

# Sonnenenergie ist wirtschaftlich

Autor(en): **Kröni, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **111 (1993)**

Heft 37

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78239>

## **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.

# Sonnenenergie ist wirtschaftlich

Es ist nicht das Ziel der folgenden Abhandlung, zu beweisen, dass die thermische Sonnenenergienutzung mit fossilen Energieträgern konkurrieren kann. Bei wärmetechnischen Sanierungen hat es sich jedoch gezeigt, dass es oftmals wirtschaftlicher ist, Energie mit Hilfe von thermischen Sonnenenergieanlagen zu sparen als mit nachträglichen baulichen Sanierungen wie beispielsweise Wärmedämmung.

## Was sind die Voraussetzungen?

Zurzeit sind viele in den siebziger Jahren gebaute Gebäude in verschiedener Hinsicht sanierungsbedürftig. Einer-

VON ROBERT KRÖNI,  
KIRCHDORF

seits sind die Heizanlagen am Ende der Lebensdauer angelangt und werden durch moderne, wesentlich sparsamere Heizungen ausgetauscht. Andererseits müssen auch Bauteile, welche nach 20 Jahren Altersschäden aufweisen, saniert werden.

Eine klassische Ausgangslage sieht beispielsweise wie im folgenden Fall beschrieben aus:

- Das Flachdach ist, einerseits wegen der Alterung, andererseits wegen ursprünglich noch ungenügender Bautechnik undicht
- Die Fenster sind wegen mangelnder Pflege rissig, die Beschläge wackeln, und es fehlen ordentliche Dichtungen
- Die Fassade ist ohne Schäden
- Der Fachmann empfiehlt einen neuen Heizkessel

- Es sind Komfortmängel feststellbar (z.B. kalte Füsse).

Der wärmetechnische Standard entspricht nicht mehr heutigen Vorstellungen von energiesparender Bauweise (siehe Kasten).

## Was wird üblicherweise gemacht ?

Vielfach wird dann eine Gesamtsanierung durchgeführt, mit neuen Fenstern, Aussenwärmedämmung der Fassade und neuem Flachdach. Es wird ein neuer Heizkessel mit einer modernen Regelung eingebaut, und die Heizkörper erhalten Thermostatventile.

Wenn der Bauherr genügend Verständnis für die Alternativenergienutzung aufbringt und noch Geld hat, kommt – selten genug – eine Sonnenenergieanlage zum Einbau.

Bisher galt diese Reihenfolge als «Stand der Baukunst» und hat, wärmetechnisch gesehen, sehr gute Erfolge gezeigt. Solcherart sanierte Gebäude haben den Energieverbrauch bis auf einen Drittel des ursprünglichen Verbrauchs reduzieren können.

## Typische Wandaufbauten von Bauten aus den 60er und 70er Jahren und deren K-Werte:

### Fassade:

Innenputz	
Backstein 12.5 cm	
Glaswolle 3 cm	
Backstein 12.5 cm	
Aussenputz	K = 0.65 W/m <sup>2</sup> K
heutiger Grenzwert	K = 0.40 W/m <sup>2</sup> K

### Flachdach:

Beton 18 cm	
Dampfsperre	
Wärmedämmung 4 cm	
Dachbahn	
Kies	K = 0.75 W/m <sup>2</sup> K
heutiger Grenzwert	K = 0.40 W/m <sup>2</sup> K

### Schrägdach:

Täfer	
Glasfaser 4 cm zw. Sparren	
Luft	
Unterdach	K = 0.59 W/m <sup>2</sup> K
heutiger Grenzwert	K = 0.40 W/m <sup>2</sup> K

Gegenüber früheren Konstruktionen (Jahre vor 1970) mit K-Werten von wesentlich über 1.0 W/m<sup>2</sup>K ist eine Verbesserung feststellbar. Die Werte sind weder besonders gut (siehe heutige Werte) noch ausgesprochen schlecht. Feuchteschäden treten meist nur bei unsachgemäßem Benutzerverhalten auf.

