



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# **Fenster-, Türen- und Fassadentechnik** für Metallbauer und Holztechniker

**7. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 18316**

**Autoren:**

Pahl, Hans-Joachim  
Weller, Claus

Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat  
Dr.-Ing., Beratender Ingenieur

Hamburg  
Urbach

**Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:**

Hans-Joachim Pahl

**Illustrationen:**

Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

**Betreuung der Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der Normblätter und sonstiger technischer Regelwerke zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die Normblätter mit dem neuesten Ausgabedatum der DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) selbst. Sie können durch die Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

**Haftungsausschluss**

In diesem Fachbuch sind die bei Redaktionsschluss aktuellen Begriffe und der heutige Stand der Technik sowie die anerkannten Regeln der Technik berücksichtigt worden.

Gleichwohl wird im Einzelfall, dort wo es sich als zweckmäßig zeigte, auch auf historische Bildbeispiele verwiesen.

Für mögliche inhaltliche Fehler und Mängel in Text und Bild übernehmen die Autoren und der Verlag keine Haftung.

7. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1417-3

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co KG., 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfoto: Hans-Joachim Pahl (Lektor und Autor des Autorenkreises)

Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

## Vorwort zur 7. Auflage

Mit dem vorliegenden Fachbuch hat der Leser ein Kompendium in der Hand, das in der bereits 7. Auflage wieder zu den Themenkreisen der Fenster-, Türen- und Fassadentechnik vertiefende Fachkenntnisse vermittelt, als Türöffner für diese großen Fachgebiete der Bautechnik wirken soll und das Begeisterung für diese vielfach auch wissenschaftlich behandelten Themen Bauelemente und Baukonstruktionen entfachen kann. In der Tat: Fenster, Türen und moderne Fassadenkonstruktionen haben in den letzten Jahrzehnten durch die Fachwissenschaften eine große Aufmerksamkeit erfahren, um den Herausforderungen an die moderne Bautechnik zu entsprechen und den zeitgemäßen Anforderungen des Umweltschutzes nachzukommen. Als Stichworte sind hier der in den Baukonstruktionen hoch entwickelte Wärmeschutz, der für die modernen Städte anspruchsvolle Schallschutz und die gestiegenen Ansprüche an den Brandschutz zu nennen.

Die Autoren dieses Fachbuches haben diese Zusammenstellung des technischen Wissens über Fenster, Türen und Fassaden für interessierte berufsorientierte junge Leute, für Fachlehrer an Berufs- und Technikschiulen, für Teilnehmer an Meister- und Technikerkursen des Metallbauer- und Tischlerhandwerks, für Studierende der Holztechnik- und Metallbau-Studiengänge und für Ein- und Verkäufer der hier angesprochenen Bauelemente geschrieben.

Die Autoren der 7. Auflage dieses Fachbuches verfolgten mit der Neuauflage die Ziele, die aktuellen Entwicklungen in Technik und Normung zu berücksichtigen sowie die Kapitel und Inhalte zu straffen.

Die Autoren wünschen allen Lesern viele weiterführende und vertiefende Erkenntnisse über die hier dargelegten technischen Zusammenhänge. Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und somit dem Autorenteam über [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) übermittelt werden.

Autoren und Verlag

Sommer 2024

**Glas und Scheibe**

**Fenster**

**Sonnenschutz-  
anlagen**

**Türen**

**Fassaden**

**Wintergärten**

**Bauphysik**

**Statische  
Vorbemessung**

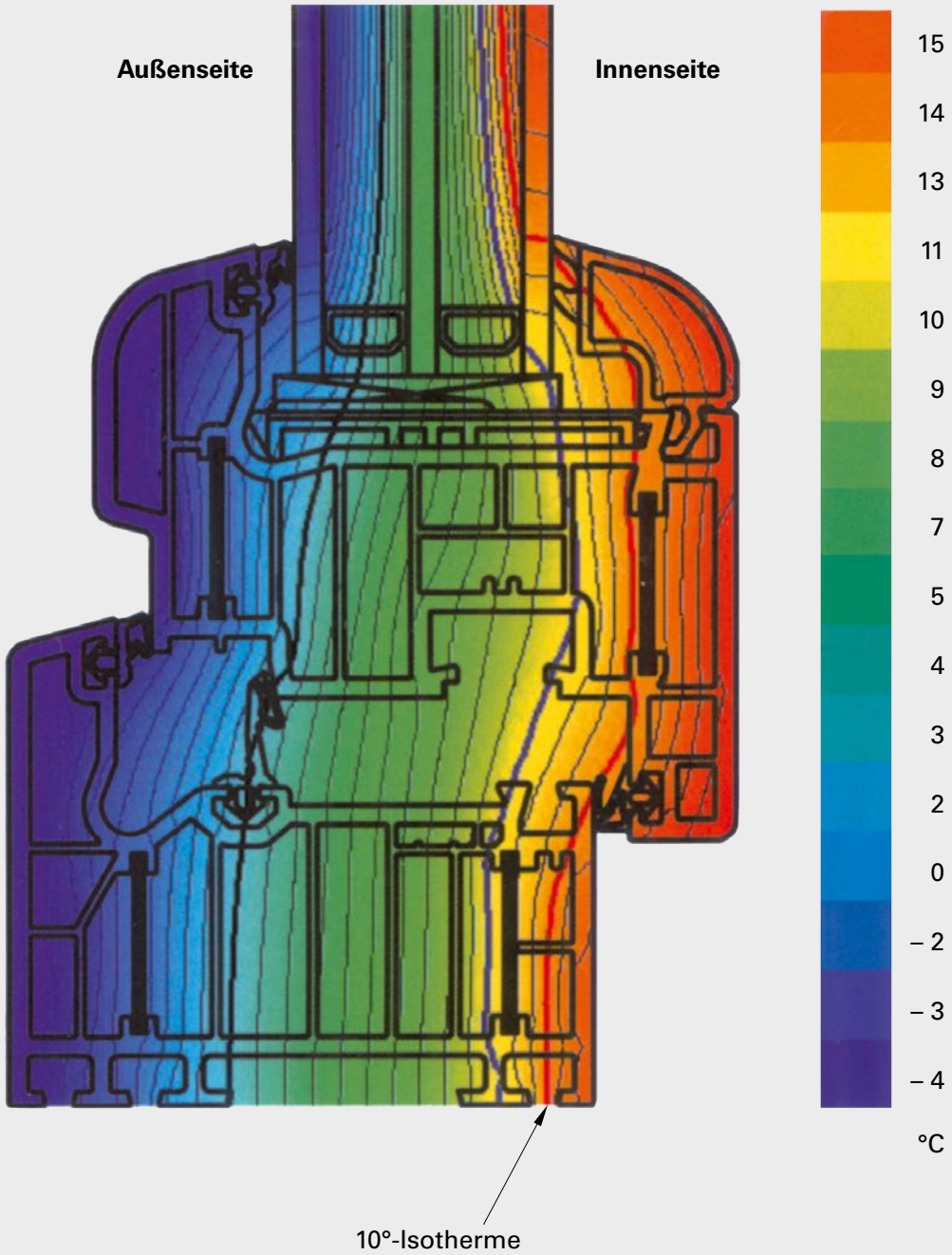
# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Glas und Scheibe</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Eigenschaften von Flachglas und Isolierverglasung</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Funktionsgläser</b>	<b>10</b>
1.2.1	Isolierglas	11
1.2.2	Wärmefunktionsglas	12
1.2.3	Sonnenschutzglas	12
1.2.4	Schallschutzglas	14
1.2.5	Brandschutzglas	15
1.2.6	Sicherheitsglas	17
1.2.7	Angriffhemmendes Glas	19
1.2.8	Selbstreinigendes Glas	20
1.2.9	Zusammenfassung: Funktionsgläser im Bauwesen	20
<b>1.3</b>	<b>Arbeitsregeln für den Umgang mit Isolierglas</b>	<b>21</b>
<b>1.4</b>	<b>Bestimmung der Glasscheibendicke</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>Fenster</b>	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Unterscheidungsmerkmale</b>	<b>25</b>
2.1.1	Konstruktionsart	25
2.1.2	Öffnungsart	25
2.1.3	Rahmenwerkstoff	27
<b>2.2</b>	<b>Aufbau von Fenstern und Fensterwänden</b>	<b>32</b>
2.2.1	Maßbezeichnungen	35
<b>2.3</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>36</b>
2.3.1	Wärmeschutz	38
2.3.2	Feuchteschutz	43
2.3.3	Dampfdruckausgleich	45
2.3.4	Fugendurchlässigkeit und Schlagregendichtheit	47
2.3.5	Blower-Door-Test	49
2.3.6	Schallschutz	50
2.3.7	Einbruchhemmung	53
2.3.8	Zugesicherte Produkteigenschaften	57
2.3.9	Konformitätsnachweis	59
2.3.10	Lüftung	60
<b>2.4</b>	<b>Fensterbeschläge</b>	<b>63</b>
<b>2.5</b>	<b>Herstellung</b>	<b>67</b>
2.5.1	Aufmaß am Bauwerk	67
2.5.2	Zuschnitt und Bearbeitung eines Aluminiumfensters	70
2.5.3	Zuschnitt und Bearbeitung eines Holzfensters	74

