

# Wärmeverbrauch des Wohnsektors: mittlere Energiekennzahlen als Planungsinstrument

Autor(en): **Schwarz, Jutta**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76056>

## **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.

# Wärmeverbrauch des Wohnsektors

## Mittlere Energiekennzahlen als Planungsinstrument

Von Jutta Schwarz, Zürich

(Hier folgt die zweite im Heft 49/85 bereits angekündigte Publikation aus der Reihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen». Es handelt sich dabei um einen Auszug aus einer umfangreichen Auswertung der Gebäudemerkmale aus der Volkszählung 1980, sodann um eine Verknüpfung der Wohnflächen mit dem Instrument der Energiekennzahl und um Aussagen über Heizleistungen und Kesselgrössen. – Nach weiteren Artikeln im Verlaufe dieses Jahres soll die gesamte Publikations-Reihe in einer zusammenfassenden SIA-Dokumentation abgeschlossen werden. – Red.)

Als die wichtigsten Auswertungen der Wohnungszählung 1980 vorlagen, erteilte das Bundesamt für Energiewirtschaft den Auftrag, mit Hilfe der Energiekennzahlmethode den gegenwärtigen und zukünftigen Wärmeverbrauch des Wohnsektors zu ermitteln. Im Gegensatz zur bisherigen Praxis sollten für diese Untersuchung keine Energiekennzahlen neu erhoben, sondern sämtliche publizierten Erhebungswerte gebäudetypologisch verarbeitet werden. Die Studie erweitert den engeren Anwendungsbereich der Energiekennzahl insofern, als sie mit den neu berechneten mittleren Energiekennzahlen für eine Vielzahl von Gebäudetypen ein neues Planungsinstrument bereitstellt und methodisch dessen Anwendung für weitere energiekonzeptionelle Arbeiten aufzeigt.

### Ausgangslage 1980

Die schweizerischen Haushalte verbrauchten 1980 laut Gesamtenergiestatistik 224 PJ für Wärme, Kraft und Licht (ohne Verkehr). Aufschluss über die Örtlichkeit des Verbrauchs, d. h. über Grösse, Alter und Art der Häuser, über ihre Heiz- und Warmwassersysteme usw. gibt die Statistik nicht. Diese Lücke schliesst die jetzt vorliegende Studie, in welcher die im gleichen Jahr durchgeführte eidgenössische Wohnungszählung (WZ 1980) nach den Kriterien der Energiekennzahl-Methode ausgewertet wurde.

Nach unseren Berechnungen betrug 1980 der Wärmeverbrauch der privaten Haushalte, einschliesslich der Zweit- und Leerwohnungen, 196 PJ, davon 85% für Raumheizung und 15% für Warmwasser. Nicht eingeschlossen ist in diesen Werten der Wärmeverbrauch zum Kochen, der Wärmeverbrauch der Kollektivhaushalte (1980 lebten rund 200 000 Personen in Heimen, Anstal-

ten, Pensionen und Hotels), und in Gebäuden mit gemischter Nutzung der Wärmeverbrauch der ausserhalb der Wohnungen gelegenen Gebäudeflächen.

### Energiekennzahl-Methode

Mit der entwickelten Methode lässt sich der Wärmeverbrauch für alle Erhebungseinheiten der WZ 1980 berechnen, so für jede der 3000 Gemeinden oder für beliebige Zusammenstellungen von Gemeinden nach Regionen (Agglomerationen, Berggebietsregionen, Raumplanungsregionen usw.) sowie für jeden Bezirk oder Kanton. Die zu erwartenden Ergebnisse ersetzen eine detaillierte Verbrauchserhebung nicht, sondern ergänzen sie vor allem in der Phase der Problemanalyse, wenn es beispielsweise darum geht, schnell und kostengünstig erste Informationen über Art und Grösse des Wärmeenergieverbrauchs von Wohngebieten oder von vielen verstreuten Wohneinheiten in

grösseren Regionen zu erhalten. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind grobe Belastungsberechnungen von Luftschadstoffen aus dem Wohnsektor.

Die Anwendung der Energiekennzahl-Methode setzt voraus, dass der Gebäudebestand des Untersuchungsgebietes typologisiert wird und dass die mittleren Energiebezugsflächen und die mittleren Energiekennzahlen der verschiedenen Wohnungstypen bekannt sind.

### Gebäudetypologie

Gemäss Wohnungszählung lebte die Wohnbevölkerung (6,3 Mio) 1980 in rund 1,1 Mio Gebäuden, verteilt auf 2,7 Mio Wohnungen (Bild 1). Zwei Drittel der Wohnbauten sind Ein- und Zweifamilienhäuser. Wie in allen Industrieländern liegen die meisten Wohnungen in Mehrfamilien-, bzw. Wohn- und Geschäftshäusern.

