

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen  |
| <b>Band:</b>        | 90 (1999)   |
| <b>Heft:</b>        | 24  |
| <b>Artikel:</b>     | Der Wandel in der Haustechnik   |
| <b>Autor:</b>       | Afjei, Thomas   |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-902019">https://doi.org/10.5169/seals-902019</a>   |

### **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:** 26.01.2026

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

# Der Wandel in der Haustechnik

Der Energieverbrauch ist nicht mehr das alleinige Kriterium für die Höhe der Umweltbelastung. Mit den meisten anthropogenen Aktivitäten ist auch eine zusätzliche Belastung unserer Ökosphäre verbunden. Daher muss die Gesamtbelastung durch Bau, Betrieb, Abbruch und Entsorgung von Gebäude und Haustechnik über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt werden, inklusive aller vor- und nachgelagerten Prozessketten. Dort spielt die Art und Weise der Energiebereitstellung eine wichtige Rolle. Neben Behaglichkeits- und Ökologieuntersuchungen wird mit einem Wirtschaftlichkeitsvergleich sichergestellt, dass das optimale Heizsystem auch für jedermann erschwinglich ist. Eine «conditio sine qua non» für die rasche Umsetzung eines innovativen und integralen Energiekonzepts für die Häuser von morgen.

■ Thomas Afjei

## Entwicklung des Energieverbrauchs

Niedrigenergiehäuser mit Energiekennzahlen kleiner als 160 MJ/m<sup>2</sup>a werden in wenigen Jahren ein gängiger Standard sein (s. SIA-Absenkpunkt im Jahr 2010: SIA2010, Bild 1). Die im Minergie-Standard verankerten «Endenergiekennzahlen Wärme» erfüllen schon heute diese Anforderungen, wobei Elektrizität mit dem Faktor 2 gewichtet wird. Der Heizleistungsbedarf von Gebäuden sinkt dadurch auf rund die Hälfte konventioneller Bauten. Damit steigt der Anteil für die Warmwasserbereitung auf 30 bis 50% des gesamten Wärmebedarfs.

Auch grosse Fensterflächen gegen Süden, erforderlich zur Erhöhung der passiven Solarenergieutzung, wirken sich stärker aus als bei konventionellen Bauten. Um das Ziel eines hohen Komforts kostengünstig und mit möglichst geringer Umweltbelastung zu erreichen, sind Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Gebäude als ganzes System zu behandeln (Bild 2). Auch werden neue Anforderungen an die Heizsysteme gestellt.

### Adresse des Autors

Dr. Thomas Afjei  
Projektleiter  
Infel Informationsstelle für  
Elektrizitätsanwendung  
Lagerstrasse 1  
8021 Zürich

Im Projekt «Kostengünstige Niedrigtemperaturheizung mit Wärmepumpe» des Bundesamts für Energie werden verschiedene Aspekte des Gesamtsystems untersucht. Im Vordergrund steht dabei die Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen. Bei der Umweltbelastung und der Wirtschaftlichkeit werden auch Vergleiche mit konventionellen Heizsystemen als Referenz aufgeführt.

Die in diesem Artikel gezeigten Resultate entstanden hauptsächlich in der kürzlich abgeschlossenen Phase 2 und in der noch laufenden Phase 3 des Projekts:

- I. 1/96–12/96: Machbarkeitsanalyse, Problemanalyse und Vorbereitung zum Bau eines Funktionsmusters
- II. 4/97–12/98: Ökologischer und ökonomischer Vergleich, Systemoptimierung, intelligente Regelung und Versuche mit Testanlagen
- III. 7/98–3/00: Messungen von drei Pilotanlagen<sup>1</sup>, Ausarbeitung der Anforde-

rungen für Minergie-Wärmepumpen, Basisgrundlagen für ein Planungshandbuch

IV. 9/98–7/00:

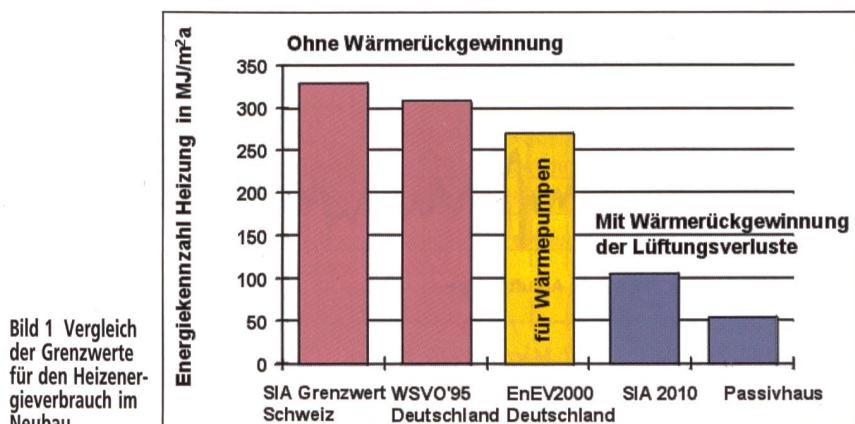
- a) Planungshandbuch für Niedrigenergie- und Passivhäuser
- b) Marketinghandbuch in Zusammenarbeit mit der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz

Unter Leitung der Infel arbeitet eine Arbeitsgemeinschaft an diesem Projekt, bestehend aus der Fachhochschule Zentralschweiz, der Ingenieurschule Wallis, dem Institut für Mess- und Regeltechnik der ETH-Zürich, den Ingenieurbüros Huber Energietechnik, Bircher und Keller AG sowie dem Büro Doka, das mit den ökologischen Untersuchungen beauftragt war. Das Projektteam wird von einer Begleitgruppe unterstützt.

## Gesteigerte Komfortbedürfnisse

Aufgrund der immer dichteren Gebäudehüllen werden vermehrt mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingesetzt. Neben einem besseren Schallschutz, der besonders im urbanen Wohnungsbau zum Tragen kommt, profitieren auch Allergiker von der mit Pollenfiltern gereinigten Luft. Die über die Rückgewinnung der Lüftungsverluste erreichte Energieeinsparung wird jedoch zu einem Grossteil vom Energieverbrauch der ständig laufenden Lüftermotoren kompensiert. Hier zeigen sich allerdings die Grenzen einer rein energetischen Betrachtung, weil die Jahresarbeitszahl kein Kriterium für die Raumluftqualität dar-

<sup>1</sup> Mit Unterstützung der Schweizer Elektrizitätswirtschaft, Ressort Markt und Kunden.



# Wärmepumpen/Niedrigenergiehäuser

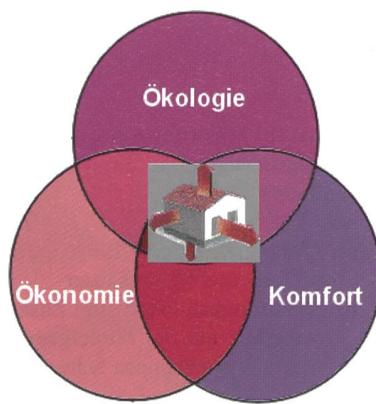


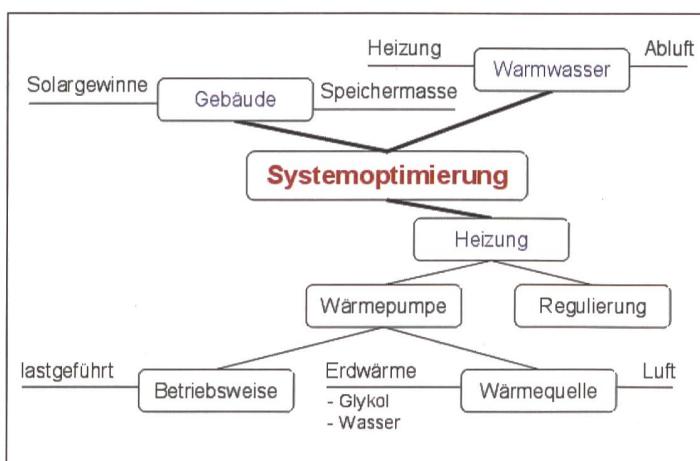
Bild 2 Gesamtheitliche Betrachtung von Gebäude und Wärmeerzeugung.

stellt. In Bild 3 wird ein Beispiel mit und ohne mechanische Lüftung gezeigt. Daraus ist ersichtlich, dass die vom SIA empfohlene Grenze von max. 1500 ppm in den meisten Zeiten auch dann noch eingehalten wird, wenn natürlich gelüftet wird (Bad und WC wurden über einen zeitrelaisgesteuerten Abluftventilator entfeuchtet). Vorteilhafter ist jedoch eine mechanische Lüftungsanlage, mit der eine konstant hohe Luftqualität auch bei wechselnder Personenbelegung sichergestellt wird. Im weiteren können dann auch die Lüftungsverluste über einen Wärmetauscher oder eine Wärmepumpe teilweise zurückgewonnen werden.

## Optimierung des Gesamtsystems

In der Phase 2 wurde das Gebäude so optimiert, dass passive Solargewinne besser genutzt werden können. Als Simulationswerkzeug wurde an der HTA Luzern das Programm TRNSYS (A Transient System Simulation Program) ver-

Bild 4 Optimierung des Gesamtsystems Gebäude-Heizung-Warmwasserbereitung durch dynamische Simulationsmodelle mit TRNSYS.



wendet. Bild 4 zeigt eine Übersicht der simulierten Teilsysteme.

## Ergebnisse der TRNSYS-Simulationen

Die dynamischen Simulationen des Gesamtsystems ergaben, dass die nach dem PPD-Indikator (Percentage of Persons Dissatisfied) berechnete Behaglichkeit bei guter Wärmepumpenregelung im speicherlosen Betrieb in allen untersuchten Fällen problemlos erreicht wird. Beim Niedrigenergiehaus in Leichtbauweise (SIA2010-L) ist der Komfort wegen häufiger Übererwärmung geringer. Eine Wohnungslüftung und Beschattungsvorrichtungen können hier jedoch Abhilfe schaffen.

