

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 99 (1981)  
**Heft:** 36

**Artikel:** Rationelle Wärmeerzeugung in Gebäuden  
**Autor:** Weiersmüller, René  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74545>

### **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:** 13.01.2026

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

### Steildächer

In den letzten Jahren werden wieder vermehrt Bauten mit Steildächern erstellt. Oft bilden sie als sichtbare Dachschräge direkt den Abschluss von bewohnten, beheizten Räumen gegen ausen. Dies trifft bei den vielen alten, vorhandenen Steildächern eher selten zu. Meist bilden diese den Abschluss unbehohnter Estrichräume. Wie die Praxis zeigt, ist die Funktionstüchtigkeit der neusten Steildächer oft nicht gewährleistet. Ich wage sogar zu behaupten, dass die Probleme nicht minder gross sind als bei den Flachdächern. Warum?

Unter den heutigen Steildächern tropft es oft, aber nur in der kalten Jahreszeit und nicht bei starkem Regen unter Windeinwirkung. Was wir auf Grund unserer langjährigen Erfahrung mit solchen Steildächern aus den sechziger-

und siebziger Jahren wissen, hat sich bestätigt. Diese Dächer sind nicht von aussen *undicht*, sondern *von innen*. Wie im Abschnitt Feuchtigkeitsschutz erwähnt, dringt warme, relativ feuchte Raumluft in die mehrschichtige Dachkonstruktion ein und gelangt durch Luftundichtigkeiten bis in den kalten, äusseren Bereich. Ist die dort herrschende Temperatur tiefer als der Taupunkt der entwichenen Raumluft ( $+20^\circ\text{C}$ , r.F. 50  $t_s = +9,3^\circ\text{C}$ ), so scheidet diese den überschüssigen Wasserdampfgehalt aus.

Im Vergleich zum Diffusionskondensat sind die so ausgeschiedenen Mengen an Wasser wesentlich grösser. Auch hier ist die erhöhte Feuchtigkeitsbelastung von innen, die als Folge von Energiesparmassnahmen zu bezeichnen ist (Abdichten der Fenster, Temperaturab-

senken usw.), oft ein wesentliches schadenverstärkendes oder gar auslösendes Moment.

Alle wärmedämmten heterogenen Leichtdachkonstruktionen müssen warmseitig der Wärmedämmschicht eine luftdichte, dampfbremssende Ebene aufweisen (Bilder 8 und 9). Dies gilt sowohl für das klassische Kaltdach als auch für die Konstruktion aus der neueren Zeit, die weder als Kalt- noch als Warmdach bezeichnet werden kann. Insbesondere müssen auch die Anschlüsse bei Pfetten, Ort und Traufe sowie bei allen Durchdringungen usw. luftdicht sein.

Adresse des Verfassers: K. Menti, Arch. HTL, Dr. Amrein + Martinelli + Menti AG, Bauphysik und Bautechnologie, Bruchstr. 77, 6003 Luzern.

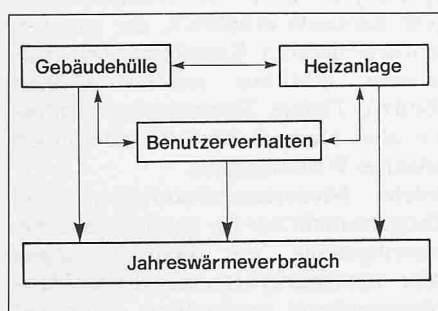
## Rationelle Wärmeerzeugung in Gebäuden

Von René Weiersmüller, Schlieren

### Gebäudehülle, Benutzerverhalten und Heizanlage

In der Vergangenheit ist an Energiesparseminarien meist ausführlich über Wärmedämmmassnahmen diskutiert worden. Vergessen wurde dabei aber oft, dass der Jahresenergieverbrauch ausser vom Zustand der Gebäudehülle auch sehr stark durch die Heizanlage und das Benutzerverhalten beeinflusst wird (Bild 1). Es ist deshalb ohne genaue Untersuchung an Ort oft schwierig herauszufinden, ob und weshalb der Energieverbrauch abnormal ist. So