In der Studie wurden sämtliche Wohngebäude der Schweiz in folgende Kategorien unterteilt; die Typologie bildete das Gerüst zur Berechnung der Energiebezugsflächen und der mittleren Energiekennzahlen:

- nach Typ des Gebäudes: Einfamilienhaus, Zweifamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Wohn- und Geschäftshaus, Nichtwohngebäude.
- nach Heizsystem und Energieträger für Heizung: Öl-Zentralheizung, Öl-Einzelofenheizung, Gas-Zentralheizung usw.,
- nach Energieträger der Warmwasserversorgung: Warmwasser mit Elektrizität, Warmwasser mit Gas usw.,
- nach Alter der Gebäudefassade: vor 1900, 1900–1920 usw.
- nach Heiz-/Warmwassersystem und deren Energieträger: Öl-Zentralheizung und Warmwasser mit Öl zentral (Kombikessel), Öl-Zentralheizung und Warmwasser mit Elektrizität dezentral (Heizkessel und Elektroboiler), usw. Aus den Grunddaten über das Heizsy-

Bild 1. Wohnungsbestand 1980

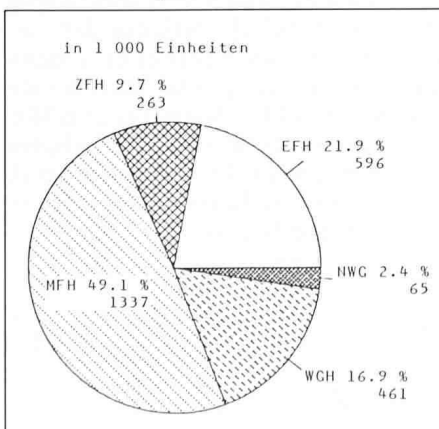
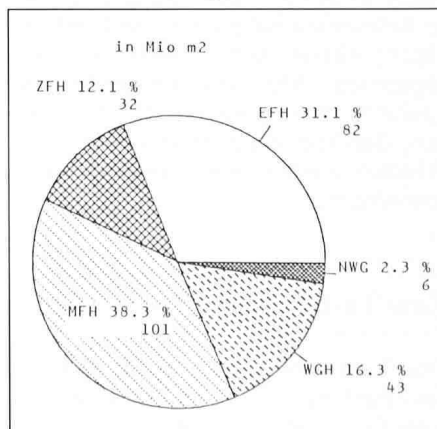


Bild 2. Total Wohnfläche 1980



### Definitionen

#### Mehrfamilienhaus

Reines Wohngebäude ohne Fremdnutzung

#### Wohn- und Geschäftshaus

Mindestens die Hälfte des Hauses wird für Wohnzwecke genutzt

#### Nichtwohngebäude

Weniger als die Hälfte des Hauses dient Wohnzwecken

#### Kombinierte Anlagen

Wärmeerzeugungsanlagen, in denen gleichzeitig Wärme (für die Raumheizung) erzeugt und Trinkwasser (Warmwasser) erwärmt wird. Im allgemeinen Sprachgebrauch ist die Bezeichnung «Kombikessel» üblich.

stem bzw. die Warmwasserversorgung ergeben sich 35 Systemkombinationen, die technisch möglich und in der Schweiz in unterschiedlichem Mass üblich sind.

Die ersten vier Kategorien decken sich weitgehend mit den Erhebungseinheiten der WZ 1980, während über die Merkmalkombination der letzten Kategorie keine Daten in der WZ 1980 enthalten sind.

Wohnungstyp	Bauperiode						
	vor 1900	1900-1920	1921-1946	1947-1960	1961-1970	1971-1975	1976-1980
Einfamilienhaus	135,3	138,6	137,5	127,6	133,1	141,9	158,4
Wohnung im Zweifamilienhaus	118,8	122,1	121,0	114,4	121,0	126,5	139,7
Wohnung im Mehrfamilienhaus	66,7	74,75	67,85	70,15	77,05	83,95	82,8
Wohnung im Wohn- und Geschäftshaus	82,8	96,6	88,55	92,0	96,6	110,4	110,4
Wohnung im Nichtwohngebäude	88,0	102,3	96,8	100,1	105,6	118,8	118,8

Tabelle 1. Schweiz 1980: Durchschnittliche Energiebezugsfläche pro Wohnung (m<sup>2</sup>)

