

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 12

Artikel: Investitions- und Energiesparpotential für Gebäudesanierungen im Kanton Graubünden
Autor: Wieland, Heinz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75741>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

Investitions- und Energiesparpotential für Gebäudesanierungen im Kanton Graubünden

Von Heinz Wieland, Maienfeld

Zur Ermittlung des Investitions- und Energiesparpotentials des Kantons Graubünden wurden an zehn repräsentativ ausgewählten Häusern alle mit den heute allgemein angewendeten Technologien erreichbaren Energiesparmassnahmen untersucht und deren Kosten und Nutzen ermittelt. Die Resultate wurden auf den ganzen Kanton Graubünden hochgerechnet und in einer Summenkurve dargestellt. Diese Darstellung erlaubt es, das Investitions- und Energiesparpotential unter verschiedenen Wirtschaftlichkeitskriterien zu ermitteln. Legt man einen Ölpreis von Fr. -65 pro 100 kg, einen Zinssatz von 6% und eine Amortisationsdauer von 15 Jahren fest, so erreicht das Energiesparpotential des Kantons Graubünden 1,25 Mia. kWh pro Jahr, entsprechend etwa 150 Mio. Liter Öl pro Jahr bei Investitionen von nur 830 Mio. Franken.

Ziele der Untersuchung

Mit Hilfe der statistischen Auswertung der Erhebung «Energiekennzahl» im Kanton Graubünden waren die typischen, dauernd bewohnten Bündner Wohngebäude zu definieren. Für zehn entsprechend dieser Definition repräsentative Häuser musste das Investitions- und Energiesparpotential für die Sanierung ermittelt werden. Dieses Potential war sodann auf die gesamten, dauernd bewohnten Wohngebäude im Kanton Graubünden hochzurechnen. Damit ist bereits ausgedrückt, dass in den dargestellten Potentialen die Nichtwohngebäude fehlen, welche natürlich ein beachtliches zusätzliches Investitions- und Energiesparpotential darstellen.

Vorgehen

Das Vorgehen leitet sich aus der Erkenntnis ab, dass der Wärmeverlust eines beheizten Gebäudes einerseits von dessen Bauart, andererseits von dessen Klima und schliesslich auch vom Benutzerverhalten abhängig ist. Mit Ausnahme des Benutzerverhaltens sind alle Arten von Energieverlusten in erster Ordnung proportional zur Anzahl Heizgradtage am Ort des Gebäudes. Das Benutzerverhalten hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist nur sehr schwer zu ermitteln. Immerhin ist bekannt, dass in Gebäuden mit Einzelofenheizung sehr viel weniger Energie

verbraucht wird als in solchen mit Zentralheizung. Zu beachten waren auch die Energiegewinne durch Abwärme von Personen, Haushaltgeräten und Installationen sowie durch Sonnenenergie. Vernachlässigt man diese letzten Einflüsse, über die kaum Zahlenmaterial vorliegen, so kann man aus dem bekannten Energieverbrauch eines Hauses an einer bestimmten Lage den des genau gleichen Hauses an einer anderen Lage bestimmen. Die Heizgradtage der verschiedenen Lagen wurden dabei nach [1] ermittelt.

Die Erhebung «Energiekennzahl» im Kanton Graubünden gibt Auskunft über folgende Charakteristiken eines Gebäudes:

- Gemeinde, in welcher das Gebäude steht, sowie Höhenlage
- Baujahr und Umbaujahr des Gebäudes
- Gebäudeart (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, andere)
- Exposition des Gebäudes
- Benützungsdauer, allenfalls vorhandenes Schwimmbad
- Ausnützungsziffer sowie Netto- und Brutto-Geschossfläche
- Art der Heizung und des Heizmediums sowie Heizleistung und Regelung
- Art der Warmwasserbereitung
- Energieverbrauch

Der Einfluss der Bauweise und der Beheizung auf den Energieverlust eines Gebäudes, wie sie durch das vorliegende Zahlenmaterial beschrieben sind, kann nicht quantifiziert werden. Durch die Wahl von zehn für den Kanton

Graubünden bezüglich dieser Charakteristiken repräsentativen Gebäuden wurde die Ermittlung dieses Einflusses umgangen. An so ausgewählten Gebäuden kann er vernachlässigt werden. Die in der Folge untersuchten zehn Häuser stellen also ein statistisches Mittel der Bündner Gebäude dar, wie sie durch das vorhandene Zahlenmaterial beschrieben sind.

