

# Erdöl sparen mit Elektrizität

Autor(en): **Abegg, Luca**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 20: **SIA, Heft 3**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74490>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Erdöl sparen mit Elektrizität

Von Karl Abegg, Baden

Mit dem Erdölchock 1973 ist sich die industrialisierte Welt bewusst geworden, dass für sie zum wirtschaftlichen Überleben und Halten des erreichten Lebensstandards zwei Massnahmen vordringlich sind: *Erdöl sparen und substituieren*. Dass diese Ziele erreichbar sind, wenn auch mit wirtschaftlichen Erschütterungen und mehr Zeitbedarf als allgemein erwartet, zeigt ein Rückblick auf die vergangenen Jahre. Dabei tritt ein Phänomen zutage, das in der Öffentlichkeit kaum zur Kenntnis genommen wird: *Erdöl sparen und substituieren bedeutet höheren Stromverbrauch*.

## Wirtschaftliche Entwicklung und Stromverbrauch

### Schweiz

Bild 1 zeigt die Entwicklung

- unseres *Bruttosozialproduktes* (BSP real zu Preisen von 1970), d.h. die Summe der von uns erarbeiteten und in klingender Münze honorierten Güter und Dienstleistungen,
- unseres *Verbrauchs an Bruttoenergie* (in Mio Tonnen Steinkohleeinheiten), die wir in die Nutzenergien Licht, Wärme, mechanische Arbeit und in Energie für chemische Reaktionsprozesse umwandeln, und
- unseres *Verbrauchs an Elektrizität*, der hochwertigsten und am vielfältigsten direkt nutzbaren Sekundärenergie.

Während in den Wachstumsjahren bis zur Erdölkrise 1973 eine *enge Kopplung* zwischen der jährlichen Zunahme des BSP (+4,5% p.a.) und des Bruttoenergieverbrauches (+7,4% p.a.) sowie des Stromverbrauches (+4,6% p.a.) festgestellt werden kann, ändert sich der Kurvenverlauf seit 1973 drastisch. Nicht zuletzt als Folge der plötzlichen Ölpreisexlosion trat die weltweit stärkste wirtschaftliche Rezession seit dem Ende des 2. Weltkrieges ein. Auch unser *Bruttosozialprodukt* fiel in den Jahren 1974/75 auf einen ausgeprägten Tiefpunkt und lag 1979 noch 1,2% unter dem Wert des Jahres 1973. Parallel dazu verläuft der *Bruttoenergieverbrauch*; er war 1979 nur 0,6% grösser als 1973. Wesentlich von dieser Entwicklung weicht jedoch der Verlauf unseres *Stromverbrauches* ab: nach kurzer Stagnation als Folge des wirtschaftlichen Einbruchs nahm der Elektrizitätsbedarf schon ab 1975 wieder mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 3,6% pro Jahr zu.

Unser Stromverbrauch war 1979 beinahe 16% höher als 1973. Ist dies eine typisch schweizerische Erscheinung? Ein Vergleich mit anderen Industrieländern (Tab. 1) zeigt, dass dies nicht der Fall ist.

### Ausland

Die Daten für *Japan, Frankreich und USA* basieren auf Eurostat-Angaben, die Werte für die *Schweiz* auf Publikationen des Bundesamtes für Energie-

wirtschaft und des St. Galler Zentrums für Zukunftsforschung. Allen Ländern ist es gelungen, *dank reichlichem Einsatz von Elektrizität* die Zunahme des Primärenergieverbrauches relativ klein zu halten oder diesen Verbrauch zu reduzieren. *Besonders ausgeprägt* ist dieses Phänomen bei den beiden Ländern mit relativ unverändertem Wirtschaftswachstum, *Japan und Frankreich*, die beide zielstrebig ihre Stromversorgung ausbauen. Dass auch die Schweiz den Weg aus der Talsohle 1975 mit einem BSP-Wachstum von durchschnittlich 1,3% p.a. nur dank genügend verfügbarer Elektrizität (+3,6% p.a.) finden konnte, ist offensichtlich.

