"Null-Heizenergie"-Konzept in einer Siedlung in Wädenswil

Autor(en): **Kriesi, Ruedi**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 45

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77199

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

«Null-Heizenergie»-Konzept in einer Siedlung in Wädenswil

In Zusammenarbeit der Energiefachstelle des Kantons Zürich mit dem Architekten Ruedi Fraefel, Grüningen, wird in Wädenswil eine Siedlung von fünf Doppeleinfamilienhäusern geplant, von denen zwei im Normalwinter fast ohne Heizenergie auskommen sollten und auch die übrigen drei nur einen minimalen Wärmebedarf erhalten werden. Zehn private Bauherren, von denen einer der Autor dieses Berichtes ist, haben von der Stadt Wädenswil ein Grundstück für die Realisierung dieses Projekts zugesichert und eine Baubewilligung für das ausgearbeitete Projekt erhalten.

VON RUEDI KRIESI
ZÜRICH

Als Pilotprojekt wird das Vorhaben vom Kanton mit einem Beitrag von Fr. 345 000.– unterstützt. Zudem lag der Baulandpreis mit 450 Franken pro m² bereits im Sommer 1987, als er vom Gemeinderat festgelegt wurde, unterhalb des marktüblichen Wertes. Dafür wurden die zehn Bauherren verpflichtet, die aus dem Energiekonzept entstehenden Mehrkosten und Auflagen zu akzeptieren.

Mit diesem Demonstrationsprojekt soll gezeigt werden, dass die Heizenergie durch technische Massnahmen auf eine beliebig kleine Menge reduziert werden kann. Der Aufwand dazu ist zwar immer noch gross, aber als Folge der besseren Baumaterialien doch schon wesentlich geringer als noch vor zehn Jahren, und er wird weiter abnehmen.

Der Baubeginn war auf Frühjahr 1989 vorgesehen. Durch Einsprachen von zwei Nachbarn, die nicht im Zusammenhang mit den energetischen Eigenheiten der Siedlung stehen, wird nun mit einem Baubeginn im Herbst 1989 gerechnet.

Grundstück, Projektbeschreibung

Durch die schmale, lange Grundstücksform und um gegenseitige Beschattung zu vermeiden, stellte der Architekt die Häuser auf eine leicht gekrümmte Linie (Bild 1). Morgendliche Beschattung durch ein Wäldchen auf der Ostseite des Grundstücks ist der Grund für die leichte Westorientierung der beiden hintersten Doppelhäuser.

Die zugelassene Ausnützung, die längliche Geländeform und Auflagen der Gemeinde an das Erscheinungsbild führten zu 5 Doppeleinfamilienhäusern mit guter Volumenziffer, allerdings nicht ganz optimaler Südfassade und grosser Gebäudetiefe. Die resultierende kleine Südfassade wurde durch Ausnützung der zulässigen Gebäudehöhe und durch eine Verbreiterung der Süd- gegenüber der Nordfassade bei den ersten vier Häusern vergrössert, um trotzdem genügend Fassadenfläche für die Unterbringung der notwendigen Fenster und Sonnenkollektoren zu erhalten.