Die Energieverbräuche bzw. die Energiekennzahlen dieser 10 Gebäude wurden nochmals präzise ermittelt und nicht von der Erhebung des Kantons Graubünden übernommen.

Sanierungspotential der einzelnen Häuser

Mit Hilfe von H. Gabathuler, dipl. Arch. und J. Mathis, Heizungstechniker, wurden die Gebäude ausgewählt und wie folgt untersucht:

1. Beschaffung von Plänen und Unterlagen über die Beschaffenheit der Gebäudehülle zur Ermittlung der k- oder R-Werte und der Ausmasse der einzelnen Teile der Gebäudehülle.
 2. Messen des feuerungstechnischen Wirkungsgrades des Wärmeerzeugers, Berechnen des Jahreswirkungsgrades
 3. Erhebung des tatsächlichen Energieverbrauches bei den Bewohnern
 4. Detaillierte Berechnung des jährlichen Energieverbrauches nach [2] unter Berücksichtigung der Sonnenenergiegewinne nach [3] mit einem mittleren, dem Kanton Graubünden entsprechenden Besonnungsfaktor und einem geschätzten Wirkungsgrad
 5. Vergleich des errechneten Energieverbrauches mit dem erhobenen und auf die mittleren Klimadaten umgerechneten; Abklärung allfälliger Differenzen
 6. Ermittlung aller möglichen Energiesparmassnahmen an Baukörper und Heiztechnik inkl. solcher, welche wenig wirtschaftlich erscheinen
- Ermittlung von Kosten und Nutzen der einzelnen Energiesparmassnahmen
- Besonders wichtig erscheint uns die detaillierte theoretische Berechnung des Energieverbrauches der einzelnen Gebäude und des Vergleiches derselben mit den Verbrauchsangaben der Bewohner. Gerade bei älteren Häusern lagen diese Verbrauchsangaben z.T. bis zu 50% unter den theoretisch ermittelten Werten. Daraus zu schliessen, dass

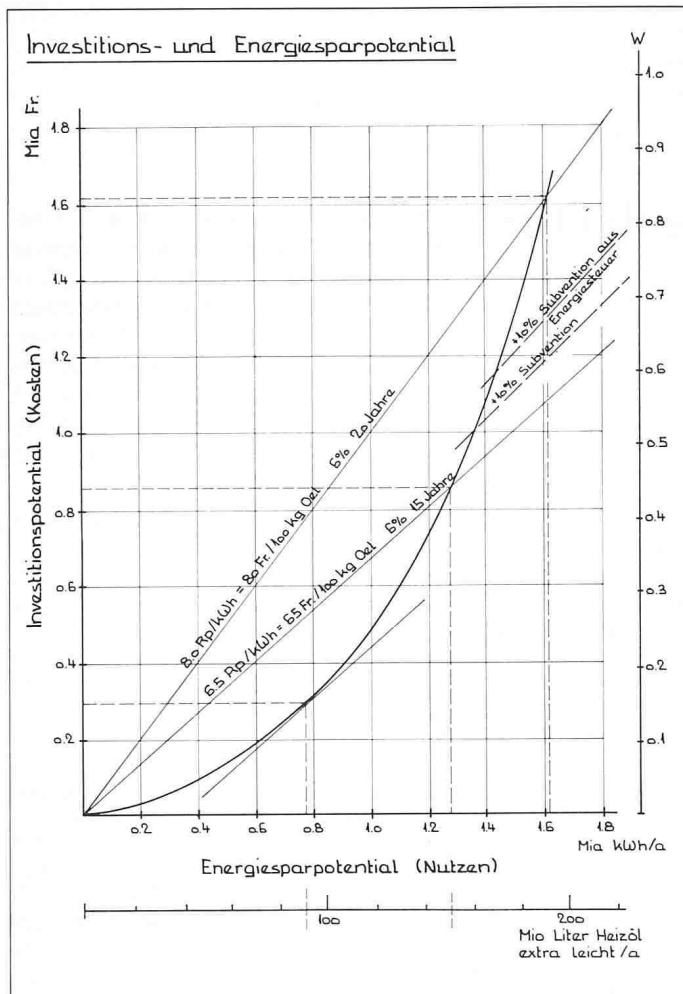


Bild 1. Summenkurve der Energiespar- und Investitionspotentiale des Kantons Graubünden

