

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 133 (2007)
Heft: 42-43: Energie-Zukunft

Artikel: Lücken vermeiden
Autor: Brunner, Conrad U.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108182>

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.](#)

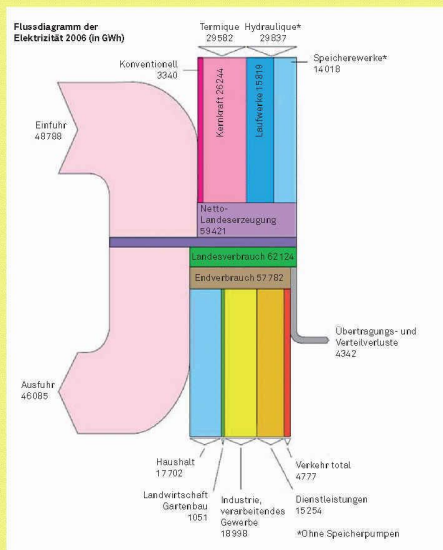
Terms of use

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.](#)

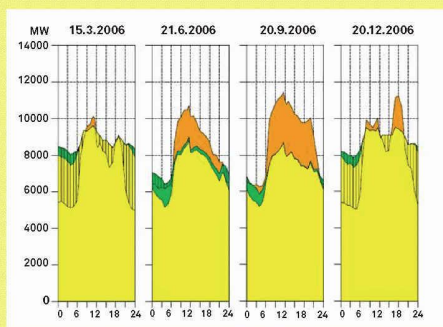
Download PDF: 01.04.2025

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

LÜCKEN VERMEIDEN



01



02

Die Energiepolitik der Schweiz kreist gegenwärtig um die Bewältigung einer kommenden Stromlücke. Aufgrund der energetischen Vergangenheit und der offiziellen Zukunft ist dieser Begriff zu relativieren. Durch die künftige Verwendung effizienter elektrischer Geräte lassen sich substantielle Energieeinsparungen erzielen. Der unvermeidliche Anstieg der Strompreise in den nächsten Jahren schafft den nötigen ökonomischen Druck zur Erhöhung der Energieeffizienz.

Gemäss den aktuellen amtlichen Statistiken^{1,2} stand im Jahr 2006 einer inländischen Elektrizitätsproduktion von 59.4 TWh ein Endverbrauch von 57.8 TWh gegenüber. In Bild 1 sind Input und Output der elektrischen Energieversorgung und -nutzung und die jährlichen Übertragungs- und Verteilverluste von 4.3 TWh dargestellt. Nicht explizit ausgewiesen sind die 2 TWh/a Verlust für die Pumpspeicherung.

Die typischen jährlichen Import- und Exportmengen der Elektrizität liegen in derselben Grössenordnung wie der inländische Verbrauch. Das Geschäftsvolumen des Landesverbrauchs betrug im Jahr 2006 8.5 Mrd. Fr., die schweizerischen Stromexporte haben weitere 4 Mrd. Fr. ausgemacht. Der zusätzliche Aufwand für die Pumpspeicherung und die durch den Export bedingten Transportverluste dienen kommerziellen Überlegungen und sind versorgungstechnisch nicht erforderlich. Die Schweiz hat dank dem hohen Anteil an speicherbarer Wasserkraft von 8.6 TWh (15% des jährlichen Endverbrauches) praktisch keine Tag-/Nacht-Spitzenlastprobleme.

Die benötigte maximale Höchstlast von ca. 12 000 MW ist durch den Export bestimmt und nicht durch die inländische Höchstlast, die kaum 10 000 MW übersteigt. Eine weitere Besonderheit der schweizerischen Stromwirtschaft ist das grosse grenzüberschreitende elektrische Verbundnetz in allen vier Himmelsrichtungen mit einer vertraglich vereinbarten maximalen Übertragungsleistung von 12 300 MW. Die technische Durchleitungskapazität aller grenzüberschreitenden Linien beträgt sogar 28 600 MW.

