

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 110 (1992)
Heft: 49

Artikel: Energieplanung der Stadt Zürich: Grundlagen und Handlungsspielraum
Autor: Lenzlinger, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77997>

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: 23.02.2026

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

ca. 100 Stromverteilern betreffen. Weiterhin soll die Preistransparenz im Elektrizitätsgeschäft durch Entflechtung (Unbundling) von «vertikal» integrierten Elektrizitätsgesellschaften erhöht werden. Dies bedeutet, dass Unternehmen die in der Produktion, dem Transport und der Verteilung von elektrischer Energie tätig sind, diese Bereiche in separate Management- und Rechnungseinheiten aufzuteilen haben.

Ob die hohe Versorgungsqualität angesichts dieser Entwicklungen aufrechterhalten werden kann und sich für den einzelnen Verbraucher langfristig tatsächlich zusätzliche Vorteile ergeben werden, ist gegenwärtig unsicher. Die Elektrizität weist infolge der Leitungsbundenheit und Nichtspeicherbarkeit erhebliche Besonderheiten im Vergleich zu anderen Handelsgütern auf. Darüber hinaus hat sich das seit den 50er Jahren bestehende westeuropäische Stromverbundsystem ohne überstaatlichen Dirigismus bestens bewährt.

Heute existiert zwischen den Verbundunternehmen von 12 europäischen Ländern im Rahmen der UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité) ein reger Stromaustausch (Bild 4). Er basiert auf der Eigenverantwortung jedes einzelnen Partners für sein Versorgungsgebiet und hat bisher die Hauptaufgaben, elektrische Energie über die Grenzen hinweg bestmöglich auszunutzen und durch gegenseitige Hilfe in Störungsfällen die Versorgungssicherheit zu erhöhen, voll erfüllt. Der internationale Stromaustausch hat unter diesen Randbedingungen in den letzten 40 Jahren nicht nur einen bedeutsamen Aufschwung erlebt, sondern bereits heute zu einem weitgehend liberalisierten und auf Verbundebene marktwirtschaftlichen Stromhandel geführt.

Das Prinzip der eigenen Verantwortlichkeit jedes Landes für seine Stromversorgung und jedes Elektrizitätswerkes für sein Versorgungsgebiet wird

SIA/GII Regionalgruppe Zürich

Leicht überarbeitete Fassung des Referates, gehalten anlässlich des 22. Weiterbildungskurses «Probleme unserer künftigen Energieversorgung», Vortragsabend 13. Februar 1992.

auch in Zukunft von grösster Bedeutung sein. Viele Probleme und offene Fragen in den einzelnen Ländern wären gelöst, wenn in genügendem Masse eigene Produktions- und Übertragungsanlagen unter bestmöglicher Wahrnehmung des Umweltschutzes verfügbar wären. Dies wird auch weiterhin für die Schweiz gelten, wenn sie die ihr aus der geographischen Lage und der Wirtschaftskraft erwachsende Rolle innerhalb Europas weiter spielen möchte.

Adresse der Verfasser: *Marc Légeret, dipl. El. Ing. ETH, Direktor der Aare-Tessin AG für Elektrizität (ATEL), Bahnhofquai 12, 4600 Olten, und Thomas Tillwicks, Dipl.-Ing., Aare-Tessin AG für Elektrizität (ATEL), Bahnhofquai 12, 4600 Olten.*

Energieplanung der Stadt Zürich

Grundlagen und Handlungsspielraum

Zur laufenden Energieplanung der Stadt Zürich gehören Untersuchungen über die Tendentwicklung des Energieverbrauchs, die möglichen Massnahmen zur Wärmeeinsparung, die langfristige Sicherstellung der Stromversorgung, das Potential an erneuerbaren Ressourcen sowie der Energieverbrauch im Verkehr. Die Resultate entsprechender Studien – hier kurz dargestellt – werden nachfolgend zu einem Gesamtbild für die Stadt zusammengefasst. Dieses wird einerseits für den Trend und andererseits bei voller Ausschöpfung der Spar- und Substitutionsmöglichkeiten dargestellt. Je nach politischem Willen für eine aktive Energiepolitik bei Bund, Kanton und Stadt, wird die tatsächliche Entwicklung näher bei der einen oder bei der andern dieser Extremvarianten liegen.

Ungestörte Entwicklung des Energieverbrauchs in Gebäuden

Unter «ungestörter Entwicklung» verstehen wir eine Fortsetzung der heute erkennbaren Tendenzen beim Energie-

VON MARTIN LENZLINGER,
ZÜRICH

verbrauch in Gebäuden, eine Stadtentwicklung ohne wesentliche Störungen und das Ausbleiben unerwarteter Energiepreisentwicklungen. Dabei wird

auch vorausgesetzt, dass gegenüber dem Stand 1988 keine zusätzlichen behördlichen Eingriffe den Energieverbrauch beeinflussen. Der Energieverbrauch in Gebäuden wurde in dieser Studie [1] abgeschätzt, indem Energiekennzahlen mit Energiebezugsflächen multipliziert wurden. Dabei mussten einerseits Annahmen über die Energiekennzahlen, differenziert nach Verwendungszweck und Verbrauchssektoren, und andererseits Annahmen über die Entwicklung der Bruttogeschoßflächen getroffen werden. Bei den Energiekennzahlen konnte man sich dabei auf die Werte heutiger Neu- und Um-

bauten und auf die Grenz- und Zielwerte der SIA-Empfehlung 380/1 stützen. Die Umbautätigkeit wurde mit einem bezüglich Umbauintensität und -zeitpunkt differenzierten Modell berücksichtigt. Bei der Entwicklung der Bruttogeschoßflächen stützten wir uns auf Angaben des Stadtplanungs- und des Hochbauamtes.

Die wesentlichsten Resultate dieser Studie sind in den Bildern 1 und 2 aufgezeigt. Auffallend ist, dass der Wärmeverbrauch, insbesondere derjenige für Raumwärme, in Zukunft abnehmen wird. Die Auswirkungen der Energiesparmassnahmen bei Neu- und Umbauten erweisen sich als stärker als die Zunahme der Bruttogeschoßfläche (angenommene Zunahme zwischen 1990 und 2010: 12.5%). Stark zunehmend sind die Elektrizitätsanwendungen für stationäre Motoren, Licht und Kommunikation. Die leichte Zunahme des Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden beruht auf einer starken Zunahme bei den Dienstleistungen und leichten Abnahmen beim Wohnen und der Industrie.

