

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 22

Artikel: Zukünftige Schwerpunkte der Elektrizitätsanwendung

Autor: Stoy, B.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904506>

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: 19.01.2026

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

Zukünftige Schwerpunkte der Elektrizitätsanwendung

B. Stoy

Die Elektrizitätswirtschaft kann davon ausgehen, dass Strom einen steigenden Anteil am Energiebedarf einnehmen wird. Dies bedeutet aber auch, dass die Elektrizitätswirtschaft aufgerufen ist, sich auch ohne gesetzgeberischen Auftrag für eine rationelle, sinnvolle Energienutzung und für eine sparsame Energieverwendung aktiv einzusetzen. Beispiele für zukunftsweisende Energie- und insbesondere Elektrizitätsanwendungen gibt der nachfolgende Beitrag.

L'économie électrique peut être sûre que l'électricité prendra une part croissante aux besoins énergétiques. Mais cela veut aussi dire que, même sans que cela lui soit prescrit par des lois, l'économie électrique a le devoir de se mobiliser activement en faveur d'une utilisation de l'énergie rationnelle, économique et judicieuse. L'article suivant présente des exemples d'applications de l'énergie et en particulier de l'électricité ayant un grand potentiel de développement futur.

Vortrag, gehalten anlässlich der INFEL-Mitgliederversammlung am 6. Juni 1984 in Regensburg.

Adresse des Autors

Dr.-Ing. Bernd Stoy, Direktor, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), D-4300 Essen

1. Elektrizitätsanwendung im Umfeld der Energieprobleme

Noch in den sechziger Jahren hatten die Begriffe «Elektrizität», «elektrische Energie», «Stromanwendung» einen guten Klang, ein positives Image. Sie waren ein Symbol für Fortschritt, Lebensstandard, Produktivität, saubere Energienutzung.

Ohne die gegenwärtige Situation einseitig darzustellen, ist doch sicher die Feststellung zutreffend, dass sich dieses Bild von der Elektrizität grundlegend gewandelt hat.

Die Ursachen hierfür sind vielfältiger Natur. Sie zu analysieren ist nicht Aufgabe dieses Artikels. Tatsächlich aber wurde und wird die Elektrizitätsanwendung durch die Energiesparwelle, die Umweltschutzdiskussion, die Meinungsbildung über die sogenannte Grosstechnologie und ihre Folgen beeinflusst.

Die Elektrizitätswerke sind Versorgungsunternehmen. Sie besitzen nicht die Entscheidungsfreiheit eines Unternehmens im freien Wettbewerb, die auch dazu führen kann, dass die Produktion eines Gutes ganz eingestellt wird. Sie sind vielmehr auf die ausreichende, sichere und preiswerte Versorgung der Volkswirtschaft mit Elektrizität politisch/gesetzlich verpflichtet. Daher kann für sie die Absatzförderung nicht, wie für andere Unternehmen, Mittel zur Erhöhung der Marktanteile und des Gewinns sein, sondern nur Mittel zur Erfüllung der energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Ziele, wenngleich dies gleichbedeutend ist mit Erhöhung der Marktanteile, aber eben nicht über die energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Ziele hinaus.

Der gesetzliche Auftrag an die Elektrizitätswerke, für eine jederzeit ausreichende Deckung des Strombedarfs zu

sorgen, stösst wegen der technischen Eigenarten des Gutes «Elektrizität» und wegen des hohen Kapitalbedarfs auf besondere Schwierigkeiten: Strom ist nicht speicherbar, er muss vielmehr in dem Moment produziert werden, in dem er vom Verbraucher durch das Einschalten einer Verbrauchsanlage angefordert wird. Dadurch sind die Erzeugungs- und Verteilungsanlagen tages-, wochen- und jahreszeitlich sehr ungleich ausgelastet.

Die Planungs- und Bauzeiten für Anlagen der Elektrizitätsversorgung sind sehr lang – heute teilweise über 10 Jahre. Die Sicherung einer ausreichenden Elektrizitätsbereitstellung verlangt von der Elektrizitätswirtschaft, ihre Ausbauplanung «auf der sicheren Seite» zu halten und sich an der oberen der für die Zukunft möglich gehaltenen Entwicklung des Strombedarfs zu orientieren. Da die tatsächliche Entwicklung hin und wieder hinter diesen Planungsseckwerten zurückbleibt, ergibt sich, dass vorübergehend etwas mehr Kraftwerkskapazität zur Verfügung steht, als in kurz- und mittelfristiger Sicht gebraucht wird. Solange es also keine sicheren Verbrauchsprognosen gibt – und die wird es nie geben –, sind vorübergehende Kapazitätsüberhänge, die nicht immer durch Streckung der Baupläne und vorzeitige Stilllegungen aufgefangen werden können, unvermeidbar.

1.1 Günstige Strompreise durch gute Netzauslastung

Wie soll sich die Elektrizitätswirtschaft nun darauf einstellen, dass sowohl zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten, als auch generell, freie Kraftwerkleistung zur Verfügung steht? Soll sie die dadurch erhöhten Kosten einfach über den Preis auf die Kunden abwälzen? Neben dem Be-

streben nach Versorgungssicherheit verbietet sich das Überwälzen erhöhter Kosten auf den Strompreis durch die Verpflichtung auf eine preisgünstige Stromlieferung. Es entspricht dem gesetzlichen Auftrag der Elektrizitätswerke, wenn sie auf eine gleichmässige Auslastung der Versorgungskapazitäten achten und daher Stromanwendungen fördern, die zu einem vermehrten Stromverbrauch in Schwachlastzeiten führen. Dies kann entweder dadurch geschehen, dass Strom andere Energieträger ersetzt oder ganz neue Anwendungsgebiete erschliesst.

