



Glasbau 2012

Bauten und Projekte
Bemessung und Konstruktion
Forschung und Entwicklung
Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

Lösungen für energieeffiziente multifunktionale Verglasungen

Dr.-Ing. Frank Schneider¹

1 OKALUX GmbH, Am Jöspershecklein 1, 97828 Marktheidenfeld, Deutschland

Die Glasfassade muss heute Aufgaben übernehmen, die längst über die ursprüngliche Anwendung als wärmedämmender Raumabschluss hinausgehen. Insbesondere der sommerliche Überhitzungsschutz spielt eine entscheidende Rolle. Intelligent gestaltete Glasfassaden sind aber durchaus in der Lage den Energieverbrauch eines Gebäudes positiv zu reduzieren und den Nutzungskomfort zu verbessern. Zunächst soll auf die grundlegenden bauphysikalischen Parameter eingegangen werden, die ein Isolierglas charakterisieren. Anschließend werden anhand von Beispielen Lösungen für multifunktionale Gebäudehüllen aus Glas aufgezeigt.

Schlagwörter: Isolierverglasung, Multifunktionalität, Energieeffizienz

1 Grundlagen

1.1. Mehrscheiben-Isolierglas

Die Idee eines Isolierglases aus zwei Glasscheiben, die einen wärmeisolierenden Luftzwischenraum einschließen, geht auf den Amerikaner Thomas D. Stetson zurück, der bereits 1865 ein Patent für eine solche Konstruktion erhielt (US Pat.Nr.49167). Lange Zeit war es aber problematisch den Scheibenzwischenraum dauerhaft abzudichten. Die ersten Randverbundkonstruktionen waren starr, wobei die beiden Glasscheiben randverschweißt oder auf einen metallischen Abstandhalter gelötet wurden. Diese Systeme waren zwar sehr dicht, Mikrorisse, infolge Deformationen, führten aber zum Versagen. Der noch heute gebräuchliche elastische Randverbund stammt aus den 50er Jahren. Seitdem besteht ein Isolierglas aus mindestens zwei Glasscheiben, die durch einen Abstandhalter getrennt sind, welcher mit einem Trockenmittel gefüllt ist, um eingeschlossene Restfeuchtigkeit aufzunehmen (Bild 1-1). In der Regel kommen heute sogenannte zweistufige Randverbundsysteme zum Einsatz. Die Primärdichtung aus dauerplastischem Butyl hat die Funktion der Wasserdampfsperre. Die Sekundärdichtung aus Silikon oder Polysulfid hat die Aufgabe den Gesamtaufbau zusammenzuhalten. Beide Stufen wirken zusammen, um eine dauerhafte Dichtheit zu gewährleisten.

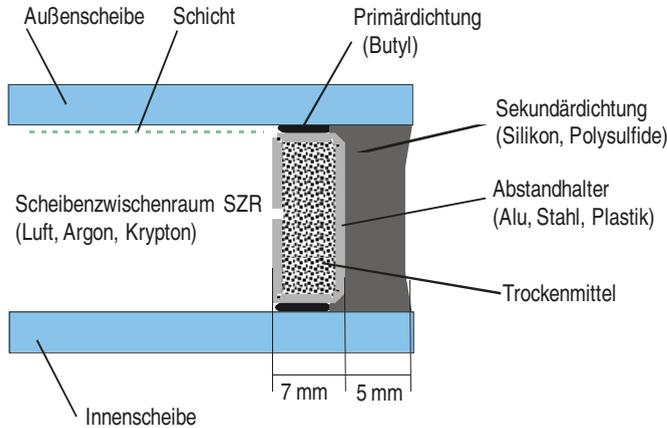


Bild 1-1 Typischer Aufbau eines Mehrscheiben-Isolierglases mit zweistufigem Randverbundsystem

1.2. Wärmedämmung

Der Wärmedurchgangskoeffizient U ist definiert als die Wärmemenge Q , die sich entlang eines Temperaturgradienten ΔT innerhalb der Zeit t durch eine Fläche A bewegt, wie in Gl. (1.1) dargestellt.

$$U \cong \frac{Q}{A \cdot \Delta T \cdot t}, \quad [U] = \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (1.1)$$

Moderne Isolierverglasungen müssen komplexe Anforderungen erfüllen. Dennoch spielt die Wärmedämmung in vielen Regionen der Erde eine zentrale Rolle. Die technischen Möglichkeiten zur Verbesserung sind jedoch weitestgehend ausgereizt. Dank moderner niedrig-emissiver Schichten und hochmolekularer Gasfüllungen erreichen Isolierglas-systeme heute U -Werte von $U=1,0\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei Doppelverglasung und $U=0,5\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei Dreifachverglasung. Im Scheibenzwischenraum haben Wärmeleitung und Konvektion zusammen nur einen Anteil von $1/3$ am Wärmedurchgang, während ca. $2/3$ auf Wärmestrahlung beruhen (Bild 1-2). Die wesentliche Verbesserung der Wärmedämmung wird daher durch metallische Beschichtungen, sogenannte low-e Schichten, erreicht, welche die Emissivität ε der Glasoberfläche im Wellenlängenbereich der Wärmestrahlung von 84% auf $2-3\%$ herabsetzen.