Die Parkierung wurde gleich am Grundstücksbeginn zusammengefasst, um

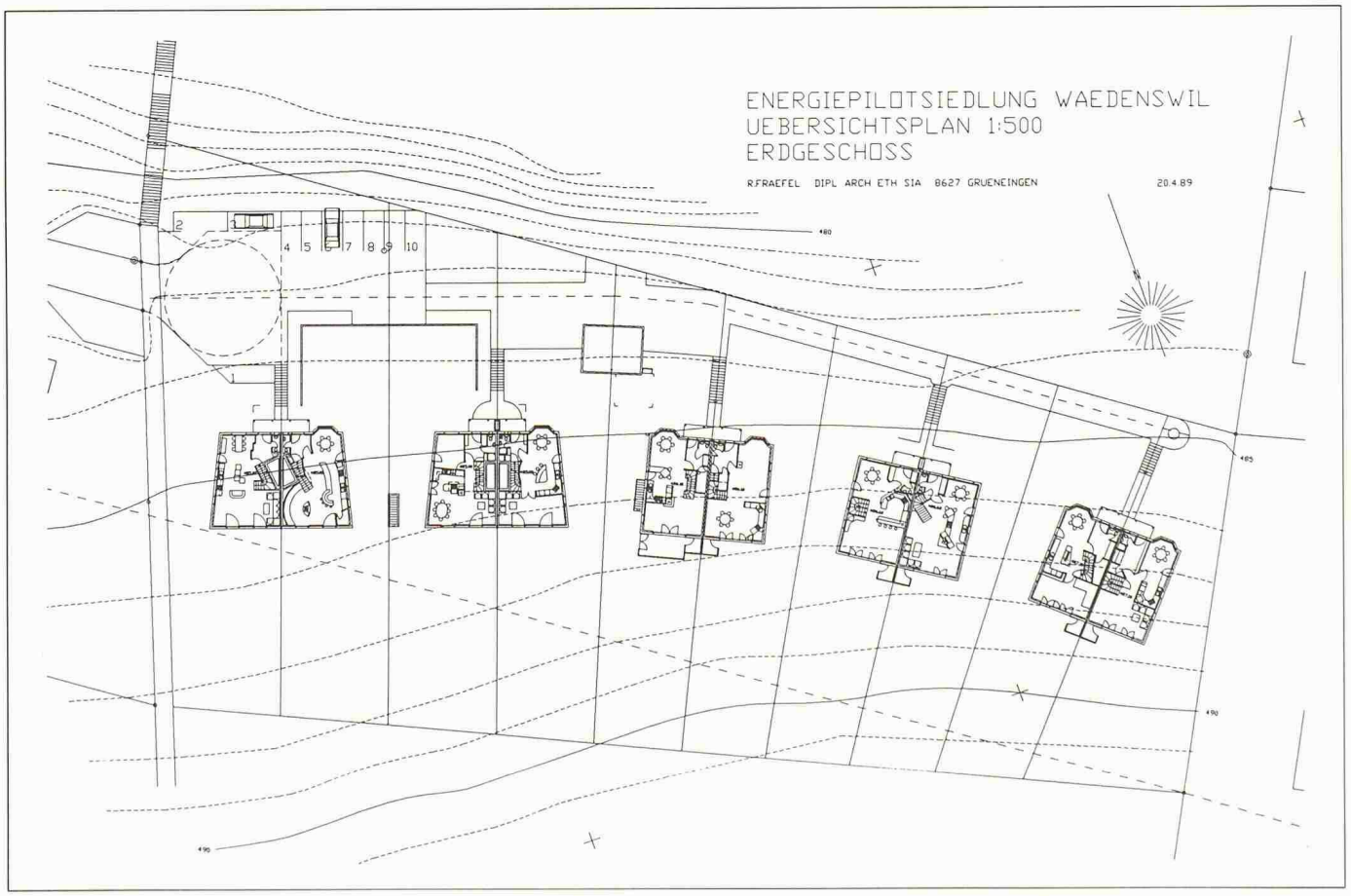


Bild 1. Anordnung der 10 Doppeleinfamilienhäuser auf dem in Ost-West-Richtung langgezogenen Grundstück

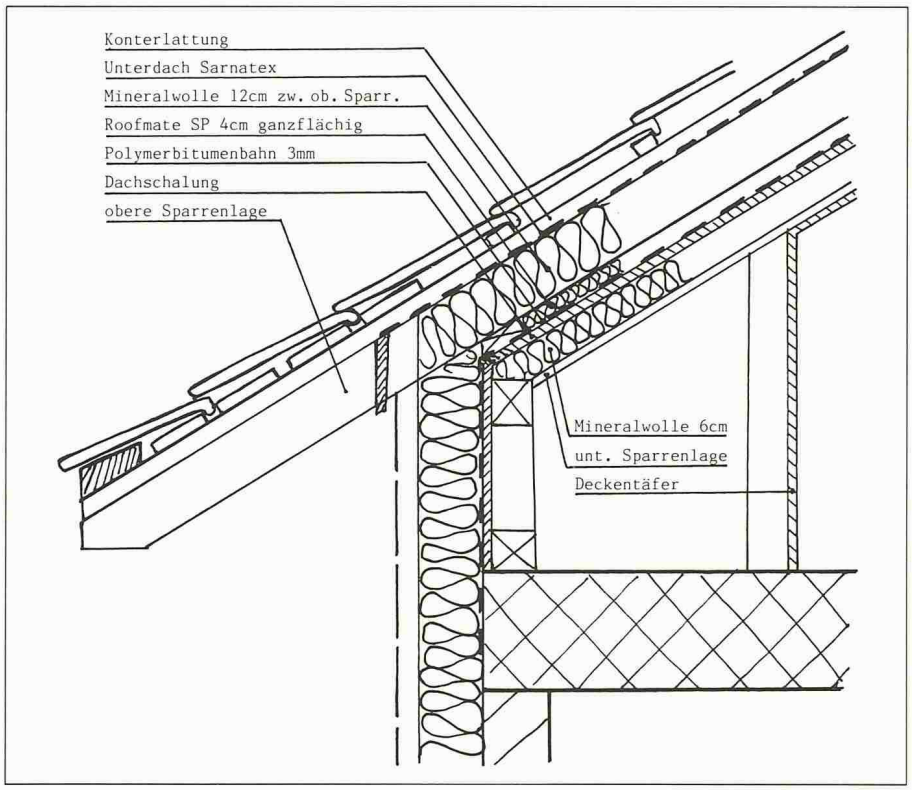


Bild 2. Konstruktion des luftdichten Dachaufbaus

möglichst wenig Bauland für Verkehrsflächen zu verlieren.

Energetische Besonderheiten

Nur die ersten vier Häuser, die Typ-A-Häuser, sind als Null-Heizenergie-Häuser konzipiert. Sie erhalten einen grossen Sonnenkollektor in der Südfassade und einen grossen Wasserspeicher. Die übrigen sechs, die B-Häuser, werden nur mit wenigen Quadratmetern Kollektoren ausgerüstet, die hauptsächlich den Sommerwarmwasserverbrauch liefern müssen. Sie werden mit der Abwärme eines kleinen Stirlingmotors beheizt, der im Winter die Grundlast für den Elektrizitätsverbrauch aller zehn Häuser liefern wird.

Alle zehn Häuser werden wie folgt ausgerüstet:

□ Die hauptsächliche Fensterfläche wird gegen Süden ausgerichtet. Die schöne Aussicht auf den Zürichsee gegen Norden und Belichtung und Aussenkontakt werden durch gezielt plazierte Fenster gewährleistet. Alle Fenster werden als 3fach-Wärmeschutzgläser mit Argon-Füllung ausgeführt.

□ Die Wärmedämmung von Fassaden und Dächern wird bei einem k-Wert von 0.15 W/m²K liegen. Die gemauerten Aussenwände werden als Kompaktfassade mit 20 cm expandiertem Polystyrol verkleidet und verputzt. Die bauphysikalisch bevorzugte hinterlüftete Verkleidung musste aus Kostengründen fallengelassen werden. Die Bodenplatte des Kellers wird auf 10 cm druckfestes extrudiertes Polystyrol abgestellt, und auch die Kellerwände werden mit dem gleichen Material aussengedämmt. Dadurch muss die Wärmedämmung auch im Kellerbereich an keiner Stelle unterbrochen werden. Diese technische Lösung wurde gewählt, nachdem die Lieferung von FCKW-freien PS-Platten gewährleistet werden konnte. Auf diese Weise wird für die Superdämmung nicht der Preis einer vermehrten Gefährdung der Ozonschicht bezahlt.