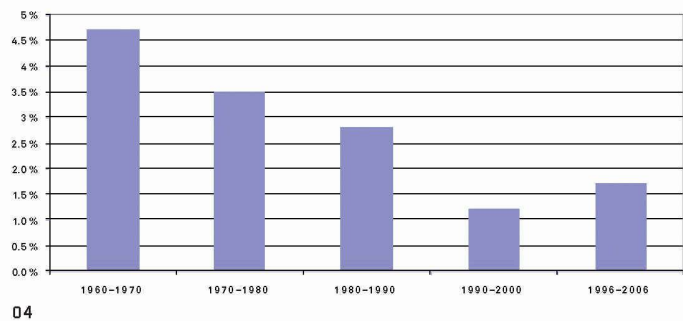
Der typische Tagesgang von Elektrizitätsproduktion und -verbrauch, in Bild 2 am jeweiligen Mittwoch der vier Jahreszeiten aufgezeichnet, zeigt ein weiteres Phänomen: Ungefähr die Hälfte der Tagesspitzenleistung von 9 000 bis 10 000 MW ist auch nachts als Sockelleistung am Netz, wobei viele Apparate im Leerlauf Energie verbrauchen. Noch grösser als der Stand-by-Verbrauch der elektrischen Geräte von 2 TWh/a³ ist der Verbrauch durch den Leerlauf von Aggregaten, Beleuchtungsanlagen, Widerstandsheizungen etc., der nach ersten Schätzungen eine zusätzliche Energieverschwendung von über 5 TWh/a verursacht.

VERBRAUCHSENTWICKLUNG

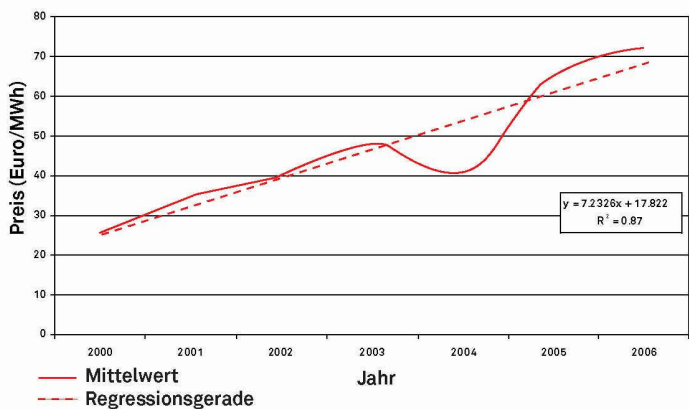
Die Verbrauchsanteile der Bereiche Haushalt, Industrie und Dienstleistungen sind seit 1960 praktisch unverändert (Tabelle 3). Der ebenfalls unveränderte Verlustanteil für Pumpspeicherung und Transport beträgt 11%. Die Zuwachsraten des elektrischen Energieverbrauchs haben sich in den letzten drei Dekaden von 4.7% p.a. (1960–1970) durch Effizienzsteigerung und Substitution auf 1.2% p.a. (1990–2000) zurückgebildet (Bild 4) und variieren gegenwärtig zwischen 1% und 2% p.a.

Die Gründe für den elektrischen Verbrauchszuwachs sind einerseits das generelle Wachstum (steigende Bevölkerung, Gebäudefläche, Industrieproduktion und BIP), die Ausweitung des Gebrauchs von elektrischen und elektronischen Geräten und das Fehlen einer griffigen

01 Elektrizitätsflussdiagramm der Schweiz 2006 (Angaben in GWh) (Bilder: BFE Lit. 1)
 02 Saisonaler Tagesgang von Elektrizitätsverbrauch und -produktion in der Schweiz 2006.
 Gelb: Landesverbrauch ohne Speicherpumpen
 Gelb schraffiert: Einfuhrüberschuss
 Grün: Verbrauch der Speicherpumpen
 Orange: Ausfuhrüberschuss



