

# Transparente Wärmedämmung: mehr Kollektor als Dämmung

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **113 (1995)**

Heft 42

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78789>

## **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 Demonstrationsanlagen des Bundes und der Kantone  
Othmar Humm, Zürich

## Transparente Wärmedämmung

### Mehr Kollektor als Dämmung

**Transparent gedämmte Aussenwandkonstruktionen weisen positive monatliche Energiebilanzen auf. Die im Raum wirksame Reduktion des Heizenergiebedarfes beläuft sich je Heizperiode auf rund 100 kWh pro m<sup>2</sup> Fassade mit transparenter Wärmedämmung (TWD-Fassade). Der grösste Teil der Einsparung stammt aus dem Strahlungsgewinn. Der wesentliche Vorteil einer TWD-Fassade liegt aber weniger bei der Energieeinsparung als beim höheren Komfort des angrenzenden Wohnraumes. Der Beitrag zeigt das Prinzip der «offenen Wand» und bringt Resultate zweier Pilot- und Demonstrationsprojekte in Ormingen und auf der Hundwiler Höhe.**

Transparent gedämmte Wandkonstruktionen (TWD) sind Versuche, ein altes Ingenieurproblem des Hausbaus zu lösen: dem Wärmeabfluss durch Leitung und Konvektion einen hohen Widerstand durch Dämmung der Wand entgegenzusetzen und gleichzeitig einen grossen Gesamtdurchlass von aussen nach innen zu realisieren, um Solarenergie zu gewinnen. Das Fenster macht diesen Spagat und kombiniert «offen» und «zu» in traditioneller und vielfältiger Weise; für neue Konstruktionen

gilt dies ganz besonders. Fenster mit k-Werten um  $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (dreifach-Wärmeschutzverglasung mit Krypton-Füllung) sind für das Auge transparent, das heisst, der Tauwert ist mit 65 bis 70 Prozent relativ hoch, aber der Gesamtenergiedurchlass, ausgedrückt durch den g-Wert, liegt um 40 Prozent. Dämmwirkung und Solarenergieertrag sind gegenläufig. Bei diesen Anforderungen kann die transparent gedämmte Wand ein Thema werden.

In den letzten zehn Jahren wurden in Europa Fassadenteile von etwa 20 Bauten transparent gedämmt. Das bekannteste TWD-Objekt ist ohne Zweifel die Jugendbildungsstätte Kloster Windberg des Münchner Architekten Thomas Herzog.

### Aufbau einer TWD-Konstruktion

Bild 1 zeigt das Prinzip einer transparent gedämmten Wand. Das TWD-Material selbst muss mindestens einseitig geschlossen sein, um die Konvektion in Längsrichtung der Kapillarröhrchen zu unterbinden. Bei neuen Konstruktionen liegt der Absorber am Kunststoff an, so dass dieser seitliche Verschluss der Röhrchen konstruktiv sehr einfach möglich ist. Der direkte Kontakt von Absorber und TWD-Material bedeutet aber für den Kunststoff eine latente Überhitzungsgefahr. Ein Luftraum zwi-

schen Absorber und Kunststoff, wie dies bei den ersten TWD-Konstruktionen der Fall war, vermindert diese Gefahr. Die Kapillarröhrchen müssen dann allerdings durch eine anliegende äussere Glasscheibe verschlossen sein. Eine präzise Dimensionierung der Bauteile bringt bei der kompakten Bauweise auch den gewünschten Effekt: Die Temperaturen in der Konstruktion sind über den Absorptionsfaktor des Absorbers und die Wärmeleitfähigkeit der Speicherwand regelbar.

Die Beschattungseinrichtung ist aus Gründen der Wartung ausserhalb des Glases intelligenter platziert; sie ist im mittelländischen Klima unerlässlich.

### Das TWD-Material

Die heute verbauten TWD-Materialien sind auf Wärmedämmung und Strahlungstransmission optimiert. Dabei setzt eine gute energetische Transparenz keineswegs optische Durchsichtigkeit voraus. Wabenstrukturen aus transparenten Kunststoffen haben sich in einigen Anlagen bewährt und gelten heute als das TWD-Material schlechthin. Parallele, zum Absorber senkrecht angeordnete Röhrchen unterdrücken den konvektiven Wärmetransport vollständig.