□ Um eine leckfreie Luftdichtigkeit und eine wärmebrückenfreie Dämmung sicherzustellen, wird als erstes ein leichter «Arbeits-Dachstuhl» errichtet, auf dessen begehbarer Schalung die Dichtigkeitsfolie verlegt und seitlich dicht an die Aussenwand angeschlossen werden kann. Darüber wird eine unterbruchsfreie Dämmschicht aus 4 cm extrudiertem Polystyrol verlegt und erst darauf der tragende Dachstuhl errichtet. Das extrudierte druckfeste Polystyrol überträgt die Lasten auf die Pfetten. Nur bei den Fusspfetten sind zusätzliche Lagerhölzer für die Übertragung der Vordachlast notwendig. Zwischen den Sparren werden 16 cm Mineralwolle angebracht und mit einer Unterdachfolie abgedeckt. Unterhalb der Dampfbremse können zwischen den Sparren des «Arbeits-Dachstuhls» ohne Kondensationsrisiko weitere 6 cm Mineralwolle angebracht werden (Bild 2). An einem eben vom Architekten R. Fraefel fertiggestellten Einfamilienhaus in Grüningen, das über die gleiche Dachkonstruktion verfügt, ist ein nL50-Wert von 0.2 h^{-1} gemessen worden.

□ Die Frischluft wird in einem Wärmeaustauscher mit der Abluft erwärmt. Um das Einfrieren des Wärmetauschers auch bei tiefen Aussentemperaturen zu vermeiden, wird die Zuluft vor Eintritt in den Wärmetauscher im Erdreich vorgewärmt. Die Zuluft wird den Wohn- und Schlafzimmern zugeführt, die Abluft aus Toiletten und Küche abgesaugt. Die normale Zuluftmenge beträgt 150 m³/h. Sie kann mit einem Zeitschalter aber während des Kochens auf 400 m³/h erhöht werden. Wenn niemand im Haus ist, kann die Frischluftmenge auf 75 m³/h reduziert werden. Im Sommer wird die Lüftung ausgeschaltet, die Frischluftzufuhr erfolgt dann über die Fenster.

□ Vor dem Eintritt in den Boiler wird das Frischwasser in einer Wärmerückgewinnung vorgewärmt (Bild 3). Kaltes und warmes Grauwasser wird beim Eintritt in den äusseren Behälter durch Thermosyphonwirkung nach unten bzw. oben gelenkt. Eine an der ETH zu diesem Thema durchgeführte Semesterarbeit lässt erwarten, dass damit das Frischwasser auf 30 °C vorgewärmt werden kann, also rund 50% der Energie rückgewinnbar sind. Da dieses Resultat unsicher ist und trotz Erfahrungen aus Finnland zudem einige Unsicherheit bezüglich der notwendigen Reinigungsintervalle besteht, wird die Anlage zuerst nur in einem Haus und erst bei positivem Ergebnis auch in den anderen Häusern installiert.

Zusätzliche Installationen der A-Häuser:

□ In der Fassade werden 33 m² eines speziell mit der Firma Schweizer Metallbau AG entwickelten Wasserkollektors montiert, der über einen Thermosyphonkreislauf mit dem Speicher verbunden ist. Die Kollektorabdeckung besteht aus einer 10 cm dicken Wabenstruktur aus Polycarbonat, die mit einer zusätzlichen Glasscheibe abgedeckt wird, eine Transparenz von etwa 65% besitzt und zusammen mit der selektiven Absorberbeschichtung einen k-Wert von 0.8 W/m²K zwischen Absorber und Aussenklima ergibt. Die Wand zwischen Absorber und Hausinnerem wird ebenfalls mit k = 0.8 W/m²K gedämmt. Dadurch erhält die Absorbertemperatur nachts den Mittelwert zwischen Innenraum- und Aussentemperatur und fällt damit nie unter den Gefrierpunkt, womit auf Frostschutzmittel verzichtet werden kann.

Ebenso entfällt ein Wärmeaustauscher zwischen Kollektorkreis und Speicher; das Speicherwasser durchströmt den Kollektor direkt. Zur Sicherheit wird das untere Kollektorsammelrohr mit einer Widerstandsheizung versehen und über einen Gefrierthermostaten geregelt.

Es war vorerst unklar, ob der Kollektorabsorber zuerst unten oder oben den Gefrierpunkt erreichen würde, da Wasser unter 4 °C leichter wird und an die Oberfläche steigt. Versuche mit einem Testkollektor (Bild 4) haben aber gezeigt, dass keine Thermozirkulation stattfindet, auch wenn das Wasser im unteren Sammelrohr auf 1 °C absinkt.

□ Durch den sehr tiefen k-Wert der Kollektorabdeckung steigt die Absorbertemperatur auf über 20 °C auch bei bedecktem Himmel. Liegt die Einstrahlung zwischen 40 und 200 W/m², so wird das Absorberwasser mit einer Pumpe direkt durch die Bodenheizung gepumpt. Um den Effekt dieser ungeregelten Wärmezufuhr für den Wohnraum möglichst träge zu gestalten, werden die Bodenheizungsrohre mit 10 cm Beton überdeckt.

Ursprünglich war vorgesehen, diese Bodenheizung allein für die Wärmeverteilung aus dem Kollektor einzusetzen und für die eigentliche Heizung separate Radiatoren zu verwenden. Aus Kostengründen musste dann aber auf die zusätzlichen Radiatoren verzichtet werden. An sich ist die Verwendung von Bodenheizungen in Räumen mit grösseren besonnten Fensterflächen aus energetischen Gründen nicht ratsam, da die Bodenheizung viel zu träge auf die variable Energiezufuhr durch die Fenster reagiert. Durch die extreme Gebäudewärmedämmung und die Verwendung der Zwischendecke von OG und EG als Boden- und Deckenheizung erreicht die maximale Vorlauftemperatur bei -10 °C lediglich 26 °C. D.h. im Normalfall, bei der im Winter üblichen Aussentemperatur von etwa 0 °C, beträgt die mittlere Heizwassertemperatur lediglich etwa 23 °C, die Bodenoberflächentemperatur etwa 21 °C. Die Wärmezufuhr zum Raum wird also bereits aufhören, wenn die Raumlufttemperatur durch die Einstrahlung auf 21 bis 22 °C ansteigt.