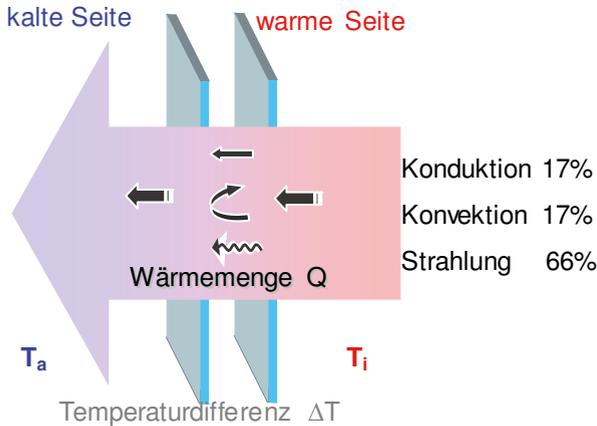


Bild 1-2 Wärmeübergang im Isolierglas

1.3. Berücksichtigung der Einbaulage

Der U-Wert einer Isolierverglasung ist nicht nur von der Beschichtung, dem Füllgas und der Größe des Scheibenzwischenraums abhängig, sondern auch von der Einbausituation. Der U-Wert nach DIN EN 673 [1], bzw. DIN EN 674 [2] gibt stets den Wert für die Vertikale an. In dieser Lage steigt die Warmluft an der Innenseite der Verglasung auf und es entsteht ein großer, langsamer Luftstrom mit relativ wenig Bewegung. Neigt man die Verglasung gegen die Horizontale, nimmt die Konvektion im Scheibenzwischenraum zu. Die aufsteigende Warmluft erreicht schneller die kalte Seite und es bildet sich eine Vielzahl kleiner, schneller Luftwirbel. Der Anteil der Konvektion am Wärmestrom Q nimmt zu und der U-Wert steigt an. Dies kann bei einer Dachverglasung zu einem Anstieg des realen U-Wertes von 50 % führen. Bei einer Dreischeiben-Isolierverglasung mit zwei einzelnen SZRs ist dieser Anstieg weniger stark ausgeprägt, da der Temperaturunterschied zwischen den drei Teilscheiben jeweils geringer ausfällt. Die Konvektion kann durch Füllungen des SZRs, z.B. mit Transparenter Wärmedämmung, verhindert werden. In diesem Fall ist der U-Wert unabhängig von der Einbaulage (Bild 1-3).