04



06

Schweiz 2006	TW h/a	Anteil in %
Haushalt	17.7	27.3
Landwirtschaft	1.1	1.6
Industrie	19.0	29.3
Dienstleistung	15.3	23.5
Verkehr	4.8	7.4
Transportverlust	4.3	6.7
Pumpspeicherung	2.7	4.2
Totalverbrauch	64.8	100.0

03

Politik im Bereich der elektrischen Energie. Die Verbesserung der Energieeffizienz von elektrischen Geräten der letzten Dekaden hat mitgeholfen, die Zuwachsraten zu vermindern. Offensichtlich wirkt sich aber bisher der vermehrte Einsatz von elektrischen Geräten stärker aus als die den Gerätebestand bezüglich Energieeffizienz nur langsam verbessernden neuen Produkte. Im europäischen Umfeld ist weder das elektrische Verbrauchsniveau der Schweiz besonders hoch noch seine laufende Zunahme ausserordentlich (Bild 5). Am höchsten liegen Norwegen, Schweden und Finnland, Länder, in denen elektrische Heizungen weit verbreitet sind.

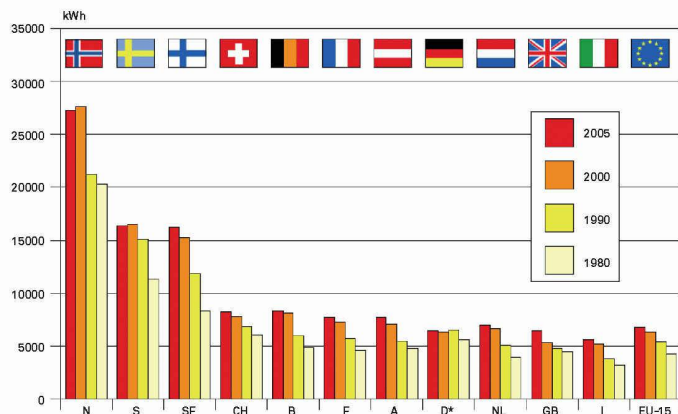
PREISENTWICKLUNG

Die elektrische Energie ist ständig teurer geworden. Der in den letzten Jahren vermeintlich konstante Mittelpreis von 15 Rappen pro kWh täuscht: Der an der schweizerischen Strombörse SWEP bei der Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg bezahlte mittlere elektrische Grosshandelspreis hat zwischen 2000 und 2006 um jährlich 18% zugenommen (Bild 6). Bei der deutschen Strombörse EEX in Leipzig, die inzwischen das grössere Handelsvolumen aufweist, ist dieselbe Tendenz feststellbar.

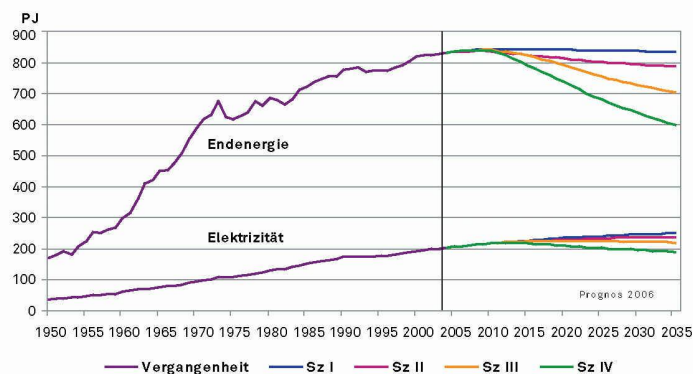
Es ist nach einer Phase rückläufiger Strompreise mit grosszügigen Kundenrabatten zu erwarten, dass die günstigeren Marktsegmente (Grossverbraucher in Industrie, Dienstleistung etc. mit heute ca. 10 Rp. pro kWh) künftig steigende Strompreise aufweisen werden, während Haushaltskunden mit einem bereits höheren Tarif (heute ca. 20 Rp. pro kWh) davon weniger stark betroffen sein werden. Wie der Preisüberwacher laufend feststellt, bestehen immer noch regionale Tarifunterschiede zwischen einzelnen Stromlieferanten von ± 25%.

