

Elektrische Energie im Hochbau: Quantifizierung der SIA-Empfehlung 380/4

Autor(en): **Brunner, Conrad U. / Müller, Ernst A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **115 (1997)**

Heft 6

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79201>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Conrad U. Brunner, Ernst A. Müller, Zürich

Elektrische Energie im Hochbau

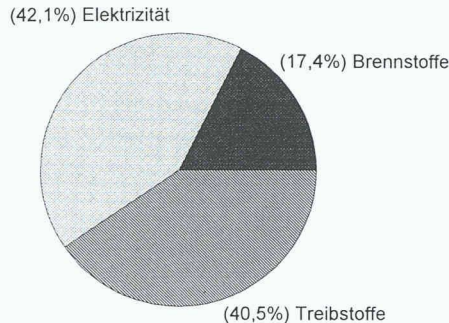
Quantifizierung der SIA-Empfehlung 380/4

Die Endverbraucher in der Schweiz geben für Elektrizität jährlich 8,5 Mia. Fr. aus, das ist mehr als doppelt soviel wie für die gesamten Brennstoffe. Mit der SIA-Empfehlung 380/4 wurde nun im Normenbereich eine weitere, grössere Lücke zur Energieoptimierung geschlossen. Wird die SIA 380/4 vollständig umgesetzt, so kann bei einer stationären Betrachtung am heutigen Gebäudebestand auf der Stufe Zielwert 2,8 TWh/a oder 6,1% des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz (Basis 1990) eingespart werden.

Zusammen mit den anderen Instrumenten mit Verbrauchsstandards im Elektrizitätsbereich - der SIA 380/1 (Elektrowärme), den Gerätestandards des Bundes gemäss Energienutzungsbeschluss und den Energierichtwerten für Abwasserreinigungsanlagen (ARA) - resultiert aus der Umsetzung inklusive der SIA-Empfehlung 380/4 ein Sparpotential von 14%. Mit diesen Einsparungen der Elektrizitätskosten von 0,9 bis 1,4 Mia. Fr. pro Jahr (bei Tarifen 1995) können die Gebäude-/Anlagebesitzer in der Schweiz zusätzlich 9-15 Mia. Fr. wirtschaftlich investieren.

Ziel, Aufgabe und Vorgehen

Parallel mit der Erarbeitung der Empfehlung SIA 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» wurde versucht, eine Quantifizierung der Energiesparwirkung vorzunehmen und dadurch in der Schlussphase deren siebenjährigen Entwicklungszeit den Geltungs- und Wirkungsbereich der Empfehlung zu optimieren. Die SIA 380/4 ist insofern neuartig, als der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) dabei das aktuelle Thema «Elektrizitätsparen» aufgriff, diverse Forschungsarbeiten



1
Energiekosten in der Schweiz (Endverbraucher-Ausgaben 1995: 20,2 Mia. Fr./a)

ten in Auftrag gab und ein relativ neues Thema in kurzer Zeit in eine griffige Planungsnorm gekleidet hat.

Die neue Empfehlung SIA 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» hat einen rationalen Einsatz elektrischer Energie zum Ziel und basiert auf zeitgemäss ausgerüsteten Bauten und Anlagen. Die Empfehlung dient als Planungshilfsmittel zur Ermittlung und Optimierung des Elektrizitätsverbrauches bei Neubauten und Sanierungen. Die SIA 380/4 ergänzt die seit 1988 bestehende Empfehlung SIA 380/1 «Energie im Hochbau», womit nun neben dem Wärmebereich auch der Elektrizitätsbereich bearbeitet wird. Dies ist um so bedeutender, weil die Ausgaben der Endverbraucher 1995 für Elektrizität von 8,5 Mia. Fr. (gemäss den offiziellen Energiestatistiken des BEW) mehr als doppelt so hoch sind wie für die Brennstoffe (3,5 Mia. Fr. für Erdöl, Gas, Kohle, Fernwärme und Holz zusammen) (Bild 1).

Die vorliegende Untersuchung wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) durchgeführt. Damit die Schlussfolgerungen aus unseren Arbeiten direkt in die SIA-Empfehlung 380/4 bzw. in das Umsetzungsprogramm einfließen konnten, wurde eine Begleitgruppe, bestehend aus Vertretern des BEW und den Präsidenten der SIA-Kommission 380/4 und dem Ravel-Programm sowie der

Aktionsgruppe Elektrizität von «Energie 2000», gebildet. Die zusätzlichen Untersuchungen führten dazu, dass die Feldüberdeckung während der Erarbeitung der SIA 380/4 beachtlich ausgeweitet, das Niveau der Grenz- und Zielwerte erhärtet und die Empfehlung an die bestehende SIA 380/1 besser angepasst, vereinheitlicht und vereinfacht werden konnten.

