

Spezialgläser für die Solarenergienutzung

Dr. Alexander Link

Unter Transparenter Wärmedämmung (TWD) versteht man üblicherweise ein System zur passiven Nutzung der Solarstrahlung für die Raumheizung. Die einfallende Solarstrahlung trifft durch die TWD auf eine schwarz gestrichene Absorberwand. Die Wand erwärmt sich und gibt die entstehende Wärme zeitverzögert an die dahinterliegenden Räume ab. Damit dieser Prozeß optimal abläuft, muß das TWD-Material zum einen eine hohe Durchlässigkeit für die Solarenergie und zum anderen eine sehr gute Wärmedämmung besitzen.

Die besten Eigenschaften erreicht man heute mit Kapillarstrukturen. Dadurch können die thermischen Verluste durch Leitung, Strahlung und Konvektion minimiert und gleichzeitig die Transmission der kurzwelligeren Solarstrahlung maximiert werden. Um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, sollte ein Mauerwerk mit hoher Rohdichte ($> 1400 \text{ kg/m}^3$) verwendet werden (Bild 1).

Architektonische Optimierungsmöglichkeiten

Transparente Wärmedämmung kehrt das Prinzip herkömmlicher opaker Wärmedämmung um. Aus dem Wunsch Wärmeverluste zu verringern, wird das Ziel die energetischen Gewinne zu maximieren. Aus dem Funktionsprinzip ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, wie der Architekt bereits im Entwurfsstadium die Effizienz des Systems optimieren kann.

Dr. Alexander Link, Okalux Kapillarglas GmbH, 97828 Marktheidenfeld-Altfeld

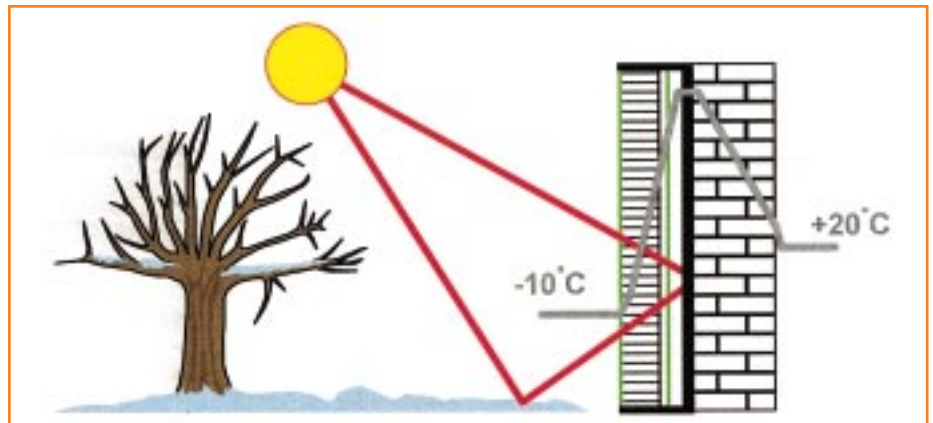


Bild 1: Prinzip der Transparenten Wärmedämmung

Zeitverzögerung des Energieeintrages

Im einfachsten Fall befindet sich hinter der TWD keine Absorberwand, so daß die transmittierte Solarstrahlung im Raum absorbiert wird. Die Energie steht dort ohne Zeitverzögerung für Beleuchtung und Erwärmung zur Verfügung. Man spricht daher von einem Direkt-Gewinnsystem. In diesem Sinne ist jedes Fenster ein direkt gewinnendes System. TWD-Elemente liefern gestreutes Licht und vermeiden daher Schattenbildung, sind jedoch nicht klar durchsichtig. Der wesentliche Nachteil ist hier, daß es leicht zu Überhitzung kommt. Ein schwerer Gebäudeaufbau kann dieses Problem abschwächen.

Um eine gleichmäßige Wärmeabgabe zu erreichen, wird in den meisten Fällen hinter der Transparenten Wärmedämmung eine schwere Absorberwand aufgebaut. Diese speichert die Wärme und gibt sie zeitverzögert an den dahinter liegenden Raum ab. In der Tabelle 1 ist die zeitliche Entwicklung der Wandoberflächentemperaturen als Reaktion auf einen einstrahlungsreichen Wintertag für eine transparent wärmegegedämmte Wand aus Kalksandstein ($d = 24 \text{ cm}$, $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$) bei Südorientierung [1] dargestellt (Systemkennwerte: $k_W = 2,92 \text{ W/m}^2\text{K}$, $k_{TWD} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{TWD} = 59 \%$, $\eta = 46 \%$, Simulationsrechnung für konstante Außen- und Raumluft-