Bild 5 zeigt den Bau eines Holz-Leichtbaus in Grosstafelbauweise. Eine Haushälfte wird in einem Tag auf dem vorbereiteten Fundament errichtet.

Bei der Optimierung des Niedrigenergiehauses durch Vergrössern der südseitigen Fensterfläche zur passiven Solar-

energienutzung wurde nur bei der Massivbauweise (SIA2010-M) eine deutliche Reduktion des Heizenergiebedarfs erreicht. Sie betrug gegenüber dem «gewöhnlichen» Niedrigenergiehaus 13%. Infolge häufiger Betätigung der Beschattungseinrichtungen wird der Solarenergiegewinn bei der Leichtbauweise (SIA2010-L) eingeschränkt, weil die Überschusswärme nicht zwischengespeichert werden kann.

Eine leistungsgeregelte Luft/Wasser-Wärmepumpe mit zwei Leistungsstufen (60%, 100%) erzielte in den Simulationen eine 18% höhere Jahresarbeitszahl (4,0 anstatt 3,4) als eine Wärmepumpe mit fixer Drehzahl. Hauptursache ist die höhere Leitziffer im Arbeitsbereich der 1. Stufe, weil dort die Temperaturdifferenzen in den Wärmetauschern geringer sind als bei einer einstufigen Wärmepumpe. Die knapp 10% tiefere Schalthäufigkeit trägt auch zur Erhöhung der Jahresarbeitszahl bei. Nachteilig ist die kurze Umschaltung der Wärmepumpe auf die 2. Stufe nach Ende der EW-Sperrzeit. Hier wären noch Verbesserungen in der Regelung möglich. Die höheren Wärmepumpenkosten für zwei Leistungsstufen lassen sich bei den derzeitigen Strompreisen beim geringen Heizenergiebedarf von Niedrigenergiehäusern leider kaum amortisieren.

Bei richtiger Sondenbelastung lassen sich Erdwärmesonden mit Wasser als Wärmeträger betreiben. Der Energiebedarf der Umwälzpumpe lässt sich dann erheblich reduzieren.

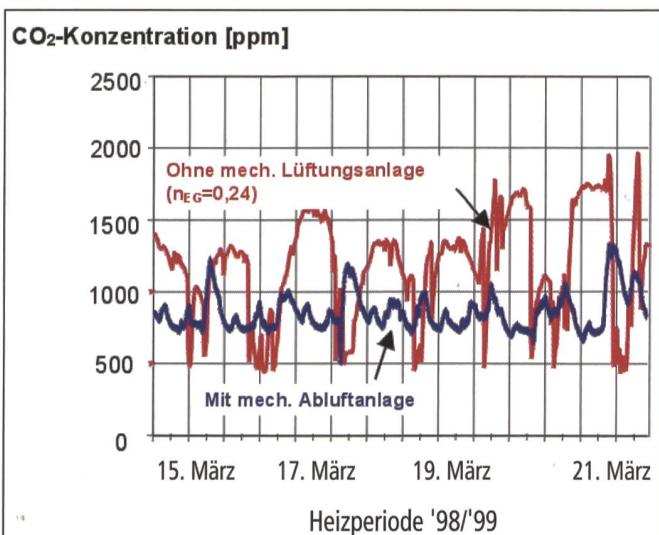


Bild 3 Vergleich zweier Niedrigenergiehäuser mit und ohne Wohnungslüftung (In der Grafik werden die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Erdgeschoss gezeigt;  $n_{EG}$  gibt den während der Monate Dezember bis Februar gemessenen, mittleren stündlichen Luftwechsel im Erdgeschoss an).

## Messungen von drei Pilotanlagen

Die Pilotanlagen sollen die am meisten verwendeten Anlagevarianten abdecken und neue Erkenntnisse für die Verbesserung der Systemintegration bringen. Die-

se Verbesserungen beziehen sich auf alle in Bild 2 gezeigten Bereiche.

Neben dem Jahresnutzungsgrad sind der spezifische Endenergieverbrauch und die spezifischen Kosten wichtige Kriterien für den Vergleich verschiedener Anlagenkonzepte. Der Jahresnutzungsgrad gibt das Verhältnis zwischen Nutzen (Raumheizung und Warmwasser) und Aufwand (Energieverbrauch Wärmeerzeugung und Wärmetransport) an. Allerdings werden in der Praxis bei Vergleichen oft verschiedene Systemgrenzen verwendet. Beispiele sind das Berücksichtigen oder Weglassen der Umwälzpumpen, das Hinzuzählen der Wärme aus der Wärmerückgewinnung oder der Ertrag des Sonnenkollektors. Der spezifische Endenergieverbrauch vermeidet diese Ungewissheit, weil er den Aufwand für Heizung, Wassererwärmung und Wohnungslüftung enthält.