## Wie steht es mit der Wirtschaftlichkeit ?

In Energiestudien, wo auch die Wirtschaftlichkeit der Sanierungen untersucht worden ist, ist aber auch immer ersichtlich, dass diese bautechnischen Sanierungen, allein von den Energie-

	äq. Energiepreis/ Wärmegestehungs- kosten
<b>Äquivalenter Energiepreis</b>	
Sanierung Flachdach	15–25 Rp./kWh
Schrägdachsanie rung	30–50 Rp./kWh
Aussenwärmedämmung	30–40 Rp./kWh
Wärmedämmung Kellerdecke	14–18 Rp./kWh
Mehrkosten Wärmeschutzverglasung *)	6–7 Rp./kWh
<b>Wärmegestehungskosten konv. Haustechnik</b>	
konventionelle Heizanlage (Heizöl)	9–12 Rp./kWh
Wärmepumpenanlage	14–17 Rp./kWh
Holzsnitzelfeuerung	15–25 Rp./kWh
Warmwasser mit Elektroboiler	14–18 Rp./kWh
<b>Wärmegestehungskosten für Sonnenenergie</b>	
Sonnenenergieanlage für Warmwasser	25–30 Rp./kWh
grosse Sonnenenergieanlage für Heizung & Warmwasser	ca. 25 Rp./kWh
*) Als Preisdifferenz einer Wärmeschutzverglasung zu einer konventionellen Isolierverglasung	

	Altersheim (Alpen)	Einfamilienhaus
<b>Aussenwärmedämmung</b>		
Kosten	180 000.– Fr.	35 000.– Fr.
Energieeinsparung	210 000 MJ/a	15 000 MJ/a
<b>Sonnenenergieanlage</b>		
Kosten	190 000.– Fr.	28 000.– Fr.
Energieeinsparung	278 000 MJ/a	20 000 MJ/a

Tabelle 2. Kosten-/Einsparungs-Vergleiche zwischen Aussenwärmedämmung und Sonnenenergieanlage

Tabelle 1. Vergleich Sanierungen versus Sonnenenergie; Annahmen: Zinssatz 7.5 %, Amortisationsdauer baulicher Sanierungen 25 Jahre, Amortisationsdauer der Haustechnikanlagen 20 Jahre, Heizölpreis 40 Rp./l, Stromtarif für Warmwasseraufbereitung 10 Rp./kWh. Die Kosten sind Systemkosten, d.h. inkl. Planung, bei Wärmeerzeugung inkl. Heizgruppen, Speicher und Regelung

**Definition des äquivalenten Energiepreises:**

Eine wärmetechnische Sanierung spart Energie, dies sagt schon der Name. Sie verursacht aber auch Kosten. Die Investition muss verzinst (meist als Hypothek) und auch amortisiert werden, damit am Ende der Lebensdauer des Bauteils keine Schulden mehr vorhanden sind. Eventuell sind auch zusätzliche Unterhaltskosten zu berappen. Diese Kosten (Verzinsung und Amortisation) lassen sich mit der Annuitätenmethode zu jährlich wiederkehrenden Beträgen umrechnen. Als Beispiel beträgt die Annuität einer Massnahme mit einer Lebensdauer von 25 Jahren bei einem Zinssatz von 7.5% jährlich 8.97%.

Bei einer Energieeinsparung sind nun anstelle der Energiekosten die Kapital- und Unterhaltskosten zu zahlen. Wenn die Massnahme wirtschaftlich ist, so sind die Kosten kleiner als vorher. Die Jahreskosten der Energiesparmassnahmen können auch pro eingesparte Energieeinheit gerechnet werden (meist pro kWh Wärme).

$$\text{äq. Energiepreis} = \frac{\text{Jahreskosten Massnahme}}{\text{eingesparte Energie}}$$

Dieser Wert lässt sich für die Wirtschaftlichkeit direkt mit dem Energiepreis vergleichen.

**Wärmegestehungskosten**

Die Kosten der Nutzwärme (am Heizkörper oder am Warmwasserhahn) bestehen nicht nur aus den reinen Energiekosten. Ähnlich wie beim äquivalenten Energiepreis müssen auch hier die Kapitalkosten, die Amortisationen und die Unterhaltskosten berücksichtigt werden. Zudem spielt auch der Wirkungsgrad der Anlage eine Rolle.