Der Wärmedämmeffekt kommt durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der ruhenden Luft in diesen Röhrchen zustande ( $\lambda = 0,022 \text{ W/m K}$ ; zum Vergleich: Korkplatte  $0,03 \text{ W/m K}$ ). Der Röhrchendurchmesser liegt je nach Anwendung zwischen 5 und 8 mm. Der Anteil der Wärmeleitung durch das Strukturmaterial liegt unter 10 Prozent des gesamten Wärmetransportes. Basis des TWD-Materials ist

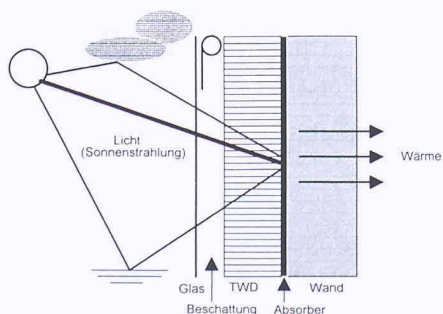
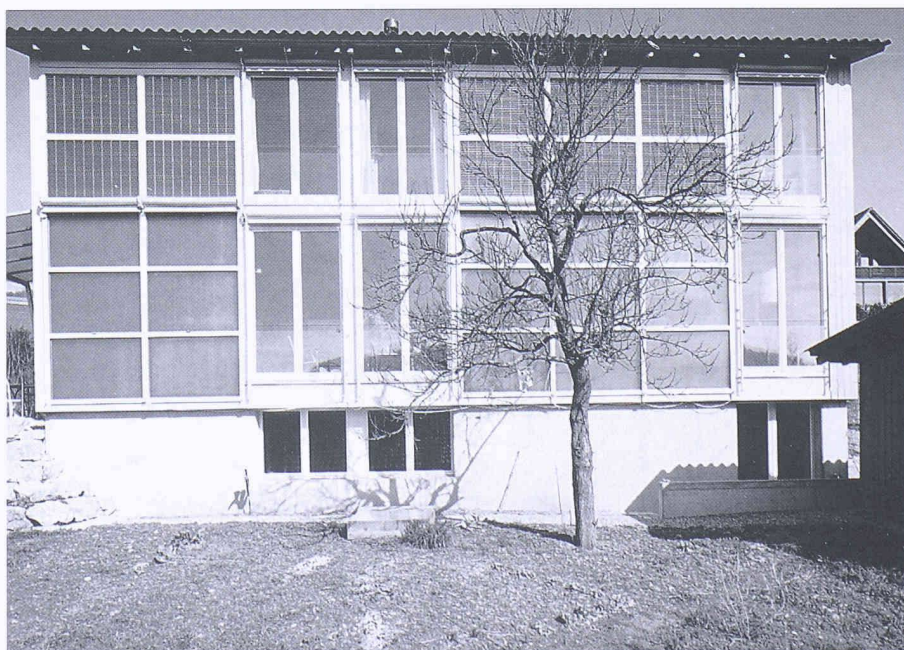


Bild 1.  
Prinzip der transparenten Wärmedämmung mit integrierter Beschattungseinrichtung

Bild 2.  
Das Einfamilienhaus Buser in Ormingen mit den beiden Beschattungssystemen. Die beiden oberen Felder sind mit fixen Lamellen, die unteren mit beweglichen Stoffrollo ausgerüstet





### Kontinuität für Pilot- und Demonstrationsprogramm

Die beiden vorgestellten Projekte sind durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm (P+D) des Bundes und der Kantone unterstützt worden. Die verfügbaren Bundesbeiträge für P+D-Anlagen sind für das Jahr 1995 bereits fest verpflichtet. Dies hat zur Folge, dass durch das Bundesamt für Energiewirtschaft bis Jahresende keine P+D-Projekte mehr bewertet und unterstützt werden. Der Grund dafür liegt einerseits am unerwartet grossen Erfolg des P+D-Programmes, andererseits an den vom Parlament und vom Bundesrat verfüigten Budgetkürzungen.

1996 wird das P+D-Programm mit vier Förderschwerpunkten und ungekürzten Finanzmitteln weitergeführt. Die Schwerpunkte sind: Gebäude, Lüftung, Klima; Verkehr, Leichtelektromobile; Umweltwärme (Wärmepumpen); Biomasse (Holz). Nach wie vor gültig sind die Randbedingungen für P+D-Projekte. Danach müssen förderungswürdige Vorhaben neu sein, ein grosses Anwendungspotential haben sowie eine professionelle Realisierung erwarten lassen. Gesuche sind an das Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern, oder an die Energiefachstelle des Standortkantons zu richten.

Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Polycarbonat (PC).

### Der Weg der Energie

Solarstrahlung durchdringt die äussere Glasscheibe und die transparente Dämmschicht und wird dadurch stark gestreut. Die Brechung des Lichtes ist naturgemäss vom Einfallswinkel der Strahlung abhängig. Gut ein Drittel der Solarstrahlung wird an der Glasscheibe und im TWD-Material reflektiert oder geht durch langwellige Strahlung verloren. (Die Kapillaren leiten das Licht in Richtung Absorber, was erwünscht ist.) Der die TWD-Konstruktion durchdringende Strahlungsanteil erzeugt im dunkel gefärbten Absorber Wärme, die im Verhältnis der k-Werte der angrenzenden Bauteile abströmt.