In den folgenden Varianten werden zwei der Pilotanlagen vorgestellt:

### Pilotanlage 1 «Grafstal»

Anlagenkonzept: Erdsondenwärmepumpe mit Beistellboiler  
Standort: 8310 Grafstal (ZH, s. Bild 5)  
Höhe über Meer: 556 m ü.M.  
Gebäudebauweise: Holz-Leichtbau mit Stülpchalung  
Energiebezugsfläche: 174 m<sup>2</sup>  
Heizenergiebedarf (SIA 380/1): 224 MJ/m<sup>2</sup>a

#### Anlageschema und Messkonzept «Grafstal»

In Bild 6 ist das vereinfachte Hydraulicschema mit den wichtigsten Messstellen dargestellt. Durch den Verzicht auf Pufferspeicher, Thermostatventile und Überströmer konnte die Anlage schnell und kostengünstig installiert werden. Auch hier gilt: «Weniger ist mehr»

#### Kennzahlen «Grafstal»

Messungen über 9 Monate (Wochen 49/98 bis 36/99):

- Spez. Heizenergiebedarf: 188 MJ/m<sup>2</sup>a
- Spez. Endenergiebedarf (Minergie < 160): 113 MJ/m<sup>2</sup>a (mit 2 gewichtet)
- Spez. Jahreskosten (geschätzt): 20,3 CHF/m<sup>2</sup>a
- Nutzungsgrad Heizen, brutto: 4,7
- Nutzungsgrad, brutto: 4,3
- Nutzungsgrad, netto: 3,3

Ein Grund für den hohen Abfall des Nutzungsgrads bei Berücksichtigung aller Hilfsaggregate ist die Solepumpe, welche über 200 W aufnimmt und im Sommer durch ein Modell mit weniger

Bild SNOAH-Haus nach Minergie-Standard (Pilotanlage 1 «Grafstal» /ZH, erstellt durch Alfredo Piatti AG).



Leistungsaufnahme ersetzt wird, was bei einer 100 m langen Erdsonde problemlos möglich ist. Die Katalogdaten lassen eine Halbierung des Elektrizitätsverbrauchs erwarten. Zu beachten sind auch die Speicherverluste des Warmwasserboilers. Ohne diese wäre der Nutzungsgrad Warmwasser um rund 20% höher. Hier musste ein Kompromiss zwischen hoher energetischer Effizienz und günstigen Installationskosten gefunden werden.

In Grafstal wurde während einiger Wochen auch eine gleichstrombetriebene Klein-Umwälzpumpe mit Synchronmotor eingesetzt. Die Entwicklung des Prototyps (MC10, Biral) erfolgte im Rahmen des BFE-Projekts «Felderprobung einer Stromspar-Kleinumwälzpumpe». Ihre Drehzahl kann stufenlos zwischen 1500 und 3600 U/min variiert werden und sie nimmt dabei eine elektrische Leistung zwischen 5 und 25 W auf. Derartige Umwälzpumpen haben einen rund doppelt so hohen Wirkungsgrad ( $\eta \approx 30\%$ ) wie die üblicherweise eingesetzten «Nassläufer» mit einem Wirkungsgrad zwischen 8 und 15%. Von Vorteil ist auch, dass die neu entwickelte Pumpe ohne Druckmessung

über ein Kennfeld differenzdruckgesteuert betrieben werden kann. In der nächsten Heizperiode sollen zusätzliche Erfahrungen im Dauerbetrieb gewonnen werden.

### Pilotanlage 2 «Schötz»

Anlagenkonzept: Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Abluft-WP-Boiler  
Standort: 6247 Schötz (LU)  
Gebäudebauweise: Holz-Leichtbau mit Aussenwärmédämmung  
Bauträger: Renggli AG, Gleng (LU)  
Höhe über Meer: 508 m ü.M.  
Energiebezugsfläche: 154,5 m<sup>2</sup>  
Heizenergiebedarf (SIA 380/1): 181 MJ/m<sup>2</sup>a

#### Anlageschema und Messkonzept «Schötz»

Bild 7 zeigt das vereinfachte Systemschema mit den wichtigsten Messstellen. Die Luft/Wasser-Wärmepumpe geht direkt auf die Bodenheizung. Die separate Abluft-Warmwasserwärmepumpe saugt über die Nasszellen (Bad, WC, Trockenraum) warme und feuchte Luft ab. Fri-

#### Kennzahlen zur Beurteilung des Gesamtsystems

**Jahresheizenergiebedarf**  
Heizenergiebedarf zur Deckung der Lüftungsverluste +  
Heizenergiebedarf zur Deckung der Transmissionsverluste +  
Heizenergiebedarf für Warmwassererwärmung

