

# Energieverbrauchserhebung in Graubünden und deren Auswertung

Autor(en): **Lendi, Balz / Wieland, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 12

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75739>

## **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.

## Zur SIA-Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen»

Die Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen» wird nachfolgend mit Untersuchungen an Wohngebäuden im Kanton Graubünden fortgesetzt. Den beteiligten Mitarbeitern des Bau- und Forstdepartementes Graubünden sei an dieser Stelle für die gute Zusammenarbeit bestens gedankt. Die Energieverbrauchserhebung im Kanton Graubünden liefert interessantes Zahlenma-

terial über die im Berggebiet noch weitverbreiteten Einzelofenheizungen und den Einfluss von Höhenlage und Klima auf die Energiekennzahl. Die daran anknüpfenden Ergänzungsstudien demonstrieren sodann eine Ausweitung des engeren Anwendungsbereiches von Energiekennzahl-Erhebungen, indem diese als Grundlage für energie-konzeptionelle Studien mit volkswirtschaft-

lich bedeutsamen Aussagen herangezogen werden. Die Studie über die Region Unterengadin zeigt z.B. deutlich die Bedeutung von Zweitwohnungen für den Energieverbrauch und das ausschöpfbare Sparpotential in einer Bergregion auf.

Es ist geplant, die seit 1983 laufende Publikationsserie «Energiekennzahl von Gebäudegruppen» 1986 mit der Herausgabe einer entsprechenden SIA-Dokumentation abzuschliessen.

Kurt Meier, Zürich  
Bruno Wick, Widen

## Energetische Untersuchungen an Wohngebäuden in Graubünden

Die Sicherung unserer Energieversorgung ist ein anerkanntes und wichtiges Anliegen. Die sparsame und rationelle Nutzung aller Energieträger ist wohl die bedeutendste Komponente bei diesen Bestrebungen. Dazu sind gewisse Grundlagen und Sachkenntnisse notwendig, um die Eigentümer energieverbrauchender Anlagen - insbesondere Heizanlagen - unter fachkundiger Leitung zum Handeln zu bewegen. In Graubünden hat deshalb die Regierung im Jahre 1980 eine Energieverbrauchserhebung angeordnet und das zuständige Bau- und Forstdepartement im Jahre 1984 zwei unabhängige Studien zur Ermittlung des Investitions- und

Energiesparpotentials bei Gebäudesanierungen in Auftrag gegeben.

In Graubünden haben Hauseigentümer, deren Liegenschaft der kantonalen Schätzung unterzogen wird, auf freiwilliger Basis Gelegenheit, gleichzeitig Energieverbrauchs-, Gebäude- und Haustechnikangaben zu machen, mit welchen einerseits die Energiekennzahl ermittelt werden kann. Andererseits sind mit diesen Angaben statistische Untersuchungen möglich.

Aufgrund der Energiekennzahlberechnung aus den obigen Daten durch die Bündner

Energiefachstelle wird dem Hauseigentümer eine individuelle, schriftliche, energetische Standortbestimmung zugestellt, welche auch Hinweise auf das Sparpotential sowie auf das Vorgehen enthält.

Basierend auf diesem umfangreichen Datenmaterial sowie detaillierten Abklärungen an Wohngebäuden wurden ausserdem, teilweise mit Unterstützung des Informationsdienstes Energiesparen Schweiz, IES, des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Bern, weitere Untersuchungen aufgenommen, über welche nachfolgend durch die Beauftragten berichtet wird.

Werner Böhi, dipl. Ing. ETH/SIA  
Delegierter für Energiefragen  
des Kantons Graubünden

## Energieverbrauchserhebung in Graubünden und deren Auswertung

Von Balz Lendi, Chur, und Heinz Wieland, Maienfeld

Eine Erhebung der Energiekennzahl an über 8500 Gebäuden im Kanton Graubünden, wovon etwa 5600 Gebäudedaten auswertbar sind, ergibt vorerst eine nur untergeordnete Abhängigkeit der Energiekennzahl vom Klima. Dominierend ist der sehr geringe Energieverbrauch von Häusern mit Einzelofenheizung. Wird dieser berücksichtigt, so lässt sich eine lineare Abhängigkeit der Energiekennzahl von den Heizgradtagen nach SIA 381/3 nachweisen. Einzelne Gemeinden lassen sich in diesem Schema nicht einordnen.

