

Transparente Wärmedämmung

Planerische Grundlagen und Hinweise

Informationsmappe 3

Fachverband Transparente Wärmedämmung e.V.

1 Einleitung

Die Nutzung der Solarenergie zur Gebäudeheizung stellt hohe Ansprüche an die Qualität eines Solarsystems, da die winterlichen Einstrahlungswerte gering sind und die niedrigen Außentemperaturen zu großen thermischen Verlusten über die Gebäudehülle führen können. Eine positive Energiebilanz hängt entscheidend von den verwendeten Produkten, aber auch vom Gebäude und dem Heizsystem ab. Somit ist es erforderlich, alle Systemkomponenten schon bei der Planung aufeinander abzustimmen.

Die Verwendung einer transparenten Wärmedämmung ist heute bei zahlreichen Gebäudetypen möglich. Zunächst sollte das in Betracht kommende Bauvorhaben dahingehend geprüft werden, ob unter den gegebenen Umständen eine Verwendung von TWD sinnvoll erscheint. Naturgemäß spielen Gesichtspunkte wie Neubau- oder Sanierungsvorhaben, Gebäudetyp (Wohn-, Schul-, Büro-, Gewerbebau) und klimatische Randbedingungen eine wichtige Rolle, da es sich um unabänderbare Vorgaben handelt. Im folgenden werden die wichtigsten Kriterien, die bei Planung und Bau eines Gebäudes berücksichtigt werden müssen, kurz dargestellt.

2 Anforderungen an Entwurf und Konzeption

Gebäudetyp

Die Anforderungen an den Heizenergiebedarf hängen entscheidend von der Nutzung des Gebäudes (Wohn-, Gewerbebau) ab. Hohe interne Lasten (interne Wärmequellen) sowie die Nutzungszeiten, die z.T. nicht mit den Hauptertragszeiten der TWD-Fassade übereinstimmen, bedürfen der Berücksichtigung, um zufriedenstellende Energieeinsparungen zu erzielen.

Gebäudegeometrie

Sie richtet sich bei Solarhäusern nach dem Solarstrahlungsangebot. Somit öffnen sich diese Gebäude nach Süden und reduzieren gleichzeitig den nach Norden orientierten Fassadenanteil. Im allgemeinen sind breite Südfronten und schmalere Ost- und Westfassaden vorteilhaft.

Orientierung von TWD-Solarwandsystemen

Die Solargewinne hängen ganz entscheidend von der Orientierung der TWD ab. Eine reine Südorientierung ohne natürliche Verschattung erbringt den größten nutzbaren

Solarertrag. Eine Südost bis Südwestorientierung der TWD-Solarwand ist noch tolerabel, der Ertrag wird jedoch um ca. 30% gemindert. Bei starken Abweichungen aus der Südorientierung sollte der tiefere Sonnenstand beachtet werden, da dann die Verschattung durch die umgebende Bebauung einen stärkeren Einfluss gewinnt. **A1** zeigt die möglichen Gewinne einer TWD-Wand bei unterschiedlicher Orientierung.

Sonnenschutz

Zur Regelung des Wärmebedarfs und zur Vermeidung überhöhter Raumtemperaturen kann ein Sonnenschutz erforderlich sein, insbesondere bei großen Solarwandflächen. Bei der Wahl des Systems sollten die folgenden Kriterien berücksichtigt werden: der Komfort der Regelung, der Wartungsaufwand, die Lebensdauer, die gestalterischen Aspekte und die Kosten. Oft reichen in der Praxis natürliche und bauliche Verschattung durch Balkone und Überhänge aus (**A2**).

Verhältnis TWD-Raumfläche

Direkt an TWD-Wände angrenzende Räume sollten nicht zu klein dimensioniert werden. Ist das Raumvolumen zu gering bemessen, muss überschüssige Wärme weggelüftet werden und die Erträge werden geschmälert.

Raumausstattung

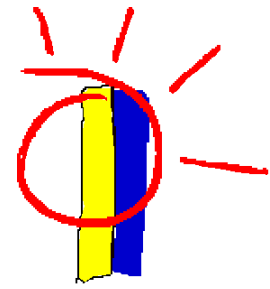
Der Nutzer des Gebäudes muss berücksichtigen, dass keine grossflächigen Möbelstücke an der TWD-Wand platziert werden können, um den Wärmestrom in den Raum nicht zu behindern.

Verhältnis TWD-Fenster

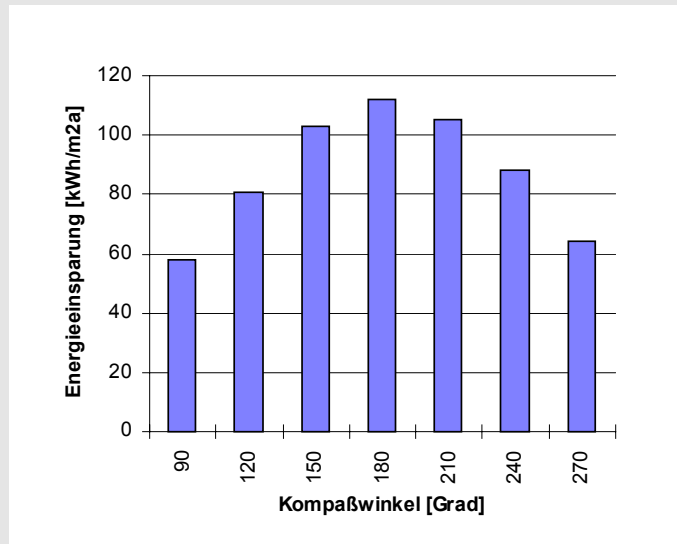
Positiv ist das Zusammenspiel von Fenstern und TWD. Beide Systeme sind in ihrer Fläche und Orientierung so zu planen, dass sie sich wirkungsvoll ergänzen. Südlich orientierte Fenster und TWD harmonisieren gut, da die Wärme zeitlich gestaffelt im Raum anfällt. Der Grund liegt in der Zwischenspeicherung der Wärme in der Massivwand der TWD (**A3**).