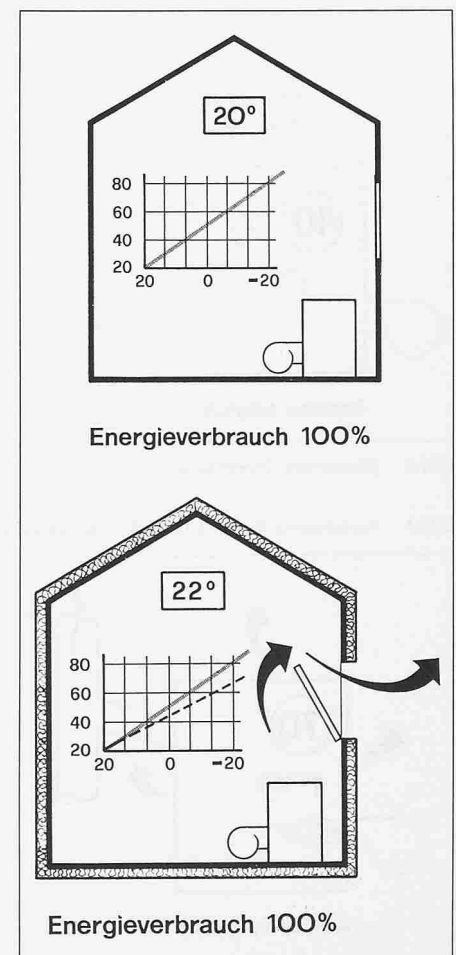
Bild 1. Jahresenergieverbrauch: Drei Hauptinflüsse



kann beispielsweise die wenig energiebewusste Haltung durch eine optimale Heizanlage oder eine ungenügende Gebäudehülle mit einem entsprechend dürftigen Heizkomfort überdeckt werden.

Aber auch unter diesen drei Parametern bestehen *Abhängigkeiten*. Die Wärmeleistung der Heiz- und Verteilanlage muss u. a. dem Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes angepasst sein. Stimmt etwas nicht überein, so ergibt sich meist ein verminderter Wohnkomfort und/oder ein erhöhter Heizenergieaufwand. Zum Beispiel kann der Jahresenergiebedarf trotz Anbringen einer Wärmedämmung gleichbleiben, weil wegen des Wärmeschutzes der vorher ungenügende Heizkomfort nun endlich ein annehmbares Niveau erreicht. Nichts gespart wird oft auch dann, wenn die Heizkurve der witterungsabhängigen Vorlauftemperaturregelung nicht den neuen Gegebenheiten angepasst wird (Bild 2). Bei dieser weitverbreiteten Regelung wird die *Vorlauftemperatur* je nach eingestellter Heizkurve i. a. nur durch die Aussen-temperatur beeinflusst und bauliche Veränderungen an der Gebäudehülle

Bild 2. Das Anpassen der Heizkurve ist wichtig



bleiben ohne Verstellen der Heizkurve unberücksichtigt!

## Vermeidliche und unvermeidliche Heizanlagenverluste

Der *Wirkungsgrad* einer Heizanlage ist um so höher, je geringer die Verluste gehalten werden können. Wegen der Lebensdauer der Heizanlage sind gewisse Verluste allerdings nicht ganz vermeidbar. Wenn nämlich ein Kilogramm Heizöl verbrennt, entsteht 1,2 kg Wasser. Dieses ist im dampfförmigen Zustand harmlos. Schlägt es sich aber als Kondensat im Kessel oder Kamin nieder, sind Schäden beim konventionellen Heizkessel und Kamin nicht auszuschliessen (Bild 3).

