

Zeitschrift:	Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	101 (1983)
Heft:	18
Artikel:	Energiekennzahlen von Bundesbauten: SIA-Publikationsreihe "Energiekennzahlen von Gebäudegruppen"
Autor:	Burkhardt, Ueli / Wick, Bruno
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-75126

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: 22.02.2026

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

Allgemeine Angaben

- Beschreibung der Nutzungsgruppe (z. B. Mehrfamilienhäuser, Schulen etc.)
- Erhebungsumfang: Anzahl erfasste Gebäude oder Objektgruppen (Heizzentralen), total erfasste Energie menge (in GJ), total erfasste Energie bezugsfläche (EBF in m²)
- Geographische Lage der Objekte (inkl. Höhenangabe)
- Erhebungszeitraum für Energieverbrauchserfassung
- Mittlere Grösse der Objekte (m³ oder m² EBF)
- Mittleres Alter der Objekte
- Sanierungshinweise

Technische Angaben

- Energiekennzahlen: getrennte Angaben für Teilenergiekennzahlen (Heizung, Warmwasser etc. oder Aufteilung nach Endenergieträger): Häufigkeitsverteilung, Mittelwerte, Streubereiche
- Installierte spezifische Heizleistung

(Watt pro m²)

- Evtl. Untergruppenbildung (sofern genügend Objekte erhoben worden sind): Differenzierung nach Heizmedien, technischer Ausrüstung, Art der Warmwasserversorgung etc.

Interpretation der Energiekennzahlen

- Vergleich mit Mittelwerten bereits publizierter Erhebungen
- Evtl. mehrjährige Erhebungen (Entwicklungstrend)
- Kommentar/Begründung
- Spezielle Erkenntnisse
- Grenzen der Aussagekraft

Zusatzhinweise

- Auftraggeber der Untersuchung (falls nicht eine anonyme Publikation bevorzugt wird); Sachbearbeiter der Untersuchung
- Hinweise auf Literatur und nichtveröffentlichte Untersuchungsberichte
- Publikationsumfang: pro Publikation 4 Druckseiten, umfassend ca. 2 Druckseiten Text und 2 Seiten Grafiken

phik und Tabellen (Textumfang max. 8 Seiten A4, Schreibmaschine, 1½-Schaltung)

Schlussbemerkung

Der SIA hofft, dass mit dem vorliegenden Einführungsspiel und den zwei nachfolgenden Publikationsbeispielen des «Amtes für Bundesbauten» und der «Gemeinde Bolligen» die Grundlage gegeben ist für eine aussagekräftige Publikationsserie über Energiekennzahlerhebungen, aus der die interessierten Architekten, Ingenieure, Liegenschaftsbetreiber und Amtsstellen möglichst breit abgesicherte Energiekennzahlen und wesentliche Folgerungen für die Praxis entnehmen können.

Adressen der Verfasser: K. Meier, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, 8029 Zürich, und B. Wick, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro, 8967 Widen AG.

Energiekennzahlen von Bundesbauten

SIA-Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen»

Von Ueli Burkhardt, Bern und Bruno Wick, Widen

Einleitung

Das Amt für Bundesbauten betreut alle Hochbauten des Bundes und seiner Anstalten, ausgenommen die Bauten der PTT und der SBB. 1975 wurde es vor die Aufgabe gestellt, den heterogenen Bestand von rund 4200 beheizten Gebäuden auf seine energetische Qualität zu untersuchen und wo nötig zu verbessern. Es galt vorab, im Rahmen eines allgemeinen Untersuchungs- und Sanierungskonzeptes, mittels einer Groberhebung diesen Gebäudebestand sukzessive zu erfassen. Schliesslich war auch eine Erfolgskontrolle über die eingesparte Energie zu führen. Zu diesem

Zweck wurde die Energiedatistik ESTAT geschaffen. Ihre wichtigsten Funktionen sind nachfolgend kurz aufgezählt:

- Berechnung und Bewertung bzw. Gewichtung der Geschossflächen nach Nutzungsart und Technisierungsgrad
- Zusammenführen der Energieverbrauchszahlen (Bild 1) und der bewerteten Flächen
- Berechnung der Energiekennzahlen für $E_{Wärme}$, E_{Strom} und $E(E_{total})$
- Normalisierung (auf Bern) der Energiekennzahlen jedes Gebäudes in Funktion der jährlichen Klimaschwankungen, bezogen auf das langjährige Temperaturmittel

- Ausgabe der Resultate nach verschiedenen Sortier- und Selektionskriterien
- Klassierung der Bauten nach ihrem energetischen Wert im Vergleich zu anderen Gebäuden
- Rückmeldung der Resultate an den Gebäudebenutzer

Die Systematik der Erhebung ist im Sanierungshandbuch [1] im Detail dargestellt.