Wärmedämmstandard

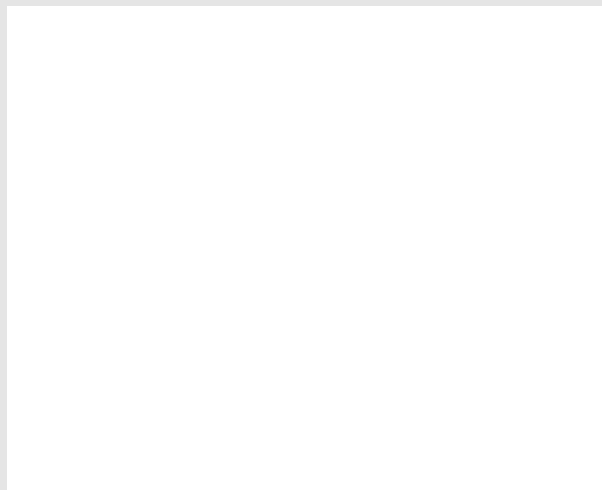
Mit zunehmender Dämmqualität sinkt das Energieeinsparpotential, absolut betrachtet, da die zur Raumheizung benötigte Heizenergie abnimmt. Prozentual gesehen erhöht sich das Einsparpotential jedoch. **A4**



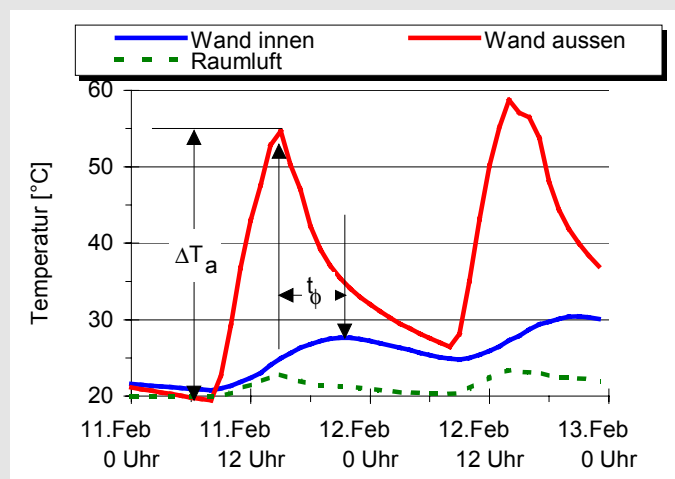
A1



A2



A3



Wandbaustoff und -dicke

Die Auswahl des Wandmaterials und der Wanddicke haben einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Behaglichkeit als auch auf den Einspareffekt, der mit TWD erzielbar ist.

Das Mauerwerk soll die aufgenommene Wärme möglichst gut speichern und eine optimale Wärmeleitung gewährleisten. Dazu sind Rohdichten erforderlich, die mindestens 1200 kg/m^3 betragen. **A5**

Es hat sich gezeigt, dass Kalksandstein, Vollziegelmauerwerk und Beton mit einer entsprechenden Dicke von 18-30 cm die geforderten Voraussetzungen erfüllen. Die Wanddicke bestimmt die Oberflächentemperatur der raumseitigen Wandfläche und hat einen entscheidenden Einfluss auf die zeitliche Verschiebungen, mit der die Wärme zur Raumheizung genutzt werden kann. Nur eine gute Abstimmung auf die Nutzeransprüche führt zu der gewünschten Erhöhung der Wohnqualität in Verbindung mit einer erheblichen Heizenergieeinsparung.

Bei Sanierungsvorhaben kann der Einsatz von TWD zu großen Energieeinsparungen führen, da das Außenwandmaterial älterer Gebäude meist große Rohdichten aufweist und eine optimale Voraussetzung für die passive Nutzung der Solarenergie bietet.

3 Berechnung des Energiegewinns von TWD-Fassaden

Einleitung

Bei der Berechnung der Solargewinne sollte man unterscheiden zwischen physikalischen Solargewinnen, also den Energieströmen, die in das Gebäude gelangen, und nutzbaren Solargewinnen, also den Anteilen davon, der effektiv zu einer Reduktion des Heizenergieverbrauchs beitragen. Nicht nutzbare Solargewinne tragen zunächst zur - durchaus gewünschten - Komfortsteigerung bei, führen aber, wenn sie weiter steigen, eher zu einer Überhitzung des Gebäudes und gelten in diesem Fall als unerwünscht.

Der **Wirkungsgrad** gibt die aufgrund der solaren Einstrahlung erzielbaren Wärmegewinne an und ist relativ unabhängig von der Jahreszeit. Gewisse saisonale Abhängigkeiten ergeben sich vor allem durch die unterschiedlichen Einstrahlungsbedingungen im Sommer und im Winter (Sommer: hochstehende Sonne, Winter: niedrigstehende Sonne). Anders verhält es sich mit dem **Nutzungsgrad**. In den Kernmonaten der Heizperiode können fast alle Solargewinne genutzt werden und der Nutzungsgrad liegt nahe bei 100 %. In der Übergangszeit reduziert er sich und wird geringer, und im Sommer, wenn der Heizbedarf eines normalen Hauses auf Null sinkt, trägt der Solargewinn nur zur Überhitzung und damit zu unerwünschten, nicht nutzbaren Solargewinnen bei. Der Nutzungsgrad liegt bei Null.

Wichtige Parameter für den Nutzungsgrad der TWD sind nicht nur - wie bei Fenstern - die Speicherfähigkeit des Gebäudes (schwere und leichte Bauweise), sondern auch die Speicherfähigkeit der direkt hinter der TWD befindlichen Wand.