Ein Beispiel mit Zahlen: Die wirksame Globalstrahlung auf der Oberfläche der Konstruktion beträgt an einem sonnigen Tag  $500 \text{ W pro m}^2$ . Davon gelangt ein Drittel wegen Reflexion und Wärmeverlusten nicht bis zum Absorber. Die wirksame Wärmeleistung im Absorber beträgt demnach  $330 \text{ W/m}^2$ . Bei einer zum Absorber energetisch symmetrischen Konstruktion übernehmen - durch Wärmeleitung oder Konvektion - die opake Wand und das TWD-Material je  $160 \text{ W/m}^2$ . Wenn die Sonne mitmacht, sind das pro  $\text{m}^2$  und Tag 1 bis  $1,5 \text{ kWh}$  speicherbare Wärme im Absorber und in der Backstein- oder Betonwand. Von diesem «Bruttogewinn» müssen die nach aussen wirkenden Wärmeab-

strahlungsverluste subtrahiert werden. Insbesondere in der Nacht bei unbewölktem Himmel gibt eine warme TWD-Wand relativ viel Wärme ab. Über eine Südfassade können je Heizperiode rund  $100 \text{ kWh}$  Wärme pro  $\text{m}^2$  gewonnen werden. Eine Energiebilanz berücksichtigt den (vermeidenden) Wärmeverlust einer opaken Wand ( $20$  bis  $30 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ ), was zu einer kumulierten Energieeinsparung von rund  $125 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$  führt. Subjektiv wird eine TWD-Wand als grossflächiger Niedertemperaturkollektor erfahren - eine aufgeklappte Bodenheizung sozusagen. Die Temperaturen auf der raumseitigen Oberfläche der TWD-Konstruktion variieren zwischen  $20$  und  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Die wichtigsten Merkmale

Mit steigendem k-Wert der Wand hinter dem TWD-Material, also mit steigender Wärmeleitfähigkeit, verbessert sich der solare Wirkungsgrad der Fassade. Vollziegelsteine, Kalksandsteine und Beton eignen sich besser als Porenbeton oder andere «leichte» Wände. (Siehe auch «Parameter-Analyse»)

Die besten Resultate erzielen TWD-Wände in kalten und sonnigen Regionen (beispielsweise in Davos). Mit wachsender Heizsaison steigt der nutzbare Anteil (Parameter-Analyse).

Beste spezifische Energiewerte bringen südorientierte TWD-Anwendungen, aber auch unbeschattete Ost- und Westfassaden weisen positive Energiebilanzen auf.

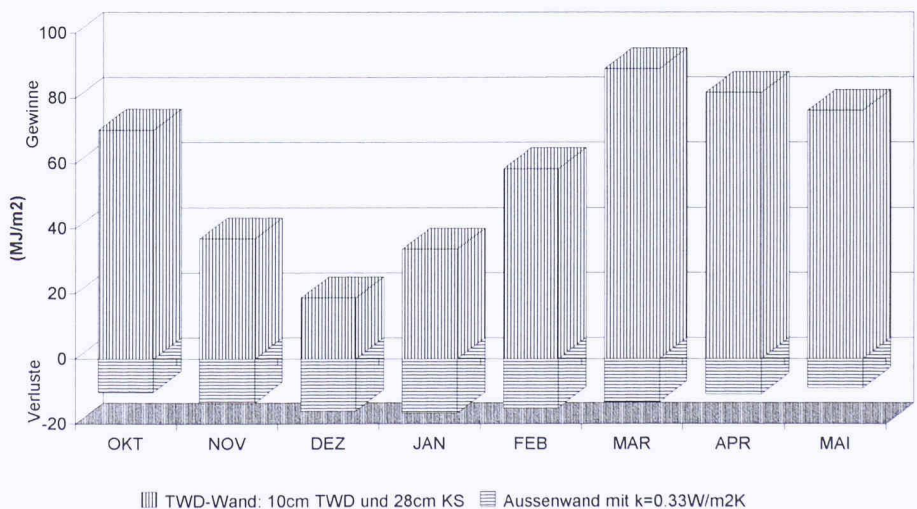


Bild 4.

Energiebilanzen einer TWD-Wand. Aufgezeichnet sind die Gewinne der TWD-Variante und der Verluste der üblichen Wand in  $\text{MJ/m}^2$ . Sehr typisch für TWD-Anwendungen ist die deutlich sichtbare Reduktion der Gewinne im Frühjahr,

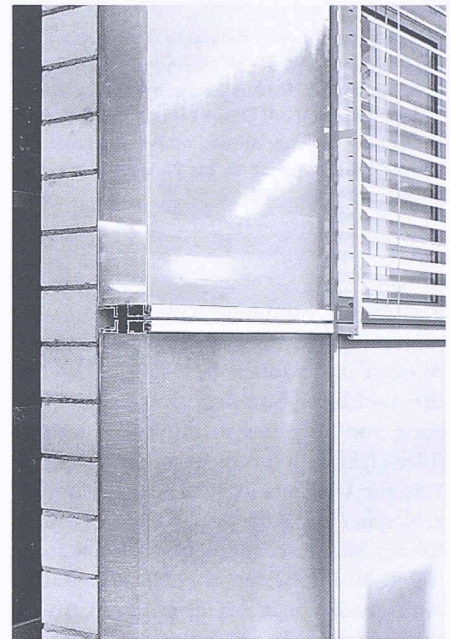


Bild 3.

