

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 6

Artikel: Elektrizität Sparen: eine Forschungsarbeit des Nationalfonds
Autor: Brunner, Conrad U. / Müller, Ernst A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76509>

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: 16.02.2026

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

sie Erfolg auf einem Gebiet erwarten und dies ist um so wahrscheinlicher, je besser jemand ein Gebiet beherrscht, also seine Stärken nutzen kann?

Die Erwartung von Erfolg ist nicht nur ein wesentlicher Antrieb physischer und psychischer Leistung, sondern Erwartungen steuern auch die Qualität der Resultate ganz wesentlich. Dies haben in unnachahmlicher Weise die Experimente und Untersuchungen zum sogenannten «Pygmalion-Effekt» oder auch den Phänomenen der sich selbst erfüllenden Prophezeiungen gezeigt. Allein die Erwartung eines Effektes kann eben diesen Effekt herbeiführen oder macht sein Eintreten zumindest wahrscheinlicher. Auch wenn man sagen wird, dass dies in praktischen Führungssituationen nicht immer so einfach ist, so können wir doch davon ausgehen, dass damit vieles leichter wird, als wenn eine entsprechende Erwartung nicht vorhanden ist, oder sogar ihr Gegen teil, nämlich die Erwartung, etwas *nicht* zu können, etwas *nicht* erhoffen zu dürfen. Nun darf man nicht so naiv sein zu glauben, dass *beliebige* Erwartungen zu den erwünschten Effekten führen. Dies würde uns auf das Glatt eis von Wunschdenken und Mystizismus führen. Es sind vielmehr durch bisherige Erfolge begründete Erwartungen – und wo könnten diese begründeter sein, als eben auf Gebieten, wo wir unsere Stärken haben.

Dies schliesslich erscheint mir als der wirkliche Schlüssel zur Selbstmotivation. Ein viel zu grosser Anteil der psychologischen Forschung oder jedenfalls dessen, was im Rahmen der Managementlehre daraus gemacht wird, dreht sich um das Problem, wie Menschen andere Menschen motivieren können, also um die Fremdmotivation.

Zweifellos gehört es zu den Aufgaben von Führungskräften, andere bestmöglich zu motivieren. Aber ist damit notwendigerweise auch ein *Anspruch* darauf verbunden, von anderen und durch andere motiviert zu werden? Was tun wir, wenn unser Chef diese Aufgabe nur schlecht erfüllt, wenn er in dieser Hinsicht versagt? Woher nehmen wir dann die Kraft, jeden Tag neu Spitzenleistungen zu erbringen? Müsste es nicht in unserem ureigensten Interesse liegen, uns selbst zu motivieren? Und wäre es nicht realistischer und letztlich auch menschlicher, unsere Mitarbeiter, insbesondere die jungen Menschen, rechtzeitig zu befähigen, sich selbst zu motivieren und damit unabhängig zu werden von den Fehlern, die wir als Führungskräfte jeden Tag machen, auch wenn wir uns noch so sehr bemühen? Selbstmotivation wird um so eher zu erwarten sein, je klarer von allen die Grundsätze der persönlichen Arbeitsmethodik und der persönlichen Arbeitseffizienz verstanden werden und je besser es gelingt, Menschen dort ih-

ren Beitrag leisten zu lassen, wo sie ihre Stärken haben und ihre Erfolgserwartungen daher die grösstmögliche Aussicht auf Erfüllung haben.

Die hier besprochenen Prinzipien optimaler Arbeitsmethoden hängen nur zum geringen Teil mit Techniken und Instrumenten zusammen. Sie greifen tiefer und steuern den Einsatz solcher Instrumente. Sie sind damit auch der einzige Schutz vor der Bürokratisierung durch eben jene Hilfsmittel, die effizienzsteigernd wirken sollen, viel zu oft aber in das genaue Gegenteil umschlagen, wenn sie nicht auf dem Fundament der hier besprochenen Grundsätze der persönlichen Wirksamkeit stehen.

Adresse des Verfassers: Prof Dr. *Fredmund Malik*, Professor an der Hochschule St. Gallen, Verwaltungsratspräsident des Management Zentrums St. Gallen, Rosenbergstr. 38, 9000 St. Gallen.

Literatur

- [1] Drucker, P., Management, New York 1977, S. 17 ff.
- [2] Drucker, P., Die ideale Führungskraft, Düsseldorf 1967, S. 99

Überarbeitete Fassung des Vortrages des Verfassers anlässlich des 16. Weiterbildungskurses der Fachgruppe der Ingenieure der Industrie (FII) des SIA, Ortsgruppe Zürich, vom 24. März 1986, ETH Zürich.

Elektrizität Sparen

Eine Forschungsarbeit des Nationalfonds

Von Conrad U. Brunner und Ernst A. Müller, Zürich

Elektrizität ist nach dem 26. April 1986 neu in die Schlagzeilen gerutscht. Nur wenige Forschungsarbeiten haben sich in der Schweiz bisher mit dem sparsamen Einsatz der Elektrizität auseinandergesetzt. Die im Rahmen der Nationalen Forschungsprogramme NFP 44 des Schweizerischen Nationalfonds erstellte Arbeit «Elektrizität Sparen» ist deshalb auf ein grosses Echo gestossen. Zwei Mitarbeiter des Forscherteams sprechen hier die speziell für Ingenieure und Architekten wichtigsten Ergebnisse ihrer Arbeit an, die sie selbst als eine erst vorläufige Erkenntnisbasis einschätzen. Sie muss in den nächsten Jahren durch eine Vielzahl weiterer Untersuchungen noch vertieft und verbreitert werden.

Bedeutung des Elektrizitätsverbrauches

Der gesamte Endenergieverbrauch in der Schweiz hat in der 10jährigen Periode vor 1973 um rund 5% pro Jahr zugenommen. Nach dem Einbruch des Endenergieverbrauches nach der Erdöl- und der darauf folgenden Wirtschaftskrise 1973 hat der Endenergieverbrauch wieder zugenommen. Die Zu-

wachsraten konnten aber gegenüber der Phase vor 1973 drastisch reduziert werden; auf durchschnittlich nur noch 1,7% pro Jahr. Wodurch ist diese in früheren Jahren kaum denkbare Trendwende beim Energieverbrauchswachstum zurückzuführen?