Heizperiodenverfahren

Einfache Handrechenverfahren auf Jahres- oder Heizperiodenbasis, wie sie etwa für den Wärmeschutznachweis der WschVO'95 verwendet werden, sind für die Berechnung transparenter Wärmedämmsysteme aus mehreren Gründen problematisch, abgesehen davon, dass sie im Zeitalter der Computer etwas anachronistisch erscheinen. Da sowohl Wirkungs- als auch Nutzungsgrade der TWD stark saisonal abhängig sind, ist es schwierig, ein realistisches Heizperiodenverfahren zu entwickeln. Die Gewinne dominieren in den Übergangszeiten. Die Länge der Heizsaison kann je nach Gebäudetyp, Solarwand-Fläche und Klima deutlich verkürzt werden. Damit ist eine Voraussetzung für konstante Gradtagszahlen entfallen. Jahresverfahren beruhen jedoch auf definierten Heizperioden mit konstanten Gradtagszahlen.

Monatliche Berechnungsverfahren

Wesentlich genauer als ein Jahresverfahren ist ein Monatsbilanzverfahren, bei dem die Energiebilanz für einzelne Monate erstellt wird. Monatsverfahren sind quasi-dynamische Verfahren, weil hier die saisonalen Veränderungen explizit berücksichtigt werden.

Lange existierten für diese Rechenmodelle keine verbindlichen methodischen Vorschriften. Inzwischen wurde vom Fachverband TWD e.V. auf der Basis einer wissenschaftlichen Studie eine Richtlinie zur Berechnung der solaren Energiegewinne durch TWD-Solarwandssystem herausgegeben. Diese Richtlinie ist mit dem Neuentwurf der deutschen Umsetzungsnorm zur EN832, der DIN-V 4108 Teil 6, abgestimmt, der auch auf sie verweist. Da diese Norm die Basis der künftigen Energieeinsparverordnung sein wird, gibt es damit einen lückenlosen und anerkannten Berechnungsnachweis der Solargewinne.

Hinsichtlich des Nutzungsgrades sollte angemerkt werden, dass dieser momentan ermittelt wird, ohne die spezifischen positiven Speichereigenschaften der Solarwand zu berücksichtigen. So wird eine Solarwand prinzipiell wie ein Fenster behandelt; die Wärmespeicherfähigkeit der dahinter liegenden Wand wird ignoriert. Diese Effekte lassen sich also weiterhin nur mit dynamischen Computersimulationen berechnen. **A6**

Dynamische Gebäudesimulation

Dynamische Gebäudesimulationen basieren auf den zeitabhängigen Differentialgleichungen für Wärmeleitung und Wärmespeicherung in massiven Bauteilen. Daher lassen sich Temperaturen und Energieströme für kurze Zeitschritte (z.B. Stunden) berechnen. Nutzereinflüsse wie zum Beispiel das Lüftungsverhalten lassen sich explizit berücksichtigen.

Da transparente Wärmedämmung noch nicht gängiger Standard ist, haben nur wenige Gebäudesimulationsprogramme (so z.B. HELIOS, TSBI) spezielle Module, die die Eigenschaften von TWD-Systemen berechnen können. In anderen Programmen wird die TWD einfach wie ein vor die Wand gestelltes Fensterelement behandelt. Die spezielle Abhängigkeit des Gesamtenergiedurchlassgrades von der Einstrahlungsrichtung oder die Temperaturabhängigkeit des U-Wertes werden teilweise vernachlässigt. Erfahrene Benutzer der jeweiligen Programme kennen im allgemeinen jedoch Möglichkeiten, die TWD und ihre Effekte angemessen zu berücksichtigen. Insbesondere bei komplexeren Bauvorhaben ist eine Gebäudesimulation empfehlenswert.

4 Praktische Ausführung von TWD-Fassaden

Vorfertigung

Bei den ausführenden Firmen wird auf die Vorfertigung von TWD-Fassaden gesetzt. Der werksseitige Zusammenbau von Paneelen oder Modulen verhindert eine Verschmutzung der transparenten Wärmedämmung auf der Baustelle und erleichtert die Handhabung der fragilen Kunststoff- oder Glasstrukturen. Der Zusammenbau größerer Fassadeneinheiten in der Werkstatt ermöglicht einen präziseren Zusammenbau und die Verkürzung der Montagezeiten vor Ort.

Anforderungen an Gerüste

In der Bauausführung erfordern TWD-Fassaden einige Besonderheiten. In der Regel sind beispielsweise breitere Gerüste als üblich notwendig, um mit den großformatigen Paneelen zu hantieren. Weiterhin ist ein größerer Abstand des Gerüsts vom Baukörper erforderlich, um die TWD-Paneele oder -Module zwischen Gerüst und Wand einbauen zu können

Anschluss- und Abdichtungsarbeiten

Da TWD-Systeme selten vollflächig eingesetzt werden, gibt es immer Anschlüsse zu Fenstern, benachbarten opaken Bauteilen und Dämmsystemen. Bei TWD-Systemen mit Luftspalt zwischen transparenter Dämmung und Absorberoberfläche müssen die seitlichen und oberen Anschlüsse von TWD-Systemen eine gute Luftdichtigkeit besitzen, damit die am Absorber erzeugte Wärme nicht entweichen kann. Deshalb sollte man bei Pfosten-Riegelfassaden und Modulfassaden am besten eine Abdichtung jedes Gefaches vorsehen. Dadurch wird auch verhindert, dass sich bei höheren Solarwandsystemen die Warmluft oben sammelt und die Speicherwand ungleichmäßig erwärmt wird. Am Sockelpunkt wird häufig gezielt mittels mehrere kleiner Öffnungen (Insektenschutzgitter) belüftet, um einen Dampfdruckausgleich herzustellen und ggfs. anfallendes Kondenswasser nach außen ableiten zu können.

Aufnahme von thermischen Dehnungen

Auf Grund der auftretenden Temperaturwechsel kommt es zu Dehnungserscheinungen, die je nach eingesetztem Material bei langen Fassaden mehrere Zentimeter betragen können. Über eine entsprechende Ausbildung von Lagerungs- und Befestigungspunkten muss dem Rechnung getragen werden. Bei kleineren Gebäuden ist dies vernachlässigbar. Thermisch verursachte Rissbildung im Mauerwerk ist untersucht worden, aber bei empfohlenen Mauerwerksdichten ab 1200 kg/m³ nicht relevant.