Tabelle 1. Vergleich Schweiz-Ausland

Land	Durchschnittl. Wachstum pro Jahr 1960-1973			Veränderung 1979 bzgl. 1973		
	BSP	Primär-Energie	Elektrizität	BSP	Primär-Energie	Elektrizität
Japan	10,4	11,0	11,7	+27%	+3,6%	+26%
Frankreich	5,6	5,7	7,0	+20%	+0,6%	+38%
USA	4,0	4,1	6,7	+16%	-1,5%	+21%
Schweiz	4,5	7,4	4,6	-1,2%	+0,6%	+16%

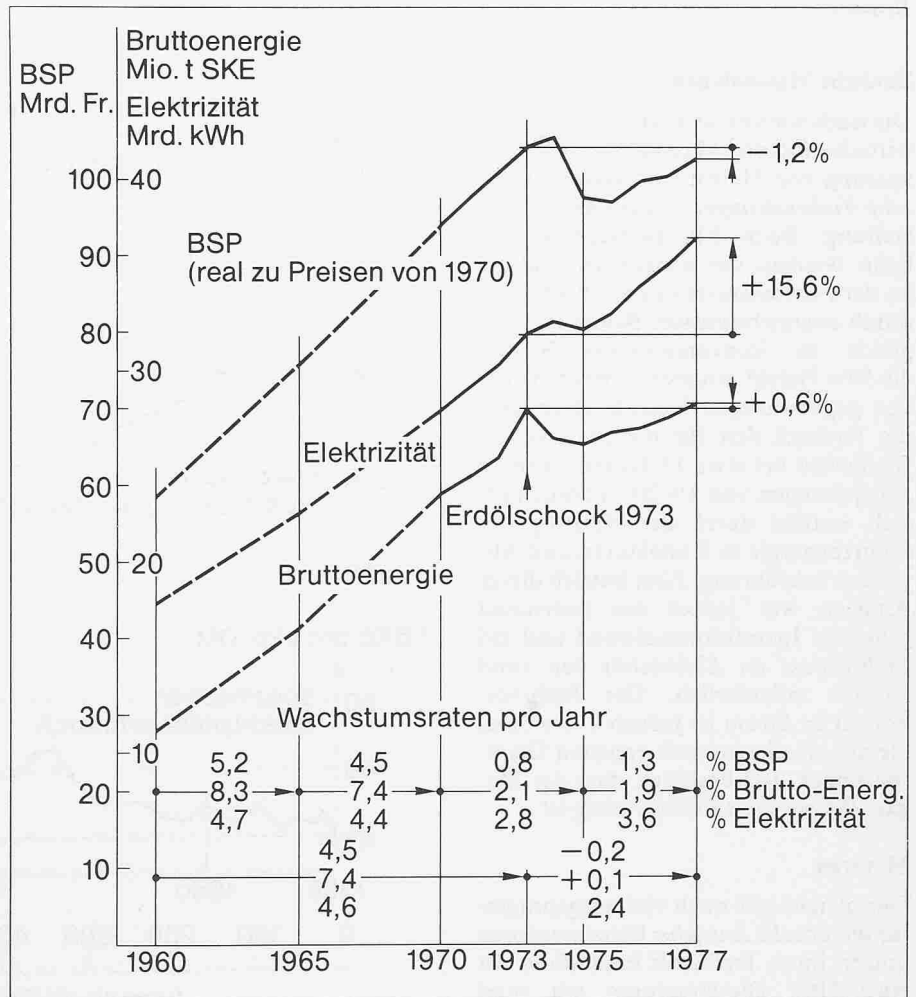


Bild 1. Entwicklung des Bruttosozialproduktes (BSP), des Bruttoenergieverbrauches und des Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz

## Sparen gezeigt am Beispiel der Industrie

### Nicht erst seit 1973

Dass «Energie sparen durch mehr Elektrizität» angesichts unserer extremen Erdölabhängigkeit immer dringender wird, liegt auf der Hand. Die Tatsache, dass durch Strom Primärenergie gespart werden kann, ist jedoch keineswegs eine aus der Erdölkrise gewonnene Erkenntnis. Unsere Wirtschaft und ganz besonders die Industrie war zur Erhaltung ihrer Konkurrenzfähigkeit schon immer gezwungen, Primärenergien sparsam zu verwenden und das Rationalisierungspotential der Elektrizität voll zu nutzen.

