

Energie im Mehrfamilienhaus: Verbrauchswerte und Sparpotential

Autor(en): **Wick, Bruno**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 5

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74749>

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.

Es darf keinesfalls darum gehen, einfach abstrakte Möglichkeiten einer Lösung aufzuzeigen, ohne über deren Machbarkeit Gewissheit zu haben. Schon *Aristoteles* sah als *Seinserfüllung die Verwirklichung der Möglichkeit*. Nicht umsonst schilderte er diese Erkenntnis am Beispiel des Baumeisters, der wohl das Vermögen besitzt, Häuser zu bauen, aber dieses Vermögen erst aktualisiert durch den Bau eines wirklichen Hauses. «Ziel aber ist die Verwirklichung, und ihretwegen erlangt man das Vermögen. Denn nicht, um über den Gesichtssinn zu verfügen, sehen die Lebewesen, sondern sie verfügen über den Gesichtssinn, um zu sehen. In gleicher Weise verfügt man über die Baukunst, um zu bauen...»

Die Bauqualität muss auf alle Fälle ganzheitlich beurteilt werden, sie darf nicht nur im Kopf oder auf dem Papier existieren. Erst die *Verwirklichung der Qualitätsvorstellungen*, d. h. die Realisation der Baugedanken wird den Beweis dafür bringen, ob wir uns auf dem Weg zum Ziel, der Qualitätsförderung und -sicherung, bewegen.

Diese Tatsache hat die «Schweizerische Aktion Gemeinsinn für Energiesparen» richtig erkannt. Sie will mit ihrem Seminar eine Gelegenheit geben, am Beispiel des Mehrfamilienhauses die wesentlichen energetischen Verhältnisse am Bau zu sehen und den Teilnehmern die für die Praxis relevanten Erfahrungen durch ausgewiesene Fach-

leute vor Augen führen. In diesem Sinne betrachte ich diese Veranstaltung als einen bedeutenden *Beitrag zur Weiterbildung* der verantwortlichen Baubeteiligten und damit zur *Förderung unserer Bauqualität*.

Nach dem Einführungsreferat vom 6. Okt. 1981 zur Fachtagung «Energie im Mehrfamilienhaus». Patronat: Schweizerische Aktion Gemeinsinn für Energiesparen (Sages).

Adresse des Verfassers: Prof. H. Kunz, Lehrstuhl für Architektur und Bauplanung, ETH Zürich, 8093 Zürich.

Energie im Mehrfamilienhaus: Verbrauchswerte und Sparpotential

Von Bruno Wick, Widen

Die Bedeutung der Mehrfamilienhäuser

Jeder zweite Schweizer wohnt in einem Mehrfamilienhaus. Die gesamte *beheizte Bruttogeschossfläche* aller Mehrfamilienhäuser beträgt 80 Mio m², das sind 24% Anteil an der Bruttogeschossfläche des gesamten Gebäudebestandes in der Schweiz. Diese Zahl dokumentiert die Bedeutung der Mehrfamilienhäuser im Vergleich zu allen anderen Gebäudegruppen. Nur noch die Summe der Ein- und Zweifamilienhäuser zusammen hat eine gleichgewichtige Bedeutung. Beispielsweise ist die beheizte Bruttogeschossfläche im gesamten Dienstleistungs-Sektor mit 70 Mio m² ebenfalls gross, aber doch kleiner als die Mehrfamilienhäuser für sich allein [1].

Bezüglich Bauform und Gebäudegrösse sind die Mehrfamilienhäuser die homogenste Gruppe unter allen Nutzungstypen. Dagegen sind die *Besitz- und Verwaltungsverhältnisse* sehr unterschiedlich. Zwar gehört die grösste Zahl der Gebäude natürlichen Personen und einfachen Personengesellschaften. Der Anteil der Genossenschaftswohnungen und der Wohnungen im Besitz von juristischen Personen sowie der öffentlichen Hand ist verhältnismässig gering. Für jede Entscheidungsfindung im Bereich Mehrfamilienhaus ist aber bei mehr als der Hälfte aller Gebäude mit 3 Partnern zu rechnen: dem *Mieter*, dem

Verwalter und dem *Eigentümer*. Weniger als die Hälfte aller Gebäude werden vom Eigentümer direkt verwaltet; und nur bei knapp einem Drittel aller Häuser wohnt der Eigentümer selbst in einer der Wohnungen. Diese Besitz-, Verwaltungs- und Nutzungsverhältnisse erschweren die Durchführung von energetischen Sanierungsmassnahmen.

Wie kaum bei einer anderen Gebäudegruppe läuft man bei Diskussionen um das Mehrfamilienhaus Gefahr, *politisch* interpretiert zu werden. Die sachbezogene Argumentation wird von weiten Kreisen nicht gewünscht. Deshalb sind im Bereich Mehrfamilienhaus sehr viele Stichworte «Reizworte», beispielsweise: individuelle Heizkostenabrechnung, Dauerlüftung, Wärmediebstahl usw.

Im Vergleich zu allen anderen bisher erhobenen homogenen Gebäudegruppen zeichnen sich die Mehrfamilienhäuser weder als durchschnittlich hohe,

noch tiefe Verbraucher aus. Sie liegen im Mittelfeld zwischen Schulen, Verwaltungsbauten, Einfamilienhäusern und teilklimatisierten Bauten (Tabelle 1).

Auffallend ist bei den Mehrfamilienhäusern, dass praktisch keine Extremwerte vorkommen, weder nach unten ($E < 400$) noch nach oben ($E > 1400$). Alle anderen Gebäudegruppen haben wegen der «missratenen» technischen Installationen grössere Ausreisser nach oben und, bei sorgfältiger individueller Betreuung, häufig tiefere Werte.