Wärmebrücken und Tauwasser

Die kurzzeitige, unschädliche Kondensatbildung in belüfteten TWD-Konstruktionen ist aufgrund dynamischer Adsorptions- und Desorptionsvorgänge in Kunststoffen durchaus normal. Sie kann auch dem Einsaugen feucht-warmer Außenluft bei belüfteten Paneelen zuzuschreiben sein. Strategien gegen Kondensaterscheinungen in den Paneelen sind

- der Ersatz von Kunststoff durch nicht wasserbindende Glas-TWD,
- der Einsatz von luftdicht geschlossenen Paneelen,
- der Einsatz von Trocknungsmitteln, wie bei Verglasungen üblich (z.B. in Randverbund integriert).

Verschiedene Hersteller sind dabei unterschiedliche Wege gegangen, um die Effekte zu vermeiden oder zu minimieren.

Problematisch kann dagegen Tauwasser in der Fassadenkonstruktion sein, das bei Verwendung gut wärmeleitender Profile, z.B. bei Aluminiumrahmen mit mangelhafter thermischer Trennung, und dann besonders an komplizierten Durchdringungspunkten, Ecken und Abschlüssen entstehen kann. In der Planung sollten derartige Wärmebrücken deshalb sorgfältig detailliert und minimiert werden. Es ist ratsam, eine konstruktive Ableitung anfallenden Tauwassers vorsehen. Holzfassaden sind in dieser Hinsicht wegen der geringeren Wärmeleitfähigkeit des Holzes weniger problematisch.

5 Baubehördliche Anforderungen

Für eine praktische Umsetzung von TWD muss, wie auch für andere Fassadenbauteile, stets die Einhaltung folgender Vorschriften nachgewiesen werden:

- Standsicherheit des Gebäudes (Tragwerksplanung)
- Einhaltung der Wärmeschutzverordnung
- Erfüllung der Brandschutzanforderungen

Standsicherheit

Der statische Nachweis der Standsicherheit bringt bei TWD-Fassaden analoge Anforderungen wie bei konventionellen Fassadensystemen. Hier sind die Hersteller der Komplettsysteme gefragt. Sie müssen gegenüber der obersten Baubehörde nachweisen, dass ihr System den Anforderungen genügt. Je nach Aufbau ergeben sich durchaus unterschiedliche Anforderungen. So z.B. musste für das TWDVS der Firma Sto

nachgewiesen werden, dass die durch den transparenten Putz entstehenden Scherkräfte von der Kapillarlage aufgenommen werden können.

Dagegen sind bei einem Pfosten-Riegel-System - objekt- und größenabhängig - übliche statische Nachweise zu erbringen, die jeder Fassadenbauer kennt. Die Glasdicken der eingesetzten Paneele müssen der Windbelastung standhalten können. Die Lastabtragung der Fassade muss gesichert sein. Das Eigengewicht von TWD-Elementen liegt bei ca. 20 bis 40 kg/m² (TWD-Verbundsystem ca. 6kg/m²) und ist somit relativ gering. Beim Einsatz an Altbauten sollte geprüft werden, ob die Außenwand die zusätzliche Last aufnehmen kann.

Wärmeschutz

Auch der Wärmeschutznachweis ist ohne große Schwierigkeiten zu erbringen. Beim Berechnen des Jahres-Heizwärmebedarfs nach der noch gültigen WSchVO 95 kann man sich auf die sichere Seite zurückziehen, indem man allein die Wärmedämmeigenschaften des TWD-Produktes ohne Berücksichtigung der solaren Gewinne einsetzt. Es empfiehlt sich jedoch auch jetzt schon ein Sondernachweis nach §11 WSchVO 95 entsprechend der oben geschilderten Richtlinie.

Brandschutz

Die Brandschutzanforderungen sind differenziert zu betrachten. Hersteller geben zu diesen Fragen Hilfestellung bezüglich der Eigenschaften ihrer Systeme. Einige Produkte sind Sonderformen von Mehrfachisolierverglasungen, für die generell überall eingesetzt werden können (Fenster). Entscheidend ist hier die Ausführung der Fassadenkonstruktion. Komplettsysteme der Transparente Wärmedämmung müssen jedoch als ganzes die Brandschutzanforderungen erfüllen, wie sie auch für Wärmedämmverbundsysteme an der Außenfassade gelten.

Grundsätzlich spielt die Höhe des Gebäudes eine große Rolle. Für Gebäude mit maximal 2 Geschossen und einer Höhe bis 7 m dürfen Bauprodukte der Baustoffklasse B2 (normal entflammbar) eingesetzt werden. Diese Anforderungen erfüllen sämtliche marktgängigen TWD-Systeme. Es gibt auch Produkte in der Baustoffklasse B1 (schwer entflammbar) oder A (nicht brennbar). Bei höheren Gebäuden wird die Materialauswahl stärker eingeschränkt (siehe Tabelle). Auch der Gebäudetyp kann eine entscheidende Rolle spielen. Unterschiede bestehen beispielsweise zwischen Wohngebäuden und öffentlichen Gebäuden wie Schulen. Sind die Materialien nicht ausreichend, können alternativ feuerhemmende Konstruktionen speziell entwickelt werden, um beispielsweise den Flammenüberschlag auf andere Stockwerke zu verhindern. Beispielsweise wurde bei der Paul-Robeson Schule in Leipzig ein Weg gefunden, trotz des Einsatzes von Holzrahmen-Modulen mit Polycarbonat-Kapillarplattenfüllung die brandschutzrechtlichen Bestimmungen zu erfüllen. Im Zweifelsfall ist die jeweilige Landesbauordnung zu Rate zu ziehen.