Ende der 70er Jahre benötigten wir noch immer Erdölprodukte zur Deckung von beinahe  $\frac{3}{4}$  unseres Endenergieverbrauches,  $\frac{2}{3}$  in Form flüssiger Brennstoffe zur Wärmeerzeugung und  $\frac{1}{3}$  in Form flüssiger Treibstoffe für motorische Zwecke. Dass unsere Spar- und Substitutionsanstrengungen vor allem im Heizbereich liegen müssen, ist inzwischen auch in der Öffentlichkeit weitgehend erkannt. Wie die folgenden Beispiele zeigen, gilt auch hier der Grundsatz «Erdölsparen durch mehr Strom».

### Bauliche Massnahmen

Die nach wie vor wirksamste und damit wirtschaftlichste Massnahme zur Einsparung von Heizöl sind *bauphysikalische Verbesserungen* in der Gebäudegestaltung. Beim Micafil-Neubau und beim Neubau des kantonalen Labors an der Fehrenstrasse in Zürich konnten durch energiebewusstes Bauen im Vergleich zu konventionellen Bauten 40-50% Heizöl eingespart werden. Bei den gegenwärtigen Heizölpreisen liegt die Payback-Zeit für die zusätzlichen Baukosten bei etwa 15 Jahren. Weitere Einsparungen von 10-20% konnten erzielt werden durch die Nutzung der Sonnenenergie in Kollektoren und Abwärmerückführung. Zum Betrieb dieser Anlagen war jedoch ein bedeutend grösserer Investitionsaufwand und ein *Mehrbedarf an Elektrizität* von rund 30-50% erforderlich. Der Mehrverbrauch an Strom ist jedoch 2- bis 5mal kleiner als die dadurch erzielten Öleinsparungen und bestärkt, dass der Slogan «Strom spart Erdöl» richtig ist.

### Motoren

Das gleiche gilt noch viel ausgeprägter für *motorische Antriebe*. Benzinmotoren nutzen ihren Treibstoff bestenfalls mit etwa 20%, Dieselmotoren mit rund 25-30%. Der Wirkungsgrad von Elektromotoren liegt jedoch bei 85-90%.

Mit einem Anteil von nur 4% ölthermischer Elektrizitätserzeugung ist daher das *Erdölspare- und -substitutionspotential elektrischer Antriebe* in der Schweiz besonders gross. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bei den heutigen Energiepreisen der Betrieb eines 10-kW-Motors mit Elektrizität etwa 4mal billiger ist als mit Benzin. Auch wenn die Elektrizität für diese Antriebe vollständig in ölthermischen Kraftwerken erzeugt werden müsste, wäre der Erdölverbrauch verglichen mit Diesel- oder Benzinmotoren noch immer  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{5}$  kleiner.

### Thermische Kraftwerke

Die häufig verbreitete Ansicht, dass die Stromerzeugung in *thermischen Kraftwerken*, seien es solche mit fossilen oder nuklearen Brennstoffen, wegen der relativ kleinen Konversionsfaktoren von 30-40% die Primärenergien ungenügend nutzt, ist falsch. Bei dieser Betrachtung wird ausser acht gelassen, dass *schliesslich die Nutzenergien zählen* und dass die hochwertige Elektrizität mit viel besseren Wirkungsgraden in diese Energiearten umgewandelt werden kann, als die Brenn- und Treibstoffe aus fossilen Energieträgern.