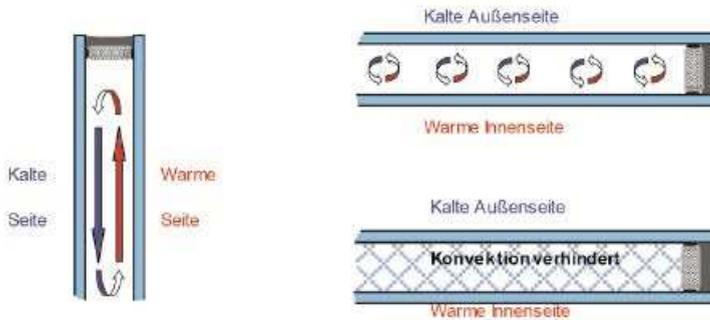


Bild 1-3 Konvektion im SZR bei vertikaler und horizontaler Einbausituation

1.4. Strahlungstechnische Eigenschaften

Bei großen Glasflächen besteht die Gefahr der Überhitzung. Isolierglas hat daher, neben der Wärmedämmung, auch die Funktion, die solare Einstrahlung zu steuern. Üblicherweise werden diese Anforderungen durch Sonnenschutzbeschichtungen erfüllt, die es in großer Vielfalt gibt. Analog zur Herstellung von low-e-Beschichtungen werden hierzu dünne Metallschichten auf die Glasoberfläche aufgebracht, die die Reflexion, Absorption und Transmission in verschiedenen Wellenlängen beeinflussen. Je nach Schichtfolge ergeben sich unterschiedliche strahlungstechnische Eigenschaften. Wie auch Wärmeschutzschichten besitzen die Sonnenschutzbeschichtungen einen geringen U-Wert. Darüber hinaus werden Teile des solaren Spektrums, die vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden, geblockt. Dadurch wird der Gesamtenergieeintrag g reduziert, ohne Einfluss auf die Lichttransmission im visuellen Wellenlängenbereich T_v . Man bezeichnet solche Schichten daher als spektral selektiv. Die spektrale Selektivität T_v/g ist immer kleiner als der Wert zwei, da im visuellen Bereich des Sonnenspektrums ($T_v=100\%$) bereits 53 % der gesamten solaren Energie enthalten sind (Bild 1-4). Geringere g -Werte als 53 % sind nur möglich, wenn die Lichttransmission reduziert wird oder bestimmte Frequenzen im visuellen Bereich herausgefiltert werden.

Trotz der Anforderungen an den Sonnenschutz sollte man das zu Verfügung stehende Tageslicht nutzen. Vergleicht man den „Wirkungsgrad“ des Sonnenlichts mit dem von künstlichen Lichtquellen wird deutlich, wie effektiv Tageslichtnutzung ist. 53% der gesamten Solarstrahlungsenergie können wir mit dem menschlichen Auge als Licht wahrnehmen. Bei modernen LEDs wird nur ca. 13 % der Energie in Licht, der Rest in Wärme umgewandelt. Bei der Nutzung von Tageslicht ist das Verhältnis von nutzbarem Licht zur eingestrahnten Energie, und der damit verbunden Wärmeentwicklung, deutlich besser als bei künstlichen Lichtquellen.

Grundsätzlich sollte jedes Gebäude abhängig von seinen Randbedingungen individuell bewertet und die physikalisch relevanten Parameter U-Wert, g-Wert und Lichttransmis-

sion projektspezifisch optimiert werden. Zwar ist man zumeist bemüht den U-Wert und den g-Wert zu minimieren und gleichzeitig die Lichttransmission so groß wie möglich zu gestalten, doch dies muss nicht immer die energetisch beste Lösung darstellen. In kalten Klimazonen sind ein niedriger U-Wert und ein hoher g-Wert natürlich die sinnvollere Lösung, da die solaren Gewinne genutzt werden sollten. In heißen Regionen wiederum spielt der U-Wert nur eine geringe Rolle, da die Energieeinträge durch die solare Strahlung um ein Vielfaches größer sind als der Wärmefluss aufgrund unterschiedlicher Innen- und Außentemperatur [4].

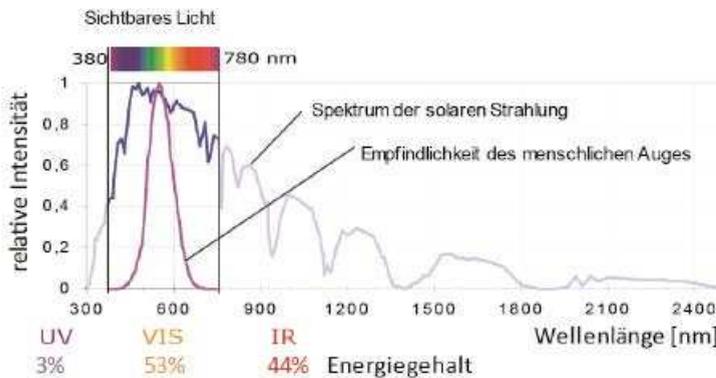


Bild 1-4 Energiespektrum der solaren Strahlung

1.5. Einbauten im Scheibenzwischenraum

Der Scheibenzwischenraum einer Isolierverglasung ist hermetisch von der Umgebung abgeschlossen. Dies führt zum sogenannten „Isolierglaseffekt“. Ändert sich der Luftdruck oder die Umgebungstemperatur, kommt es zu einer Volumenänderung des im Scheibenzwischenraum eingeschlossenen Füllgases. Folglich kommt es zu Beanspruchungen der Einzelscheiben und des Randverbundes. Die „Klimalast“ wird nicht nur beim statischen Nachweis berücksichtigt, sondern hat auch maßgeblichen Einfluss auf die dauerhafte Funktion des Isolierglases. Der Scheibenzwischenraum kann zudem genutzt werden, um weitere Bauteile platzsparend und vor Umwelteinflüssen geschützt unterzubringen. So können beispielsweise TWD-Materialien (Bild 1-5) oder auch Lamellensysteme im Scheibenzwischenraum integriert werden, um die Funktionalität des Isolierglases zu erweitern. Empfindliche Materialien wie Hölzer und Metalle werden dauerhaft konserviert, und bewahren ihr ursprüngliches Erscheinungsbild. Ein weiterer Vorteil liegt in der einfachen Installation, die sich nicht von der Verlegung anderer Isoliergläser unterscheidet. Zusätzliche Konstruktionen, wie bei einem außenliegenden Sonnenschutz, können entfallen. Die Funktion eines integrierten Systems ist außerdem unabhängig von Wind und anderen äußeren Einflüssen. Auch eine Verschmutzung tritt

im SZR nicht auf. Die Reinigung der Elemente erfolgt wie bei jeder anderen Verglasung.