Die Erdölkrisen und die darauffolgende Kampagne «weg vom Öl» führte jeder Mann die Dringlichkeit von Massnahmen vor Augen. Die Folge waren ein gewisses energiesparendes Benutzer-

verhalten, kleinere und grössere technische Verbesserungen bei den bestehenden und bei den neuen Heizanlagen, seit Anfang der achtziger Jahre auch eine wesentlich energiegerechte Bauweise von Neubauten und Umbauten und wärmetechnischen Sanierungen. Diese Massnahmen führten dazu, dass sich der Brennstoffverbrauch in der Schweiz stabilisiert hat, obwohl die beheizte Gebäudefläche seither um rund 10% anstieg. Diese Erfolge sind zu einem guten Teil auch den Bau- und Heizungsfachleuten zu verdanken, die ihre Fachkenntnisse den neuen Verhältnissen anpassten und sich entsprechend aus- und weiterbildeten. Die heutigen Neubauten werden z.B. so gut gebaut, dass sie vergleichsweise pro m² Energiebezugsfläche für Heizzwecke einen Dritt bis die Hälfte weniger Endenergie verbrauchen als Bauten aus den sechziger Jahren.

Die Massnahmen zur Reduktion der Zuwachsraten beim Energieverbrauch beschränkten sich aber weitgehend auf den Wärmebereich. So stieg umgekehrt

von 1975-85 der Energieverbrauch für den Bereich Verkehr (Treibstoffe 3% pro Jahr) und Elektrizität (4% pro Jahr) weiterhin stark an. Diese Entwicklung führte dazu, dass der Anteil des Brennstoffverbrauches am gesamten Endenergieverbrauch 1985 auf 51% zurückging und der Elektrizitätsanteil auf 20% anstieg.

Die Ausgaben der Endverbraucher für Brennstoffe und Elektrizität waren 1985 mit rund 5,5 Milliarden Franken etwa gleich gross. 1986 dürfte der kostenmässige Anteil der Elektrizität wegen des Erdölpreiszerfallen sogar auf 40% der gesamten Energiekosten ansteigen und rund doppelt so gross sein wie die Brennstoffkosten (Tab. 1).

Welches sind die Bereiche mit hohen Elektrizitätskosten?

Im Haushaltbereich wird 1985 für eine mittlere Wohnung im Durchschnitt rund 1000 Franken für die Heizkosten und rund 500 Franken für die Elektrizitätskosten ausgegeben.

Im gesamten Dienstleistungssektor waren die Elektrizitätskosten bereits zu Preisen von 1985 deutlich höher als die Heizkosten; dies trifft vor allem zu bei Banken, Versicherungen, Gebäuden mit Klima- und EDV-Anlagen, Läden, Hotels und Restaurants, Hochschulen sowie Spitälern.

Im Industriesektor machen die Elektrizitätskosten vor allem in den Branchen Zement, Aluminium, Papier/Karton, Chemiefasern, Glas und Chemie einen höheren Betrag (mehr als etwa 3000 Franken/Beschäftigten pro Jahr) aus.

Vor mehr als 2 Jahren stellten sich die Autoren die Frage, warum der Elektrizitätsverbrauch im Gegensatz zum Brennstoffverbrauch auch nach dem Erdölschock (nicht Energieschock) weiterhin anstieg und ob Sparmöglichkeiten und Sparerfolge wie im Wärmebereich auch im Elektrizitätsbereich vorhanden seien?

Heutiger Wissensstand der Fachleute

Durch das Impulsprogramm I (wärm 技术ische Gebäudesanierung) 1980-82 sind insgesamt 6000 Fachleute mit den Grundsätzen der thermischen Gebäudeproblematik vertraut gemacht worden. Mit dem laufenden Impulsprogramm II (Haustechnik) werden zwischen 1984 und 1988 rund 4000 Haustechnikfachleute vertieft nach den neuen Erkenntnissen der rationalen Umsetzung von Endenergie in Wärme ausgebildet. Damit ist ein Grundstock von Fachwissen in Unterlagen vorhanden und bereits eine erste Gruppe von

		Total Endenergie	Brennstoffe	Treibstoffe	Elektrizität
1984:	Endenergieverbrauch	(PJ/a) (%)	713 100%	371 52%	199 28%
	Energiekosten	(Mrd. Fr./a) (%)	17,1 100%	5,4 32%	6,5 38%
1986:	Energiekosten	(Mrd. Fr./a)	14,0 100%	2,9 21%	5,3 38%
					5,8 41%

Tabelle 1. Bedeutung der Elektrizität an den gesamten Energiekosten in der Schweiz 1984 und 1986 (1986 gemäss eigener Schätzung)

Fachleuten auf die Erfordernisse des wärm 技术isch verbesserten Bauens vorbereitet. Parallele Anstrengungen von speziellen Lehrveranstaltungen der HTL-Schulen (z.B. Muttenz) bestreichen ungefähr den gleichen Themenkreis.

Und die Elektrizität?

Die Problematik des Verbrauches elektrischer Apparate wurde bisher umfangmässig nur am Rande erwähnt und eher kuriosisch behandelt. Aus verschiedenen Beobachtungen geht hervor, dass der heutige Energieberater den elektrischen Problemen hilflos gegenübersteht. Von 160 Objekten in der Stadt Zürich, die von einem qualifizierten Team von 18 Energieberatern analysiert wurden, sind nur in 43% der Fälle elektrische Phänomene tatsächlich untersucht und entsprechende Sanierungsvorschläge gemacht worden.