Nun könnte man aus dem vorher Gesagten schliessen, dass diese doch so logischen Ausführungen nur die Begründung für neuerliche Aktionen zur Stromabsatzförderung seien. Doch so einfach liegen die Dinge nicht. Mit der Ausfüllung von Schwachlasttälern und der Ausnützung freier Kapazitäten wird nur ein Teil der Aufgaben umrissen, der andere liegt bei der Förderung der rationellen Energieverwendung.

1.2 Rationelle Energieanwendung

Besteht nicht doch ein berechtigtes Interesse daran – und zwar nicht nur der jungen Generation, sondern der gesamten Bevölkerung –, die Anzahl und Grösse von Industrieanlagen, Autobahnen, Schienenwegen, Strassen, Kraftwerken, Überbauungen durch Gebäude aller Art usw. möglichst gering zu halten? Insofern haben diejenigen, welche solche Entwicklungen begrenzen möchten, gar nicht so unrecht. Nur der von vielen propagierte Weg, zurück in die Vergangenheit, ist absolut falsch. Seit mehr als 10 Jahren schlägt der Verfasser eine andere Richtung vor. Dass sie gangbar ist, zeigen erfreulicherweise die Ergebnisse der letzten Jahre.

Eine grosse Rolle – und zwar in besonders positiver Weise – spielte hierbei die Stromanwendung. Es war, wenigstens in der Bundesrepublik Deutschland, besonders die Elektrizitätswirtschaft, welche sich – weit mehr als die Erzeuger und Lieferanten von Kohle, Öl oder Erdgas – für eine rationelle Energienutzung, für die Förderung regenerativer Energien, für die sinnvolle Verwendung auch von Elektrizität, einsetzte. Dennoch war der Anteil der Elektrizität am Endenergiebedarf nicht rückläufig. Denn einerseits wurde Elektrizität sparsamer und effektiver eingesetzt, andererseits konnte Elektrizität auf immer mehr Gebieten

Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch in Österreich/Schweiz/BR Deutschland

Tabelle I

	1930	1950	1960	1970	1980	1982
A	4,5 ¹⁾²⁾	8,1 ¹⁾	13,1	14,6	15,8	17,3
CH	9,5	20,1	19,4	15,4	18,6	19,8
D	3,5 ¹⁾²⁾	4,8	7,9	10,6	14,8	16,6

Angaben in Prozenten ¹⁾ geschätzt ²⁾ 1930: Deutsches Reich

kostbare, fossile Energieträger ersetzen, vor allem das Erdöl.

Unsere Zielsetzung lautet: *Immer weniger Strom je Anwendung und immer mehr Anwendungen mit Strom.* Denn die Elektrizitätswerke sollten mit gutem Beispiel vorangehen, indem sie nicht allein das Versorgungsprinzip zur obersten Richtschnur machen, d.h. Kapazitäten bereitstellen nach dem Grundsatz «Wer Strom braucht, muss ihn haben». Damit handelt man sich nur Proteste ein. Vielmehr sollten sie als öffentliche Versorgungsunternehmen ihre fachliche Kompetenz, und auch in begrenztem Umfang, ihre finanziellen Möglichkeiten für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie für die praktische Umsetzung von energiesparenden Technologien bereitstellen, einschliesslich stromsparender Geräte und Anlagen.

Nur wer dies über viele Jahre glaubhaft und nicht als Alibifunktion wahrmacht, der wird auf die Dauer von den Medien und breiten Bevölkerungsschichten Glaubwürdigkeit erhalten.

Leider wird selbst im Kreise der Elektrizitätswirtschaft die Zielsetzung «Immer weniger Strom je Anwendung und immer mehr Anwendungen mit Strom» nicht richtig verstanden oder fehlgedeutet. Aber es ist der Mühe wert, immer wieder darauf hinzuweisen.

Es müsste doch möglich sein, überzeugend klarzumachen, dass mit immer geringerem spezifischem Einsatz von Elektrizität deren Wettbewerbsfähigkeit zunimmt, die Innovationskraft im gesamten technischen Sektor gestärkt wird, dem Umweltschutz am ehesten gedient und die Importabhängigkeit von Energie am ehesten gemindert wird.

1.3 Stromanteil am Energiebedarf

Betrachten wir die Entwicklung der Stromanwendung von der Vergangenheit bis zur Gegenwart, so wird ihre

wachsende Bedeutung für unsere Existenz besonders deutlich.

Lässt man den Anteil des Strombedarfs am gesamten Endenergiebedarf eines Landes von durchaus gut informierten Zeitgenossen schätzen, so erhält man in der Regel Angaben zwischen 25 und 40%. Energiefachleute wissen, dass der Anteil der Elektrizität im Vergleich zu den anderen Endenergieträgern Kohle, Öl, Gas und Fernwärme selbst in den Industrieländern unter 20% liegt; also überraschend niedrig, bedenkt man den Stellenwert der Elektrizität in der Energiediskussion.

Tatsächlich betrug dieser Anteil für 1982 für die Schweiz 19,8% (1983: 20%), für Österreich 17,3% und für die Bundesrepublik Deutschland 16,6% (Tab. I).