Für die hier vorgenommene Quantifizierung wurde aus methodischen Gründen eine statische Betrachtung der Wirkung am heutigen Gebäudebestand (d.h. eine vollständige sofortige Ausschöpfung) zugrunde gelegt. Der Begriff «Elektrizitätseinsparung» heisst, dass einzelne energetische Prozesse, Apparate und Systeme durch bessere Technik, Regelung usw. und durch bedarfsgerechteren Betrieb einen geringeren Verbrauch an elektrischer Energie haben. Reine Leistungsvermindierungen bzw. -verschiebungen oder Tarifoptimierungen sowie Substitutionen durch andere Energieträger (oder erneuerbare Energie) werden hier nicht erfasst. Die SIA 380/4 hat die entsprechenden Grenz- und Zielwerte nach statistischen Untersuchungen festgelegt, wobei gängige effiziente Produkte und ausgemessene Systeme berücksichtigt wurden. Kostensoptimale Anlagen werden dabei für die Einhaltung der Grenzwerte implizit unterstellt, aber nicht im Einzelfall untersucht.

Die Elektrizitätseinsparungen («Wirkung» bei vollständiger Umsetzung am Gebäudebestand 1990) wurden berechnet, indem der Ist-Verbrauch der betroffenen Bereiche mit der Sparquote multipliziert wurde. Zuerst wurde untersucht, welche Bereiche (Branchen, Sektoren, Verwendungszwecke, Apparate usw.) des gesamten Elektrizitätsverbrauches von der SIA 380/4 betroffen werden und wie hoch die Sparquoten in den einzelnen Bereichen sind.

In der Hochrechnung wurde nicht nur die Wirkung der SIA 380/4, sondern auch der SIA 380/1 sowie weiteren Instrumenten mit Verbrauchsstandards zur Optimierung des Elektrizitätsverbrauches eingeschlossen: Gerätestandards gemäss Energienutzungsbeschluss [4, 5] für Kühl-/Gefriergeräte, Backöfen, Waschmaschinen, TV, Drucker usw. sowie Energierichtwerte für Abwasserreinigungsanlagen (ARA) [3].

Gliederung des Schweizer Elektrizitätsverbrauches nach SIA 380/4

Die Anforderungen der SIA-Empfehlung 380/4 beziehen sich auf genau umrissene

2

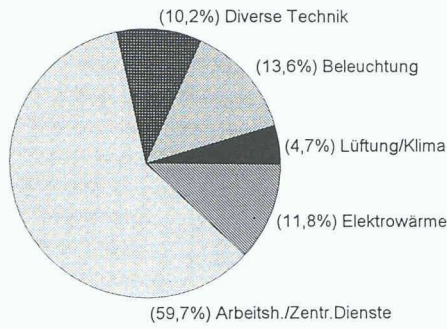
Verwendungszwecke und Einflussfelder SIA 380/4 bzw. 380/1

Haustechnik:	- Beleuchtung	(BL)	SIA 380/4
	- Lüftung/Klima	(LK)	SIA 380/4
	- Diverse Technik	(DT)	SIA 380/4
Betriebseinrichtungen:	- Arbeitshilfen	(AH)	SIA 380/4
	- Zentrale Dienste	(ZD)	SIA 380/4
Elektrowärme:	- Raumheizung	(RH)	SIA 380/1
	- Warmwasser	(WW)	SIA 380/1
	- Prozesswärme	(PW)	SIA 380/1

«Felder» (z.B. Schul- oder Büroräume) und «Verwendungszwecke» (z.B. Beleuchtung, Lüftung oder Klimatisierung) der Elektrizitätsbilanz. Der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz musste deshalb zuerst nach der Struktur der Matrix von SIA 380/4 gegliedert werden. Dies konnte - ausgehend von der Schweizerischen Elektrizitätsstatistik des BEW - gestützt auf diverse Untersuchungen [4, 5 usw.] und zu einem kleineren Teil auf eigene Schätzungen mit ausreichender Genauigkeit erreicht werden.