Gebäudehöhe	Öffnungen (Fenster) in den Wänden	Erforderliche Baustoffklasse				brennendes Abtropfen
		B3	B2	B1	A	
bis zu 7m (2 Vollgeschosse)	mit und ohne	nein	ja	ja	ja	
bis zu 22m	mit und ohne	nein	nein	ja	ja	nicht zulässig
über 22m (Hochhäuser)	ohne	nein	nein	ja	ja	
über 22m (Hochhäuser)	mit	nein	nein	nein	ja	

- | | | |
|----|--------------------|--------------|
| A1 | nicht brennbar | Prüfzeugnis |
| A2 | nicht brennbar | Prüfbescheid |
| B1 | schwer entflammbar | Prüfbescheid |
| B2 | normal entflammbar | Prüfzeugnis |
| B3 | leicht entflammbar | |

Schallschutz

Da sich die transparente Wärmedämmung vor einem massiven Wandbauteil mit meist hoher Schalldämmung befindet, reicht i.a. wie bei Außenwandbekleidungen nach DIN18515 oder Fassadenbekleidungen nach DIN18516 allein das Schalldämm-Maß des Mauerwerks. Ein zusätzlicher Schallschutz durch die transparente Wärmedämmung ist möglich. Einzelne Paneele weisen Schalldämmwerte vergleichbar mit oder besser als Mehrfach-Isolier-Verglasungen auf.

Baurechtliche Situation

Bei der Planung von Gebäuden sind - wie sonst auch - die einschlägigen Normen und anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Die rechtlichen Grundlagen werden in Deutschland entsprechend der europäischen Rahmengesetzgebung ausgearbeitet. Sie fallen in die Kompetenz der obersten Baubehörden der Länder. Die Interessen der Landesbehörden und die Entscheidung von Sachfragen in Sachverständigenausschüssen werden vom Institut für Bautechnik, Berlin, fachlich vertreten. Wie viele neue Entwicklungen auf dem Bausektor sind spezielle TWD-Produkte (nicht Verglasungen) weder anerkannte geregelte Bauprodukte, für die eine Norm existiert, noch ein unregelmäßige Bauprodukte mit anerkannten Regeln der Technik. Existierende Regeln müssen sich im langen Weg durch die Instanzen bewähren.

In bauaufsichtlichen Zulassungen, etwa für das transparente Wärmedämmverbundsystem StoTherm Solar, sind Regeln für die Anwendung niedergelegt. Sind solche Zulassungen nicht ausgesprochen, müssen Einzelfallzulassungen nach Prüfung durch die obersten Landesbaubehörden erfolgen. Eine frühe Abstimmung mit der Baubehörde bzw. die Auswahl geeigneter Materialien für die Gebäudeklasse kann Planungs- und Fassadenmehrkosten einsparen. Ein Verweis auf die genehmigte Anwendung eines Produktes in existierenden Gebäuden erleichtert das Verfahren.

6 Planung von TWD-Fassaden

Planungsverfahren und Energiekonzepte

Der Einsatz einer TWD-Fassade betrifft in der Regel die Entwurfs- und Ausführungsplanung des Architekten, aber auch die statische Planung (Speicherwände, Dehnungen) und die Heizungsauslegung (Systemart, Heizleistung, Anordnung Heizflächen). Auch Lüftungsauslegung und Elektroplanung (Regelung und Betrieb der Verschattung) können betroffen sein. Bei komplexeren Gebäuden sind Energieberatungsbüros mit TWD-Erfahrung z.B. in der Erstellung eines Energiekonzeptes hilfreich.

TWD-Solarwandsysteme erschließen die opaken Gebäudefassaden für die passive Nutzung der Solarenergie. Um eine optimale Ausnutzung der möglichen Solargewinne zu erreichen, sollte das Gebäudekonzept mit seinen energetisch relevanten Komponenten abgestimmt sein. Dies betrifft vor allem Gebäudegliederung, Orientierung, Wärmeschutzstandard, Zusammenwirken von Fenstern und Solarwand, die Heizungsauslegung und -regelung.

Abrechnung erhöhten Planungsaufwandes

Eine neuartige Gebäudekonzeption, etwa bei einem Passivhaus oder bei einem Haus mit TWD-Fassade, und die bereits angesprochene Integration in ein energetisches Gesamtkonzept kann mit Planungsmehraufwand verbunden sein. In der Vergangenheit zahlten sich planerische Mehrarbeiten für Architekten und Fachingenieure finanziell nicht entsprechend aus. Im Gegenteil, ein kleineres und einfacheres Heizungssystem brachte beispielsweise den Haustechniker um einen Teil seines Honorars, das sich ja auf die von ihm "verplanten" Investitionskosten bezieht. In der aktuellen Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), die seit Anfang 1996 gilt, ist auf dieses Problem reagiert worden: Es wurden besondere Leistungen zur Energieeinsparung und der Nutzung erneuerbarer Energien definiert. Dadurch werden Honoraransätze für Planungsleistungen geschaffen, bei denen das ansonsten übliche Leistungsbild hinsichtlich energetischer Fragestellungen und Konzeptionen überschritten wird. Unter anderem betrifft dies:

- Anwendung passiv-solarer Baumaßnahmen in der Planung

- Verwendung von neuartigen Materialien und Bauteilen bei der Konstruktion der Außenbauteile, wenn der Energieverbrauch dadurch unter die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung gesenkt wird.

Die besonderen Leistungen zur energetischen Optimierung beziehen sich auf die Planungsphasen 2 und 3 der HOAI (Vorplanung und Entwurfsplanung). Auch in der Haustechnik kann analoger Planungsmehraufwand definiert werden, der bis zum Einsatz eines Fachplaners für Energieeinsparung und Nutzung regenerativer Energien reicht. In den Begründungen zur HOAI-Neufassung werden explizit folgende Leistungen erwähnt:

- Überprüfen der Möglichkeiten zur passiven Energieeinsparung, z.B. durch transparente Wärmedämmung oder von Einrichtungen zur Verbesserung der Tageslichtnutzung - einschließlich der Ermittlung des geminderten Bedarfs an Leistung und Jahresarbeit,
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit und der Durchführbarkeit der Maßnahmen sowie Empfehlungen zur weiteren Planung und Ausführung,
- Überprüfung des dynamischen Energieverhaltens von Gebäuden durch Simulationsrechnungen
- Überprüfung der Funktionsfähigkeit von Solarsystemen bzw. Energiekonzepten durch zusätzliche, messtechnische Untersuchungen

Projektsteuerung

Fast jede größere Baumaßnahme wird heute von einem Team professioneller Kostenplaner und Projektsteuerer begleitet. Dadurch werden einmal gesetzte Kosten und Termine in der Regel auch eingehalten. Ausschreibungen definieren genau und unmissverständlich die verlangten Qualitäten. Nachverhandlungen und technische Klärungsgespräche tragen mit dazu bei, technische Lösungen und Kosten zu definieren, sowie das Risiko und das finanzielle Volumen von Nachtragsangeboten in Grenzen zu halten.