Das Mehrfamilienhaus als Energieverbraucher

Die Energiekennzahl

Die Sages hat das Instrument der Energiekennzahl einer breiten Nutzung zugeführt und bisher Zahlen über die Ergebnisse von Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Schulen publiziert. Leider sind längst nicht alle grossen Erhebungen, die bisher durchgeführt wurden, der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden. Es existieren Erhebungen über mehrere Jahre für den Grössteil der Bundesbauten und für alle Immobilien des schweizerischen Gross-

Tabelle 1. Energiekennzahlen (Mittelwerte Schweiz) im MJ/m²a

	Verwaltung natürlich gelüftet	Schulen ohne elektr. beh. Kindergärten	MFH	EFH	Verwaltung mechanisch gelüftet
E-Wärme	720	805	830	860	980
E-Allgemeinstrom	50	45	30	110	120
E-Wohnungsstrom	-	-	80	-	-
E-Total	770	850	940	970	1100

Umrechnungsfaktoren: 42 MJ E-Wärme = 1 kg Öl 3,6 MJ E-Strom = 1 kWh

bankpools. Es ist nur zu hoffen, dass sehr bald weitere Zahlenergebnisse zum Beispiel über Spitäler, Hotels, Banken, Bundesbauten, PTT usw. publiziert werden. Die *Energiekennzahl* bemisst den jährlichen Endenergieverbrauch pro m² beheizter Bruttogeschossfläche.

Die *Methodik* der bisherigen Erhebungen ist in [2] im Detail beschrieben. Der SIA nimmt die Berechnung der Energiekennzahlen in sein Normenwerk auf. Die SIA-Empfehlung 180/4 «Die Energiekennzahl» [3] liegt bereinigt zur Genehmigung bei der zentralen Normkommission.

Beim Mehrfamilienhaus ist der *Mieterverbrauch* von Elektrizität für Kochen, Licht usw. nicht sehr leicht zugänglich, weshalb auf die Erhebung dieser Energiemengen verzichtet wird. Sie können jedoch – um einen vergleichbaren Wert von E-Total hochzurechnen – als *statistische Grösse* eingeführt werden.

Bei der *Warmwasser-Aufbereitung* sind zwei grundsätzlich verschiedene Systeme vorhanden. In neueren Gebäuden wird das Brauchwarmwasser zentral aufbereitet und auf die einzelnen Wohnungen verteilt. Bei älteren Gebäuden und bei den neuesten Mehrfamilienhäusern ist häufiger das System der *dezentralen Aufbereitung* mit Warmwasserboilern in den einzelnen Wohnungen vorhanden. Der Energieverbrauch wird dem Mieter direkt über den Wohnungszähler verrechnet. Bei der *zentralen Warmwasseraufbereitung* (etwa 60% der Fälle) dominiert eindeutig die Wassererwärmung über die Öl- oder Gasheizung. Nur in knapp 10% aller Fälle wird das Brauchwasser in einem zentralen Elektroboiler erwärmt. Noch wenig vertreten ist zur Zeit die Lösung der gemeinsamen Aufbereitung im Winter mit Öl und während der *Übergangszeit* mit Strom.

In statistisch genügender Zahl wurden die Fälle dezentrale Aufbereitung bzw. zentrale Aufbereitung mit Öl oder Strom erfasst. Die wichtigsten Werte sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Parameter-Analysen

Mit einem Fragebogen [4] für die Berechnung der Energiekennzahl werden verschiedene *Parameter* miterhoben, wie Alter, Höhe über Meer, Heizsystem, Technisierungsgrad, installierte Heizleistung, Sondernutzung usw. Im Rahmen der Parameteranalyse interessiert die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen Parameter und Energiekennzahl besteht. Im gesamten wurden über 1 Dutzend Parameter untersucht. Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen *Energieverbrauch* und *Alter* im engen Bereich zwischen 1940 und 1980. Die

Tabelle 2. Energiekennzahl und installierte Heizleistung bei Mehrfamilienhäusern

Energiekennzahl [MJ/m ² a]	Gute Werte	Mittelwerte	Sofort sanierungsbedürftig
<i>E-Total</i> Heizen und allg. Strom inkl. Warmwasser bei zentraler Warmwasserversorgung ohne Wohnungsstrom	kleiner als		grösser als
- Alle Objekte 1959*	(660)	860	(950)
- Kombikessel 1963*	700	920	1030
- Ölheizung mit Elektroboiler zentral 1952*	650	825	950
- Ölheizung ohne Warmwasser 1953*	600	770	870
*Baujahr (Mittel)			
<i>E-Heizen</i> Heizen inkl. Warmwasser bei Kombikesseln			
- Alle Objekte	-	825	-
- Kombikessel (Heizen + Warmwasser)	680	880	1000
- Ölheizung (ohne Warmwasser)	580	740	840
Installierte Heizleistung [W/m²] 1 W/m ² = 860 cal/h m ²	Gute Werte	Mittelwerte	Sanierungsbedürftig
	kleiner als		grösser als
- Alle Objekte	100	148	120
- Kombikessel	100	146	120
- Ölheizungen	100	150	110

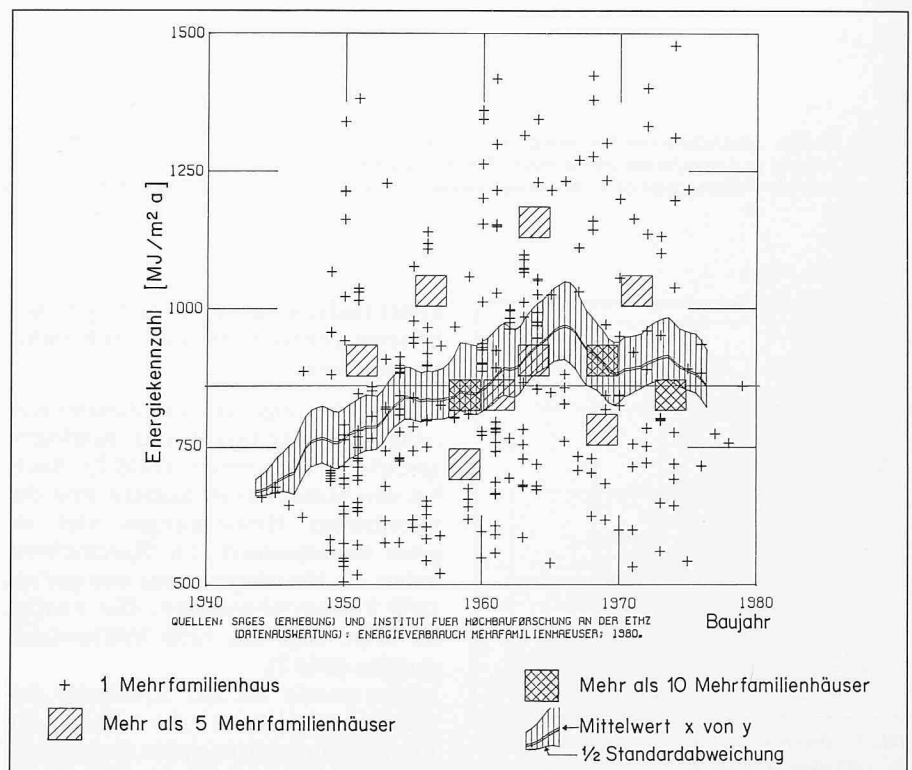


Bild 1. Energieverbrauch in Abhängigkeit des Baujahres. Totale Energiebezugsfläche: 761 800 m²