2.5.4 Zuschnitt und Bearbeitung eines Kunststoff-Fensters .....	77
<b>2.6 Klotzung der Scheibe .....</b>	<b>79</b>
<b>2.7 Verglasungssystem .....</b>	<b>82</b>
2.7.1 Verglasung mit Dichtprofilen.....	83
2.7.2 Verglasung mit Dichtstoffen .....	85
<b>2.8 Glasfalz-Bemessung .....</b>	<b>87</b>
<b>2.9 Montage und Bauanschluss .....</b>	<b>87</b>
2.9.1 Anschlagarten .....	87
2.9.2 Einbauarten des Fensters.....	87
2.9.3 Befestigung am Baukörper .....	88
2.9.4 Anschlussfuge.....	93
2.9.5 Anforderungen an die Anstrichverträglichkeit des Dichtstoffes.....	99
2.9.6 Arbeitsplan .....	100
2.9.7 Außenfensterbänke .....	101
<b>3 Sonnenschutzanlagen .....</b>	<b>102</b>
<b>3.1 Raumseitige Sonnenschutzanlagen .....</b>	<b>103</b>
<b>3.2 Integrierte Sonnenschutzanlagen.....</b>	<b>105</b>
<b>3.3 Äußere Sonnenschutzanlagen .....</b>	<b>105</b>
3.3.1 Starre Sonnenschutzanlagen.....	105
3.3.2 Bewegliche Sonnenschutzanlagen .....	107
<b>3.4 Antriebe.....</b>	<b>110</b>
<b>3.5 Steuerungen .....</b>	<b>113</b>
<b>4 Türen.....</b>	<b>114</b>
<b>4.1 Unterscheidungs- merkmale .....</b>	<b>114</b>
4.1.1 Anordnung .....	114
4.1.2 Einbauort.....	115
4.1.3 Bewegungsart.....	115
4.1.4 Bewegungsrichtung und Bezeichnung .....	116
4.1.5 Bauarten .....	116
<b>4.2 Sicherheit an Automatiktüren.....</b>	<b>128</b>
<b>4.3 Türen mit besonderen Funktionen .....</b>	<b>129</b>
4.3.1 Rauchschutztüren .....	129
4.3.2 Feuerschutztüren .....	131
4.3.3 Feststellanlagen .....	136
4.3.4 Fluchttüren .....	138
4.3.5 Einbruchhemmende Türen .....	140
4.3.6 Schallschutztüren .....	142
<b>4.4 Türrahmen und Zargen.....</b>	<b>144</b>

<b>4.5 Türschwellen</b> .....	<b>147</b>
<b>4.6 Türbeschlag</b> .....	<b>147</b>
4.6.1 Türbänder.....	147
4.6.2 Türschlösser und Zubehör.....	152
4.6.3 Türschließer.....	157
<b>5 Fassaden</b> .....	<b>164</b>
<b>5.1 Anforderungen</b> .....	<b>164</b>
5.1.1 Anforderungen aus der Nutzung.....	164
5.1.2 Anforderungen an die Konstruktion.....	164
5.1.3 Anforderungen an das Äußere.....	164
5.1.4 Bauphysikalische Anforderungen.....	164
5.1.5 Statische Anforderungen.....	164
<b>5.2 Konstruktionsaufbau</b> .....	<b>165</b>
5.2.1 Schale und Schicht.....	165
5.2.2 Lage der Fassade.....	167
5.2.3 Tragwerk- und Fassadenraster.....	168
5.2.4 Montagemöglichkeiten vorgehängter Fassaden.....	169
<b>5.3 Gestaltmerkmale</b> .....	<b>171</b>
<b>5.4 Wärmedämmsysteme</b> .....	<b>173</b>
5.4.1 Warmfassade.....	173
5.4.2 Kaltfassade.....	174
5.4.3 Kalt-Warm-Fassade.....	176
<b>5.5 Merkmale von Fassaden-Bauarten</b> .....	<b>177</b>
5.5.1 Kalt-Warm-Fassade.....	177
5.5.2 Doppelfassade.....	179
5.5.3 Ganzglasfassade.....	180
5.5.4 Energiefassaden.....	183
5.5.5 Intelligente Fassaden.....	189
5.5.6 Medienfassaden.....	190
5.5.7 Überkopfverglasung.....	190
5.5.8 Lichtdachkonstruktionen.....	193
<b>5.6 Einzelheiten zur Fassadentechnik</b> .....	<b>198</b>
5.6.1 Wasserabführung und Belüftung.....	198
5.6.2 Montage und Lastabtragung.....	201
5.6.3 Montagegenauigkeiten.....	206
5.6.4 Bauwerksanschlüsse.....	207
<b>6 Wintergärten</b> .....	<b>212</b>
<b>6.1 Gesetzliche Bestimmungen</b> .....	<b>212</b>
<b>6.2 Lage</b> .....	<b>213</b>

<b>6.3 Werkstoffe</b> .....	<b>213</b>
<b>6.4 Sonnenschutz und Belüftung</b> .....	<b>214</b>
<b>6.5 Konstruktion</b> .....	<b>215</b>
<b>7 Bauphysik</b> .....	<b>219</b>
<b>7.1 Wärme</b> .....	<b>219</b>
7.1.1 Strahlungshaushalt der Erde.....	219
7.1.2 Grundlagen der Wärmelehre.....	219
<b>7.2 Feuchteschutz</b> .....	<b>240</b>
<b>7.3 Schallschutz</b> .....	<b>247</b>
7.3.1 Entstehung und Ausbreitung des Schalls .....	247
7.3.2 Schallmessung, Maßeinheiten .....	248
7.3.3 Schallschutz im Hochbau.....	251
7.3.4 Zusammenfassung .....	255
<b>7.4 Brandschutz</b> .....	<b>257</b>
7.4.1 Brandvorgang .....	257
7.4.2 Brandverhalten der Baustoffe.....	257
<b>8 Statische Vorbemessung</b> .....	<b>262</b>
<b>8.1 Grundsätzliche Zusammenhänge</b> .....	<b>262</b>
<b>8.2 Belastung durch horizontale Kräfte</b> .....	<b>264</b>
<b>8.3 Kombinierte Belastung durch horizontale und vertikale Kräfte</b> .....	<b>268</b>
<b>8.4 Belastung durch weitere Kräfte</b> .....	<b>270</b>
<b>8.5 Abfolge einer statischen Vorbemessung für eine Fensterkonstruktion</b> .....	<b>270</b>
<b>8.6 Beispielaufgabe und Lösung</b> .....	<b>273</b>
<b>Firmenverzeichnis / Bildnachweis</b> .....	<b>277</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>278</b>





## 1 Glas und Scheibe

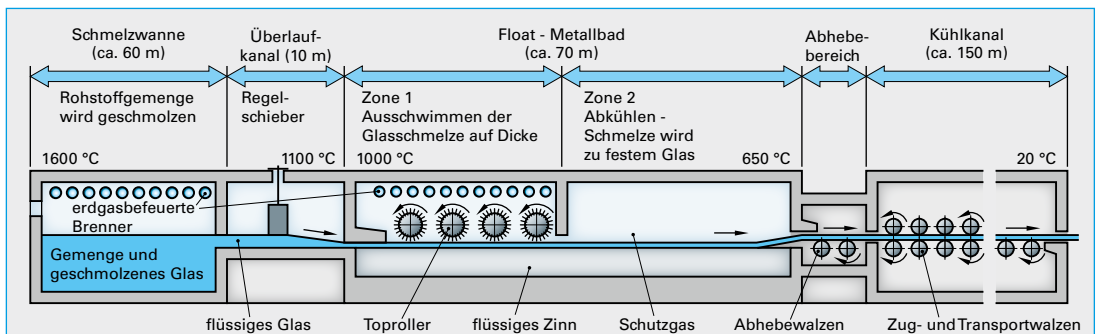
Fenster-, Tür- und Fassadenkonstruktionen werden von Metallbauern und Konstruktionsmechanikern aus Aluminium-, Stahl- und z. T. aus PVC-Profilen gefertigt. Tischler und Holzmechaniker verarbeiten für diese Konstruktionen Holz- und PVC-Profile. Die Verarbeiter dieser Profil-Werkstoffe kennen ihr Material, sodass in diesem Fachbuch auf die Herstellung dieser spezifischen Profile verzichtet werden darf. Weniger geläufig ist in diesen Berufsgruppen das Fachwissen über den Werkstoff Glas, obwohl ihre Konstruktionen überwiegend verglast ihre Funktion erfüllen. Glas am Baukörper hat außerdem in den letzten Jahrzehnten eine herausragende Entwicklung genommen. Moderne Fenster-, Türen- und Fassadenkonstruktionen sind hinsichtlich ihrer Anforderungen nur im Gesamtverständnis mit diesem Werkstoff zu verstehen.

Glas wird bei einer Temperatur von ca. 1550 °C aus einer Rohstoffmenge erschmolzen. Das Gemenge besteht meist aus dem Glasbildner Quarzsand (Kieselsäure 70-72 %), dem Flussmittel Soda (etwa 14 %), dem Stabilisator Kalk (etwa 10 %) und verschiedenen Oxiden (z. B. Aluminiumoxid, Magnesiumoxid), die die physikalischen Eigenschaften verbessern. Glas ist zwar ein fester Stoff, in Bezug auf seine Struktur und sein Verhalten im Abkühlungsvorgang

entspricht es jedoch einer erstarrten Flüssigkeit, weil die Schmelze beim raschen Abkühlungsvorgang nicht kristallisiert. Deshalb spricht man bei Glas auch von einer unterkühlten Schmelze.