### Allgemeines

Auf Initiative des Delegierten für Energiefragen des Kantons Graubünden werden seit 1981 die Energieverbrauchszahlen von Liegenschaften er-

hoben. Im Zusammenhang mit der Gebäudeschätzung wird der Hauseigentümer im voraus gebeten, die Energieverbrauchszahlen zu ermitteln und bei der Schätzung bereitzuhalten. Die Erhebung erfolgt durch die Gebäudeschätzer, welche dazu gesondert ausgebildet

wurden. Hauseigentümer, welche die Verbrauchszahlen angeben konnten, bekommen eine individuelle Auswertung mit Hilfe des Computers der kantonalen Verwaltung.

Diese enthält

- die eigene Energiekennzahl,
- die Energiekennzahl der Gemeinde, der Region und des Kantons zum Vergleich,
- den Hinweis auf die Zweckmässigkeit einer Sanierung sowie auf das weitere Vorgehen.

Unter Wahrung des Datenschutzes standen die gespeicherten Werte zu weiteren Auswertungen zur Verfügung. Die nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewerteten Daten beziehen sich auf etwa 14% des Bündner Gebäudebestandes. Rund 35% der gesammelten Objektdaten konnten nicht weiter verarbeitet werden, da die Daten unvollständig waren oder extrem hoch oder

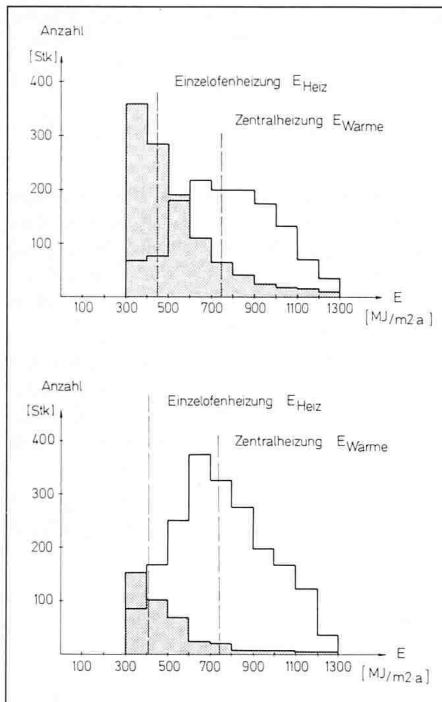
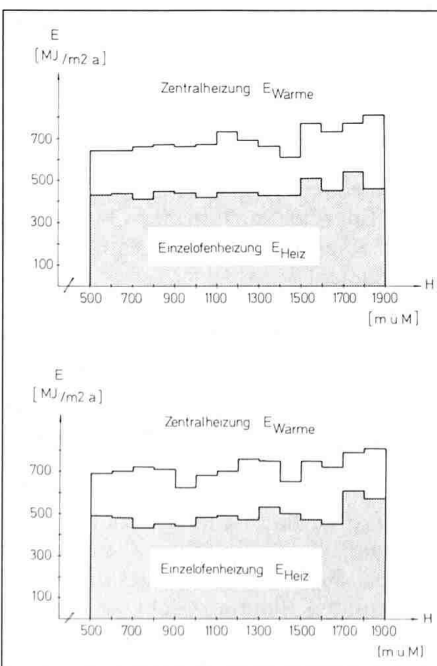


Bild 1. Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Anzahl Gebäude, a (oben) Einfamilienhäuser, b (unten) Mehrfamilienhäuser

tief lagen. Ausgeschieden wurden auch Ferienhäuser, Bürogebäude und Heime.

Die Zuverlässigkeit der erhobenen Daten muss als unterschiedlich beurteilt werden. Das Gebäude und dessen Heizanlage charakterisieren für den Schätzer sichtbare Fakten, welche er für seine Schätzung bereits besitzt oder ohnehin aufnehmen muss. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Erhebung zuverlässig ist.

