

# Das Haus als Wärmespeicher

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 26

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78995>

## **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.

Pilot- und Demonstrationsprojekte des Bundes und der Kantone  
Othmar Humm, Zürich

## Das Haus als Wärmespeicher

**Eine schwere Konstruktion aus Betondecken und Kalksandsteinwänden, eine Hochwärmedämmung mit Zellulosefasern und Hit-Verglasungen sowie eine weitgehend verglaste Südfassade zur direkten Nutzung von Sonnenenergie sind die drei besonderen Merkmale des Niedrigenergiehauses Hansenburg in Grüningen. Im Gebäude, ein Pilot- und Demonstrationsprojekt im Rahmen von Energie 2000, werden eine ganze Reihe neuer Technologien erprobt.**

Die Niedrigenergiebauweise ist mittlerweile durch eine Fülle unterschiedlicher Ansätze und Konzepte oder gar -Schulengeprägt. Um diese Vielfalt zu ordnen, bietet sich eine Systematik der Speicherstrategie an, wobei die Differenzierung nach der (spezifischen) Grösse, der Technologie und dem Temperaturniveau der Wärmespeicher erfolgen kann. Das Ordnungsprinzip ist naheliegend, denn die Speicherproblematik ist allen Niedrigenergiehäusern gemeinsam: Speicher brauchen viel Platz, sind teuer und ein kaum vernachlässigbarer Verlustfaktor. In Niedrigenergiehäusern wird Wärme üblicherweise in der Bausubstanz, in Wasser oder in Geröll, seltener in Glaubersalzen (Latentspeicher), sowie in mannigfaltigen Kombinationen dieser Medien gespeichert, um strahlungsarme Perioden zu überbrücken, seien diese nun saisonal, wochen- oder tageweise. Die Kombination von Wasserspeicher und schweren Geschossdecken ist wohl die häufigste Lösung. Beim Einfamilienhaus Hansenburg in Grüningen handelt es sich um ein Beispiel für den konsequenten Einsatz der Bausubstanz, vorab der Decken und der Wände, als Speichermedium. Dieses kombinierte Wohn-Büro-Haus speichert Wärme auf tiefem Temperaturniveau, was die Verluste reduziert und den Wirkungsgrad sowohl der solaren wie auch der elektrischen Wärmeerzeugung erhöht.

### Wenig Energie trotz grosser Räume

Der dreigeschossige Hauptraum unter dem imposanten Giebel dominiert das Einfamilienhaus - nicht nur äusserlich. Von der gesamten Kubatur nach SIA von

2097 m<sup>3</sup> (ohne angebaute Garage), entfallen nicht weniger als 22% (460 m<sup>3</sup>) auf die nach Süden weitgehend verglaste Wohnküche, Wohn- und Schlafzimmer, Sanitär- und Waschräume gruppieren sich auf zwei Geschossen - westlich und nördlich - um dieses Zentrum. Im Untergeschoss liegen Büro- und Technikräume. Die Grundfläche (ebenfalls ohne Garage) misst 211 m<sup>2</sup>, die mittlere Höhe nach SIA 116 9,94 m.

### Wärme dämmen und Wärme speichern

Das Niedrigenergiehaus ist eine schwere Konstruktion aus Betondecken und Kalksandsteinen, deren opake Aussenflächen mit Zellulosefasern gedämmt sind - ein allseitig mit Altpapierflocken eingepackter Massivbau. Die k-Werte (ohne Fenster) liegen zwischen 0,125 W/m<sup>2</sup> K und 0,15 W/m<sup>2</sup> K. Der mittlere k-Wert beträgt 0,265 W/m<sup>2</sup> K.

Im Vergleich zur verbesserten Wärmedämmung als Teil der sogenannten Standardlösung eins zur Erfüllung des Paragraphen 10a des Zürcher Energiegesetzes, die eine Reduktion aller k-Werte der Einzelbauteile um mindestens 30% gegenüber den Wärmedämmvorschriften verlangt, liegt der Wand-k-Wert des Hauses Hansenburg um weitere 30% tiefer. Nimmt man die Wärmedämmvorschriften als Basis, beträgt der k-Wert von -Hansenburg- nur rund die Hälfte.