Allgemeine Angaben**Erhebungsumfang**

Für die Auswertung der Heizperiode 1980/81 lagen die Daten von 2275 Gebäuden vor. Nur jedes dritte Gebäude wird mit einer Heizung im Gebäude selbst – im folgenden *Einzelheizung* genannt – geheizt. Zwei von drei Gebäuden werden fernversorgt aus (Heiz-)Zentralen. Ein kleiner Teil hiervon sind Gebäude, die an einer öffentlichen FernwärmeverSORGUNG angeschlossen sind. Im Mittel werden pro Zentrale nur 5,3 Gebäude versorgt. Trotzdem muss zwischen beiden Versorgungsarten in der gesamten Erhebung unterschieden werden, weil bei den Zentralen sehr oft keine Messung des Verbrauchs pro Gebäude erfolgt. In der Energiekennzahl sind also stets (bei

Tabelle 1. Gebäudebestand

		Zentralen	Einzelheizungen
Erhoben:			
Ø Anzahl Gebäude		277	808
Ø Energiebezugsfläche	[m ²]	5,3	1
Ø Energiemenge	[MJ]	7 826	1035
Ø Baujahr	[a]	30 174	1896
Ø Höhenlage	[m]	1950	1941
		601	628

FernwärmeverSORGUNG nur theoretisch) die «Systemverluste» aus Wärmeaufbereitung und -Verteilung enthalten. Die Häufigkeitsverteilung der ausgewerteten Objekte geht aus Bild 2 hervor.

Lage, Meereshöhe und Alter

Die Bauten des Bundes sind über die ganze Schweiz verteilt mit Schwerpunkten in Bern (Verwaltung), Thun (Werkstätten, Militär), Zürich und Lausanne (Hochschulen) und als Zollstationen wie eine Perlenkette rund um die Schweiz. Letztere sind verantwortlich dafür, dass die mittlere Meereshöhe mit 628 m für Einzelheizungen höher ist als der schweizerische Gebäudeschwerpunkt. Die Gebäude sind im Mittel 10 Jahre älter als der Durchschnitt unseres Gebäudebestandes mit Zentralheizungen. Dieses höhere Alter kann dadurch erklärt werden, dass der Bund grossen Wert auf die Substanzerhaltung in seinem Gebäudebestand legt.

Normalisierung und Gewichtung nach Raumtemperatur

Obwohl alle Energiekennzahlen – normalisiert auf Bern und auf ein Normaljahr bezüglich Jahresmitteltemperatur – vorliegen, werden im folgenden entsprechend der Empfehlung SIA 180/4 nicht normalisierte Energiekennzahlen verglichen. Hingegen sind alle Werte nach der mittleren Raumtemperatur (Auslegungstemperatur nach Anhang A5, Empfehlung SIA 180/4) gewichtet. Bei Verwaltung, Zoll, Hochschulen usw. spielt der Korrekturfaktor praktisch keine Rolle. Bei vielen teilbeheizten Gebäuden (Werkstätten, Kasernen, Lager usw.) ist dieser Korrekturfaktor von grosser Bedeutung für die Vergleichbarkeit der Werte.

Technische Angaben

Das ESTAT-Programm erlaubt die Aufteilung in $E_{Brennstoff}$ und E_{Strom} . In $E_{Brennstoff}$ sind keine Elektroheizungen enthalten. Die Aufteilung in E_{Heizen} und $E_{Warmwasser}$ ist bei diesem komplexen Gebäudebestand nicht möglich. $E_{Brennstoff}$ wird im folgenden als $E_{Wärme}$ bezeichnet. E_{Strom} enthält also nebst dem Allgemeinstrom oft auch noch Strom für einzelne Warmwasserboiler und bei Werkstätten und Laboratorien einen Anteil an Prozessenergie. Dank der sehr differenzierten Untergruppenbildungen sind jedoch diese Einflüsse recht gut bekannt. Für Wohnhäuser mit individuellen Zählern für Wohnungsstrom wurden als Mittelwert 110 MJ/m² a aufaddiert.