Aufbau einer «offenen Wand»: Kalksandsteine, transparente Wärmedämmung und Sonnenschutz. Deutlich sind die thermisch getrennten Profile des Modulrahmens zu erkennen

### TWD in Europa

In Mitteleuropa arbeitet eine kleine Gruppe von Wissenschaftlern und Praktikern an TWD-Konstruktionen. Dazu gehören das in Freiburg in Breisgau domizilierte Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, das Institut für Bauökonomie der Uni Stuttgart und die Hedinger Metallbaufrma Ernst Schweizer AG. Die Energiefachstelle des Kantons Zürich sowie die Koordinationsstelle Wärmeschutzforschung im Hochbau an der EMPA in Dübendorf haben eine grosse Zahl von Projekten finanziell unterstützt und fachlich begleitet.

die auf den (wachsenden) Einfallswinkel der Solarstrahlung zurückzuführen sind. Dieser Effekt entsteht durch die horizontale Ausrichtung der Kapillarröhrchen und ist willkommen



Bild 5.

Messresultate aus Ormalingen. Oben: Solare Einstrahlung in  $W/m^2$ . Mitte: Raumtemperatur in Abhängigkeit der Aussentemperatur in  $^{\circ}C$ . Unten: Vergleich der Oberflächentemperaturen (innen) der transparent und opak gedämmten Wände. Messperiode: 15. bis 21. September 1994

Zwischen Strahlungsaufkommen und raumseitiger Wärmenutzung liegen, je nach Material und Bautiefe der Mauer, zwischen drei und zwölf Stunden. Bei direkter Nutzung von Solarenergie durch Fenster und Türen fehlt sehr oft ein geeigneter Speicher, was zur Überhitzung des Raumes und zu schlechter Ausnutzung des Solargewinnes führen kann. Diesbezüglich schneidet die TWD-Wand besser ab und die Wärme wird zudem relativ zeitpräzise am Abend und in der Nacht angeliefert.

Mit Kosten von rund 1000 Franken pro  $m^2$  - mit Beschattungseinrichtung - ist die transparente Wärmedämmung rund dreimal teurer als eine opake. Aus den Mehrkosten den spezifischen kWh-Preis zu errechnen, ist allerdings eine absurde Argumentationslinie. Eher müsste eine zusätzlich notwendige oder erwünschte Wärmedämmung als Vergleichsbasis herhalten. (Der Paragraph 10a des zürcherischen Energiegesetzes liefert einschlägige Anwendungsfelder.)

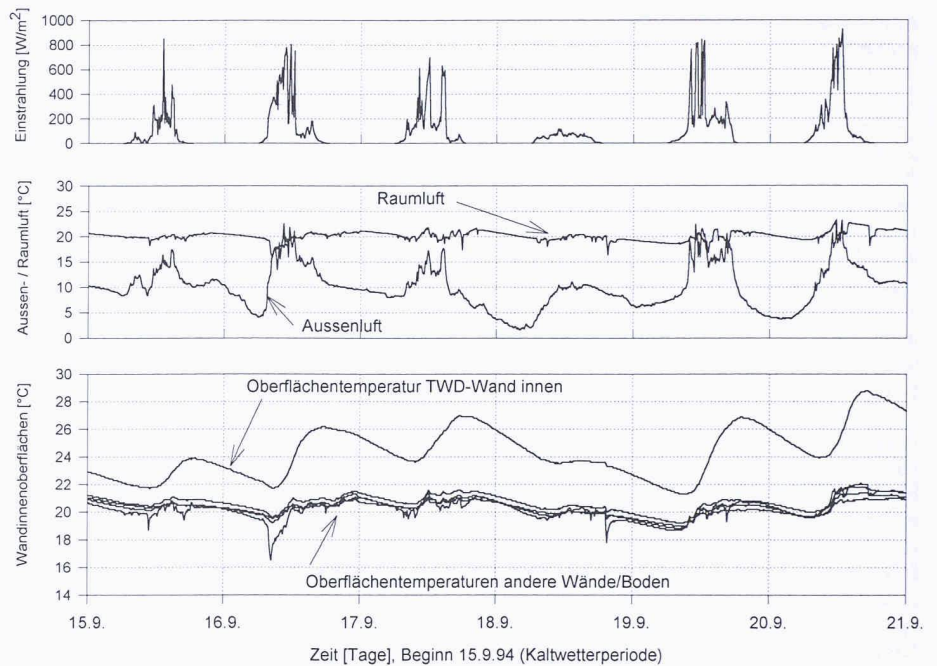
Transparente Wärmedämmungen sind für Do-it-yourself nicht geeignet. Der Grund liegt unter anderem an der Überhitzungsproblematik. Bei Temperaturen um  $120^{\circ}C$  schmilzt der Kunststoff.

### Parameteranalyse an einem TWD-gedämmten Wohngebäude

Alfred Kerschberger führte 1994 an der Universität Stuttgart eine umfangreiche Parameter-Analyse an einem nach der Wärmeschutzverordnung 1982 gedämmten Wohngebäude durch. Kerschberger variierte insgesamt 17 Parameter und errechnete die an der TWD-gedämmten Aussenwand resul-

Bild 6.