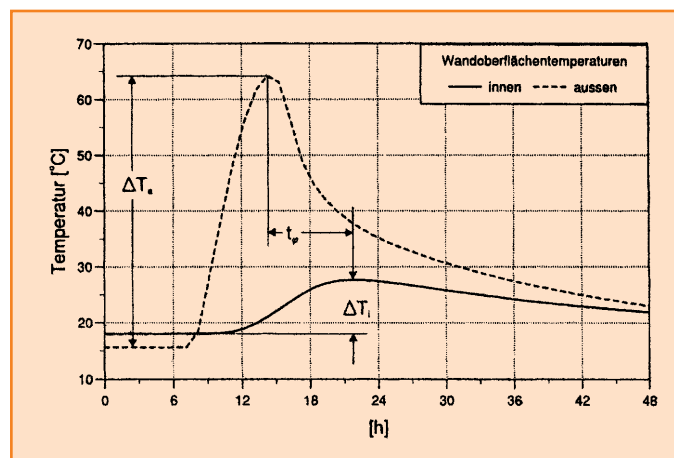
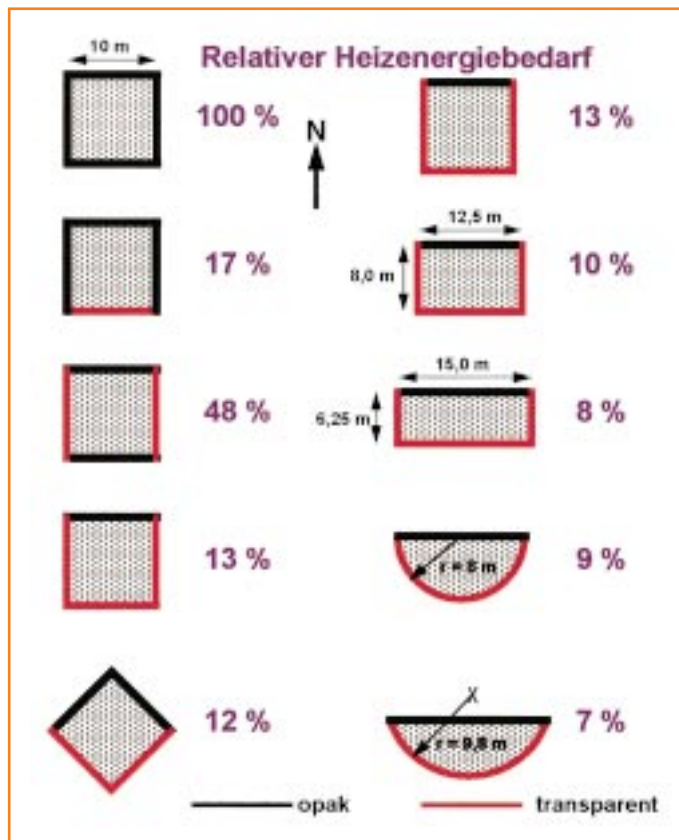


Tabelle 1: Zeitliche Entwicklung der Wandoberflächentemperaturen als Reaktion auf eine transparent wärmegegedämmte Wand aus Kalksandstein bei Südorientierung

Bild 2: Durch TWD wird die Außenfläche von der Verlust- zur Gewinnfläche



temperaturen von 0 bzw. 20 °C, Tagessumme der Einstrahlung = 4,76 kWh/m²).

Dieses zeitliche Verhalten ist bei der Planung von Absorberwandsystem und Direkt-Gewinnsystem zu berücksichtigen. Beide Varianten sollten in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen, und der Energieeintrag sollte durch beide Teile zeitlich versetzt erfolgen. Zum Beispiel würde der Energieeintrag zeitgleich erfolgen, wenn eine TWD-Absorberwand im Osten und Direktgewinn-System im Süden liegen.

- Die auf der Absorberfläche entstehende Wärme kann auch mit mechanischen Vorrichtungen im Gebäude verteilt werden. So wurde im Nullheizenergiehaus in Wädenswil die Südseite des Gebäudes großflächig mit transparent gedämmten Kollektoren bestückt. Das darin erwärmte Wasser wird zur Gebäudeheizung in eine Nie-

dertemperatur-Fußbodenheizung eingespeist. Dabei wird ganzjährig ein Pufferspeicher mit 20 000 l Inhalt aufgeheizt [2]. Ein Beispiel, bei dem Luft als Transportmedium genutzt wird, ist das Sonnenhaus Hopfgarten bei Weimar.