gleiche Abhängigkeit, d. h. ein Ansteigen der E-Wärme von etwa 550 um die Jahrhundertwende bis über 900 im Kulminationspunkt in den frühen 60er-Jahren und eine Trendumkehr etwa 10 Jahre vor der ersten Energiekrise (1973) zeigen alle grossen Gebäudegruppen (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Schulen, Bundesbauten usw.). Diese Abhängigkeit ist hauptsächlich durch geänderte Baukonstruktionen und zunehmenden Technisierungsgrad begründet [5].

Theoretisch müsste jedes Haus mit zunehmender *Grösse* spezifisch weniger Energie verbrauchen. Beim Mehrfamilienhaus stellt man eine Abnahme fest bis in den Grössenordnungs-Bereich von 1500 m² Bruttogeschossfläche. Ab dieser Baugrösse überwiegen verbrauchsfördernde Einflüsse wie zentrale Heizsysteme, Warmwasser-Umwälzungsverluste usw. Klar unterschiedlich ist auch der Energieverbrauch je nach *Heizsystem*. Der schlechte Wirkungsgrad der existierenden Kombi-

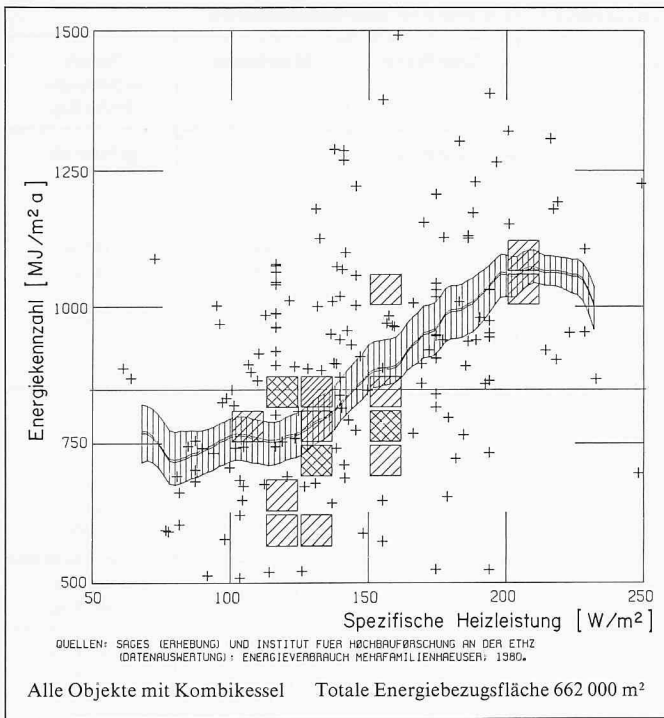


Bild 2a (oben). Energieverbrauch in Abhängigkeit der spezifischen Heizleistung

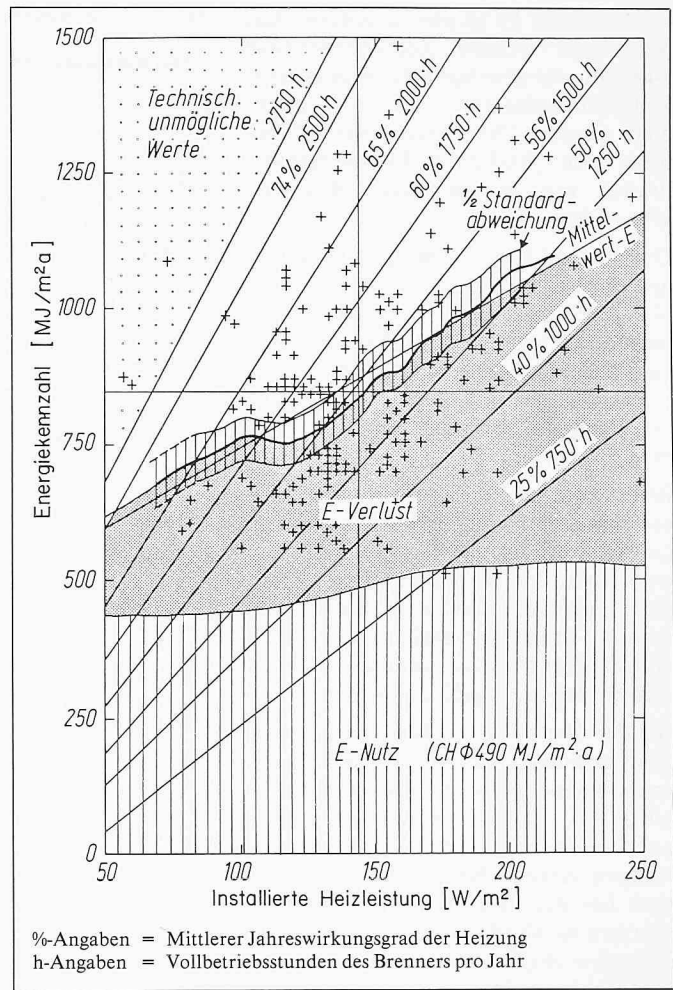


Bild 2b (rechts). Aufteilung von Nutzenergie und Verlusten in Abhängigkeit von E-Kennzahl und spezifischer Heizleistung. Berechnungsannahmen: Feuerungstechnischer Wirkungsgrad 88%; Strahlungsverluste 3%; Innere Auskühlung 1,5%