**Jahresendenergiebedarf**  
Elektrizitätsbedarf Wärmepumpe mit Umwälzpumpe [und Solepumpe] +  
[Elektrizitätsbedarf Abluft-WP-Boiler & Ventilator bei Wassererwärmung +  
Elektrizitätsbedarf Abluft-Ventilator ausserhalb Wassererwärmung +  
Elektrizitätsbedarf Begleitheizung Warmwasser (falls vorhanden)]

**Jahresnutzungsgrad JNG (netto mit, brutto ohne Hilfsaggregate)**  
Jahresheizenergiebedarf / Jahresendenergiebedarf

**Spezifischer Energieverbrauch**  
Jahresendenergiebedarf / Energiebezugsfläche

**Spezifische Kosten**

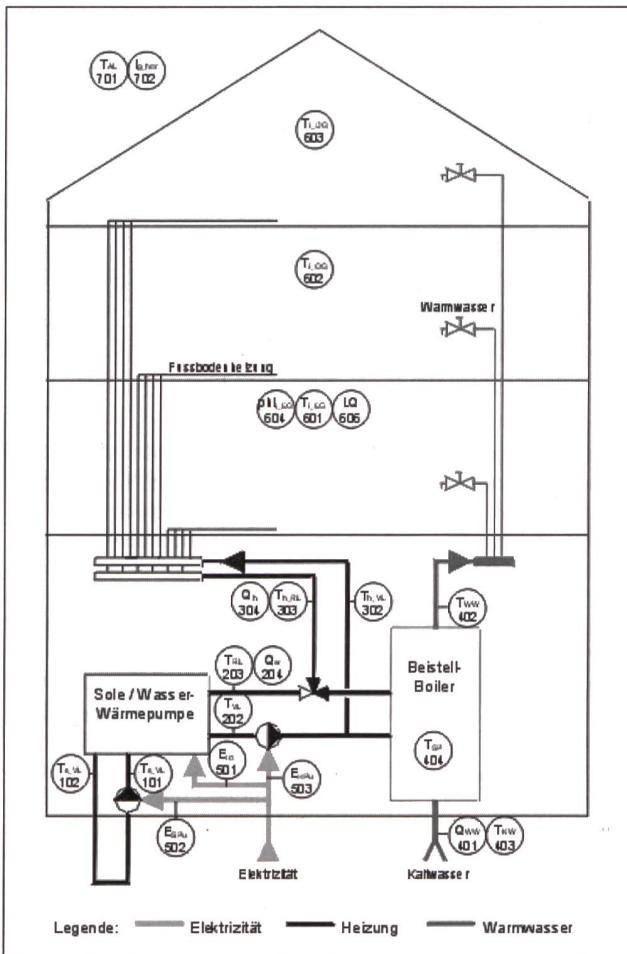


Bild 6 Vereinfachtes Systemschema der Pilotanlage «Grafstal» mit den wichtigsten Messgrößen.

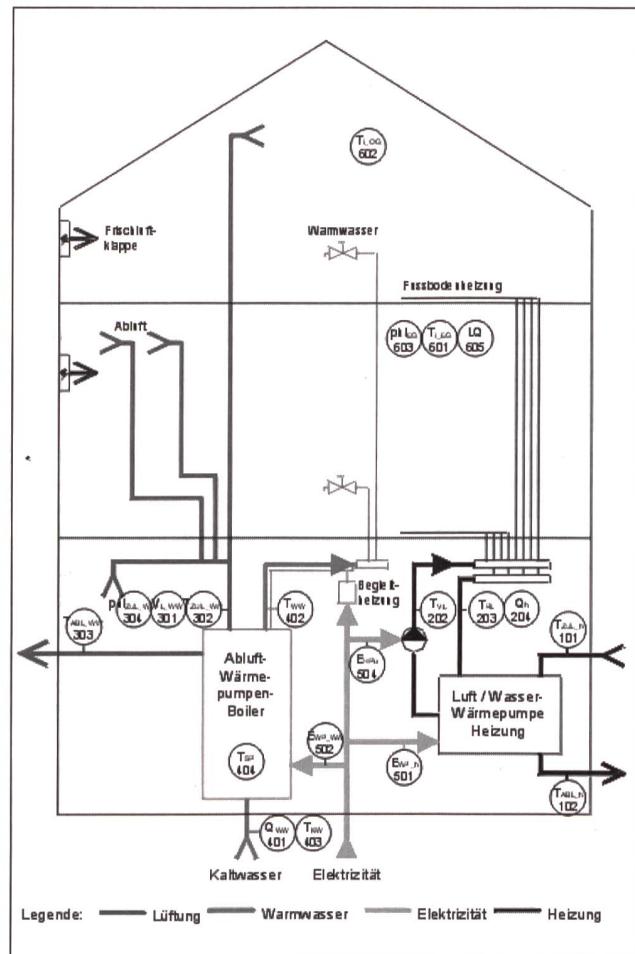


Bild 7 Vereinfachtes Systemschema der Pilotanlage «Schötz» mit den wichtigsten Messgrößen.

sche Luft strömt über Mauerventile zu. Mit der mechanischen Lüftung wird ein 0,36facher Luftwechsel erreicht. Die WW-Wärmepumpe ist so klein dimensioniert, dass sie 10 bis 12 Stunden pro Tag läuft. Die Lüftung bleibt auch in Betrieb, wenn die Wärmepumpe kein Warmwasser produziert.