Bild 2. Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Höhenlage des Gebäudes, a (oben) Einfamilienhäuser, b (unten) Mehrfamilienhäuser



Im Gegensatz dazu steht die Erhebung des Energieverbrauches. Diese Angaben stammen vom Bewohner oder vom Eigentümer. Genaue Angaben waren vor allem bei Holzheizungen und allgemein bei Einzelofenheizungen kaum erhältlich. Es gibt Hinweise darauf, dass diese Angaben allgemein eher zu tief gemacht wurden. Aber auch bei Ölzentralheizungen und Elektroheizungen konnte oft nur die Grössenordnung des Verbrauches angegeben werden. Es muss auch damit gerechnet werden, dass einzelne Auskunftspersonen unkorrekte Angaben gemacht haben; teils zu hoch, weil befürchtet wurde, dass die Angaben für eine allfällige Rationierung verwendet würden – was jedoch auf keinen Fall vorgesehen ist –, teils zu tiefe Angaben, weil man sich ob dem hohen Verbrauch schämte. Diese beiden Effekte dürften sich weitgehend aufheben.

### Auswertung der Energiekennzahl

Die Auswertungen erfolgten nach vielfältigen Kriterien und unter der Annahme, dass keine systematischen Erhebungsfehler gemacht wurden. Die ermittelten Energiekennzahlen geben  $E_{Wärme}$  für Zentralheizungen und  $E_{Heiz}$  für Einzelofenheizungen wieder.

Die Bilder 1a und 1b zeigen die Häufigkeitsverteilung der Energiekennzahlen, aufgeteilt nach Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Zentral- und Einzelofenheizungen. Die Mittelwerte liegen bei Einfamilienhäusern bei 744/448 und bei Mehrfamilienhäusern bei 742/408 MJ pro  $m^2$  und Jahr. Dabei bedeutet die erste Zahl den Durchschnitt für Zentralheizungen ( $E_{Wärme}$ ) und die zweite den Durchschnitt für Einzelofenheizungen ( $E_{Heiz}$ ). Der Anteil aller ausgewerteten Einzelofenheizungen bei Einfamilienhäusern beträgt 51% und bei Mehrfamilienhäusern 22%.

Eine Auswertung nach der Höhenlage des Gebäudestandortes – Bilder 2a und 2b – zeigt deutlich, dass die früher eingeführte Proportionalität der Energiekennzahl zur Meereshöhe zurecht fallengelassen wurde. Diese Aussage gilt sowohl für Ein- und Mehrfamilienhäuser als auch für Zentral- und Einzelofenheizungen.

Interessant erscheint der Zusammenhang der Energiekennzahl mit der Energiebezugsfläche, welcher für zentralbeheizte Gebäude in Bild 3 dargestellt ist. Während die Einfamilienhäuser mit abnehmender Grösse einen höheren spezifischen Energieverbrauch aufweisen, sind Mehrfamilienhäuser

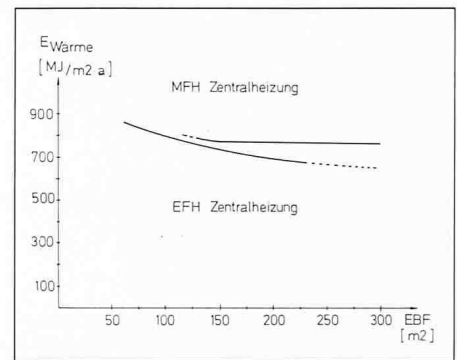


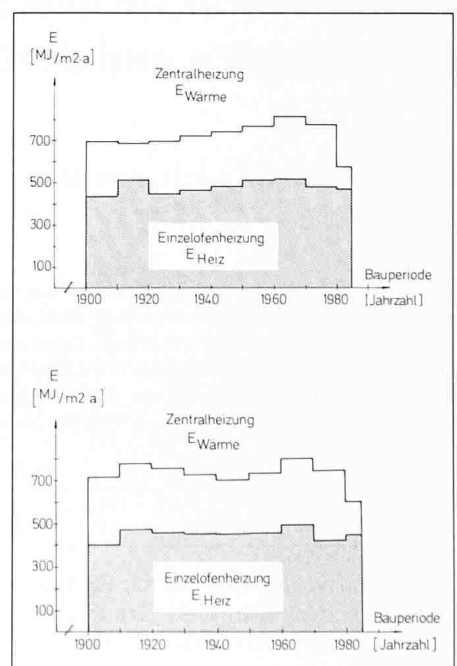
Bild 3. Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Energiebezugsfläche