Bild 1-5 links: Transparente Wärmedämmung im SZR einer Isolierverglasung; rechts: Kapillarplatte aus transparentem PMMA

2 Transparente Wärmedämmung

2.1. Definition

Als transparente Wärmedämmung (TWD) werden alle Materialien oder Bauteile bezeichnet, die sowohl lichtdurchlässig als auch wärmedämmend sind. Die meisten dieser Materialien haben lichtstreuende Eigenschaften. Daher ist keine freie Durchsicht möglich. Obwohl diese Materialien also eher transluzent sind, hat sich in der Literatur der Begriff der „transparenten“ Wärmedämmung durchgesetzt.

TWD wird heute meist nicht zur Erwärmung einer Absorberwand eingesetzt, sondern als Tageslichtsystem. Diese Anwendung bietet zusätzlich den Vorteil der direkten Tageslichtnutzung, da das Licht durch die TWD diffus in den Innenraum gestreut wird [5].

2.2. Wirkungsweise

Die am meisten verbreiteten TWD-Materialien, wie Waben- und Kapillarplatten (Bild 2-1), erzeugen ein ruhendes Luftpolster, indem die Konvektion verhindert wird. Die gute Wärmedämmung der TWD resultiert also letztendlich aus der geringen Wärmeleitfähigkeit ruhender Luft. Der Materialanteil ist gering und trägt somit kaum zur Wärmeleitung bei. Oft sind diese Materialien empfindlich und verschmutzen schnell. Daher werden sie zum Schutz zwischen zwei Glasscheiben gebaut.

Neuerdings werden auch transluzente Silika-Aerogele als TWD eingesetzt. Das Silika-Aerogel liegt in granularer Form vor und lässt sich in den SZR füllen. Silika-Aerogele

bestehen im Wesentlichen aus Siliziumoxid, also dem gleichen Material wie Sand bzw. Glas. Allerdings besitzen Aerogele einen Luftgehalt von über 97 %.

Damit ist dieses nanoporöse Material gegenwärtig der leichteste Feststoff und beste Isolierbaustoff. Aerogele besitzen eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit als ruhende Luft, da neben der Konvektion auch die Wärmeleitung im Gas verhindert wird. Bei einer 30mm starken Füllung ergibt sich so ein U-Wert von $U=0,6\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, bei 60mm ergibt sich ein Wert von $U=0,3\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.3. Anwendungen

Neben der Wärmedämmung kommt der TWD bei Direktgewinnsystemen die Funktion zu, die solare Einstrahlung zu kontrollieren. Je nach TWD-System, kann dies über die Dicke, den Aufbau oder durch die Kombination mit anderen Materialien geschehen. Dadurch können geringe g-Werte realisiert werden, ohne dass sich der Farbwiedergabeindex verschlechtert. Aus diesem Grund werden solche transluzenten Gläser oft in Sportstätten, Museen, Schulen, Shops, Produktionsstätten oder überall da eingesetzt, wo gute Lichtverhältnisse eine besondere Rolle spielen. Durch die dreidimensionale Struktur der unzähligen Kapillaren wird das einfallende Sonnenlicht diffus in den Raum gestreut. Auf diese Weise werden Innenräume blendfrei und homogen ausgeleuchtet. Der Einsatz künstlicher Beleuchtung kann reduziert werden. TWD-Systeme zur Tageslichtnutzung werden zumeist nicht als Alternative zu herkömmlichem Isolierglas eingesetzt, da die freie Durchsicht nicht gegeben ist. Vielmehr werden solche Systeme als Dachverglasungen verwendet oder sie können bei Fassadenanwendungen als Ersatz für opake Wände dienen. Bild 2-2 zeigt exemplarisch eine typische Anwendung in einer Sporthalle mit einem umlaufenden Tageslichtband. Durch die lichtstreuende Wirkung der TWD wird der Raum schattenfrei gleichmäßig mit Tageslicht ausgeleuchtet, ohne dass Blendungen der Nutzer auftreten können. In Bild 2-3 ist eine Fassadenanwendung in einem Museum dargestellt, bei der alle Wände aus TWD ausgeführt sind. Der Ausstellungsbereich wird mit Tageslicht versorgt und der hohe Farbwiedergabeindex ermöglicht eine unverfälschte Wahrnehmung der Exponate. Der Eingangsbereich ist demgegenüber mit transparentem Isolierglas gestaltet. Ein vergleichbares Konzept wurde bei dem Hotelbau in Bild 2-4 verwirklicht. Opake Außenflächen wurden durch TWD-Elemente ersetzt. Das natürliche Tageslicht verbessert den Nutzungskomfort und sorgt für eine angenehme Atmosphäre. Die transparenten Fenster und Türelemente bleiben erhalten, um den ungestörten Blick nach draußen zu ermöglichen.