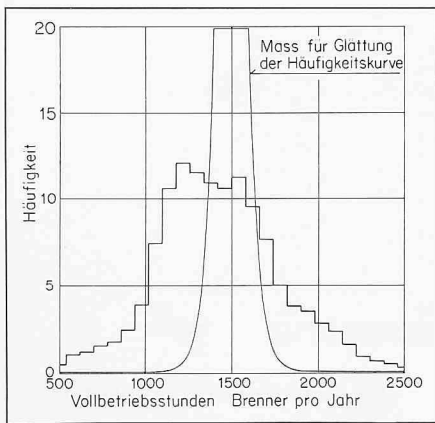
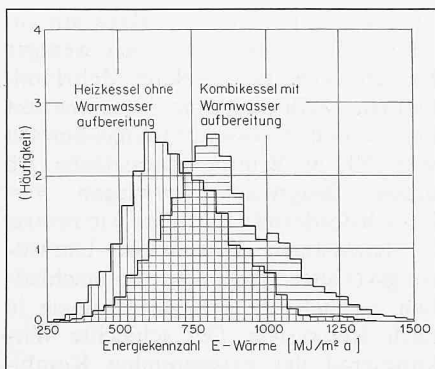


Bild 3. Brennerbetriebsstunden beim Kombikessel. Verteilung der Häufigkeit

Bild 4. Energiekennzahl Mehrfamilienhäuser. Verteilung der Häufigkeit



kessel findet seinen Niederschlag in der höheren Energiekennzahl aller Kombikesselhäuser.

Sehr schön zeigt sich der Zusammenhang Energiekennzahl und installierte spezifische Heizleistung (Bild 2). Auch bei den Mehrfamilienhäusern sind die installierten Heizleistungen viel zu gross dimensioniert. Im Durchschnitt haben die Heizungen etwas weniger als 1500 Vollbetriebsstunden. Der häufigste Wert liegt um 1250 Vollbetriebsstunden (Bild 3).

Leider wurde bei der Erfassung der Mehrfamilienhäuser der Parameter Einzelgebäudeheizung oder Sammelheizung für mehrere Gebäude nicht erfasst. Aus der Energiekennzahl-Auswertung eines grossen Hauseigentümers wissen wir aber, dass der Unterschied zwischen Einzelgebäudeheizung und Sammelheizungen bei allen Nutzungsstufen (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Verwaltungsgebäude usw.) markant ist. Auch die nachträgliche Auswertung einzelner Mehrfamilienhäuser aus unseren vorliegenden Erhebungen zeigt klar, dass im Durchschnitt mehr als 100 MJ/m² a für die Verteilung verbraucht werden. Bei der Einzelgebäudeheizung bleiben zudem 30% bis 50% der Kesselverluste als freie Wärme im Haus. Der

allfällig schlechtere Kesselwirkungsgrad der Einzelgebäudeheizung wird wettgemacht durch die angepasste Betriebszeit an die vorhandene Gebäudesubstanz. Bei Sammelheizungen muss immer nach dem am meisten exponierten Verbraucher geheizt werden.

Auch bei den Mehrfamilienhäusern musste als negatives Resultat die Erfahrung gemacht werden, dass zwischen der mittleren Jahrestemperatur und dem Energieverbrauch kein direkter Zusammenhang besteht. Die bisher bei allen Energiekennzahl-Erhebungen durchgeführten Normierungen ergeben ein verzerrtes Bild. Bei der Erarbeitung der SIA-Empfehlung 180/4 wurde deshalb richtigerweise auf die Normierung verzichtet. Ein wenig schmeichelhaftes Ergebnis für die vielen Komponenten-Hersteller für aussentemperaturgeführte Heizungsregelungen ist die Tatsache, dass die Summe der handgesteuerten Objekte mit einer E-Heizen von 729 um 12% tiefer liegt als die Summe der Häuser mit automatischer Steuerung und Nachtabenkung. Die übrigen Parameter, wie Alter, Grösse usw. wurden ebenfalls mitbeurteilt. Die entsprechenden Werte weichen bei den beiden Gruppen nicht sehr stark voneinander ab. Leider wurden nur 8 Fälle mit indi-

vidueller Heizkosten-Abrechnung erfasst. Die wenigen Gebäude sind im Durchschnitt wesentlich älter und in der Mehrzahl wohnt der Eigentümer (und Hauswart) selber im Haus. Die tiefere Zahl für *E-Heizen* ist unter Berücksichtigung dieser beiden Randbedingungen leicht erklärlich und eher enttäuschend. Sie darf aber wegen der geringen Anzahl von Fällen nicht als statistisch gesichert betrachtet werden.

Risikoanalyse

Alle bisherigen Erhebungen zeigten, dass der häufigste Wert für *E-Wärme* wesentlich tiefer liegt, als der Durchschnittswert für alle Gebäude. Die Häufigkeitsverteilung ist also stark asymmetrisch (Bild 4). Um vom Mittelwert zum häufigsten Wert zu gelangen, muss man die *Risikofaktoren* beurteilen, die zu einem überhöhten Energieverbrauch führen. Bei der Auswertung der Verbrauchs-Parameter wurden folgende Risikofaktoren erkannt:

E-Heizen

- Mehrfamilienhäuser mit mehr als 150 W/m^2 spezifischer Heizleistung 1000
- Alle Mehrfamilienhäuser mit beheizter Einstellgarage und Lüftung für innenliegende Bäder und WC's 968
- Mehrfamilienhäuser der Baujahre 1960 bis 1970 920
- Mehrfamilienhäuser mit beheizter Einstellgarage (ohne WC- und Bad-Lüftung) 870
- Mehrfamilienhäuser mit mechanischen Lüftungen für innenliegende Bäder und WC's 853
- Mehrfamilienhäuser mit anderen Lüftungen 849

Interessanterweise haben alle Objekte, die den Mietern keinen ausgeglichenen Komfort bringen (22%, *E-Heizen* = 765) und alle Objekte, in denen bereits Kondenswasserschäden vorhanden sind (11%, *E-Heizen* = 752) keine übermässig hohe Energiekennzahl. Die Tatsache, dass bei den Mehrfamilienhäusern «nur» 11% Kondenswasserschäden haben – gegenüber 12% bei den Einfamilienhäusern – dürfte eher darauf zurückzuführen sein, dass die Mehrzahl der Ausfüller von Fragebogen den Hausverwaltungen angehören.