### Spezifikationen zu den einzelnen Bauteilen

Untergeschossboden:

Kautschukbelag (3 mm), Verbundunterlagsboden (9 cm), Beton (20 cm), Schaumglas vollflächig (12 cm), Magerbeton (5 cm), k-Wert 0,21 W/m<sup>2</sup> K.

Erdberührte Aussenwände:

Beton (18 cm), Polystyrol (20 cm), extrudiertes Polystyrol, gerillt, mit Glasvlies als Abdeckung (5 cm), k-Wert 0,186 W/m<sup>2</sup> K.

Aussenwände im Unter- und Erdgeschoss:

Mineralfarbe, Gipsputz, Recycling-Kalksandsteine (15 cm), leichte Distanzhalterkonstruktion aus Sperrholz (26 cm), Zellulosefasern (75 kg/m<sup>3</sup>, 26 cm), zementgebundene Holzspanplatten (ohne Hinterlüftung, 18 mm), Lasuranstrich (werkseitig); k-Wert 0,148 W/m<sup>2</sup> K.

Aussenwände im Dachgeschoss:

Mineralfarbe, Gipsglättung, vorgefertigte Holzrahmenkonstruktion mit beidseitiger Bepunktung aus Gipsfaserplatten (18 mm), leichte Distanzhalterkonstruktion aus Sperrholz (26 cm), Zellulosefasern (75 kg/m<sup>3</sup>, 26 cm), zementgebundene Holzfaserplatte (ohne Hinterlüftung, 18 mm), Lasuranstrich (werkseitig); k-Wert 0,148 W/m<sup>2</sup> K.

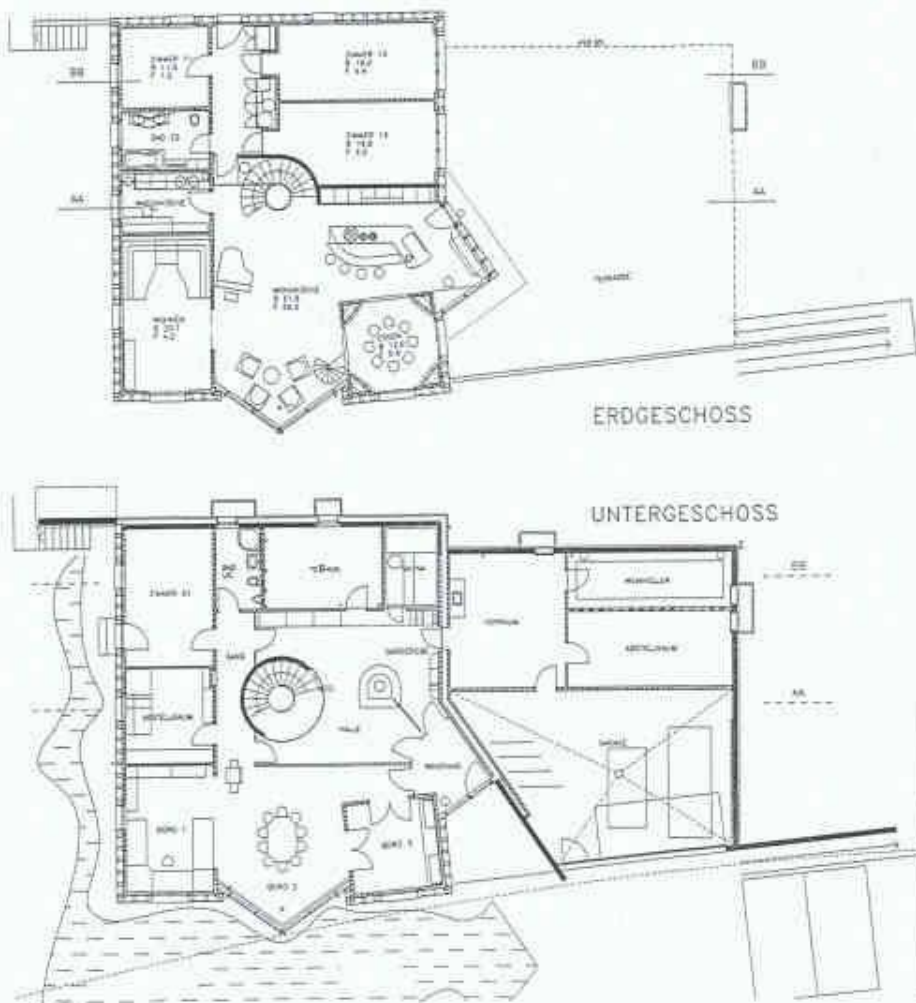
Dach:

Akustikplatten aus furnierten Röhrenspanplatten (25 mm), vorgefertigte Kastenkonstruktion aus Spanplatten (19 mm, Sparren 4 cm breit, 30 cm hoch, bitumi-



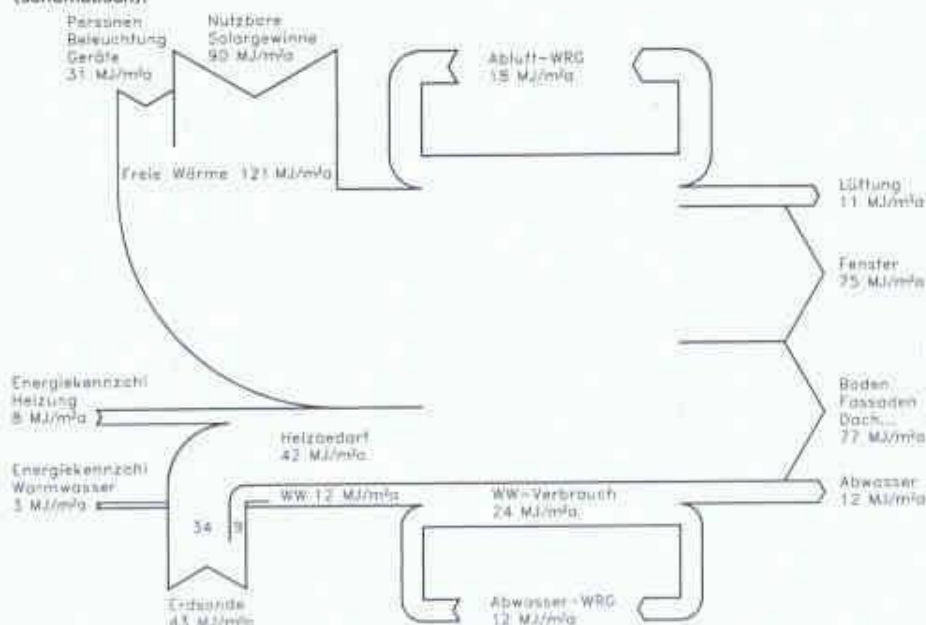






3 Hauptgeschoss (oben) und Untergeschoss mit den Büro- und Technikräumen (Grundrisse).

4 Energieflussdiagramm des Hauses Hansenburg (schematisch).



Die Lufterneuerung erfolgt, wie heute in Niedrigenergiehäusern bereits Standard, über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Aussenluft strömt über das Erdregister zur Luftvorwärmung und den Filter in den Gegenstrom-Plattenwärmetauscher. Diese Zuluft nimmt im Wärmetauscher Energie aus der Abluft auf und strömt über Kanäle in die Wohn- und Schlafräume. Die Abluft wird in den Sanitärräumen gefasst und der Lüftungsanlage zugeleitet. Das Erdregister besteht aus zwölf parallelen, in vier Schichten verlegten gerippten Kunststoff-Rohren mit einem Durchmesser von 100 mm. Während der Hinterfüllung der Baugrube wurde das Register lagenweise zwischen Baugrubenböschung und Kellerwand verlegt. Um den Radongehalt in der Zuluft minimal zu halten, liegt die eigentliche Aussenluftfassung ausserhalb des Erdreiches. Aus der Parallelführung der Rohre resultiert für die Aussenluftzufuhr ein Querschnitt von  $0,1 \text{ m}^2$ , der - bei einer Zuluftmenge von  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  - eine Luftgeschwindigkeit von lediglich  $0,6 \text{ m/s}$  ermöglicht.