Tabelle 2. Mittlere Energiekennzahlen E-WÄRME (E-HEIZ + E-WW) für die wichtigsten Heiz-/Warmwassersysteme

## Energiebezugsfläche

Die Energiebezugsfläche war nicht Gegenstand der WZ 1980. Erhoben wurde die Bruttowohnfläche in m<sup>2</sup> pro Wohnung; das Zählmaterial weist Lücken auf. Nach unseren Berechnungen beträgt die Energiebezugsfläche aller Wohnbauten 263 Mio m<sup>2</sup>, ohne die Nichtwohnflächen der Gebäude mit gemischter Nutzung (Bild 2). Diese Hochrechnung basiert auf durchschnittlichen Wohnungsgrößen, die mit Hilfe eines Flächenmodells ermittelt wurden (Tab. 1).

## Energiekennzahlen

Vom methodischen Standpunkt aus wäre es erwünscht, für jeden Gebäude-/Wohnungstyp und für jedes Heiz-/Warmwassersystem mittlere Energiekennzahlen zu berechnen. Aufgrund der vorliegenden Unterlagen ist dies für ca. 80% der Wohnungen möglich. Für die restlichen Gebäudegruppen (vor allem Nichtwohngebäude und Gebäude mit Einzelofen- und Etagenheizung) gibt es keine oder nur ungenügend gesicherte Verbrauchsdaten. In diesen Fällen wurden die mittleren Energiekennzahlen aus den Hauptgruppen der Gebäude hergeleitet. Für Kontrollzwecke standen hier nur einzelne Gebäudewerte zur Verfügung. Tab. 2 fasst die Energiekennzahlen der wichtigsten Wohnungstypen zusammen; auf sie entfallen 84% der Energiebezugsfläche und 85% des Wärmeverbrauchs.

### Datengrundlagen

Bei der Berechnung der heutigen mittleren Energiekennzahlen und der Beurteilung des Sparpotentials wurde auf den Erkenntnisstand 1985 abgestellt. Dafür stand uns, nebst den publizierten Erhebungen, weiteres nicht veröffentlichtes Datenmaterial des Amtes für Bundesbauten und des Hochbauamtes Aarau zur Verfügung. Für die Energiekennzahlen im Bezugsjahr 1980 wur-

Energieträger und Heiz-/Warmwassersystem	Einfamilienhäuser		Zweifamilienhäuser		Mehrfamilienhäuser		Wohn- und Geschäftshäuser**	
	1980	Zuk.	1980	Zuk.	1980	Zuk.	1980	Zuk.
Öl Zentralheizung:								
Heizung und								
WW mit Elekt. zentral	760	475	750	475	810	470	765	470
WW mit Elekt. dezentral	745	470	735	470	770	450	725	450
WW mit Öl zentral	805	530	795	530	840	500	795	500
WW mit Gas dezentral	745	460	735	460	790	450	745	450
nur Heizung	685	430*	675	430*	700	380*	655	380*
Öl Einzelofen + Etagenhzg:								
Heizung und								
WW mit Elekt. zentral	575	475	575	475	580	470	580	470
nur Heizung	500	400	500	400	470	360	470	360
Elekt. Zentralspeicherhzg:								
Heizung und								
WW mit Elekt. zentral	575	435	575	435	580	440	570	440
Elekt. Einzelspeicherhzg:								
Heizung und								
WW mit Elekt. zentral	525	435	525	435	550	440	540	440
Kohle/Holz								
Einzelofen + Etagenhzg:								
Heizung und								
WW mit Elekt. zentral	475	475	475	475	510	470	510	470
WW mit Elekt. dezentral	460	470	460	470	470	450	470	450
Fern- und Quartierheizung:								
Heizung und								
WW mit Fernwärme	910	610	900	610	935	610	930	610
* nur für Kombikessel								
** nur auf Wohnflächen bezogen								
Kursiv: Werte sind ungenügend gesichert								

den theoretische Werte für einen «Normalwinter» berechnet.