Betrachtet man diesen Zusammenhang über einige Jahrzehnte, so fällt auf, dass der Anteil der Elektrizität am Endenergiebedarf in der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich stetig, in der Schweiz bis in die fünfziger Jahre gestiegen ist bis auf einen Anteil von 20% (!), dann durch das billige Öl auf 15% zurückgedrängt wurde und erst nach der ersten Ölkrise wieder angestiegen ist.

Wenn nun siebzehn bis ungefähr zwanzig Prozent des Endenergiebedarfs eines Landes auf die Stromanwendung entfallen und wenn dieser Anteil überwiegend einen steigenden Trend aufwies, ist es da nicht logisch, dass ein weiterer Anstieg zu erwarten sein wird? Schliesslich entfallen über achtzig Prozent des Energiekonsums auf Ölprodukte, Gas, Kohleprodukte und ein wenig Fernwärme! In den offiziellen Statistiken und Zielvorstellungen wird von den meisten kompetenten Politikern, Forschungsinstituten und Fachleuten stillschweigend von einem zukünftig noch weiter steigenden Stromanteil ausgegangen (s. Tab. II).

Tabelle II

	1982	1990
Frankreich ¹⁾	15,9	18,4
Italien ¹⁾	15,3	17,3
Grossbritannien ¹⁾	15,2	15,4
BR Deutschland ¹⁾	16,6	19,1
Europäische Gemeinschaft ¹⁾	15,3	17,0
Österreich ²⁾	17,3	19,2
Schweiz ³⁾	19,8	20,9

Angaben in Prozenten

¹⁾ Programm der Mitgliedstaaten laut
EG-Bericht

²⁾ Prognose des Wifo-Institutes

³⁾ Prognose GEK, Variante 3 c G

2. Gründe für vermehrte Elektrizitätsanwendung

Vieles spricht dafür – die Begründungen werden folgen – dass der Anteil der Elektrizität am Endenergieverbrauch weiter zunehmen wird. Und vieles müsste von Politikern und auch von den Elektrizitätswerken getan werden, um die Bevölkerung von den vielfältigen Vorteilen der Stromanwendung – sowohl für die gesamte Volkswirtschaft als auch für jeden einzelnen – zu überzeugen.

2.1 Volkswirtschaftliche Argumente

- Die Stromanwendung belastet die Zahlungsbilanz in wesentlich geringerem Masse als die Anwendung von Öl und Erdgas; ein grösserer Anteil des Bruttosozialproduktes steht deshalb der inländischen Verwendung zur Verfügung.
- Die Stromanwendung ist in der Regel kapitalintensiver als die von Öl, Kohle und Gas, mit positiven Folgen für Investitionen und Arbeitsplätze.
- Stromanwendungen sind in der Regel «intelligenter» Anwendungen. Ihre vermehrte Nutzung beschleunigt den Strukturwandel, den die Volkswirtschaft einer Industrienation dringend benötigt, um international konkurrenzfähig zu bleiben.

2.2 Ökologische Argumente

Auch ökologische Argumente erhärten den Nutzen der Stromanwendung. Wegen der völlig schadstofffreien Umwandlung der masselosen Elektrizität in Nutzenergie ist Strom am Anwen-

dungsort die sauberste Energie. Bei der Stromerzeugung dagegen muss man differenzieren:

- Wasserkraftwerke können die Landschaft beeinträchtigen, sind aber völlig emissionsfrei; ihrem Ausbau sind natürliche Grenzen gesetzt.
- Kernkraftwerke sind im störungsfreien Betrieb praktisch emissionsfrei. Gegen radioaktive Störungen sind umfassende technische Vorkehrungen getroffen worden, und trotz einiger hunderttausend Megawatt weltweit in Betrieb befindlicher Kernenergieleistung sind bisher keine nachhaltigen Folgen von Störungen dieser Art bekannt geworden – auch nicht während und nach dem Störfall des US-Kernkraftwerkes Three Mile Island. Ausserdem kann Sicherheit in einer von Natur aus unsicheren Welt immer nur im Verhältnis gesehen werden.

2.3 Nationale Sicherheit

Neben volkswirtschaftlichen und ökologischen Argumenten sprechen auch Argumente der nationalen Sicherheit für die Stromanwendung:

- Zur Erzeugung von Elektrizität können heimische, regenerative, niederwertige Primärenergieträger verwendet werden.
- Die Wasserkraft hat alle drei Eigenschaften zugleich, denn sie ist heimisch, sie ist unerschöpflich, d.h. regenerativ, und auch niederwertig, weil ausser der Umwandlung in mechanische Energie durch Wasserkraftträder keine hochwertige Endenergie hieraus zu erzeugen ist. Erst durch die Umwandlung in Elektrizität kann die Wasserkraft universell genutzt werden.
- Die Kernenergie hat nur eine oder «eineinhalb» dieser Eigenschaften, denn sie ist ganz sicher niederwertig. Uran ist ein Klumpen Dreck, wenn kein Strom hieraus erzeugt wird, und ist ausserordentlich preiswert und leicht transportierbar: Ein Jumbo genügt, um den Jahres-Uranbedarf eines 1200-MW-Blockes, d.h. den äquivalenten Energieinhalt von 2,7 Millionen Tonnen Kohle, in einem Flug über den Atlantik herbeizuschaffen.