Die Einführung der Kessel- bzw. Brenn-

<small>Amt für Bundesbauten Office des constructions fédérales Ufficio delle costruzioni federali</small>	Grobabmessung und Auswertung Première saisie et interprétation ESTAT 80/B1	<small>Brennstoff- und Medienverbrauch Consommation de combustible et de fluides énergétiques</small>																											
26. NOV 1982																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Anlage/Objekt Aménagement et ouvrage</td> <td style="width: 40%;">02004/MH BERN MATTENHOF VERE GEBAUDE MATTENHOFSTR. 5</td> <td style="width: 50%;">Baujahr/Vierge de construction 1960 Umgebaut/Transformation Höhenlage/Altitude 524 Arbeitsplätze/Places de travail 229</td> </tr> <tr> <td>Abt/BK/Ov./AC</td> <td>20 HB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Benutz/Utilisateurs</td> <td>314 AFB/MB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bauwerksart/Genie d'ouv.</td> <td>999 GEBAUDEGRUPPE M HEIZZ.</td> <td></td> </tr> </table>			Anlage/Objekt Aménagement et ouvrage	02004/MH BERN MATTENHOF VERE GEBAUDE MATTENHOFSTR. 5	Baujahr/Vierge de construction 1960 Umgebaut/Transformation Höhenlage/Altitude 524 Arbeitsplätze/Places de travail 229	Abt/BK/Ov./AC	20 HB		Benutz/Utilisateurs	314 AFB/MB		Bauwerksart/Genie d'ouv.	999 GEBAUDEGRUPPE M HEIZZ.																
Anlage/Objekt Aménagement et ouvrage	02004/MH BERN MATTENHOF VERE GEBAUDE MATTENHOFSTR. 5	Baujahr/Vierge de construction 1960 Umgebaut/Transformation Höhenlage/Altitude 524 Arbeitsplätze/Places de travail 229																											
Abt/BK/Ov./AC	20 HB																												
Benutz/Utilisateurs	314 AFB/MB																												
Bauwerksart/Genie d'ouv.	999 GEBAUDEGRUPPE M HEIZZ.																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Flächen/Surfaces</td> <td style="width: 40%;">Nach Nutzung/Selon affectation</td> <td style="width: 50%;">Nach Technologie/Selon de confort</td> </tr> <tr> <td>A. Stark beheizt/Chaudage intense</td> <td>0 m²</td> <td>0 Unbeheizt/Non chauffées 846 m²</td> </tr> <tr> <td>B. Erhöht beheizt/Chaudage élevé</td> <td>305 m²</td> <td>1 Beheizt/Chaudes 9421 m²</td> </tr> <tr> <td>C. Normal beheizt/Chaudage normal</td> <td>10719 m²</td> <td>2 Beheizt/Chaudes 2340 m²</td> </tr> <tr> <td>D. Reduziert beheizt/Chaudage réduit</td> <td>23 m²</td> <td>3 Klimatisiert/Climatisées 400 m²</td> </tr> <tr> <td>E. Stark reduziert beheizt/Chaudage fortement réduit</td> <td>0 m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F. Temperiert/Chaudage tempérée</td> <td>1114 m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G. Nicht temperiert/Chaudage tempérée légèrement</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H. Unbeheizt/Non chauffées</td> <td>846 m²</td> <td>Total 13007 m²</td> </tr> </table>			Flächen/Surfaces	Nach Nutzung/Selon affectation	Nach Technologie/Selon de confort	A. Stark beheizt/Chaudage intense	0 m ²	0 Unbeheizt/Non chauffées 846 m ²	B. Erhöht beheizt/Chaudage élevé	305 m ²	1 Beheizt/Chaudes 9421 m ²	C. Normal beheizt/Chaudage normal	10719 m ²	2 Beheizt/Chaudes 2340 m ²	D. Reduziert beheizt/Chaudage réduit	23 m ²	3 Klimatisiert/Climatisées 400 m ²	E. Stark reduziert beheizt/Chaudage fortement réduit	0 m ²		F. Temperiert/Chaudage tempérée	1114 m ²		G. Nicht temperiert/Chaudage tempérée légèrement			H. Unbeheizt/Non chauffées	846 m ²	Total 13007 m ²
Flächen/Surfaces	Nach Nutzung/Selon affectation	Nach Technologie/Selon de confort																											
A. Stark beheizt/Chaudage intense	0 m ²	0 Unbeheizt/Non chauffées 846 m ²																											
B. Erhöht beheizt/Chaudage élevé	305 m ²	1 Beheizt/Chaudes 9421 m ²																											
C. Normal beheizt/Chaudage normal	10719 m ²	2 Beheizt/Chaudes 2340 m ²																											
D. Reduziert beheizt/Chaudage réduit	23 m ²	3 Klimatisiert/Climatisées 400 m ²																											
E. Stark reduziert beheizt/Chaudage fortement réduit	0 m ²																												
F. Temperiert/Chaudage tempérée	1114 m ²																												
G. Nicht temperiert/Chaudage tempérée légèrement																													
H. Unbeheizt/Non chauffées	846 m ²	Total 13007 m ²																											
Heizung/Chaudage <small>Beachte auch die Gebäude/Alimente aussi les bâtiments 2004 BS</small>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Feuerungsart/Genie de chauffage</td> <td style="width: 40%;">0</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Kesselfassung/Puissance chaude</td> <td>kW</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kesselvolumen/Volume de la citerne</td> <td>m³</td> <td></td> </tr> </table>			Feuerungsart/Genie de chauffage	0		Kesselfassung/Puissance chaude	kW		Kesselvolumen/Volume de la citerne	m ³																			
Feuerungsart/Genie de chauffage	0																												
Kesselfassung/Puissance chaude	kW																												
Kesselvolumen/Volume de la citerne	m ³																												
Energie/Energie																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Verbrauch und Kosten/Consommation et coût:</td> <td style="width: 40%;">76/77 77/78 78/79 79/80 80/81</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>1. Öl/Mazout kg</td> <td>127680</td> <td>137760 108360 99960 105410</td> </tr> <tr> <td>2. Kohle/Charbon kg</td> <td>-</td> <td>- - -</td> </tr> <tr> <td>3. Koks/Coke kg</td> <td>-</td> <td>- - -</td> </tr> <tr> <td>4. Holz/Bois kg</td> <td>-</td> <td>- - -</td> </tr> <tr> <td>5. Fernwärme/Chaudage à distance kW/h</td> <td>-</td> <td>- - -</td> </tr> <tr> <td>6. Gas/Gaz kWh</td> <td>-</td> <td>- - -</td> </tr> <tr> <td>7. Elektrizität/Electricité kWh</td> <td>202210</td> <td>204640 206210 192420 200530</td> </tr> <tr> <td>8. Wasser/Eau m³</td> <td>-</td> <td>- 3013 3151</td> </tr> </table>			Verbrauch und Kosten/Consommation et coût:	76/77 77/78 78/79 79/80 80/81		1. Öl/Mazout kg	127680	137760 108360 99960 105410	2. Kohle/Charbon kg	-	- - -	3. Koks/Coke kg	-	- - -	4. Holz/Bois kg	-	- - -	5. Fernwärme/Chaudage à distance kW/h	-	- - -	6. Gas/Gaz kWh	-	- - -	7. Elektrizität/Electricité kWh	202210	204640 206210 192420 200530	8. Wasser/Eau m ³	-	- 3013 3151
Verbrauch und Kosten/Consommation et coût:	76/77 77/78 78/79 79/80 80/81																												
1. Öl/Mazout kg	127680	137760 108360 99960 105410																											
2. Kohle/Charbon kg	-	- - -																											
3. Koks/Coke kg	-	- - -																											
4. Holz/Bois kg	-	- - -																											
5. Fernwärme/Chaudage à distance kW/h	-	- - -																											
6. Gas/Gaz kWh	-	- - -																											
7. Elektrizität/Electricité kWh	202210	204640 206210 192420 200530																											
8. Wasser/Eau m ³	-	- 3013 3151																											
<small>In Franken/France</small> Pro m ² bewohnt/pour habité Pro Arbeitsplatz/Place de travail																													
<small>77042 77840 68559 103827 102171</small> <small>6.62 6.69 5.89 8.93 8.78</small>																													
Ausweisung/Interpretation <small>76/77 77/78 78/79 79/80 80/81</small>																													
<small>E-Zahlen: E-Brennstoff/E-combustible 498 510 395 372 380 E-Indice: E-Electricité/E-electricité 63 63 64 60 62 E-Totale: 561 573 459 432 442 Primärenergiefaktor PEF/Coefficient d'énergie primaire PEP 1.68 1.67 1.71 1.71 1.71 Anzahl Anlagen der Gesamtauswertung/Nombre total des ouvrages recensés 780 Mittelwert E-Totale aus Gesamtauswertung/Moyenne E-Totale des ouvrages recensés 970 Anzahl Anlagen vergleichbar/Balancier/Balances comparables 206 Mittelwert E-Totale vergleichbar/Balancier/Moyenne E-Totale des ouvrages comparables 1051</small>																													
<small>Verbrauch im Vergleich zu ähnlichen Bauten/Consumption comparée à d'ouvrages semblables Verbrauch im Vergleich zur Gesamtauswertung/Consumption comparée à l'ensemble des ouvrages recensés TIEF/BAS TIEF/BAS</small>																													