Schliesst man alle Häuser mit einem oder mehreren Risikofaktoren aus, so erhält man das durchschnittliche «normale» Gebäude, dessen Energieverbrauch man für die Bewertung nach dem *Energiebilanz-Modell* verwenden kann. So haben beispielsweise alle Mehrfamilienhäuser ohne beheizte Einstellgarage und ohne Lüftung eine um 20% tiefere Energiekennzahl und alle Häuser mit weniger als 150 W/m^2 spezifischer Heizleistung eine um 23% tiefere Energiekennzahl.

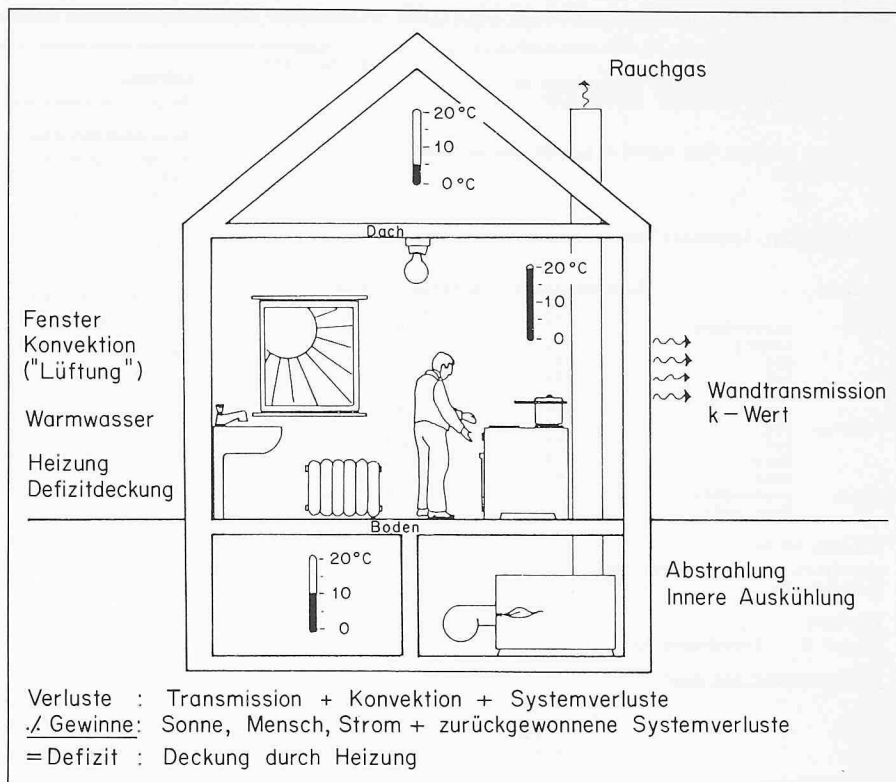


Bild 5. Grundlagen der Energiebilanz

Das statistische Normalhaus

Das so errechnete «normale» Mehrfamilienhaus hat eine Energiekennzahl für *E-Heizen* von 720; es ist im Durchschnitt drei Jahre älter als der Gesamtdurchschnitt, es hat eine eigene Heizung im Haus und hat weder innenliegende Bäder noch WC's mit mechanischer Lüftung und eine installierte spezifische Heizleistung von 130 W/m^2 . Es kommt am häufigsten im grossen Bereich der 6- bis 12-Familienhäuser vor. Aus der Zeitperiode heraus ist dieses Haus auch dadurch charakterisiert, dass es eine Doppelverglasung hat, ein 32er-Mauerwerk (d. h. einen *k*-Wert der Wände von etwa $0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), ein schlecht isoliertes Dach (*k*-Wert $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) und eine unisolierte Geschossdecke über dem Untergeschoss. An diesem typischen Mehrfamilienhaus, das prioritär nach der Sonne orientiert ist und eine West/Ost-Ausrichtung hat, wird im folgenden das Energiebilanz-Modell dargestellt.

Energiebilanz des statistischen Mehrfamilienhauses

Bisher war es nicht üblich, für Gebäude den Jahres-Energieverbrauch unter Berücksichtigung der *Sonneneinstrahlung* und der *inneren Abwärmen* zu rechnen. Die vereinfachende Annahme, dass jede *k*-Wert-Verbesserung linear mit einer Verbrauchsreduktion einhergehe, kann dem komplexen Vorgang des

Energieverbrauchs in keiner Art und Weise Rechnung tragen. Mit der zunehmenden Verbesserung der Wärmedämmung sinkt der Wärmeabfluss, aber auch der nutzbare Anteil an passiver Sonnenenergie. Andererseits muss jede Veränderung im Wärmeabfluss (Transmission und Konvektion) mindestens zu einer Änderung der Regelung der *Heizung* – wenn nicht sogar zu einem Auswechseln der Heizung – führen. Viele Enttäuschungen nach Sanierungen haben ihre Ursache darin, dass die Veränderungen an der Hülle und an der Heizung nicht ausgewogen erfolgten.

Die Berechnungsformeln für eine Energiebilanz sind in den schweizerischen Standardwerken [6, 7] für den energierechten Neubau und für die wärmetechnische Gebäudesanierung enthalten.

Energieverluste

Der *Energiebedarf* entsteht aus dem Wärmedurchgang durch die Aussenwände (Transmissions-Verluste), aus dem Abfluss verbrauchter Luft, respektive dem Aufwärmen der neu zugeführten Luft (Konvektionsverluste) und den System- und Verteilverlusten, beispielsweise den Rauchgasverlusten bei Ölheizungen. Bei den vorhandenen Gebäuden ist zusätzlich noch mit etwa 10% Aufwand für die Bereitstellung des Brauchwarmwassers zu rechnen. Bei Neubauten macht dann der Anteil für Brauchwarmwasser bereits 40% und mehr am Gesamtenergieverbrauch aus.