Und auch die Rückstandsprodukte von Uran – mit enormen Energieinhalten – sind im Lande lagerbar, insofern quasi heimisch. In späterer Zeit wird durch die Brütertechnologie die Kernkraft auch zur quasi-unerschöpflichen

Primärenergiequelle werden. Die *Electricité de France* spricht daher mit Stolz und Klarheit von der elektrischen Energie als der «*énergie nationale*».

2.4 Schlussfolgerungen

Wasserkraft und Uran können gegenwärtig und auf absehbare Zeit aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen anderweitig nicht eingesetzt werden. Jede Nutzung anderweitig nicht verwertbarer Primärenergieträger, wie sie bei der Stromerzeugung erfolgt, ist das Gegenteil von Energieverschwendung, nämlich statt dessen eine Erweiterung und Diversifizierung des Energieangebotes.

Neben diesem volkswirtschaftlichen Nutzen ist jedoch das nationale Interesse von vielleicht noch höherem Stellenwert. Die Stromanwendung trägt dazu bei, die Abhängigkeit des Landes gegenüber dem Ausland zu verringern und zugleich hochwertige und knappe Energieträger wie Öl für kommende Generationen zu erhalten.

Es gibt also kein übergeordnetes Ziel, das die vermehrte Elektrizitätsanwendung verbietet – im Gegenteil: Viele solcher Ziele werden durch sie gefördert. Die Ausweitung des Stromanteils am Endenergieverbrauch ist eine gute Sache!

Deshalb sollen jetzt einige Beispiele für diese «gute Sache», d.h. zukünftige Schwerpunkte der Stromanwendung aufgezeigt werden.

3. Zukünftige Schwerpunkte

Betrachten wir zunächst einmal die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Nutzenergiearten (Fig. 1). Hiernach entfällt über die Hälfte des Endenergieverbrauchs der Schweiz auf Niedertemperaturwärme. Allerdings ist hierin nicht nur der Heizwärmebedarf des Landes enthalten, sondern auch derjenige Anteil an gewerblicher und industrieller Prozesswärme, welcher im Temperaturbereich unter 500 °C liegt.

Welche Rolle spielt nun die Stromanwendung (Bezugsjahr 1982) bei der Deckung des schweizerischen Nutzenergiebedarfs? Für die schon in Figur 1 aufgeführten sechs Nutzenergiearten sind deshalb in Tabelle III verschiedene Verhältniszahlen für eine recht differenzierte Beurteilung dieser Frage

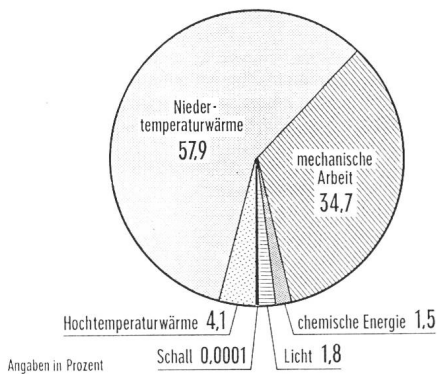


Fig. 1 Aufteilung des Energieverbrauchs nach Nutzeneinheiten (Schweiz 1982)

aufgeführt. Am Beispiel Niedertemperaturwärme (s. erste Spalte) soll sie erläutert werden.

Setzt man den Stromverbrauch für Niedertemperaturwärme (Raumheizung, Warmwasser, Haushaltwärme usw.) ins Verhältnis zum gesamten Endenergieverbrauch für Niedertemperaturwärme – nach Figur 1 sind dies rund 58% des gesamten Endenergieverbrauchs –, so ergibt sich ein Anteil von 15,4% (s. erste Zeile in Tab. III). Diese Masszahl zeigt den Marktanteil des Stroms im jeweiligen Marktsegment (Niedertemperaturwärme, mechanische Arbeit usw.).

Setzt man den Stromverbrauch für Niedertemperaturwärme ins Verhältnis zum gesamten Endenergieverbrauch, so muss sich etwas mehr als die Hälfte ergeben, nämlich 9% (s. zweite Zeile in Tab. III). Diese Masszahl vermittelt einen Eindruck vom Gewicht der Stromanwendungen bei der jeweiligen Nutzeneinheit in Beziehung zum gesamten Endenergieverbrauch. Besonders deutlich wird dies beim Licht, das zu fast 100% aus Strom

erzeugt wird, aber am gesamten Endenergieverbrauch nur einen Anteil von 1,8% hat.

In der dritten Zeile von Tabelle III wird der Primärenergieverbrauch, welcher zur Erzeugung des Stromes für die Niedertemperaturwärme erforderlich ist, ins Verhältnis zum gesamten Primärenergiebedarf des Landes gesetzt. Hieraus wird deutlich, dass das Argument der Stromgegner, primärenergetisch betrachtet sei der Stromanteil wesentlich höher, nicht zutrifft. Er liegt z.B. bei der Niedertemperaturwärme mit 11,5% nicht sehr viel über dem Sekundärenergieverbrauch von 9%.

Das Verhältnis der Primärenergie zur Endenergie basiert auf folgenden Zahlen (1982):

Aufteilung der Stromproduktion in der Schweiz

Tabelle IV

	Anteil an Strom- erzeugung in %	Wirkungs- grad in %
Wasserkraftwerke	70,8	80
Kernkraftwerke	27,3	33
Konventionelle Wärme- kraftwerke	1,9	40

Der durchschnittliche Wirkungsgrad der Stromerzeugung beträgt somit 56,8%. Mit den Verteilverlusten von etwa 5% ergibt sich beim Strom ein Verhältnis der Primärenergie zur Endenergie von 1,85. Für den gesamten Endenergieverbrauch der Schweiz beträgt dieser Faktor 1,24.