### Istwerte

Die Energiekennzahl E-WÄRME setzt sich bekanntlich aus den Teilenergiezahlen E-HEIZ und E-WW zusammen (Tab. 3). In der Praxis ist es in vielen Fällen schwierig bis unmöglich, Teilenergiezahlen zu erheben. So ist es bei kombinierten Anlagen die Regel, dass nur die E-WÄRME berechnet wird. Von den übrigen Anlagen mit getrenntem Heiz- und Warmwassersystem ist meistens die E-HEIZ bekannt, nicht aber die E-WW. Von den wenigen Fällen, bei denen der Energieverbrauch für Warmwasser direkt erhoben wurde, sind die Daten wenig aussagekräftig und untereinander nicht vergleichbar, weil entweder an verschiedenen Schnittstellen des Warmwassersystems gemessen oder die Messstellen nicht

eindeutig festgelegt wurden (Problem der Zuordnung der Verteilverluste). Deshalb stützen sich die heute verfügbaren Daten über die E-WW entweder auf Rückrechnungen, die von der E-WÄRME ausgehen, oder auf Hochrechnungen, die mit einem Zuschlag auf die E-HEIZ arbeiten und diesen Zuschlag als E-WW bezeichnen.

### Zukunftswerte

Bauliche Sanierungen verändern in der Regel auch den Energieverbrauch. Dadurch verschieben sich die mittleren Energiekennzahlen in folgende Richtung: die E-HEIZ hat bei allen Gebäudetypen eindeutig fallende Tendenz, die E-WW weist grössere Unterschiede je nach Gebäudetyp und Warmwassersystem auf und hat insgesamt, d. h. auf alle Gebäudetypen bezogen, nur leicht fallende Tendenz.

Energieträger und Warmwassersystem	Ein- und Zweifamilienhäuser		Mehrfamilien-, Wohn-, Geschäfts-, Nichtwohngebäude	
	1980	Zukunft	1980	Zukunft
<b>Öl</b>				
Warmwasser zentral	120	100	140	120
Warmwasser dezentral	80	80	80	80
<b>Elektrizität</b>				
Warmwasser zentral	75	75	110	110
Warmwasser dezentral	60	70	70	90
<b>Gas</b>				
Warmwasser zentral	120	100	140	120
Warmwasser dezentral	60	60	90	90
<b>Andere Energieträger</b>				
Warmwasser zentral mit Kohle/Holz	120	100	140	120
Warmwasser mit Fernwärme	130	110	150	130
Warmwasser mit anderen Systemen	80	80	80	80

	Verbrauch 1980		Zukunft		Veränderung	
	Heizung PJ	WW PJ	Heizung PJ	WW PJ	Heizung %	WW %
Öl: zentrale Anlage	110,6	15,8	63,5	13,5	-43	-15
Gas: alle Anlagen	4,4	0,5	2,6	0,6	-41	+20*
Strom: alle Anlagen	5,1	6,8	3,8	7,6	-25	+12
Kohle/Holz: alle Anlagen	16,0	-	13,9	-	-13	-
Fernheizung	21,3	3,1	13,2	3,0	-38	-3
Übrige Anlagen	10,5	1,7	8,2	1,0	-22	-40*
<b>Total</b>	<b>167,9</b>	<b>27,9</b>	<b>105,2</b>	<b>25,7</b>	<b>-37</b>	<b>- 8</b>
<b>Heizung + WW</b>	<b>195,8</b>		<b>130,9</b>		<b>-33%</b>	

\* Werte sind ungenügend gesichert

Tabelle 4 (oben). Rückgang des Wärmeverbrauches im Wohnsektor

Tabelle 3 (links). Teilenergiekennzahlen

Das Ausmass dieser Veränderungen lässt sich heute recht gut bemessen. Einerseits sind die aus der SIA-Empfehlung V 380/1 abgeleiteten Sollwerte von Energiekennzahlen verfügbar. Andererseits liegen neuere statistische Auswertungen zu diesem Thema vor [1, 2].

Die zukünftigen mittleren Energiekennzahlen (Tab. 2) stehen im Einklang mit der SIA V 380/1 und berücksichtigen ausserdem die Tendenzen der heute gängigen Sanierungspraxis. Bei der E-HEIZ basieren die Zukunftswerte

- auf den höheren Grenzwerten (SIA 380/1) für den Heizenergiebedarf und
- auf den tieferen Zielwerten (SIA 380/1) für die Nutzungsgrade.

Die Zukunftswerte für die E-WW liegen für alle zentralversorgten Wohnungen im Bereich der Standardnutzung nach SIA 380/1 und für alle übrigen Anlagen (das sind zu 80% Elektroboiler) etwas unter den SIA-Standardwerten. Diese Differenzierung gegenüber

zentralversorgten Anlagen ist wegen des unterschiedlichen Komforts im Warmwasserangebot erforderlich. Während zentrale Anlagen für alle Wohnungen des Hauses quasi unbeschränkt Warmwasser verfügbar machen, ist der Warmwasserbezug aus Elektroboilern pro Tag begrenzt. Diese Komfortbeschränkung hält den Energieverbrauch für Warmwasser auf tiefem Niveau.