### Zementindustrie

Diese Tatsache hat sich auch die Industrie schon lange vor dem «Erdölschock 73» zunutze gemacht. So konnte unsere nicht nur kapital-, sondern auch energieintensive *Zementindustrie* ihren Energieverbrauch pro Tonne Zement von 1959 bis 1976 *dank ständiger Verbesserungen ihrer Anlagen* um 30% reduzieren. Der spezifische Stromverbrauch blieb jedoch annähernd konstant, so dass der Elektrizitätsverbrauch anteilmässig um mehr als 30% zunahm.

### Hüttenindustrie

Auch in der *Hüttenindustrie* brachte der *Übergang auf elektrische Schmelzprozesse* wesentliche Einsparungen. So konnte in der Stahlherstellung durch den Übergang vom Koksschmelzofen zum elektrischen Industrieofen und Lichtbogenverfahren der Energieverbrauch pro Tonne um die Hälfte bis zwei Drittel reduziert werden - *dank mehr Strom*. Das gleiche gilt für die Kupferherstellung, wo der Wechsel vom Schweröl-Schmelztiegel zum elektrischen Widerstandsofen gar Einsparungen im spezifischen Energieverbrauch um rund einen Faktor 6 brachte. So war es beispielsweise in der Bundes-

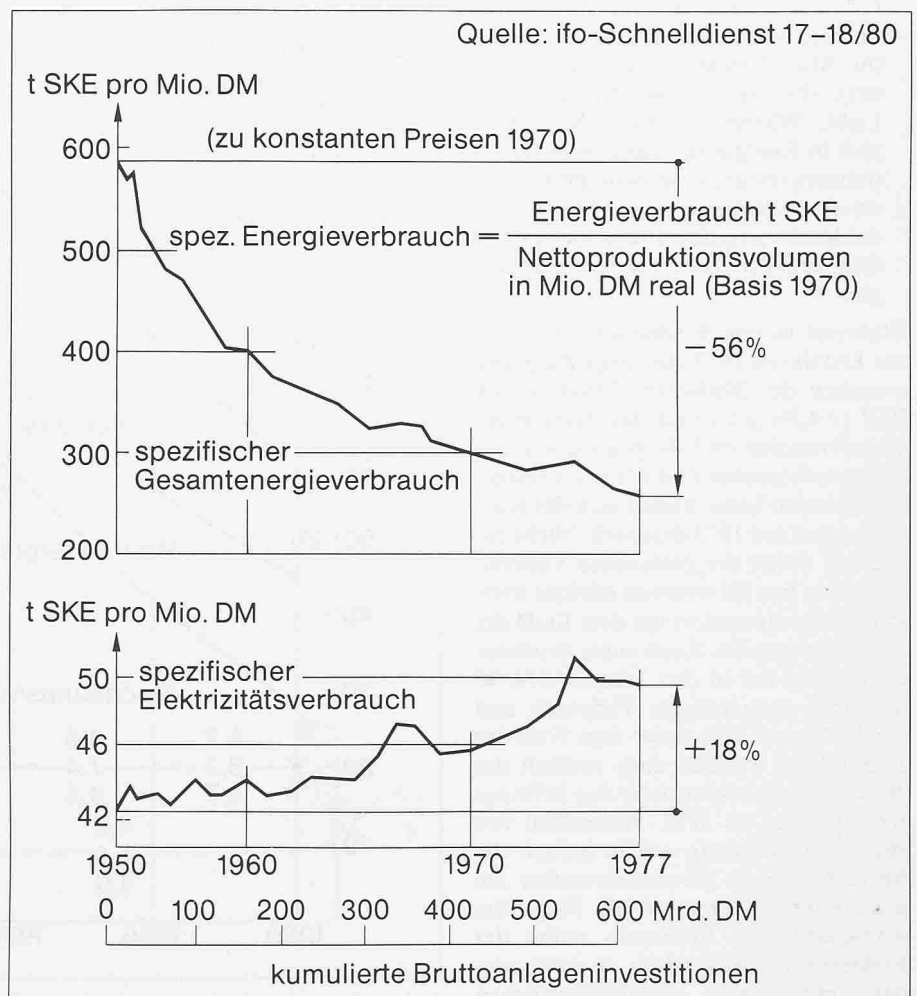


Bild 2. Spezifischer Energieverbrauch der verarbeitenden Industrie in der BRG

republik Deutschland möglich, von 1950 bis 1977 in der eisenschaffenden Industrie den *spezifischen Gesamtenergieverbrauch* um 35% zu reduzieren dank einem Anstieg des Stromverbrauches um 58%.

#### Spezifischer Gesamtenergieverbrauch in der BRD

Auch in anderen Branchen konnten ähnliche Erfolge erzielt werden, so dass die verarbeitende Industrie in der BRD von 1950 bis 1977 ihren spezifischen Gesamtenergieverbrauch, bezogen auf das Nettoproduktionsvolumen in konstanten Preisen von 1970, um 56% senken konnte (Bild 2).

Dieser Erfolg konnte erzielt werden durch laufende Investitionen in Anlagen, die 1977 kumuliert 600 Milliarden DM überschritten sowie dank einem zunehmenden Stromverbrauch, der während dieser Zeit bezogen auf das Nettoproduktionsvolumen um 18% anstieg.