Bereits während der Steinzeit wurde natürliches Glas als Speerspitze oder Messer verwendet. Seit dem 4. Jahrtausend v. Chr. ist die Kunst der Glasherstellung bekannt. Seit 2000 Jahren ist die Fertigung von durchsichtigem Glas möglich.

Die Herstellung von Flachglas geschieht heute nach verschiedenen Verfahren. Bei dem veralteten **Fourcault-Verfahren** von 1905 wird aus der zähflüssigen Glasschmelze ein flaches Glasband über ein System von Transportwalzen und Führungsrollen gezogen. Beim heute verbreiteten **Float-Verfahren** (Bild 1) wird die Glasschmelze „schwimmend“ auf einem Bad von flüssigem Zinn (Schmelztemperatur 232 °C) soweit abgekühlt, dass Glas in relativ fester Form herausgezogen werden kann. Das Float-Verfahren gewährleistet in hohem Maße ein planparalleles, verzerrungsfreies Glas mit Glasdicken ab etwa 0,5 mm. Die Ziehgeschwindigkeit, mit der das feste Glas aus dem halbflüssigen Zustand gezogen wird, bestimmt dabei die Glasdicke.



**Bild 1: Float- oder Schwimmverfahren**

### 1.1 Eigenschaften von Flachglas und Isolierverglasung

Neben den Kenntnissen über die Werkstoffe Aluminium, Stahl, Edelstahl, Kunststoff und Holz sollte ein Fenster- und Fassadenbauer über die Eigenschaften von Glas Bescheid wissen:

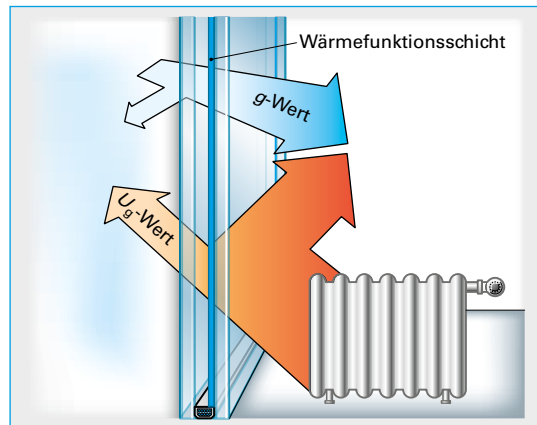
- Dichte  $\rho$ : ca. 2,5 g/cm<sup>3</sup> (eine 1 m<sup>2</sup> große Glasscheibe von 1 mm Dicke wiegt 2,5 kg),
- Ritzhärte nach Mohs: 5 bis 6 (Topas: Härte 8),
- Elastizitätsmodul  $E_{\text{stat}}$ : ca. 70 000 N/mm<sup>2</sup>,
- Druckfestigkeit  $\sigma_{\text{dB}}$ : 1000 N/mm<sup>2</sup>,

- Zugfestigkeit  $\sigma_z$ : ca. 30 N/mm<sup>2</sup>,
- Biegefestigkeit von Floatglas: ca. 45 N/mm<sup>2</sup>,
- Biegefestigkeit von Einscheibensicherheitsglas: 120 – 200 N/mm<sup>2</sup>,  
teilverspanntes Glas (TVG): 70 N/mm<sup>2</sup>,
- Längenausdehnungskoeffizient (Temperaturdehnzahl)  $\alpha$ : 0,000009 1/K (=  $9 \cdot 10^{-6}$  1/K),
- Poisson'sche Zahl (Querkontraktionszahl)  $\mu$ : 0,22,
- Erweichungstemperatur: 560 °C - 580 °C,
- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ : 0,8 W/(m · K) (Quarzglas),
- Spezifische Wärmekapazität  $c$ : 0,72 kJ/(kg · K),
- Wärmedurchgangskoeffizient ( $U_g$ -Wert) je nach Scheibenaufbau: 0,5 bis 5,8 W/(m<sup>2</sup> · K),
- $U_g$ -Wert von Einfachverglasung: 5,8 W/(m<sup>2</sup> · K),
- Gesamtenergie-Durchlassgrad ( $g$ -Wert) von normalem Isolierglas: 60 % bis 80 %,
- Lichtdurchlässigkeit bei Floatglas (Lichttransmissionsgrad)  $\tau_V$ : 0,72 % bis 0,88 %, je nach Glasdicke,
- Beständigkeit gegen Temperaturdifferenzen  $\Delta\vartheta$  über die Scheibenfläche bei technisch entspannten Gläsern: 40 K, bei thermisch vorgespannten Gläsern: 150 K,
- Emissionsvermögen (Abstrahlvermögen) von normalem Isolierglas  $\varepsilon_n$ : ca. 0,85,
- Emissionsvermögen von Glas mit „niedrig-emissiven“ Beschichtungen:  $\varepsilon_n < 0,2$ ,
- Schalldämmung bei 3 mm Glasdicke: 22 dB bis 24 dB (entspricht etwa der Schalldämmung von 8 mm Sperrholz),
- Isolierfähigkeit: nichtleitend in trockenem Zustand,
- Zulässige Spannungen Floatglas: 18 N/mm<sup>2</sup>, VSG: 22,5 N/mm<sup>2</sup>,
- Standard-Glasdicken: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 und 19 mm,
- Standard-Floatglas-Tafel: 1600 mm × 2250 mm × 4 mm,
- Großformat: 3600 mm × 18000 mm für Floatglas und Mehrscheiben-Isolierglas.

## 1.2 Funktionsgläser

Das mit dem Jahr 2020 verabschiedete Gebäudeenergiegesetz (GEG) stellt hohe Anforderungen an die Wärmedämmfunktion des Baustoffes Glas. Wie auch schon mit der Energieeinsparverordnung<sup>1</sup> von 2016 werden die **solaren Wärmegewinne** für die Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs von Neubauten berücksichtigt. Dadurch kommt dem Baustoff Glas eine einzigartige Rolle zu, denn nur Glas kann solare Energie ohne Zusatzaggregate nutzen. Die Wärmeverluste durch die Verglasung werden mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten ( $U_g$ -Wert), die solaren Energiegewinne durch den Gesamtenergie-Durchlassgrad ( $g$ -Wert) gekennzeichnet. Die Differenz zwischen Wärmeverlusten und Wärmegewinne bezeichnet man als Energiebilanz (Bild 1).

Durch moderne Fertigungstechniken stehen den Bauherren, Architekten und Metallbauern eine Vielzahl von Funktionsgläsern zur Auswahl, die teilweise nur eine, aber auch eine Vielzahl spezieller Funktionen erfüllen. An eine Verglasung kann beispielsweise der Anspruch bestehen auf Wärmeschutz mit erhöhtem Ein-



**Bild 1: Energiefluss bei einer Verglasung**

bruch und Schallschutz oder auf Wärmeschutz während der Heizperiode und mit zusätzlichem Sonnenschutz im Sommer.

Funktionsgläser unterscheidet man nach ihren Aufgaben:

- Isolierglas,
- Wärmefunktionsglas,

<sup>1</sup> Die erste Fassung der EnEV mit dem Titel „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ geht auf das Jahr 2002 zurück. Weitere Fortschreibungen fanden statt.

- Sonnenschutzglas,
- Schallschutzglas,
- Brandschutzglas,
- Sicherheitsglas,
- angriffhemmendes Glas.

### 1.2.1 Isolierglas

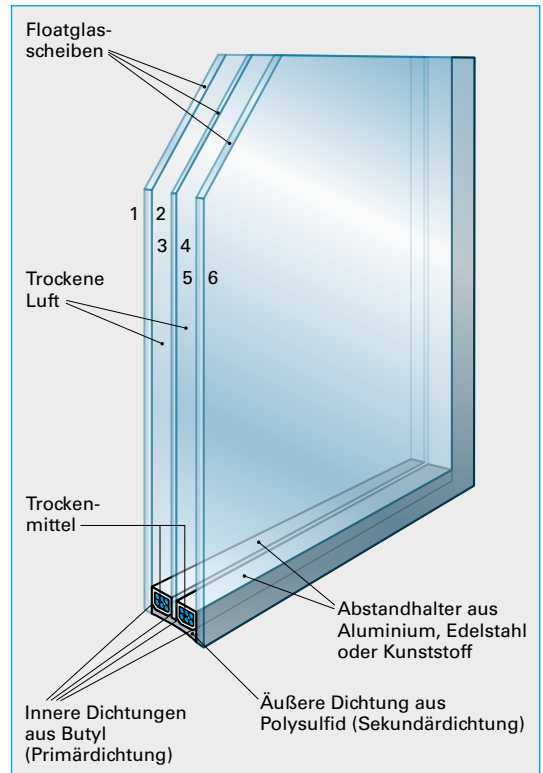
Isolierglas besteht aus zwei, drei oder vier Floatglasscheiben von z.B. 4 mm Dicke, die durch einen oder mehrere Metall- oder Kunststoffrahmen auf einen bestimmten Abstand gehalten werden. An den Rändern sind die Scheiben durch eine innere und äußere Dichtung zum umlaufenden Abstandhalter-Rahmen fest und gasdicht verbunden. Positionszahlen (Bild 1) geben die Lage der Einzelscheiben an.