Woran liegt das? Weil der Auftraggeber bisher nie nach niedrigeren Elektrizitätsverbrauchswerten gefragt hat? Oder weil auf dem komplexen Gebiet des Elektrizitätssparens die entsprechenden Fachleute nicht über die notwendigen Kenntnisse verfügen? Die thermische Problematik mit anschaulichen Temperaturunterschieden, Wärmeflüssen und Wärmedurchgangswerten unterscheiden sich grundsätzlich von den elektrischen Phänomenen, wo es um elektrische Widerstände, Leuchten und Lampen sowie dem umfassenden Gebiet der Umsetzung der elektrischen Energie mittels Motoren in Kraft geht. Gerade im letzten Punkt ist der Sachverständiger der bisherigen Energieberater, die sich mehrheitlich aus den Disziplinen Architektur, Bauingenieurwesen und Heizungstechnik diversifiziert haben, gänzlich überfordert.

Immerhin muss gesagt werden, dass auch der Sachverständiger der meisten Elektroingenieure im engeren Sinne für die Belange der rationalen Nutzung elektrischer Energie relativ gering ist: Einerseits ist der Elektroplaner abhängig von den Vorgaben der Haustechnikingenieure, die vorgängig z.B. Lüftungsanlagen und damit Ventilatormo-

toren dimensionieren und nur noch eine bestimmte Anschlussleistung verlangen. Andererseits ist der Sachverständiger des Elektroplaners bisher vor allem in Richtung Dimensionierung (genügende elektrische Leitungsquerschnitte, um Leistungsengpässe zu vermeiden usw.) und Sicherheit für Menschen und Maschinen (Schutz vor Überhitzung und Berührung) ausgerichtet. Dies sei ihm unbenommen. Aber es genügt für die heutigen Anforderungen eines integral geplanten und nach aktuellen Optimierungsgrundsätzen erstellten Gebäudes nicht mehr.

Der Elektroplaner ist – im Kampf um kostengünstige Lösungen bei knappen Honoraren – überfordert, bei jedem Motor oder Vorschaltgerät eine Evaluation über Wirkungsgrad und Betriebskosten vorzulegen. Er wählt daher Standardlösungen, die er jahrelang problemlos und in den meisten Fällen mit befriedigendem Ergebnis eingesetzt hat.

Nur wenige Elektroplaner sind selbst genügend sattelfest in Fragen der Beleuchtungs-, Förder-, Antriebs- und Regeltechnik usw., dass sie die Vorgaben der Architekten und der Haustechnikplaner kritisch würdigen und die für den Bauherrn wichtige Suche nach optimalen Lösungen vorantreiben könnten. Auch hier bestimmt der Markt: Der Hersteller eines gewissen Gerätes kennt dessen Vor- und Nachteile genau, streicht aber naturgemäß nur die Vorteile heraus.

Gerade die Hersteller technisch bessere Produkte würden gerne einen höheren Sachverständiger der Planer voraussetzen, die in der Lage sind, neue Produkte nach Kosten/Nutzen-Grundsätzen zu beurteilen. Häufig sind «billigere» Produkte ohne klare Typenprüfungskriterien im Markt erfolgreicher als in der Anschaffung leicht teurere Qualitätsprodukte, die in bezug auf Jahreskosten innerhalb ihrer Lebensdauer grosse Vorteile bei beträchtlich geringerem Energieverbrauch aufweisen.

Der Elektroplaner ist auch thematisch vielfach überfordert, wenn neue Tech-

nologien auf den Markt kommen. Der Versuch, das erste Mal eine Wärme-kraftkoppelungsanlage mit einem Blockheizkraftwerk zu planen, stellt den Elektroplaner vor grosse Know-how-Probleme. Viele Büros scheuen diesen Lernaufwand und weisen dadurch einen grossen Rückstand auf. Damit bleiben aber moderne Regelkonzepte, Wärmekraftkoppelungs-, Photovoltaik- und Windkraftanlagen usw. immer in der Hand von wenigen hochspezialisierten Kleinbüros mit entsprechenden Anlageerfahrungen.

Noch ein weiterer Punkt kann für die bisher kümmerliche Behandlung der elektrischen Probleme angeführt werden. Das Preisverhältnis der Energie-träger Wärme (Öl) zu Elektrizität war für geraume Zeit dadurch geprägt, dass das importierte Öl sprunghafte und verunsichernde Preisschübe erlebte, der einheimische Strom aber eine konstante, lange Zeit sogar real rückläufige Preistendenz aufwies. Die Notwendigkeit, sich um Elektrizitätsskosten zu kümmern, bestand deshalb irrtümlicherweise überhaupt nicht. Diese Tendenz hat sich spätestens seit 1986 gründlich geändert. Der Preiszusammenbruch beim Öl und die im Gefolge der Kernkraft ständig steigenden Erzeugungskosten aus neuen Werken haben die Preistendenzen umgekehrt.

Wo und wie können wir Elektrizität sparen?

Wir alle als Mieter und Bewohner:

In einem Haushalt könnte alleine durch ein bewusstes Verhalten sehr viel Elektrizität eingespart werden [1]. Die Massnahmen sind heute, wenn sie auch noch nicht ins Bewusstsein eingetreten sind, weitgehend bekannt: Licht an nicht gebrauchten Aufenthaltsorten löschen, Kühlschrank nach Gebrauch schliessen, Herdplatte bevor das Wasser kocht abstellen usw. Mit kleineren Investitionen (Sparlampen bei einer mittleren Benutzung von mehr als rund 1 Stunde pro Tag oder Dampfkochtopf einsetzen, usw.) und bei Berücksichtigung des spezifischen Elektrizitätsverbrauches beim Kauf neuer Elektrogeräte können im Haushalt weitere beträchtliche Einsparungen erzielt werden. Broschüren zu diesem Thema werden von Konsumentenverbänden und den EWs in grösserer Zahl gratis abgegeben.