ANFORDERUNGEN FÜR ELEKTRISCHE GERÄTE

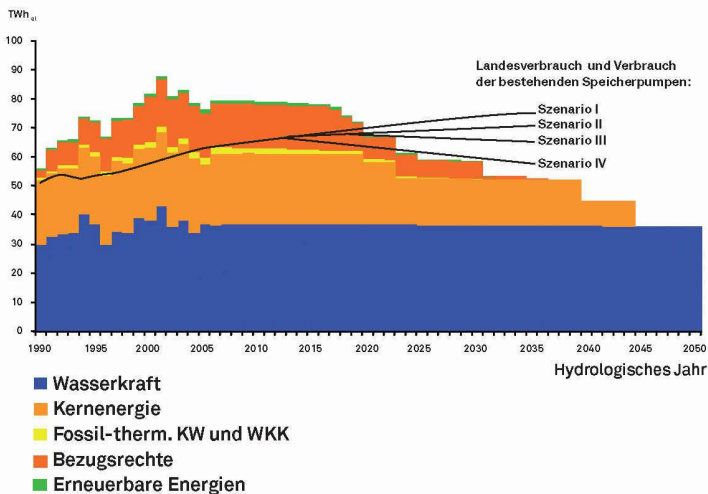
Im Gegensatz zu den energetischen Anforderungen bei Gebäuden haben wir im Bereich der elektrischen Geräte keine Qualitätsmassstäbe und keine verpflichtenden Mindestanforderungen. Dies obwohl die Gebäude in der Zuständigkeit der Kantone liegen, serienmässig hergestellte elektrische Geräte jedoch allein in der Kompetenz des Bundes. Das geltende Ener-



05



07



08

Licht	10% Stromsparlampen für Haushalte
	70% elektronische Vorschaltgeräte
	1% Minergieleuchten für Büro
Motoren in der Industrie	10% Eff1-Motoren
Haushaltsgeräte	8% Wärmepumpen A Tumbler
	40% AAA-Waschmaschinen
	8% A++-Kühlschränke
	20% A-Klasse Raumklimageräte
	40% TV Stand-by unter 1 Watt
Gebäude	4% Kaffeemaschinen ohne Wärme-Stand-by
	1% A-Klasse Umwälzpumpen
	10% Minergiehäuser

09

giesgesetz von 1998 enthält im Artikel 8 seit 10 Jahren die Möglichkeit von verpflichtenden Mindestanforderungen, die nur durch eine einfache bundesrätliche Verordnung direkt umgesetzt werden könnten. Alle bisher versuchten freiwilligen Vereinbarungen mit Herstellern und Importeuren (Zielwerte für elektronische Geräte, elektrische Motoren etc.) sind in der Realität gescheitert. Da elektrische Geräte eine Gebrauchsdauer von 5 bis 15 Jahren aufweisen, sind durch den natürlichen Ersatz grosse Effizienzfortschritte rascher als bei langlebigen Bauten machbar.

ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG

Zwischen 2003 und 2007 hat das Bundesamt für Energie (BFE) Energieperspektiven bis 2035 erarbeitet⁴. Darin wird untersucht, wie sich in einer prosperierenden Schweiz mit weiter steigendem realem Pro-Kopf-Einkommen, zunehmender mittlerer Wohnfläche etc. die Energienachfrage entwickelt. Die Nachfrage nach Elektrizität und Endenergie wird nach vier unterschiedlichen Szenarien beurteilt (Bild 7). Im elektrischen Bereich werden allerdings nur geringe Chancen auf eine künftige Verbrauchssenkung ausgewiesen. Dabei besteht zwischen fossilen Brenn- und Treibstoffen und elektrischer Energie ein zu bestimmender Substitutionskanal mit zwei Hauptfeldern: Einerseits beanspruchen Wärmepumpen im Jahr 2035 in einer Kältewelle 1700 bis 2300 MW (heute 500 MW) elektrische Leistung, was rund 3TWh zusätzlichen Elektrizitätsbedarf ergibt. Andererseits beanspruchen Elektrofahrzeuge bis 2035 rund 1TWh zusätzlichen Elektrizitätsbedarf.

Aus der Alterung der bestehenden elektrischen Erzeugungsanlagen kann die im Jahr 2035 bestehende Versorgungslücke beziffert werden. Sie beträgt im Szenario I «Weiter wie bisher» maximal 22.3TWh entsprechend 31 % des Landesverbrauchs. Im effizientesten untersuchten Szenario IV «Unterwegs zur 2000-Watt-Gesellschaft» beträgt die Unterdeckung 5.0TWh/a, was noch 9 % des Landesverbrauchs ausmacht. Daraus folgt, dass in den vier untersuchten Varianten eine stärkere Ausrichtung auf Effizienz im elektrischen Bereich wie im Szenario IV grosse Vorteile für die mögliche Bedarfsdeckung erzielt:

- Die Lücke ist nicht versorgungskritisch, d.h., sie entspricht den heutigen Import-/Exportvolumina zur Kompensation unterschiedlich verfügbarer Wasserkraft und schwankender Wintertemperaturen.

- Es sind keine rasch zu bauenden Anlagen wie Gaskraftwerke erforderlich.

- Es entstehen keine belastenden Mittelabflüsse durch allfällige Importüberschüsse.

- Das effektive Potenzial ist mit den Möglichkeiten von Szenario IV noch nicht ausgereizt.

Aus Bild 8 geht hervor, dass das Problem der Versorgungslücken bei hohem Verbrauchszuwachs (Szenarien I bis III) nicht mit AKW allein zu lösen ist, weil sie eine 20-jährige Wartezeit bis zur Inbetriebnahme schaffen. Das bedeutet, dass die geplanten beiden neuen AKW mit je 1600 MWe zwingend noch drei bis sieben Gaskraftwerke (oder grosse Importe) zur Überbrückung brauchen. Bild 8 zeigt auch, dass sich die Deckungslücke bei den hohen Verbrauchsszenarien I bis III am Ende der Szenarienperiode 2035 progressiv auf 30 bis 50 TWh/a vergrössert. Demgegenüber kann mit der Weiterführung der Effizienzpolitik von Szenario IV die Ver-

03 Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz im Jahr 2006 (Daten: BFE Lit. 1)

04 Zuwachsraten des Verbrauchs elektrischer Energie in der Schweiz von 1960 bis 2006

05 Vergleich des jährlichen Verbrauchs elektrischer Energie pro Kopf in einigen europäischen Ländern von 1980 bis 2005 (Angaben für Deutschland bis 1990 ohne neue Bundesländer)

(Bild: Eurostat, Nordel, IEA)

06 Entwicklung des mittleren Grosshandel-Strompreises an der Schweizerischen Strombörse SWEPE von 2000 bis 2006 (in Euro/MWh)

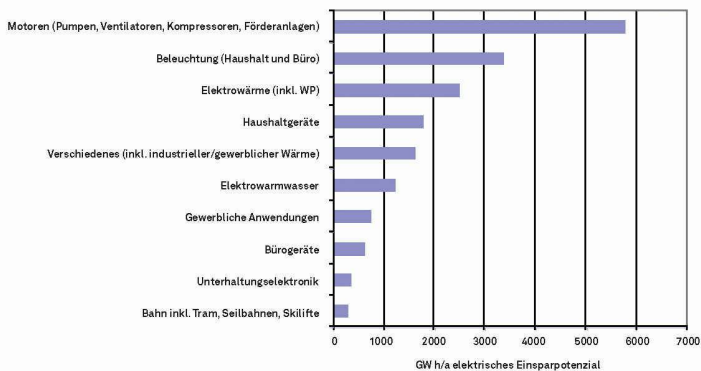
(Bild: EGL/Autor)