Bild 1. Formular C zur jährlichen Erfassung des Energieverbrauchs durch den Benutzer (rechter Abschnitt) und Rückmeldung der Vorjahreszahlen (linker Abschnitt)

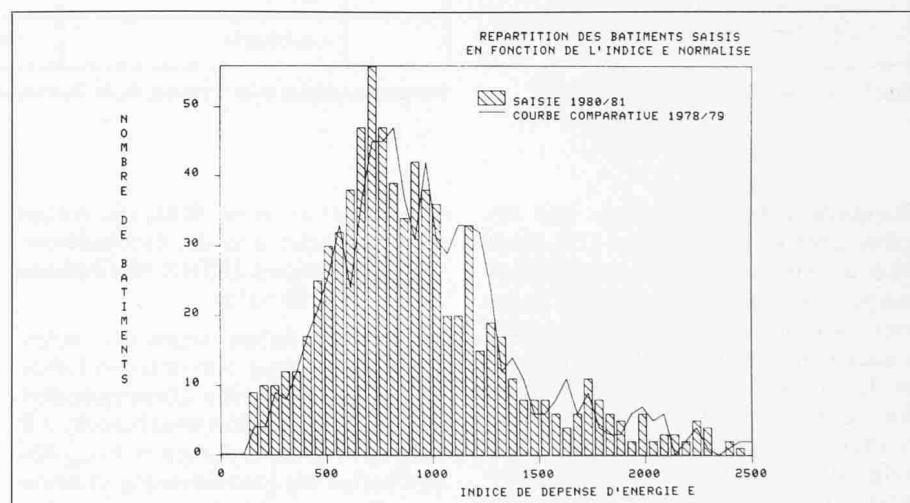


Bild 2. Verteilung der erhobenen Bauten in Abhängigkeit ihrer Energiekennzahl für eine Heizperiode. Die Vergleichskurve zeigt den Stand vor zwei Jahren. Der Trend zu einer besseren (kleineren) Energiekennzahl ist erkennbar

ner-Leistung in die Erhebungsformulare ist geplant. Bisher können keine Angaben über die installierte spezifische Heizleistung ausgewertet werden.

Untergruppen wurden differenziert gebildet nach:

- Heizmedien
- Einzelgebäudeheizung und Kollektivheizung (Zentralen)
- Baukreisen (Regionen in der Schweiz)
- Benutzer (Departemente)
- Bauwerksart

Die Angaben liegen vor, getrennt nach $E_{Wärme}$ und E_{Strom} , sowie nach Einzelgebäudeheizung und Kollektivheizung.

Aus dieser Fülle von Informationen sollen hier nur diejenigen detailliert aufgezeigt werden, die einem allgemeinen Interesse entsprechen. Für die anderen muss man sich mit kurzen Hinweisen begnügen.

Die Interpretation der Ergebnisse

Energiekennzahl nach Heizmedien

Das dominierende Heizmedium ist Öl (über 1000 Heizanlagen). Die 36 Elektroheizungen erwärmen nur sehr kleine Gebäude. Sie sind meist weit abgelegen und werden nur zeitweise beheizt.