Massnahmen zur Wärmeeinsparung

Aufbauend auf dem für die ungestörte Entwicklung verwendeten Modell wurde in dieser Studie [2] untersucht,

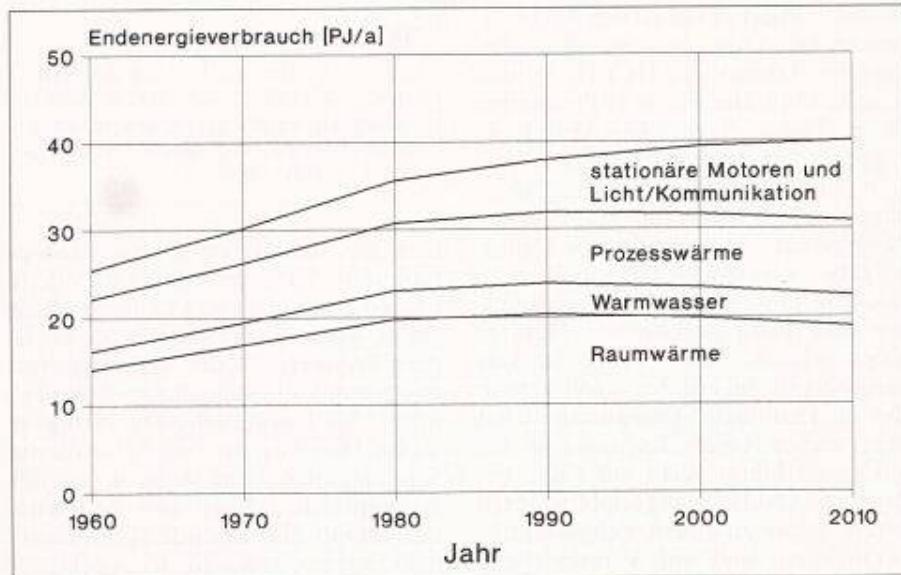


Bild 1. Gesamter Endenergieverbrauch der Stadt Zürich in Gebäuden nach Verwendungszwecken.

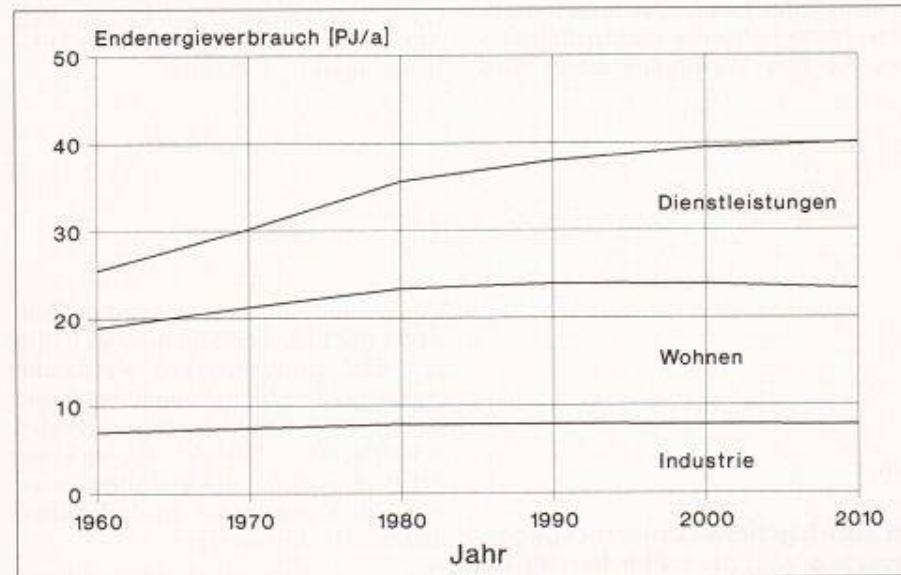


Bild 2. Gesamter Endenergieverbrauch der Stadt Zürich in Gebäuden nach Sektoren.

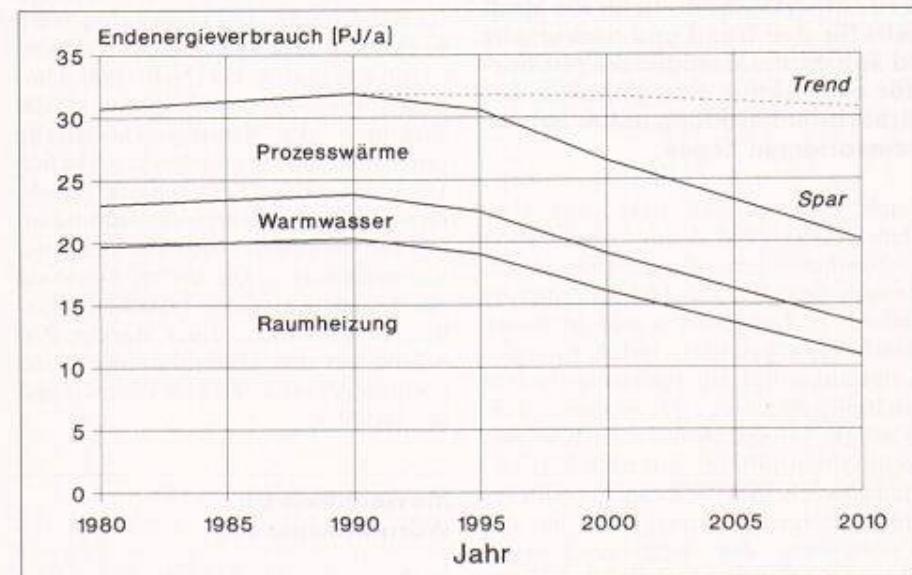


Bild 3. Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumheizung, Warmwasser und Prozesswärme mit Massnahmen zur Wärmeeinsparung

mit welchen staatlichen Instrumenten zusätzlich Wärmeenergie eingespart werden kann. Aus einem langen Katalog von möglichen Massnahmen wurde eine bereinigte Liste von 23 Instrumenten herausgeschält, die das beste Verhältnis von Aufwand und Wirkung zeigen und mit einem möglichst bescheidenen Vollzugsaufwand das anvisierte Ziel möglichst gut erreichen. Die vorgeschlagenen Massnahmen betreffen die Stadt Zürich selber, insbesondere die städtischen Energieversorgungsunternehmen. Ferner wurden Wünsche der Stadt an den Kanton Zürich zur Verbesserung des energetischen Instrumentariums im Energie- sowie im Planungs- und Baugesetz formuliert. Nur wenige Bundesmassnahmen sind untersucht worden, da grundlegende Massnahmen wie Energiesteuer oder CO₂-Abgabe nicht in den Aufgabenbereich dieser Studie fielen.