□ Die 20 m³-Speicher werden aus einer äusseren Betonschale aufgebaut, die innen mit 20 cm PU-Schaum isoliert und mit einer Alufolie und einer Gummihaut gedichtet wird. Die gleiche Konstruktion ist bereits 1974 mit einem 200 m³-Tank in Minusio realisiert worden (Ruosch, 1974). Die Speicher zweier Nachbarhäuser liegen zur Minimierung der Wärmeverluste an der Gebäudetrennwand einander gegenüber.

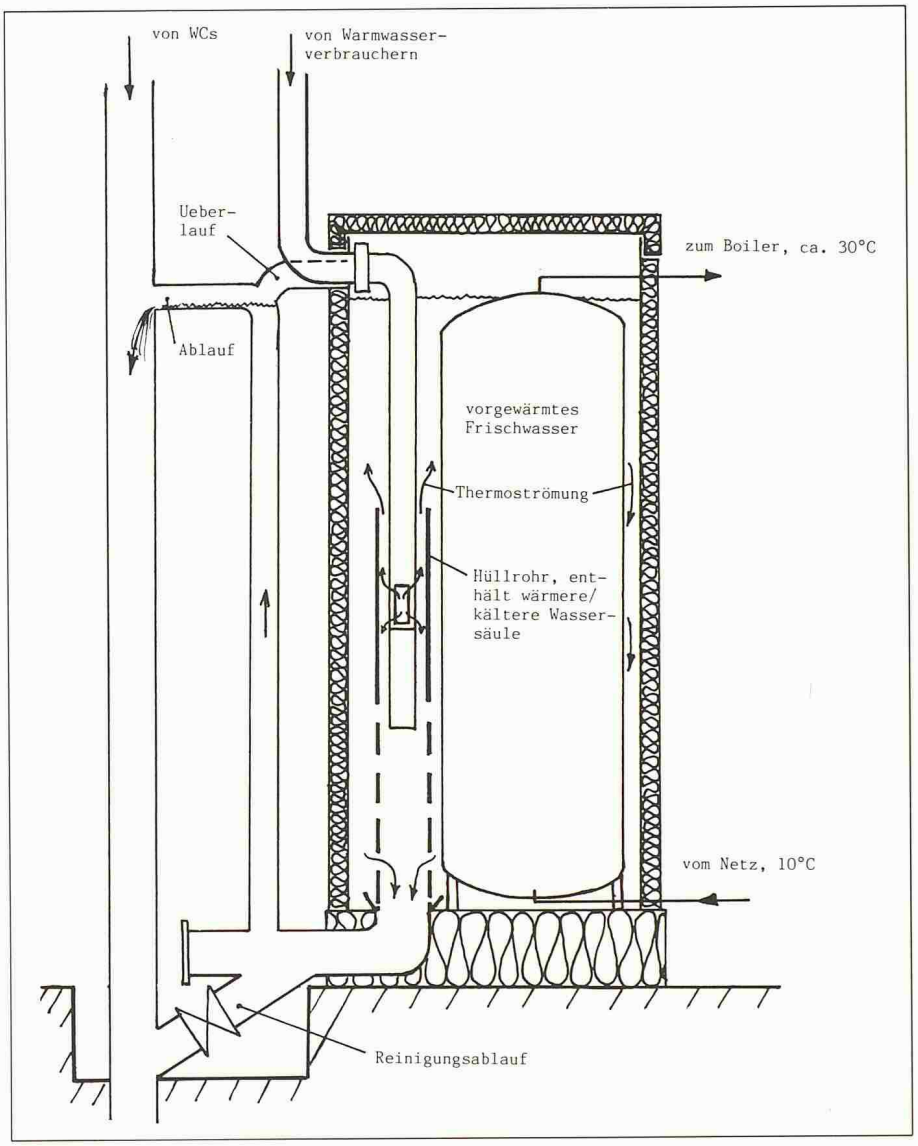


Bild 3. Schema der Abwasser-Wärmerückgewinnung

Durch die Aufstellung im Wohnbereich tragen die unvermeidlichen Wärmeverluste zur Gebäudeheizung bei. Die äussere Betonschale wirkt dabei als Tag/Nacht-Speicher für die Wärmeverluste; steigt die Raumtemperatur am Tag um 1 bis 2 °C an, so müssen die Speicherverluste vorerst die Betonschale aufheizen, bis die Verluste wieder in den Wohnraum fliessen können.

Die gleiche Pufferwirkung wird auch im Sommer die Überhitzungsprobleme reduzieren; die von der Betonschale am Tag aufgenommene Wärme kann nachts weggelüftet werden. Der Gummisack wird oben verschlossen, und seine Oberseite schwimmt oben auf dem Speicherwasser auf. Sie bewegt sich für die Expansion etwa 20 cm auf und ab.