07 Energieperspektiven 2035 für Endenergie und Elektrizität für die vier Szenarien des BFE (Angaben in Peta-Joule; 1 PJ = 10¹⁵ J)

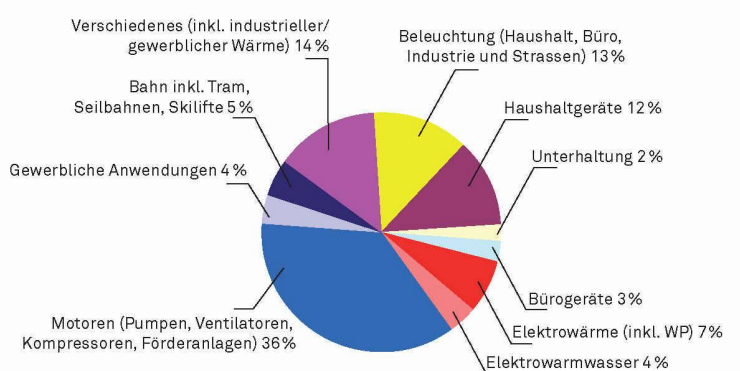
(Bild: BFE Lit. 4)

08 Jährlicher Landesverbrauch von elektrischer Energie für die vier Szenarien des BFE, extrapoliert bis 2035, über der Alterungskurve der bestehenden elektrischen Erzeugungsanlagen bis 2050 (Bild: BFE Lit. 4)

09 Marktanteil effizienter elektrischer Geräte am Verkauf 2007 (Daten: S. A.F.E., Prognos, et al.)



10



11

brauchskurve bis 2050 (nach der Stilllegung der AKW und dem Auslaufen der Bezugsrechte) dem vorhandenen Sockel der Wasserkraft angenähert werden. Die Differenz kann mit erneuerbarer Energie und Wärmekraftkoppelung gedeckt werden.

EFFIZIENZ UND NUTZEN

Die effiziente Energienutzung in der Elektrotechnik ist noch nicht im Markt verankert. Trotz 30 Jahren technischem Fortschritt und 16 Jahren energetischer Kampagnen mit Schwerpunkt im Gebäudebereich sind bislang auch mit ständig verbesserten Geräten keine Marktfortschritte zu verzeichnen. Die heutigen Marktanteile von effizienteren Geräten im Neukauf der Schweiz liegen um 10% und lassen noch grosse Zuwachsraten erwarten (Tabelle 9). Einige der technisch besseren und effizienteren Geräte stellen einen Technologiesprung gegenüber bisherigen Geräten dar und sind daher in der Anschaffung teurer, können aber ihre Mehrkosten während der Nutzungsdauer durch geringere Energiekosten kompensieren (Stromsparlampen, Wärmepumpen, Tumbler, Induktionskochherde etc.). Andere Geräte weisen nur marginale Kostenveränderungen auf, sind aber im Stand-by und im Betrieb deutlich effizienter (A++-Kühl-/Gefriergeräte, LCD TV, Premiummotoren etc.). Diese Geräte weisen hohe Gewinne während ihrer Nutzungsdauer auf. Bei einer dritten Kategorie sind effiziente Geräte sogar günstiger in der Anschaffung (LCD- statt Plasma-TV mit vernünftiger Grösse, richtig dimensionierte Wärmepumpen mit Frequenzumrichter etc.). Das insgesamt zur Verfügung stehende Effizienzpotenzial durch den kontinuierlichen Ersatz bestehender durch bessere elektrische Geräte wird auf 18 TWh/a geschätzt (Bild 10).