Zeitliche Entwicklung der Temperatur einer inneren Wandoberfläche als Reaktion auf einen strahlungsreichen Wintertag. Verhältnisse: Wand aus Kalksandstein, Bautiefe 24 cm, Dichte  $2000 kg/m^3$ , Südorientierung. Systemkennwerte: k-Werte der KS-Wand  $2,92 W/m^2 K$ , des TWD-Verbundes  $0,6 W/m^2 K$ ; g-Wert der TWD 0,59. Aussentemperatur konstant  $0^{\circ}C$ , Raumtemperatur konstant  $20^{\circ}C$ , Tagessumme der Einstrahlung  $4,76 kWh/m^2$



tierende Energieeinsparung pro  $m^2$  TWD-Wand. Die Simulationen zeigten, dass einzelne Parameter einen sehr grossen, andere einen geringen Einfluss auf den TWD-Ertrag haben.

Grosse Auswirkungen auf den Ertrag der TWD-Konstruktion haben:

- Rahmenanteil der TWD-Konstruktion
- Gebäudeorientierung
- Umgebungsverschattung
- Standort
- Interne Wärmequellen
- Wärmeschutzstandard
- Rohdichte der Aussenwand

Mittlere Auswirkungen:

- Transmission durch das TWD-Material (g-Wert)
- Verschattungssystem
- Innentemperatur-Profil

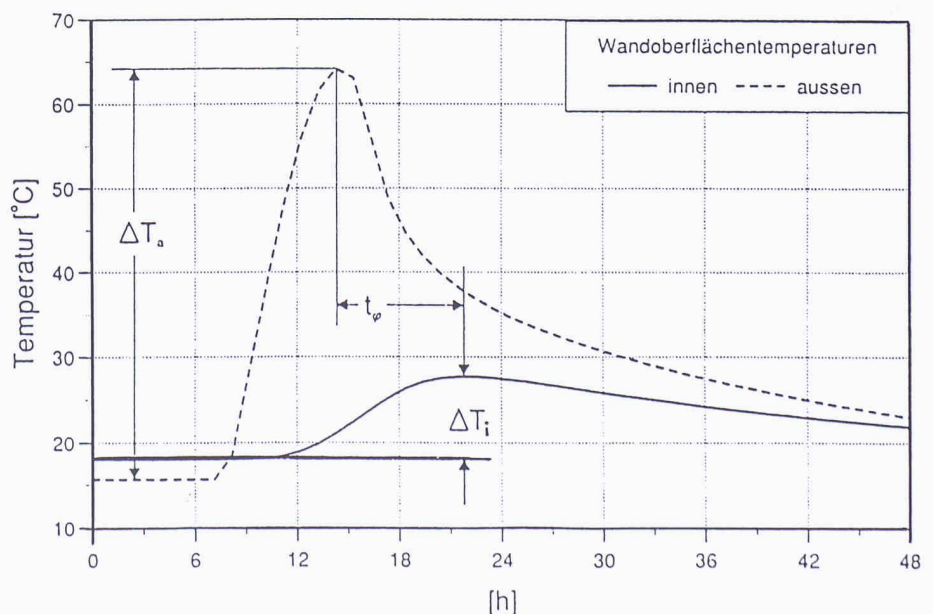
Geringe Auswirkungen:

- k-Wert der TWD
- Flächenanteil der TWD
- Lüftungsgrenze
- Aussenwandstärke

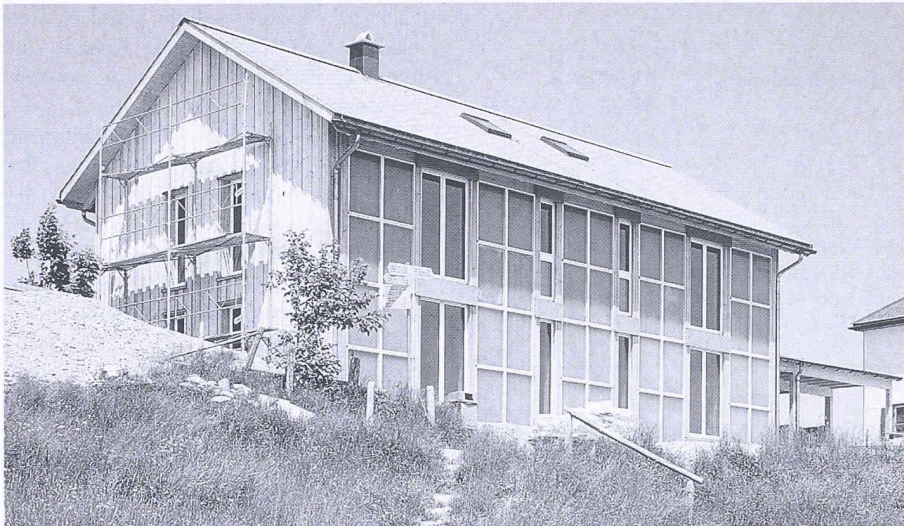
### Standort, Rohdichte und g-Wert

Die unterschiedliche Klassierung von g- und k-Wert korreliert mit einer wesentlichen Eigenschaft von TWD-Konstruktionen: Das Einsparpotential durch Strahlungsgewinne ist um den Faktor vier grösser als jenes durch Verminderung der Energieverluste. TWD ist eben mehr Sonnenkollektor als Wärmedämmung!