Mit mehr als 7 m Höhe bleibt über lange Zeit eine gute Speicherschichtung erhalten, was wichtig ist, um auch noch gegen Ende des Winters genügend hohe Warmwassertemperaturen zur Verfügung zu haben. Auch in diesem Punkt ist die gewählte Konstruktion mit der

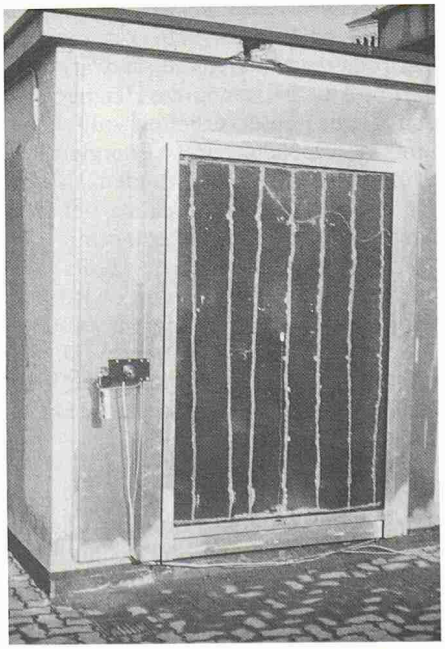


Bild 4. Testkollektor von 2,5 m² Fläche, am Liftaufbau des Amts für technische Anlagen und Lufthygiene montiert.

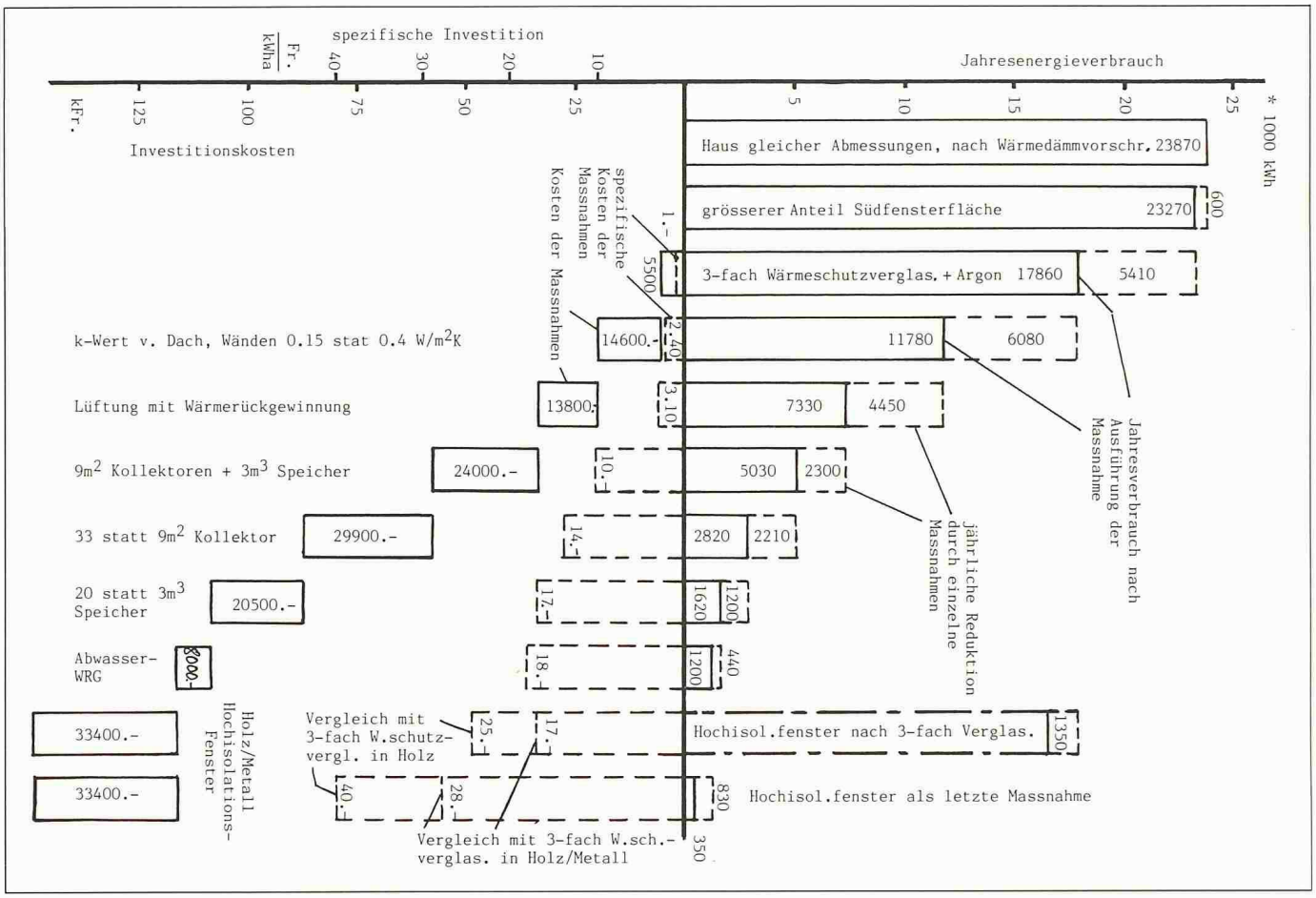


Bild 5. Kosten, spezifische Kosten und Einfluss auf den Jahresenergieverbrauch der einzelnen Massnahmen

innenliegenden Wärmedämmung einem Stahltank überlegen, da der vertikale Wärmefluss in der Stahlwand die Temperaturschichtung negativ beeinflusst.

□ Als Zusatzheizung werden aus Kostengründen, statt der ursprünglich geplanten Holzöfen, mit Propanflaschen betriebene Gasöfen verwendet, die den obersten Teil des Speichers aufheizen. Für den minimalen Zusatzwärmebedarf und die extrem kurze Heizperiode, den diese Häuser erhalten sollten, ist nur ein speicherbarer Energieträger sinnvoll, da die Vollaststundenzahl dieser Zusatzheizungen extrem tief sein wird und der Wärmebezug mit den Spitzenlastzeiten der Elektrizitäts- und Gasnetze zusammenfallen wird. Es wird erwartet, dass in milden, sonnigen Wintern kein Gas gebraucht wird, sich dieser Bedarf aber auch in harten Wintern auf wenige Flaschen beschränkt.