Bild 2-2 Tageslichtnutzung in der Hans-Joachim-Brandenburg-Halle, Herzebrock-Clarholz, werk 9 architekten + ingenieure GmbH, 2010



Bild 2-3 Fassade aus TWD im Museum Cité de l'Océan et du Surf, Biarritz, Steven Holl, New York, 2011

3 Winkelselektive Systeme

3.1. Funktion

Eine alternative Möglichkeit, die solare Strahlung zu kontrollieren, besteht im Einsatz von winkelabhängigen Systemen. Neben dem bekannten außen liegenden Sonnenschutz, lassen sich Lamellensysteme auch im Scheibenzwischenraum einer Isolierverglasung unterbringen, sofern die Breite der Lamelle dies zulässt. Außen liegende Systeme erscheinen auf den ersten Blick aus physikalischen Gründen effektiver zu arbeiten, haben aber den Nachteil, dass sie der Witterung ausgesetzt sind. Verschmutzungen der reflektierenden Lamellenoberfläche können die Funktion beeinträchtigen. Wind kann

die Systeme beschädigen oder die Funktion einschränken. Dies kann in der Praxis zu hohen Folgekosten durch Wartung, Instandsetzung und Reinigung führen. Wird dies vernachlässigt, wird nicht nur die Funktion eingeschränkt, sondern auch das ästhetische Erscheinungsbild der Fassade gestört. Raumseitig angeordnete Jalousien bieten hingegen lediglich einen Blendschutz, die solare Strahlung ist aber bereits im Gebäudeinneren. Folglich werden Kühllasten auf diese Weise kaum reduziert. Bei Systemen, die im SZR eingebettet sind, können annähernd die bauphysikalischen Werte realisiert werden, wie bei außenliegenden Systemen. Sie sind jedoch witterungsunabhängig und wartungsfrei. Heute existieren unterschiedliche feststehende oder bewegliche Lamellensysteme für die Anwendung im SZR, die entweder retroreflektierend ausgelegt sind oder gezielt Tageslicht in den Innenraum lenken. Im Gegensatz zu Tageslichtsystemen aus TWD wird das Licht in diesem Fall mit Hilfe hochreflektierender Lamellen direkt und nicht diffus ins Rauminnere gelenkt. Um daraus resultierende Blendungen zu vermeiden, sollten die Lamellenprofile so geformt sein, dass das einfallende Tageslicht hauptsächlich nach oben zur Raumdecke umgelenkt wird. Im Gegensatz zu Sonnenschutzbeschichtungen bieten auch feststehende Lamellen variable Transmissionwerte abhängig vom Sonnenstand (Bild 3-1). Im Winter, bei tief stehender Sonne, gelangt mehr solare Energie in das Gebäude. Im Sommer wird die direkte Einstrahlung verhindert und das Gebäude vor Überhitzung geschützt. Bei feststehenden Systemen kann zudem ein Fehlverhalten durch den Nutzer ausgeschlossen werden. Häufig beobachtet man im Sommer, dass bei hohen Temperaturen die Fenster weit geöffnet werden, der Raum verdunkelt und dann die Beleuchtung eingeschaltet wird. Dadurch wird genau das Gegenteil dessen erreicht, was der Nutzer eigentlich erreichen möchte. Zudem herrscht oft eine gewisse Skepsis gegenüber feststehenden Systemen, da die ungehinderte Durchsicht meist erst aus einer gewissen Entfernung möglich ist. Daher ist oft eine Kombination von transparenten Fensterflächen und energetisch optimierten Fassadenflächen mit Lamellen sinnvoll. Alternativ zu beweglichen Lamellensystemen im Scheibenzwischenraum existieren heute auch Gläser mit Beschichtungen, die in der Lage sind ihre Licht- und Energietransmission zu verändern, wenn beispielsweise eine elektrische Spannung angelegt wird.