Die innere Dichtung aus Butyl sorgt für die Haftung zwischen den Glasscheiben und dem Abstandhalter. Die äußere Dichtung aus Polysulfid (Thiokol) oder Polyurethan füllt den Raum zwischen den Scheibenkanten und dem Rahmenunterteil aus und dient hauptsächlich einer verbesserten mechanischen Festigkeit des Scheibenverbundes (Randverbundes).

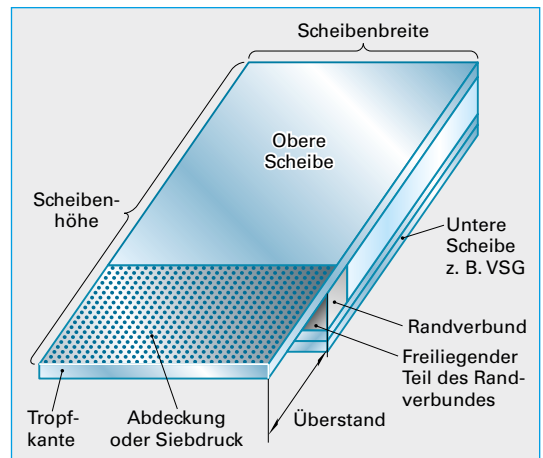
**Hinweis:** Polysulfid (Thiokol) und der Dichtstoff Silikon (Silikontyp: sauer) sind chemisch gesehen wenig verträglich. Hier wird neutrales Silikon verwendet.

Im Scheibenzwischenraum (SZR; 10, 12, 14 oder 16 mm breit) befindet sich trockene Luft. Der an der Deckfläche perforierte Abstandhalter-Rahmen ist mit einem Trockenmittel gefüllt. Geringe Mengen Feuchtigkeit, die trotz doppelt gedichtetem Randverbund in den SZR gelangen oder aus der Restfeuchte der eingeschlossenen Luft zutage treten, werden vom Trockenmittel absorbiert. Damit wird ein Beschlagen der Scheibeninnenseiten verhindert (Bild 1). Nahezu alle Isolierverglasungen kommen heute als Dreischeiben-Isolierverglasungen zur Anwendung. Für historisch wertvolle Fenster mit ihren geringen Profildicken und nicht mehr zeitgemäßen Wärmedurchgangswerten werden im Rahmen des Denkmalschutzes Vakuum-Isoliergläser eingesetzt ( $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ).

Auch **Stufen-Isolierglas** (Bild 2 u. S. 181, Bild 1) besteht aus zwei Glasscheiben. Dabei schließen die Glasränder nicht bündig ab, sondern die Oberscheibe überlappt die Unterscheibe, wodurch ein ungehinderter Wasserablauf gesichert wird. Das überstehende Scheibenstück darf aus statischen Gründen nicht aufliegen oder die Scheibe tragen. Der freiliegende



**Bild 1: Isolier-Verglasung**



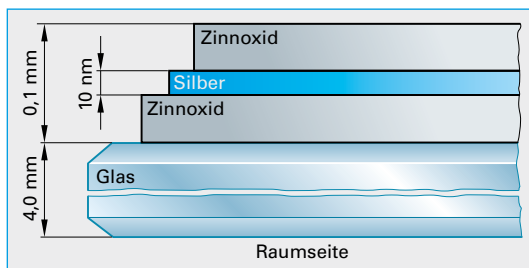
**Bild 2: Stufen-Isolierglas**

Randverbund bedarf eines besonderen Schutzes durch UV-beständiges, neutrales Silikon, Siebdruck oder ein Schattenblech.

Anwendungsbeispiele für Stufen-Isoliergläser sind Ganzglasfassaden und Überkopferverglasungen bei verglasten Dächern von Wintergärten.

## 1.2.2 Wärmefunktionsglas

Beim konventionellen unbeschichteten Zweifach-Isolierglas gehen aufgrund der hohen Energieabstrahlung (Emission) der Glasoberfläche etwa 65 % der Raumwärme verloren. Ein weiterer Wärmeverlust erfolgt durch Wärmeleitung und Wärmeströmung im luftgefüllten Scheibenzwischenraum. Der Wärmedurchgangskoeffizient liegt beim Dreischeiben-Isolierglas bei  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Zum Vergleich: der  $U_g$ -Wert für Einfachglas (Einscheibenglas) liegt bei  $5,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Beim Wärmefunktionsglas (auch als „Warmglas“ oder „Wärmeschutzglas“ bezeichnet) ist hingegen die raumseitige Glasscheibe auf der Innenseite zum SZR mit einer hauchdünnen, transparenten Edelmetallschicht versehen (Bild 1), die das Energieabstrahlungsvermögen (Emissionsvermögen)<sup>1</sup> erheblich mindert. Da diese Schicht die Sonnenstrahlen filtert, wird sie auch als „selektive Schicht“ bezeichnet. Für den kurzwelligen Anteil der Sonnenstrahlen – insbesondere im sichtbaren Bereich – ist diese Schicht durchlässig; der Großteil der langwelligen Wärmestrahlen aber wird reflektiert und gelangt nicht in den Innenraum. Die Silberschicht „trennt“ und reflektiert die Strahlung; die Zinnoxidschicht (neuerdings auch eine Bismutoxidschicht) dient der Entspiegelung und schützt vor Oxidation der Silberschicht.



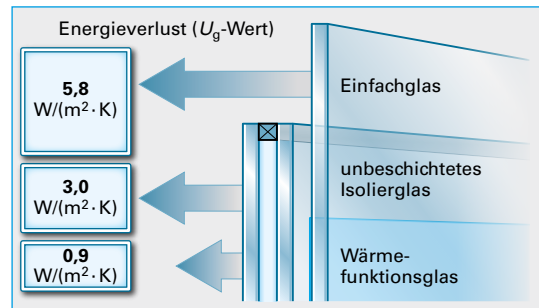
**Bild 1: Aufbau der selektiven Schicht**

Die eingedrungenen kurzwelligen Strahlen (Licht bis zu einer Wellenlänge von  $780 \text{ nm}$  und Wärmestrahlen bis  $2500 \text{ nm}$ )<sup>2</sup> werden von den Wänden, der Decke, dem Boden und den Gegenständen im Innenraum absorbiert und zum großen Teil als langwellige Wärmestrahlen wieder abgegeben (siehe S. 227, Bild 2). Die

<sup>1</sup> Das Emissionsvermögen  $\varepsilon_n$  gibt das Verhältnis der von einem Körper abgestrahlten Energiemenge zu der Energiemenge an, die von einem schwarzen Körper unter gleichen Temperaturbedingungen abgestrahlt wird. Je niedriger das Emissionsvermögen, desto kleiner (besser) ist der  $U$ -Wert.

<sup>2</sup> 1 Nanometer =  $10^{-9} \text{ m} \cong 0,000001 \text{ mm}$

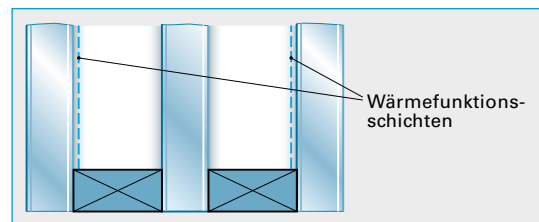
Wärmefunktionsschicht verringert den Austritt dieser langwelligen Wärmestrahlung (Bild 2). Der so bis auf  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  verbesserte  $U_g$ -Wert erfüllt die Voraussetzungen der anspruchsvollen energetischen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Wird zudem die Luft im Scheibenzwischenraum durch ein Edelgas (Argon, Xenon oder Krypton) ersetzt und für den Randverbund Kunststoff oder nichtrostender Stahl verwendet, wird der  $U_g$ -Wert noch einmal vermindert.



**Bild 2: Wärmefunktionsglas im Vergleich**

Dreifach verglaste Elemente, bei denen der Randverbund von der Außen- zur Innenscheibe durch die mittlere Scheibe unterbrochen ist (Bild 3), erzielen noch geringere  $U_g$ -Werte (bis zu  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ).

Ein Randverbund aus Kunststoff oder Edelstahl mit schwarzer Oberfläche verringert die Wärmeverluste im Glasrandbereich.



**Bild 3: Superwarmglas als Dreischeibenkonstruktion**

## 1.2.3 Sonnenschutzglas

Sonnenschutzgläser sind vor allem an Gebäuden mit großen Glasflächen in Südlage von Bedeutung. In Verbindung mit inneren Blendschutzeinrichtungen (siehe Kapitel 3) können sie die Kosten, die eine Klimaanlage verursachen würde, deutlich senken (die Kühlkosten können bis zum Vierfachen der Heizkosten im Winter ausmachen). Allerdings verschlechtern Sonnenschutzgläser die energetische Jahresbilanz. Sie reduzieren einerseits im Sommer

den Wärmeeintrag und andererseits werden im Winter auch die gewollten Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung verringert.

Sonnenschutzgläser schützen das Gebäudeinnere durch teilweise Reflexion und Absorption der Sonnenstrahlung über den gesamten Bereich des Sonnenspektrums – also dem UV-Bereich, dem Bereich des sichtbaren Lichts und der langwelligigen Wärmestrahlung.