Werden alle Kosten zusammengerechnet und durch die bezogene Wärme dividiert, so erhält man den Wärmegestehungspreis.

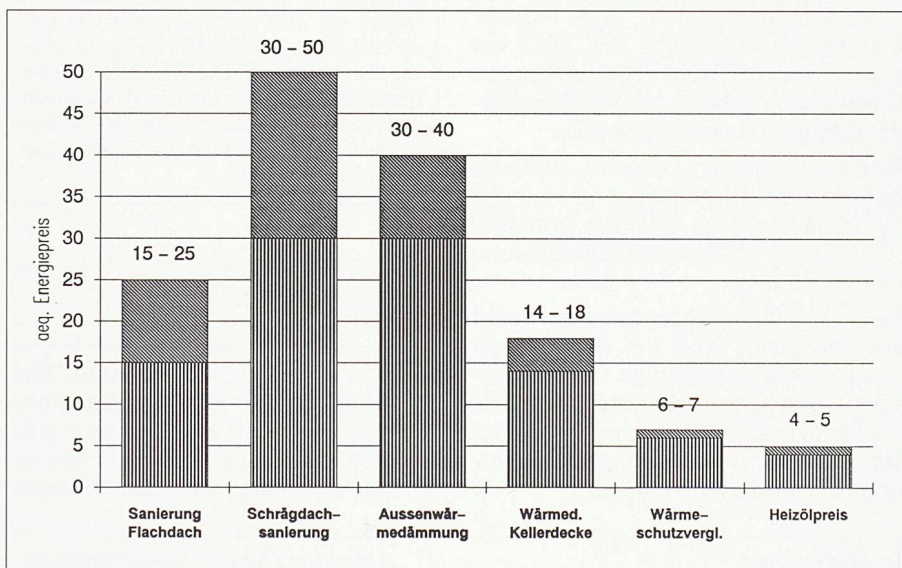


Bild 1. Äquivalente Energiepreise verschiedener Sanierungen

einsparung betrachtet, unwirtschaftlich sind. Ganz besonders gut wird dies ersichtlich, wenn der sogenannte äquivalente Energiepreis (Erklärung siehe Kasten) errechnet wird. Nicht selten liegt dieser Wert zwischen 30 und 40 Rp./kWh; – eine Zahl, die fast um den Faktor 10 über dem aktuellen Heizölpreis (rund 40 Fr./100 kg) liegt.

Es liegt mir fern, nur noch streng wirtschaftliche Sanierungen zu postulieren. Die Diskussion über die externen Kosten des Energieverbrauchs zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit nicht das einzige Kriterium sein darf. Die Wirtschaftlichkeit darf aber nicht ganz ausser acht gelassen werden. Ziel muss indessen bleiben: *Pro investierten Franken möglichst viel Energie sparen.*

**Die Art der Wärmeerzeugung**

Wenn in Energiestudien auch noch verschiedene Varianten der Wärmeerzeugung diskutiert werden, ist es sinnvoll, als Vergleichskriterium die Wärmegestehungskosten zu berechnen (siehe Kasten). Dieser Wert dient einerseits als Vergleichskriterium für die Wahl der geeignetsten Wärmeerzeugungsvariante, andererseits lässt sich dieser Wert direkt mit den äquivalenten Energiekosten von Sanierungsmassnahmen vergleichen.

Im Fall der Sonnenenergienutzung, welche im Normalfall als ergänzende Wärmequelle auftritt und als Sparmöglichkeit für herkömmliche Energieträ-

ger in direkter Konkurrenz zu baulichen Sanierungen steht, ist die Berechnung der Wärmegestehungskosten besonders sinnvoll. Es ist dann über die äquivalenten Energiepreise ein direkter Wirtschaftlichkeitsvergleich möglich.

**Was lässt sich aus den Wirtschaftlichkeitsberechnungen herauslesen ?**

Vielfach schneidet die Sonnenenergie besser ab als bauliche Sanierungsmassnahmen (vgl. Tabelle 1).