Mit den vorgeschlagenen 23 Massnahmen kann der Wärmeenergieverbrauch gegenüber der ungestörten Entwicklung bis im Jahr 2020 um 39% gesenkt werden (Bild 3). Den grössten Sparbeitrag liefern die Einführung einer Sanierungspflicht bei bestehenden Bauten, die Verschärfung der energetischen Anforderungen an Neu- und Umbauten sowie die verbrauchsabhängige Wärmekekostenabrechnung für bestehende Bauten. Die beiden letzteren Instrumente sind in der Zwischenzeit vom Regierungsrat eingeführt bzw. dem Kantonsrat vorgeschlagen worden. Die auf kantonaler Ebene zu realisierenden Instrumente machen zusammen 57% des gesamten Sparerfolgs aus. Der Beitrag, den die Stadt Zürich in eigener Kompetenz liefern kann, liegt in der Verstärkung der Sanierung der stadtteiligen Bauten, in der offensiven Beratung bei allen Energieversorgungsunternehmen und im Baubewilligungsverfahren, in der Tarifoptimierung bei den Werken und in Investitionsbeiträgen für Energiesparmassnahmen.

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen wird in der Stadt Zürich ein zusätzliches Investitionsvolumen von 2,3 Mia Franken ausgelöst. Die geforderten Energiesparmassnahmen sind bei einem angenommenen Ölpreis von Fr. 55.–/100 kg im Durchschnitt wirtschaftlich, d.h. die Kosteneinsparungen durch die Reduktion des Energieverbrauchs überwiegen den gesamten Aufwand für die Kapitalkosten der Investitionen sowie die zusätzlichen Unterhaltskosten. Mit dem vorgeschlagenen Programm wird also verhindert, dass eine unwirtschaftliche Situation beibehalten wird. Das Sparprogramm erfordert von der Stadt für den Vollzug und für die Investitionsbeiträge anfänglich zusätzliche jährliche Ausgaben von 12 Mio.

Franken, die in rd. 20 Jahren auf 4 Mio. Franken absinken.

Stromsparpolitik und Sicherstellung der Stromversorgung

Im Anschluss an das Reaktorunglück in Tschernobyl hat das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich zwei parallele Untersuchungen über eine intensivierte Stromsparpolitik [3] bzw. über geeignete Massnahmen für die langfristige Sicherstellung der Stromversorgung der Stadt Zürich [4] in Auftrag gegeben. Dabei hat sich das Verfahren, zwei Ingenieurbüros mit ähnlichen Untersuchungen zu beauftragen und den gegenseitigen Informationsaustausch organisatorisch sicherzustellen, als sehr fruchtbar erwiesen. Ausgehend von einer vorgegebenen, nach Verwendungszweck und Verbrauchssektor detaillierten Referenzprognose wurde in beiden Studien untersucht, wie gross die technisch-wirtschaftlichen Sparpotentiale sind und mit welchen Instrumenten diese ausgeschöpft werden können.

Die Resultate sind in Bild 4 festgehalten: Das Büro Infras errechnet ein *technisches Sparpotential* von 32 oder 51%, je nachdem ob nur heutige Technik oder auch der technische Fortschritt bis 2010 berücksichtigt wird. Infras nimmt an, dass mit den vorgeschlagenen Instrumenten ein Sparpotential von 29% ausgeschöpft werden kann. Mit einem auf einen Ausstieg aus der Atomenergie ausgerichteten Massnahmenbündel könnte sogar ein Sparpotential von 38% erreicht werden.

Das andere Büro, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, schätzt auf Grund einer restriktiveren Auslegung des technischen Sparpotentials ein bedeutend kleineres Potential von 17%, das aber fast vollständig ausgeschöpft werden soll. Beide Büros nehmen ähnliche Massnahmen an: neue Tarifpolitik, finanzielle Förderungsmassnahmen, Information und Beratung, Vorschriften für Klimaanlagen, Aussenheizungen etc. und das Setzen von Verbrauchsgrenzwerten. Der Bedarf im Jahr 2010 unterscheidet sich bei den beiden Studien schliesslich um 16%. Der Unterschied röhrt vor allem daher, dass EWI die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Massnahmen viel pessimistischer einschätzt. Die von den beiden Büros vorgeschlagenen Massnahmen wurden in der Zwischenzeit vom EWZ weitgehend realisiert.

Ebenfalls untersucht wurde das Potential für Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen. Infras rechnet mit einem technischen Potential von 1400 GWh, wovon aber nur 600 GWh bis ins Jahr 2010

