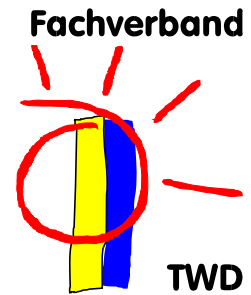


**Fassaden zur Solaren Wandheizung**  
**Der Einsatz von Transparenter Wärmedämmung**

Dr. Werner Platzer  
Fachverband Transparente Wärmedämmung e.V.  
Ginsterweg 9  
79194 Gundelfingen  
Fax 0761-581442  
<http://www.fvtwd.de>



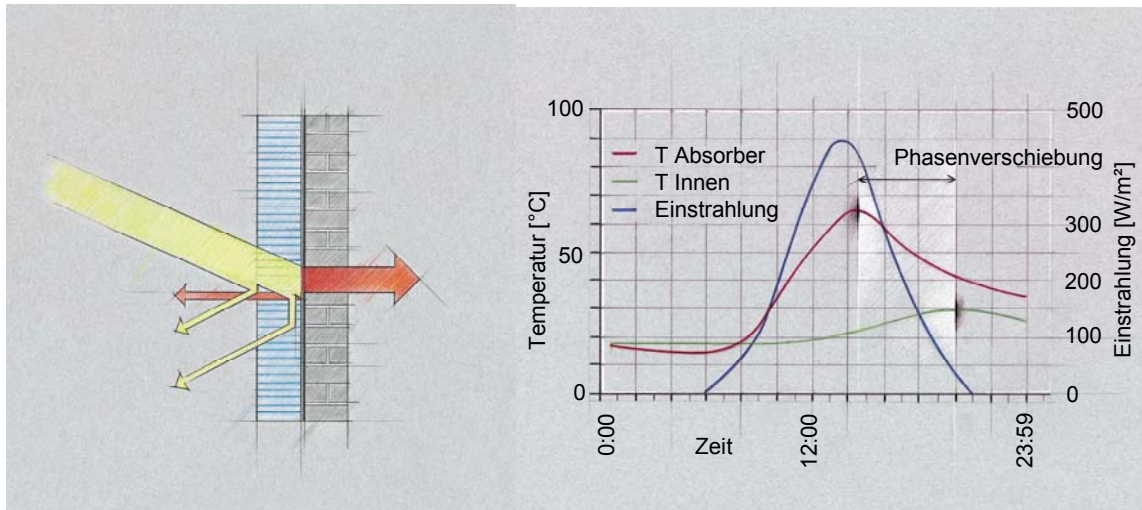
Die Transparente Wärmedämmung (TWD) ist ein Konzept zur Verbesserung der Gebäudehülle durch die Nutzung passiver solarer Energiegewinne. Sie ist sowohl für Neubauten als auch in der Gebäudesanierung geeignet. Im Gegensatz zum Passivhaus ist TWD kein Gebäudekonzept, sondern für eine Vielzahl unterschiedlicher Gebäude geeignet. Bei der Sanierung ist für die TWD von Vorteil, dass fest vorgegebene opake Wandflächen ansonsten keine nennenswerten Solargewinne ermöglichen.



Das einfache Konzept der transparenten Wärmedämmung ist die Umkehr des mittleren Wärmestromes in der Heizsaison durch Nutzung der Solargewinne: Von der gedämmten Wand zum Niedertemperaturheizfläche.

Transparente Wärmedämmung basiert auf wärmedämmenden Strukturen oder Materialien, die die Wärme zurückhalten, aber die Solarstrahlung eindringen lassen und so auf eine dahinter liegende Massivwand leiten können.

Wesentlich für die Wirkungsweise der TWD ist die Wärmespeicherung in der Massivwand: Eine zeitverzögerte und ausgeglichene Abgabe der gespeicherten Wärme nach innen bewirkt Solargewinne auch nachts.



Die Produkte der diversen Hersteller sind unterschiedlich in Erscheinung und Konstruktionsart. Modulkonstruktionen aus Holz und Metall analog zu Solarkollektoren, Pfosten-Riegelkonstruktionen mit eingesetzten Verglasungselementen, Profilglas mit eingelegten TWD-Strukturen, TWD-Stegplatten, das Transparente Wärmedämmverbundsystem und schließlich absorbierende farbige Dämmstoffe hinter transparenten Gläsern sind die Grundvarianten. Die Erscheinungsform reicht von putzartigem Charakter bis hin zu der einer reinen Glasfassade.