3.1 Die Niedertemperaturwärme

Aus dem vorher Gesagten lässt sich folgern, dass der Sektor «Niedertem-

Die Rolle des Stroms bei der Deckung des Energiebedarfs für die einzelnen Nutzeneinheiten (Schweiz 1982)

Tabelle III

	Nieder- temperatur- wärme	Hoch- temperatur- wärme	Mechani- sche Arbeit	Chemische Energie	Licht	Schall	Summe
①	15,4	16,7	20,6	82	100	100	–
②	9,0	0,7	7,1	1,2	1,8	0,0001	19,8
③	11,5	0,9	9,1	1,5	2,3	0,0001	25,3

Angaben in Prozenten

- ① Anteil des Stroms an der entsprechenden Nutzeneinheit.
- ② Stromverbrauch an der entsprechenden Nutzeneinheit im Verhältnis zum gesamten Endenergieverbrauch.
- ③ Primärenergieverbrauch zur Erzeugung des Stroms für die entsprechende Nutzeneinheit im Verhältnis zum gesamten Primärenergieverbrauch.

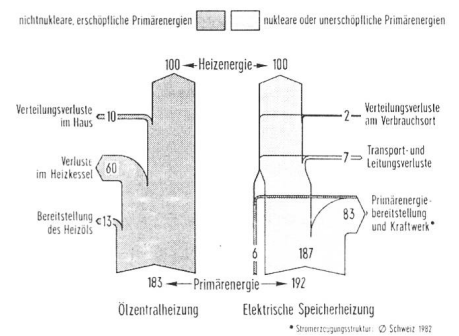


Fig. 2 Energieflussbilder der elektrischen Speicherheizung und der Ölzentralheizung

peraturwärme» ein Schwerpunkt zukünftiger Stromanwendungen sein wird.

3.1.1 Widerstandsheizung

Ende 1983 wurden in der Schweiz etwa 130 000 Wohnungen mit einer elektrischen Widerstandsheizung beheizt. Dies sind etwa 5% des gesamten Wohnungsbestandes. Ohne grössere Investitionen in die Verteilnetze könnte diese Zahl bis zum Jahre 1990 etwa auf 9% steigen.

Hier soll vor allem nochmals auf die Diskussion um die angebliche Energieverschwendung durch elektrische Raumheizung eingegangen werden.

Figur 2 vergleicht die Energieflussbilder der Ölzentralheizung und der elektrischen Speicherheizung. Bei dem für die Schweiz geltenden durchschnittlichen Stromerzeugungswirkungsgrad ergibt sich ein etwas höherer Primärenergiebedarf für die Elektroheizung. Zieht man jedoch nur die erschöpfliche Primärenergie in Betracht, so benötigt die elektrische Speicherheizung nur den dreissigsten Teil an erschöpflicher Primärenergie im Vergleich zur Ölheizung. Bei diesem Vergleich wurde angenommen, dass sich der Strombezug für die elektrische Speicherheizung etwa im Verhältnis der Stromerzeugung aus Wasserkraftwerken und Wärmekraftwerken aufteilt. (Ob dies bei einer Durchschnittsbetrachtung für die Schweiz in der Praxis zutrifft, konnte der Verfasser nicht ermitteln.) Er liesse sich unter Berücksichtigung der in den nächsten Jahren zur Verfügung stehenden Schwachlastkapazitäten auf etwa 15% erhöhen. Im RWE-Versorgungsgebiet liegt er bereits bei 14% und könnte auf etwa 18% erhöht werden.

3.1.2 Wärmepumpen

Eine interessante Darstellung über die Entwicklung der Stückzahlen an

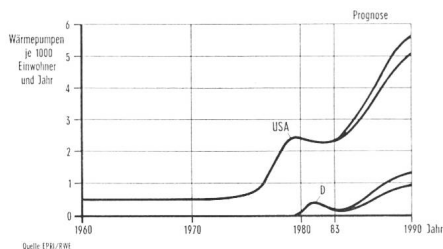


Fig. 3 Verkaufte Wärmepumpen je 1000 Einwohner und Jahr

verkauften Wärmepumpen je 1000 Einwohner und Jahr in den USA und der Bundesrepublik Deutschland, im Zeitraum 1960 bis 1983 und als Prognose für den Zeitraum 1984 bis 1990, zeigt Figur 3. Bei den amerikanischen Stückzahlen handelt es sich nur um Heizungswärmepumpen, mit denen teilweise im Sommer auch gekühlt werden kann. Die um den Faktor 6 bis 10 höheren Stückzahlen in den USA sind hauptsächlich klimabedingt; denn neben den hier erfassten Wärmepumpen gibt es dort eine noch weit grössere Anzahl an Klimageräten, d.h. Wärmepumpen, welche ausschliesslich der Kühlung dienen. Dieser riesige Markt hat natürlich die Heizungswärmepumpenanwendung positiv beeinflusst. In den USA wie auch in der Bundesrepublik Deutschland hofft man, dass die Entwicklung in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts wieder positiver verlaufen wird.