Im anfangs erwähnten Beispiel könnte die Sanierung wie folgt aussehen:

- Das Dach muss wegen Schäden zwingend saniert werden
- Der Heizkessel wird ersetzt inkl. Regelung, und es werden Thermostatventile an den Heizkörpern montiert
- Der Boden gegen den unbeheizten Keller wird wärmedämmend
- Für die Fenster müsste eine genauere Betrachtung unter Berücksichtigung einer möglichen Renovation, der Erhaltung funktionstüchtigen Baumaterials (ökologische Überlegungen !) und möglicher Energieeinsparungen erfolgen.
- Über die nachträgliche Wärmedämmung der Wand kann frei entschieden und mit einer möglichen Sonnenenergieanlage verglichen werden. Da bei der Dachsanierung die Spenglerarbeiten dem Wandanschluss angepasst werden müssen, wird hier jener Entscheid gefällt, der für längere Zeit Gültigkeit hat.

Es lohnt sich, im vorliegenden Fallbeispiel das Vorgehen genauer zu überlegen. Aus anderen konkreten Fällen wurden Werte abgeleitet, wie sie in Tabelle 2 zusammengestellt sind. In beiden zitierten Fällen erweist sich die Sonnenenergieanlage vorteilhafter als die Fassadenwärmedämmung.

Weit besser als «entweder oder» ist natürlich *sowohl als auch* (Fassadenwärmedämmung und Sonnenenergieanlage). Als Hauseigentümer oder öffentliche Bauherrschaft steht aber nicht immer ein beliebiges Budget zur Verfügung. In vielen Fällen, wo als Standardlösung ohne weitere Überlegungen die Aussenwärmedämmung zum Einsatz gekommen wäre, steht als preisgünstigere Alternative mit einer grösseren Energieeinsparung die Sonnenenergie zur Verfügung.

Diese Erkenntnis ist nicht überall bekannt. Insbesondere bei der öffentlichen Hand ist häufig ein unbedachter Vorzug für bauliche Sanierungen festzustellen.

## Schlussbemerkung

Die bis heute geltende Auffassung, dass beim Energiesparen am Bau in erster Linie bauliche Sanierungsmassnahmen und erst in zweiter Linie Sonnenenergieanlagen zu realisieren sind, muss überdacht werden. Sonnenenergieanlagen sollten, wo immer möglich, von allem Anfang an in die Sanierungsüberlegungen mit einbezogen werden, weil sie als Energiesparmassnahmen häufig wirtschaftlich sind. Diese Überlegungen gelten natürlich nicht für Sanierungen, die wegen Bauschäden zwingend sind.

Adresse des Verfassers: Robert Kröni, dipl. Ing. ETH, Kirchweg 83, 5416 Kirchdorf.

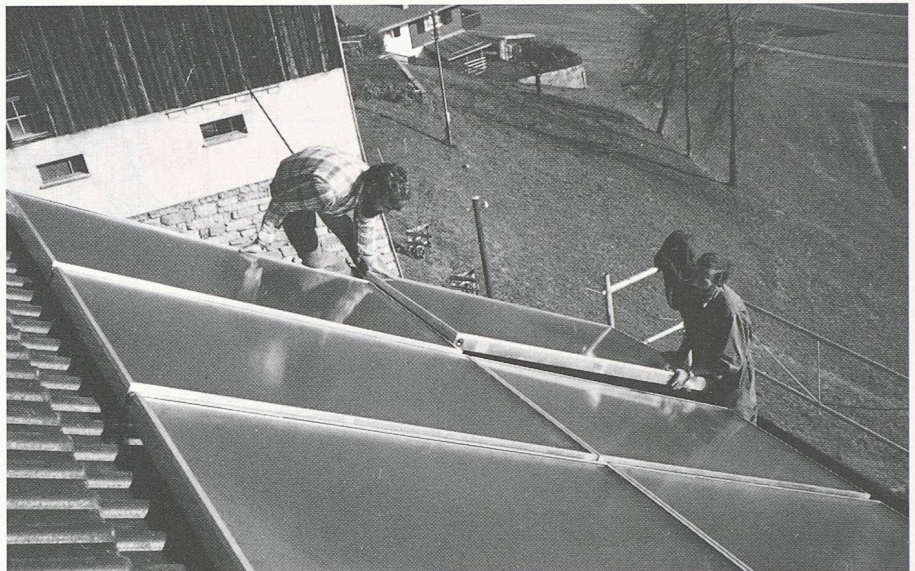


Bild 2. Werden in Zukunft mehr Sonnenenergieanlagen gebaut?