Wie in einer anderen NFP-44-Studie [2] ermittelt wurde, lässt sich das Verhalten der Bewohner nur in einem geringen Masse verändern. Bisher fehlen

aber auch die Anreize (bessere Information der Kostenauswirkungen, z.B. anhand übersichtlicher EW-Rechnungen, Angaben über Veränderung des Verbrauches gegenüber dem Vorjahr und mit Vergleichswerten ähnlicher Nutzungen) und Instrumente (z.B. sichtbare Anzeige beim Gebrauch von Geräten mit hohem Elektrizitätsverbrauch, Vergleichswerte von neuen Elektrogeräten beim Kauf in Läden) und auch das verbreitete Bewusstsein über die Bedeutung und Dringlichkeit von Sparmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Zudem wird in Mietwohnungen drei Viertel des Elektrizitätsverbrauches durch die Grundausstattung vorbestimmt, welche v.a. durch die Hauseigentümer und Architekten ausgewählt wird.

Gebäudebezogener Elektrizitätsverbrauch: Architekten, Ingenieure und Hauseigentümer

Beleuchtung:

In jedem Gebäude nimmt die Beleuchtung, entgegen einer immer noch weit verbreiteten Meinung, einen grösseren Anteil am Elektrizitätsverbrauch ein: Zum Beispiel in einem mittleren Haushalt rund einen Sechstel, in einem Dienstleistungsbetrieb im Mittel einen Drittel. Dieser Verbrauch lässt sich durch den Einsatz moderner Leuchten und Lampen und den entsprechenden Vorschaltgeräten und in manchen Fällen auch durch angepasste Regeleinrichtungen beträchtlich vermindern; auch nachträglich in bestehenden Gebäuden. Im Wohnbereich lässt sich mit dem Ersatz der althergebrachten Glühlampe durch runde SL- oder längliche PL-Lampen etwa 75%, an Arbeitsplätzen mit dem Ersatz der herkömmlichen FL-Lampen durch verbesserte FL-Technologie und Regelung rund 40-60% Elektrizität einsparen. Die Analyse von ausgeführten Beleuchtungssanierungen bestätigen diese Einsparungen und zeigen auch das günstige wirtschaftliche Verhältnis auf. Für die Planung einer optimalen Arbeitsplatzbeleuchtung sind allerdings die Fachkenntnisse der neuesten Technologien Voraussetzung. Bei Neubauten kann zusätzlich durch geschickte Bauweise ein Beitrag durch das Tageslicht erbracht werden.

Hilfsenergie-Heizung:

Dass jedes zentrale Heizsystem für den Brenner und die Wärmeverteilung im Gebäude Elektrizität verbraucht, blieb bisher angesichts der kleinen Anschlussleistungen dieser Aggregate meist unbedacht. Da diese Motoren aber fast dauernd in Betrieb stehen, ist der Elektrizitätsverbrauch doch zu beachten. Als Mittelwert bestehender An-

lagen können auf die Energiebezugsfläche bezogen $11 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ angenommen werden. Insgesamt resultiert daraus in der Schweiz ein Anteil am Elektrizitätsverbrauch von 3%.

Die Heizanlagen wurden bekanntlich früher praktisch immer stark überdimensioniert und entsprechend auch die Umwälzpumpen. Durch richtige Dimensionierung, Einsatz moderner Aggregate und optimaler Regelung liessen sich bei den meisten beobachteten Sanierungen Einsparungen von 50% bis 90% erzielen. Diese Einsparungen lassen sich bei praktisch allen Gebäuden mit Zentralheizungen realisieren (Bild 1).

Warmwasser:

Rund ein Viertel des Warmwassers wird elektrisch erwärmt, die Hälfte davon in den Haushalten verbraucht. Der mittlere Wirkungsgrad von rund 70% lässt sich durch bessere Wärmedämmung der Speicher, der Abgänge und Verteilleitungen, durch an den Bedarf angepasste Regelung der Zirkulation und durch Temperatursenkung auf 85-90% erhöhen. Zusätzlich könnte der Warmwasserkonsum, wie diverse Messungen gezeigt haben, durch geeignete Anzeigegeräte und individuelle Verrechnungsart auf Nutzenergiestufe reduziert werden.

Elektroheizungen:

Die Elektroheizungen fordern ihren Spitzensbedarf im Winter an. Dies läuft der Struktur der Elektrizitätserzeugung in unserem Lande mit einer durch die Wasserkraftanlagen bestimmte Minderproduktion im Winter entgegen. In der heutigen Zeit, da die Erstellung von grösseren zusätzlichen Produktionseinheiten konventioneller Bauart (Wasser-, Kern- oder Kohlekraftwerke) nicht mehr so unproblematisch wie früher durchsetzbar ist, sind bereits manche Elektrizitätswerke dazu übergegangen, neue Elektroheizungen nur noch unter speziellen Bedingungen zu bewilligen. Auch für den einzelnen Besitzer sehen die Heizkosten im Vergleich zu einer Ölheizung schlechter aus: Die Energiekosten für die Elektroheizung sind bei heutigen Preisen rund doppelt so gross. Diese Tendenz wird bei der Verbreitung von höheren Wintertarifen, die gewisse EWs bereits eingeführt haben oder planen, anhalten, selbst wenn die Erdölpreise mittelfristig wieder ansteigen sollten.