*Kaminschäden* können durch Einhaltung einer genügend hohen Abgastemperatur – gegen 200 °C am Kesselaustritt – normalerweise vermieden werden. Dadurch gehen allerdings etwa 10 Prozent der eingesetzten Brennstoffmenge verloren.

Die Kondensatausscheidung und damit die Korrosionsschäden am Kessel lassen sich vermeiden, wenn der Kessel während der ganzen Heizsaison (Kombikessel das ganze Jahr!) dauernd mit dem Kesselthermostat auf Betriebstem-

peratur gehalten wird. Dieser *aktive Korrosionsschutz* braucht ebenfalls Energie, die nicht der Raumheizung zugute kommt. Mit zunehmender Heizkesselgrösse steigen diese Verluste, ebenso mit höherer Kesselbetriebstemperatur. Damit aber die Kesseltemperatur immer einhaltbar ist, muss der Heizkessel mit einem Mischventil vom Vorlauf getrennt werden. Das Mischventil dient also primär zum dauernden Hochhalten der Kesseltemperatur und erst sekundär zum Einstellen der gewünschten Vorlauftemperatur.

## Betriebs- und Bereitschaftsverluste; Wirkungsgrad als Funktion der Brennerauslastung

Ein Heizkessel hat also bei *laufendem Brenner* etwa 10–20 Prozent Betriebsverluste, grösstenteils wegen den aufgeführten Kaminproblemen (Bild 4). Der Wirkungsgrad liegt dann etwa bei 80–90 Prozent.

Mit *stillstehendem Brenner* verliert aber der Heizkessel wie erwähnt immer noch Wärme durch Kamin und Heizraum, da der Kessel trotzdem die Betriebstemperatur einhalten muss. Diese sogenannten Bereitschaftsverluste werden mit kurzen Brenneinschaltungen

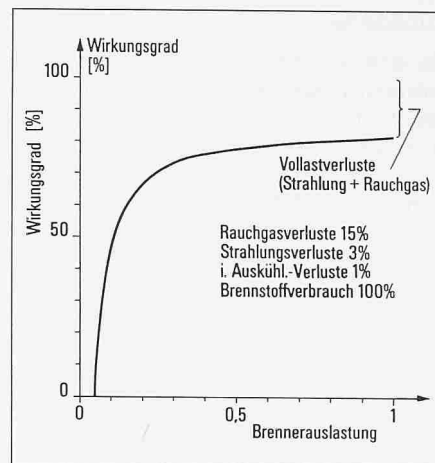


Bild 5. Wirkungsgrad als Funktion der Brennerauslastung

gedeckt. Der Wirkungsgrad ist in diesem Fall Null; es wird Heizöl verbraucht, ohne dass nutzbare Energie produziert wird.

Je nach Anteil Betriebs- und Bereitschaftszeit variiert so der Teillast- bzw. der Jahreswirkungsgrad der Heizanlage. Den besten Wirkungsgrad hat die Heizanlage bei Vollast, den schlechtesten, wenn keine Nutzleistung verlangt wird (Bild 5). Es muss somit auf eine *möglichst gute Auslastung* geachtet werden, d. h. auf lange Brennerlaufzeiten durch richtige Dimensionierung. Mit dem Festlegen von maximalen Bereitschaftsverlusten in den Eidg. Richtlinien ist das Bemessungsproblem nur bedingt entschärft worden: Ein dreimal zu grosser Heizkessel mit bloss 2 Prozent Bereitschaftsverlusten ist immer noch schlechter als ein richtig bemessener Kessel mit hohen Bereitschaftsverlusten von 6 Prozent.

## Niedertemperatur-Heizkessel

Mit alten Gusskesseln wurden bezüglich Korrosionsverhalten bei tiefen Betriebstemperaturen recht gute Erfahrungen gemacht. Der seit Jahren zum Standard gehörende aktive Korrosionsschutz (durch Einhalten einer genügend hohen Kesselbetriebstemperatur) ist deshalb besonders bei den heutigen Heizölpreisen immer fragwürdiger. Es sind nämlich seit einiger Zeit Kessel aus *Spezialguss* oder *korrosionsbeständigem Edelstahl* erhältlich, die mit wesentlich tieferen Kesselbetriebstemperaturen gefahren werden können (Bild 6). Tieferen Temperaturen bedeuten aber kleinere Verluste bzw. einen höheren Wirkungsgrad.