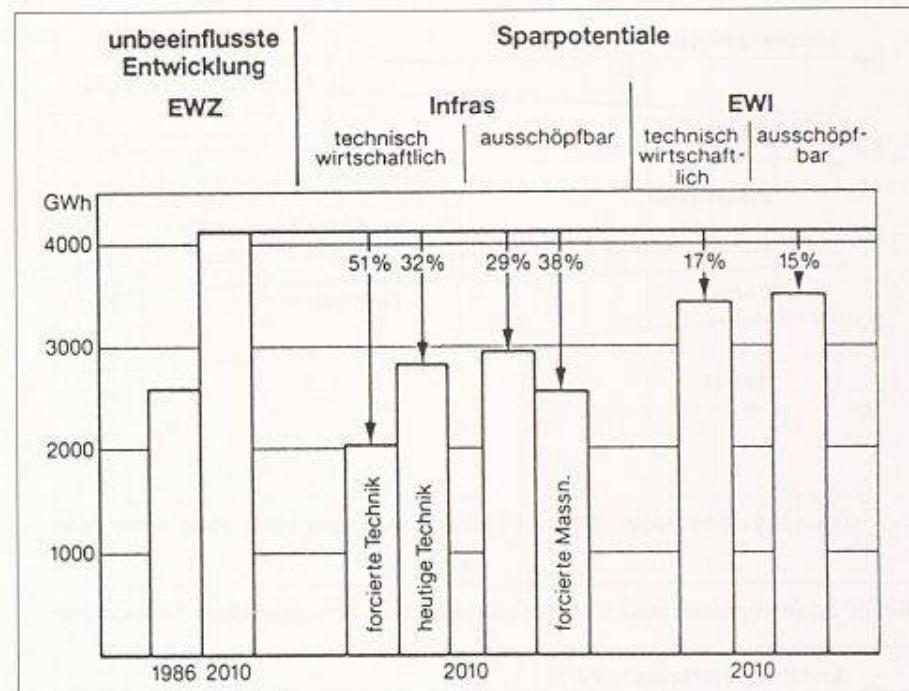


Bild 4. Stromverbrauch in der Stadt Zürich, Referenzentwicklung und Sparpolitik

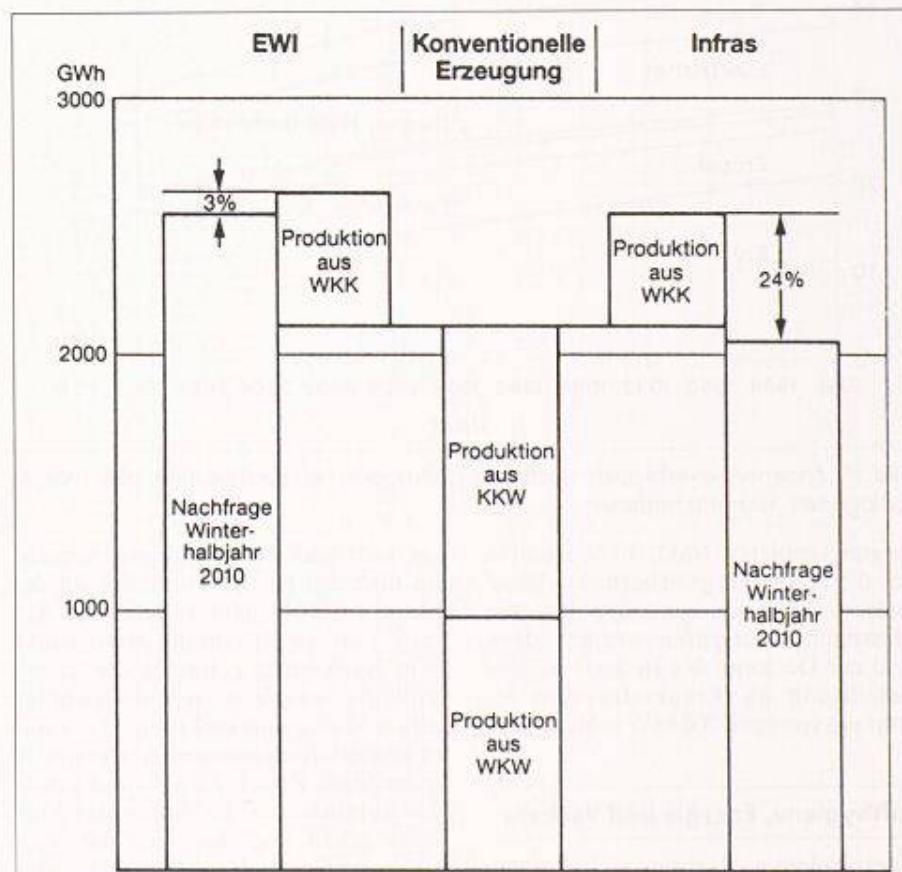


Bild 5. Stromproduktion und Nachfrage 2010 (im Winterhalbjahr)

realisierbar sind, 450 GWh davon im Winterhalbjahr. EWI nimmt ein technisches Potential von 816 GWh an, von dem bis zum Jahr 2010 561 GWh (504 GWh im Winterhalbjahr) realisierbar sind. Für die Deckung des Strombedarfs im massgeblichen Winterhalbjahr ergibt sich schliesslich das Bild 5: Wenn zu

den bestehenden, konventionellen Produktionsmöglichkeiten (Wasser- und Kernkraftwerke) die ausschöpfbaren Wärme-Kraft-Kopplungspotentiale hinzugezählt werden, dann übersteigen bei beiden Büros die Produktionsmöglichkeiten den Bedarf in der Stadt Zürich und in den bündnerischen Ver-

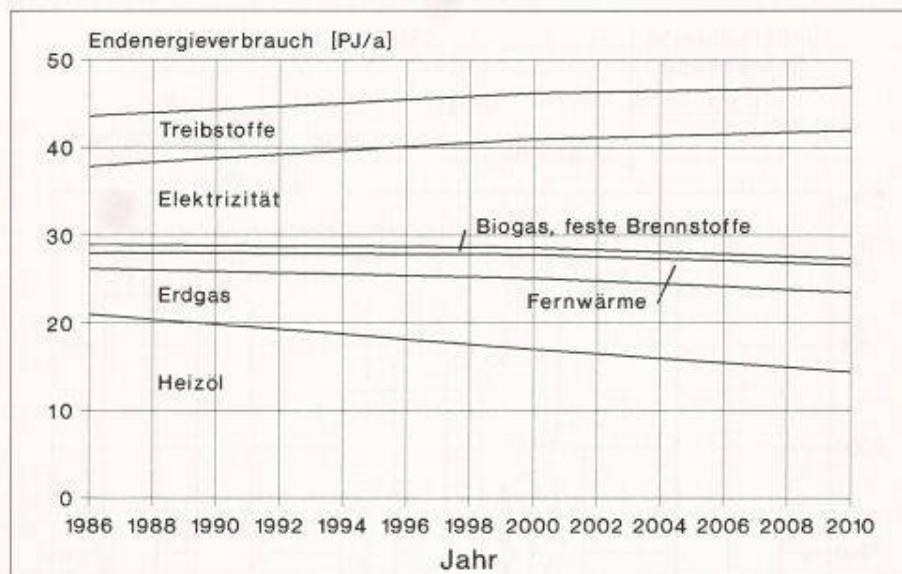


Bild 6. Endenergieverbrauch nach Energieträgern bei ungestörter Entwicklung

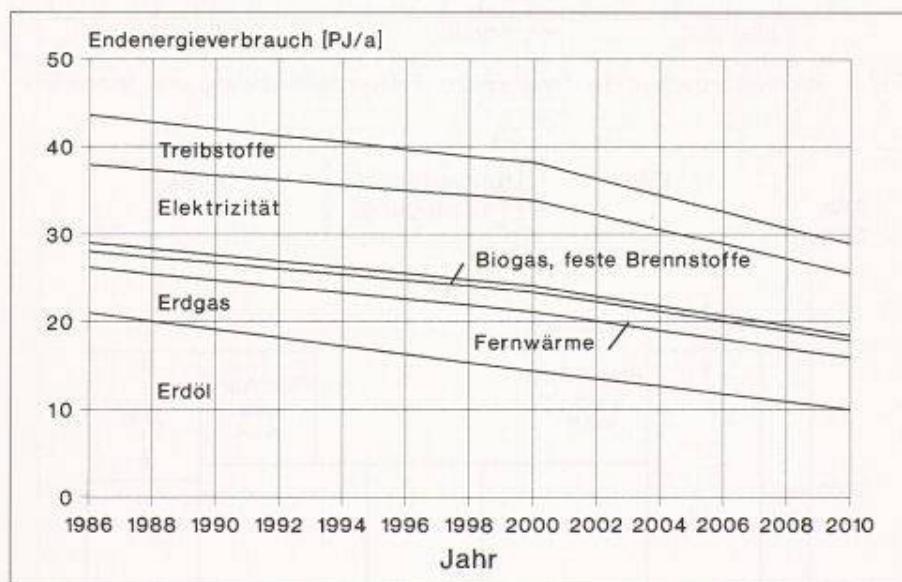


Bild 7. Endenergieverbrauch nach Energieträgern bei Realisierung aller vorgeschlagenen Sparmassnahmen

sorgungsgebieten (inkl. 13% Reserve für die Versorgungssicherheit). Wenn anderseits keine energiepolitischen Massnahmen ergriffen werden, dann sind zur Deckung des Bedarfs weitere Beteiligung an Kernkraftwerken im Umfang von rund 200 MW erforderlich.