fast unabhängig davon. Unseres Erachtens spielt bei Einfamilienhäusern und generell bei kleinen Wohngebäuden das Verhältnis Oberfläche zu Volumen eine besondere Rolle. Ausserdem dürfte der «Grundenergiebedarf» einer auf kleinem Raum lebenden Familie sich stärker auf die wenigen  $m^2$  Fläche auswirken. Die Kurven in Bild 3 geben Mittelwerte wieder und reflektieren in keiner Weise die zum Teil grossen Abweichungen der Einzelwerte.

Die Bilder 4a und 4b zeigen eine Auswertung nach dem Alter der Gebäude. Klar ersichtlich ist, dass die 20 bis 30 Jahre alten Gebäude den höchsten spezifischen Energieverbrauch aufweisen. Es handelt sich also um die Gebäude, welche in den 50er und 60er Jahren erstellt wurden. Die früher erstellten Gebäude sind tendenziell besser. Seit der Erdölkrise wird offensichtlich wieder besser gebaut.

Die auf die Energiebezugsfläche bezogene installierte Heizleistung der am

Bild 4. Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Bauperiode, a (oben) Einfamilienhäuser, b (unten) Mehrfamilienhäuser



häufigsten vorkommenden Kombikessel liegt beim Einfamilienhaus immer höher als beim Mehrfamilienhaus (Bild 5). Ausserdem ist bei neueren Gebäuden eine deutliche Abnahme der installierten Heizleistung feststellbar.

*Interpretation der Abhängigkeit der Energiekennzahl*

Die Energiekennzahl ist von vielfältigen Faktoren abhängig, so von der Bauhülle, den haustechnischen Anlagen und natürlich dem Benützerverhalten, insbesondere den Komfortansprüchen, welche der Bewohner an sein Haus stellt. Ein erster Blick auf Bild 6, wo die durchschnittlichen Energiekennzahlen einzelner ganz erfasster Gemeinden in Funktion der Heizgradtage nach SIA 381/3 aufgezeichnet sind, zeigt, dass keine dominierende Abhängigkeit vom Klima vorhanden ist. Der Versuch, eine Abhängigkeit mittels einer linearen Regression zu beschreiben, ergibt den Korrelationskoeffizient von 0,2, welcher beweist, dass die Verteilung mehr oder weniger zufällig ist. Das heisst aber, dass andere Faktoren als das Klima dominierend sein müssen.

In einer genaueren Betrachtung wurden die Daten (Bild 6) in Gruppen eingeteilt, wobei als wesentliche Charakteristik das Verhältnis H von Anzahl Gebäude mit Einzelofenheizung zu Anzahl Gebäude mit Zentralheizung verwendet wurde. Das Mittel von H liegt bei dieser Untersuchung bei 0,72. Folgende Gruppen konnten gebildet werden:

- Orte mit sehr kleinem H, (Δ)
- Orte mit H zwischen 0,66 und 1,4; (□)
- Die für diese Gruppe eingezeichnete Gerade weist einen Korrelationsfaktor von 0,91 auf. Sie zeigt eine Abhängigkeit der durchschnittlichen Energiekennzahlen dieser Orte von der Anzahl Heizgradtage.
- Orte mit H zwischen 1,5 und 6,3; (x)
- Der Korrelationsfaktor dieser Gerade der 9 Orte liegt bei 0,871 und lässt damit ebenfalls eine Abhängigkeit von Energiekennzahl und Heizgradtagen erkennen.
- Orte, welche sich keiner der oben aufgeführten Kategorie zuordnen lassen (o).