Pumpen und Lüfter bedeuten einen erhöhten apparativen Aufwand. Außerdem können diese Anlagen einen wesentlichen Betrag an elektrischer Energie verbrauchen und damit die Energiebilanz verschlechtern. Daher trifft man solche Anwendungen nur selten an. Vorteile sind jedoch, daß man auf eine Abschattungsanlage verzichten kann und – wie im Fall

Wädenswil – auch im Sommer die Solarenergie nutzen kann.

Form und Orientierung des Gebäudes
Die Nutzung der Sonnenenergie zur Gebäudeheizung setzt die Bestrahlung des Gebäudes durch die Sonne voraus. Der Einfluß der Gebäude-Orientierung und -Form ist offensichtlich. Wertvolle quantitative Erkenntnisse konnten vom Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme im Rahmen der Optimierungen für das Energieautarke Solarhaus gewonnen werden.

Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt. Man erkennt insbesondere, daß die Südseite erheblich höhere solare Gewinne liefert, als die Ost- und Westorientierung. Auf der Nordseite kann Transparente Wärmedämmung als Fenster mit sehr gutem k-Wert eingesetzt werden, für Heizzwecke ist die eingestrahelte Energie im Norden zu gering. Außerdem sieht man anhand Bild 2 sehr schön, daß die Außenhülle durch Verwendung von TWD von der Verlust- zur Gewinnfläche gewandelt wird. Die langgestreckte Form besitzt einen geringeren Heizenergiebedarf als die kompakte, quadratische Form.

Vergleich des Heizenergiebedarfes für verschiedene Varianten [3] eines Gebäudes mit 100 m² Grundrißfläche und 5 m Höhe (Systemkennwerte: $k_{\text{opak}} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $k_{\text{TWD}} = 0,7/0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{\text{TWD}} = 0,6$).

Einfache Handhabung

Ein Beispiel für industriell gefertigte Transparente Wärmedämmung ist „Kapilux-H“. Hierbei handelt es sich um ein Glaspaneel, bestehend aus beidseitig ESG als Wetterschutz, und „Kapipane“ (Kapillarstruktur aus PM-MA) im Scheibenzwischenraum. Der

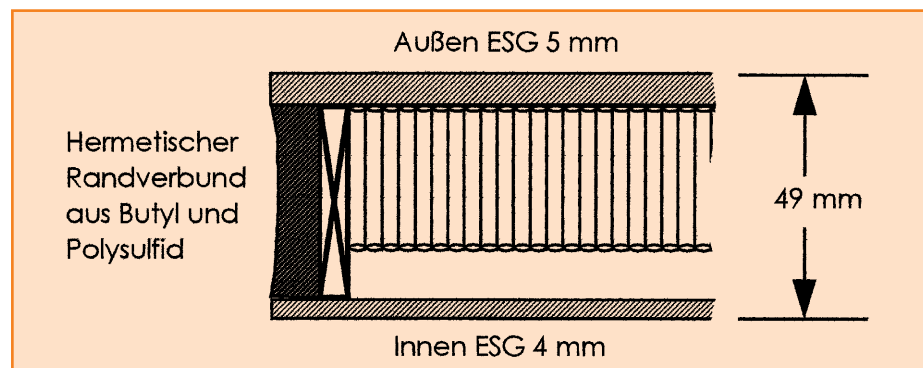


Bild 3: Schematische Darstellung des „Kapilux-H“-Glaspaneels

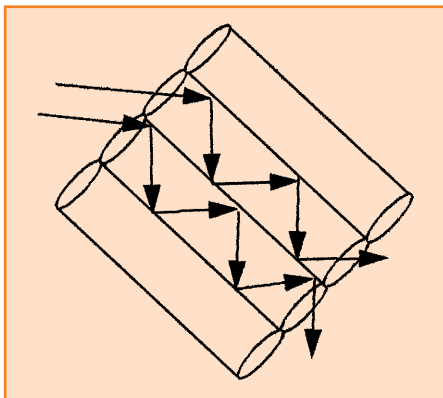


Bild 4: Prinzip des lichtstreuenden Isolierglases

Randverbund ist hermetisch versiegelt (-H). Das Element ist mit Edelgas gefüllt. Die wesentlichen Vorteile dieses Elementes gegenüber Paneelen mit Druckausgleichsöffnung sind die um ca. 50 % reduzierte Elementdicke bei gleichem k-Wert und die einfachere Handhabung. Die Abmessungen der hermetischen „Kapilux“-Paneele sind auf minimal 1000 × 1000 mm bis maximal 1200 × 2500 mm begrenzt. Davon abweichende Abmessungen und Glasdicken sind abhängig von den Einsatzbedingungen möglich. Aufgrund der hermetischen Versiegelung ist mit Auß- und Einbauchen der Scheiben zu rechnen (außen bis ca. ± 5 mm, innen bis ca. ± 10 mm). Die Temperaturbeständigkeit der Kapillareinlage beträgt 80 °C, die Einsatztemperatur des Paneels darf 60 °C nicht überschreiten.