Solche Niedertemperaturkessel sind übrigens nicht nur für spezielle Wärmeverteilssysteme wie Bodenheizungen oder niedertemperaturtaugliche Heizkörpersysteme anwendbar. Auch auf

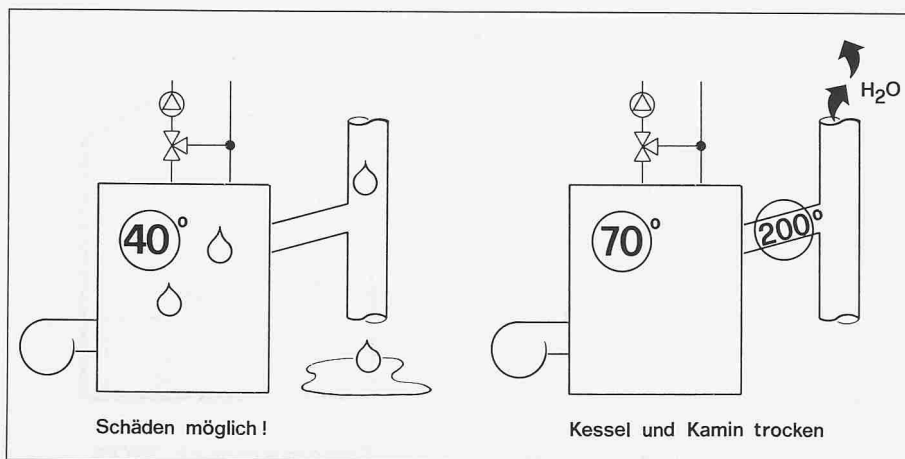
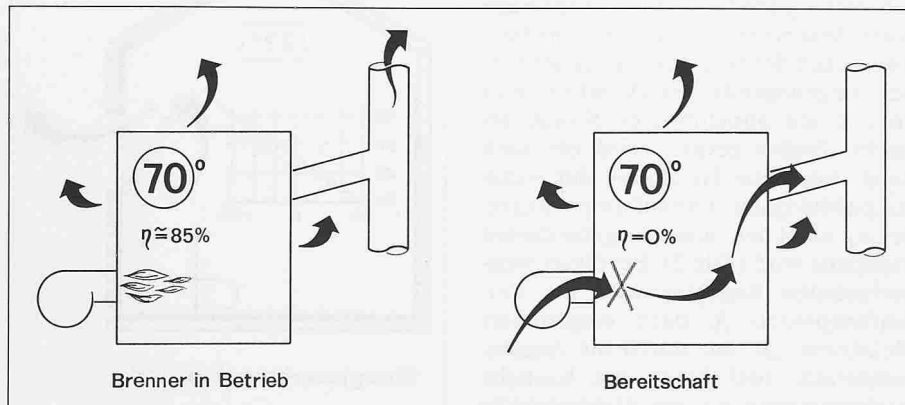


Bild 3. Wasser aus Verbrennung

Bild 4. Verschiedene Betriebszustände – verschiedene Wirkungsgrade



recht hohe Vorlauftemperaturen ausgelegte Wärmeverteilanlagen können mit Niedertemperaturkesseln betrieben werden: Damit aber die Vorteile der Niedertemperaturkessel voll genutzt werden können, ist die Kesselbetriebs-temperatur so niedrig wie möglich anzusetzen – am besten gleich entsprechend der jeweiligen Vorlauftemperatur. In der Übergangszeit sind dann die Temperaturen von Vorlauf und Kessel eher tief, an den wenigen extrem kalten Tagen sind sie hoch. Die Kesselbetriebs-temperatur wird so gleitend den Erfordernissen angepasst. Damit sich das gebildete Kondensat bei tiefen Kesseltemperaturen verflüchtigt, werden je nach Kesselhersteller verschiedene Massnahmen vorgesehen.