**Aussagekraft der Daten**

Mittlere Energiekennzahlen beschreiben den heutigen bzw. den künftigen Zustand bestimmter Gebäudetypen. Sie beschreiben aber nur bedingt den Zustand eines einzelnen Hauses der betreffenden Gruppe. Deshalb schliessen Veränderungen der mittleren Istwerte nicht aus, dass bei Sanierungen die berechneten Energieeinsparungen nicht immer erreicht werden oder dass sich bestimmte Häuser mit hohem Energieverbrauch trotz Renovation und Hei-

zungserneuerung energetisch nicht verbessern lassen. Die Zukunftswerte der mittleren Energiekennzahlen schliessen diese Fälle nicht aus, beschreiben aber nicht sie, sondern den veränderten Zustand von der grossen Masse der Häuser in der betreffenden Gebäudekategorie.

**Sinkender Wärmeverbrauch**

Bezogen auf die bestehenden 2,7 Mio Wohnungen wird sich der Energieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser in Zukunft um etwa ein Drittel (65 PJ) vermindern. Wegen der unterschiedlichen baulichen, technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Sanierung von Gebäudehülle und Heizung ist aber der Verbrauchsrückgang bei den einzelnen Gebäudekategorien unterschiedlich (vgl. Tab. 4).

Die mittlere Verbrauchsabnahme um 33% ist ausschliesslich eine Folge der Verbesserung der Hülle sowie der

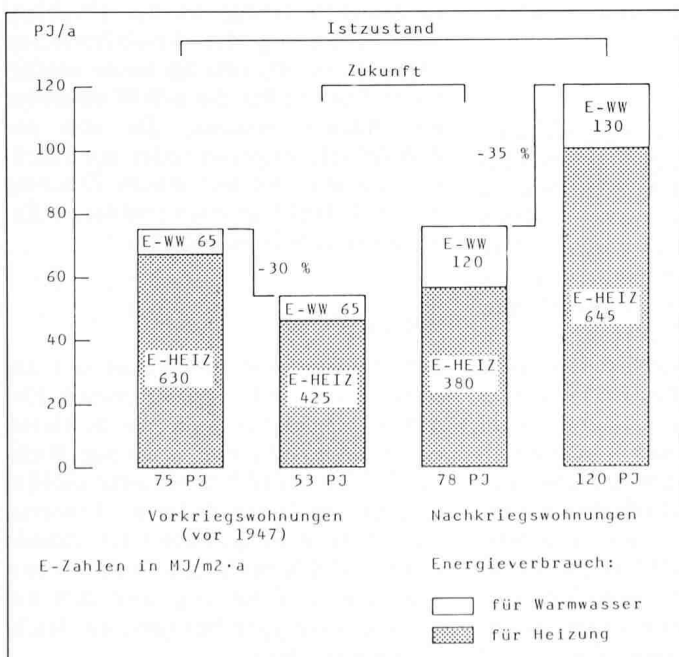
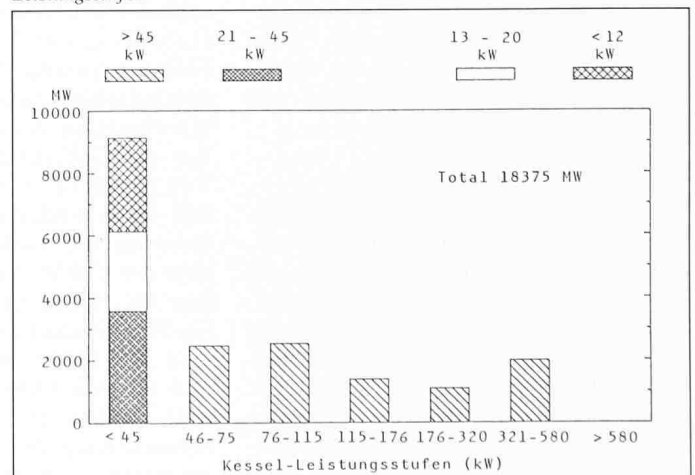


Bild 3 (links). Heutiger und künftiger Wärmeverbrauch des Wohnbereiches

Bild 5 (unten). Künftige Verteilung der Heizleistung im Wohnbereich nach Leistungsstufen





zwangsläufigen Heizungssanierung, eingeschlossen die verbesserte Regelung zur Reduktion der Lüftungsverluste. Sie enthält keine Anteile für die Substitution (Ersatz von Primärenergie durch Umweltenergie aus Abluft, Grundwasser usw.) und sagt auch nichts aus über die Ersatzpotentiale wie z. B. Gas oder Fernwärme anstelle von Öl.