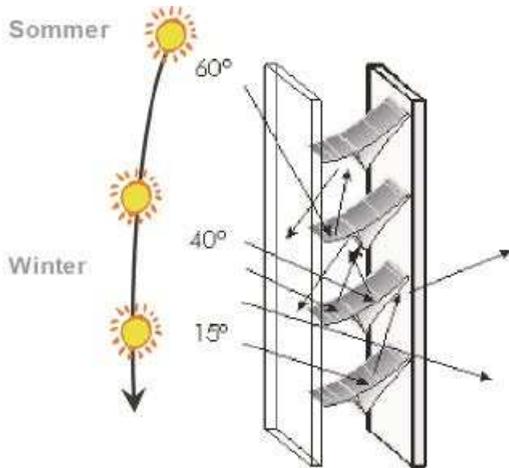


Bild 3-1 Funktionsweise optisch geregelter Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum

3.2. Energetische Betrachtung

Die Funktion einer gläsernen Gebäudehülle soll an folgendem einfachen Beispiel energetisch bewertet werden. Die Intensität der Sonneneinstrahlung an der Grenze unserer Atmosphäre beträgt 1367 W/m^2 (=Solarkonstante). Zwar geht auf dem Weg zur Erdoberfläche ein Teil der Strahlungsintensität verloren, jedoch kommen, je nach Breitengrad, ca. 800 bis 1000 W/m^2 Solarstrahlung an der Erdoberfläche an. Durch eine Dachverglasung mit einem g-Wert von 50% gelangen bei direkter Einstrahlung demnach noch maximal 400 - 500 W/m^2 ins Innere. Daher kann die solare Energie schnell zur Überhitzung eines Gebäudes führen, insbesondere, wenn massereiche Bauelemente als Puffer fehlen. Dem entgegen entweichen im Winter, bei einem Temperaturgradienten von 30 K zwischen Innen- und Außentemperatur und einer Verglasung mit einem U-Wert von $U = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, lediglich $30 \text{ K} \cdot 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 36 \text{ W/m}^2$. Auch ist zu berücksichtigen, dass der notwendige Energieaufwand zur Kühlung etwa doppelt so hoch ist, wie bei der Erwärmung eines Gebäudes um den gleichen Temperaturbetrag. Daher spielt bei großen Glasflächen der Schutz vor Überhitzung in den meisten Klimazonen eine entscheidende Rolle. Andererseits möchte man die solaren Energiegewinne im Winter natürlich nutzen, da so Wärmeverluste ausgeglichen werden können. Ein optisch geregelter Sonnenschutz mit variablen g-Werten und variabler Lichttransmission kann daher eine energetisch sinnvolle Lösung darstellen. Ob und wann sich ein winkelselektiver Sonnenschutz lohnt, ist vom jeweiligen Projekt, den Umgebungsbedingungen, der Nutzung und vielen anderen Randbedingungen abhängig, die individuell bewertet werden müssen. Hierfür stehen heute rechnerbasierende Simulationswerkzeuge zur Verfügung, die eine ganzheitliche Bewertung ermöglichen. Hierzu werden die dynamischen Parameter mit ihren tatsächlichen Werten berücksichtigt, anstatt feste Größen zu verwenden. In Bild 3-2 und Bild 3-3 ist exemplarisch die Lichtverteilung in einem

Klassenraum dargestellt. Es ist zu erkennen, dass bei einem Einfallswinkel des Lichts von 45° bei Klarglasfenstern das Sonnenlicht direkt auf den Boden fällt. Der fensternahe Bereich ist entsprechend hell. In Bild 3-3 wird das Licht von einem Lichtlenksystem an die Raumdecke umgelenkt und gelangt tiefer in den Raum. Der fensternahe Bereich ist verschattet.

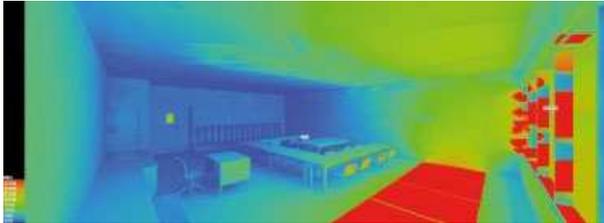


Bild 3-2 Falschfarbendarstellung der Lichtverteilung in einem Klassenraum bei 45° direktem Lichteinfall und Fensterelementen aus Klarglas