Zusätzliche Installationen der B-Häuser:

9 m² konventionelle Sonnenkollektoren liefern über einen Frostschutzkreislauf hauptsächlich das Sommerwarmwasser, damit im Sommerhalbjahr die Wärmekraftkopplungsanlage abgestellt werden kann. Die Dimension von 3 m³ dieses Speichers wird durch die ebenfalls hier angeschlossene Wärmekraftkopplungsanlage bestimmt. Es ist vorgesehen, jeweils gleichzeitig nur einen Speicher mit Wärme zu beliefern, um zur Verringerung der Wärmeverluste die übrigen Verteilstränge stillegen zu können. Entsprechend werden die Speicher für etwa zwei Tagesbedarfe der Heizung ausgelegt.

Berechneter Energieverbrauch

In Bild 5 wird der Einfluss der einzelnen energetischen Massnahmen auf den Jahresenergieverbrauch dargestellt und mit dem Verbrauch eines konventionellen Hauses mit gleichen Dimensionen, gleicher Fensterfläche und entsprechend den zürcherischen Wärmedämmvorschriften ausgeführter Isolation verglichen. Im oberen Bildteil ist mit dem ersten Balken der Verbrauch des Vergleichshauses dargestellt und mit den folgenden Balken der Einfluss der einzelnen Massnahmen und der jeweils verbleibende Verbrauch. Im unteren Teil sind die aufgrund des Kostenvoranschlags bestimmten Kosten der einzelnen Massnahmen inklusive 15% Honorar- und Gebührenanteil dargestellt und mit den Jahresenergieeinsparungen in Relation gesetzt.

In den A-Häusern werden alle Massnahmen ausser den HIT-Fenstern realisiert, in den B-Häusern alle bis zu den 9 m² Kollektoren mit 3 m³ Speichertank. Die Kosten für den Stirlingmotor sind im Diagramm nicht gezeigt.

Da der Wärmespeicher seinen Inhalt über mehrere Monate speichert, konnte der Bedarf sehr einfach mit Monatsmittelwerten gerechnet werden. Je geringer dieser Bedarf wird, desto ungenauer wird jede Berechnung und desto grösser wird der Einfluss des Benutzerverhaltens. Abgesehen vom Leiter der Energiefachstelle, der als Initiant auch als einer der 10 Bauherren auftritt, handelt es sich bei den Bauherren um an Energiefragen nicht überdurchschnittlich interessierte Familien. Entsprechend wird mit sehr unterschiedlichem Verhalten gerechnet, und es werden sehr verschiedene Energieverbrauchswerte erwartet.

Die einzelnen Massnahmen in Bild 5 sind nach abnehmender Wirtschaftlichkeit geordnet. Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten liesse sich allenfalls eine Investition von etwa 1 Franken pro jährlich eingesparter kWh rechtfertigen. Diesen Wert erreichen aber nur die 3fach-Wärmeschutzgläser, alle anderen Massnahmen liegen ungünstiger. Allerdings werden die später gerechneten Massnahmen zusätzlich ungünstiger, weil die Heizperiode mit jeder wei-

teren Massnahme kürzer wird. So verbleiben für die Abwasserwärmerückgewinnung nur noch 4 Monate Nutzungsdauer, da die übrige Zeit der Sonnenkollektor genügend Wärme liefert. Würde diese Abwasser-WRG also in einem Gebäude ohne Sonnenkollektoren eingesetzt, so wären ihre spezifischen Kosten dreimal niedriger.

Lediglich bei den Kosten für den Saisonspeicher ist es gleichgültig, an welcher Stelle sie gerechnet werden. Da sie etwa gleich hoch sind wie diejenigen der Abwasser-WRG und eine weitere Vergrösserung auf 40 m³ sicher günstiger gewesen wäre als die Vergrösserung von 3 auf 20 m³, wäre eine Speichervergrösserung dem Einbau der Abwasser-WRG oder auch der HIT-Fenster vorzuziehen gewesen, insbesondere, da die Abwasser-WRG zusätzlich einen sicher unangenehmen Unterhalt erfordern wird. Diese weitere Speichervergrösserung ist im jetzigen Projektstadium aber nicht mehr möglich und bezüglich der zukünftigen technischen Bedeutung auch nicht von Interesse. Dieses Resultat ist trotzdem erstaunlich, wurde der Saisonspeicher doch eher als exotische Massnahme angesehen, die hier für das Demonstrationsprojekt einmal gemacht wird, im Normalfall aber weit besser durch einen speicherbaren Energieträger wie Gas, Öl oder Holz ersetzt wird oder längerfristig auch zur Erreichung von null Heizenergie gar nicht mehr in dieser Grösse erforderlich sein wird. Effektiv ist der Beitrag des Speichers zu den 25 000 kWh des konventionellen Vergleichshauses mit 1200 kWh sehr bescheiden. Eine zukünftige Verbesserung der hier mit 50% Wirkungsgrad gerechneten Zuluft/Abluftwärmerückgewinnung oder der Fenster- oder Fassadenwärmedämmung wird die notwendige Speichergrösse für null Heizenergie auf ein akzeptierbares Mass reduzieren.

Anfänglich war vorgesehen, für alle Häuser HIT-Fenster in Holz-Metall-Ausführung oder das Fenster Tobtherm mit zwei 2fach-Wärmeschutzverglasungen und Holzrahmen mit k-Werten für Fenster und Rahmen um 0.8 W/m²K zu verwenden. Beide Konstruktionen wurden zum genau gleichen Preis offeriert. Der theoretische Restbedarf wäre damit auf das ursprüngliche Ziel von ungefähr null Heizenergie gesunken. Zur Reduktion der Kosten wird jedoch auf diese teuerste Massnahme verzichtet. Um den k-Wert-Unterschied zwischen den 3fach-Wärmeschutzverglasungen und den Hochisolationsfenstern zu reduzieren, wurde auf Fensterunterteilungen zur Verminderung des Rahmenanteils wo immer möglich verzichtet. So werden alle Südfenster als raumhohe, einflügelige Türen konzipiert.