Aber auch die *Abgasverluste* sind beim Niedertemperaturkessel durch konstruktive Massnahmen reduzierbar. Dazu müssen allerdings die Probleme um das Kamin selbst beachtet werden. Diese werden üblicherweise durch Einzug eines isolierten, rostfreien Stahlrohres gelöst. Die kleine Wärmekapazität des Rohres bewirkt nach dem Brennerstart einen schnellen Temperaturanstieg im Kamin. Der Temperaturbereich, wo Kondensation möglich ist, wird so besonders mit einem richtig bemessenen Kamindurchmesser schnell verlassen. Wenn der Brenner stillsteht, sinkt umgekehrt die Kamintemperatur schnell ab und der Kaminzug (Wärmeverlust aus Kessel!) fällt sofort zusammen. Durch Nebenluftzugabe mit einer *Falschlufklappe* kann dieser Effekt, zusammen mit einer noch weitergehenden Kaminaustrocknung, verstärkt werden (Bild 7).

Ein Niedertemperaturkessel ist mit einem gut isolierten, genügend grossen Beistellboiler hervorragend zur Warmwasserbereitung geeignet. Nach erfolgter Boileraufladung kann der Kessel bis zur nächsten Aufladung ganz abgeschaltet werden und hat dann keine Verluste mehr.

## Alternativenergien

Die Verwendung von fast allen Alternativenergien ist an die Eigenheit gekoppelt, dass gewisse physikalische, technische oder finanzielle Grenzen relativ schnell erreicht werden. Sogenannte Kraftakte wie bei der normalen Ölheizung – man denke an grössere Kesselleistungen, höhere Vorlauftemperaturen, stärkere Umwälzpumpen usw., mit denen grobe Planungs- und Ausführungsfehler wieder hingebogen werden können – sind meist nicht möglich. «Die Kette ist so stark wie das schwächste Glied», dieser Ausspruch trifft hier

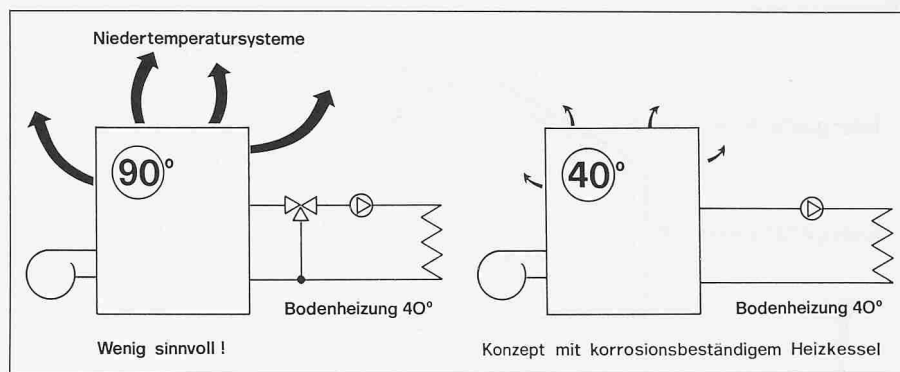


Bild 6. Niedertemperatursystem

gut zu. Einige Nahtstellen müssen somit besonders sorgfältig überlegt werden, z. B. die Wärmetauscher, Druckverluste, Regelungen usw.