Tabelle 3. Statistisches Normalhaus (Schweiz). Objektdaten, Standortdaten, Berechnungsannahmen und Energiebilanz

Objekt: Mehrfamilienhaus STATISTISCHES NORMALHAUS CH 8888 SCHWEIZ. MITTELLAND			Obj.Nr. 1111	<u>Lüftung</u>	
				Anzahl Luftwechsel pro Stunde n = 0.50	Normalwert od. Bereich EFH .4 / MFH .6
NORMHAUS E-WÄRME 720 MJ/17.2 kg OEL pro m2.JAHR 8 Wohnungen				<u>Nutzungsfaktoren</u>	
				Strom allgemein 0.80	.5 - .9
				Gas für Kochen 0.00	.1 - .5
				Cheminee 0.00	.1 - .5
				Heizungsverluste 0.70	.2 - .6
				Personenwärme 0.65	.1 - .7
				Globalstrahlung ganzes Jahr 0.80	.4 - .8
				G.strlg. z. Zeitpt. der Heizgrenze 0.60	.4 - .8
<u>OBJEKTDATEN:</u> (gemessen oder gerechnet)				<u>Beschattungsgrad</u>	
				Beschattungsfaktor 0.60	.4 - .7
<u>Bauteil</u>			<u>Flächen in m2</u>	<u>k-Werte in W/m2K</u>	<u>Heizung</u>
Dach			230	0.800	Wirkungsgrad der Heizung im Sommer 0.10
Wand erdberührt			0	0.000	Jahreswirkungsgrad der Heizung 0.67
Wand innere			0	0.000	
Wand Süd			95	0.900	
Wand Ost			160	0.900	
Wand Nord			95	0.900	
Wand West			160	0.900	
Fenster Süd			8	2.800	
Fenster Ost			68	2.800	
Fenster Nord			8	2.800	
Fenster West			68	2.800	
Boden erdberührt			230	1.800	
Boden über Luft			0	0.000	
<u>Volumen in m3</u>					<u>BILANZ:</u> Energieabfluss - Energiegewinn = Energiezufuhr
Beheiztes Brutto Volumen 1840					-----
Luftvolumen 1656					Transmission (Wände, Fenster, Dach)
<u>Bewohner</u>					Dach 56 GJ/a
Kinder 8 Erwachsene 15					Wand erdberührt 0 GJ/a
					Wand innere 0 GJ/a
					Wand Süd 26 GJ/a
					Wand Ost 44 GJ/a
					Wand Nord 26 GJ/a
					Wand West 44 GJ/a
					Fenster Süd 7 GJ/a
					Fenster Ost 58 GJ/a
					Fenster Nord 7 GJ/a
					Fenster West 58 GJ/a
					Boden erdberührt o. Keller 76 GJ/a
					Boden über Aussenluft 0 GJ/a
<u>Energiezufuhr pro Jahr</u>					Total Transmission 402 GJ/a 79.8 %
Oel 12050 kg 505 GJ					Wassererwärmung 63 GJ/a 12.6 %
Strom 21000 kWh 76 GJ					Konvektion (Lüftung) 101 GJ/a 20.0 %
Gas 0 kWh 0 GJ					Umwandlungsverluste 166 GJ/a 33.0 %
Holz 0 m3 0 GJ					Total Energie-Abfluss 732 GJ/a 145.4 %
<u>Heizleistung</u>					-----
75'000 kcal/h					Abwärme Personen 20 GJ/a
					Abwärme Strom 39 GJ/a
					Abwärme Warmwasser 18 GJ/a
					Abwärme Heizung 65 GJ/a
					Abwärme Cheminee 0 GJ/a
					Abwärme Gas 0 GJ/a
<u>STANDORTDATEN</u>					Total Abwärmen 143 GJ/a 28.4 %
<u>Globalstrahlung</u>					Sonneneinstrahlung 86 GJ/a 17.0 %
Mittlere Globalstrahlung während der Heizperiode					Total Energie-Gewinne 228 GJ/a 45.4 %
Südfassade 8600 kJ/m2.d					-----
Ost/Westfassade 4900 kJ/m2.d					Energiezufuhr gerechnet 503 GJ/a 100 % *
Nordfassade 2050 kJ/m2.d					-----
Mittlere Globalstrahlung zum Zeitpunkt der Heizgrenze					* 1 % = 5 GJ = 120 kg Oel
Südfassade 10000 kJ/m2.d					Kontrolle:
Ost/Westfassade 9100 kJ/m2.d					Verbrauch gerechnet 503 GJ/a 99.8 %
Nordfassade 3600 kJ/m2.d					Verbrauch gemessen 505 GJ/a 100 %
<u>Heizdaten</u> nach SIA 180					Abweichung -1 GJ/a = -0.2 %
Heizgradtage nach SIA 180 3700					Heizgrenze 12.8 C
Heiztage nach SIA 180 230					Heiztage 237 gerechnet
					Heizgradtage 3526 gerechnet
<u>Höhe</u>					Datum: 25.9.1981
H.ü.M. 400 m					Der Auswerter: <i>U. Hofer</i>
<u>BERECHNUNGSANNAHMEN:</u>					
<u>Mittlere Temperatur</u>					
- der Innenräume 19 C 20 C					
- des Erdreiches unter beh. Räumen 10 C 10 C					
- kalter Innenräume 10 C 10 C					
<u>Warmwasser</u>					
Warmwassertemperatur 55 C 60 C					
Warmwasserverbrauch pro Person 40 l/Tag 35 - 60 l/d					

Energiegewinne

Bei Neubauten ist darauf zu achten, dass möglichst hohe Anteile der Strahlungsenergie und der inneren Abwärmen genutzt werden können und nur noch der verbleibende Restenergiebedarf durch zugeführte Fremdenergie gedeckt wird.

Bei der *Sonneneinstrahlung* ist der Gewinn durch das Fenster am grössten. Der Strahlungsgewinn durch die Wände macht auf der Südseite höchstens 15%, auf der Nordfassade etwa 3% der Transmissionsverluste aus.

Wesentlich ins Gewicht fallen die *inneren Abwärmen* aus dem Stromver-

brauch für Kochen, Beleuchtung, Apparate usw., die im Haus verbleibenden Verluste aus der Verteilung von Brauchwarmwasser, die Wärmeleistung der Einwohner und die Rückgewinnung aus den Systemverlusten, sofern die Heizung im Hause selber installiert ist (Bild 5).