Die offerierten Kosten für die ersten 9 m² Sonnenkollektoren inklusive Speicher sind mit 24 000 Franken wesentlich höher als üblich. Die Kosten werden jedoch massgeblich durch den für die Wärmekraft-Kopplungsanlage notwendigen 3 m³-Speicher bestimmt, die hier dem Kollektor zugerechnet werden.

In den Kosten für die Kollektorerweiterung auf 33 m² Fassadenkollektor sind auch die Mehrkosten für die extreme Niedertemperaturheizung gegenüber einer normalen Bodenheizung enthalten.

Alle Massnahmen zur Reduktion des Heizenergiebedarfs der Gebäude zusammen, also die 3fach-Wärmeschutzverglasung, die Verbesserung der Wärmedämmung der gesamten Hülle auf 0.15 W/m²K und die Lüftung mit Wärmerückgewinnung kosten zusammen rund 35 000 Franken, reduzieren aber den Heizwärmebedarf von 24 000 kWh auf 7300 kWh oder den spezifischen Wärmebedarf Heizung von 595 MJ/m² auf 180 MJ/m². Werden zusätzlich noch etwa 10 m² Sonnenkollektoren für die Warmwasserbereitung und die Unterstützung der Heizung installiert, so steigen die Mehrkosten auf rund 50 000 Franken, der Restenergiebedarf beträgt nun aber nur noch 5000 kWh. Bei mittleren Investitionskosten von Fr. 2.– bzw. 2.60 pro jährlich eingesparter kWh lassen sich diese Mehrkosten zwar kaum je amortisieren. In Relation zu den Gesamtkosten eines Einfamilienhauses, die bei den jetzt leider üblichen Grundstückkosten von 300 000 bis 500 000 Franken rund 1 Million betragen, sind diese Mehrkosten aber gering, der Unterschied in der energetischen Qualität der Häuser mit einem Verbrauch von rund 800 bzw. 500 kg gegenüber 2500 kg Heizöl anderseits enorm!

Energiepilotprojekte des Kantons Zürich

Das Energiegesetz vom 19. Juni 1983 und die zugehörige Energieverordnung vom 6. November 1985 (in Kraft seit 1. Juli 1986) ermöglichen dem Kanton Zürich die Unterstützung von Pilotprojekten, welche der Erprobung und Anwendung von neuen, den Zwekken des Energiegesetzes entsprechenden Verfahren der Energieversorgung und -nutzung dienen, also energiesparenden und umweltschonenden Verfahren sowie solchen zur Anwendung erneuerbarer Energien und zur Minderung der Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern.

die Verfahren müssen in ihrer Art oder Anwendung neu sein und für den Kanton relevante Resultate erwarten lassen. Die möglichen Staatsbeiträge betragen 10 bis 30 Prozent, in besonderen Fällen bis 50%, der nicht amortisierbaren Mehrkosten gegenüber einem konventionellen Verfahren. Für Projekte, die bei positivem Ausgang einen wirtschafltichen Betrieb erwarten lassen, können auch Risikogarantien von bis zu 30 Prozent der nichtamortisierbaren Kosten gewährt werden.

Der Kanton übernimmt mit dieser Möglichkeit eine wichtige Aufgabe zwischen Forschung und industrieller Anwendung, die durch keine Bundesgelder subventioniert werden kann.

Die bisher unterstützten Projekte befassen sich u.a. mit folgenden Themen:
- Verwaltungsbausanierung mit hochisolierenden HIT-Fenstern
- Messungen an Schulhaus mit künstlichem Luftwechsel und Luftwärmepumpenheizung
- Entwicklung eines kleinen Nahverkehrselektrofahrzeugs
- Geothermiebohrungen
- Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung
- Solarzellen-Inverter und -Anlagen
- Dezentrale Elektroboiler mit Vorwärmung durch Heizungsvorlauf

Im «Schweizer Ingenieur und Architekt» wird in unregelmässigen Abständen über diese Projekte berichtet werden.

Beitragsgesuche sind zu richten an die Kantonale Energiefachstelle, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, 8090 Zürich (Tel. 01/259 41 70)

Umfassendes Messprojekt

Das Paul Scherrer Institut (PSI) wird Untersuchungen zur Radonbelastung in den Häusern durchführen. Dichte Wohnhäuser mit mechanischer Lüftung sind in der Schweiz selten, für die Analyse der Wirkung des Luftwechsels auf die Radonbelastung aber sehr geeignet.

Der Radongehalt im Innenraum ist natürlich abhängig von der Luftwechselrate. Da diese aber nur etwa um einen Faktor 3 von 0.3 pro h in einem dichten bis 1 pro h in einem undichten Haus, die Radonbelastung je nach Standort aber durchaus um einen Faktor 1000 variieren kann, ist der Luftwechsel ein sehr ungeeignetes Mittel zur Kontrolle des Radongehaltes. Vielmehr muss die Radonzufuhr zum Innenraum unterbunden werden.

Zur Vorwärmung der Zuluft im Erdreich stehen in diesen 10 Häusern zwei Systeme zur Diskussion. Das kosten-

günstigere wurde vom Architekten Ruedi Fraefel schon mehrmals realisiert. Hier wird die Aussenluft zwischen der isolierten Kelleraussenwand und dem durch Welleternitplatten abgetrennten Erdreich in die Sickerleitung und von dort in die Wärmerückgewinnung gesogen. Bei dieser Lösung kann aus dem Erdreich aufsteigendes radonhaltiges Gas entlang der Fundamentplatte gesammelt werden und in die Zuluft gelangen.