Wie lässt sich der Verbrauch in Gebäuden mit bestehenden Elektroheizungen, die heute 8% des gesamten Elektrizitätsverbrauches beanspruchen, reduzieren? In erster Linie durch eine konventionelle wärmetechnische Sanierung, und zwar um rund einen Viertel

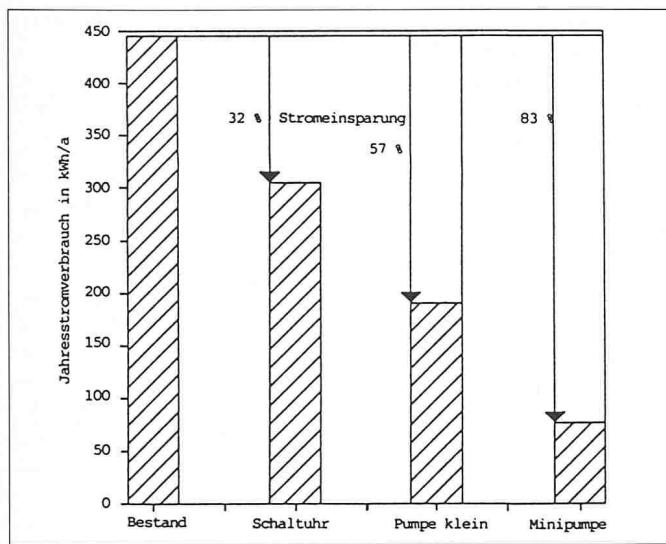


Bild 1. Elektrizitätseinsparungen bei Umwälzpumpen: durch bessere Regelung (Schaltuhr), oder richtig dimensionierte Pumpen (Pumpe klein) oder richtig geregelte und dimensionierte und moderne Pumpen (Minipumpen) am Beispiel eines Einfamilienhauses

(vergleiche [3]). Bei Gebäuden mit elektrischen Zentralheizungen kann der Verbrauch mit dem Einsatz von Elektrowärmepumpen (vorzugsweise bivalent) um zwei Drittel reduziert werden.

Bei Gebäuden mit Einzelspeichern ist diese Variante nur wirtschaftlich tragbar, wenn ein zentrales Wärmeverteilungssystem aus Komfortgründen vorgesehen ist. Am stärksten lässt sich der Elektrizitätsverbrauch reduzieren, wenn ein Heizsystem mit einem anderen Energieträger eingebaut wird. All diese aufgezählten Massnahmen sind nicht als Sofortmassnahmen zu empfehlen, sondern vor allem im Zuge einer umfangreichen Gebäudesanierung sinnvoll.

Lüftung/Klima:

Der Elektrizitätsverbrauch für Lüftungs- und Klimaanlagen dürfte noch grösser sein, als bisher in der beschriebenen Studie abgeschätzt wurde. Genaue Unterlagen und weitere Angaben über das Sparpotential wird die Fortsetzung der Forschungsarbeit im NFP-44 liefern. Die bisher untersuchten Fälle haben aber gezeigt, dass bereits mit kleinen Sofortmassnahmen nennenswerte Erfolge und mit volumänglichen Sanierungen häufig Einsparungen von 50% und mehr erzielt wurden. Bei Lüftungsanlagen können die Sparmassnahmen entweder durch die Ausserbetriebnahme einer unnötigen Anlage, durch die Reduktion einer zu grossen Anlage, durch die Verkürzung der Betriebszeit einer zu lange eingeschalteten Anlage, in der Verbesserung der Antriebsmotoren, in der Reduktion einer zu grossen Luftwechselrate, in der Verminderung der Kanalwiderstände, in der Reduktion der Luftgeschwindigkeit usw. bestehen. Diese energetischen Sanierungen dürften in Zukunft vor al-

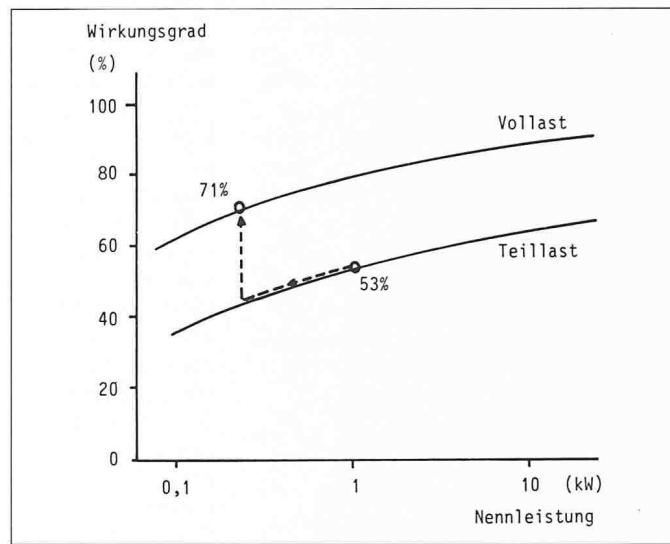


Bild 2. Elektrizitätseinsparungen durch richtige Dimensionierung von Motoren

lem in Dienstleistungsbetrieben, aber auch in industriellen Betrieben zur Anwendung kommen.

Wahl der Haushaltgeräte:

Der spezifische Elektrizitätsverbrauch der grössten Haushaltgeräte für Waschen, Kühlen und Backen ist in den letzten Jahrzehnten dank den Verbesserungen der Produzenten ständig gesunken: In den letzten 4 Jahren sank der spezifische Verbrauch der marktgängigen Geräte gemäss einer Auswertung der Angaben des SIH (Schweizer Institut für Hauswirtschaft in Zürich) um durchschnittlich 11%. Beim Ersatz eines alten durch ein vergleichbares neues Gerät wird aber nicht ohne weiteres Elektrizität eingespart. Erstaunlicherweise schwankt der spezifische Verbrauch des besten zum schlechtesten Produkt sehr stark, häufig von 1:2. Es ist deshalb beim Kauf eines neuen Elektrogerätes in jedem Fall angezeigt, nach dem spezifischen Elektrizitätsverbrauch zu fragen und diesen unter den verschiedenen zur Auswahl stehenden Produkten zu vergleichen. Wie die Auswertung zeigte, sind die energiesparenden Produkte im Mittel auch in der Anschaffung nicht teurer als die mittelmässigen Produkte (Tab. 2).

Elektrizitätsverbrauch für die Produktion

Industrie und Gewerbe verbrauchen beinahe die Hälfte des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz, rund einen Zehntel davon für den Gebäudebezogenen Betrieb und neun Zehntel für die eigentliche Produktion. Für spezielle Anwendungen im industriellen Bereich liegen zurzeit erst sehr wenige veröffentlichte Untersuchungen über Sparmöglichkeiten vor. Hier

ist in Zukunft noch viel Forschungsarbeit notwendig.