Eine Reihe von verschiedenen TWD-Produkten ist auf dem Markt verfügbar. Der Fachverband gibt eine Übersicht zu diesen Produkten heraus. Das physikalische Optimum liegt in der Kombination eines niedrigen U-Wertes (gute Wärmedämmung) mit einem hohen Gesamtenergiedurchlassgrad. Da gerade Kapillarstrukturen für senkrecht einfallende Sonne nahezu perfekt durchlässig sind, die Sonne aber wandert, ist der diffuse g-Wert ein sinnvoller Vergleichswert zur Produktcharakterisierung. Wärmeschutzverglasungen haben trotz erheblicher Fortschritte noch deutlich niedrigere g-Werte bei identischem Dämmwert.



Das transparente Wärmedämmverbundsystem weist einen traditionellen Putzcharakter auf und wird - allerdings im Werk vorgefertigt - wie ein WDVS auf die Massivwand aufgebracht. Freie Formen können bei entsprechenden Gebäuden positiv für das Erscheinungsbild sein (Beispiel Villa Thannheim, Freiburg).

Module in Holzrahmenkonstruktion sind von Handwerkern (Fensterbauern) gut fertigbar und auch auf Konsolen oder anderen Untergrundkonstruktionen montierbar. Lange Erfahrungen bezüglich Abdichtung und notwendiger Belüftung sind vorhanden. In einem Vergleichsprojekt (Mehrfamilienhaus Sonnäckerweg Freiburg) wurden drei Gebäude in unterschiedlichen Varianten saniert (1989).

Die Fassadeneignung war dort suboptimal für TWD (Baustoffe, Orientierung). Die gemessenen Heizenergieverbräuche verhalten sich (Ausgangspunkt  $230 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) wie folgt:

TWD-Haus	40	$\text{kWh/m}^2\text{a}$
Schwedenhaus mit Lüftungswärmerückgewinnung	55+12 (el.)	$\text{kWh/m}^2\text{a}$
Standardsanierung (1989)	100	$\text{kWh/m}^2\text{a}$

Industriell gefertigte modulare Vorhangfassade sind seither entwickelt worden. Dort sind Anschlüsse und Montage vom Produzenten gelöst und systemspezifisch entwickelt worden. Hinterlüftung derartiger Module im Sommer (Wärmeabfuhr) ist möglich. Statt dessen kann saisonal der Energieeintrag auch mittels statischer Verschattungsbleche, Prismenplatten oder Balkonkonstruktionen geregelt werden (SO-SW-Orientierung).

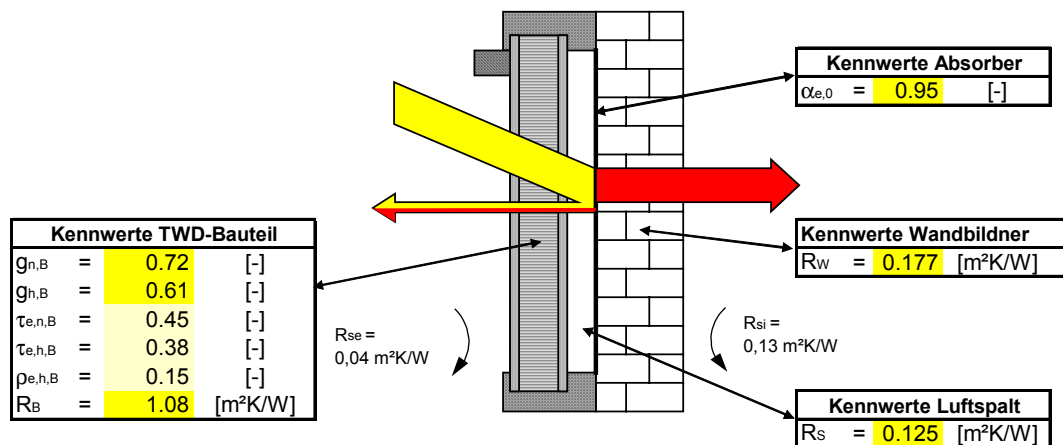
Preisgünstige TWD-Systeme weisen einfache Konstruktionsmerkmale und etwas geringere Wirkungsgrade auf. Neben dem transparenten Wärmedämmverbundsystem, dem Entwicklungsprodukt Stegplatten-TWD ist auch die Profilglas-Variante insbesondere im Nichtwohnbereich geeignet. Die Montagehalle Linke-Hofmann-Busch, Salzgitter, nutzt die TWD nicht nur zur passiven Solarenergiegewinnung, sondern auch zu einer verbesserten Tageslichtausleuchtung der Halle.