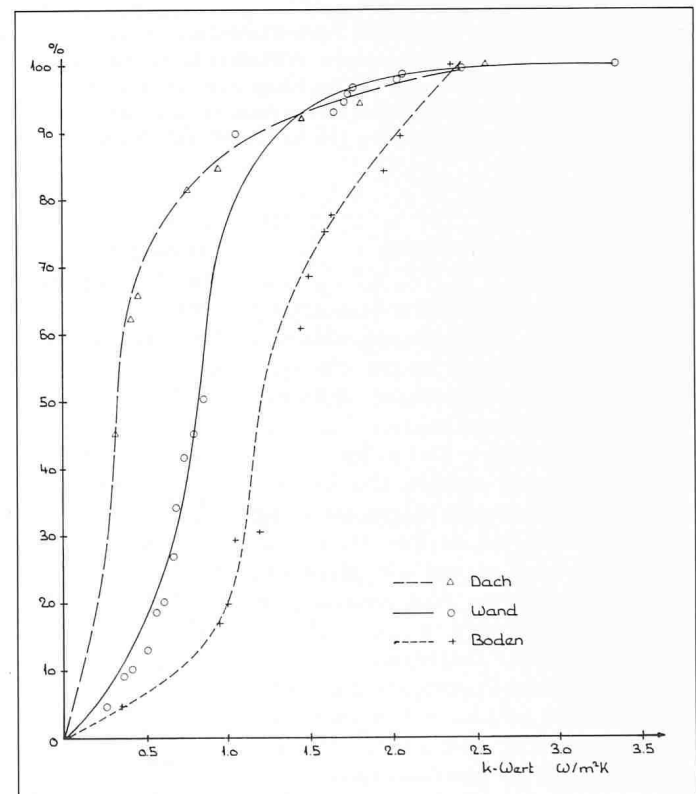
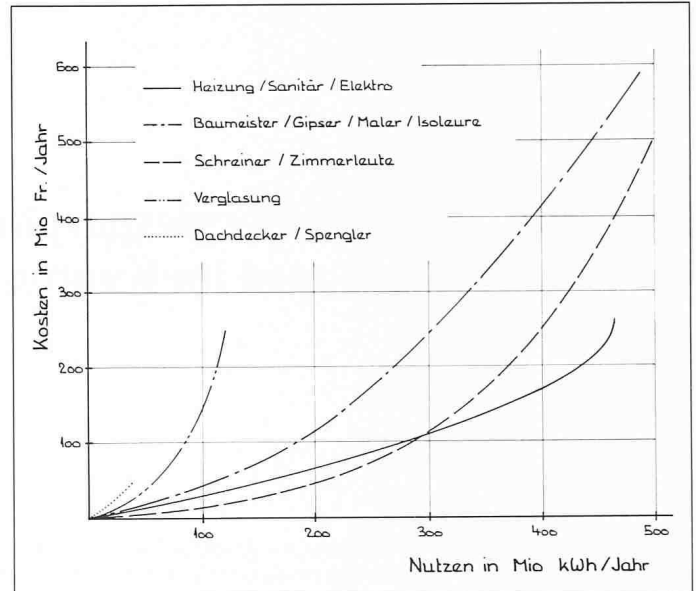


Bild 2 (rechts oben). Summenkurve der Energiespar- und Investitionspotentiale des Kantons Graubünden, aufgeteilt auf verschiedene Handwerke

Bild 3 (rechts unten). Summenkurve der k-Werte an den 10 untersuchten Gebäuden, aufgeteilt in Dach, Wand (ohne Fenster) und Boden

die gewählte Berechnungsmethode für den Energieverbrauch ungeeignet sei, wäre aber voreilig. In Punkt 5 unseres Vorgehens haben wir nämlich sämtliche dieser Differenzen restlos abgeklärt und gefunden, dass eine sorgfältige theoretische Berechnung in keinem Fall mehr als 10% von den ebenso sorgfältig ermittelten Verbrauchsangaben abweicht. Die theoretische Berechnung des jährlichen Energieverbrauches erlaubt es aber auch, die Wärmeverluste der einzelnen Bauteile bzw. Teile der Haustechnik zu ermitteln, was für eine saubere Kosten-Nutzen-Analyse unerlässlich ist.