Herkömmliche Sonnenschutzgläser vermindern entsprechend ihrer Lichtdurchlässigkeit die Raumhelligkeit. Durch ihre Färbung verändern sie die Farbwahrnehmung im Raum. Außerdem absorbieren sie einen Teil der Sonnenstrahlung, erwärmen sich dabei und geben die Wärmestrahlung nach innen ab. Diese herkömmlichen getönten Sonnenschutzgläser werden im Unterschied zu neueren Entwicklungen als Absorptionsgläser bezeichnet.

Die Lichtdurchlässigkeit  $\tau_V$  gibt den Anteil der direkt durchgelassenen sichtbaren Strahlung im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichts von 380 nm bis 780 nm, bezogen auf die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges, an. Sie wird in Prozent angegeben und wird u.a. von der Glasdicke beeinflusst. Bedingt durch den unterschiedlichen Eisenoxidgehalt des Glases sind geringfügige Schwankungen möglich. So verfügt Floatglas als Einzelscheibe im sichtbaren Spektralbereich über eine Lichtdurchlässigkeit von 88 %. Dabei ist die Bezugsgröße 100 % eine unverglaste Maueröffnung.

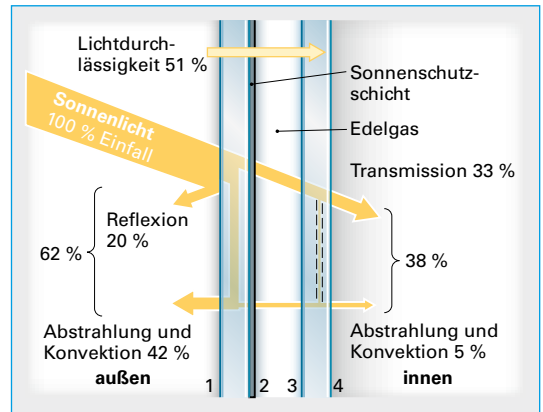
Die Selektivitätskennzahl  $S$  ist das Verhältnis der Lichtdurchlässigkeit  $\tau_V$  zum Gesamtenergie-Durchlassgrad  $g$ :

$$S = \frac{\tau_V}{g}$$

Diese Kennzahl bewertet die Sonnenschutzgläser in Bezug auf eine erwünschte hohe Lichtdurchlässigkeit im Verhältnis zum jeweils angestrebten niedrigen Gesamtenergie-Durchlassgrad  $g$ . Ein kleiner  $g$ -Wert ergibt eine gute Sonnenschutzwirkung. Der  $g$ -Wert liegt bei Sonnenschutzgläsern im Bereich 0,18 – 0,48. Eine hohe Selektivitätskennzahl drückt ein günstiges Verhältnis aus.

**Beispiel:**

Bei einer Scheibe (Bild 1) mit der Typenbezeichnung 51/38 mit selektiver Beschichtung gelangen 51 % des einfallenden Tageslichtes in den Innenraum (Lichtdurchlässigkeit  $\tau_V = 51 \%$ ), da-



**Bild 1: Strahlendurchlässigkeit von Sonnenschutzglas**

gegen nur 38 % der Gesamtenergie ( $g$ -Wert 38 %). Die Selektivitätskennzahl beträgt  $S = 1,34$  (Bild 1).

Eine Selektivitätskennzahl  $S \approx 2,0$  für normale Sonnenschutzgläser kennzeichnet die Grenze des physikalisch Machbaren. Ziel eines hochwertigen Sonnenschutzglases ist es, die Gesamt-Energiedurchlässigkeit bei hoher Lichtdurchlässigkeit herabzusetzen.

Ein modernes Sonnenschutzglas besteht aus zwei Floatglasscheiben. Der mit Edelgas gefüllte Scheibenzwischenraum ist durch den Randverbund gasdicht abgeschlossen. Den entscheidenden Unterschied zu anderen Funktionsgläsern macht die hauchdünne Beschichtung aus Edelmetall, die auf der Innenseite der äußeren Scheibe (Bild 1) aufgetragen ist. Diese Schicht selektiert die einfallenden Sonnenstrahlen: Sie reflektiert den langwelligigen Strahlenanteil (Wärmestrahlung), während das kurzwellige Tageslicht weitgehend durchgelassen wird. Bei niedrigen Außentemperaturen erfolgt die Selektion in umgekehrter Richtung: Raumwärme, die durch das Fenster zu entweichen droht, wird von der Beschichtung reflektiert.

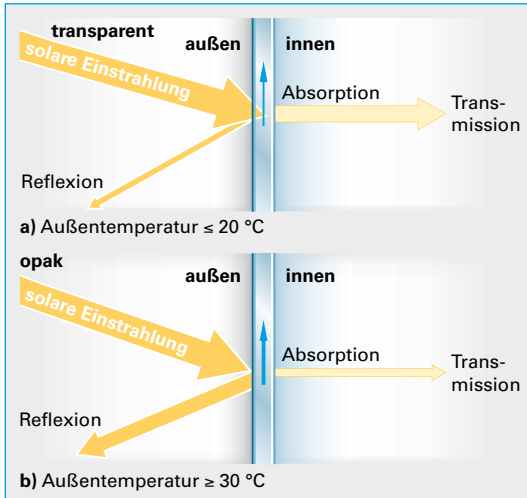
Eine hochwertige Kombination aus Sonnenschutzglas und Warmglas weist einen kleinen  $U_g$ -Wert ( $g$  für glazing), einen kleinen  $g$ -Wert und eine hohe Lichtdurchlässigkeit ( $\tau_V$ ) auf.

Neue Entwicklungen sind auf der Glasoberfläche aufgebraachte thermooptisch variable Polymerwerkstoffe (TOP). Der Brechungsindex der 45 nm dicken TOP-Schicht verändert temperaturabhängig den Brechungsindex.



Gläser mit **thermotropen Beschichtungen** reagieren auf Wärme:

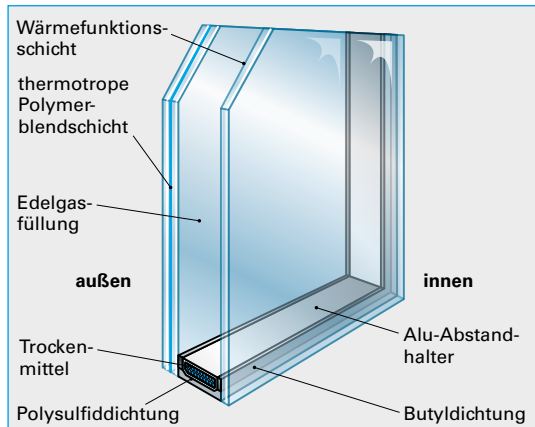
Bei Außentemperaturen unter 20 °C wird mehr Wärme durchgelassen; bei Temperaturen über 30 °C trübt sich die Schicht ein und reflektiert einen großen Teil der Sonnenstrahlung (Bild 1).



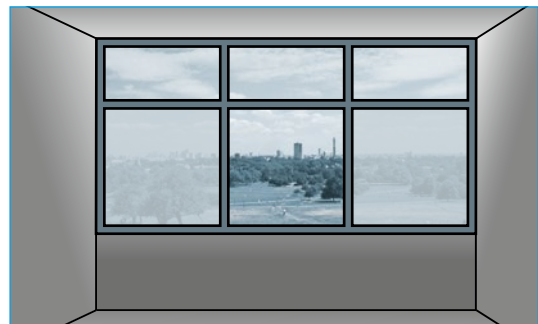
**Bild 1: Strahlenverlauf durch eine thermotrope Schicht**

Anders aufgebaute Sonnenschutzgläser arbeiten nach einem fotochromen Effekt. Auf den Floatglasscheiben werden auf einer Platinschicht nanoporöses Wolframoxid und Katalysatoren aufgetragen. Bei Bestrahlung mit Sonnenlicht färbt sich die **fotochrome Beschichtung** der Scheibe ein. Gläser dieser Art werden als Absorptionsgläser bezeichnet. Sie fanden bisher nur bei Brillengläsern Anwendung.

Eine andere Entwicklung wird mit „schaltbarem Glas“ besprochen. Dabei weist die Floatglasscheibe im Wesentlichen eine Flüssigkristallbeschichtung mit einer externen Spannungsversorgung und -regelung auf. Mit einer geringen Spannung wird ein Impuls ausgelöst, der im Flüssigkeitskristall einen Ionenaustausch auslöst und die Scheibe einfärbt. Das Glas zeigt sich dabei in verschiedenen gestuften Blautönen, die einen Schutz vor Sonnenlicht bewirken. Die Lichttransmission liegt zwischen 50 % und 15 %. Die Ein- und Entfärbung (kein Stromfluss) dauert je nach Scheibengröße einige Minuten. Diese Glastechnologie wird im Gegensatz zur fotochromen Beschichtung als **elektrochrome Beschichtung** bezeichnet. Gläser dieser Art gehören zur Gruppe der schaltbaren Gläser.



**Bild 2: Isolierverglasung mit thermotroper Schicht**



**Bild 3: Thermotrope Verglasung links und rechts bei erhöhter Sonneneinstrahlung**

Weitere Entwicklungen von schaltbarem Glas sind **fotoelektrochrome Gläser**. Sie gehen dahin, dass beim Abschalten einer geringen Spannung die Isolierverglasung sich weiß eintrübt und undurchsichtig wird. Durch Umschalten und der damit verbundenen elektrischen Umladung von Metalloxiden wird innerhalb einer Sekunde die Verglasung wieder transparent.