In der Schweiz waren Ende 1983 etwa 10 000 Heizwärmepumpen im Betrieb. Der Verkauf entwickelte sich etwa wie folgt:

1980: 2900 Anlagen
1981: 2000 Anlagen
1982: 1600 Anlagen
1983: 1600 Anlagen

3.1.3 Niedrig-Energie-Fertighaus

Im Sinne des eingangs Gesagten setzen sich viele deutsche Stromversorgungsunternehmen schon seit Jahren, in Verbindung mit der elektrischen Speicherheizung, besonders für die wärmedämmte Bauweise ein, neuerdings auch für die passive Sonnenenergienutzung, z.B. durch geeignete Anordnung und Ausführung der Fensterflächen eines Gebäudes bzw. deren Beschattung. Wenn jedoch die Wärmeverluste durch Wand, Boden, Decke, Fenster, die sogenannten Transmissionsverluste, immer weiter verringert werden, so steigt der Anteil der sogenannten Lüftungsverluste, welche wegen der nun einmal unumgängli-

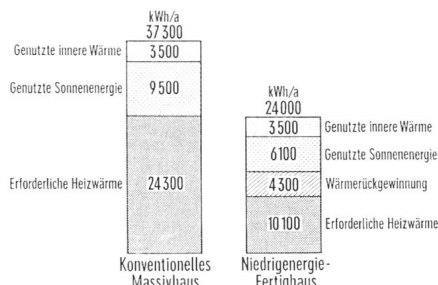


Fig. 4 Nutzenergiebilanz des Niedrigenergie-Fertighauses im Vergleich zu einem konventionellen Massivhaus

chen Luftwechselraten in Wohngebäuden entstehen, unverhältnismässig stark an. Er lag bei konventioneller Bauweise früher nur bei 20 bis 30% und beträgt z.B. bei dem von der RWE-Anwendungstechnik entwickelten Niedrig-Energie-Fertighaus je nach Lüftungsgewohnheiten 60% oder sogar mehr. Deshalb beginnen sich in solchen Häusern die in Skandinavien seit Jahrzehnten bewährten Luftheizsysteme mit Wärmerückgewinnung allmählich durchzusetzen.

Ein solches Beispiel zeigt Figur 4. Beim Niedrig-Energie-Fertighaus konnte gegenüber konventioneller Bauweise der Höchstwärmebedarf um etwa 35% gesenkt werden. Durch die Nutzung von innerer Wärme, von Sonnenenergie allein durch die Fenster und durch Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft ergibt sich für 175 m² beheizte Wohnfläche ein noch durch Brennstoff oder Elektrizität zu deckender jährlicher Heizenergiebedarf von 10 100 kWh/a gegenüber dem fast zweieinhalbfachen höheren Wert von 24 300 kWh/a bei konventioneller Bauweise. Allein schon wegen der besseren Handhabbarkeit von Heizungsanlagen mit derart kleiner Heizleistung – rund 7 kW Höchstwärmebedarf des Hauses am kältesten Tag in Klimazone I – bietet sich hier die Elektroheizung geradezu an.

3.2 Mechanische Energie

In der Schweiz entfallen rund 80% der mechanischen Energie auf den Verkehr. Und hier sind die Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität bisher vor allem auf die elektrischen Bahnen beschränkt, aber durchaus bemerkenswert. Zwar werden die Entwicklungen für elektrische Strassenfahrzeuge, insbesondere für Kleinstautos, für den Elektro-PW als Stadtfahrzeug und für Kleintransporter in verschiedenen Ländern fortgesetzt, von einer Marktdurchdringung wird

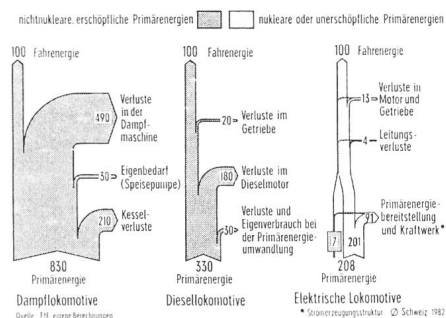


Fig. 5 Energieflussbilder der drei Antriebsarten für Lokomotiven

jedoch auch in absehbarer Zeit nicht die Rede sein können.

Ein aufschlussreiches Beispiel für die Vorteile der Elektrizität im Schienenverkehr zeigt Figur 5, in der auf der Basis schweizerischer Energiedaten bei der Stromerzeugung die Energieflussbilder der Dampflokomotive, der Diesellokomotive und der E-Lok dargestellt werden. Für die jeweils gleiche Fahrernergie benötigt erstere 830 Teile Primärenergie (d.h. Steinkohle), verbraucht die Diesellokomotive 330 Teile Primärenergie, d.h. Erdöl, und erfordert die E-Lok wegen des hervorragenden Wirkungsgrades elektrischer Antriebe nur noch 208 Teile Primärenergie bzw. nur noch 7 Teile oder weniger als ein Hundertstel an erschöpflicher Primärenergie zur Stromerzeugung im Vergleich zur Dampflokomotive.

Doch wie gesagt, 80% der mechanischen Energie werden im Verkehr eingesetzt und 20% für die Antriebskraft, welche in den Bereichen Industrie, Gewerbe, Kleinverbrauch, benötigt wird. Hier ist die Rolle der Stromanwendung, sieht man einmal von landwirtschaftlichen Maschinen und Baumaschinen ab, bereits dominierend.

