blätterwald rauschen. Je weniger Kompetenz vorhanden ist, desto lauter tönt es. Die schweigende Mehrheit ihrerseits nimmt den Disput mit wachsendem Interesse zur Kenntnis, hofft jedoch, dass die aufgeworfenen Probleme ihren lieb gewordenen Lebensrhythmus so wenig*

*wie möglich tangieren möchten. Das Energieproblem ist aber ein echtes Problem unserer Gesellschaft geworden. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die Weichen so zu stellen, dass die künftigen Generationen bessere Voraussetzungen bekommen. Im folgenden wird versucht, etwas Ordnung in das Energiedickicht zu bringen und einige Grundsätze herzuleiten, die mögliche Wege für Verbesserungen öffnen sollten.*

## Gesamtenergieverbrauch der Schweiz

Es sei mit der Definition einiger Begriffe begonnen:

– *Primärenergie* oder Rohenergie ist die Energieform, wie sie die Natur zur Verfügung stellt. Beispiele: Erdöl, Erdgas, Kohle, Spaltstoff, Wasserkraft, Sonneneinstrahlung.

– *Sekundärenergie* ist die Form, wie sie nach Veredlungsprozessen aus der Rohenergie dem Verbraucher zugeführt wird. Beispiele: Heizöle und Treibstoffe aus Erdöl; Gas und Koks aus Kohle; Elektrizität aus Wasserkraft oder Kernenergie; Heisswasser und Elektrizität aus Heizöl, Erdgas oder Kernenergie im Fernheizkraftwerk. Es kann meh-

Tabelle 1. Struktur des Gesamtenergieverbrauchs der Schweiz 1971/1972 in%

Energieform	Verbrauchersektoren					Total
	Transport, Verkehr	Industrie	Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen, Öffentlichkeit	Verluste		
<i>Elektrische Energie</i>	Total	1	6,5	8	2	17,5 ↑
Quelle:	hydraulisch	1	5,5	6,5	1,5	14,5 ↓
	fossil	} ~ 0	1	1,5	0,5	1,5 ?
	nuklear					1,5 ↑↑
<i>Fossile Energie</i>	Total	22,5	19	37,5	3,5	82,5 ↓
Quelle:	Heizöle	—	17,5	34	3,5	55 ↓
	Treibstoffe	22,5	—	—	—	22,5 ?
	Kohle	} einschl. Holz	1	2	—	3 ↓?
	Gas		0,5	1,5	—	2 ↑↑
	Total	23,5 ?	25,5 ↓	45,5 ↑	5,5	100

100 %: 1971 150 000 Tcal/Jahr (20 000 MW, 3,2 kW/Einwohner)  
2000 350 000 Tcal/Jahr (46 500 MW, 6,6 kW/Einwohner)

Mittlere Zuwachsrate 2,3 %/Jahr und Einwohner

Tendenzen der Anteile:

↑ steigend ↓ sinkend ? unbestimmt