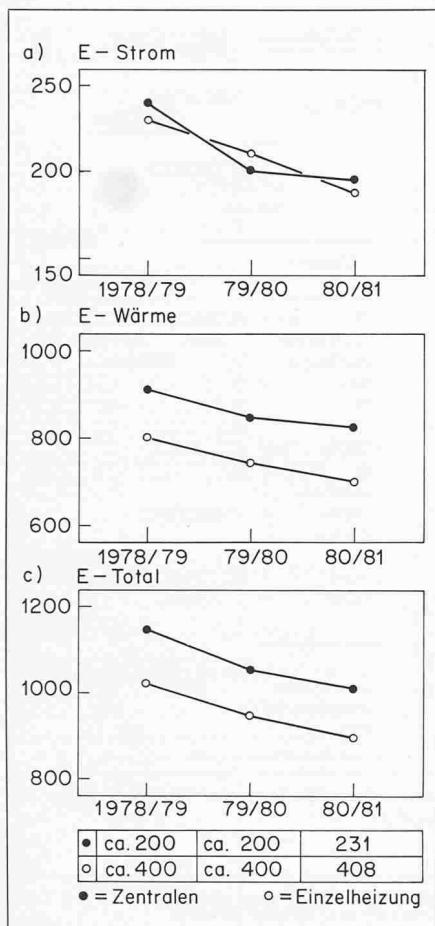


Bild 3. Verbrauchsentwicklung 1978 bis 1981

Tabelle 2. Energiekennzahlen nach Nutzung und Bauwerksart. Mittelwerte der wichtigsten Gruppen

Nr. (vgl. Bild 4)	Nutzung/Bauwerksart	Anzahl Objekte (Auswertung 82)		$E_{Wärme}$	E_{Strom}	E
		Haupt- gruppe	Unter- gruppe	MJ/m ² a	MJ/m ² a	MJ/m ² a
1	Wohnen/Unterkunft/ Verpflegung	164	-	740	145	885
	Einfamilienhäuser Mehrfamilienhäuser Truppenlager Kantinen	-	37 87 28 5	680 750 700 1100	140 90* 190 235	820 840 890 1335
2	Büro/Handel/Dienstleistung	125	-	570	160	740
	Verwaltung Abfertigung + Pikett (Zoll)	-	53 72	560 670	170 90	730 760
3	Produktion/Werkstätten/ Lager	77	-	560	205	765
Landwirtschaftliche Forschung	Werkstatt + Gewerbe - Lager	-	16 11 43	820 1400 480 410	130 1880 190	950 600
4	Ausbildung/Forschung	16	-	720	300	1020
6	Kultur/Erholung	10	-	570	100	670
	Sporthallen	-	6	1060	150	1210
99	Heizzentralen	190	-	840	290	1130
	Alle Objekte	596	-	770	260	1030

Energiekennzahlen nicht normiert, Werte flächengewichtet, * ohne Wohnungsstrom

Ebenfalls nicht repräsentativ sind Angaben über Kohleheizungen (17), sowie über die erhobenen Holz- und Gasheizungen. Die Energiekennzahlen liegen hier – wie bei anderen Untersuchungen – allgemein höher. Bei Holz und Koks ist das auf die Schwierigkeit, einen guten Verbrennungswirkungsgrad zu erreichen, zurückzuführen; beim Gas aufgrund des fakturierten oberen Heizwertes, der nur in wenigen Heizungen auch tatsächlich genutzt werden kann.

Energiekennzahl nach Benutzer

Die Benutzer wohnen oder arbeiten im allgemeinen in einer bestimmten Bauwerksart. Der Zusammenhang zwischen Energiekennzahl und Bauwerksart wird später detailliert gezeigt. Die Tätigkeit im Bauwerk kann aber den Energieverbrauch stark beeinflussen. Die 36 Anlagen der Landwirtschaft haben allgemein sowohl eine hohe Zahl für $E_{Wärme}$ (980) als auch für E_{Strom} (320). Bei den 11 Anlagen der landwirtschaftlichen Forschung steigen diese Werte auf 1400 beziehungsweise 480 MJ/m² a. Hier schlägt eindeutig die Prozesswärme (Belüftung, Konditionierung) durch. Hingegen haben Hochschüler kein besonderes Wärmebedürfnis (ETHZ + ETL 32 Gebäude, $E_{Wärme}$

650 MJ/m² a), es sei denn, die Anlage sei fernbeheizt und die Gebäudetechnik sehr komplex (ETHZ 10 Gebäude, $E_{Wärme}$ 1020 MJ/m² a).

Hochschulen haben wegen der technischen Ausrüstung und dem bei Laborbauten ausgewiesenen Lüftungsbedürfnis einen hohen Stromverbrauch, z.B. 14 zentralbeheizte Bauten = E_{Strom} 420. 28 Objekte mit Einzelheizung – vorwiegend Seminargebäude ohne besondere technische Einrichtungen – liegen mit E_{Strom} 190 zwar viermal höher als mittlere Schulen der Unterstufe [2], aber nur doppelt so hoch wie mechanisch gelüftete Volksschulen (sofern deren Lüftung tatsächlich betrieben wird). Bei den 150 einzeln beheizten Zollhäusern liegt $E_{Wärme}$ mit 640 deutlich unter dem schweizerischen Mittelwert für Einfamilienhäuser; alle Zollhäuser, die ab Zentrale beheizt werden (34 Objekte, $E_{Wärme}$ 820), liegen über dem aktuellen Wert schweizerischer Einfamilienhäuser. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich in den Zollhäusern Abfertigungsräume mit Publikumsverkehr befinden.