Die Häufigkeitsverteilung der Energiekennzahlen, z.B. von Thusis, zeigt im Vergleich zu den Kantonswerten eine besonders grosse Häufigkeit von Einfamilienhäusern mit grossem Energieverbrauch. Auch das Mittel des Energieverbrauches von Mehrfamilienhäusern liegt deutlich über dem Kantonsmittel. Als Gegenpol kann Valendas aufgeführt werden, welches mit einem H von 6,3 einen sehr ländlichen Charakter

aufweist und trotz seinem extrem ungünstigen Klima (2 Monate keine Sonne im Winter bei extrem tiefen Temperaturen) mit 440 MJ/m<sup>2</sup>a die geringste durchschnittliche Energiekennzahl aller ausgewerteten Orte aufweist. Surava dagegen, ein Ort mit einem Klima, welches sich mit dem von Valendas gut vergleichen lässt, hat mit einem H von 1 eine durchschnittliche Energiekennzahl von 612 MJ/m<sup>2</sup>a. Malans und Jenins sind zwei Gemeinden in der Bündner Herrschaft mit ähnlichem Klima und ähnlicher Struktur. Trotzdem liegen die Energiekennzahlen weit auseinander. Mit einer mittleren Energiekennzahl von 652 liegt Malans im Energieverbrauch deutlich über Jenins mit einer mittleren Energiekennzahl von 552. Die Häufigkeitsverteilung der Energiekennzahl dieser beiden Gemeinden gibt keinen klaren Aufschluss über den Grund dieses grossen Unterschiedes. In Jenins fällt lediglich der grosse Anteil von Mehrfamilienhäusern mit einer Energiekennzahl in der Grössenordnung von 500-600 MJ/m<sup>2</sup>a auf. Auch die tiefe mittlere Energiekennzahl des Kurortes Davos kann nicht ohne weiteres erklärt werden. Es dürfte von einigem Interesse sein, diesen offenen Fragen noch nachzugehen.

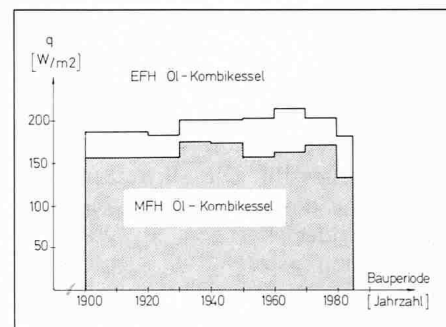


Bild 5. Installierte Heizleistung in Abhängigkeit von der Bauperiode

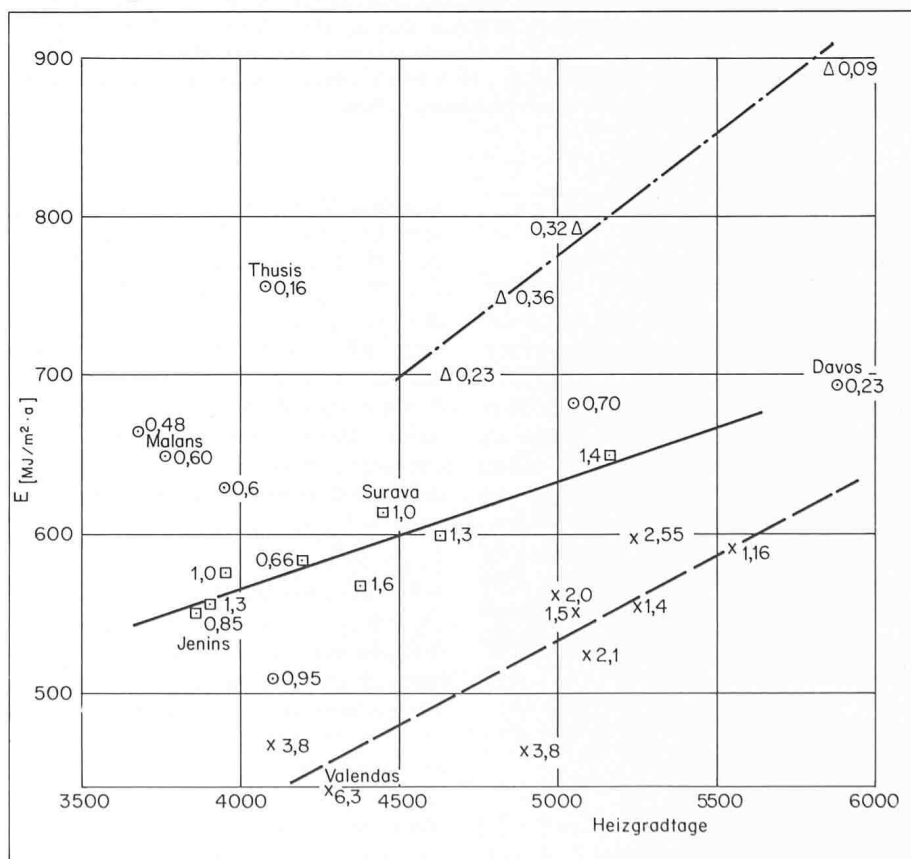
Tabelle 1. Energiekennzahlen im Vergleich CH/GR in MJ/m<sup>2</sup>.a