## Kennzahlen «Schötz»

Messungen über sieben Monate (Periode Wochen 5/99 bis 34/99):

- Spez. Heizenergiebedarf: 131 MJ/m<sup>2</sup>a
  - Spez. Endenergiebedarf (Minergie)  
120 MJ/m<sup>2</sup>a (mit «2» gewichtet)
  - Spez. Jahreskosten (geschätzt):  
23,1 CHF/m<sup>2</sup>a
  - Nutzungsgrad Heizen, brutto: 2,7
  - Nutzungsgrad, brutto: 2,5
  - Nutzungsgrad, netto: 2,2

Abluft-Wärmepumpen sind kosten-günstig, haben aber den Nachteil, dass der Abluftventilator auch läuft, wenn der Kompressor steht. In dieser Zeit können

die Lüftungsverluste nicht genutzt werden. Auch zeigte sich, dass die Arbeitszahl des Abluft-WP-Boilers stark von der Lufteintrittstemperatur abhängt. Auf Wunsch des Eigentümers wird auch Luft aus dem unbeheizten Trockenraum angesogen. Dadurch sinkt die Eintrittstemperatur gegenüber der Raumtemperatur um bis zu 8 K. Dies hatte eine Verschlechterung der Arbeitszahl bis 20% zur Folge.

## Energiebilanz «Schötz»

Bild 8 zeigt die gemessenen oder aus den Messwerten ermittelten Energieflüsse in Form eines Energieflussdiagrammes für eine Messperiode von 8 Wochen.

Zur Erhöhung des Jahresnutzungsgrads werden folgende Massnahmen durchgeführt:

- Holzöfen-W1: Holzszentraleinheit mit Zu- und Abluftsystem
  - S/W/4.9/B-B: Sole/Wasser Wärmepumpenheizung mit Beistellboiler, inkl. Lüftungsanlage
  - L/L-WRG: Luft/Luft-Wärmepumpe mit Wärmerückgewinnung

3. Abschalten der Begleitheizung (sie benötigt mehr Strom als die gesamte Abluft-Wärmepumpe!)

## Wirtschaftlichkeit

Für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wurden folgende Varianten berücksichtigt:

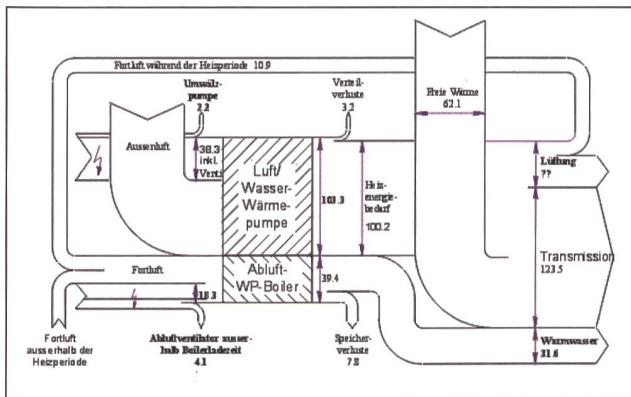


Bild 8 Energieflussdiagramm für die Woche 05/99 bis 13/99 (Werte in MJ/m<sup>2</sup>, wobei fett = Messwert, halbfett = Schätzung).

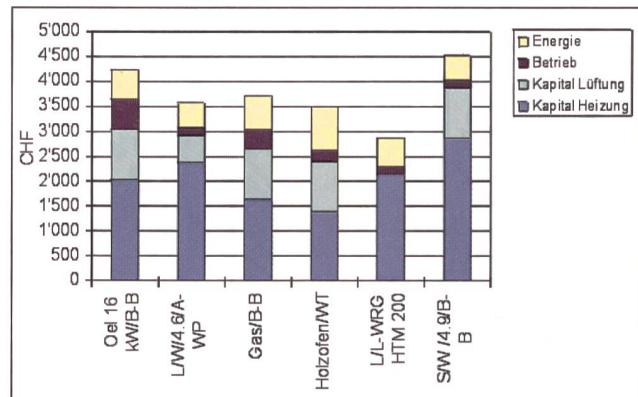


Bild 9 Vergleich der Jahresgesamtkosten verschiedener Heizsysteme für Niedrigenergiehäuser.

Um die Vergleichbarkeit der Systeme zu ermöglichen, wurden bei den fossilen Heizungen und bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe die Kosten für eine Lüftungsanlage hinzugezählt, beim Abluft-WP-Boiler wurden lediglich die Kosten für die Luftführung extra ausgewiesen. Bei der Luft/Luft-Wärmepumpe mit Wärmerückgewinnung (Wärmetauscher) sind systembedingt die Kapitalkosten für die Lüftung in der Heizung enthalten und können nicht separat ausgewiesen werden. Die Auswertung von Offerten führte auf die in Bild 8 dargestellten Jahresgesamtkosten (bestehend aus Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten).