Lufthygiene, Energie und Verkehr

Energieplanung darf sich nicht auf den Energieverbrauch in Gebäuden beschränken, sondern muss auch den nicht unbeträchtlichen Anteil der Verkehrsenergie berücksichtigen. Daher wurde auch eine Studie über die Energie im Verkehr und die entsprechenden Sparmöglichkeiten [5] in Auftrag gegeben. Diese Untersuchung hat sich aber unter dem Druck der übermässigen Umweltbelastung bald selbstständig gemacht, indem die Reduktion der Verkehrsemissionen in den Vordergrund zu ste-

hen kam und die Energieproblematik nur noch am Rande bearbeitet wurde. Als erste Lufthygienestudie dieser Art hat sie grosse Bedeutung erlangt und viele Nachahmer gefunden; als Energieplanungsstudie ist sie leider nicht im selben Masse aussagekräftig. Es kann ihr immerhin entnommen werden, dass in der Stadt Zürich rd. 14% des Energieverbrauchs auf das Konto des Verkehrs gehen und dass sich die Verkehrsenergie auch ohne zusätzliche Massnahmen bis im Jahr 2010 voraussichtlich um rund 11% reduzieren wird, da der Energieverbrauch pro Fahrzeug-Kilometer stärker zurückgeht als die Fahrleistung zunimmt. Dabei ist zu betonen, dass sowohl der Anteil der Verkehrsenergie am Gesamtverbrauch, wie auch die zukünftige Entwicklung sich auf das Zentrum einer Agglomeration beziehen und damit nicht repräsentativ für die ganze Agglomeration oder die ganze Schweiz sein können. Neben den

Emissionsreduktionsstrategien wurden die Massnahmen zur Energieeinsparung im Verkehr nicht gesondert untersucht. Es kann aber angenommen werden, dass mit den aus lufthygienischen Gründen vorgeschlagenen, verkehrsbeschränkenden Massnahmen und durch das Setzen von Verbrauchsgrenzwerten zusätzliche Energieeinsparungen von 25 bis 30% erreicht werden können.

Ressourcenpotential erneuerbarer Energien

Im Rahmen einer weiteren Untersuchung wurde das ausnutzbare Potential an erneuerbaren Energien auf dem Gebiet der Stadt Zürich abgeschätzt. Ausgehend von einem theoretischen Ressourcenpotential wurde das technische Nutzungspotential und schliesslich das wirtschaftlich nutzbare Potential berechnet.

Das gesamte Ressourcenpotential beträgt rund 50 PJ/a. Es ist also um ungefähr 25% grösser als der gesamte Endenergieverbrauch. Den grössten Anteil liefert mit 14 PJ/a die Geothermie, wobei hier allerdings der nur schwer nutzbare Anteil aus den «hot dry rocks» bei weitem überwiegt. Theoretisch unendlich gross ist das Potential der Umgebungsluft, da alle Nutzenergie letztlich wieder als Abwärme an die Umgebung abgegeben wird. Auf Grund der maximal installierbaren Wärmepumpenleistung ist diesem Potential eine Grenze gesetzt, welche bei rund 11 PJ/a, liegt. Als weitere grosse Potentiale folgen die Wärme aus den Oberflächengewässern vor allem aus dem Zürichsee, wobei der Anteil der Stadt mit der Hälfte, d.h. mit 7 PJ/a angenommen wird. Wenn für die aktive Sonnenenergienutzung die Fläche aller südlich orientierten Schrägdächer und aller freien Flächen von Flachdächern (etwa ein Fünftel der gesamten Gebäudegrundfläche) eingesetzt wird, ergibt sich ein Potential von 8 PJ/a. Aus dem Abwasser kann maximal 4.5 PJ/a und aus dem Kehricht 3.2 PJ/a gewonnen werden. Verglichen mit dem städtischen Energiebedarf von rund 40 PJ/a und im Verhältnis zu den bereits aufgezählten Ressourcen ist das Potential von Biomasse, Windenergie und die Abwärme von Grossenergiebezügen unbedeutend. Dabei muss betont werden, dass sich diese Aussage auf das Gebiet der Stadt Zürich bezieht. In ländlichen Gebieten können die Verhältnisse ganz anders liegen.

Beim *technischen* Nutzungspotential wird berücksichtigt, ob die für die Nutzbarmachung notwendige Technologie in den nächsten 20 Jahren voraussichtlich zur Verfügung steht und inwiefern

| 1986 | Total | Heizöl | Erdgas | Fernw. | Biogas f. Brenn | Elektr. | Treibst. | Wohngebäude | DL-gebäude | Industrie | Betriebe | Privatverkehr |
|---------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Total | 43.6 | 21.0 | 5.2 | 1.8 | 0.97 | 8.9 | 5.7 | 15.8 | 13.5 | 7.7 | 0.96 | 5.6 |
| Raumheizung | 20.1 | 14.2 | 3.6 | 1.2 | 0.77 | 0.28 | - | 11.5 | 7.1 | 1.5 | - | - |
| Warmwasser | 3.5 | 1.8 | 0.46 | 0.15 | - | 1.0 | - | 2.2 | 0.90 | 0.39 | - | - |
| Prozesswärme | 7.9 | 5.0 | 1.1 | 0.44 | 0.20 | 1.2 | - | 1.1 | 1.7 | 4.8 | 0.20 | - |
| stat. Motoren | 3.3 | - | - | - | - | 3.3 | - | 0.65 | 1.5 | 0.82 | 0.29 | - |
| Licht/Komm. | 2.9 | - | - | - | - | 2.9 | - | 0.39 | 2.2 | 0.18 | 0.16 | - |
| mob. Motoren | 5.9 | - | - | - | - | 0.25 | 5.7 | - | - | - | 0.31 | 5.6 |