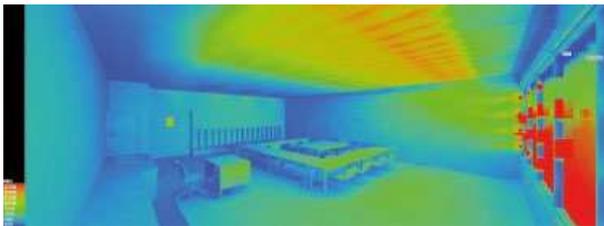


Bild 3-3 Falschfarbendarstellung der Lichtverteilung in einem Klassenraum bei 45° direktem Lichteinfall und Fensterelementen mit Lamellensystem zur Lichtumlenkung an die Raumdecke

3.3. Anwendungsbeispiele

In Bild 3-4 ist die Anwendung eines Lamellensystems im Isolierglas am Beispiel eines Bürogebäudes mit raumhoher Verglasung dargestellt. In den Fensterflächen sind feststehende Lamellen untergebracht, in den Ausstellfenstern ist eine raumseitig angeordnete bewegliche Jalousie verbaut. Diese ist in Bild 3-4 geöffnet, sodass das direkte Tageslicht auf den Fußboden fällt, während die feststehenden Lamellen im SZR den Raum vollständig verschatten. Zusätzlich ist der obere Teil des Lamellensystems lichtlenkend ausgeführt. Dadurch wird das Licht im Bereich oberhalb der Augenhöhe an die Raumdecke reflektiert und zur Ausleuchtung genutzt. Erkennbar ist zudem die gute horizontale Durchsicht von innen nach außen. Demgegenüber ist bei allen feststehenden Lamellensystemen die Durchsicht in Richtung der hochstehenden Sonne nicht möglich, da ja eine direkte Sonneneinstrahlung verhindert werden soll. Dies ist in Bild 3-5 gut erkennbar. Die Fassade eines Flughafengebäudes ist im oberen Teil mit einem Beschattungssystem ausgestattet, welches die solare Einstrahlung verhindert. Der untere Bereich ist

in normalem Isolierglas ausgeführt, um die Durchsicht nach außen zu ermöglichen. Bild 3-6 zeigt die Außenansicht eines Hörsaalgebäudes mit einem feststehenden Lamellensystem und freien transparenten Teilflächen. Die Areale mit den integrierten Lamellen erscheinen aufgrund ihrer reflektierenden Eigenschaften im direkten Vergleich zum normalen Isolierglas etwas heller.



Bild 3-4 Innenansicht Landesdenkmalamt Esslingen mit sichtbarer Lichtumlenkung an die Raumdecke, Architekt Odilo Reutter, 2003



Bild 3-5 Aerogare Luxembourg mit integriertem Sonnenschutz im oberen Bereich der Fassade, Atelier Paczowski & Fritsch, 2008

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die technischen Möglichkeiten, den U-Wert einer Glasfassade weiter zu verbessern, sind begrenzt. Gegenüber einer Einfachverglasung mit einem U-Wert von $U=5,7\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreichen moderne Dreischeiben-Isoliergläser heute Werte von $U=0,5\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Trotz des Verzehnfachens der Wärmedämmung bleiben der Aufwand, die Kosten und der Primärenergiebedarf in einem wirtschaftlich und ökologisch vertretbaren Rahmen. Weitere Verbesserungen des U-Wertes verspricht man sich z.B. von der Entwicklung von Vakuum-Isolierverglasungen. Inwieweit eine Reduktion von $0,2\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ bis $0,3\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ wirtschaftlich sinnvoll ist, wird maßgeblich von den Kosten solcher Verglasungen abhängig sein. Zudem werden an den Randverbund einer Vakuum-Verglasung ganz neue Anforderungen bezüglich Dichtheit und Dauerhaftigkeit gestellt. Ein zweistufiger elastischer Randverbund kommt für Vakuum-Isolierglas nicht in Frage. Daher werden beispielsweise metallische Folien mittels eines Laserstrahls mit der Glasoberfläche verschweißt, um eine möglichst hohe Dichtheit zu erzielen und gleichzeitig eine gewisse Flexibilität des Randverbundes sicherzustellen, die notwendig ist um Mikrorisse im Glas zu verhindern (vergleiche 1.1). Da das Glas und der Randverbund äußeren Belastungen ausgesetzt sind, stehen die Ingenieure heute prinzipiell vor denselben Problemen wie die Erfinder des Isolierglases 1865. Bezüglich weiterer Verbesserungen der Wärmedämmung ergibt sich ein weiteres Dilemma. Kältebrücken im Bereich des Randverbundes und der Unterkonstruktion gewinnen an Einfluss. Die Wärmedämmung der gesamten Fassade verbessert sich daher nicht proportional zum U-Wert der Isolierverglasung. Auch am Verhältnis $T_v/g < 2$ lässt sich wenig ändern, da es vom Spektrum unserer Sonne vorbestimmt ist. Will man die Energiebilanz der Gebäudehülle signifikant verbessern, muss man zu Systemen übergehen, die aktiv Energie erzeugen, beispielsweise durch integrierte Photovoltaik.