Der gesamte Elektrizitätsverbrauch der Schweiz lag 1990 bei 46,6 TWh/a (168 PJ/a). Vom gesamten Elektrizitätsverbrauch entfallen 36% auf die Industrie, 28% auf die Haushalte, 22% auf den Dienstleistungssektor und 14% auf Nicht-Hochbauten wie Verkehr, Wasserversorgung, Abwasserreinigungsanlagen. Innerhalb des Dienstleistungssektors im Gebäudebereich dominieren - entgegen der landläufigen Meinung - das Gastgewerbe mit den energieintensiven Restaurants und Hotels (36%) und der Verkauf (24%), während Büro (15%), Heime/Spitäler (11%), Schulen (8%) einen kleineren Anteil einnehmen.

Unter den Verwendungszwecken dominieren in der ganzen Schweiz die Betriebseinrichtungen (Arbeitshilfen/Zentrale Dienste, Bild 3). Die Haustechnik, auf welche die SIA 380/4 schwergewichtig zielt, nimmt insbesondere im Dienstleistungssektor einen grossen Anteil ein (48%); in der Industrie (28%) und im Haushalt (16%) ist der Anteil kleiner. Dafür dominiert in der Industrie der Verwendungszweck Arbeitshilfen/Zentrale Dienste (72%). Im Haushalt dominiert neben dem Verwendungszweck Arbeitshilfen/Zentrale Dienste (51%) auch die Elektrowärme für Raumheizung und Warmwasser (33%).



3
Elektrizitätsverbrauch Schweiz 1990 nach Verwendung (total 46,6 TWh/a)

13% und die Energierichtlinien für ARA 1%. Insgesamt werden mit diesen Instrumenten 36% des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz abgedeckt (Bild 4).

Mit der SIA 380/4 wird erst im Dienstleistungsbereich ein grösserer Anteil des Elektrizitätsverbrauches (48%) direkt erfasst; bei der Industrie (6%) und im Haushalt (3%) hingegen nur ein bescheidener Anteil (Bild 4). Dafür deckt die SIA 380/1 im Haushalt einen grösseren Anteil ab. Dieser Einflussbereich kann sowohl im Dienstleistungsbereich als auch im Haushalt mit der Einführung von Gerätestandards nochmals wesentlich erhöht werden. Hingegen bleibt der Deckungsanteil im Industriebereich und bei den Nicht-Hochbauten bescheiden. Dies ist vor allem

darauf zurückzuführen, dass für die Bereiche Arbeitshilfen/Zentrale Dienste und Diverse Technik bisher in der Schweiz noch keine spezifischen Instrumente geschaffen wurden. Hier Lösungen zu finden ist um so bedeutender, da dieser Bereich alleine in der Industrie 25% des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz umfasst.

Der grösste Einfluss wird mit der SIA 380/4 bei Beleuchtung und Lüftung/Klima erreicht; der Einfluss der SIA 380/1 ist bei der Elektrowärme noch grösser. Der geringe Abdeckungsgrad der beiden Empfehlungen des SIA bei den Betriebseinrichtungen wird durch die Gerätestandards (ENB/ENV) verbessert werden (Bild 4).