Bei der zweiten Lösung wird die Zuluft durch 10 bis 15 parallele, 20 m lange, im Garten in 1.5 m Tiefe eingegrabene Kunststoffschläuche angesogen. Diese Lösung kostet rund 5000 Franken mehr, eine Zufuhr von radonhaltigem Gas aus dem Erdreich ist aber nicht möglich.

Durch Radonmessungen an den bereits von R. Fraefel ausgeführten Häusern wird jetzt abgeklärt, ob das einfachere System hier wiederholt werden kann. Zusätzlich wird aber ein Haus mit beiden Systemen ausgeführt, um die Wirkung auf die Luftqualität messen zu können.

Die Gruppe KWH der EMPA-Dübendorf hat ein sehr umfassendes Messkonzept zur Untersuchung der energetischen Eigenschaften der Häuser ausgearbeitet und vom NEFF auch bewilligt erhalten. Damit soll zur Ermittlung des Benutzerverhaltens der Energieverbrauch aller 10 Häuser grob und zur Analyse der einzelnen Massnahmen ein Haus sehr detailliert ausgemessen werden.

Adresse des Verfassers: *Dr. R. Kriesi*, ATAL, Energiefachstelle, 8090 Zürich.

Energetisches Verhalten von Wärmepumpen

Beurteilung von 5 Anlagen der SBB

Die Schweizerischen Bundesbahnen, vertreten durch die Bauabteilung der Generaldirektion Bern, beauftragten im November 1987 die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, alternative Wärmeerzeugungsanlagen im Hochbaubereich der SBB zu untersuchen und zu beurteilen.

VON MAX KELLER, ZÜRICH

Dieser Auftrag steht in Zusammenhang mit einem Rahmenkredit für Pilot- und Demonstrationsanlagen des Bundesamtes für Energiewirtschaft, mit dem die öffentliche Hand mithelfen soll, die Einführung neuer Produkte und Verfahren zu beschleunigen. Insbesondere können der Bund und seine Regiebetriebe in eigenen Gebäuden solche Pilot- und Demonstrationsprojekte realisieren und damit Kantonen, Gemeinden und Privaten den Weg für zukunftsweisende Lösungen aufzeigen. Die Erfahrungen mit solchen Anlagen sollen breit gestreut werden und damit den Bau weiterer, noch verbesserter Anlagen ermöglichen.

Ausschlaggebend für die Realisierung der alternativen Wärmeerzeugungsanlagen waren in den meisten Fällen nicht die Wirtschaftlichkeit, sondern langfristige Postulate wie verbesserte Nutzung der Energieressourcen, Reduktion der Umweltbelastung und Diversifikation in der Energieversorgung. Dementsprechend standen in der Untersuchung nicht so sehr Kostenüberlegungen im Vordergrund als vielmehr das energetische Verhalten der Wärmeerzeugungsanlagen. Ausgewertet wurden auch die Betriebserfahrungen, welche das für den Betrieb der Anlagen verantwortliche Wartungspersonal gewonnen hatte.

Grundlage der Untersuchung bildeten umfangreiche Messungen, welche die SBB über mehrere Jahre in periodischen Abständen durchführten, sowie Pläne, Revisionsunterlagen und Betriebshandbücher. Die Arbeiten wurden in engem Kontakt mit dem Auftraggeber, d.h. der Sektion Heizung/Lüftung der Bauabteilung der SBB, durchgeführt.

Allgemeine Resultate

Im Rahmen des SBB-Auftrages wurden bisher sieben Wärmepumpenanlagen ausgewertet. Die Auswertung dreier weiterer Objekte (Aufnahmegebäude Konolfingen, Aufnahmegebäude Rupperswil und Stellwerk Luzern) werden erfolgen, sobald entsprechende Messdaten vorliegen. Alle Wärmepumpenanlagen werden mit Gas-, Diesel- oder Elektromotor betrieben und nutzen, meist in bivalenter Betriebsweise, entweder Luft, Abwärme, Grundwasser, Seewasser, ARA-Wasser oder Erdwärme als Wärmequelle.

Alle untersuchten Wärmepumpenanlagen mit Ausnahme der dieselmotorisch betriebenen, welche heute wegen der Luftreinhalte-Vorschriften (LRV) vermutlich nicht mehr realisiert würde, haben positive Betriebserfahrungen gezeigt. In jedem Fall wurden, verglichen mit einer konventionellen Heizanlage, bedeutende Mengen an Primärenergie eingespart. Die bei einzelnen Anlagen anfänglich aufgetretenen Störungen konnten in den meisten Fällen nach kurzer Zeit behoben werden, so dass heute ein problemloser Betrieb möglich ist.

Anderseits deckte die Auswertung auch Schwachpunkte auf und lieferte Erkenntnisse, welche für die Planung von zukünftigen Anlagen wertvolle Hinweise geben können. Beispielsweise hat es sich gezeigt, dass bereits die Auslegung der Wärmepumpe problematisch ist, weil der Wärmeleistungsbedarf des zu beheizenden Gebäudes im allgemeinen nur ungenau bekannt ist. Da der effektive Wärmeleistungsbedarf meist erheblich unter dem berechneten Wert liegt, besteht die Tendenz, die Wärmepumpenanlage zu gross zu dimensionieren. Damit kann sie zwar einen grösseren Anteil des gesamten Energiebedarfs decken, verfehlt aber die geplante Volllaststundenzahl und damit die angestrebte Wirtschaftlichkeit.

Die Arbeitszahlen der Elektrowärmepumpen bzw. die Heizzahlen der Gasmotorwärmepumpen unterscheiden sich je nach Einsatzbereich (Wärmequellentemperatur, Vorlauftemperatur, Betriebsart) beträchtlich. Die gemessenen Werte liegen jedoch grösstenteils im Rahmen der in der Literatur aufgeführten Werte. Vereinzelte Anlagen ergaben aber auch Nutzungsgrade, welche die bei guter Planung und Ausführung möglichen Werte deutlich unterschreiten.