Tabelle 1. Endenergieverbrauch (in PJ/a) im Jahre 1986 nach Energieträgern, Verbrauchssektoren und Verwendungszwecken

| 2010 Trend | Total | Heizöl | Erdgas | Fernw. | Biogas f. Brenn | Elektr. | Treibst. | Wohngebäude | DL-gebäude | Industrie | Betriebe | Privatverkehr |
|---------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|---------------|
| Total | 46.9 | 14.4 | 9.1 | 3.1 | 0.75 | 14.6 | 4.9 | 15.6 | 17.5 | 7.6 | 1.2 | 4.9 |
| Raumheizung | 18.9 | 9.7 | 6.2 | 2.1 | 0.55 | 0.34 | - | 11.0 | 6.7 | 1.2 | - | - |
| Warmwasser | 3.5 | 1.1 | 0.68 | 0.23 | - | 1.5 | - | 2.2 | 0.98 | 0.35 | - | - |
| Prozesswärme | 8.5 | 3.5 | 2.2 | 0.81 | 0.20 | 1.7 | - | 1.1 | 2.3 | 4.8 | 0.20 | - |
| stat. Motoren | 5.0 | - | - | - | - | 5.0 | - | 0.77 | 2.8 | 1.0 | 0.39 | - |
| Licht/Komm. | 5.8 | - | - | - | - | 5.8 | - | 0.57 | 4.7 | 0.22 | 0.22 | - |
| mob. Motoren | 5.3 | - | - | - | - | 0.34 | 4.9 | - | - | - | 0.36 | 4.9 |

Tabelle 2. Endenergieverbrauch (in PJ/a) im Jahre 2010 bei ungestörter Entwicklung nach Energieträgern, Verbrauchssektoren und Verwendungszwecken

| 2010 Spar | Total | Heizöl | Erdgas | Fernw. | Biogas f. Brenn | Elektr. | Treibst. | Wohngebäude | DL-gebäude | Industrie | Betriebe | Privatverkehr |
|---------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Total | 28.9 | 10.0 | 5.8 | 2.0 | 0.58 | 7.0 | 3.4 | 9.2 | 10.0 | 5.5 | 0.76 | 3.4 |
| Raumheizung | 10.9 | 5.8 | 3.4 | 1.1 | 0.38 | 0.17 | - | 6.3 | 3.9 | 0.68 | - | - |
| Warmwasser | 2.5 | 1.1 | 0.61 | 0.21 | - | 0.53 | - | 1.5 | 0.69 | 0.25 | - | - |
| Prozesswärme | 6.8 | 3.1 | 1.8 | 0.66 | 0.20 | 1.0 | - | 0.90 | 1.8 | 3.9 | 0.20 | - |
| stat. Motoren | 2.3 | - | - | - | - | 2.3 | - | 0.30 | 1.2 | 0.58 | 0.23 | - |
| Licht/Komm. | 2.8 | - | - | - | - | 2.8 | - | 0.16 | 2.4 | 0.10 | 0.11 | - |
| mob. Motoren | 3.6 | - | - | - | - | 0.20 | 3.4 | - | - | - | 0.22 | 3.4 |

Tabelle 3. Endenergieverbrauch (in PJ/a) im Jahre 2010 bei Realisierung aller vorgeschlagenen Sparmassnahmen nach Energieträgern, Verbrauchssektoren und Verwendungszwecken

der Jahresgang der anfallenden Energie mit demjenigen des Bedarfs übereinstimmt. Aus diesen Einschränkungen resultiert ein technisches Nutzungspotential von 22 PJ/a, mit den grössten Beiträgen aus der Umgebungsluft (8 PJ/a) und aus dem See (7 PJ/a).

Beim wirtschaftlichen, heute noch nicht genutzten Potential überwiegt die Wärme aus dem See mit 6.3 PJ/a. Die Sonnenenergie, die Umgebungsluft, die Wärme aus dem Abwasser und die Wärme aus dem Kehricht und dem Abfallholz ergeben je zusätzlich nutzbare Potentiale von ungefähr 1 PJ/a. Zusammen ergibt das ungefähr 10 PJ/a, d.h. rund ein Viertel des heutigen städtischen Energieverbrauchs.

Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs

Die in den einzelnen Untersuchungen skizzierten Entwicklungen des Energie-

verbrauchs in Gebäuden, beim Verkehr und beim Strom können nun zu einem Gesamtbild zusammengefasst werden. Für die ungestörte Entwicklung ergibt sich dann ein Zuwachs des Gesamtverbrauchs von 6% (Bild 6). Der Anteil der Elektrizität nimmt von 20.5 auf 31.1% und der Anteil von Erdgas von 11.9 auf 19.4% zu, während andererseits der Anteil des Heizöls von 48.2 auf 30.7% und derjenige der Treibstoffe von 13.1 auf 10.5% abnimmt. Die Auffächerung des Energieverbrauchs nach Verwendungszweck und Verbrauchssektor für die Jahre 1986 und 2010 kann den Tabellen 1 und 2 entnommen werden. Dabei wird unter dem Begriff «Betriebe» der Energieverbrauch der Wasserversorgung, der Stadtentwässerung, der öffentlichen Beleuchtung und des öffentlichen Verkehrs (ohne SBB) zusammengefasst. Die meist Elektrizität benötigenden Verwendungszwecke «Licht und Kommunikation» und «stationäre Motoren» weisen die grössten

Zunahmen auf. Die Verbrauchszunahme findet vor allem in den Dienstleistungsgebäuden, welche eine Zunahme von 30% aufweisen, statt, während alle andern Verbrauchssektoren – mit Ausnahme der Betriebe – leichte Abnahmen aufweisen.

Ganz anders sieht dieses Bild aus, wenn alle in den verschiedenen Untersuchungen vorgeschlagenen Energiesparmassnahmen berücksichtigt werden. Gegenüber 1986 nimmt der Gesamtverbrauch bei Ausschöpfung aller vorgeschlagenen Sparmassnahmen bis 2010 um einen Drittel ab (Bild 7). Der Anteil der Elektrizität nimmt gegenüber der ungestörten Entwicklung von 31.1 auf 24.4% ab, ist aber immer noch grösser als 1986. Absolut nimmt der Stromverbrauch zwischen 1986 und 2010 um 21% ab. Der Verbrauch fossiler Energieträger (Heizöl, Erdgas und Treibstoffe) wird bei dieser konsequenten Sparvariante von 28.4 PJ/a um 40% auf 19.3 PJ/a reduziert. In Tabelle 3 ist

| 2010 Subst. | Total | Heizöl | Erdgas | Fernw. | Biogas f. Brenn | Elektr. | Treibst. |
|---------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|
| Total | 23.5 | 4.9 | 6.0 | 2.8 | 0.20 | 7.2 | 2.4 |
| Raumheizung | 7.1 | 2.3 | 3.5 | 1.1 | | 0.17 | - |
| Warmwasser | 1.7 | - | 1.0 | 0.21 | - | 0.53 | - |
| Prozesswärme | 6.8 | 2.6 | 1.5 | 1.5 | 0.20 | 1.0 | - |
| stat. Motoren | 2.3 | - | - | - | - | 2.3 | - |
| Licht/Komm. | 2.8 | - | - | - | - | 2.8 | - |
| mob. Motoren | 2.8 | - | - | - | - | 0.38 | 2.4 |