Auch bei Sanierungen im Bereich der Typengebäude erscheint TWD hervorragend geeignet. Allerdings müssen Bauleranzen und statische Probleme gelöst werden. Insbesondere bei öffentlichen Gebäuden werden Probleme des Brandschutzes wichtig, die teilweise Sonderkonstruktionen benötigen (Beispiel Paul-Robeson-Schule Leipzig und Schule Wurzen).

Die Energiegewinne der TWD sind stark abhängig von den Randbedingungen. Sie müssen bezogen werden auf eine alternative Wandkonstruktion (z.B. opake Wärmedämmung). Eine lange Heizsaison ist vorteilhaft, ebenso wie strahlungsreiches Klima. Orientierung und Flächenbelegung (Überdimensionierung) beeinflussen die nutzbaren Gewinne, d.h. die tatsächliche Reduktion des Heizenergieverbrauchs.

Eine Quantifizierung der Energiegewinne ist auf der Basis einer Richtlinie des Fachverbandes TWD in einfacher Weise ohne Simulationsprogramm möglich. Diese Richtlinie ist über die Neuauflage der DIN4108 Teil 6 an die Normung und an die Energiesparverordnung angebunden, so dass die Berücksichtigung der positiven Energiebilanz der TWD in Zukunft in Bezug auf nationale Anforderungen gegeben ist. Da jedoch die teilweise frei erhältlichen Berechnungshilfen zur EnEV die Transparente Wärmedämmung nicht explizit berücksichtigen, hat der Fachverband eine Berechnungshilfe (Excel-Blatt) entwickelt, das Eingabeparameter aus Kennwerten der Wand und der TWD-Systeme berechnet:

**Kennwerte einer Solarwand vom Typ T**



**Abgeleitete Systemkennwerte**

Exakte Rechnung (Voraussetzung  $\tau_e$  und  $\rho_e$ )

Systemkennwerte		
$g_{TWD,n}$	=	0.707 [-]
$g_{TWD,h}$	=	0.598 [-]
$U_{TWD}$	=	0.80 [W/m <sup>2</sup> K]
$U_w$	=	3.26 [W/m <sup>2</sup> K]
$U$	=	0.64 [W/m <sup>2</sup> K]
$\eta_{n}$	=	0.57
$\eta_{h}$	=	0.48

Die solaren Gewinne der TWD werden dann als "solare Gewinne opaker Flächen" berechnet, wobei folgende "Tricks" angewandt werden müssen:

- Der Parameter " $U_i \cdot R_e$ " muss ersetzt werden durch das Produkt " $U \cdot R_{TWD}$ " oder äquivalent aus dem Rechenblatt durch den Quotient " $U / U_{TWD}$ "
- Der Absorptionsgrad der opaken Fläche " $a_i$ " muss ersetzt werden durch den effektiven Gesamtenergiedurchlassgrad des TWD-Produktes  $g_{TWD}$  – da hier bei den üblichen Programmen im Gegensatz zur Richtlinie des Fachverbandes keine monatlichen Werte möglich sind, muss mit dem konservativen Wert für hemisphärisch-diffuse Einstrahlung  $g_{TWD,h}$  gerechnet werden

Beispiel – Auszug aus Berechnungsblatt:

3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
58	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha_i$ [-]	übrige Parameter $U_i \cdot R_e$ [-]	$F_{f,i} \cdot h \cdot \Delta \vartheta_{er}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m <sup>2</sup> ]	
60	Süd - 90°	AW 1	19.4	0.40	0.012	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
61	Nord - 90°	AW 2	34.64	0.40	0.012	20		
62	Süd - 90°	AW 3	10	0.60	0.768	20		
63		AW 4		0.50				
64		AW 5		0.50				
65		AW 6		0.50				
66	Nord - 90°	T 1	2	0.50	0.072	20		
67	Süd - 30°	D 1	41.93	0.80	0.010	40		
68	Nord - 30°	D 2	41.93	0.80	0.010	40		
69		D 3		0.80				
70		D 4		0.80				
71	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:		$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i \cdot A_i \cdot R_e \cdot (\alpha_i \cdot I_{s,i,M} - F_{f,i} \cdot h \cdot \Delta \vartheta_{er}))$			[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
72			$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 \cdot \Phi_{s,o,M,i} \cdot t_M)$				$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte
3.3 Interne Wärmegewinne $Q_i$ [kWh/a]								
74	Interne Wärmegewinne:		$Q_{i,M} = 0,024 \cdot q_i \cdot A_N \cdot t_M = 0,024 \cdot 5 \text{ W/m}^2 \cdot A_N \cdot t_M$				$Q_{i,M} =$	Monatswerte