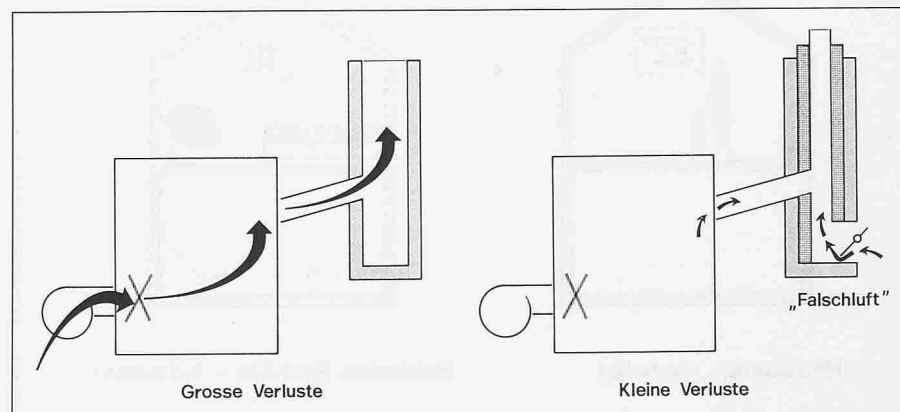
Die *Wärmepumpe* als «der Kühlschrank, der die Kälte zu Wärme hochtransformiert», wird zurzeit mit den verschiedensten Antriebsmotoren in grossen Stückzahlen hergestellt und verkauft. Eines der Hauptprobleme ist der *Wärmebezugsort*. Wärmepumpen mit Wärmelieferant Erdregister, Grund- oder Oberflächenwasser können normalerweise *monovalent*, d. h. *ohne Zusatzheizung*, betrieben werden. Die luftbetriebene Wärmepumpe (Konvektoren, Energiedach, Energiezaun usw.) erfordert mehrheitlich eine zweite, vollständige Heizanlage zur Spitzendeckung. Dies wirkt sich ungünstig auf das Kosten/Nutzen-Verhältnis aus, denn beide Anlagen müssen gewartet und unterhalten werden (Brennerservice, Wärmepumpenservice, Kaminfeger, Ölfeuerungskontrolle, Tankkontrolle usw.). Besonders im Neubau dürfte somit die monovalente Anlage aus Kostengründen eher zum Einsatz kommen. Bei einer luftbetriebenen Wärmepumpe ist für die Spitzendeckung möglicherweise ein kleines zusätzliches Erdregister oder etwas ähnliches immer noch billiger als eine komplette Reserveheizanlage.

In Neubauten haben Alternativheizungen noch mit einem weiteren Handicap fertigzuwerden: Damit die Vorlauftem-

peratur möglichst tief gehalten werden kann, ist ein wesentlich erweiterter Wärmeschutz notwendig. Dadurch sinkt aber der Jahreswärmebedarf soweit ab, dass die meist hohen Zusatzkosten kaum mehr über den verminderten Energiebedarf kompensiert werden können. Wenn also ein Einfamilienhaus jährlich nur 1500 l Heizöl mit einer konventionellen Heizanlage verbraucht, dürfte die Alternativheizung mit einem Jahresverbrauch von entsprechend 500 l Heizöl eigentlich nicht mehr viel kosten. Zum Glück gibt es aber noch Bauherren, die nicht nur auf die Rendite allein schauen. Eine gewisse *Unabhängigkeit* ist auch etwas wert, wie beispielsweise die Landesverteidigung oder Subventionen an die Landwirtschaft!

Mit direkter *Sonnenenergie* ist in unserem Klima selbst mit grossem finanziellem Aufwand nicht einmal eine absolut unabhängige Warmwasseraufbereitung möglich – von der Raumheizung ganz zu schweigen. Ausserhalb der Wintermonate kann der Sonnenkollektor aber einen gewissen Beitrag leisten, z. B. im Auftauen von Erdregistern oder im Vorwärmen von Brauchwarmwasser. Im Sommer sollte die Aufbereitung von Brauchwarmwasser möglich sein. Übrigens hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass mit einfacheren und übersichtlichen Anlagen oft bessere Ergebnisse erzielt werden als mit hochkomplizierten Anlagen, die vom verfahrens-