Nicht ganz unerwartet hat die Variation der Rohdichte der Aussenwand einen







**Bild 7.**  
Gut geeignet für alpine Standorte: transparent gedämmte Fassadenmodule am Angestelltenhaus des Berggasthauses auf der Hundwiler

grossen Einfluss auf den TWD-Ertrag. Der Grund liegt in der erhöhten Wärmeeindringung und der grösseren Speicherfähigkeit von schweren Wandkonstruktionen. Fazit: im TWD-Bereich müssen schwere Materialien vorgesehen werden, möglichst über  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Opake Gebäudehüllen sollten dagegen leicht gebaut sein, weil dadurch die Wärmedämmung verbessert wird.

Von allen untersuchten Parametern ergibt der Standort die höchste Variation bei den Energieeinsparungen aufgrund der TWD-Applikation. An Standorten mit hohen Strahlungsgewinnen bei gleichzeitig langen Heizperioden ergeben sich naturgemäss die höchsten TWD-Nutzwerte, weil auch sommerliche Wärmebeiträge verwertet werden können. Am Referenzstandort Stuttgart spart  $1 \text{ m}^2$  TWD-Wand rund  $110 \text{ kWh}$  ein, in Davos sind es mehr als das doppelte, während in Lerwick auf den Shetland-Inseln ungefähr das andert-halb-fache, nämlich  $170 \text{ kWh/m}^2$ , an Energieeinsparung möglich ist. Die TWD-Simulationen decken sich weitgehend mit den Erfahrungen, die in den letzten Jahren an Häusern mit passiver oder hybrider Sonnenenergienutzung (Fenster und Fensterkollektoren) gemacht wurden.

### Beispiel Ormalingen

An einem Einfamilienhaus in Ormalingen, Baselland, ist ein Teil der Südfassade mit rund  $36 \text{ m}^2$  transparent gedämmt - davon sind  $31 \text{ m}^2$  aktive Fläche. Mit Unterstützung des Pilot- und Demonstrationsprogrammes des Bundesamtes für Energiewirtschaft wurde das Haus ausgemessen; im Zentrum der Untersuchung stand die Wirkung der

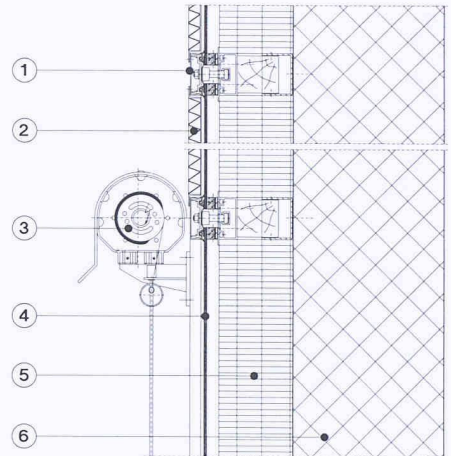
Höhe. Bilder: Ernst Schweizer AG, 8908 Hedingen, Nick Brändli (Hundwiler Höhe)

TWD-Applikation sowie die Tauglichkeit der Beschattungseinrichtung. Der rechnerische Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 beträgt mit TWD  $102 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ . Der Beitrag der TWD wurde mit  $70 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$  (Energiebezugsfläche) simuliert, was einem gesamten TWD-Ertrag von  $3550 \text{ kWh}$  oder  $113,7 \text{ kWh/m}^2$  TWD entspricht. (Die im Bild aufgeführten Werte wurden gemessen.)

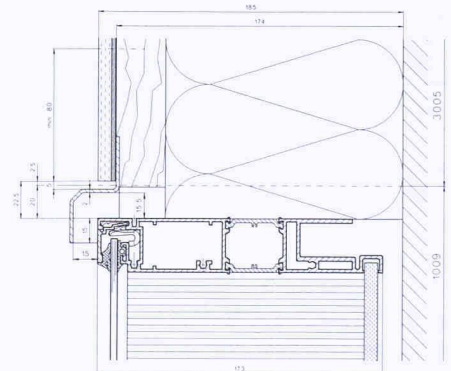
Beweglicher oder fester Sonnenschutz? Die Frage lässt sich bereits heute beantworten: Der von Hand bewegte Stoffrollo schneidet bezüglich Wärmeeintrag wesentlich besser ab, als die fixe Lamellenkonstruktion. Der Grund dürfte bei der intelligenten «Steuerung» liegen. Die Rollos werden von den Bewohnern betätigt. Sehr gut betreute Häuser sollten also mit beweglichen, «anonyme» oder grosse Bauten eher mit festem Sonnenschutz ausgestattet sein.