<sup>1)</sup> kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse (bis 2 WE) und Ein- und Zweifamilienhäuser bis 2 Vollgeschosse (bis 3 WE); <sup>2)</sup> übrige Gebäude

<sup>3)</sup>  $F_s = 0,9$  für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt.

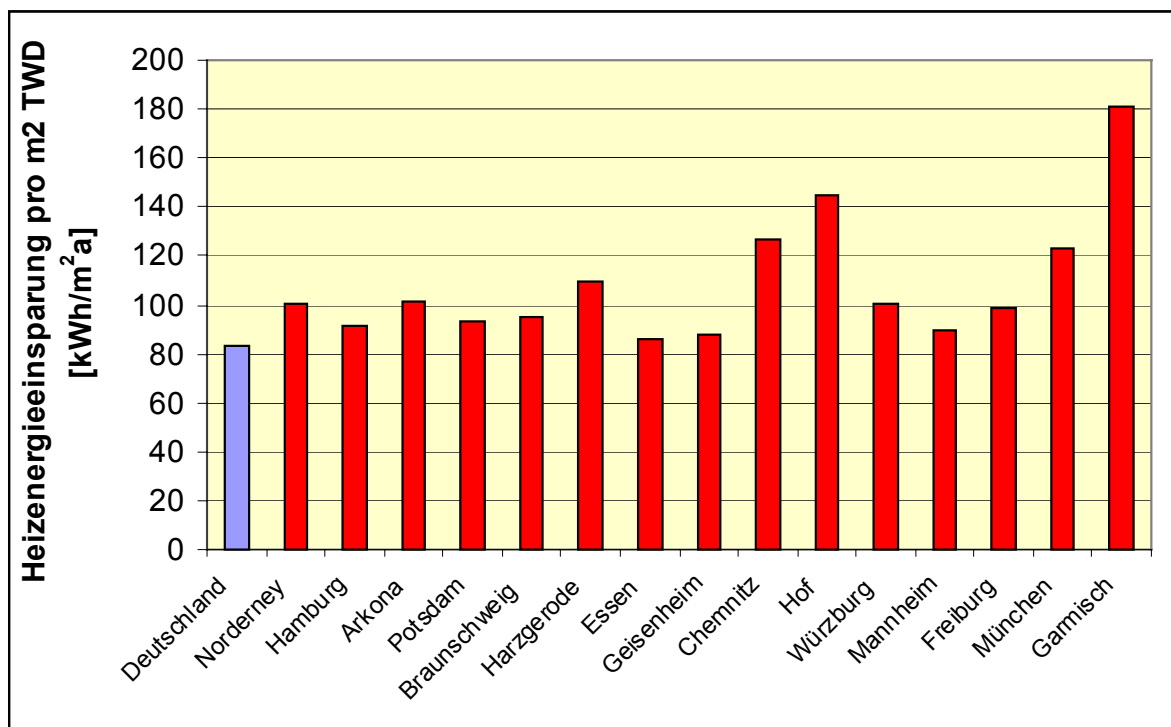
<sup>4)</sup> Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil  $F_r = 0,7$ , sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen  $F_c = 1$  und  $F_w = 0,9$  gem. EnEV.