Eine höhere Marktdurchdringung von energieeffizienten Geräten ist innert nützlicher Frist nur erreichbar, wenn ein klar definiertes Anschubprogramm mit den folgenden Elementen die nötige Unterstützung gewährleistet:

- Energielabel: einheitliche und transparente Warendecklaration aller wichtigen Energieverbrauchenden Geräte.
- Aktuelle Datenbank der Bestgeräte mit einfachem Zugriff für Endkunden (www.topten.ch).
- Zulassungsvorschriften für den maximalen jährlichen elektrischen Verbrauch bei normalem Gebrauch mit laufender Aktualisierung entsprechend der technischen Entwicklung.
- Einführungsprogramme von Bund, Kantonen und Elektrizitätswerken mit finanzieller Unterstützung für die Technologiebeschleunigung.

Lange ist nur die sogenannte «Weisse Ware», die grossen Haushaltgeräte, ins Visier genommen worden. Die Energieeffizienz von Beleuchtung, Kommunikationstechnologie und industriellen Motoren wurde bisher zu wenig beachtet (Bild 11).

Die äquivalenten Strompreise der elektrischen Effizienzmassnahmen betragen gemäss den BFE-Szenarien im Jahr 2035 im Mittel nur 11 Rp. pro kWh, das ist weniger als der heutige Strompreis. Die zusätzlichen jährlichen Effizienzinvestitionen im Jahr 2035 im Szenario IV von jährlich 6 Mrd. Fr. können durch die eingesparten Energiekosten von 10 Mrd. Fr. überkompensiert werden, so dass ein jährlicher Saldo von 4 Mrd. Fr. entsteht. Dass Energieeffizienz sich lohnt, ist für den einzelnen Verbraucher ein wichtiger Anreiz und für die Volkswirtschaft von grosser Bedeutung.

10 Potenzial der Einsparung elektrischer Energie durch den Ersatz bestehender durch effizientere Geräte (Angaben in GWh/a) (Bild: S.A.F.E. 2007)
 11 Anteile aller Gerätekategorien am gesamten Endverbrauch elektrischer Energie 2006 (Bild: S.A.F.E. 2007)

Mindestanforderungen und Zielvereinbarungen	Geräteklasse	Energieetikette	Mindestanforderungen						
			A++	A+	A	B	C	D	E
Mindestanforderungen für Haushaltsgeräte	Kühl- und Gefriergeräte	vorhanden	2012	2011	2009				
	Geschirrspüler	vorhanden			2009				
	Backöfen	vorhanden			2009				
	Waschmaschinen	vorhanden			2009				
	Tumbler	vorhanden			2011	2009			
	Wasserspender	2009							
	Staubsauger	2009							
Mindestanforderungen für elektronische Geräte	Stand-by	2009	<0.5 Watt 2012			<1 W 2009			
Mindestanforderungen für Haushaltslampen	Gühlampen, HV Halogen	vorhanden				2012		2010	2008
	NV Halogen	vorhanden			2015	2010			
	FL	vorhanden			2010				
	Leuchten	vorhanden			2010				
	Vorschaltgeräte	2009			2010				
	Strassenbeleuchtung	2009			2010				
Mindestanforderungen für elektrische Normmotoren		vorhanden	IE3 2012			IE2 2009			
Mindestanforderungen für weitere Geräte	Kaffemaschinen	2009			2010				
	Kältemaschinen	2010			2010				
	USV	2009			2009				
	Wasserdispenser	2009			2009				