Auch bei Projekten, wo es um Energiespar- und Solarmaßnahmen geht, sollte diese Aspekte im Projektmanagement mitbetreut werden:

- Umsetzung der konzeptionellen Vorstellungen in präzise Planungsinhalte
- Frühzeitige Erfassung der energetischen Komponenten mit den Instrumenten der Kostenplanung, Definition von Budgetobergrenzen und Selektion der umzusetzenden Maßnahmenpakete
- Optimale Auslegung und Dimensionierung aller Komponenten und Systeme
- Technisch genaue, möglichst standardisierte Ausschreibungstexte
- Fachlich versierte Prüfung der Firmenangebote, technische Klärungen, Prüfung von Alternativangeboten, Nachverhandlungen
- Klärung von Schnittstellen, Terminfragen, Gewährleistungen
- Ablaufsteuerung der Planung und Bauausführung

- Fachbauleitung, Teil- und Endabnahmen

7 Energieeffizienz und Kosten

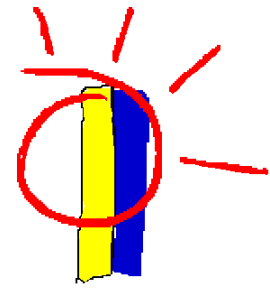
Sollen die Einsparpotentiale bei Verwendung von TWD-Fassadensystemen berechnet werden, ist zunächst festzulegen, gegen welches Referenzobjekt eine Bilanzierung möglich ist. Hier muss grundsätzlich auch zwischen Altbausanierung und Neubau unterschieden werden sowie die Nutzung des Gebäudes (z.B. Büro-, Wohngebäude) Berücksichtigung finden. Die Energieeinsparungen sollten folglich gegenüber einem konventionell sanierten Gebäude bzw. beim Neubau gegenüber einer Referenzvariante errechnet werden.

Die Effizienz von TWD-Systemen hängt von wichtigen Parametern, wie Rahmenanteil der Fassade, Umgebungsverschattung, Standortklima, internen Wärmequellen des Gebäudes, Transmissionsgrad und Dämmwirkung der TWD sowie dem Verschattungssystem ab. Daneben spielen die bereits dargestellten Randbedingungen der Planung eine Rolle.

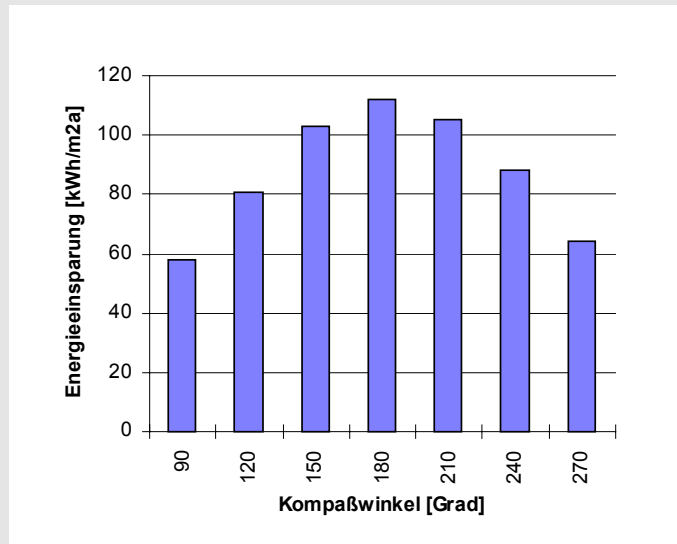
Die spezifischen Investitionskosten von TWD-Systemen sind von verschiedenen Einflussgrößen abhängig:

- Fläche der TWD-Fassade, da bei großen Flächen systembedingte Fixkosten im Verhältnis zu den Gesamtkosten abnehmen, Anschlussdetails
- funktionale Ausbildung des Systems (Massivwandsystem, Direktsystem),
- Ausführung und Ausführungsniveau der Fassade (Material, Fassadensystem, Eigenbau, Fassadenbauer),
- Altbausanierung oder Neubau,
- Berücksichtigung von Einsparpotentialen, Auswahl des Referenzobjektes .

Neben den Investitionskosten weisen auch die einzusparenden Kosten auf Grund verschiedener Einflusskosten erhebliche Bandbreiten auf.