Die Sparquoten wurden aufgrund einer Analyse der zwei wichtigsten Prozesse (Motoren, Prozesswärme) hergeleitet und müssen in Zukunft noch durch die Resultate an Fallbeispielen abgestützt werden. Sparquoten in diesen Bereichen wurden deshalb tendenziell tief angesetzt.

Motoren:

Entgegen einer landläufigen Meinung sind Elektromotoren nicht generell gute Umsetzer von Elektrizität. Einerseits besitzen kleine Motoren immer einen schlechteren Wirkungsgrad als grosse Motoren, und andererseits haben unterbelastete Motoren, insbesondere im Belastungsbereich unter 50%, sehr schlechte Wirkungsgrade. Wegen des schlechteren Leistungsfaktors belasten sie zudem das Netz mit mehr Blindstrom (Bild 2).

Einsparungen beim Elektrizitätsverbrauch sind zu realisieren, indem zuerst der Leistungsbedarf der Maschine und ihr zeitlicher Einsatz überprüft wird, neue Motoren mit hohem Wirkungsgrad gewählt, diese richtig dimensioniert und dem tatsächlichen Bedarf entsprechend geregelt werden.

Prozesswärme:

Etwa 90% des Prozesswärmeverbrauches in der Industrie wird gemäss [4] von folgenden Branchen beansprucht:

- Aluminium
- Maschinen und Metallwaren
- Chemie.

Eine Untersuchung von D. Spreng im Rahmen des NFP-44 [5] im Aluminiumbereich hat wirtschaftliche Einsparungsmöglichkeiten von 30% aufgedeckt. Zusätzlich hat er eine Methode

entwickelt, wie eine systematische Vorgehensweise bei energetischen Sanierungen von industriellen Prozessen an die Hand zu nehmen ist. Über spezifische Vergleichswerte können die höchsten Verbraucher ausgeschieden und diese einer wirtschaftlichen Sanierung zugeführt werden.

Sparpotential

Methode:

Zur Berechnung des Sparpotentials beim Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz [6] wurden verschiedene Prozesse der wichtigsten Elektrizitätsverbraucher im Detail analysiert: Zuerst wird der Ist-Zustand abgeschätzt, alle heutigen technischen Verbesserungsmöglichkeiten beurteilt, und die bei heutigen Tarifen wirtschaftlich realisierbaren Massnahmen und ihr Sparpotential aufgezeigt. Diese Analysen wurden anhand von rund 100 verfügbaren Sanierungsobjekten aus der Praxis so weit als möglich überprüft. In vielen Fällen handelt es sich um detaillierte und an konkreten Objekten durchgeführte Analysen, und nur zum Teil um Messungen von ausgeführten Sanierungen. Diese Beispiele bilden noch keinesfalls eine repräsentative Stichprobe. Sie halfen aber stichprobenweise die Abschätzung der Sparmöglichkeiten zu überprüfen.

Der Weg für die Berechnung des Sparpotentials führte also weitgehend über die verschiedenen energetischen Prozesse der Umwandlung der Elektrizität, vor allem über die verschiedenen Ver-

wendungszwecke. Dazu musste in einem ersten Schritt zunächst der Elektrizitätsverbrauch in die einzelnen Verwendungszwecke unterteilt werden. Angesichts der gegenläufigen Angebots- und Nachfrageverhältnisse im Jahresgang musste auch ein besonderes Augenmerk auf das kritische Winterhalbjahr gelegt werden.

Zu den untersuchten 100 Fällen gehören 43 Sanierungen: vorwiegend aus dem Wohn- und Dienstleistungsbereich mit 17 ausgeführten Sanierungen und 26 Detailanalysen; 21 Gebäude, bei denen Lastregler eingebaut worden sind und damit eine Verminderung der bezogenen Leistung und auch in einigen Fällen eine Verbrauchsverminderung festgestellt werden konnte; an 9 weiteren Objekten wurde in einer intensiven Messkampagne der Verlauf des elektrischen Lastganges analysiert, um Sparmöglichkeiten aufzudecken. Zu den einzelnen Sparthemen wurden diverse weitere Einzeluntersuchungen aus der Praxis herangezogen.

Die Wirtschaftlichkeit wurde, wie in der SIA-Empfehlung 380/1 erläutert, anhand des Kosten-/Nutzen-Verhältnisses aufgezeigt. Danach ist eine Massnahme wirtschaftlich, wenn die jährlichen Kosten für die Kapitalisierung der Investitionen inklusive Amortisation über die Nutzungsdauer der Massnahme plus eventueller Mehrkosten für den Unterhalt kleiner sind als die Energiekosteneinsparungen bei heutigen Tarifen. Die Nutzungsdauer für die einzelnen Massnahmen konnten weitgehend den Angaben in der SIA-Empfehlung 380/1 entnommen werden.

Sparquote:

Die Sparquote gibt an, wieviel Prozent des Elektrizitätsverbrauches bei heute erprobter (noch verbesserungsfähiger) Technologie und heutigen Tarifen eingespart werden könnte. Die Untersuchung zeigte unter anderem folgende Sparquoten:

- 70%: Hilfsenergie-Heizung
- 50%: Klima/Lüftung, Licht, Raumheizung
- 30%: die wichtigsten Haushaltgeräte mit Ausnahme der Kochherde
- 20%: gemäss vorläufiger grober Beurteilung die restliche mechanische Arbeit und Prozesswärme.

Wirtschaftlichkeit:

Wie auch die Beispiele aus der Praxis anhand der 45 Detailberechnungen oder ausgeführten Sanierungen bestätigen, weisen die einzelnen Sparmassnahmen im Mittel ein günstiges wirtschaftliches Verhältnis auf. In den erfassten Bereichen Hilfsenergie-Heizung, Warmwasser, Klima, Lüftung und Licht liegt das Kosten-/Nutzenverhältnis bei jeweils 8 bis 21 untersuchten Objekten im Mittel zwischen 0,4 und 0,8. Das gesamte Paket der elektrotechnischen Sparmassnahmen ist bei diesen Beispielen bei heutigen Tarifen in 81% der Fälle wirtschaftlich und bei einer Energiepreisteuerung gemäss SIA 380/1 sogar in 94% der untersuchten Fälle (Bild 3).