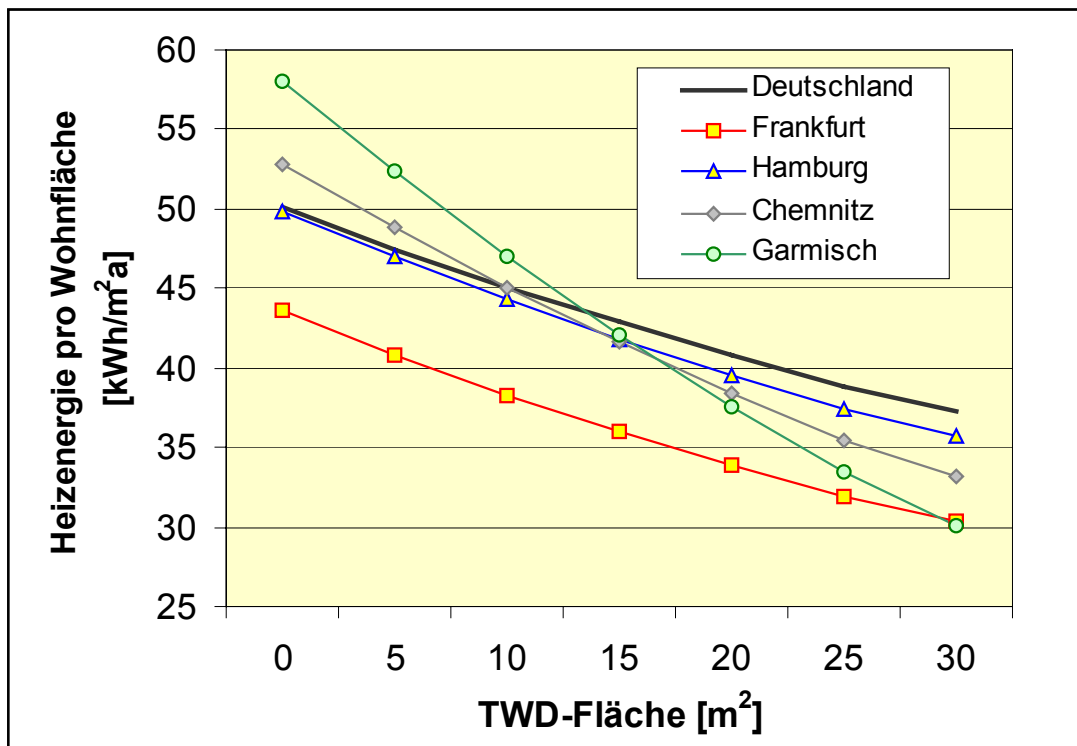
<sup>5)</sup> Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0,5$ ; für dunkle Dächer kann abweichend  $\alpha = 0,8$  angenommen werden.



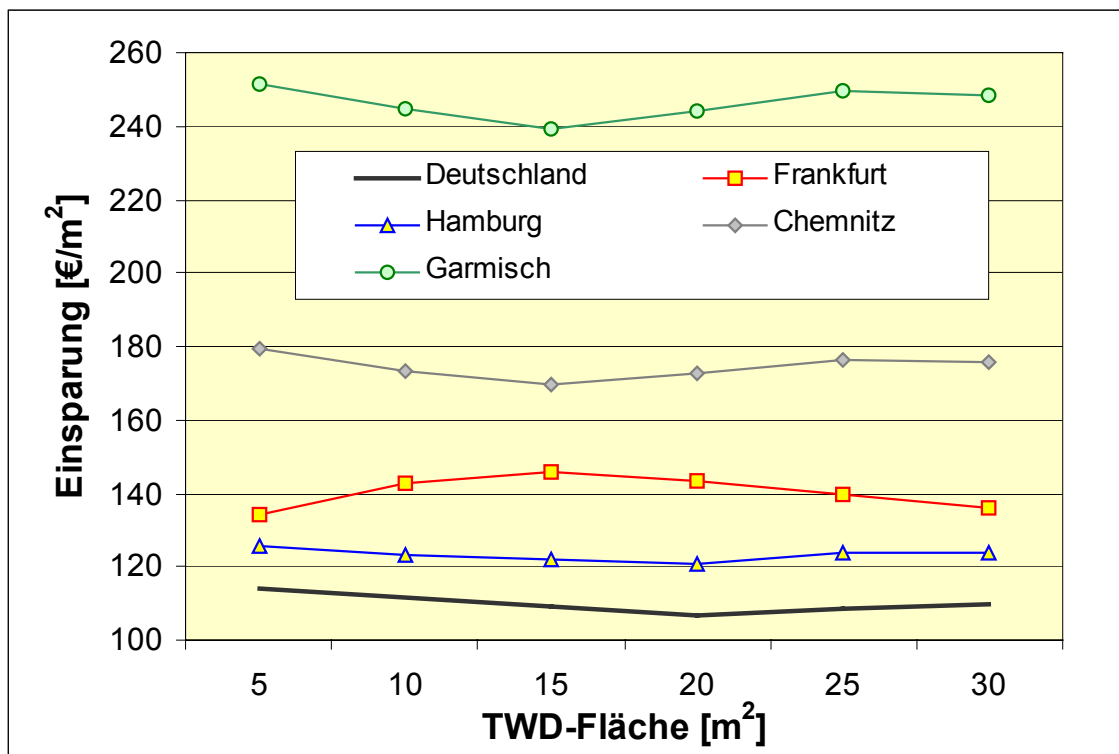
A. Maas, K. Höttges und A. Kammer - Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik - Oktober 2001