Je nach Gebäudealter wird sich auch das Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch für Warmwasser und für Raumheizung unterschiedlich entwickeln (Bild 3). Es ist damit zu rechnen, dass der Warmwasserverbrauch (in Volumeneinheiten) in den Wohnungen mit elektrischer Aufbereitung in Zukunft zunimmt. Dadurch steigt, trotz Nutzungsgradverbesserungen, der Energieverbrauch. Da vor allem Vorkriegswohnungen das Warmwasser elektrisch aufbereiten, wird der Energieverbrauch für Warmwasser (als Gesamtgrösse) gegenüber heute unverändert bleiben. Der Rückgang von rund 30% in Vorkriegswohnungen bedeutet also, dass hier ausschliesslich Heizenergie eingespart wird.

### Sanierungspraxis

Der qualitativ veränderte bauliche Zustand der heutigen Wohngebäude wird sich auch ohne neue staatliche Anstrengungen, d. h. allein durch die laufende Sanierungstätigkeit der privaten Wirtschaft, mittelfristig einstellen. Unter dem Eindruck wachsender Umweltschäden wären jedoch staatliche Massnahmen zur Beschleunigung dieses Prozesses erwünscht.

Die einzelnen Gebäudekategorien werden den «neuen» Zustand, für welchen die künftigen mittleren Energiekennzahlen berechnet wurden, zu verschiedenen Zeitpunkten erreichen, weil sich die Sanierungszyklen überlagern und unterschiedliche Längen aufweisen. Bekanntlich müssen Heizungen nach 15–20 Jahren ausgewechselt werden; Aussenenerneuerungen sind alle 25–35 Jahre fällig. Diese «natürlichen» Sanierungszyklen können durch vorzeitige Auslösemechanismen verkürzt werden. Das ist heute vor allem bei Mehrfamilienhäusern der Fall. Das wachsende Investitionsbedürfnis der institutionellen Anleger wirkt stimulierend auf den Sanierungsmarkt, weil das Kapital der zweiten Säule aus gesetzlichen Gründen vor allem in Liegenschaften investiert und ein grosser Teil davon auch für vorzeitige Wohnbausanierungen verwendet wird. Ein weiterer Auslöser für vorzeitige Sanierungen sind die in vielen Gebäuden «einzementierten

Konzeptschäden». Viele der in den 1960er und 1970er Jahren gebauten grossen Wohnhäuser weisen Kondenswasserschäden, Pilzbefall usw. auf, so dass sie nur bewohnbar bleiben, wenn die Aussenhülle vorzeitig saniert wird.

### Massnahmen zur Verbrauchsreduktion

Wichtigste Voraussetzung für einen geringen Heizenergieverbrauch ist der Komfortausgleich über alle Stockwerke und Einzelräume. Das lässt sich durch verschiedene Massnahmen erreichen, beispielsweise durch gezielte Nachisolationen oder durch Verbesserung der Wärmeverteilung mittels Eingriff in die Hydraulik oder durch Einsatz der Elektronik für die programmierte Einzelraumregulierung.

#### Trends in der Praxis

Weil nach Gesetz nicht der Investor, sondern kurzfristig vor allem der Mieter von Energieeinsparungen profitiert, ist die Sanierungstätigkeit noch wenig systematisiert. Trotz allem sind folgende Massnahmen heute unbestritten:

- Stilllegung der Garagenheizung.
- Heizungen vorzeitig auswechseln, auch bei relativ kleinen Schäden, weil es sich «lohnt».
- Anbringen von Aussenwärmedämmungen zur Bekämpfung von Feuchtigkeitsschäden (Kondenswasser), d. h. sehr oft ist der Zustand der Innenräume Anlass für eine Aussenrenovation mit Wärmedämmung.
- In zunehmendem Masse auch Durchführung von Totalsanierungen als Kapitalanlage.
- Die Anwendung der verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung erfolgt dagegen meistens erst auf äusseren Zwang hin.

### Kessel- und Heizleistung

Ein Teilziel der Studie war, die Berechnungen über den Wärmeverbrauch mit quantitativen Aussagen über die heute installierte Kesselleistung und die in Zukunft notwendige Heizleistung zu ergänzen.