Die Luftführung über das Erdregister konkurrenziert mit der Wärmerückgewinnung (niedrigere Temperaturgradienten). Es geht dabei aber weniger ums Energiesparen, als um den Frostschutz, den das Erdregister garantiert.

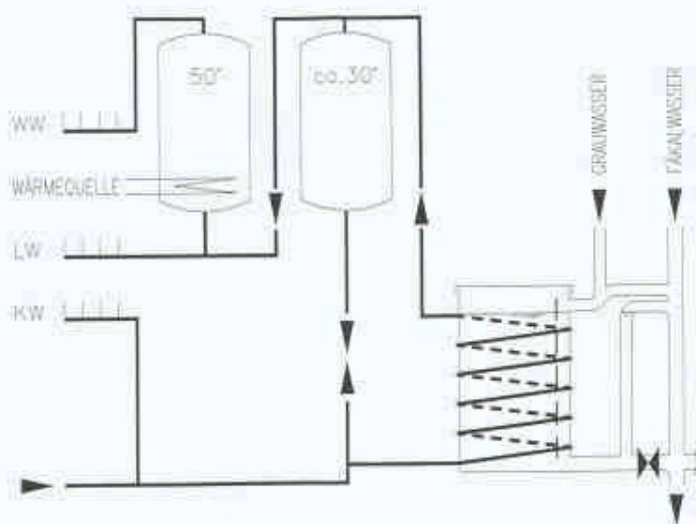
Die Zuluftverteilung innerhalb der Wohnung erfolgt über flache Kanäle aus Stahlblech mit einem Querschnitt von  $5 \text{ cm}$  auf  $10 \text{ cm}$ , die in die Unterlagsböden verlegt sind. Die einstufige Lüftungsanlage ist mit zwei Ventilatoren von je  $100 \text{ W}$  elektrischer Leistung ausgerüstet und stellt eine Zuluftmenge von  $25 \text{ m}^3$  pro Person und Stunde sicher.  $80\%$  beträgt - nach Herstellerangaben - die Rückgewinnungsquote des Lüftungsaggregates.

Auf Empfehlung der Koordinationstelle für Wärmeforschung im Hochbau an der Empa sind Lüftungsanlagen in Niedrigenergiehäusern in der Regel anhand der spezifischen Zuluftmenge und nicht des Luftwechsels zu dimensionieren. Die Zuluftquoten liegen zwischen  $10 \text{ m}^3$  und  $50 \text{ m}^3$  pro Person und Stunde, wobei der niedrige Wert für gute Verhältnisse mit Nichtrauchern in grossen Räumen, der höhere für Raucher in engen Zimmern gilt.

#### Gute Voraussetzungen für eine Wärmepumpe

Im Technikraum steht eine Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von  $7,2 \text{ kW}$ . Primärseitig ist das Heizaggregat mit einer Erdsonde verbunden, die  $170 \text{ m}$  abgeteuft ist. Die Dimensionierung der Sonde -  $35 \text{ W/m}$  statt  $55 \text{ W/m}$  - garantiert, dass die





5  
Lauwarmwassernetz zur verbesserten Nutzung der Wärme aus der Grauwasser-WRG: Der 30 °C-Behälter und der Wärmetauscher der WRG-Anlage sind über eine Zirkulationsleitung verbunden. Mit 30 °C warmem Wasser wird einerseits das 30 °C-Netz und andererseits der 50 °C-Behälter beschickt.