Verbrauchsentwicklung

Bild 3 zeigt die Entwicklung der Ener-

giekennzahlen über drei Erhebungsjahre. Zwar ist die Anzahl der ausgewerteten Objekte gestiegen; die älteren Werte (1978–1980) sind aber ebenfalls genügend statistisch gesichert. Bild 3a zeigt den Trend bei der Reduktion von E_{Strom} . Diese ist relativ betrachtet mit 17% grösser als bei $E_{Wärme}$ (Bild 3b) mit 12%. In absoluten Werten trägt $E_{Wärme}$ mit einer Abnahme von 55 etwas mehr bei als E_{Strom} mit einer Abnahme von 45. Die Gesamtreduktion beträgt 110 MJ/m² a (Bild 3c). Diese mittlere Verbrauchsreduktion von 10% in 2 Jahren hat 3 Hauptursachen, wobei die Reihenfolge gleichzeitig die Gewichtung angibt:

1. Die allgemeine Einstellung zur Energie, d.h. das positive Verhalten sehr vieler Beamten und Benutzer.
2. Der Neuzugang von energetisch besser ausgelegten Bauten.
3. Die Wirkung des ersten Sofortprogramms zur energetischen Verbesserung von Bundesbauten.

Es ist zu hoffen, dass dieser rückläufige Trend der Energiekennzahl noch einige Jahre anhalten wird. Das ESTAT-Programm ist die wichtigste laufende Auswertung, die mit einiger Sicherheit diesen Trend aufzeigen kann.

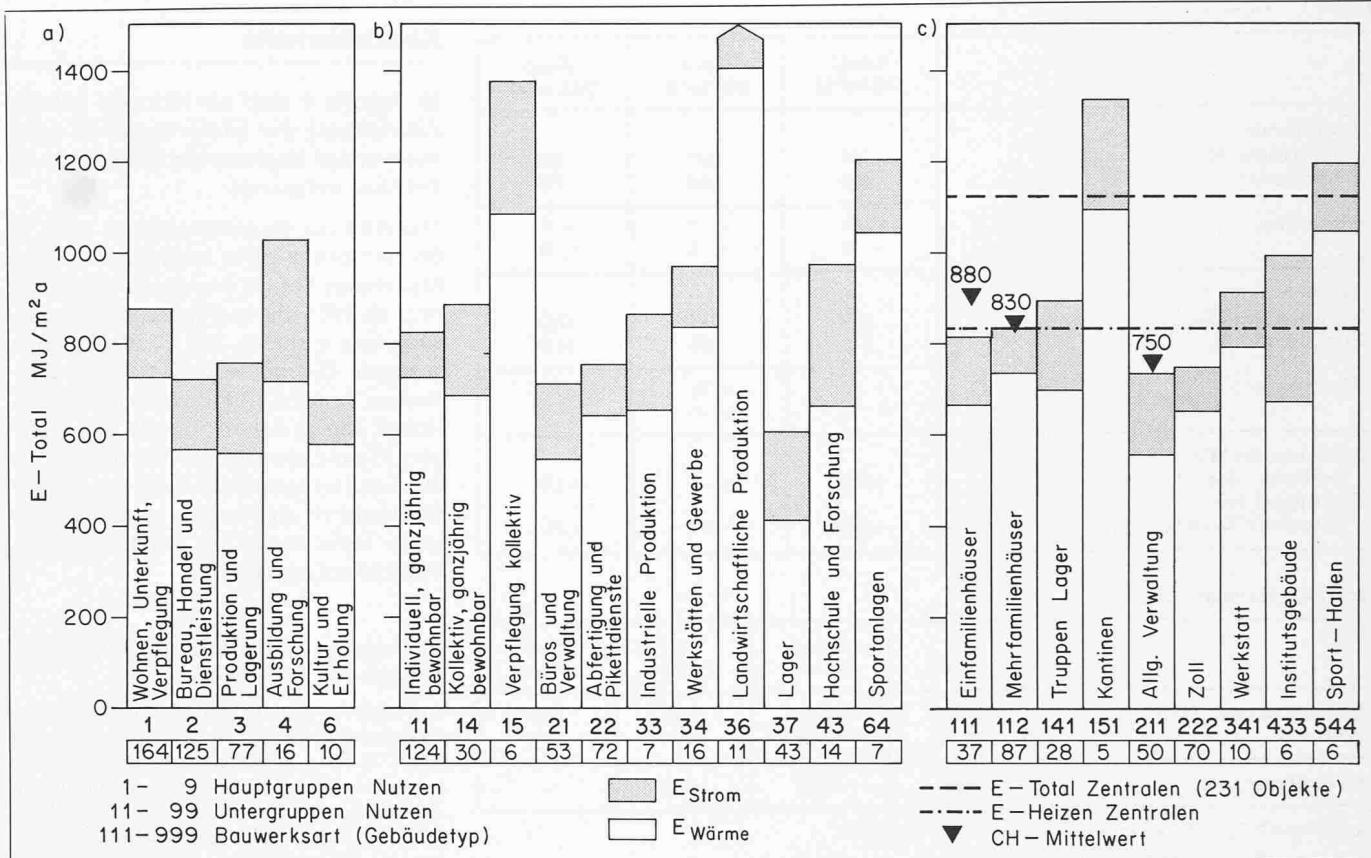


Bild 4. Energiekennzahl nach Bauwerksart

Einzelgebäudeheizung - Fernwärme (Zentralen)

Bild 3 bestätigt neben dem erfreulichen Trend der Abnahme auch eine Erkenntnis, die – obwohl weniger sauber herausgeschält – bereits in vielen anderen Untersuchungen gemacht wurde. Es ist der Unterschied zwischen Einzelgebäudeheizung und Heizzentralen.