1980 waren in der Schweiz über 75 GW Heizleistung in zentralen Öl-, Gas- und Holzfeuerungsanlagen installiert. Auf den Wohnsektor entfallen davon etwa 32 GW oder 42% (Bild 4). Von den insgesamt 847 000 Zentralheizungen befinden sich hingegen 680 000 Anlagen (80%) im Wohnbereich. Der künftige Leistungsbedarf des Wohnsektors liegt rein theoretisch bei 11 GW. Aus praktischen Gründen (Kleinstkesselgrenzen, Leistungsabstufung, Warmwasserproduktion) liegt dieser Wert höher; nach unseren Berechnungen bei etwa 18 GW (Bild 5).

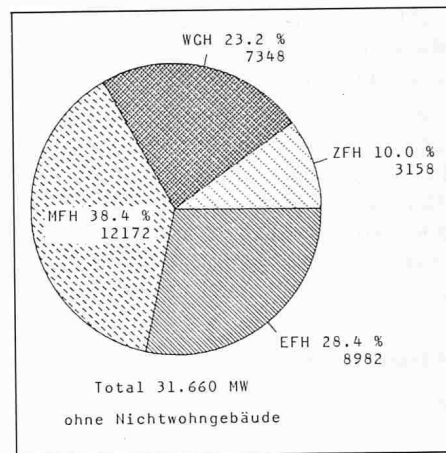


Bild 4. Installierte Leistung in Zentralheizungen des Wohnbereiches, Stand 1980

### Schlussfolgerungen

In grossen Zügen ist heute bekannt, welche Massnahmenpakete auf dem Sanierungsmarkt für Wohngebäude ergriffen werden, wie weit die Mittelwerte der E-Wärme sinken werden und wie sich dadurch der gesamtschweizerische Wärmebedarf entwickeln wird.

#### Vorgaben aus Wohnbausanierungen

Bei Heizanlagen ist die Verbesserung der Nutzungsgrade in vollem Gange. Dem Fortschritt sind Grenzen gesetzt durch die beschränkte Zahl gut ausgebildeter Handwerker.

Die Sanierung der Gebäudehüllen, die ebenfalls auf «vollen Touren» läuft, erfolgt zurzeit mehr aus Gründen der hohen Liquidität und dem Bedürfnis zur Kapitalanlage, als aus dem Wunsch nach Energieeinsparungen. Die notwendigen Arbeitskräfte sind hier weitgehend vorhanden, weil sie aus dem Bauhauptgewerbe rekrutiert werden konnten.

Beim Warmwasser sind die Sparmöglichkeiten sehr gering. Die grösste Chance böte eine Neugestaltung der Stromtarife für Elektroboiler. Ausserdem wären im Sommer längere Ladezeiten zur Deckung der Zirkulationsverluste notwendig.

Zur Reduktion des Energieverbrauchs für die Lüftung sind die Resultate der Forschung ungenügend bekannt und

#### Literatur

- [1] F. Berthoud, E. Bermudez et al.: Fiches techniques d'amélioration thermique Vol. 1, Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie Genf (1985)
- [2] B. Wick: Entwicklung der Energiekennzahlen von 2000 Mehrfamilienhäusern 1978–1984, Widen (1985); B. Wick: Energiekennzahlen der häufigsten Gebäudetypen, Stand 1983, Widen (1983)

nicht in die Praxis umgesetzt. Auf dem Markt fehlen geeignete und konkurrenzfähige elektronische Geräte.

Die im Zuge von Renovationen ausgeführten Sanierungen der Hülle sowie die vorzeitige Modernisierung der Haustechnik sind heute schon genügend wirtschaftlich, um die mittleren Energiekennzahlen, die für die Zukunft berechnet wurden, zu erreichen.

### Wärmeverbrauch

Das Energiesparpotential im Wohnsek-

tor ist immer noch gross (ca. 65 PJ). Heute entfallen 70% des Wärmeverbrauchs auf Wohngebäude, deren mittlere E-Wärme zwischen 700 und 900 MJ/m<sup>2</sup>·a liegt; über die Hälfte davon sind Mehrfamilien-, Wohn- und Geschäftshäuser. Als Folge der Wohnbausanierungen werden vor allem die mittleren Energiekennzahlen dieser Gebäudekategorien sinken.

Der künftige Wärmeverbrauch im Wohnsektor dürfte sich im Rahmen des in Bild 3 gezeigten Diagrammes entwickeln.

Adresse der Verfasserin: Dr. J. Schwarz, Umwelt + Wirtschaft + Energie, Lindenhofstr. 11, 8001 Zürich.

Dieser Aufsatz basiert auf:

J. Schwarz / B. Wick: «Wärmeverbrauch des Wohnsektors», Hg. Bundesamt für Energiewirtschaft, Schlussbericht, Bern 1985. Im Frühjahr wird eine deutsche und französische Kurzfassung erscheinen.