	Einzelanforderungen		Systemanforderungen	
	k-Werte	Im Vergleich zum Grenzwert SIA 380/1	Heizenergiebedarf	Im Vergleich zum Grenzwert SIA 380/1
Wohn-Büro-Haus Hansenburg	0,15 W/m <sup>2</sup> K	37%	42 MJ/m <sup>2</sup> a	13%
Verbesserte Wärmedämmung der Standardlösung 1, § 10a des Energiegesetzes des Kantons Zürich	0,21 W/m <sup>2</sup> K	52%	-	-
Wärmedämmvorschriften des Kantons Zürich	0,5 W/m <sup>2</sup> K	75%	500 MJ/m <sup>2</sup> a	90%
Zielwerte SIA 380/1	0,3 W/m <sup>2</sup> K	75%	280 MJ/m <sup>2</sup> a	85%
Grenzwert SIA 380/1	0,4 W/m <sup>2</sup> K	100%	330 MJ/m <sup>2</sup> a	100%

Wand-k-Wert des Niedrigenergiehauses im Vergleich mit typischen Anforderungen

	Energiebedarf, Energiegewinn	spezifischer Verbrauch je m <sup>2</sup> Energiebezugsfläche
<b>Verluste</b>		
Transmissionsverluste durch die Fenster	10 500 kWh	75 MJ/m <sup>2</sup> a
Wärme durch Wände, Boden und Dach	10 700 kWh	77 MJ/m <sup>2</sup> a
Wärmebedarf für Lüftung	1 500 kWh	11 MJ/m <sup>2</sup> a
Summe	22 700 kWh	163 MJ/m <sup>2</sup> a
<b>Gewinne</b>		
Sonnenstrahlung	12 600 kWh	90 MJ/m <sup>2</sup> a
Abwärme Personen und Elektrizität	4 300 kWh	31 MJ/m <sup>2</sup> a
Freie Wärme (Summe der Gewinne)	16 900 kWh	121 MJ/m <sup>2</sup> a
<b>Heizenergiebedarf</b>	5 800 kWh	42 MJ/m <sup>2</sup> a
<b>Energiebedarf Warmwasser</b>	1 700 kWh	12 MJ/m <sup>2</sup> a
<b>Energiebedarf Wärme</b>	7 500 kWh	54 MJ/m <sup>2</sup> a
Endenergieverbrauch bzw. Energiekennzahl für:		
<b>Raumwärme</b> bei einer Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von 5,0	1 160 kWh	8,3 MJ/m <sup>2</sup> a
<b>Warmwasser</b> bei einer Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von 3,7	460 kWh	3,3 MJ/m <sup>2</sup> a
Endenergieverbrauch bzw. Energiekennzahl <b>Wärme</b>	1 620 kWh	11,6 MJ/m <sup>2</sup> a

Wärmeenergiebilanz des Hauses Hansenburg in Grüningen. Im Wärmebedarf für Lüftung sind die Verluste durch Türen und Ritzen sowie die Wärme aus der Rückgewinnung der mechanischen Lüfterneuerung eingerechnet. Im Wärmebedarf für Warmwasser ist die nutzbare Wärme aus dem Grauwasser berücksichtigt. Alle Angaben sind Planungswerte.

Baujahr	1995
Kubatur nach SIA	2390 m <sup>3</sup>
Baukosten (BKP 2)	605 Fr./m <sup>3</sup>
Energiebezugsfläche	503 m <sup>2</sup>
Heizenergiebedarf nach SIA 380/1	42 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl Heizung	8 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl Warmwasser	3,3 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl Wärme	11,3 MJ/m <sup>2</sup> a

Eckdaten des Wohn- und Bürohauses Hansenburg in Grüningen (Planungswerte).

Quelltemperatur nie unter 4 °C fällt. Im Primärkreislauf zirkuliert ganzjährig Wasser, ohne Zusatz von Frostschutzmittel (Glykol). Der Verzicht auf den Wasserzusatz hat nicht nur ökologische, sondern auch energetische Vorteile: Ein Glykol-Wasser-Gemisch verursacht, aufgrund der höheren Viskosität, einen Mehrverbrauch an Förderenergie. Die Wärmepumpe arbeitet mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen - höchstens 27 °C - auf eine selbstregulierende Fussbodenheizung. Die Wärmeabgabe ist vom Temperaturunterschied zwischen Fussbodenoberfläche (höchstens 24 °C) und Raum bestimmt. Mit schwindender Temperaturdifferenz nimmt der Wärmestrom naturgemäss ab, in Zeiten solarer Einstrahlung ändert sich dessen Richtung - die Wärme wird gespeichert. Diese Art der Bodenheizung ist bereits Stand der Technik: In mehreren Bauten - darunter in den 'Boller-Häusern' in Wädenswil und im 'Heureka-Haus' in Hedingen - wird die Wärme auf diese Weise verteilt respektive gespeichert, und die Erfahrungen sind, von Anfangsschwierigkeiten abgesehen, sehr gut.