12

Für die Umsetzung erfordert dies einen klaren Zeitplan für die koordinierte Einführung verpflichtender Energieetiketten und Mindestanforderungen für alle wichtigen, serienmässig hergestellten elektrischen Geräte (Tabelle 12). Die Haushaltgerätehersteller haben sich bereits an die europäische Energieetikette A bis G, die Motorenhersteller an die europäischen CEMEP-Effizienzklasse Eff1 bis Eff3, die Elektronikimporteure an das Energy-Star Label gewöhnt. Elektrizität-Versorgungsunternehmen führen etablierte Förderprogramme für Bestprodukte, und Bundesstellen verwenden einheitliche Beschaffungskriterien. Die neue europäisch abgestützte Energieetikette des SIA für Gebäude gibt den dafür zuständigen Kantonen ein einfaches Hilfsmittel für die Klassierung und Beurteilung der Qualität des gesamten Energieverbrauchs für Gebäude (Wärme und elektrische Energie).

ENERGIE-ZUKUNFT

Die Schweiz ist innerhalb Europas sehr gut platziert, um eine zukunftsgerichtete Energie- und Strompolitik umzusetzen. Neben ihrer ausgezeichneten Basis für die Grundversorgung hat sie auch genügend verfügbares Know-how auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Elektronik, um eine Trendwende zur stärkeren Effizienz einzuleiten. Zusammen mit den Chancen der erneuerbaren Energien und der Wärmekraftkoppelung kann die Schweiz ihre Stromzukunft ohne Panikmache gestalten.

In den nächsten 30 Jahren werden für rund 50 Milliarden Franken Investitionen im elektrischen Sektor getätigt. Dies kann entweder durch den Zubau von Grosskraftwerken oder durch Investitionen in Effizienzmassnahmen, dezentrale Wärmekraftkoppelung und die dezentrale Erzeugung erneuerbarer Elektrizität im In- und Ausland geschehen. Das Investitionsvolumen ist vergleichbar, die volkswirtschaftliche Bedeutung und die Umweltwirkung sind aber stark unterschiedlich. Die neuen Aktionspläne des BFE für Energieeffizienz und Erneuerbare Energien⁸ lassen hoffen, dass diese Ideen bald zur offiziellen Politik gehören werden. Gegenwärtig erleben wir das Zusammentreffen von warnenden Katastrophen und Naturereignissen hier und im Ausland, einem beharrlich hohen Ölpreis (und damit auch Gas-, Kohle- und Uranpreis) und einem steigenden – von wissenschaftlichen Fakten unterlegten – Verständnis für die langfristigen Probleme unserer Umwelt und der Gefährdung unseres Wohlstandes durch die gängige nichtnachhaltige Wirtschaft. Es ist nicht auszuschliessen, dass auf diesem Hintergrund zuerst die wohlhabenden Länder der OECD und dann auch die ärmeren Länder beschliessen, sich eine nachhaltige Entwicklung zum Ziel zu machen.

Conrad U. Brunner, dipl. Arch. ETH/SIA, Energieplaner-Ingenieur, A+B International (Sustainable Energy Advisors), Zürich, conrad.u.brunner@energieeffizienz.ch

12 Zeitplan für die Einführung von Energieetiketten in der Schweiz 2006 (Daten: S.A.F.E. 2007)

Literatur:

- 1 Bundesamt für Energie BFE: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2006, Bern 2007.
- 2 Bundesamt für Energie BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2006, Bern 2007.
- 3 Jürg Nipkow, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E.: Stand-by. Schätzung 2007, pers. Mitteilung.
- 4 Bundesamt für Energie BFE: Die Energieperspektiven 2035, Synthese, Bern 2007.
- 5 Bundesamt für Energie BFE: Aktionsplan Energieeffizienz, Aktionsplan Erneuerbare Energien, Bern September 2007.



01



02



03



04

- 01 Multifunktionaler Verteilmast in Vietnam, 2007
 (Bild: Niklaus Spörni)
 02 Elektro-Hausanschlüsse in Vietnam, 2007
 (Bilder: Jacqueline Häusler)
 03 Städtische Stromversorgung in Vietnam, 2007
 04 «Feldanschluss» im Tessin, 2007