Tabelle 4. Endenergieverbrauch (in PJ/a) im Jahre 2010 bei Realisierung aller vorgeschlagenen Sparmassnahmen und aller Einsatzmöglichkeiten für erneuerbare Energien nach Energieträgern und Verwendungszwecken

wiederum die Auffächerung nach Verwendungszweck und Verbrauchssektor dargestellt. Gegenüber der ungestörten Entwicklung sind die grössten relativen Einsparungen bei den Verwendungszwecken «Licht und Kommunikation» und «stationäre Motoren» sowie in den Verbrauchssektoren Wohn- und Dienstleistungsgebäude zu verzeichnen.

Deckung des Verbrauchs durch erneuerbare Energien

Nun kann untersucht werden, inwiefern der bei Ausschöpfung aller Sparmassnahmen verbleibende Energieverbrauch durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Wir gehen dabei vom oben beschriebenen, zusätzlich wirtschaftlich nutzbaren Potential aus. Wenn das Sonnenenergiopotential vor allem zur Stromerzeugung eingesetzt wird, kann ungefähr 1 PJ/a von den benötigten 7.0 PJ/a Elektrizitätsbedarf durch Photovoltaik abgedeckt werden. Die zusätzlich nutzbare Kehrichtwärme von 1 PJ/a sollte vor allem zur Erzeugung von hochtemperaturiger Prozesswärme eingesetzt werden. Gegenüber der ungestörten Entwicklung kann damit 0.8 PJ/a fossile Energie eingespart werden. Die übrigen erneuerbaren Res-

sourcen (Wärme aus dem See, der Umgebungsluft und dem Abwasser) können mit Hilfe von Wärmepumpen zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser eingesetzt werden. Insgesamt steht aus diesen Quellen zusätzlich 8.3 PJ/a Umweltenergie zur Verfügung. (Im Stromsparpotential ist der Ersatz von Warmwasserboilern durch Wärmepumpen-Boiler allerdings schon berücksichtigt.)

Zur Nutzung dieser niedertemperaturigen Umweltwärme können entweder Elektro-Wärmepumpen oder Gasmotor-Wärmepumpen eingesetzt werden. Mit Elektrowärmepumpen (angenommene Leistungsziffer 3.0) könnten so ca 13.8 PJ/a andere Energieträger ersetzt werden. Das ist knapp mehr als die 13.4 PJ/a, welche in der Sparvariante für Raumwärme und Warmwasser benötigt wird. In einem Szenario, in welchem die ganze fossile erzeugte Energie für Raumwärme und Warmwasser durch Wärme aus Elektro-Wärmepumpen ersetzt wird, nimmt der Strombedarf um 3.4 PJ/a oder 48% zu, während der Verbrauch an fossilen Energieträgern von 19.3 auf 7.5 PJ/a – also um 61% – abnimmt.

Wenn aus der Nutzung der Umweltenergie kein Stromverbrauchszuwachs resultieren soll, müssen Gasmotor-Wärmepumpen eingesetzt werden. Elektro-Wärmepumpen können verwendet werden, soweit der dafür benötigte Strom in Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen erzeugt wird. Das entspricht dann einer Gasmotor-Wärmepumpe, bei der die Kraftübertragung vom Motor auf die Wärmepumpe nicht über eine mechanische Welle, sondern über das Elektrizitätsnetz erfolgt. Je nach Wärmequelle weisen Gasmotor-Wärmepumpen Heizziffern zwischen 1.5 und 1.9 auf. Unter Berücksichtigung der in Öl-Heizkesseln erzeugten Spitzenenergie kann im Durchschnitt mit einem Wert von 1.5 gerechnet werden. Aus 8.3 PJ/a Umweltwärme könnte so mit Hilfe von 12.5 PJ/a Erdgas und Heizöl 18.7 PJ/a Nutzwärme erzeugt werden. Es könnten also 20.7 PJ/a fos-

Literatur

- [1] Intep, Ungestörte Entwicklung des Energieverbrauches in Gebäuden, 1988
- [2] CUB/Intep, Massnahmen zur Wärmeeinsparung, 1990
- [3] Infras, Grundlagen für eine intensivierte Stromsparpolitik, 1987
- [4] Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Untersuchung über geeignete Massnahmen für die langfristige Sicherstellung der Stromversorgung der Stadt Zürich, 1987
- [5] Infras, Stadt Zürich: Lufthygiene, Energie und Verkehr, 1987
- [6] Ernst Basler & Partner, Ressourcenpotential erneuerbarer Energien auf dem Gebiet der Stadt Zürich, 1988
- [7] Infras, Perspektiven für Mini-Elektromobile in der Schweiz, 1989

sile Energien ersetzt werden. In der Sparvariante werden aber nur 11.3 PJ/a Heizöl, Erdgas und feste Brennstoffe zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser eingesetzt. Das heisst, es ist so nicht möglich, gleichzeitig das ganze aufgezeigte Sparpotential und das ganze wirtschaftliche Potential an erneuerbaren Energien zu nutzen. Zur Erzeugung der genannten 11.3 PJ/a mit Gasmotor-Wärmepumpen sind 4.5 PJ/a Erdgas und 2.3 PJ/a Heizöl für die Spitzenenergie notwendig. Eingespart werden damit 4.5 PJ/a fossile Energieträger. Eine Substitution von fossilen Energien ist auch möglich durch die Förderung von Elektromobilen. In [7] werden verschiedene solche Szenarien genauer untersucht. Legt man das Szenario «Forcierte E-Mobil-Privilegierung», welches den grössten Substitutionseffekt aufweist, zu Grunde, so kann 0.8 PJ/a Treibstoffe durch 0.2 PJ/a Elektrizität ersetzt werden.

Setzt man alle Möglichkeiten zum Einsatz von erneuerbaren Energien und zur Substitution wieder zu einem Gesamtbild zusammen (Tabelle 4), so kann gegenüber der reinen Sparvariante der Verbrauch fossiler Energieträger um 29% reduziert werden. Der Stromverbrauch aus konventionellen Quellen nimmt wegen der photovoltaischen Erzeugung um 12% ab. Gegenüber der ungestörten Entwicklung beträgt die Abnahme bei den fossilen Energieträgern 54% und bei der Elektrizität 57%.