## Gebäudeheizung ohne Heizungsanlage

Von Werner Hochstrasser, Zürich

Mit der guten Isolation neuer Bauten ist deren Wärmeverlust so klein geworden, dass die innere Wärme von Beleuchtung, Personen und Apparaten genügen kann, um die Wärmeverluste, auch ohne Sonnenstrahlung, decken zu können. Im folgenden werden die Vorbedingungen ermittelt, welche für die «Heizung ohne Heizung» vom Gebäude erfüllt werden müssen und die benötigten apparativen Einrichtungen beschrieben.

### Vorbedingungen

Wir haben zwei grundlegende Vorbedingungen zu erfüllen:

□ Die Wärmebilanz über die betrachtete Periode (ein Tag, eine Woche) muss positiv sein, d.h. es muss mindestens gleichviel innere Wärme zur Verfügung stehen, wie die Verluste betragen.

□ Die Auskühlung während den Stillstandszeiten muss sich im Rahmen der zulässigen Temperatur-Variationen halten, und zwar für jeden Raum.

Sollte dies nur für das Gebäude als Ganzes der Fall sein, so muss durch geeignete technische Hilfsmittel ein Austausch von Wärme aus Zonen mit Überschuss zu solchen mit Manko stattfinden.

### Wärmebilanz

Der durch die Aussenhaut des Gebäudes und infolge natürlichen Luftwechsels im Winter kontinuierlich von innen nach aussen abfliessende Wärmestrom muss laufend durch innere Wärmequellen gespeist werden.

Als Wärmequellen dienen normalerweise elektrische Apparate aller Art und Personen sowie natürlich Heizkörper und Flammen.

Die durch die Gebäudehülle abfliessende Wärme, die Transmissions-Wärmeleistung, ist nach SIA 384/2 [1] gegeben durch

$$\dot{Q}_T = \sum k_n A_n (t_i - t_a) = \bar{k} A (t_i - t_a)$$

Dabei ist  $\bar{k}$  der mittlere k-Wert, gerechnet nach SIA 180/1 [2], jedoch mit Besonnungskoeffizient  $s = 1$ .

Wenn wir die Lüftung durch ihre Luftwechselzahl LW charakterisieren, so ist nach [1]

$$\dot{Q}_L = LW \cdot V \cdot \rho \cdot c_p (t_i - t_a)$$

Befeuchtung bringt entsprechend zusätzlichen Wärmeeinsatz, Wärmehintergewinnung eine Reduktion.

Bei mechanischer Lüftung haben wir das Bestreben, den natürlichen Luftwechsel so gering als möglich zu halten, weil wir nur bei mechanischer Lüftung Abwärme zurückgewinnen können.

Die Gesamt-Wärmeleistung

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_L$$

muss zu jeder Zeit entweder durch

gleichzeitig im Raum abgegebene Wärme oder durch früher gespeicherte Wärme gedeckt werden.

Wir führen die Betrachtung flächenspezifisch bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Energie-Bezugsfläche EBF nach SIA 180/4 [4] durch.

Damit muss

$$(\dot{q}_b + \dot{q}_p + \dot{q}_t) \theta_e \geq \frac{\dot{Q}_T + \dot{Q}_L}{EBF} \cdot \theta_p,$$

wobei  $\dot{q}$  die mittlere Last von Beleuchtung, Personen und Technisierung, bezogen auf die Bodenfläche und  $\theta_e$  die Einschaltzeit während der Periodendauer  $\theta_p$  darstellen.

### Gebäudedynamik

Solange die im Raum erzeugte Wärme grösser ist als die momentanen Verluste, geht die Differenz in Speicherung, d.h. sie dient zur Aufwärmung der Gebäudestruktur. Umgekehrt gibt die Gebäudestruktur früher gespeicherte Wärme ab, sobald die inneren Wärmequellen kleiner werden, als die momentane Transmissions-Wärmeleistung.

Damit nun aber Wärme aus der Gebäudestruktur an die Luft übergehen kann, muss ein Temperaturgefälle von deren Oberfläche zur Luft vorhanden sein, und die Raumtemperatur  $t_i$  muss um den Betrag

$$t_o - t_i = \frac{w}{\alpha}$$

unter die Oberflächentemperatur  $t_o$  sinken. Dabei ist  $w$  die Wärmestromdichte an der betrachteten Oberfläche und  $\alpha$  der Wärmeübergangskoeffizient. Gemäss [1] können wir für  $\alpha$ -Werte an Innenflächen von Gebäuden 8 W/m<sup>2</sup>K