Restbedarf an zugeführter Energie

Das Defizit zwischen Energieverlusten und -gewinnen muss durch die *Heizung* abgedeckt werden. Diese Deckung des Restbedarfs ist grundsätzlich möglich aus einer Öl- oder Gasheizung im Hause, aus Fernwärmenetzen und/oder aus Wärmepumpen. Die Wärmequellen

können extern sein (Grundwasser, Pleinar-Netz usw.) oder intern. Durch die Rückgewinnung innerer Abwärmen, z. B. können die Luftmengen der mechanischen Lüftungen über eine Wärmepumpe geführt werden, reduziert sich das zu deckende Defizit.

An dieser Stelle sei kurz auf die Problematik der *Fernwärmeversorgung* hingewiesen. Bei heutigen Bauten kann während 250 Tagen Heizwärme geliefert werden, was einem Abrechnungsbetrag von 20 kg Heizöl pro m² entspricht. Verbesserte Bauten brauchen je nach Stand der Sanierung noch 14 bis 6 kg Öl pro m². Der Verbrauch fällt nur noch zwischen 210-160 Tagen an. Das Fern-

Tabelle 4. Statistisch normales Mehrfamilienhaus (Schweiz). Sanierungsfälle A bis F.

Berechnungselemente	Fall A Ist-Wert	Fall B Dach und Boden isoliert	Fall C Heizung ersetzt	Fall D Aussenisola- tion angebracht	Fall E Fenster abgedichtet	Fall F Fenster 3fach verglast
Dach (k-Wert in W/m²K)	0,8	0,3				
Wand (k-Wert in W/m²K)	0,9			0,4	vorher verboten!	
Fenster (k-Wert in W/m²K)	2,8					1,8
Boden (k-Wert in W/m²K)	1,8	0,6	*			
Temperatur der Innenräume	19 °C	20 °C		18,5 °C		
Luftwechsel pro h	0,50				0,3	
Heizung (Wirkungsgrad Sommer)	0,10	Heizung- einreguliert	0,65			
Heizung (Wirkungsgrad Winter)	0,67		0,88	0,85	0,83	0,81
Heizgrenze (°C)	12,5	12,4	13,5	10,7	9,7	8,4
Heiztage (d)	237	231	246	205	190	171
Heizgradtage (d)	3525	3719	3822	3177	3035	2868
E-Wärme	720	640	518	344	291	229

☐ Massnahme ➡ Folgeerscheinung * Neue Heizung mit 40 kW (bisher 87,5 kW)

Tabelle 5. Statistisch «normales» Mehrfamilienhaus (Schweiz). Sanierungsfälle A bis F. Energiebilanz in GJ pro Jahr

		Fall A Ist-Wert		Fall B Dach und Boden isoliert		Fall C Heizung ersetzt		Fall D Aussenisolation angebracht		Fall E Fenster abgedichtet		Fall F Fenster 3fach verglast	
		[GJ]	[%]	[GJ]	[%]	[GJ]	[%]	[GJ]	[%]	[GJ]	[%]	[GJ]	[%]
Energiebedarf	Dach	56		22		23		19		18		17	
	Wände	140		146		152		56		54		50	
	Fenster	130		136		140		116		112		68	
	Boden	76		28		29		21		19		17	
	Total Transmissionen	402	80	332	74	344	95	212	88	203	100	152	95
	Brauchwarmwasser	63	13	63	14	63	17	63	26	63	31	63	39
Energiegewinn	Konvektion	101	20	106	23	109	30	91	38	52	26	49	31
	Umwandlungsverluste	166	33	162	36	44	12	36	15	35	17	27	17
	Total Energieabfluss	732	146	663	147	560	154	404	167	353	174	291	182
	Abwärme: Personen	20		20		21		18		16		15	
Strom	39		38		41		34		32		28		
Warmwasser	18		18		19		16		15		13		
Heizung	65		55		28		21		19		14		
Total Abwärme	142	28	131	29	109	30	88	37	82	40	70	44	
Sonneneinstrahlung	86	17	83	19	89	25	74	30	69	34	62	38	
Total Energiegewinn	228	45	214	48	198	55	162	67	151	74	132	82	
Restenergiebedarf	Zufuhr von Öl	505	100	451	100	363	100	241	100	204	100	160	100
	Ölverbrauch bezüglich Fall A in %		100		89		72		48		40		32

wärmenetz hat aber seine Bereitschaftsverluste nach dem letzten (schlechtesten) Gebäude zu berechnen. Die mittleren Fernwärmeverluste von heute etwa 8% nehmen zwar absolut nicht wesentlich zu, steigen aber auf 20% und mehr der verkauften Energiemengen.

Durchgerechnetes Beispiel eines «normalen» Mehrfamilienhauses

In Tabelle 3 (EDV-Ausdruck) ist im Fall A der heutige Wert bilanziert, und nachfolgend sind in Tabelle 4 die Sanierungsfälle in bauphysikalisch vertretbarer Reihenfolge aufgezeigt. Tabelle 5 gibt die Prognose-Resultate wieder.

Fall B: Oberste Geschossdecke (Dach) und Trennfläche zwischen Keller und Erdgeschoss (Boden) werden isoliert. Die Heizung wird neu einreguliert. Die mittlere Innentemperatur steigt an. Die Öleinsparung beträgt etwa 11%. Der Komfort wird im Hause wesentlich ausgeglichener sein.

Fall C: Die Heizung wird saniert (Kessel und Brenner neu, Kamin angepasst). Die Restöleinsparung beträgt etwa 17%. Diese Massnahme ist sehr wirksam.

Fall D: Es wird eine Aussenisolation angebracht und gleichzeitig die Raum-

temperatur abgesenkt. Die Restöleinsparung ist mit weiteren 24% eher enttäuschend im Verhältnis zum Aufwand. Massnahme D ist aber oft Voraussetzung für die Massnahme E.

Fall E: Die bisher «verbotene» Abdichtung (Schimmelbildung) der Fenster darf jetzt ausgeführt werden. Restöleinsparung 8%.

Fall F: Es wird aus Demonstrationsgründen angenommen, der Einbau von 3-fach-verglasteten Fenstern werde unabhängig von Massnahme E ausgeführt. Deshalb ist auch der Erfolg mit einer Restöleinsparung von nur 8% gering.