Zusammenfassung

Die für die Energieplanung der Stadt Zürich erarbeiteten Studien zeigen, dass der Energieverbrauch ohne zusätzliche staatliche Eingriffe und ohne unerwartete Energiepreisseigerungen weiterhin zunimmt, aber mit einer we-

Zielsetzungen für die Energiepolitik der Stadt Zürich

Als weiteren Schritt in der Energieplanung der Stadt Zürich hat der Stadtrat am 11. März 1992 «Zielsetzungen für die Energiepolitik der Stadt Zürich» festgesetzt. Er schliesst sich dabei den Zielen des bundesrätlichen Programms «Energie 2000» an. Der Beschluss enthält auch konkrete Massnahmen, insbesondere zur Wärme- und Stromeinsparung und detaillierte Aufträge an die betroffenen Dienststellen. Zusammen mit den Grundlagenstudien und den Fernwärme-Gebietsauscheidungen wurden die «Zielsetzungen» dem Kanton als Energieplanung im Sinne des Zürcher Energiegesetzes zur Genehmigung eingereicht.

sentlich kleineren Zuwachsrate als bisher. Der Zuwachs ist auf Anwendungen wie Licht, Kommunikation und stationäre Motoren zurückzuführen, welche nur mit Strom betrieben werden können. Daher ist der grösste Zuwachs beim Elektrizitätsverbrauch zu verzeichnen.

Wenn alle in den Untersuchungen vorgeschlagenen Massnahmen zur Energieeinsparung eingeführt werden, dann nimmt der Energieverbrauch um einen Drittel ab. Das wirtschaftlich zusätzlich

nutzbare Potential an Umweltwärme ist dann grösser als die Absatzmöglichkeiten im Sektor Raumwärme und Warmwasser. Wenn die erneuerbaren Energien soweit möglich genutzt werden, wird der Verbrauch aus konventionellen Quellen auf ungefähr die Hälfte reduziert. Der CO₂-Ausstoss reduziert sich auf ungefähr 36%, der konventionell erzeugte Strom auf 70% des Wertes von 1986.

Mit diesen extremen Entwicklungsvarianten ist der energiepolitische Hand-

lungsspielraum aufgezeigt. Es liegt an den politischen Instanzen zu entscheiden, wie weit dieser Handlungsspielraum ausgeschöpft werden soll.

Kostenplanung

Kostenplanung in der Bauerneuerung

Die Elementkostengliederung EKG und die «Baukostendaten» mit dem Baukostenkennwerte-Katalog BKK und dem Berechnungselemente-Katalog BEK des CRB sind publiziert. Viele Hochbaufachleute zögern aber, dieses Instrumentarium zu nutzen. Sie verwenden weiterhin vor allem eigene «Erfahrungsdaten». Der Einsatz der Elementmethode bringt jedoch sowohl im Neubaubereich als auch bei der Bauerneuerung entscheidende Vorteile.

Es hat einige Jahre gedauert, bis sich der Baukostenplan BKP sowie der Normpositionen-Katalog NPK Bau auch bei

VON ERNST MEIER,
ZÜRICH

kleinen und kleinsten Architekturbüros etabliert haben. Deshalb wird es auch einige Zeit in Anspruch nehmen, bis die Baufachleute diese neuen Kostenplanungsinstrumente des CRB konsequent einsetzen. Professionelle Bauherren, wie beispielsweise das Amt für Bundesbauten (AFB), werden diesen Prozess jedoch beschleunigen, indem sie ihre Projekte nach der Elementmethode abwickeln.

Elementmethode im Neubaubereich

Beim Neubau herrschen aus mehreren Gründen Zweifel an der Notwendigkeit der Elementmethode vor. Die heute vorhandenen Arbeitsmittel für die Kostenplanung und Devisierung sind nach Arbeitsgattungen aufgebaut und nach dem logischen Folgeprozess des «Bauens» organisiert. Dadurch sind die Verknüpfungen und Vernetzungen der sich jeweils folgenden Massnahmen am Neubau relativ gut überschaubar, auch wenn gattungsspezifische Eingriffe letztlich in Etappen und zeitlich ge-

trennt erfolgen (Beispiel Haustechnik; Rohmontage, Isolationen, Fertigmontage). Dieser uns vertraute Bauprozess führt allerdings zum altbekannten Phänomen, dass eine Folgearbeit unter «günstigsten Voraussetzungen» erfolgen sollte. Dies gibt den am Neubauprozess Beteiligten immer wieder Gelegenheit, Terminvorgaben nicht oder ungenügend einzuhalten. So denkt der Dachdecker beispielsweise erst an seine Auftragserfüllung, wenn der Spengler alle Vorarbeiten erledigt hat.

Die Vernetzung und Darstellung des Bauprozesses nach der Elementmethode zeigt auf, wie folgerichtig abgestimmt auch in Etappen durchgeführte Eingriffe an unterschiedlichen «Teilbaustellen» des Bauobjekts erfolgen können. Flexibler gestaltbare Einsätze der Handwerker und mehr Kontinuität beim Bauen ergeben letztlich günstigere Kalkulationsgrundlagen und damit bessere Abrechnungsergebnisse. Diese Kriterien sprechen deutlich für die Anwendung der Elementmethode beim Neubau. Wie sieht es bei der Bauerneuerung aus?

Elementmethode in der Bauerneuerung

Die Bauerneuerung unterscheidet sich vom Neubauprozess durch wesentliche Abweichungen:

Das Gebäude steht!

Bauerneuerung findet immer am gebauten Objekt statt und nicht auf der grünen Wiese.

Das Gebäude wird genutzt!

Bauerneuerung ist sehr oft mit «Bauen unter Betrieb» gleichzustellen. Instandsetzung und Erneuerung – zum Beispiel an bewohnten Objekten – erfordert, dass der Bauablauf und die daraus resultierenden Immissionen für den betroffenen Gebäudenutzer vordergründig die Intensität, die Technologie und die folgerichtige Abwicklung der Erneuerungsmassnahmen bestimmen.

Das Gebäude hat einen unterschiedlichen Zustand!

Bei der Bauerneuerung müssen ältere, abgenutzte, mangelhafte, funktionsuntüchtige oder defekte Bauteile und



Bild 1. Teilerneuerung, Instandsetzung oder Ersatz? Der richtige Entscheid ist immer mehr auch von Umwelt- und Umfeldbedingungen abhängig. Der unterschiedliche Zustand aller Gebäudeelemente ist Chance, aber auch Gefahr, durch die Wahl zweckmässiger Massnahmekonzepte ein optimales Erneuerungsresultat zu erreichen oder zu verpassen