Lichtstreuendes Isolierglas

Bei Okalux lichtstreuendem Isolierglas wird eine „Okapane“-Platte in den Scheibenzwischenraum des Isolierglases eingebaut. Diese besteht aus wabenartig angeordneten, feinen glasklaren Röhren mit ca. 1 mm Durchmesser. Durch die Luftenschlüsse in den Kapillaren entsteht ein ruhendes

Luftpolster, wodurch der Wärmetransport durch Konvektion vermindert wird. Gleichzeitig wird der Wärmetransport durch Strahlung reduziert, da die Struktur für Wärmestrahlung nahezu undurchlässig ist. Mit zunehmender Dicke wird daher die Wärmedämmung verbessert.

Durch Reflektionen an den Wänden der Kapillaren wird einfallendes Licht vielfach umgelenkt und dadurch sehr gleichmäßig gestreut. Die Streuung wird durch eingelegte Glasvliese zusätzlich verbessert, so daß eine nahezu ideale Lichtstreuung gewährleistet ist. Eine klare Durchsicht ist aufgrund

glasung, in Fassaden-Oberlichtern und in der Brüstung liegen (Bild 5). Mit dem lichtstreuenden Isolierglas kann die Licht- und Energietransmission durch Einlegen von Glasvliesen auf die jeweiligen Anforderungen eingestellt werden. Die optimalen Transmissionswerte lassen sich durch Lichtberechnungen und Kühllastsimulationen ermitteln.

Optisch geregelter Sonnenschutz

Bei den hocheffizienten TWD-Materialien ist zum Schutz vor Überhitzung normalerweise eine Abschattungsan-