### Beispiel Hundwiler Höhe

Das weitherum bekannte Bergrestaurant Hundwiler Höhe liegt auf  $1306 \text{ m}$  oberhalb von Hundwil, an der Grenze zwischen Innerrhoden und Ausserrhoden. Der zweigeschossige Neubau wurde als Wohnhaus für Angestellte in Niedrigenergiebauweise geplant und realisiert. Die Südfassade wird einerseits durch Fenster, andererseits durch  $40$  transparent gedämmte Paneele mit einer aktiven Fläche von  $42 \text{ m}^2$  gebildet. Die Module sind  $130 \text{ cm}$  hoch,  $90 \text{ cm}$  breit und  $18,5 \text{ cm}$  tief. Die Bautiefe von  $185 \text{ mm}$  teilt sich von aussen nach innen wie folgt auf: Rahmenüberstand  $8 \text{ mm}$ , Glas  $4 \text{ mm}$ , Luftzwischenraum  $30 \text{ mm}$ , transparente Wärmedämmung  $120 \text{ mm}$ , Absorber  $8 \text{ mm}$ , Luft



**Bild 8.**  
Schnitt durch die Fassade am Haus Buser in Ormalingen. 1: Riegel innerhalb des Pfosten-Riegel-Systems; 2: fixe Beschattung (Faltblech); 3: Variable Beschattung (Sonnenstoren); 4: Hochtransparente Glasscheibe; 5: transparente Wärmedämmung; 6: Mauerwerk. Die gesamte Bautiefe beträgt mit Sonnenstoren  $505 \text{ mm}$ , ohne  $421 \text{ mm}$ . Davon entfallen auf die transparente Wärmedämmung  $122 \text{ mm}$ , auf das Mauerwerk  $250 \text{ mm}$  und auf den Luftraum zwischen dem TWD-Material und der  $6\text{-mm}$ -Glasscheibe  $20 \text{ mm}$  (Zeichnung: Ernst Schweizer AG)



**Bild 9.**  
Schnitt durch die Fassade des Wohnhauses auf der Hundwiler Höhe. Die Dämmstärke beträgt nur  $120 \text{ mm}$  (statt  $140 \text{ mm}$ , wie eingezeichnet); da der Aluminium-Kasten einheitlich tief ist, resultiert ein Luftraum zwischen TWD-Material und äusserer Scheibe von  $30 \text{ mm}$

### Beteiligte am Einfamilienhaus Ormalingen

Bauherrschaft:  
Familie Buser, 4466 Ormalingen  
Architekt:  
Hans Rüegg, 4054 Basel  
Ingenieur:  
Sopra Solarpraxis, Christian Völlmin, 4410 Liestal

### Beteiligte am Angestelltenhaus Hundwiler Höhe

Bauherrschaft:  
Marlies Schoch, Hundwiler Höhe, 9064 Hundwil  
Architekt:  
Peter Dransfeld, 8272 Ermatingen  
TWD-Fassade und -Module beider Objekte:  
Ernst Schweizer AG, 8908 Hedingen  
TWD-Material:  
Okalux Kapillarglas GmbH, D-97828 Marktheidenfeld-Altfeld



**Kennwerte einer typischen TWD-Konstruktion**

Wärmedurchgangskoeffizient k-Wert im Glasbereich	0,7 W/m <sup>2</sup> K
Wärmedurchgangskoeffizient k-Wert ganzes 1,2-m <sup>2</sup> -Modul (mit Rahmen)	0,9 W/m <sup>2</sup> K
Transmissionsgrad (Tau)	65 %
Gesamtenergiedurchlass (g)	0,65
Nettoenergiegewinn je Heizsaison	90 bis 120 kWh/m <sup>2</sup>
Verlust einer opaken Wand je Heizsaison	25 bis 30 kWh/m <sup>2</sup>
Spezifische Energieeinsparung	115 bis 150 kWh/m <sup>2</sup>

Annahmen: Wärmeleitwert des TWD-Materials 0,33 W/m<sup>2</sup> K; mit dem Transmissionsgrad (Tau) wird der Strahlungsdurchgang (von aussen nach innen) des sichtbaren Lichtes (380 bis 780 nm) bezeichnet.  
 0,1 W/m K, Bautiefe 10 cm, beidseitig verglast; Südfassade einer Wohnung; Mauer hinter dem TWD-Material: 30 cm Kalksandstein; Klima: Schweizer Mittelland; k-Wert der opaken Wand:

zwischen Absorber und Mauerwerk 15 mm. Dieser Zwischenraum gleicht Unebenheiten im Mauerwerk aus, verringert aber auch den Wirkungsgrad des TWD-Systems, weil der Wärmetransport strahlend und konvektiv und nicht leitend erfolgt. Grobe Schätzungen gehen von einer Ertragseinsparung um 10 Prozent aus. Simulationen der

Temperaturen innerhalb der TWD-Konstruktion hat Höchstwerte von 80 bis 90 °C ergeben; diese Temperaturen treten an der äusseren Oberfläche des Absorbers auf. Da der zulässige Grenzwert für das TWD-Material 110 °C beträgt, liegt die Konstruktion auch ohne Beschattungseinrichtung auf der sicheren Seite. Der Architekt und der Her-

steller der Module wollten keine Risiken eingehen und wählten eine Fassade, die ohne viel Aufwand mit einem Sonnenschutz nachgerüstet werden kann.