Tabelle 6. Ziel- oder Richtwerte (Minimalanforderungen) für ölbheizte Mehrfamilienhäuser

	Neubau	Altbau nach Sanierung
Installierte spezifische Heizleistung [W/m ²]	< 60*	< 80
Maximaler Jahresenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser [MJ/m ² a]	< 350	< 450*
Minimaler Energievorrat im Hause Öltank-Grösse	1 Jahresbedarf* 1 1/2 Jahresbedarf	1/2 Jahresbedarf* 1 Jahresbedarf

* massgebende Richtwerte

Man beachte ganz allgemein, wie kompliziert die *gegenseitigen Abhängigkeiten* sind. Der Ölbedarf sinkt zwar gesamthaft um 68%, obwohl der Energieabfluss «nur» um 58% zurückgeht. Der Abwärmeanteil inkl. Sonneneinstrahlung steigt von 45% auf 82%. Der Anteil Brauchwarmwasser am Wärmebedarf steigt von 13% auf 39% und wird zum dominierenden Verbrauchsfaktor. Die Heiztage gehen von 237 sukzessive auf 171 Tage zurück; die Heizgrenze sinkt von 12,5 °C auf 8,4 °C.

vor die Hülle saniert ist, kann kein Gesetzgeber das Risiko für eine zwangsverordnete «individuelle Heizkostenabrechnung» übernehmen. Eine Verdoppelung der Lüftungsrate (Dauerlüfter) erhöht den Energieverbrauch in unserem Beispiel um 15%. Auch der Mieter kann durch sein Verhalten massgeblich zur Verbrauchsreduktion beitragen. Mehr als die Hälfte aller Mehrfamilienhäuser hat aber so tiefe Energiekennzahlen, dass in diesen Häusern keine «Dauerlüfter» vermutet werden müssen.

Damit die Bauplaner ihren Bauherren brauchbare Entscheidungsgrundlagen auf den Tisch legen können, die auf echten Optimierungsberechnungen beruhen, sollte mit Ziel- oder Richtwerten gearbeitet werden (Tab. 6). Es kann dem Mieter und der Allgemeinheit gleichgültig sein, wie ein Eigentümer ein Ziel erreichen will, wichtig ist nur, dass wirtschaftlich erreichbare Sanie-

Ziel- oder Richtwerte

Energiekennzahlen über 900 sind im Mehrfamilienhaus durch die Hausbesitzer, respektive Baufachleute zu verantworten. Energiekennzahlen unter 600 können nur von Mieter und Vermieter gemeinsam erzielt werden. Be-

Energiegerechte Mehrfamilienhäuser

Drei Beispiele von Neubauten

Von Roland Stulz, Zürich

Energiesparen beim Neubau

Möglichkeiten und Grenzen

Dem Energiesparen im Mehrfamilienhausbau sind naturgemäss engere Grenzen gesetzt als zum Beispiel im Einfamilienhaus oder bei öffentlichen Gebäuden. Die Gründe hierfür sind vor allem *finanzieller* und *organisatorischer* Art. Einerseits darf durch Mehrinvestitionen für Energiesparmassnahmen der Mietzins nicht aus dem relativ engen marktüblichen Preisrahmen fallen, und andererseits muss das sehr unterschiedliche Mieterverhalten beim Einbau von Energiesparelementen berücksichtigt werden.

Die Praxis hat uns gelehrt, dass beim Entscheid für oder gegen die Ausführung von Energiesparmassnahmen *folgende Aspekte* zu beachten sind:

- Energiesparen mit gutem Kosten/Nutzen-Verhältnis besteht nicht im Einsatz einer spektakulären Maschine, sondern kann nur durch die sinnvolle *Kombination von vielen Einzelmassnahmen* an Bauhülle und Haustechnik gewährleistet werden.
- Energiesparen ist in der Regel mit merklichen *Mehrinvestitionen* und *planerischem Mehraufwand* verbunden.
- Der Einsatz von Energiespartechniken lohnt sich trotzdem auch für den einfachen Wohnungsbau.

Literaturverzeichnis

- [1] Brunner C. U. et al.: «Auslöser und Nebenwirkungen beim Energiesparen im Bauwesen». SNF, Nationales Forschungsprogramm, Zürich, Nov. 1980
- [2] Wick B.: «Sparobjekt Einfamilienhaus». Verlags-AG der akademischen technischen Vereine, Zürich, Februar 1981
- [3] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA): SIA-Empfehlung 180/4 «Die Energiekennzahl», bereinigter Entwurf. SIA Zürich, 23.9.1981
- [4] Schweizerische Aktion Gemeinsinn für Energiesparen (Sages): Fragebogen «Energiekennzahl» Mehrfamilienhäuser. Zürich, Juni 1979
- [5] Wick B.: «Energieverbrauch Mehrfamilienhäuser». Vortragsmanuskript, Sages-Tagung Bern, Mai 1980
- [6] Bundesamt für Konjunkturfragen: Wärmetechnische Gebäudesanierung, Handbuch Planung und Projektierung. EDMZ Bern, Januar 1980
- [7] Eidg. Departement des Innern, Amt für Bundesbauten: Energiegerechte Neubauten. EDMZ Bern, August 1981

rungsziele formuliert werden. Der Vermieter kann beispielsweise eine Wärmepumpe installieren oder eine maximale Dämmung ausführen lassen. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeit und der Grenzen der Behaglichkeit muss seine Entscheidungsfreiheit gewahrt bleiben.

Adresse des Verfassers: B. Wick, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro für Energietechnik, 8967 Widen.

- Der *Bauherr* sollte als Entscheidungskriterien das Kosten/Nutzen-Verhältnis und die Versorgungssicherheit und nicht nur die Mehrkosten betrachten.
- Die Motivation der *Mieter* für die richtige Benutzung von energiesparenden Techniken sollte durch entsprechende Beratung und eventuell finanzielle Anreize angeregt werden.

Drei Fallbeispiele

An den drei nachfolgend dargestellten Beispielen soll möglichst das *ganze Spektrum* der heute im Wohnungsbau realisierbaren Energiesparmassnahmen dargestellt werden. Hierbei werden folgende Aspekte behandelt:

Im *Beispiel A* werden aktive und passive Energiesparelemente grundsätzlich aufgeführt. Als Entscheidungskriterien im Gespräch zwischen Bauherrn und Architekten wurden hierbei diskutiert

- Gebäudestellung und Grundrissentwurf
- Bauhülle
- Haustechnik