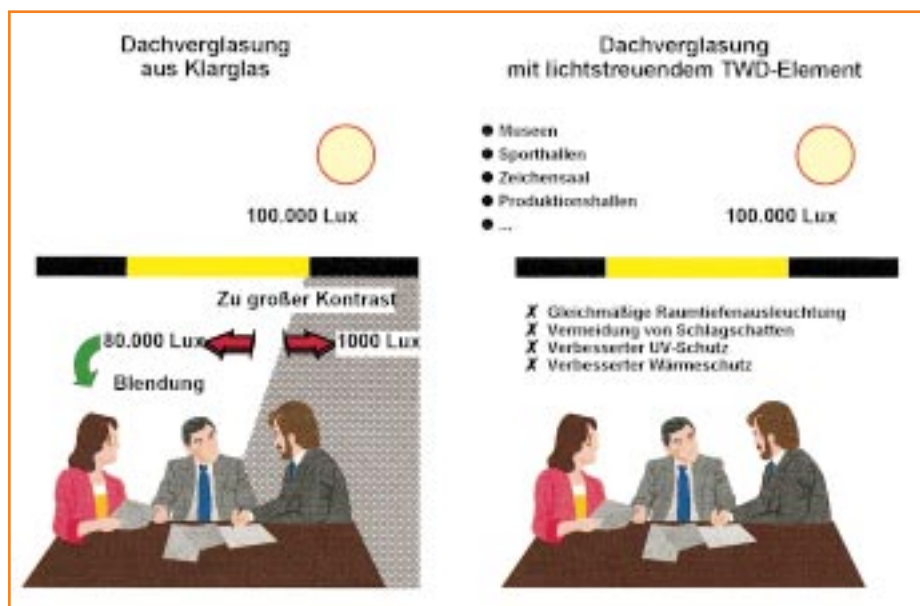


Bild 5: Durch die lichtstreuende Verglasung werden Schlagschatten vermieden

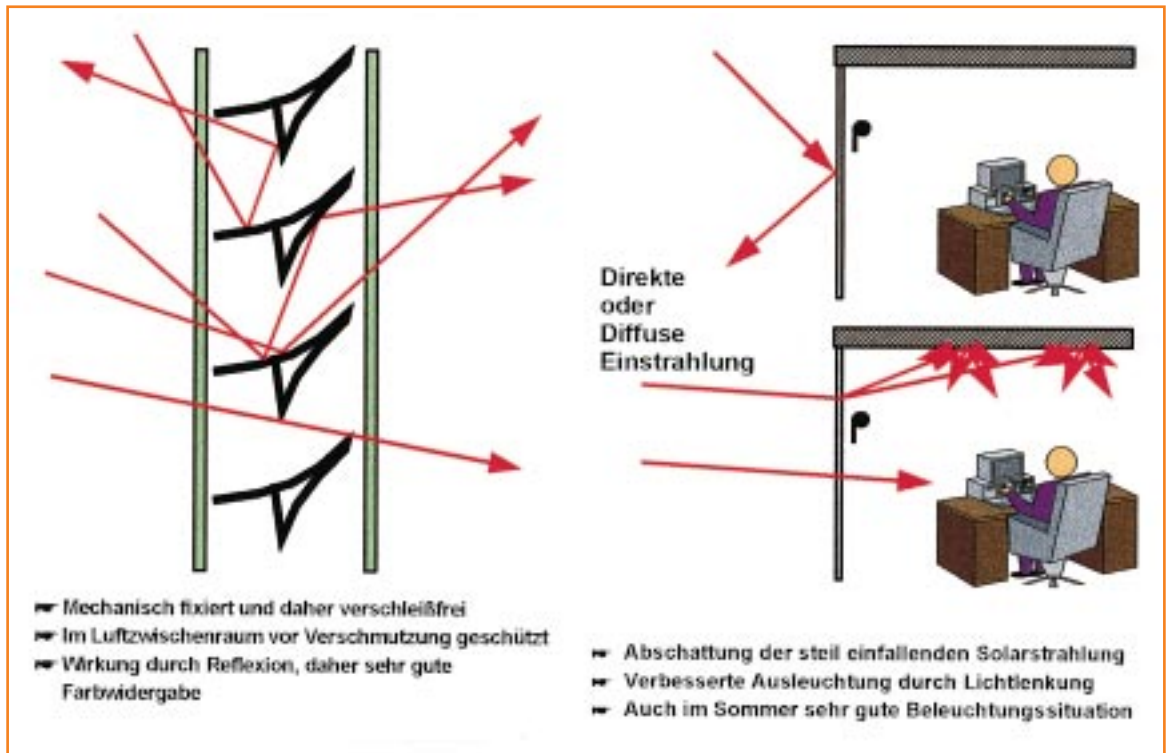
der Streuung nicht möglich, das transmittierte Licht wird aber gleichmäßig im Raum verteilt. Dies wird bei direkter Sonne besonders deutlich. In diesem Fall werden durch die lichtstreuende Verglasung Schlagschatten vermieden. Aus diesen lichttechnischen Eigenschaften folgt, daß die Haupteinsatzgebiete für Okalux lichtstreuendes Isolierglas in der Dachver-

ge unbedingt erforderlich. In Frage kommen hier insbesondere Horizontaljalousien, da diese eine kontinuierliche Regelung des Lichteinfalls ermöglichen. Besonders beim Einsatz in Dachverglasungen zeigen bewegliche Abschattungsvorrichtungen ihre Grenzen. Eine wirkungsvolle dauerhaft funktionsfähige Beschattung erreicht man hier z. B. mit starr im Luftspalt eines Isolierglases eingebauten Lichtlenklamellen, wie z. B. beim System „Okasolar“. Die Lamellen sind so geformt, daß das Licht der hochstehenden Sommersonne weitgehend nach außen reflektiert und flach einfallendes Licht transmittiert wird (Bild 6).

Tabelle 2: Technische Daten von „Kapilux-H“ (Messung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme, Freiburg, für $\alpha_a \approx 11 \text{ W/m}^2\text{K}$)

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| k_{10} | 0,82 W/m ² K |
| Lichttransmission direkt | 73 % |
| Lichttransmission diffus | 59 % |
| g_{dir} | 80 % |
| g_{dif} | 63 % |

Bild 6: Funktionsprinzip von „Okasolar“
Bilder: Okalux



Literatur

[1] Voss, K.: Transparente Wärmedämmung – Materialien und Systemtechnik, Tagungsband Transparente Wärmedämmung in der Architektur, Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, Oltmannstr. 5, D-79100 Freiburg im Breisgau, 1993

[2] Schweizer-Referenz, Publikation der Ernst Schweizer AG, Metallbau, CH-8908 Hedingen, 1992

[3] Voss, K., Braun, P. O., Schmid, J.: Transparente Wärmedämmung Materialien, Systemtechnik und Anwendung, Bauphysik 13 (1991) Heft 6, Berlin 1991