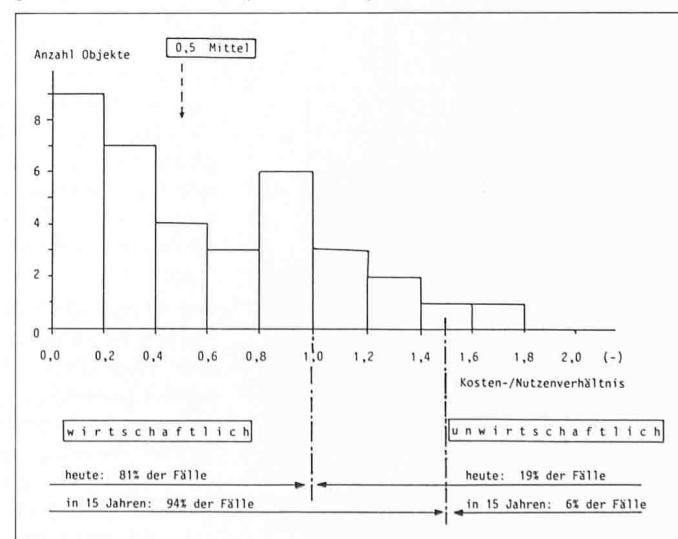
Sparpotential:

Mit den hergeleiteten Sparquoten, ausgehend vom heutigen Elektrizitätsverbrauch, ergibt sich in der Schweiz ein Sparpotential von rund 40 PJ/a, was

Geräte	Typ	1985 Max/Min ¹ (-)	1985 Mittel/Min ² (-)	1981/85 Mittel ³ (-)
Waschmaschine	klein	1.37	1.12	0.95
	gross	1.28	1.11	1.04
Tumbler	klein	1.42	1.25	1.04
	gross	1.15	1.04	1.12
Geschirrspüler	kalt	2.10	1.17	1.24
	warm	2.66	1.84	1.10
Kühlschrank	klein	1.88	1.54	1.23
	mittel	1.67	1.41	1.00
Tiefkühler	gross	1.42	1.20	1.14
	sehr gross	1.00	1.00	1.00
Backofen	Truhe klein	1.97	1.63	1.16
	Truhe mittel	1.20	1.03	1.08
	Truhe gross	1.41	1.21	1.00
	Schrank klein	1.32	1.13	1.13
	Schrank mittel	1.80	1.36	1.09
Mittelwert		3.96	2.43	1.09
Maximum		2.66	1.84	1.24
Minimum		1.00	1.00	0.95
Standard Abweichung		0.73	0.38	0.08
Varianz		0.53	0.15	0.01

Tabelle 2 (links). Streuung und Entwicklung des spezifischen Elektrizitätsverbrauches marktgängiger Haushaltgeräte

Bild 3. Wirtschaftlichkeit elektrotechnischer Sanierungen: 36 Objekte mit Angaben über Kosten-/Nutzenfaktor von insgesamt 43 untersuchten Fällen



¹ Verhältnis des Elektrizitätsverbrauches des Gerätes mit dem höchsten zum tiefsten Verbrauch

² Verhältnis des Elektrizitätsverbrauches des Gerätes mit mittlerem Verbrauch zum tiefsten Verbrauch

³ Verhältnis des mittleren Geräteverbrauches im Jahr 1981 zum Jahr 1985

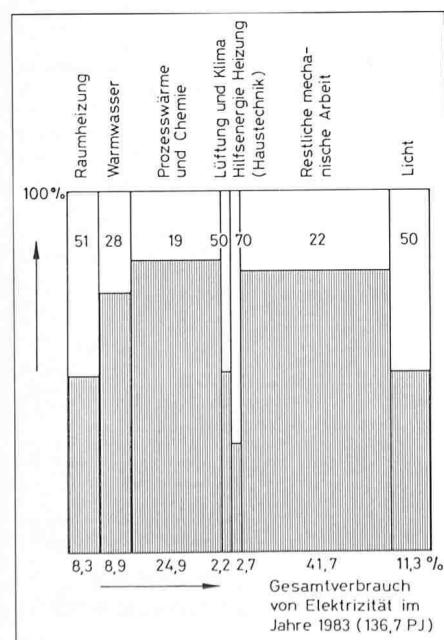
knapp 30% des heutigen Verbrauches entspricht. Betrachten wir nur das kritische Winterhalbjahr, so liegt das Sparpotential bei 32%. Im Winter leisten die Raumheizung, Licht und mechanische Arbeit einen Beitrag von je rund einem Viertel bis einem Fünftel zum Sparpotential, Prozesswärme einen Sechstel, Warmwasser und Hilfsenergie-Heizung einen Zwölftel (Bild 4).

Zur wirtschaftlichen Realisierung des Sparpotentials stehen in der Schweiz bei heutigen Tarifen 13 Milliarden Franken zur Verfügung, bei einer jährlich realen Energiepreisteuerung von 1% p.a. sogar 18 Milliarden Franken.

Folgerungen für Architekten, Ingenieure und Energieberater

Zur Schliessung des Wissensdefizites aller Fachrichtungen im Bereich Elektrizitätssparen ist ein neuer Ausbildungsschwerpunkt erforderlich, der sowohl die Grundausbildung der ETH-Ingenieure und der HTL-Techniker betrifft, wie auch besonders die Vertiefung und Verbreiterung der Weiterbildungsprogramme aller Fachrichtungen erfordert. Es wurde vorgeschlagen, als Anschluss an das Impulsprogramm II des Bundesamtes für Konjunkturfragen einen neuen Themenschwerpunkt «Elektrizität Sparen» vorzubereiten und ab rund 1988 mit entsprechenden Unterlagen, Lehrmitteln und Weiterbildungsprogrammen an die Fachwelt zu treten. Sicher sind solche Programme zuerst notwendig, um überhaupt eine genügend breite Abstützung auf schweizerische Fachleute aus der Praxis zu gewährleisten.