Beispielrechnungen mit Hilfe eines Programms zur EnEV2002 werden für ein Reihenhaus mit ca. 140 m<sup>2</sup> reale Wohnfläche (EnEV "Wohnfläche" 164 m<sup>2</sup>) präsentiert. Bei einer Variation der Klimazonen nach DIN4108 zeigte sich, dass das "mittlere Standardklima Deutschland" schlechtere Aussagen liefert als jede andere Klimazone – die solaren Gewinne werden teilweise erheblich unterschätzt.





Mit Einbezug der Energieaufwandszahlen z.B. bei einem Brennwertkessel mit zentraler WW.Bereitng nach DIN4701-10 ergeben sich gegenüber dem Fall ohne TWD erhebliche Energieeinsparungen pro m2 Bruttofläche (20% Rahmenanteil, 80% transparente Fläche) der solaren Wandheizung. Nimmt man den aktuellen Ölpreis (0,40 € pro l) und eine Nutzungsdauer von 25 Jahren an, so ergeben sich Verbrauchskosteneinsparung pro m2 installierter TWD, die als anlegbare Mehrkosten zur konventionellen Wärmedämmsystem anlegbar sind:



Die Bandbreite liegt zwischen 100 und 250 € pro m<sup>2</sup>. Die rein wirtschaftliche Betrachtung vernachlässigt jedoch andere Aspekte der solaren Wandheizung:

- gesteigerter thermischer Komfort
- funktionale und einfache Funktionsweise ohne Wartung
- Umweltentlastung
- Wertsteigerung des Gebäudes
- Versorgungssicherheit bei knapperen Ressourcen in der Zukunft

Nicht jedes Gebäudeobjekt ist geeignet. Offene Grundrisse, ganztägige Nutzung, schwere Bauweise und Südausrichtung sind für die Nutzung vorteilhaft. Andere Gesichtspunkte der Architektur und Gestaltung sollten nicht vernachlässigt werden. Ein Planerliste mit erfahrenen Architekten und Energieplanern wird vom Fachverband vertrieben.

Der Markt der TWD hat Pioniercharakter. Kleine Stückzahlen in der Produktion und Unsicherheiten bei Planungsbüros ohne spezielle Erfahrung können die Kosten so weit erhöhen, dass Wirtschaftlichkeit auf der Basis der Heizkostenreduktion allein (einfachster Wirtschaftlichkeitsansatz) nicht in Sicht ist. Trotzdem werden bei sinkender öffentlicher Forschungsförderung auf privater Basis immer mehr Projekte umgesetzt. Komfortvorteile (Kachelofeneffekt), Umweltbewußtsein, Tageslichtnutzung im Nichtwohnbereich und andere Gründe (z.B. geringer Platzbedarf für guten äquivalenten Dämmwert) werden bewusst in Kauf genommen. Ein wesentlicher Faktor bei den Kosten betrifft die Verschattungssysteme. Können diese entfallen, sinken die Gesamtkosten drastisch. Gerade im Wohnbereich bei niedriger Belegung oder einfacher gegebener Verschattung im Sommer ist dies eine interessante Option.

Bei sich weiter fort entwickelnder Technik und steigendem Absatz werden die Marktpreise für TWD-Systeme sinken. Durch Förderprogramme sollte diese Markteinführung erleichtert werden, um diese Kostensenkung für den Verbraucher zu ermöglichen.

Der Fachverband TWD versucht, diese Markteinführung auf mehreren Feldern zu unterstützen. Informationen sind entweder über die Internet-Seite [www.fvtwd.de](http://www.fvtwd.de) oder in gedruckter Form erhältlich.