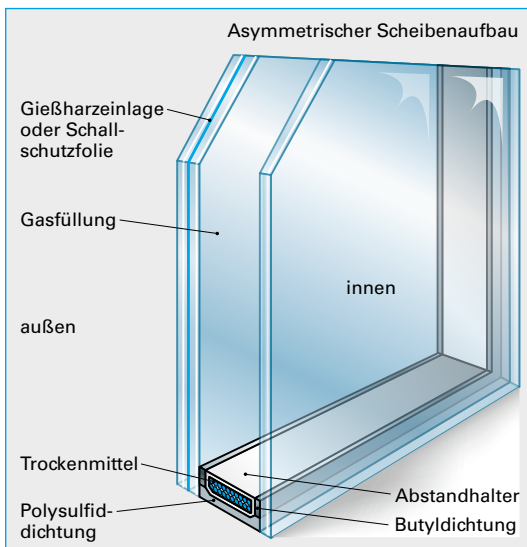
Thermotrope Glasbeschichtungen, fotochromer Sonnenschutz und „schaltbares Glas“ finden in Isolierverglasungen (Bild 2) und in Fassadenverglasungen ihre Anwendung. Die fehlende Durchsicht dieses Sonnenschutzglases bei Sonneneinstrahlung kann durch Kombination mit herkömmlicher Isolierverglasung ausgeglichen werden (Bild 3).

## 1.2.4 Schallschutzglas

Moderne Schallschutz-Isoliergläser sind nach dem Prinzip ungleicher Scheibendicke, elastischer Scheibenkombinationen und dämpfender Scheibenzwischenräume konstruiert.

In erster Linie bestimmt die Masse der Scheiben den Schalldämmwert  $R_w$  (in dB): Je größer die Masse, desto höher ist in der Regel die Schalldämmung. Daneben bewirkt der zweischalige Aufbau mit vergrößertem Scheibenzwischenraum eine Verbesserung des Schalldämmmaßes. Durch die Koppelung der Scheiben mit dem dazwischenliegenden Gaspolster treten Resonanzen auf, die die Schalldämmung im unteren Frequenzbereich mindern. Eine weitere Verbesserung bringt eine Gießharzeinlage oder eine Schallschutz-PVB-Folie zwischen den Einzelscheiben aus speziellem Verbundglas (Bild 1). Die elastische Einlage dämpft das Schwingverhalten.

Eine Schwergasfüllung im Scheibenzwischenraum verbessert die Schalldämmwerte um bis zu 5 dB. Als Füllgase kommen Argon, Krypton oder Gasgemische zur Anwendung.



**Bild 1: Schnitt durch ein Schallschutz-Isolierglas**

Die Dicke der Außen- und Innenscheibe muss verschieden sein. Je unterschiedlicher die Scheiben in der Dicke sind, desto höher ist in der Regel der Schalldämmwert. Dabei ist es unerheblich, ob sich die dickere Scheibe auf der Innen- oder Außenseite befindet.

Wichtig ist nicht allein die Schalldämmung des Glases; die Verglasung, Rahmen und Bauanschluss bilden eine Einheit und bestimmen die Dämmwirkung des Fensters.

Wärmefunktions-, Sicherheits- und Sonnenschutzglas oder durch Sprossen gestaltete Gläser sind mit allen schalldämmenden Ausführungen kombinierbar.

## 1.2.5 Brandschutzglas

Normales Fensterglas (Floatglas) ist für den Brandschutzbereich ungeeignet. Die Glasscheibe zerspringt bei einseitiger Hitzeeinwirkung nach kurzer Zeit, großflächige Bruchstücke fallen heraus und durch Feuerüberschlag droht eine rasche Ausbreitung des Brandes.

Seit 1977 gibt es Brandschutzverglasungen. Es sind stets komplette Systeme, die aus einem Rahmen, lichtdurchlässigen Brandschutzgläsern, Halterungen, Dichtungen sowie Befestigungsmaterial bestehen. Je nach Aufbau und Konstruktion müssen sie 30, 60, 90 oder 120 Minuten den Durchgang von Feuer, Rauch und Wärmestrahlung widerstehen, ohne die Standsicherheit zu verlieren.

Nach europäischer Norm werden drei Arten von Brandschutzgläsern unterschieden: E-, EW- und EI-Gläser. **E** (E'tanche'ite') steht dabei für Brandschutzverglasungen, die als Raumabschluss eingesetzt werden, **W** (Radiation) kennzeichnet die Begrenzung des Durchganges der Wärmestrahlung und **I** (Isolation) weist auf die Wärmedämmwirkung im Brandfall hin.

Im Rahmen der europäischen Normung gehört die alte Bezeichnung G-Verglasung zur Feuerwiderstandsklasse E bzw. EW, und die alte Bezeichnung F-Verglasung wird der Feuerwiderstandsklasse EI zugeordnet.

**E-Verglasungen** für Brüstungsbereiche von Fassaden, Trennwänden, Oberlichter von Rettungsfluren und Schrägverglasungen in Dächern sind lichtdurchlässige Bauteile, die – entsprechend ihrer Feuerwiderstandsdauer – nur die Ausbreitung von Feuer oder Rauch verhindern. Man geht davon aus, dass ein Durchtritt der Wärmestrahlung nicht verhindert wird. In der Praxis reduzieren E-Verglasungen die Temperatur der nach außen durchtretenden Wärmestrahlung um etwa die Hälfte. Die meisten E-Verglasungen bleiben im Brandfall durchsichtig. Drei Glassorten kommen zur Anwendung:

- Spezielle VSG- oder ESG-Kombinationen,
- Vorgespanntes Borsilikatglas,
- Verbundglas mit Brandschutz-Zwischenschichten.

**EW-Verglasungen** stehen für bauliche Anforderungen, bei der der Strahlendurchgang auf max. 15 kW/m<sup>2</sup> begrenzt werden soll (siehe S. 16, Bild 1).

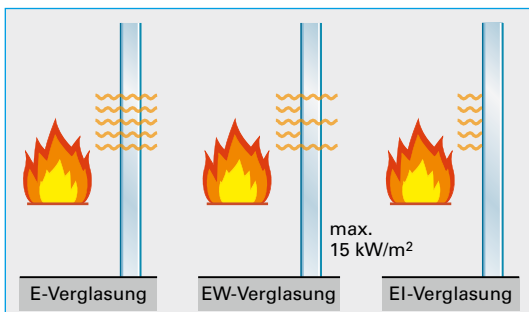
**EI-Verglasungen** sind lichtdurchlässige Bauteile, die entsprechend ihrer Feuerwiderstandsdauer nicht nur die Ausbreitung von Feuer und Rauch, sondern auch den Durchtritt der Wärmestrahlung zur feuerabgekehrten Seite verhindern. Diesen Effekt nennt man „thermische Isolation“.

Die vom Feuer abgekehrte Oberfläche darf sich im Mittel um nicht mehr als 140 K erwärmen und ein (beim Brandschutztest) angehaltener Wattebausch darf nicht glimmen oder sich entzünden.

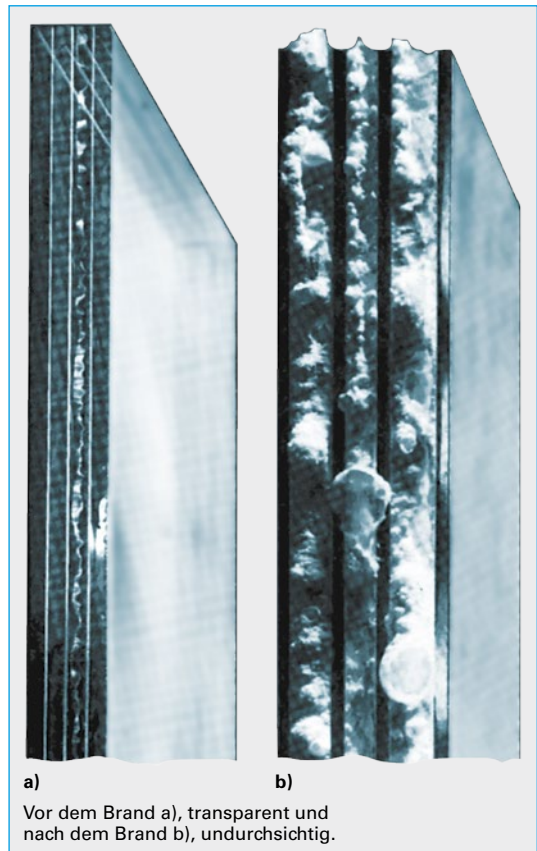
Als EI-Brandschutzgläser kommen Mehrfach-Verbundglasscheiben zum Einsatz, bei denen zwei oder mehrere ESG- oder VSG-Scheiben durch Abstandhalter miteinander verbunden sind. Der Zwischenraum ist mit einer glasclaren Gelschicht als Brandschutzschicht gefüllt, die im Brandfall die Wärmestrahlung absorbiert. Das Gel besteht aus einem Polymer, in dem eine hoch wasserhaltige Salzlösung eingebettet ist. Im Brandfall bildet sich daraus eine aufgeschäumte wärmedämmende Isolierschicht, die erhebliche Energiemengen durch das verdampfende Wasser verzehrt.

Wenn die Temperatur in der feuerseitigen Schicht ca. 120 °C erreicht hat, zerspringt die dem Feuer zugekehrte Glasscheibe und die Gelschicht schäumt auf. Erst dann wird die Scheibe undurchsichtig und bildet einen Hitzeschild (Bild 2).