Standard-PV-Module sind heute in Deutschland weit verbreitet. Dagegen spielen gebäudeintegrierte Lösungen bisher kaum eine Rolle. Die Hauptgründe hierfür liegen in den, im Vergleich zu Standard-Modulen, relativ hohen Kosten und in der oftmals fehlenden Flexibilität seitens Abmessungen und Geometrie. Darüber hinaus besitzen integrierte Lösungen oft einen geringeren Wirkungsgrad, da ihre Ausrichtung von der Lage der Fassade vorgegeben ist [6]. Dennoch kann der Stromertrag einer individuell gestalteten gebäudeintegrierten PV-Anlage in Deutschland durchaus 100 kWh pro m^2 und Jahr betragen. Dadurch lassen sich sogar Gebäude realisieren, die eine positive Energiebilanz aufweisen. In Ländern mit hoher solarer Einstrahlung ist der Einsatz einer PV-Fassade besonders sinnvoll, da die zur Gebäudekühlung benötigte Energie genau dann erzeugt wird, wenn sie benötigt wird.

Durch intelligente und gut geplante Lösungen lassen sich schon heute energieeffiziente Gebäudehüllen aus Glas verwirklichen. Dabei müssen Isolierverglasungen multifunktionale Anforderungen erfüllen, die längst über die ausschließliche Funktion der Wärmedämmung hinausgehen. Selbst scheinbar gegensätzliche Anforderungen, wie Sonnenschutz und Tageslichtnutzung, müssen erfüllt werden. Durch Einbauten im Scheiben-

zwischenraum kann das Funktionsspektrum der Verglasungen erweitert werden. Die effektive Kombination von Wärmedämmung, Tageslichtnutzung und Kontrolle der solaren Einstrahlung ermöglicht ein weites Potenzial zur Energieeinsparung und durch gebäudeintegrierte Photovoltaik sind sogar Plusenergiehäuser möglich. Damit wird die Fassade aber immer mehr zum integralen Bestandteil der Gebäudetechnik und Architekten und Fachplaner sind mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Aber auch die Glashersteller und Fassadenbauer müssen auf diese Entwicklung reagieren und den Kunden der Zukunft ein Höchstmaß an Flexibilität und Know-how bieten. Bei guter Planung wird letztendlich der Nutzer vom gestiegenen Komfort und von verringerten Energiekosten profitieren.

5 Literatur

- [1] DIN EN 673: Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Berechnungsverfahren, Berlin, Beuth, 2003.
- [2] DIN EN 674: Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Verfahren mit dem Plattengerät, Berlin, Beuth, 2003.
- [3] Schneider, F.: Technik im Scheibenzwischenraum. Deutsche BauZeitschrift 12 (2006), S. 68-70.
- [4] Schneider, F.: Intelligente Gebäudehüllen aus Glas, VDI-Berichte Nr. 2084 Bauen mit innovativen Werkstoffen (2009), S 89 – 99.
- [5] Schneider, F.: Transparente Wärmedämmung, Glasbau 2011 Technische Universität Dresden (2011), S 127 – 140.
- [6] Schneider, F.: Neue Fassadenkonzepte und BIPV, Energieeffizienz in Gebäuden, Jahrbuch 2010, S 195– 201, VME – Verlag und Medienservice Energie, 2010.

BESTELLFORMULAR

Stück	Bestell-Nr.:	Titel	Preis* €
	978-3-433-03021-9	Weller, Bernhard / Tasche, Silke (Hrsg.): Glasbau 2012	ca. 39,90
	906132	Gesamtverzeichnis Ernst & Sohn 2011/2012	kostenlos
	bitte ankreuzen	Monatlicher E-Mail-Newsletter	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner		Telefon	
UST-ID Nr. / VAT-ID No.		Fax	
Straße//Nr.		E-Mail	
Land	PLZ	Ort	

Vertrauensgarantie: Dieser Auftrag kann innerhalb von zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wilhelm Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und
 technische Wissenschaften
 GmbH & Co. KG
 Rotherstraße 21, 10245 Berlin
 Deutschland
 www.ernst-und-sohn.de



Datum / Unterschrift

*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.
 Stand: Februar 2012 (homepage_Probekapitel)