Einfamilienhäuser		E <sub>Heiz</sub> + E <sub>WW</sub>	E <sub>Wärme</sub>
Öl-Kombikessel	GR	800	800
	CH	680 + 110	790
Öl-KK+El-Boiler	GR	705 + 70	775
	CH	670 + 70	740
Holzk+El-Boiler	GR	405 + 70	475
	CH	-	-

Mehrfamilienhäuser		E <sub>Heiz</sub> + E <sub>WW</sub>	E <sub>Wärme</sub>
Öl-Kombikessel	GR	775	775
	CH	690 + 90	780
Öl-KK+El-Boiler	GR	655 + 50	705
	CH	680 + 50	730

Bild 6. Abhängigkeit der durchschnittlichen Energiekennzahl einzelner Gemeinden von Heizgradtagen. Gruppenbildung nach dem Verhältnis der Anzahl Gebäude mit Einzelofenheizung zur Anzahl Gebäude mit Zentralheizung.



### Vergleich mit schweizerischen Erhebungen

In den Tabellen 1a und 1b sind die vergleichbaren Energiekennzahlen der Schweiz (CH) und Graubündens (GR) gegenübergestellt. Die schweizerischen Werte sind der Auswertung von Energiekennzahlerhebungen, B. Wick [1], entnommen worden. Die bemerkenswerteste Feststellung ist wohl die, dass trotz des allgemein als rau empfundene Klimas in den Alpen keine entsprechend hohen spezifischen Energieverbräuche nachgewiesen werden können.

Der heutige Stand der Abklärungen lässt noch keinen Schluss zu, welche Faktoren (z.B. Bauweise, passive Sonnenenergienutzung, Nebelfreiheit usw.) in welchem Mass die vorliegenden Daten und festgestellten Zusammenhänge beeinflussen. Generell kann

festgehalten werden, dass eine unerwartet gute Übereinstimmung der schweizerischen und bündnerischen Energiekennzahlen besteht.

### Bedeutung der Erhebung

Der Wert dieser Erhebung in Graubünden ist zweifach: Einerseits wurde sich mancher Gebäudebesitzer durch diese Aktion erst bewusst, wie gross der Energieverbrauch seiner Liegenschaft ist. Er dürfte mit der Auswertung durch die kantonale Energiefachstelle erstmals einen energetischen Vergleich zu anderen Gebäuden und Hinweise über das weitere Vorgehen in die Hand bekommen haben. Dies ist die erzieherische Bedeutung.

Andererseits geben die statistischen Zahlen Aufschluss über die Charakteristik

der Bausubstanz und der Heizanlagen der Bündner Gebäude. Daneben konnten aufschlussreiche Informationen über den spezifischen Energieverbrauch von Gebäuden und die kantonale, regionale und kommunale Verbrauchsstruktur zusammengetragen werden.

Der Kanton Graubünden führt diese Aktion weiter.

Adressen der Verfasser: *Balz Lendi*, Ing. HTL, techn. Mitarbeiter des Delegierten für Energiefragen des Kantons Graubünden, Grabenstrasse 30, 7000 Chur, und *Heinz Wieland*, dipl. Bauing. ETH, Schloss Brandis, 7304 Maienfeld.