#### Jahresarbeitszahl von fünf

Die hohe Quell- und die tiefe Heiztemperatur des Wärmepumpenbetriebes ermöglicht eine Leistungsziffer (COP) von 5,5 sowie eine Jahresarbeitszahl von 5,0 (Angaben des Herstellers). Die Wassererwärmung erfolgt ebenfalls über diese Wärmepumpe, wobei für diesen Zweck zeitweise ein zweiter, mit 55 °C arbeitender Kondensator zum Einsatz kommt. Messungen während dreier Monate im Winter 1995/96 ergaben eine 'gemischte' Arbeitszahl für beide Betriebsweisen - Raumheizung und



Wassererwärmung – von 5,2. Als Kältemittel wird halogenfreies R1270 eingesetzt.

### Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser

Kernstück der Anlage zur Rückgewinnung von Wärme aus dem Grauwasser ist ein Wärmetauscher, der aus einem Sammelbehälter mit einer deutlichen Temperaturschichtung und einem diesen Behälter umhüllenden Rohrregister besteht. Die Wärme gelangt aus dem Grauwasserbehälter in den wasserführenden Stahlrohrmantel und durch Schwerkraftzirkulation in den höher liegenden Vorboiler. Dieser speist den Hauptboiler, in dem die Nachwärmung auf etwa 50 °C über die Wärmepumpe erfolgt. Dieses System hätte einen grundsätzlichen Nachteil: Da das Warmwasser beim Zapfen im Verhältnis 1:1 mit Kaltwasser vermischt wird, fällt das Grauwasser nur halbwarm, aber in doppelter Menge an – im Vergleich zum Warmwasser. Damit ist ein theoretischer Wirkungsgrad bei der Grauwasser-WRG von höchstens 50% möglich. Der Ersatz eines Teils des Kalt- und des Warmwas-

sernetzes durch ein Lauwarmwassernetz erhöht den frischwasserseitigen Durchsatz im Rohrregister des Wärmetauschers und verbessert den Wirkungsgrad des Systems. Ein praktischer Wirkungsgrad von gegen 50% scheint nach den ersten Erfahrungen realistisch.

Der Abfluss in die Kanalisation ist sozusagen das letzte Energieloch, das im konsequenten Niedrigenergiebau zu stopfen ist. Ob der in Grüningen eingebaute Prototyp die Hoffnungen erfüllt, werden Messungen zeigen. Nach den Vorstellungen der Konstrukteure könnte das Gerät in zwei Jahren in Serie gehen. In Erwartung dieser Innovation sollten beim Bau von Niedrigenergiehäusern zwei Vorkehrungen getroffen werden: Das Grauwasser – Abwasser ohne WC und Küche, aber mit Wasch- und Abwaschmaschine – sollte separat geführt werden. Es empfiehlt sich zudem, die Kalt- und Warmwasserverteiler zentral und gut zugänglich anzuordnen, um später einen Teil der Leitungen als Lauwarmwassernetz betreiben zu können.

Adresse des Verfassers:  
Othmar Humm, Fachjournalist Technik und Energie, 8050 Zürich

### P+D – ein Teil von Energie 2000

Das Haus Hansenburg in Grüningen ist ein Pilot- und Demonstrationsprojekt des Kantons Zürich und des Bundesamtes für Energiewirtschaft im Rahmen des schweizerischen Aktionsprogrammes Energie 2000. Das Gebäude soll, ebenfalls mit Unterstützung des Kantons und des Bundes, in der nächsten Heizperiode ausgemessen werden. Beim Messprojekt geht es weniger um die Verifizierung der tiefen Energieverbrauchswerte als um die Bewertung der einzelnen Technologien – Wärmedämmung, Wohnungslüftung, Speicherverhalten, solarer Direktgewinn und Wärmerückgewinnung – als Beitrag zu einem Niedrigenergiehausbau, der alle neuzeitlichen Ansprüche an Komfort und Behaglichkeit erfüllt. Die Messungen werden von der Koordinationsstelle für Wärmeforschung im Hochbau an der Empa begleitet.