### Stromerzeugung nicht beschränken

Dass es sich bei den genannten Beispielen *nicht um singuläre Fälle* handelt, zeigt eine Untersuchung von Fremont Felix (Consultant Gibbs + Hill, Inc., New York N.Y., «Expanded Electrification Will Substantially Reduce Oil Use While Propelling Economic Recovery»). Die 41 Länder mit dem grössten Wachstum des Bruttosozialproduktes pro Kopf in den Jahren nach dem «Ölschock 1973» bis 1978 erreichten ein durchschnittliches reales Wirtschaftswachstum von 4% pro Jahr. Die jährliche Zunahme des durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauches konnte auf 2% beschränkt werden, entsprechend einer Elastizität von nur 0,5, dank einem Anstieg des Stromverbrauches von durchschnittlich 6% pro Kopf und Jahr. Der *Anteil der Elektrizität* am Mehrverbrauch an Energie erreichte mit 83,5% einen *absoluten Spitzenwert*

im Vergleich zu den nur 16,5% der nicht-elektrischen Energiequellen. In 7 Ländern konnte dank des steigenden Stromverbrauches das wirtschaftliche Wachstum sogar beibehalten werden, obwohl der gesamte Energieverbrauch pro Kopf zurückging.

Je mehr uns die OPEC den Erdölhahn zugunsten der Dritten Welt – mit Recht – drosselt, desto stärker wird der Ruf nach Erdölsparen und -substituieren erschallen. Wenn dieses Ziel *ohne wirtschaftlichen Schiffbruch* erreicht werden soll, brauchen wir *mehr Strom*. Diese Tatsache wird von den Gegnern des Kraftwerkbaues geflissentlich verschwiegen. Hüten wir uns daher davor, dass uns mit zunehmender Drosselung des Ölhahns von aussen auch der Stromschalter durch innere Widerstände überhitzt und ausgedreht wird.

Adresse des Verfassers: K. Abegg, dipl. El.-ing. ETH, Direktor, Brown Boveri & Cie. AG, 5400 Baden.

## 12 Jahre Kernenergie bei den NOK

Von Peter Froelich, Baden und Kurt Küffer, Beznau

### Energiewirtschaftliche Aspekte

Die *Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK)* ist eine rein öffentliche Unternehmung von *neun Kantonen*, nämlich Zürich, Aargau, Thurgau, Schaffhausen, St. Gallen, Appenzell-Inner- und Appenzell-Ausser- und Glarus und Zug. Ihr ist die Aufgabe übertragen, die *Versorgung mit elektrischer Energie* sicherzustellen. Hierzu beschaffen die NOK die elektrische Energie aus eigenen Kraftwerken, aus Partnerwerken sowie von fremden Elektrizitätsunternehmungen im In- und Ausland und transportieren und verteilen die Energie auf der Hochspannungsebene bis zu den Übergabestellen ihrer Abnehmer. Das Versorgungsgebiet hat eine Wohnbevölkerung von etwa 1,9 Millionen Personen oder rund 30% der gesamten Wohnbevölkerung der Schweiz.