Die Grafik verdeutlicht, dass die Luft/Luft-Wärmepumpe mit Abluftwärmerückgewinnung am kostengünstigsten ist. Diese speziell für Niedrigenergiehäuser geeignete Variante wird deshalb in der Phase 3 noch genauer untersucht. Die Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Abluft-Wärmepumpenboiler, der Holzofen und die Gasheizung mit Wohnungslüftung weisen rund 20% höhere Jahreskosten auf und sind ebenfalls noch kostengünstig.

Der Ölheizung und der Sole/Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit Wohnungslüftung erreichen die höchsten Jahreskosten. Hauptursache dafür sind die Kapitalkosten für die Wohnungslüftung. Lässt man diese weg, würde sich die Rangfolge entsprechend verschieben. Beim Vergleich wurde davon ausgegangen, dass die Zusatzkosten für den Betrieb der Ventilatoren durch Einsparungen bei den Lüftungsverlusten kompensiert werden. Auch bei der Luft/Luft-Wärmepumpe ist bauseitig mit höheren Kosten zu rechnen, weil zusätzliche Massnahmen zur Deckung des Heizenergiebedarfs erforderlich sind.

stark vergrößerten Fensterflächen, muss zur Vermeidung von Überhitzung die Be- schattungseinrichtung so oft betätigt werden, dass die damit verbundene Einschränkung der passiven Sonnengewinne zu keiner Reduktion des Heizenergieverbrauchs führt, da die noch erzielten Mehr- gewinne durch die erhöhten Wärmeverluste der Fenster kompensiert werden.

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich der untersuchten Komfortwärmesysteme zeigt, dass die Kesselheizungen kombiniert mit einem Zuluft/Abluft-Wärmetauscher kein Kostenvorteile mehr aufweisen. Am kostengünstigsten schneidet die Luft/Luft-Wärmepumpe mit Abluftwärmerückgewinnung ab. Die Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Abluft-Wärmepumpenboiler, der Holzofen und die Gasheizung mit Zuluft/Abluft-Wärmetauscher erreichen mit Jahreskosten von etwa 3500 Franken rund 20% höhere Werte. Wesentlich höher liegen sowohl die Ölheizung wie auch die Sole/Wasser-Wärmepumpe, wenn sie mit einer mechanischen Wohnungslüftung mit Zuluft/Abluft-Wärmetauscher ergänzt werden.

## Schlussfolgerungen

Bei einem passiv-solar optimierten Niedrigenergiehaus (SIA2010) kann mit Massivbauweise gegenüber dem Leichtbau eine prozentige Reduktion des Heizenergiebedarfs erreicht werden. Beim Leichtbau wie auch beim Massivbau einer ersten Optimierungsvariante mit

Der ausführliche Schlussbericht der Phase 2 des BFE-Forschungsprojekts

Th. Afjei, W. Betschart, R. Bircher, G. Doka, H.P. Geering, Th. Giger, S. Ginsburg, A. Glass, A. Huber, E. Shafai, M. Wetter, D. Wittwer, G. Zweifel: «Kostengünstige Niedrigtemperaturheizung mit Wärmepumpe, Phase 2: Ökologischer und ökonomischer Vergleich, Systemoptimierung, intelligente Regelung, Versuche»

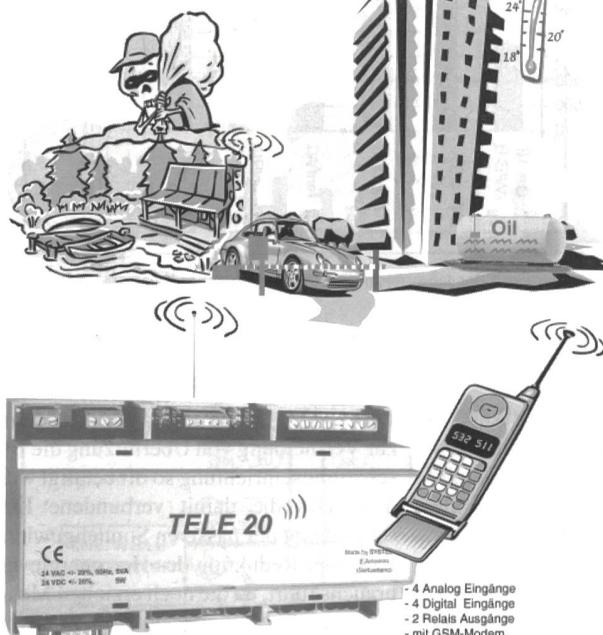
kann unter der ENET-Art.-Nummer 30937 zum Preis von Fr. 65.- bezogen werden bei

ENET, Administration und Versand, Postfach 130, 3000 Bern 16, Tel. 031 350 00 05, Fax 031 352 77 56.