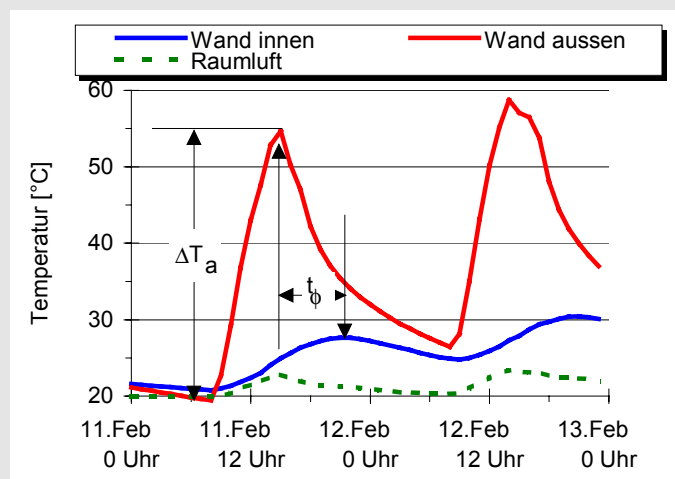
A1

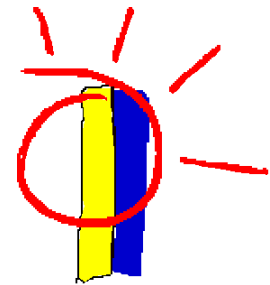


A2

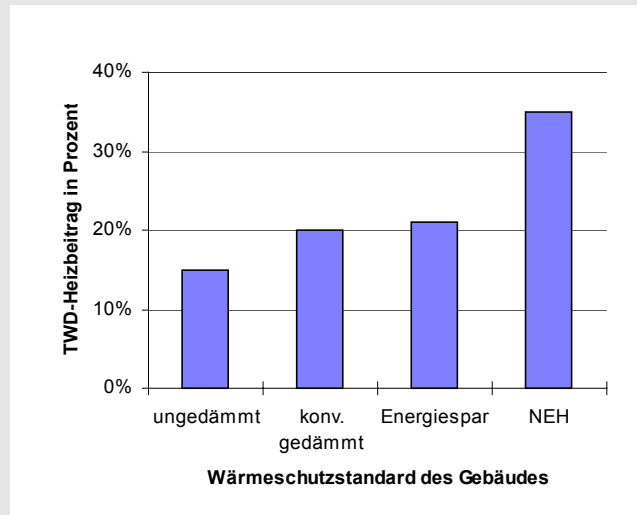


A3

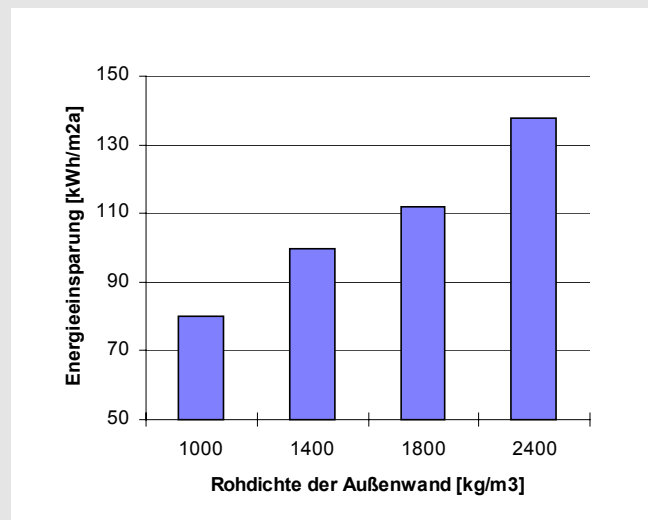




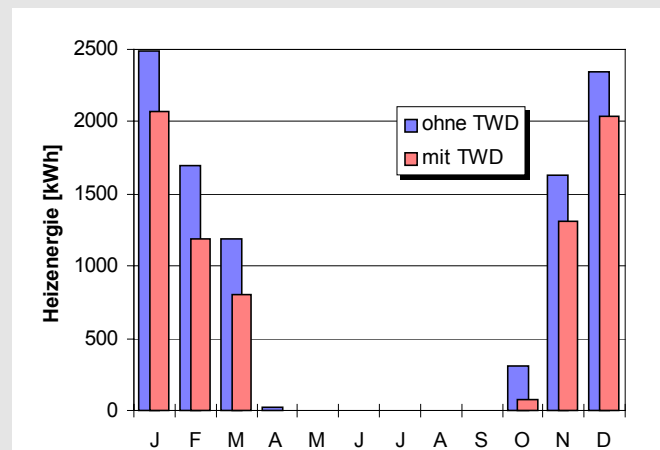
A4

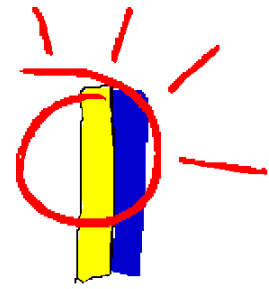


A5

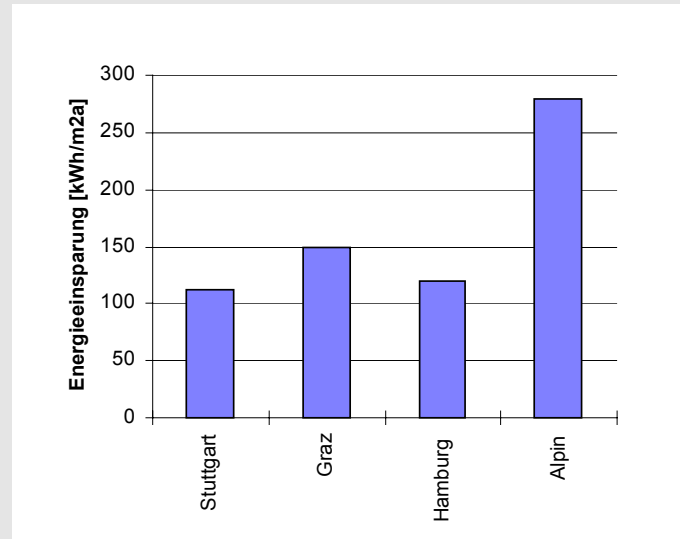


A6





A7



Abbildungen

- A1** *Einfluss der Orientierung der TWD-Solarwand auf den nutzbaren Energiegewinn
Einsparung pro m² Solarwand gegenüber einer Referenzvariante mit
konventioneller Dämmung*
- A2** *Wohnhaus Rath, Waldenbuch, mit transparenter Wärmedämmung und statischer
Verschattung durch südorientierte Balkone*
- A3** *Zeitliche Entwicklung der Wandoberflächentemperaturen einer TWD-Solarwand
(Kalksandstein 240mm, $\rho=2000 \text{ kg/m}^3$)*
- A4** *Solarer Deckungsbeitrag in Prozent in Abhängigkeit vom Wärmeschutzstandard
des Gebäudes*
- A5** *Energieeinsparung pro m² Solarwand in Abhängigkeit von der Rohdichte der
Außenwand*
- A6** *Typische saisonale Abhängigkeit des monatlichen Heizwärmebedarfs mit und
ohne TWD (Differenz entspricht nutzbaren Solargewinnen TWD) Nutzungsgrad im
Winter nahe bei 1, im Sommer bei 0)*
- A7** *Energieeinsparung pro m² Solarwand in Abhängigkeit vom Standort*