# Verbesserung der Schalldämmung mit elastischen Wandlagern

## Einleitung

Im Massivbau wird oft versucht, die Luftschalldämmung zwischen übereinanderliegenden Nutzungseinheiten

VON BEAT KÜHN UND  
RUDOLF BLICKLE,  
UNTERÄGERI

durch Verwendung elastischer Wandlager zu erhöhen. Das Marktangebot an solchen Lagern ist relativ gross. Dabei fehlt es auch nicht an technischen Daten wie Belastbarkeit, Resonanzfrequenz, dynamische Steifigkeit usw. Trotz der dem Baufachmann gelieferten Datenflut ist es nicht möglich zu bestimmen, wie gross die schalldämmverbessernde Wirkung solcher Wandlager in der Praxis effektiv ist.

Zur Klärung dieser wohl wichtigsten Frage bei der Anwendung von Wandlagern wurden eingehende schalltechnische Untersuchungen bei einer Mehrfamilienhaus-Überbauung vorgenommen. Dabei wurde ein Mehrfamilienhaus der Überbauung mit Akustiklagern ausgestattet, während die anderen Wohnhäuser ohne Lager errichtet wur-

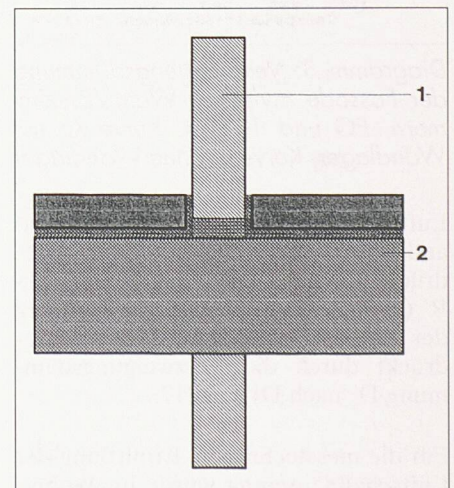
den. Die Grundrisse der beiden untersuchten Gebäude waren völlig identisch. Über die Ergebnisse unserer Untersuchungen wird im folgenden berichtet.

## Bauliche Situation

Die beiden untersuchten Mehrfamilienhäuser der Überbauung sind vierstöckig und wurden in Massivbauweise erstellt. Die Geschossdecken zwischen den verschiedenen Nutzungseinheiten bzw. Wohnungen bestehen aus 22 cm dickem Stahlbeton mit aufgetragenen schwimmenden Unterlagsböden. Als Fassadenkonstruktion wurde ein 18 cm dickes Backsteinmauerwerk mit aussenseitiger Wärmedämmung gewählt, während die Innenwände aus 12 bis 15 cm dicken Backsteinen aufgebaut sind. Zur Untersuchung der Verbesserung der Luftschalldämmung wurde ein Haus der Überbauung mit 6 mm dicken Wandlagern aus Gummischrot ausgestattet. Gemäss Angaben des Herstellers beträgt die maximale Belastbarkeit der Wandlager  $1,5 \text{ N/mm}^2$ ; die dynamische Steifigkeit wird zu  $s' = 6500 \text{ MN/m}^3$  angegeben.

## Durchführung der schalltechnischen Untersuchungen und Ergebnisse

Zur Bestimmung des Einflusses der verwendeten Wandlager auf die Schalldämmung wurden in den beiden Mehrfamilienhäusern (mit und ohne Wandlager) eine Reihe schalltechnischer Untersuchungen vorgenommen. Diese bestanden aus der Ermittlung der



1 = Sämtliche Innen- und Aussenwände aus Backsteinen auf elastischen Wandlagern aufgestellt

2 = Geschossdecken aus Stahlbeton mit schwimmendem Zementunterlagsboden

Bild 1. Schnitt durch Auflager Mauerwerk – Geschossdecke mit eingezeichnetem untersuchten Wandlager