## Changement dans la technique du bâtiment

La consommation d'énergie n'est plus le seul et unique critère pour juger de l'importance de l'impact de l'habitat sur l'environnement. Il faut au contraire tenir compte de l'impact général, à savoir la construction, l'exploitation, la démolition et l'élimination de bâtiments et équipements techniques durant tout leur cycle de vie, y compris toutes les chaînes de processus situées en amont et en aval. La manière selon laquelle l'énergie est mise à disposition est ici importante. A côté d'études de confort et écologiques, une comparaison de la rentabilité montre que le système de chauffage optimal est à la portée de toutes les bourses; ceci est une «conditio sine qua non» pour la réalisation rapide d'un concept énergétique innovateur et intégral pour les maisons futures.

# SYSTEL

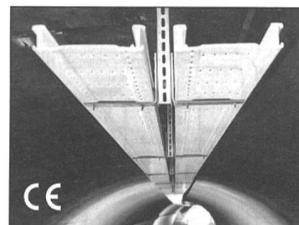
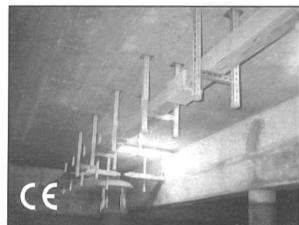


**TOTALE GSM-Fernüberwachung dank TELE20**  
(Fernsteuerung mittels 2 Kontakt-Ausgänge auch möglich)

**SYSTEL AG**  
S.Antonino-TI  
Schweiz

GROSSVERTEILER  
GESUCHT

Fax: +41(91) 850 3988  
infosystel@systel.ch  
www.systel-ch.com



**LANZ pour l'équipement de STEP, tunnels routiers et ferroviaires, galeries, ouvrages souterrains et installations off-shore. A des prix compétitifs sur le plan international:**

- canalisations électriques LANZ 400 – 8'000 A/1 – 245 kV. Imprégnation de résine coulée IP 68. Homologuées EN/CEI
- chemins de câbles de grande portée/chemins de câbles en polyester LANZ. Longueur 10 m pour montage rapide
- Multi-chemins LANZ, chemins de câbles à grille, canaux G, colonnes montantes en acier zingué à chaud par trempage DIN 50976, et inoxydable V 4A.
- système de montage de rails et colliers MULTIFIX, pour l'installation coordonnée des conduites (électrique, sanitaire et chauffage). Certificat de chocs ACS 3 bar

Dimensionnement robuste. Fabrication soignée, certifiée ISO 9001. Conformes aux normes CE. Adressez-vous à LANZ pour des conseils, des offres et des livraisons rapides à prix avantageux en Europe et Outre-mer.

lanz oensingen sa Tél. 062/388 21 21 Fax 062/388 24 24

Je suis intéressé par ..... Veuillez m'envoyer votre documentation.  
 Pourriez-vous me rendre visite, avec préavis, s.v.p.?

Nom/adresse/tél. \_\_\_\_\_ of 4

**lanz** **oensingen sa**  
CH-4702 Oensingen • Téléphone ++41/62 388 21 21

Der VSE auf dem Internet:  
<http://www.strom.ch>



## ANSON liefert modernste, energiesparende Lüftungs- und Heizgeräte:



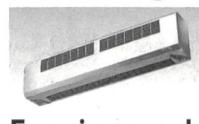
### Decken-ventilatoren

für Fabrik- und Lagerhallen. Eliminieren Wärmeschichtungen. Sparen Heizkosten. 230 V 70 W. 0-220 U/min. Einfache Montage.



### ANSON- Ventilatoren mit Wärmerück- gewinnung

für Mauer-, Decken- oder Dachmontage. 200-12000 m³/h. Wirkungsgrad bis 75%. Vom Spezialisten:

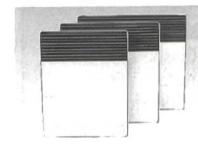


### Energiesparende Luftvorhänge für Eingangs- Türen und

Industrietore verhindern Durchzug und sparen massiv Heizkosten. Einfach einzubauen. Wir beraten:



Luft-Entfeuchter schützen zuverlässig vor Feuchtigkeits- und Wasserschäden in Keller, Archiv, Lager etc. Vollautomatisch 220 V 600W. Rufen Sie an



### Kleine Elektro- Heizkonvektoren

Für Büros, Werkstätten, Ferienwohnungen die ideale Übergangs- und Zusatzheizung. Preisgünstig. 230 V 500-2200 W.



### FRICO- Warmluft- Heizgeräte

Transportabel. Als Zusatzheizung. Zum Austrocknen im Bau. Sehr robust. 400V 6-30 kW. Preisgünstig ab Lager.

Für Beratung/Offerte **ANSON 01/461 11 11**

Friesenbergstrasse 108

8055 Zürich Fax 01/461 31 11