Jedoch zeichnet sich bei elektrischen Antrieben eine Entwicklung zu einer deutlichen Verringerung des Strombedarfs ab. Sie ist in Figur 6 schematisch dargestellt. Überall dort, wo drehzahl-

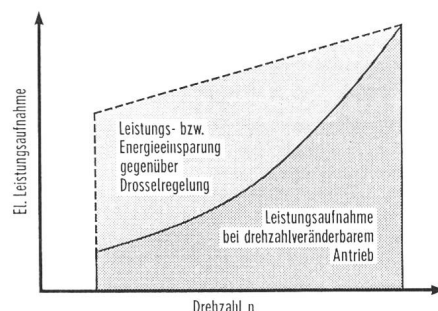


Fig. 6 Energieeinsparung durch drehzahlveränderbare elektrische Antriebe

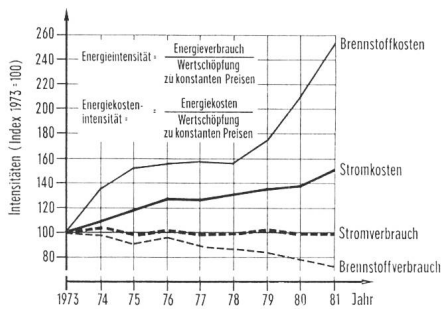


Fig. 7 Energie- bzw. Energiekostenintensität der Wertschöpfung der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland 1973-1981

veränderbare Antriebe zum Einsatz kommen, kann durch elektrische Regleinrichtungen in naher Zukunft die Leistungsaufnahme bzw. der Stromverbrauch im unteren Drehzahlbereich deutlich verringert werden. Wenn solche Antriebe häufigen Lastwechseln unterworfen sind, so ergibt sich über das Jahr gesehen je nach den zu erfüllenden Anforderungen eine beträchtliche Stromeinsparung. Dies ist ein Beispiel für die Verringerung des Energiebedarfs durch Erhöhung der Wirkungsgrade bzw. Einsatz von Kapital für neue Maschinen bzw. Regleinrichtungen.

3.3 Die Hochtemperaturwärme

Schon in Figur 1 wurde deutlich, dass die Prozesswärme in der Industrie, auf einem Temperaturniveau von 500 °C und mehr, in der Schweiz wegen der wenig entwickelten Schwerindustrie eine wesentlich geringere Rolle spielt als in anderen Industrieländern, wie z.B. Österreich und der Bundesrepublik Deutschland. Prozesswärme auf so hohem Temperaturniveau wird in der Industrie der Steine und Erden (Brennprozesse) und in deutlich geringerem Umfang in der Metallindustrie und in der Chemie benötigt. Substitutionspotentiale für den Strom sind dabei eigentlich nur in der Metallindustrie zu sehen.

Strom spielt überall dort eine Rolle, wo besondere Qualitätsansprüche gestellt werden – etwa an die Reinheit des Produktes (Elektrolyse beim Aluminium) oder Gleichmäßigkeit der Erwärmung. Aber auch sehr gute Nutzungsgrade verschaffen den Elektrizitätsanwendungen Konkurrenzvorteile.

Die Stromanwendungen für die Industrie werden hier alle im Abschnitt «Hochtemperaturwärme» behandelt, obwohl sie oft auch die Niedertemperaturwärme betreffen.

Die Voraussetzungen für eine verstärkte Elektrizitätsanwendung in diesem Bereich haben sich seit der ersten Ölpreiskrise verbessert. Figur 7 zeigt die Entwicklung der hier definierten und so bezeichneten Energieintensität bzw. Energiekostenintensität für den Zeitraum 1973 bis 1981 und für die Energieträger Brennstoff sowie Elektrizität. Vergleicht man die Stromkosten mit den Brennstoffkosten, so hat sich die Wettbewerbsfähigkeit von Elektrizität fast verdoppelt.

Dass bei manchen Verfahren selbst der Wettbewerb mit dem zumeist in den Energiepreisen günstigeren Erdgas möglich ist, zeigt Figur 8 mit den Energieflussbildern für das Erwärmen von Stahlstangen zum Gesenkschmieden. Strom benötigt in der Schweiz nur rund die Hälfte der Primärenergie bzw. nur ein Fünzigstel an erschöpflicher Primärenergie im Vergleich zum Erdgas. Doch was den Betreiber vor allem interessiert: Die von ihm einzukaufende Energie, d.h. die Sekundärenergie am Ort des Bedarfs, beträgt bei dem konduktiven Elektrowärmeverfahren nur fast den vierten Teil im Vergleich zum gasbeheizten Wärmebehandlungsverfahren. Der spezifische Energiepreis könnte demnach in Rp./kWh thermisch bei der Stromanwendung fast viermal so hoch sein, gleiche Anlagen- und Wartungskosten vorausgesetzt.

3.3.1 Energiepreis nicht allein massgebend

Tatsächlich ist Elektrizität, auf die Einheit einer thermischen Kilowattstunde bezogen, bei manchen industriellen Stromanwendungen um ein Mehrfaches teurer als beispielsweise Erdgas.