Bild 7. Innere Auskühlverluste



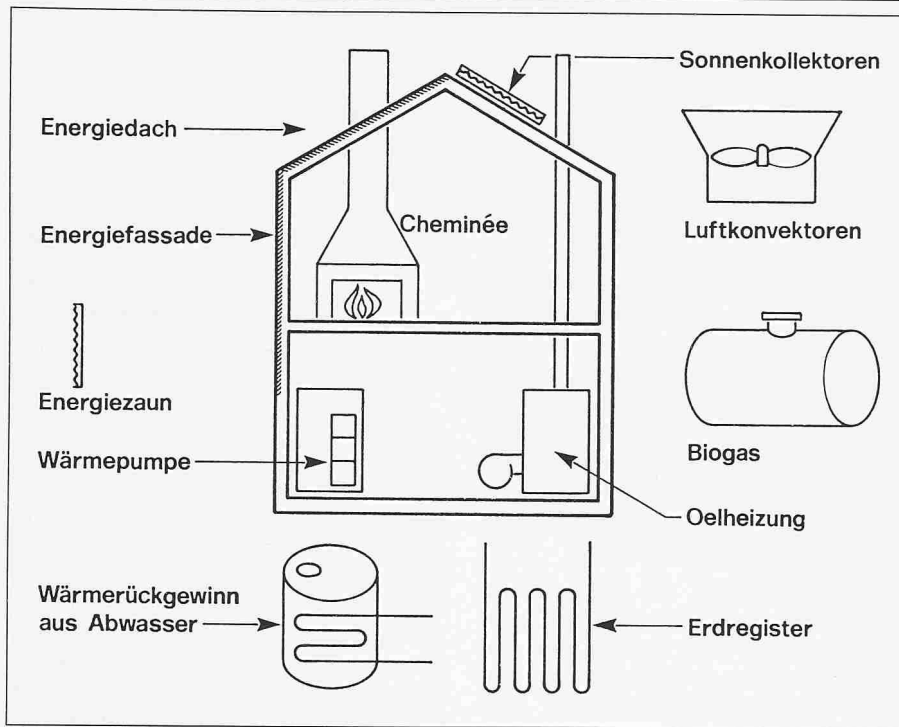


Bild 8. Eine kleine «Energiefabrik»

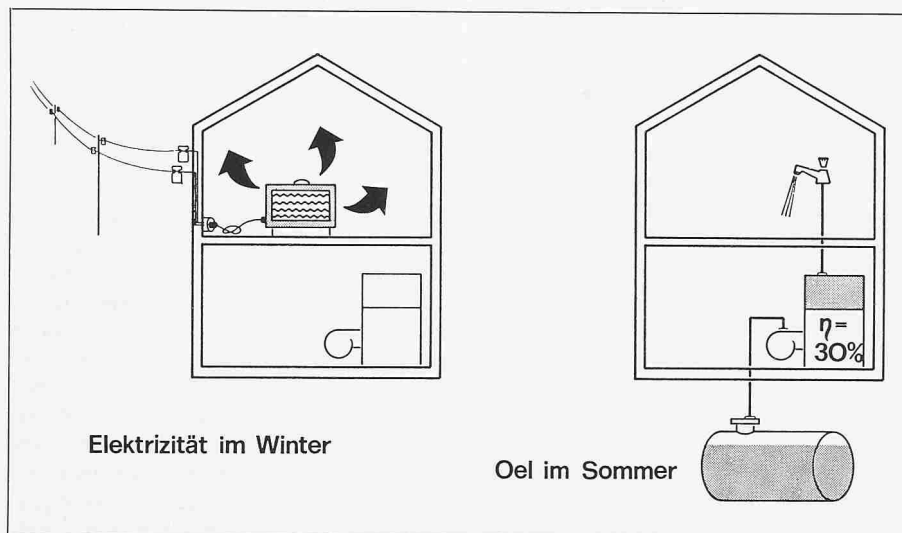
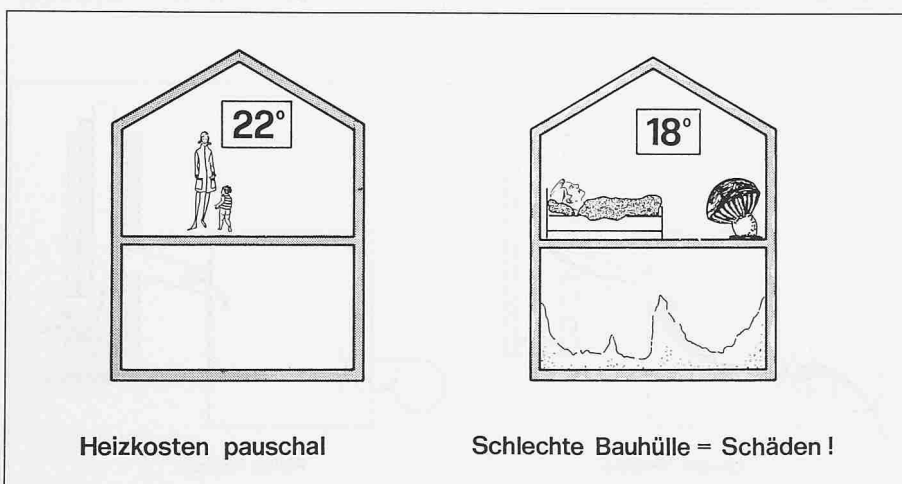