In anderen Publikationen [3, 4] und Untersuchungen wird für die Fernwärmeverversorgung ein Mehrverbrauch für $E_{Wärme}$ von etwa 100 MJ/m² a angegeben. Beim arithmetischen Mittel der Bundesbauten sind es 130; bei flächengewichteter Betrachtung fast das Doppelte. Es ist dabei aber zu beachten, dass der Gebäudemix nicht in beiden Fällen der gleiche ist und bei Heizzentralen öfters Prozesswärme erzeugt wird. Der Fernwärmeverversorgung ist also nicht die ganze Differenz anzulasten. Hierüber liegen detaillierte Untersuchungen vor. Der Mehrverbrauch von mindestens 100 MJ/m² a wird aber bestätigt [6]. Die technischen Verluste (Verteilerverluste, längere Betriebsdauer, Pumpenergie usw.) machen beim heutigen, mittleren Energieverbrauch knapp 15% aus. Bei sanierten Bauten und guten Neubauten an bestehenden Fernwärmennetzen steigen sie auf über 30%; bei neuen, zeitgemäß konzipierten Fernwärmennetzen noch auf 20%. Dies zeigt eine der wirtschaftlichen Grenzen der Fernwärme auf.

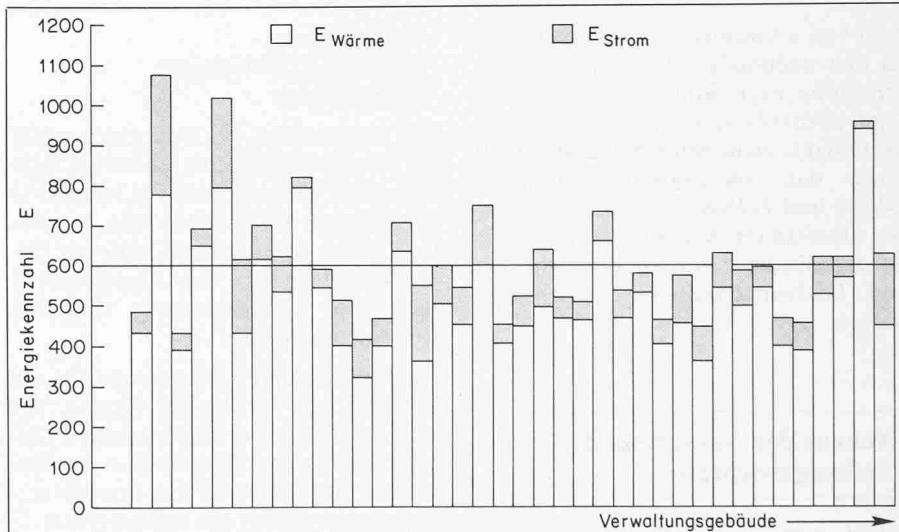


Bild 5. Allgemeine Verwaltung (arithmetisches Mittel)

Energiekennzahl nach Nutzung bzw. Bauwerksart

Die einzelnen Nutzungen können in definierte Bauwerksarten aufgelöst und die Werte dann mit anderen Erhebungen verglichen werden. Die Gruppe 1 in Bild 4a umfasst Wohnen, Unterkunft und Verpflegung in einer Zahl. In Bild 4b ist dann der gleiche Wert aufgelöst in individuelles und kollektives Wohnen sowie in Kollektivverpflegung. In Bild 4c erfolgt die Auflösung der Werte beispielsweise in Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser. Diese flächengewichteten Mittelwerte umfassen nur die Häuser mit Einzelheizungen.

Der eingezeichnete Mittelwert für das Total der Zentralen vermag einen Eindruck über die Abhängigkeit der Energiekennzahl von der bestehenden Versorgungsstruktur zu vermitteln. In Tab. 2 sind die Werte von Bild 4c noch tabellarisch zusammengestellt.

Die hier ermittelten Durchschnittswerte stimmen erstaunlich gut mit den publizierten Durchschnittswerten anderer Erhebungen überein [6]. In Bild 5 sind alle Verwaltungsbauten mit Einzelheizung nach fortlaufender Gebäude-Nummer aufgetragen. Auffallend sind die vielen Bauten mit einer Energiekennzahl unter 600 und die geringe

Tabelle 3. Erhebungsjahr 1980/81

		$E_{Wärme}$ [MJ/m ² a]	E_{Strom} [MJ/m ² a]	E_{total} [MJ/m ² a]
Einzelheizung: Arithmetisches Mittel Flächengewichtet		700 609	192 190	892 799
Abweichung	[MJ/m ² a] [%]	- 91 - 13	- 2 - 1	- 93 - 10
Zentralen: Arithmetisches Mittel Flächengewichtet		829 841	195 293	1024 1134
Abweichung	[MJ/m ² a] [%]	+ 12 + 1	+ 98 + 50	+110 + 11
Arithmetisches Mittel: Zentralen - Einzelheizung Flächengewichtet: Zentralen - Einzelheizung		+129 +232	+ 3 +103	+132 +335

Tabelle 4. Flächengewichtet

	Öl Fr./m ²	Strom Fr./m ²	Total Fr./m ²	Anteil Strom
Einzelheizungen (100%)	10.87	7.39	18.26	40%
Zentralen	15.02	11.40	26.42	43%
Mehraufwand in %	+38%	+54%	+45%	-

Annahmen: Öl Fr. - .75 / kg, Strom inkl. Leistung Fr. - .14/kWh

Zahl von «Ausreissern nach oben». Es sei hier nochmals auf die Häufigkeitsverteilung nach Bild 2 verwiesen. Sie zeigt ebenfalls die starke Massierung der Objekte zwischen E-500 und E-1000 sowie das «Ausfransen» zwischen E-1300 und E-2500. In dieser Zone liegen Objekte mit Sondernutzungen wie Laborgebäude, Verkehrsleitzentralen und landwirtschaftliche Forschungsbauten.