Einsparquoten

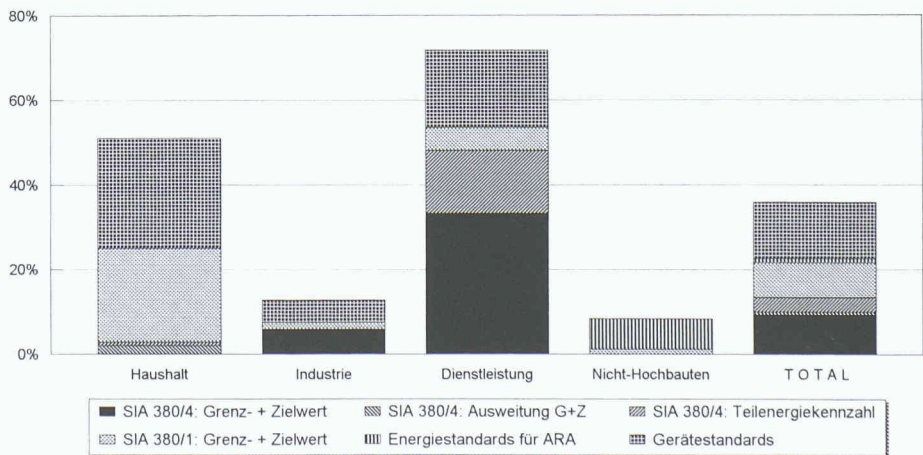
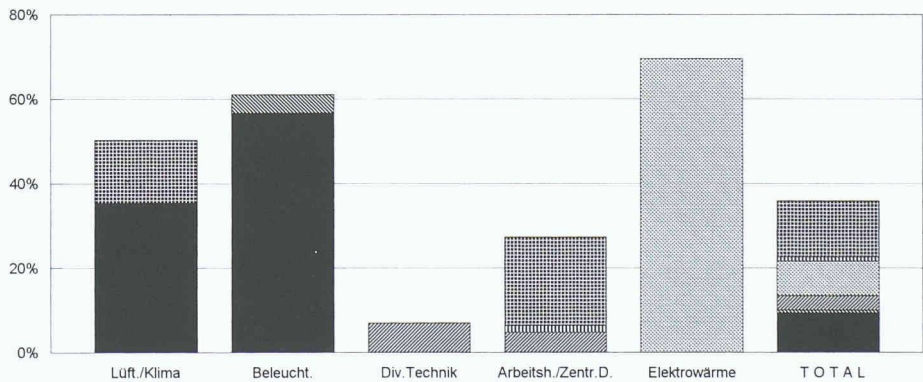
Die Sparquoten beziehen sich auf die direkt betroffenen Elektrizitätsverbraucher, bei vollständiger Umsetzung der Anforderungen. Die Sparquoten werden bestimmt durch die Differenz der geforderten Grenzbzw. Zielwerte in bezug zu den heutigen Ausgangswerten. Diese Ist-Werte wurden durch statistische Auswertungen in einer Untersuchung von Intep, Cimrez und SIA geliefert, welche im Rahmen ihrer Studie «Anwendung der SIA 380/4» im Auftrag des BEW [1] insgesamt 82 verschiedene

Einflussfelder

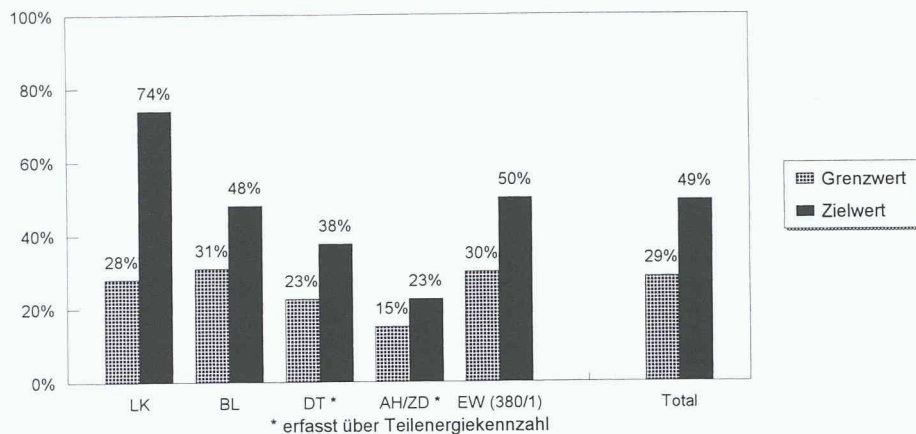
Die SIA-Empfehlung 380/4 übt auf drei Arten eine unterschiedlich intensive Wirkung aus:

- Grenz- und Zielwerte für genau definierte Felder
- Anwendung dieser Grenz- und Zielwerte in anderen, ähnlichen Feldern
- Teilenergiekennzahlen mit Grenz- und Zielwert.

Mit der SIA-Empfehlung 380/4 werden über diese drei Anforderungen 13,5% des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz direkt beeinflusst. Die SIA 380/1 deckt weitere 8% ab, die Gerätestandards