Bild 9. Sinnvolle Energieverwendung?

Bild 10. Die individuelle Heizkostenabrechnung



technischen Aufwand her einer kleineren Fabrikanlage ähnlich sind (Bild 8).

Leider ist die direkte Verfügbarkeit von Sonnenenergie dann am grössten, wenn die im Inland anfallende Elektrizität fast im Überfluss zur Verfügung steht. Energieprobleme sind daher zurzeit mit Sonnenenergie nur bedingt lösbar; das «Winterloch» bleibt bestehen. Dieses muss mit gut speicherbaren Energien ausgefüllt werden (Bild 9). Es ist somit unsinnig, im Sommer das für die Spitzendeckung im Winter vortrefflich geeignete Holz oder das zusätzlich für teures Geld importierte Erdöl zu verbrauchen, während gleichzeitig Elektrizität zu Niedrigpreisen ins Ausland exportiert wird.

### Ausblick

Unter dem Druck der Energiepreise lässt sich die Industrie einiges einfallen, um die Heizanlagenverluste weiter zu minimieren. In Zukunft wird aber auch der Faktor «Mensch» wieder vermehrt zu beachten sein, wie folgende zwei Beispiele zeigen: Der Warmwasserverbrauch aus Anlagen mit zentraler Aufbereitung ist eindeutig grösser als der aus Einzelboilern, die am Wohnungsstromzähler angeschlossen sind. Grosse Veränderungen auch beim Komfortanspruch, wenn der koksbeheizte Etagenofen (Koksvorrat im Keller!) durch eine vollautomatische Ölzentralheizung ersetzt worden ist.

Hohe Energiekosten können offensichtlich den Energieverbrauch vorläufig nur bedingt drosseln, ebenso Appelle. Andererseits ist mit einer mehr oder weniger gerechten Heizkostenabrechnung erwiesenermassen viel Energie «einsparbar». Ein noch ungelöstes Problem wird aber damit auf uns zukommen: Bis vor einigen Jahren sind nämlich teilweise Wohnbauten erstellt worden, die nur durch Beheizen auf  $21^\circ\text{C}$  oder höher vor dem Schimmelpilzbefall bewahrt werden können. Was ist nun, wenn in einem solchen Gebäude der Mieter nach Einführung einer individuellen Heizkostenabrechnung plötzlich eine Raumlufttemperatur von  $18^\circ\text{C}$  als völlig ausreichend empfindet (Bild 10)?