- Liftanlagen
- teilweise EDV-Anlagen
- Beleuchtung

Der Unterschied der Energiekennzahl bei Flächengewichtung zwischen Zentralen und Einzelheizung ist mit 335 in der gleichen Größenordnung wie das E_{total} neuer, sorgfältig projektiertes Gebäude, sofern bei der Projektierung auch die Elektroplanung sorgfältig durchgeführt wird.

Der Einsatz von Prozessenergie, die unterschiedliche Grösse der Bauten, der teilweise Zwang zur mechanischen Lüftung und insbesondere die Art der Versorgung der Gebäude mit Energie treten immer wieder als *Störmomente in der Auswertung* auf. Trotzdem lassen sich aus dem ESTAT-Programm viele Erkenntnisse für das Energiemanagement der Bundesbauten im speziellen und für die ganze Schweiz im allgemeinen gewinnen. Es hat sich auch gezeigt, dass die Mittelwerte der Bundesbauten sehr gut vergleichbar sind mit anderen Erhebungen.

Sicher ist das Fehlen von Angaben über die installierte Heizleistung noch ein Mangel. Andererseits wurde auch klar erkannt, dass die Höhe der Energiekennzahl nur ein Auswahlkriterium für die Sanierungsstrategie ist. Für gute Sparerfolge ist auch ein hoher Energieverbrauch in absoluten Werten ein wichtiges Indiz.

Grenzen der Aussagekraft/ Flächengewichtung

Selten werden bei Energiekennzahluntersuchungen so ungleich grosse Gebäude miteinander verglichen. Die 185 Zollhäuser sind z.B. flächenmässig immer noch fünfmal kleiner als eine der beiden Hochschulen ETH-Zentrum oder ETH-Hönggerberg. Bei den nachfolgenden Tabellen 3 und 4 sei nochmals auf die Feststellungen unter Abschnitt «Einzelgebäudeheizung - Fernwärme (Zentralen)» hingewiesen (Gebäudemix, Prozesswärme).

In der *flächengewichteten Betrachtung* fällt vor allem das extreme Ansteigen von E_{Strom} um 50% auf. Die wesentlichen Stromverbraucher sind:

- Lüftungsanlagen
- Heizwasserpumpen

Zusatzhinweise

In Tabelle 4 sind als Hinweis auf die Zielrichtung der Sanierung doch auch noch einige interessante Mittelwerte in Franken aufgezeigt.

Das Amt für Bundesbauten ist auch in der Sanierung nicht untätig geblieben. Mit einem Sofortprogramm wurde bereits ab 1975 die energetische Verbesserung von mehr als 200 Gebäuden vorgenommen. Die heute vorliegenden Zahlen aus dem ESTAT-Programm ermöglichen den gezielten Einsatz der knappen Finanzmittel. Eine Nachkontrolle des Sofortprogrammes hat auch in aller Deutlichkeit die Bedeutung der lückenlosen Dokumentation des Energieverbrauchs aufgezeigt.

*

Auftraggeber und nicht veröffentlichte Untersuchungen

Auftraggeber für die hier beschriebenen Untersuchungen ist das *Amt für Bundesbauten* (AFB) in Bern. Die Erhebung und Verarbeitung der Daten erfolgte intern durch die «Arbeitsgruppe Energiehaushalt (AGEH)». Die Ergebnisse der Groberhebungen wurden für die Heizperioden 1978/79, 1979/80 und 1980/81 ausgewertet. Die Erkenntnisse aus diesen Auswertungen ermöglichen dem Baufachorgan des Bundes sehr früh, Kurskorrekturen vorzunehmen. Gleichzeitig konnten die Mitarbeiter in den Baukreisen (Planer) und die einzelnen Verwaltungen (Benutzer) über die Auswertung ihrer Zahlangaben informiert werden. Dem Amt für Bundesbauten sei hier der spezielle Dank für den öffentlichen Zugang zu diesen Daten ausgesprochen. Es ist zu hoffen, dass bis zum Abschluss der hier eingeleiteten Artikelreihe über Energiekennzahlen zwei weitere Jahresauswertungen vorliegen werden zur Bestätigung des erfolgreichen Trends nach Bild 3.

Literaturhinweise

- [1] Amt für Bundesbauten. «Sanierungs-Handbuch», EDMZ Nr. 314.1 d, 3001 Bern, März 1979
- [2] Wick, B.: «Sparobjekt Schulhaus», Plenar-Vereinigung, Postfach 70, 8967 Widen, Mai 1982
- [3] Wick, B.: «Sparobjekt Einfamilienhaus», Verlags-AG der akademischen technischen Vereine, 8021 Zürich, Februar 1981
- [4] Diverse Autoren: «Energie im Mehrfamilienhaus». Sonderdruck aus «Schweizer Ingenieur und Architekt», Heft 5/82, SAGES, Rämistr. 5, 8001 Zürich
- [5] Bundesamt für Energiewirtschaft. «Energie-Spannachrichten», Heft 25, 3001 Bern, April/Mai 1982
- [6] Koradi, J., Hänger, M.: «Energiekennzahl der Einwohnergemeinde Bolligen», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 18, 1983

Adressen der Verfasser: U. Burkhardt, Ing. HTL, Dienstgruppe Informatik, Amt für Bundesbauten, 3003 Bern, und B. Wick, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro für Energie, Postfach 70, 8967 Widen.