### Beteiligte

Bauhererschaft, Architektur und Energiekonzept: *Rudolf Fraefel*, dipl. Architekt ETH/SIA, Hansenburg 6, 8627 Grüningen  
Heizungs- und Sanitärplanung: *Haustechnik Rochberger*, 8050 Zürich  
Lüftungsplanung: *Rudolf Fraefel*  
Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser-System: *Dr. Ruedi Kriesi* und *Rudolf Fraefel*

Daniel Kloorz, Winterthur, Thomas Leutenegger, Zollikon

## Dieselbus, Trolleybus oder gar Erdgasbus?

### Beispiel eines ökonomisch-ökologischen Vergleichs

**Die Frage, ob auf einer Buslinie des öffentlichen Verkehrs Dieselbusse, Erdgasbusse oder Trolleybusse eingesetzt werden sollen, lässt sich nicht ohne weiteres beantworten. Trolleybusse sind vergleichsweise emissionsarm, aber bezüglich Betrieb relativ teuer. Andererseits sind Busse mit Antriebssystemen auf der Basis fossiler Energieträger (z.B. Dieselöl oder Erdgas) kostengünstiger, weisen jedoch im Vergleich zu Trolleybussen Nachteile bei den Umweltwirkungen auf.**

### Ausgangslage und Zielsetzung

Diese Frage stellte sich auch den Winterthurer Verkehrsbetrieben, die eine ihrer bestehenden Trolleybuslinien, die soge-

nannte Breite-Linie, aus Altersgründen vollständig (Busse und Fahrleitung) erneuern müssen. Die Bedeutung dieser Fragestellung reicht jedoch über die Stadt Winterthur hinaus, da z.B. im Massnahmenplan Lufthygiene des Kantons Zürich [1] und auch in anderen Kantonen vorgeschlagen wird, Dieselbusse aus lufthygienischen Gründen wenn möglich durch Trolleybusse zu ersetzen.

Die Umweltschutzfachstelle der Stadt Winterthur hat deshalb die verschiedenen Busantriebssysteme – Trolleybus, Erdgasbus, Dieselbus – in einem ökonomischen und ökologischen Vergleich durch das Ingenieurunternehmen E. Basler & Partner evaluieren lassen. Ziel des Vergleichs ist es, eine Entscheidungsgrundlage für die Bus-systemwahl bereitzustellen, die sowohl die Systemkosten als auch die System-Umweltwirkungen als Parameter berücksich-

tigt. Der Vergleich wurde konkret am Fallbeispiel der Winterthurer Breite-Linie durchgeführt. Die Methodik kann jedoch auch für andere Buslinien angewendet werden. Der Bericht, welcher den Vergleich dokumentiert, enthält im Anhang alle wesentlichen Grundlagen für die Adaption der Methodik auf andere Buslinien [2].

### Überblick über das methodische Vorgehen

#### Hinweise zum Vorgehen

Der Vergleich der drei verschiedenen Bussysteme erfolgt aufgrund einer Gegenüberstellung ihrer Kosten und ihrer Umweltbelastungen. Dabei werden nur diejenigen Umweltbelastungen in den Vergleich einbezogen, in welchen sich die einzelnen Antriebsvarianten signifikant unterscheiden. Die Umweltbelastungen, ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten, ermöglichen den Vergleich und die Bewertung der verschiedenen Umweltwirkungen der drei Busantriebssysteme auf der Basis des Prinzips der ökologischen Knappheit.

Damit der Vergleich der einzelnen Umweltwirkungen miteinander möglich