Für die Gesamtheit aller untersuchten Gebäude wurde nun ein Sanierungs-

programm erstellt, wobei die einzelnen Massnahmen in der absteigenden Reihenfolge des Verhältnisses Energieeinsparung zu Kosten aufgelistet wurden. Alle Massnahmen wurden so angenommen, dass keine Bauschäden oder Schäden an den haustechnischen Anlagen entstehen können. Es wurden jedoch keine bauphysikalischen und haustechnischen Detailuntersuchungen vorgenommen.

Hochrechnung auf Kanton Graubünden

Als erster Schritt wurde der Nutzen der Sanierungsmassnahmen von den lokalen Heizgradtagen der einzelnen Gebäude auf die mittleren Heizgradtage

der etwa 3400 aus der Erhebung «Energiekennzahl» berücksichtigten Gebäude umgerechnet. Für alle Massnahmen, für welche eine entsprechende Planung notwendig ist, wurden Planungs- und Bauleitungskosten von 15% zu den Ausführungskosten dazugeschlagen. In einem zweiten Schritt wurden Kosten und Nutzen der Energiesparmassnahmen an den 10 untersuchten Gebäuden auf die etwa 3400 Gebäude der Erhebung «Energiekennzahl» proportional zu deren Energiebezugsflächen umgerechnet.

Als letzter Schritt erfolgte die Hochrechnung von Kosten und Nutzen der etwa 3400 aus der Erhebung «Energiekennzahl» berücksichtigten Gebäude auf die total etwa 41 000 in der Gebäu-

dezhaltung 1980 ausgewiesenen Wohngebäude des Kantons Graubünden. Dabei wurde angenommen, dass die mittleren Heizgradtage und die mittlere Energiebezugsfläche mit denen der etwa 3400 berücksichtigten Gebäude der Erhebung «Energiekennzahl» übereinstimmen, was statistisch nicht nachgewiesen werden konnte.

Darstellung der Resultate und Auswertung

Für die Darstellung der Resultate wurde die Summenkurve gewählt. Keine grafische Darstellung erlaubt wohl eine so einfache und vielfältige Auswertung der gewonnenen Daten. Vor allem kann damit erreicht werden, dass das Investitions- und Energiesparpotential für verschiedene Wirtschaftlichkeitskriterien aus ein und derselben Grafik herausgelesen werden kann. Die Summe der aufgezählten Massnahmen ergibt das mit der heute allgemein verwendeten Technologie erreichbare Maximum von Energieeinsparungen. Wesentlich mehr wird aber das Potential der wirtschaftlich realisierbaren Energiesparmassnahmen interessieren. Ob eine Energiesparmassnahme als wirtschaftlich beurteilt wird, hängt aber von verschiedenen Faktoren ab:

- Energiepreis
- Zinssatz und Teuerung
- Lebensdauer der Energiesparmassnahme
- Amortisationsziel des Investors
- Steuervergünstigungen und allfällige Subventionen

Die oben erwähnten Faktoren werden von verschiedenen Personen verschieden beurteilt. Mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitsskala W auf der rechten Seite von Bild 1 kann unter Verwendung der folgenden Formel eine Wirtschaftlichkeitsgerade eingezeichnet werden, welche den entsprechenden Wert auf der Skala W mit dem 0-Punkt des Diagramms verbindet.

Formel:

$$W = Ep / (1/A + Z/200)$$

Ep = Energiepreis in Fr./kWh

A = Amortisationszeit in Jahren

Z = Zinssatz in %

Der Schnittpunkt der Wirtschaftlichkeitsgeraden mit der Summenkurve ergibt auf der Ordinate das Investitionspotential in Mia. Franken und auf der Abszisse das Energiesparpotential in Mia. kWh.

Als Beispiel eingezeichnet sind zwei Wirtschaftlichkeitsgeraden. Die erste

ergibt ein W von 0,67 bei einem Energiepreis von 6,5 Rp. pro kWh, einem Zinssatz von 6% und einer Amortisationsdauer von 15 Jahren. Daraus kann ein Energiesparpotential von etwa 1,25 Mia. kWh abgelesen werden bei einem entsprechenden Investitionspotential von etwa 0,9 Mia. Franken. Zu beachten ist, dass die Summe aller Energiesparmassnahmen diese Wirtschaftlichkeit aufweist. Fordert man hingegen, dass jede einzelne Energiesparmassnahme mindestens die vorgegebene Wirtschaftlichkeit erreichen soll, so ist die Tangente mit der gleichen Steigung an die Summenkurve zu bilden. Die oben erwähnten Wirtschaftlichkeitskriterien ergeben dann bei Investitionen von etwa 300 Mio. Franken ein Energiesparpotential von mehr als 750 Mio. kWh pro Jahr.