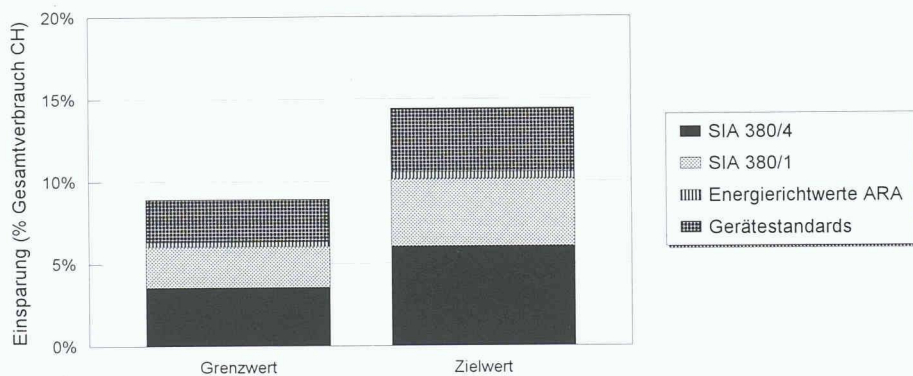


4
Deckungsanteil nach Sektoren und Verwendungszweck



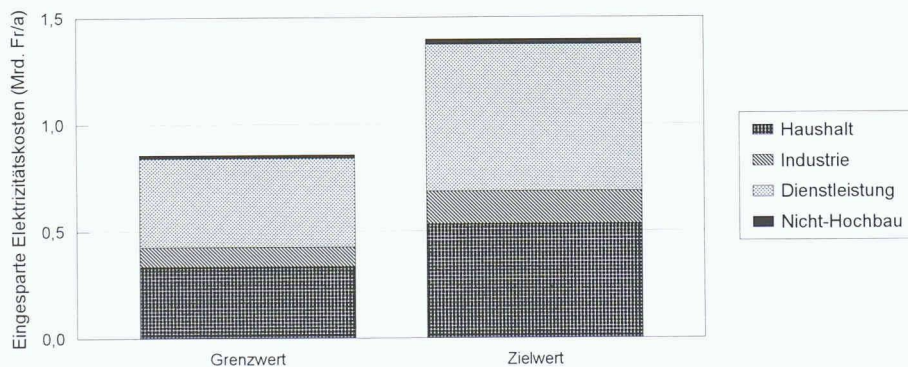
5

Sparquoten nach Verwendung (Gebäudebestand Schweiz 1990)



6

Elektrizitätseinsparungen mit der SIA 380/4 und andern Verbrauchsstandards in der Schweiz (100% = 46,6 TWh/a)



7

Potential Kosteneinsparungen (stationäre Betrachtung)

Objekte aus der Schweiz untersucht und den Energieverbrauch entsprechend der SIA-380/4-Matrix gegliedert haben.

Die höchsten Sparquoten werden bei Lüftung/Klima (LK) erzielt, die niedrigsten bei Arbeitshilfen/Zentrale Dienste (AH/ZD). Die Sparquote liegt im Mittel bei den betroffenen Feldern mit dem Zielwert bei 49% und beim Grenzwert bei 29% (Bild 5). Mit der Anwendung der SIA 380/4 kann also in ihrem direkten Wirkungsbereich mit dem Zielwert der betreffende Elektrizitätsverbrauch ungefähr halbiert werden.

Hochrechnung Elektrizitätseinsparungen Schweiz

Durch die direkte Wirkung der SIA 380/4 wird - bei einer stationären Betrachtung am heutigen Gebäudebestand bei vollständiger Umsetzung - auf Stufe Zielwert 6,1% des gesamten Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz (Stand 1990) eingespart. Mit den Grenzwerten wird rund ein Drittel weniger eingespart (Bild 6). Den grössten Teil zu diesen Einsparungen tragen die Massnahmen bei der Beleuchtung (Anteil von 65%) bei, die Massnahmen bei

Lüftung/Klima 20% und die Teilenergiekennzahlen im Bereich Diverse Technik und Arbeitshilfen/Zentrale Dienste lediglich noch 15%. Ein nochmals etwa gleich grosser Beitrag wie bei der Beleuchtung kann zusätzlich bei der Elektrowärme durch die SIA 380/1 erzielt werden.

Die SIA 380/4 liefert im Dienstleistungssektor einen grösseren Sparbeitrag, im Industriebereich erst einen kleineren. Dafür leistet im Haushalt die SIA 380/1 einen grösseren Sparbeitrag.

Zukünftige Umsetzung in Praxis

Die effektive Umsetzung in der Praxis mit einer privaten Verbandsnorm, sogenanntes «Soft law», ist schwierig abzuschätzen, da keine direkte hoheitliche und polizeirechtlich abgedeckte Vollzugswirkung staatlicher Organe besteht. Eine umfassende Umsetzung kann nur in Bewegung gesetzt werden, wenn die wirklichen Entscheidungsträger auf allen Ebenen - also Planer und Bauherren sowie Installateure und Apparateproduzenten - das neue Fachwissen aufnehmen und die Methode beziehungsweise den Optimierungsprozess mit den vorgegebenen spezifischen Verbrauchsanforderungen aus Einsicht freiwillig nach einer Anpassungszeit einhalten.