Doch der Energiepreis allein sagt wenig. Vielmehr ist eine Fülle von

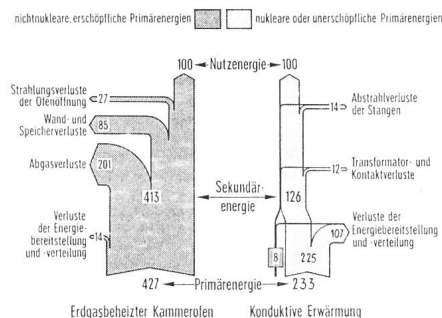


Fig. 8 Wärmen von Stahlstangen zum Gesenkschmieden (Stahlstangen Ø 35 mm, Erwärmung auf 1200 °C, Stromerzeugungsstruktur Durchschnitt Schweiz 1982)

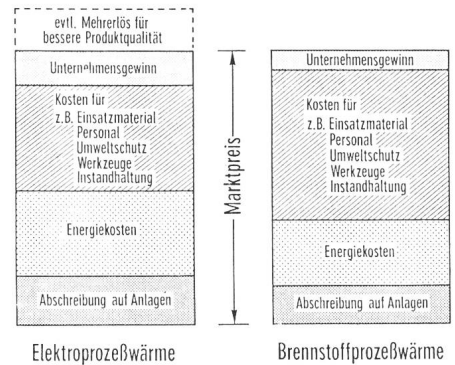


Fig. 9 Mit Elektroprozesswärme Kosten sparen (Prinzipskizze, Kostenrelation nicht massstabgetreu)

Faktoren dafür massgebend, dass die Verwendung von Elektrizität für industrielle Prozesswärme in vielen Fällen nicht nur für den Betreiber insgesamt zu wirtschaftlich günstigeren Ergebnissen führt, sondern auch aus volkswirtschaftlicher Sicht ein besseres Ergebnis als mit anderen Sekundärenergieträgern erzielt wird.

Dass die Verhältnisse hinsichtlich der Gesamtbetriebskosten wesentlich vielschichtiger sind, geht aus Figur 9 hervor. Die Elektroprozesswärme ist – wie schon erwähnt – sogar häufig in den Anlage- und Energiekosten aufwendiger als die Brennstoffprozesswärme. Doch fallen bei letzterer die Nebenkosten zumeist viel stärker ins Gewicht, so dass der Unternehmensgewinn beim elektrischen Verfahren höher sein kann, eventuellen Mehrerlös für bessere Produktqualität nicht eingerechnet.

So können die Bemühungen um den vermehrten Einsatz von Elektroprozesswärme mit Fug und Recht unter das Motto gestellt werden:

Mit Strom Kosten sparen!

Oder wem diese Aussage zu sehr auf die rein wirtschaftliche Betrachtungsweise ausgerichtet erscheint – obwohl das wirtschaftliche Argument stets am meisten wiegt –, der könnte sich vielleicht eher für das Motto erwärmen:

Elektroprozesswärme – energetisch sinnvoll, umweltfreundlich, kostensparend

Hier findet man den Begriff der Kosteneinsparung an letzter Stelle und die in der öffentlichen Diskussion darüberstehenden Themen, wie Primärenergievergleiche und ökologische Gesichtspunkte, im Vordergrund. Die Praxis der EVU-Beratung in der BRD

Grundstoffindustrie	Weiterverarbeitende Industrie	Für innovative Produkte und Verfahren
Lichtbogenofen Induktives Schmelzen Widerstands-Tiegelofen Elektrolyse	Lichtbogenschweißen Induktive Erwärmung Widerstandsschweißen Indirekte Widerstandserwärmung	Plasmabrenner Elektronenstrahl Lasertechnologie Ionitrierung
Elektro Schlacke- umschmelzverfahren Plasmaofen Funkenerosion	Konduktive Erwärmung Infrarotstrahler	UV-Strahler Dielektrische Erwärmung Mikrowellenerwärmung

zeigt jedoch, dass sich die Verantwortlichen in den Betrieben aus guten Gründen nach den betriebswirtschaftlichen Argumenten ausrichten. Und da interessiert hauptsächlich die Feststellung «Mit Strom Kosten sparen!» oder ein höherer Unternehmensgewinn beim elektrischen Verfahren oder ein Mehrerlös für bessere Produktqualität bei Anwendung von Elektroprozesswärme.

3.3.2 Qualifizierte Beratung notwendig

Leider sind diese Zusammenhänge in vielen Betrieben nicht bekannt, oder es sind verschiedene Abteilungen innerhalb des Betriebes für die einzelnen Positionen zuständig. Durch eine intensive, zeitaufwendige, fachlich hochqualifizierte Beratung, möglichst in Zusammenarbeit mit der Geschäftslei-

tung des Unternehmens und den verantwortlichen Fachbereichen, können geeignete Elektroprozesswärmeverfahren zur Anwendung kommen. Versierte Berater von Elektrizitätswerken sind selbst den Fachkräften der Hersteller solcher Elektroprozesswärmeeinrichtungen vorzuziehen, weil letztere nur ihr Produkt kennen bzw. vertreiben müssen. Wenn es zur Umstellung von Schweröl oder Erdgas auf Elektrizität kommt bzw. bei Neuanlagen sogleich Elektroprozesswärme der Vorzug gegeben wird, so handelt es sich oft um Anlagen mit mehreren 100 kW bis zu einigen MW, wobei die Jahresbenutzungsdauer der in Anspruch genommenen Leistung in der Regel zwischen 3000 bis 4500 h/a liegt.

In Tabelle V sind einige industrielle Prozesswärmeverfahren, unterteilt nach Anwendungsbereichen, zusammengestellt. Die letzte Spalte bestätigt, dass mit zunehmender Anwendung solcher Verfahren zugleich eine volkswirtschaftliche Aufgabe erfüllt wird, nämlich die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie durch die Einführung innovativer Produkte und Verfahren.