Checklisten zur Beurteilung der TWD-Eignung

1. Checkliste zur Standorteignung

Pro TWD-Anwendung	Contra TWD-Anwendung	Gewichtung
Kalte, strahlungsreiche Winter; lange Heizperiode	Milde, neblige Winter; kurze Heizperiode	hoch
Klare Atmosphäre	Verschmutzte Atmosphäre	mittel
Geringe Fremdverschattung des Standortes in der Heizperiode (durch Bäume, Nachbargebäude o.a.)	Starke Fremdverschattung des Standortes in der Heizperiode (durch Bäume, Nachbargebäude o.a.)	hoch
Südhanglage	Nordhanglage	mittel

2. Checkliste zur TWD-Eignung von Gebäuden

Pro TWD-Anwendung	Contra TWD-Anwendung	Gewichtung
Grundriss- und Aufrissdisposition im Zwiebelschalenprinzip: Räume mit höchstem Wärmebedarf nach Süden orientiert und von schwächer temperierten Räumen umgeben	Keine thermische Zonung in Grund- und Aufriss	gering
Maximal 30 Grad Abweichung der geplanten TWD-Fassade von der reinen Südorientierung	Mehr als 45 Grad Abweichung der geplanten TWD-Fassade von der reinen Südorientierung	mittel
Geradlinige, wenig zergliederte Gebäudeoberfläche nach Süden; freie Fläche für TWD	Zergliederte Gebäudeoberfläche nach Süden, wenig freie Fläche für TWD	hoch
Große Gebäudeoberfläche nach Süden, kleine Gebäudeoberfläche nach Norden, Gebäude "wendet sich der Sonne zu"	Große Gebäudeoberfläche nach Norden, kleine Gebäudeoberfläche nach Süden, Gebäude "wendet sich von der Sonne ab"	gering

Offener Grundriss und Aufriss: Solargewinne können auch in nordorientierten Räumen genutzt werden	Geschlossener Grundriss und Aufriss: Solargewinne können nur in südorientierten Räumen genutzt werden	mittel
Tragschale der Außenwand im Bereich der TWD-Fassade in speicherfähiger, gut wärmeleitender Bauweise (z.B. Kalksandstein, Beton)	Tragschale der Außenwand im Bereich der TWD-Fassade in gut wärmedämmender Leichtbauweise (z.B. Hochlochziegel, Porenbeton, Holztafel)	hoch
Hoher Wärmebedarf, geringe interne Wärmequellen (Wohnungsbau)	Niedriger Wärmebedarf, hohe interne Wärmequellen, Kühllast im Sommer (Bürogebäude)	mittel
Nutzung erlaubt Temperaturschwankungen	Nutzung erlaubt nur geringe Temperaturschwankungen	gering
Gute, architektonische Integrationsmöglichkeit der TWD-Fassade in die Fassadengestaltung	Gestalterische Widersprüche zwischen TWD-Fassade und Gesamtentwurf	
Feststehende, horizontale Verschattungselemente geplant (Balkon, Dachüberstand auf der Südseite)	Keine oder ungünstig orientierte Verschattungselemente geplant; Sonnenschutz erforderlich	
Verwertbarkeit des Imagenutzens einer TWD-Fassade durch Eigentümer oder Mieter (bei Firmen wichtig)	Nutzen der TWD-Anwendung beschränkt sich auf Heizkosteneinsparung	
Nutzer mit Interesse an Solarenergienutzung	Nutzer ohne Interesse an Solarenergienutzung	

3. Checkliste zu speziellen Anforderungen bei Sanierungsvorhaben

Pro TWD-Anwendung	Contra TWD-Anwendung	Gewichtung
Räume mit hohem Temperaturniveau sind nach Süden orientiert, Nebenräume sind nach Norden orientiert	Räume mit hohem Temperaturniveau sind nach Norden orientiert, Nebenräume sind nach Süden orientiert, Nutzungszuordnung ist nur schwer zu ändern	mittel
Einfache, wenig zergliederte Gebäudeoberfläche nach Süden; freie Fläche für TWD	Zergliederte Gebäudeoberfläche nach Süden, wenig freie Fläche für TWD	hoch
Gebäudegeometrie und -konstruktion erlaubt einfache Sanierung der Fassade (Lastabtragung, Anschlüsse)	Gebäudegeometrie und -konstruktion erschwert die wärmetechnische Verbesserung	mittel
Vorhandene Außenwand in monolithischer Konstruktion mit schlechtem k-Wert	Vorhandene Außenwand als Mehrschichtenbauteil mit Wärmedämmung und gutem k-Wert (z.B. Kerndämmung)	hoch
Schlechter Wärmeschutzstandard des vorhandenen Gebäudes, gute Ausnutzbarkeit von Solargewinnen	Guter Wärmeschutzstandard des vorhandenen Gebäudes, schlechte Ausnutzbarkeit von Solargewinnen	gering
Leistungs- und Steuerungsanpassung der Heizung ist einfach möglich	Leistungs- und Steuerungsanpassung der Heizung ist nur mit hohem Aufwand möglich	mittel
Gebäudehülle muss instandgesetzt werden. TWD-Anwendung lässt sich mit der sowieso notwendigen Bauschadensanierung verknüpfen	Gebäudehülle ist in Ordnung. Sämtliche Investitionskosten müssen dem TWD-System zugeordnet werden.	hoch
Vorhandene Fassade ohne architektonische Qualität mit hohem Verbesserungspotential	Vorhandene Fassade mit hoher architektonische Qualität; Denkmalschutz	hoch