Als zweites Beispiel ist bei einem Energiepreis von 8 Rp. pro kWh, einer Amortisation innert 20 Jahren bei einem Zinssatz von 6% ein Verhältnis von Energiesparpotential zu Investitionspotential gezeigt, bei welchem für 1 Franken Investition etwa 1 kWh pro Jahr gespart werden kann. Abbildung 1 erlaubt es aber auch zu untersuchen, welchen Einfluss Subventionen auf die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen haben.

Zusätzliche Auswertungen

Die total 86 möglichen Energiesparmassnahmen an den 10 untersuchten Häusern wurden noch weiter ausgewertet. Interessante Ergebnisse lieferte die Aufteilung auf die einzelnen Handwerker (Bild 2). Hier ist ersichtlich, dass vor allem die Massnahmen beim Innenausbau sehr wirtschaftlich sind. Dabei muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass bei diesen Massnahmen auch sehr oft bauphysikalische Schäden entstehen. Ganz allgemein festgestellt werden konnte, dass 70% aller Massnahmen einer eingehenden Planung durch sorgfältig ausgebildete Fachleute bedürfen. Auch die Massnahmen an der Haustechnik sind in vielen Fällen wirtschaftlich, obwohl in dieser Untersuchung angenommen wurde, dass in der Regel die haustechnischen Massnahmen erst an den bautechnisch sanierten Gebäuden vorgenommen werden. Naturgemäss resultierten aus dieser Vorgehensweise geringere Einsparungen durch Massnahmen an der Haustechnik.

Die k-Werte der einzelnen Bauteile, wie sie an den 10 im Detail untersuchten Häusern angetroffen wurden, haben

wir statistisch ausgewertet und in Bild 3 dargestellt. Das Resultat bestätigt die Tatsache, dass die wärmetechnische Sanierung vor allem von Steildächern nicht sehr problematisch ist und dass dafür eine grosse Anzahl von Produkten zur Verfügung stehen. Wände können nur mit sehr viel grösserem Aufwand saniert werden, was darin resultiert, dass die angetroffenen Wände zum grossen Teil völlig ungenügende k-Werte aufwiesen. Unverständlicherweise sind auch die Böden gegen ungeheizte Kellergeschosse oder gegen das Erdreich im allgemeinen sehr schlecht wärmegeklämt.

Folgerungen

Aus der Untersuchung Investitions- und Energiesparpotential für Gebäudesanierungen im Kanton Graubünden können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Wird ein Gebäude nach einem klaren Konzept wärmetechnisch saniert, wobei dieses Konzept das Kosten-Nutzen-Verhältnis der einzelnen Sanierungsmassnahmen und die bauphysikalischen Randbedingungen berücksichtigt, so ist eine solche Sanierung im allgemeinen wirtschaftlich sehr interessant. Das Investitions- und Energiesparpotential des Kantons Graubünden ist unerwartet hoch.
- Die dargestellte Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen kann nun nur erreicht werden, wenn diese durch umfassend ausgebildete Fachleute geplant werden.
- Wärmetechnische Gebäudesanierung kann einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Energiesituation in der Schweiz liefern und stellt eine äusserst interessante Massnahme für den Umweltschutz dar. Nicht gebrauchte Heizenergie belastet die Umwelt nicht nur wenig, sondern überhaupt nicht.

Adresse des Verfassers: Heinz Wieland dipl. Baug. ETH, Schloss Brandis, 7304 Maienfeld.

Literatur

- [1] SIA-Empfehlung Nr. 381/3, Heizgradtage der Schweiz, Ausgabe 1982
- [2] Handbuch Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen, Bundesamt für Konjunkturfragen 1983
- [3] Bilan thermique dynamique des fenêtres projet NEFF No 48. Laboratoires de recherche en energie solaire et physique du bâtiment, EPFL