In der realen Umsetzung dauern derartige Anpassungsprozesse alleine aus technischen Gründen mehrere Jahre oder Jahrzehnte, je nach der Nutzungsdauer der zu verbessernden Geräte. Im Bereich des elektrischen Verbrauches sind einerseits Haustechnikinstallationen (Beleuchtung, Lüftung, Klima, Transportmittel, Pumpen usw.) betroffen, die eine technische Nutzungsdauer von 10 bis 20 Jahren aufweisen. Andererseits sind Arbeitshilfen bei Büro- und Haushaltgeräten usw. betroffen, die häufig eine Nutzungsdauer von 5 bis 10 Jahren aufweisen. Damit ist eine generelle Abschätzung des Zeitbedarfes durch die «natürliche» Erneuerung des Geräte- und Anlagenbestandes innert insgesamt etwa 15 Jahren gegeben. Wenn neue, energetisch bessere Geräte unter wirtschaftlich günstigen Voraussetzungen (Verzinsung der Mehrkosten und Amortisation durch heutige Tarife in kürzerer Zeit als die Nutzungsdauer) eingesetzt werden können, kann von geringen Transaktionskosten und damit von hohen Realisierungschancen ausgegangen werden. Voraussetzung ist allerdings, dass allen betroffenen Entscheidungsträgern inklusive den Investoren die notwendigen Informationen in der entsprechenden Form nahegebracht werden können. In diesem optimalen Falle (der heute noch nicht vorhanden ist) wird

der effektive Vollzug nicht wesentlich länger als die Umsetzung des Bestandes infolge «natürlicher» Erneuerung geschehen. Andererseits werden durch die technische Entwicklung laufend neue Produkte auf den Markt gebracht, die bisherige Energiedienstleistungen mit einem besseren Kosten/Nutzen-Verhältnis erbringen. Somit ist die «Wartezeit» für die vollständige Umsetzung von freiwilligen Massnahmen durch den Markt immer länger als erhofft, die Sparquoten sind aber auf diesem dynamischen Weg u.U. höher als mit heutiger Technologie geschätzt. Gesetzgeberische Massnahmen (Labeling, Verbrauchsstandards, Produktedeklaration usw.) oder andere wirksame Umsetzungsmassnahmen mit freiwilligem Charakter (Contracting, umfassende aktive Beratung usw.) dienen aber immer zur Umsetzungsbeschleunigung, weil sie eine der grossen Barrieren senken: die Lerngeschwindigkeit aller beteiligter Akteure.

Schlussfolgerungen

Mit den heute verfügbaren Instrumenten mit Verbrauchsstandards, den SIA-Empfehlungen 380/4 und 380/1, den Energieerichtwerten bei ARA und den Gerätestandards im Energienutzungsbeschluss und dessen Anhängen kann der gesamte Elektrizitätsverbrauch der heutigen Verbraucher in der Schweiz je nach Strenge der Anforderungen (Grenz- oder Zielwerte) um

9-14% reduziert werden (Bild 6). Mit diesen Elektrizitätseinsparungen können die Konsumenten in der Schweiz bei heutigen Tarifen (1995) jährliche Kosten von 0,9-1,4 Mia. Fr. einsparen (Bild 7). Dafür können die Gebäude-/Anlagebesitzer zusätzlich 9-15 Mia. Fr. in der Schweiz sinnvoll investieren, d.h., diese Mehraufwendungen auch amortisieren und verzinsen.

Es stellt sich nun vielmehr die Aufgabe, wie dieses beachtliche Sparpotential umgesetzt werden kann. Neben Umsetzungshilfen, EDV-Programmen und -Datenbanken, Ausbildungsprogrammen und Beispielen sind naturgemäss auch ökonomische Anreize (Energieabgabe: Beispiel Energie- und Umweltinitiative) oder gesetzliche Anforderungen (ENB) zielführend. Dazu sind Bund, Kanton und Fachverbände sowie die Ingenieure und Bauherren gefordert. Zusätzlich bilden Produkteinnovationen (Beispiel neue Lampengeneration mit 16-mm-FL-Röhren und EVG) einen starken Anreiz, das brachliegende wirtschaftliche Sparpotential tatsächlich zu nutzen.