#### Einführung der Kernenergie

Die Entwicklung des *Elektrizitätsverbrauchs* im Versorgungsgebiet der NOK wies vor allem im Zeitraum von 1950 bis etwa 1965 einen *ausserordentlich hohen Zuwachs* auf (Verdoppelung des Konsums innert weniger als 10 Jahren). In diesen Zeitabschnitt fällt denn auch der starke Ausbau der einheimi-

schen Wasserkräfte für die Stromerzeugung, zum Teil allerdings verbunden mit erheblichen Schwierigkeiten und Widerständen. Der Ausbau der hydraulischen Produktionsanlagen konnte mit dem ständigen Verbrauchszuwachs nicht Schritt halten. Die Folge davon war eine immer stärker werdende *Abhängigkeit von fremden Unternehmungen*, von denen Energie zur Deckung des Energiemankos bezogen werden musste. Der Anteil der Fremdenergie stieg deshalb anfangs der 60er Jahre bis auf 30 - 40%, im Winter 1962/63 sogar auf rund die Hälfte des Bruttoumsatzes. Die NOK haben deshalb schon frühzeitig mit den Vorarbeiten und der Planung für den Bau von *grösseren thermischen Erzeugungsanlagen* begonnen. Sie haben erkannt, dass die verfügbaren Wasserkräfte den Elektrizitätsbedarf längerfristig nicht decken und dass die Eigenerzeugung stark erhöht werden muss, um die Aufgabe einer möglichst kostengünstigen und sicheren Elektrizitätsversorgung weiterhin zu erfüllen. Hinzu kam, dass durch die Eingliederung von hauptsächlich neuen Speicherkraftwerken in die Werkkombination vorwiegend bewirtschaftbare, dem momentanen Konsumverlauf gut anpassbare Energie zur Verfügung stand, die Erzeugung von Grundlastenergie dagegen eher unterdotiert war.

Ursprüngliche Pläne auf Errichtung eines klassisch-thermischen Kraftwerkes, das mit fossilem Brennstoff betrieben würde, stiessen vor allem wegen möglicher Gefahren für die Umwelt (Luftverschmutzung, usw.) auf namhafte Widerstände in der Bevölkerung und beim Natur- und Heimatschutz. Aufgrund dieser Sachlage entschlossen sich die NOK im Dezember 1964, das *erste Kernkraftwerk* in der Beznau mit einer elektrischen Netto-Leistung von 350 MW<sub>e</sub> zu errichten. Drei Jahre später folgte dann der Baubeschluss für einen zweiten, identischen Kraftwerkblock (Bild 1). Am 17. Juli 1969 wurde erstmals Kernenergie ins Netz abgegeben und am 24. Dezember 1969 konnte dann die Anlage I den kommerziellen Betrieb aufnehmen, während die Anlage II am 15. März 1972 soweit war.

#### Höhere Eigenversorgung

Mit der Eingliederung dieser thermischen Anlagen mit einer hohen Energieerzeugungskapazität ergab sich eine wesentliche Verbesserung der Situation für die Bedarfsdeckung. So konnte in erster Linie die bedeutende Abhängigkeit der Stromversorgung von fremden Unternehmungen abgebaut werden, indem der Fremdstrombezug sukzessive auf weniger als 10% reduziert werden konnte. Hierzu leisteten aber auch die neu in Betrieb genommenen Wasserkraftwerke einen wesentlichen Beitrag. Gleichzeitig vergrösserte sich die frei verfügbare Manövriermenge, so dass die NOK anstelle eines auf den Ener-