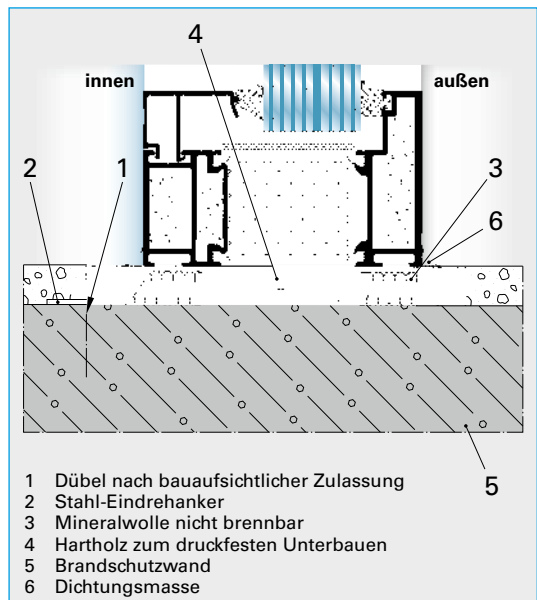
EI-Verglasungen bieten den gleichen Feuer-schutz wie massive Wände der gleichen Feuer-widerstandsklasse. Die in Bild 3 dargestellte Verglasung der Feuerwiderstandsklasse EI 90 besteht aus vorgespannten Einscheiben-Sicherheitsgläsern und einem Floatglas in der Mitte. Die Zwischenräume sind mit einer Gelschicht gefüllt. Häufig werden EI-Verglasungen in Feuerschutztüren eingebaut.



**Bild 1: Bildzeichen**



**Bild 2: Brandschutzglas EI 30**



**Bild 3: Einzelheiten einer EI-Verglasung**



Aufgrund ihrer Transparenz können Brandschutzverglasungen eine wichtige Funktion im Brandfall bei der raschen Wahrnehmung eines Brandes und der Brandausbreitung in einem Gebäude für betroffene Personen oder für Rettungskräfte leisten. Ebenso bietet die Transparenz und der Lichteinlass für betroffene Personen die Möglichkeit zielgerichtet den Brandort zu verlassen.

### 1.2.6 Sicherheitsglas

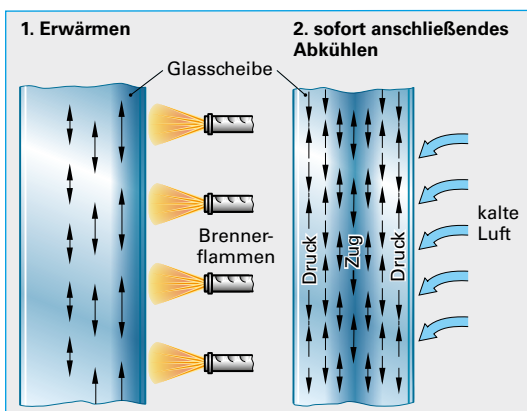
Diese Funktionsgläser sollen aktiven Schutz (Einbruchschutz) und passiven (Schutz vor Verletzungen) ermöglichen. Zu den Sicherheitsgläsern gehören:

- Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG),
- Teilvorgespanntes Glas (TVG),
- Verbundsicherheitsglas (VSG),
- Drahtglas.

Das **Einscheiben-Sicherheitsglas** ist ein thermisch vorgespanntes Floatglas. Die Scheibe wird nach dem Zuschneiden und evtl. anderer Arbeiten am Glas gleichmäßig auf ca. 600 °C erhitzt und anschließend mit kalter Luft abgeblasen. Durch die unterschiedlich rasche Abkühlung zwischen der Glasoberfläche und dem Glasinneren stehen die äußeren Scheibenflächen unter Druckspannung, während das Scheibeninnere unter Zugspannung steht (Bild 1).

Beim Bruch zerfällt das Glas durch Zerstörung der Oberflächenspannung schlagartig in ein Netz von kleinen stumpfkantigen Bruchstücken, die untereinander lose zusammenhängen (Bild 2). Dadurch wird die Verletzungsgefahr erheblich verringert.

Die verzögerte Zerstörung von ESG ohne erkennbare äußere Einwirkung wird als Spontanbruch bezeichnet.

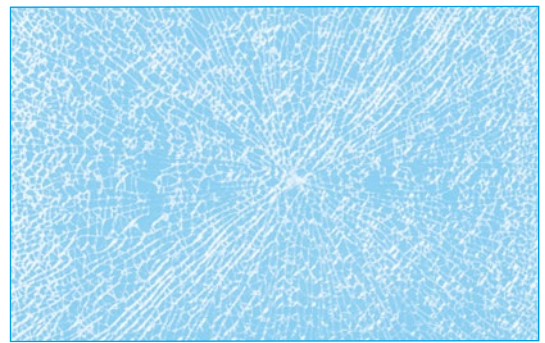


**Bild 1: Herstellung von ESG**

ESG ist schlagfest, elastisch und unempfindlicher gegen Temperaturwechsel als normales Floatglas.

Verwendung findet es bei Ausfachungen von Glasinnentüren, Rauchschutztüren, Sporthallen (Ballwurfsicherheit), Fassaden, im Heizkörperbereich (kein Spannungsbruch), Glasvitriolen und Umwehrungen aller Art.

ESG kann aufgrund seiner Vorspannung nachträglich nicht mehr geschnitten, geschliffen oder gebohrt werden. Beschädigungen der Oberfläche, Kantenverletzungen oder unsachgemäßer Transport führen zum Bruch der Scheibe.



**Bild 2: Bruchbild von ESG**

ESG-Scheiben durchlaufen einen Heißlagerungstest (Heat-Soak), wenn sie als hinterlüftete Außenwandbekleidung eingesetzt werden.

**Teilvorgespanntes Glas (TVG)** entsteht durch einen ähnlichen Herstellungsprozess wie ESG: Auch hier wird die Glasscheibe auf über 600 °C erhitzt, dann aber wesentlich langsamer abgekühlt. Dadurch entsteht im Glas eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen thermische und mechanische Belastung, die zwischen den Werten von Floatglas und ESG liegt. TVG ist dem Floatglas und ESG vorzuziehen, wenn die Belastbarkeit von Floatglas nicht ausreicht, aber ESG wegen seiner Krümelstruktur im Zerstörungsfall nicht die geforderte Resttragfähigkeit bietet. Im Zerstörungsfall lösen sich keine Bruchstücke – allseitige Lagerung der Scheibe vorausgesetzt (siehe S. 18, Bild 1).

Wie beim ESG müssen auch beim TVG mechanische Bearbeitungen (Bohren, Ausschneiden, Kantenbearbeitung) vor dem Verfestigungsprozess erfolgen. In der Praxis wird Teilvorgespanntes Glas als Verbundsicherheitsglas (VSG) verarbeitet. Erst durch diese Verarbeitung wird es zum hochwertigen Sicherheitsglas.

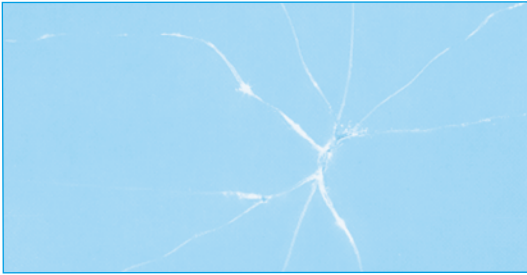


Bild 1: Bruchbild von TVG

**Verbundsicherheitsgläser (VSG)** bestehen aus zwei oder mehr übereinanderliegenden ESG- oder TVG-Glasscheiben, die durch zähelastische, hochreißfeste PVB-Folien (Polyvinyl-Butyral-Folien), PC-Folien (Polycarbonat-Folien) oder EVA-Folien (Ethylen-Vinylacetat-Folien) zu einer Einheit verbunden sind. Die Folienstärke beträgt dabei 0,38 mm oder 0,76 mm.

Beim Bruch der Glasscheibe haften die Bruchstücke an der Folie und es können sich keine scharfkantigen Glassplitter lösen (Bild 2). Die verglaste Öffnung bleibt verschlossen und teilweise durchsichtig. Mit Kombinationen aus mehreren Scheiben und verschiedenen dicken Folien oder Gießharzen verbessern sich der Schallschutz und die Einbruchhemmung. Es kann sogar eine durchschusshemmende Wirkung erzielt werden.

Anwendungen: Überkopfverglasungen (als innere Scheibe muss VSG oder Drahtglas eingesetzt werden), Schulen, Eingangsbereiche öffentlicher Gebäude, Sportstättenbau, Einbruchschutz, Schutz vor Durchschuss und Sprengwirkung, Schallschutz. VSG erlaubt eine Kombination mit anderen Gläsern wie Gussglas, Ornamentglas, Drahtspiegelglas, Sonnenschutzglas und Wärmeschutzglas.

**Panzerglas** ist Verbundsicherheitsglas mit mindestens vier Scheiben und 25 mm Dicke. Stö-

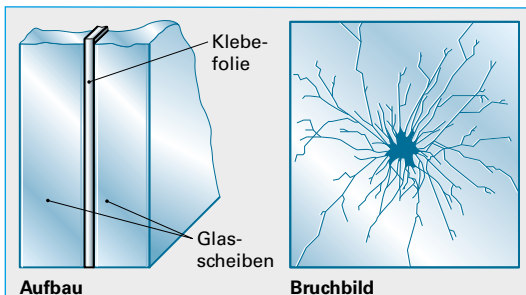


Bild 2: Aufbau und Bruchbild von VSG

rend wirkt sich bei diesem Glas die Verzerrung durch Lichtbrechung aus. Mit der Dicke des Glasverbundes nimmt die Eigenfarbe in Form eines Grün-Gelbstiches zu.