Die transparente Wärmedämmung halbiert den Heizenergiebedarf (nach SIA 380/1) des Wohnhauses auf der Hundwiler Höhe: Statt 200 MJ/m<sup>2</sup> sind es nur 100 MJ/m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche. Bei einer EBF von 200 m<sup>2</sup> ergibt sich ein TWD-Ertrag von 20 000 MJ oder 138 kWh/m<sup>2</sup> TWD.

Adresse des Verfassers:

Othmar Humm, Fachjournalist Technik + Energie, 8050 Zürich

**Literatur**

*Kerschberger, Alfred:* Transparente Wärmedämmung zur Gebäudeheizung. Systemausbildung, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven. Bauök-Papiere 56 der Universität Stuttgart, 1994.

Bernhard M. Hämmerli und Josef Brühlmeier, Horw

## Moderne Beleuchtungsanlagen

Ein Diane-Projekt am Zentralschweizerischen Technikum Luzern

**Im folgenden werden die Resultate einer Untersuchung über den Energieverbrauch der Beleuchtungssysteme von drei Schulzimmern am ZTL in Horw beschrieben. Die drei Beleuchtungssysteme sind: konventionelle Leuchtstoffröhren, Spiegelrasterleuchten mit Regelung und einem Innenlichtsensor, Spiegelrasterleuchten von einem Aussenlichtsensor gesteuert. Eine umfangreiche Datenerfassungseinrichtung wurde für diese Räume konzipiert und installiert. Nach einer rund einjährigen Messperiode wurden die Messwerte interpretiert: Mit modernen Beleuchtungssystemen kann der Energieverbrauch gegenüber dem konventionell beleuchteten Zimmer bis zu 72% reduziert werden.**

**Ausgangslage und Zielsetzung**

Heute werden in der Schweiz jährlich etwa 64 GWh elektrische Energie für die Beleuchtung von Schulzimmern benötigt. Vergleichsweise erzeugt das Limmat-Kraft-

werk Wettingen rund doppelt soviel Energie (130 GWh). Der Verbrauch einer Gemeinde mit 20 000 Einwohnern ist etwa gleich gross (76 GWh). Mit modernen Beleuchtungssystemen lässt sich der Energieverbrauch erheblich reduzieren, was am ZTL verifiziert wird mit den folgenden Einrichtungen:

- Normale konventionelle Beleuchtung, dient als Referenz
- Aussenlichtgesteuerte Beleuchtung mit Präsenzfühler
- Innenlichtgesteuerte Beleuchtung mit Präsenzfühler

Als Ergebnis der Studie waren folgende Aussagen geplant (jetzt bereits mit Messwerten bestückt):

- Energieverbrauch einer normalen Beleuchtung (ZTL und ATIS etwa 1000 Betriebsstunden pro Jahr): rund 1.8 MWh.
- Energieverbrauch einer modernen Beleuchtung (neue Röhrentechnologie, Rasterleuchten) ohne Regelung ist 40 %, wenn 100% die normale Beleuchtung ist.
- jährlicher Energieverbrauch der gesteuerten Beleuchtungen (Innenlicht- [510 kWh], Aussenlicht-gesteuert [649 kWh])

- Einsparungspotential der verschiedenen Massnahmen (Präsenzmelder (11%), Regelung der gesamten Beleuchtung (Innenlichtsensor: 42%, Aussenlichtsensor: 11%), Regelung einzelner Lampenreihen (siehe Interpretation der Resultate).

**Versuchsaufbau****Planung und Bau des Messsystems**

In einem ersten Schritt wurden die Messgrössen, welche als Resultat der Studie präsentiert werden sollen, im Detail definiert. Die Evaluation eines geeigneten Messsystems, das den Rahmen des Budgets nicht sprengte, war der nächste Schritt. Die Installationen für das Messsystem im Hause wurden von einem Elektroinstallateur/-planer ausgeführt. Diese Installationen wurden überprüft und korrigiert. In Zusammenarbeit mit einer Firma wurde das Messsystem in Betrieb genommen. Ein umfassender Systemtest schloss die Inbetriebnahme ab. Aussagekräftige Kenngrössen, welche die Energieeinsparungen von modernen Beleuchtungssystemen komponentenweise beschreiben, wurden definiert. Vor der Messphase wurden Spezialuntersuchungen vorgenommen, wie z. B. das Bestimmen des Zusammenhangs zwischen der Wirk- und Blindleistung in Abhängigkeit von verschiedenen Belastungen (Teillastbetrieb), sowie das Messen des Oberwellenspektrums.