Adresse der Verfasser:
 Conrad U. Brunner, CUB, und Ernst A. Müller, eam, Lindenhofstrasse 15, 8001 Zürich

Zuschriften

Vom Briefpapier zum Städtebau

Zum Beitrag in SI+A 51/52,
 12. 12. 1996

Im erwähnten Artikel ergeht sich der SBB-Chefarchitekt Uli Huber auf sechs Seiten über die Firmenkultur der Bundesbahnen bezüglich visueller Kommunikation, Industrial Design, Architektur, Städtebau und Kunst.

Als Musterbeispiel von Bahnhofarchitektur erwähnt er u.a. den Zürcher Hauptbahnhof, dessen schöne Wannersche Haupthalle auch abgebildet ist. Schamhaft verschweigt Kollega Huber jedoch die Verunstaltung eben dieses Gebäudes durch den neuen Nordtrakt. Im «Werk, Bauen+Wohnen» beschreibt André Bideau im bemerkenswerten Aufsatz «Die Weichen falsch gestellt» die Entstehungsgeschichte dieses Monstrums. Daraus folgendes: «Der mit einer siebenjährigen Verspätung fertiggestellte Nordtrakt ist ein Gebäude, das es gar nicht geben dürfte - nicht seiner erstaunlichen Hässlichkeit wegen, sondern aus den simplen Gründen der Versprechen, die seine Bauherrschaft 1981 abgeben hat. (...)»

Gemeint ist die Aussage während der zweiten S-Bahn-Abstimmung, dass «kein Baum und kein Haus» dem geplanten Jahrhundertbauwerk weichen müsse, nicht einmal beim HB, wo ein unterirdischer Durchgangsbahnhof vorgesehen war. Die Sandsteinfassade des alten Nordosttraktes wurde im Zuge der Tiefbauarbeiten beim Zürcher Hauptbahnhof Stein um Stein abgetragen und eingelagert. Zwei Jahre spä-



Der neue Nordtrakt des Zürcher Hauptbahnhofs

ter begannen die SBB, einen neuen Nordtrakt zu projektieren anstelle einer - ohnehin zweifelhaften - Fassadenrekonstruktion des Altbaues. Nach endlosem Gerangel zwischen den Behörden der Stadt, des Kantons und des Heimatschutzes lehnte der Bundesrat 1990 in letzter Instanz einen Rekurs ab - der Baubeginn konnte erfolgen.

Und die NZZ konstatierte am Eröffnungstage des Neubaus: «(...) Deshalb ist es bedauerlich, dass die SBB mit ihrem eigennützigen, sturen und unprofessionellen Vorgehen bei der Planung des neuen Nordtraktes für einen architektonischen und städtebaulichen Tiefpunkt auf der Bahnhofnordseite gesorgt haben. (...)»

Dem ist eigentlich nichts mehr beizufügen, wenn nicht zu bedenken wäre, welche architektonische Qualität vom geplanten «Eurogate» - vom gleichen Architekten konzipiert - zu erwarten sein dürfte...

Gunmar Jauch, Zürich

Literatur

[1]

Hänger M. (SIA), Gasser S. (Cimrez), Gugerli H., Füglistner E., Kunz M. (Intep): Elektrische Energie im Hochbau. Leitfaden für die Anwendung der SIA 380/4. Zürich, 1995

[2]

Gasser St. und Lang R.: SIA 380/4 - elektrische Energie im Hochbau. Beitrag in SI+A 51/52 1995, Zürich, 1995

[3]

Müller E.A., Thommen R., Stähli P.: Handbuch Energie in ARA. Im Auftrag BEW, Buwal, BfK Zürich, Bern, Basel, 1994

[4]

Hofler P. (Prognos): Perspektiven des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte, zum Gesamtvorhaben «Energieperspektiven» des BEW. Basel, 1996

[5]

Bundesamt für Energiewirtschaft: Merkblätter Verbrauchszielwerte: für Haushaltgeräte; für Büro- und Fernsehgeräte sowie Videorecorder; für Kühl- und Gefriergeräte; 26°C für EDV-Räume - eine Temperatur ohne Risiko. Bern, 1995

[6]

Mutzner J. (VSE): Die Stromversorgung der Schweiz, Entwicklung und Struktur. In Bulletin SEV/VSE 12/1995.