#### Literatur

[1] Energiekennzahlen der häufigsten Gebäudetypen, B. Wick, Widen AG, September 1983

## Energiesparen mit Gebäudesanierungen im Unterengadin

Von Peter Schlegel, Zürich

Für die Abschätzung des Energiesparpotentials bei den Wohngebäuden im Unterengadin hat sich die Energiekennzahl als taugliches Mittel erwiesen. Das hochgerechnete Energiesparpotential liegt mit rund 25% bei den dauernd besetzten Wohnungen im unteren Bereich der Resultate vieler vergleichbarer Untersuchungen. Grund dafür ist der (1980) gut hälftige Anteil der Wohnungen mit Einzelöfen. Die für die energietechnische Sanierung der rund 2200 dauernd besetzten Wohnungen einzusetzenden 16 Mio. Franken dürften vor allem das lokale Gewerbe interessieren. Von allgemeinem Interesse sind ein paar der nachstehend genannten Nebenresultate der Untersuchung wie z.B. dieses, dass die jährlich ein paar Wochen besetzten Ferienwohnungen mit ihrem Anteil von 40% am gesamten Wohnungsbestand immerhin – je nach den getroffenen Grundannahmen – etwa 27% bis über 30% der im Unterengadin für alle Wohnbauten verbrauchten Heizenergie beanspruchen.

### Die Wohngebäude im Unterengadin

Die Gebäudesubstanz im Unterengadin wie auch in andern Bergregionen unterscheidet sich wesentlich von derjenigen im Mittelland. Wohngebäude mit Baujahr von etwa 1600 bis 1900 haben an der beheizten Geschossfläche einen Anteil von nahezu 60% (Zahlen von 1980). Von der Vielfalt der Gebäudetypen gibt das Bild 1 eine Anschauung. Zudem präsentieren sich die vor 1900 entstandenen Gebäude heute in einem ganz unterschiedlich aus- und umgebauten Zustand.

### Energiekennzahlen...

Die Gruppe Engiadina Bassa des IES [1] mit R. Vital, J. P. Strüner und R. Bezzo-

la arbeitete für zehn Gebäude aus diesem heterogenen Bestand ein Sanierungsprogramm nach dem IES-Muster aus. Dazu gehörte auch die Ermittlung der Energiekennzahl. Natürlich war man mit diesen zehn Gebäuden weit davon entfernt, eine repräsentative Auslese aller Wohnbauten getroffen zu haben. Dabei bleibt offen, ob eine solche angesichts des heterogenen Gebäudebestandes überhaupt möglich wäre.

Die Energiekennzahlen streuen in einem sehr weiten Bereich von  $E_{\text{Wärme}} = 360$  bis  $1400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  bei Berechnung nach SIA 180/4. Gemäss dieser Empfehlung wird bekanntlich die Energiebezugsfläche bei Wohnbauten nicht mit Temperaturfaktoren bewertet. In vielen alten Wohnhäusern des Unterengadins sind aber grosse Anteile der Geschossfläche nicht direkt beheizt, also bloss temperiert. Wendet man den Temperaturfaktor gemäss Ziff. 2 34

der Empfehlung an, bleibt keine der Energiekennzahlen unter  $650 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ . Hingegen konnten alle Abweichungen von den Mittelwerten für das Unterengadin aus der Erhebung des Kantons Graubünden [2] mit den Besonderheiten des Gebäudes, des Heizsystems oder des Benützerverhaltens sehr gut erklärt werden. Aus diesem Grunde wurden die Energiekennzahlen  $E_{\text{Wärme}}$  aus der genannten Erhebung als repräsentativ übernommen. Die gerundeten, den weiteren Berechnungen unterlegten Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

### ... und hochgerechneter Endenergieverbrauch

Die beheizten Geschossflächen pro Heizungsart und pro Energieträger wurden den Resultaten der Gebäudezählung 1980 entnommen. Durch Multiplikation mit den Energiekennzahlen

Tabelle 1. Gerundete Energiekennzahlen für Raumheizung und Warmwasser ( $E_{\text{Wärme}}$ ) als Grundlage für die Hochrechnung des Gesamtenergieverbrauchs im Unterengadin. Quelle: Erhebung Kt. GR, Zahlen für das Unterengadin.

Heizungsart	besetzte Wohnungen	Zweit-Wohnungen
Einzelöfen, alle Baujahre	500	125
Zentralheizung, Baujahr des Gebäudes		
- vor 1900*	750	500
- nach 1900	850	570

\* Annahme: etwa 70% sind alte EFH mit grosser bloss temperierter Geschossfläche