Bild 4. Sparpotential beim heutigen Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz



Parallel dazu könnten an den bestehenden Annexanstalten (EMPA) und in verschiedenen HTL (z.B. Luzern) in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen (z.B. Schweizerisches Institut für Hauswirtschaft SIH, Schweizerischer Elektrotechnischer Verein SEV usw.) Anstrengungen zur Typenprüfung aller elektrizitätsverbrauchenden Apparate unternommen werden. Die Publikation von Wirkungsgraden und Standardverbrauchsdaten ist eine entscheidende Vorbereitung zur gezielten Auswahl von Geräten durch Fachleute und Laien.

Erst anschliessend sind dann Anstrengungen für neue normative Grundlagen (Verbrauchsstandards für Elektroapparate und ganze Gebäude) zu erarbeiten. Im Prinzip ist nach dem Vorbild der SIA-Empfehlung 380/1 «Energie im Hochbau» später ein Modell denkbar, bei dem die Grenz- und Zielwerte des Elektrizitätsverbrauches ganzer Gebäude, je nach Nutzung, berechnet und festgelegt werden können. Damit könnte der bisherige Engpass, dass viele Planer den elektrischen Verbrauch nicht im voraus berechnen können, umgangen werden. Ein einheitliches Rechenverfahren mit einer definierten Standardnutzung ist hier notwendig. Die Grundlagenarbeiten dazu sind aber noch im Gange und werden noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Der verstärkte Einsatz von Forschungs- und Entwicklungsgeldern für Prioritäten in der Entwicklung besserer und sparsamer Elektrizitätssysteme auf der Verbrauchs- und der Erzeugungsseite sind allseits erkannte politische Schwerpunkte.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass rationeller Energieeinsatz nach Kosten/Nutzen-Grundsätzen unser Verbrauchsniveau für alle Energieträger dämpfen und stabilisieren kann. Dem Austausch zwischen den Energieträgern, der Substitution, ist dabei mit grösserer Vorsicht zu begegnen als bisher. Erst auf dem nunmehr erforderlichen tieferen Verbrauchsniveau bei gleichem Komfort, das sich aber keineswegs bei konstanter Bevölkerung und konstanten Arbeitsplätzen auf der alten Vorstellung einer ständig notwendigen Zuwachsraten bewegen muss, sollen Diskussionen um optimale Elektrizitätserzeugungsarten folgen.

Die Wasserkraft der Schweiz stellt dabei die beste Basis für eine dauerhafte und ökologisch einwandfreie elektrische Landesversorgung dar. Die Einführung der Wärmekraftkoppelung soll helfen, Versorgungslücken im Winter zu vermindern und den Übergang zu den Technologien des nächsten Jahrtausends mit einer direkten Umsetzung

von Sonnenstrahlung in Elektrizität zu erleichtern. Die Kernenergie könnte dann als Zwischenlösung zwischen 1960 und etwas nach 2000 in die Geschichte der schweizerischen Elektrizitätserzeugung eingehen. Sie wird in dieser Zeit einen wichtigen Beitrag geleistet haben.

Die Schweizer Industrie kann im Zuge dieser Entwicklung durchaus einen grossen Know-how-Vorsprung auf dem Gebiet der elektrizitätssparenden Technologie erwerben, die z.B. an hohe Traditionen im Turbinenbau mit schweizerischer Qualität anschliesst. Damit sind Befürchtungen, dass die rationelle Energieverwendung wohl unsere Auslandabhängigkeit vermindert, die Umweltbelastung reduziert, aber negative Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt in der Schweiz aufweisen wird, unbegründet. Gerade weil der weiter wachsende Dienstleistungsbereich durch Automatisierung und Computerisierung eine weitere Energienachfrage weckt, sind die Anstrengungen im Inland wichtiger geworden, unsere einheimischen Ressourcen (Wasser, Kapital, Know-how) besser zu nutzen.

Die künftigen Aufgaben der Architekten und Ingenieure werden stärker noch mit diesen Fragen konfrontiert werden. Die vielgepriesenen Anstrengungen zur Hebung des geschädigten Ansehens der Technik und ihrer Exponenten kann nicht mit Public Relations allein bewerkstelligt werden, sondern mit gezielten Anstrengungen in neuen Schwerpunktbereichen, die unserer Gesellschaft und unserer Umwelt langfristig dienen.

Adresse des Verfassers: Conrad U. Brunner, dipl. Arch. ETH/SIA, und Ernst A. Müller, Dipl. Geograph, Büro C. U. Brunner, Planung & Architektur & Energie, Lindenhoferstrasse 15, 8001 Zürich.

Der Bericht «Elektrizität Sparen» ist erhältlich bei:

Hochschule St. Gallen, Institut SIASR, Dufourstrasse 48, 9000 St. Gallen, Preis Fr. 30.-.

Literaturverzeichnis

- [1] Horbaty R., Zumsteg H.P., Stromsparen im Haushalt, Langenbruck 1984
- [2] Peters M., Energiesparen unter der Lupe, NFP-44, Zürich 1986
- [3] Brunner C.U., Müller E.A., Strukturelle Verminderung des Energieverbrauchs in Gebäuden (NFP-44); Zusammenfassung in: «Schweizer Ingenieur und Architekt», Heft 12/86, Zürich 1986
- [4] Schweizerischer Energie-Konsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft (EKV): Energieverbrauch in der Schweizerischen Industrie im Jahre 1984, Basel 1985
- [5] Spreng D., Energiesparpotentiale in Industriebetrieben, NFP-44, Zürich 1985
- [6] Brunner C.U., Baumgartner A., Müller E.A., Stulz R., Wick B., Elektrizität sparen, NFP-44, Zürich 1986
- [7] Nydegger A., Baumeler J., Elektrizitätssparen unter der Lupe, St. Gallen 1986