**Drahtglas** ist Gussglas mit einem eingewalzten Stahldrahtnetz. Bei einer Beschädigung springt zwar die Scheibe, die Scherben bleiben aber durch das Drahtnetz verbunden. Die Drahteinlage kann im Bereich der Schnittkante zu Rosten anfangen, wenn sie dem Wetter ausgesetzt wird. Rost führt durch Volumenvergrößerung zu Beschädigungen des Glases (Abhilfe: nichtrostender Draht). Drahtglas hat als Sicherheitsglas heute nur noch eingeschränkte Anwendung bei Vordachkonstruktionen.

Beim **Alarmglas** ist in der oberen Ecke einer Isolierglasscheibe eine elektrische Leiterschleife als Glasbruchmelder eingebraunt, die mit einer Alarmanlage verbunden wird (Bild 3). Geht die Scheibe zu Bruch, wird die Leiterschleife unterbrochen und ein Alarm an die Einbruchmeldezentrale ausgelöst.

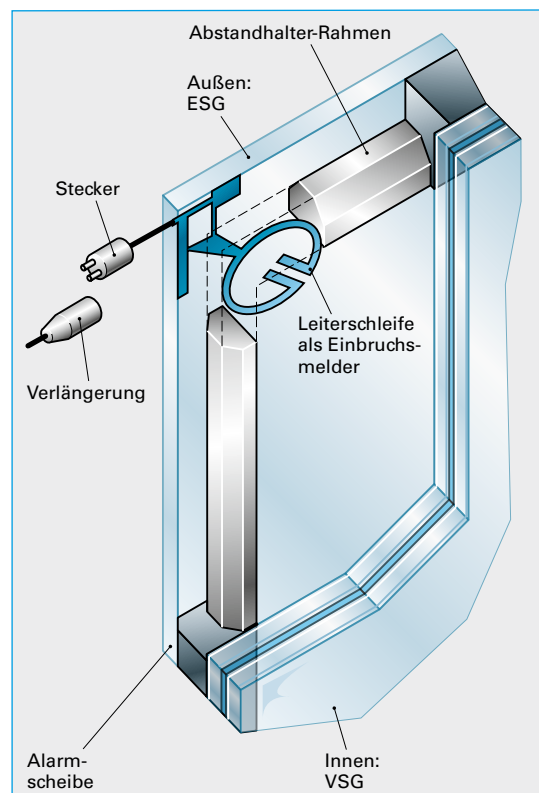


Bild 3: Alarmglas mit der Leiterschleife auf der Angriffseite (außen). Außenscheibe: ESG, Innenscheibe: VSG

### 1.2.7 Angriffshemmendes Glas

Herkömmliches Glas setzt in aller Regel bei verschlossenen Türen und Fenstern dem Einbrecher den geringsten Widerstand entgegen. Deshalb fordern öffentliche Einrichtungen, die Post, Banken, Sparkassen und die Versicherungswirtschaft im Verband „VdS Schadenverhütung GmbH“<sup>1</sup> Mindestanforderungen an das Bauteil Glas. Diese genormten Standards werden in der DIN EN 356 dokumentiert.

Angriffshemmende Verglasungen werden nach ihrer Schutzwirkung in durchwurfhemmende, durchbruchhemmende, durchschusshemmende und sprengwirkungshemmende Gläser unterteilt. Alle diese Gläser bestehen auf unterschiedlich aufgebautem Verbundsicherheitsglas (VSG).

**Durchwurfhemmende Verglasungen (A-Gläser)** gliedern sich in fünf Gruppen mit steigender Schutzwirkung:

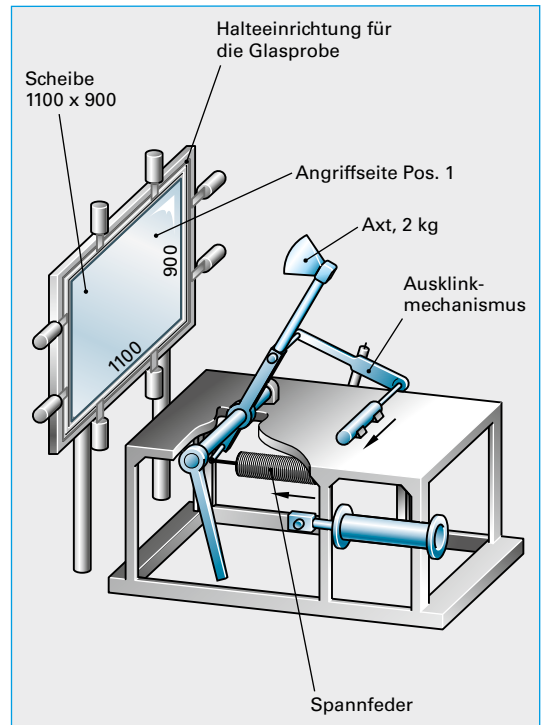
Verglasungen der Gruppe P1A müssen einen Aufprall einer 4,11 kg schweren Stahlkugel (ø 100 mm, Härte: 60 bis 65 HRC) aus 1,5 m Höhe dreimal aushalten, ohne zu zerspringen.

In der Gruppe P2A beträgt die Fallhöhe 3 m, in der Gruppe P3A 6 m, in den Gruppen P4A und P5A beträgt die Fallhöhe 9 m. In der Widerstandsklasse P5A wird der Versuch dreimal wiederholt (3 x 3 Versuche). Die DIN EN 356 legt weitere Einzelheiten zu den Versuchsabläufen fest.

**Durchbruchhemmende, einbruchhemmende Verglasungen (B-Gläser):**

In der B-Klasse werden die Verglasungen in drei Widerstandsklassen gegen Durchbruch eingeteilt: P6B bis P8B mit steigendem Sicherheitsgrad. Die Eignungsprüfung erfolgt mit einer maschinell geführten Axt, die mit einer definierten Energie auf die Scheibe trifft (Bild 1). Dabei wird die Anzahl der Schläge ermittelt, um eine 400 mm x 400 mm große Durchbruchöffnung zu schlagen. In der Gruppe P6B sind es 30 bis 50 Schläge, in der Gruppe P7B 51 bis 70 Schläge und für Glas aus der Gruppe P8B sind es mehr als 70 Schläge (siehe S. 56, Tabelle 1).

Der VdS hat zur Prämienfestsetzung fünf Klassen EH01, EH02, EH1 bis EH3 eingeführt.



**Bild 1: Prüfeinrichtung für durchbruchhemmende Verglasungen**

**Durchschusshemmende Verglasungen (C-Gläser)**

In der C-Klasse kommen Panzergläser zum Einsatz, die eine verbesserte Einbruchhemmung aufweisen. Bei der Prüfung werden mit unterschiedlichen Geschossen aus Pistole und Gewehr und verschiedenen Schussentfernungen drei Einschüsse in vorgeschriebenem Abstand platziert. Dabei darf das Geschoss die Scheibe nicht durchdringen.

Nach DIN EN 1063 gibt es die Widerstandsklassen BR1 bis BR7 und SG1 und SG2. Zusätzlich wird unterschieden in nicht splitternde Verglasung (NS) und Verglasungen mit „Splitterabgang“ (S). Splitterfreie Verglasung wird dort eingesetzt, wo sich im Ernstfall Personen unmittelbar hinter der Scheibe befinden können. Mit höheren Widerstandsklassen nehmen die Glasdicke und die Glasmasse erheblich zu. Beispielsweise in der Klasse BR7 beträgt die Glasdicke 78 mm und die Glasmasse 186 kg/m<sup>2</sup>.

Es wird für Fenster, Türen und Abschlüsse der Widerstand gegen Durchschuss in acht Klassen zu FB1 bis FB7 und FSG (Kaliber 12,0; Geschossmasse 31 g, Schussentfernung 10 m) eingeteilt.

<sup>1</sup> Bis 1995 Verband der Sachversicherer (VdS). Es ist ein Unternehmen des „Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft“.

### Sprengwirkungshemmende Verglasungen

Eine Verglasung ist sprengwirkungshemmend, wenn sie unter den definierten Prüfungsbedingungen einer Druckwelle von 50 bis 100 kPa (Beanspruchungsart ER1) und bis zu 250 kPa (Beanspruchungsart ER4) einem längeren Zeitraum Widerstand entgegensetzt, ohne dass eine durchgehende Öffnung entsteht. Die Norm DIN EN 13541 legt die Anforderungen und Prüfverfahren fest.

Die Sicherheitsgläser lassen sich innerhalb der einzelnen Klassen kombinieren. Auch sind Kombinationen mit anderen Funktionen möglich.

#### Beispiel:

Durchschusshemmende Isolierverglasung BR4 mit Durchbruchhemmung nach P8B, zusätzlicher Schallschutz  $R_{w,R} > 45$  dB und Warmglas mit einem  $U_g$ -Wert von  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Zu beachten ist, dass je nach Widerstandsklasse erhebliche Glasgewichte auftreten können.

## 1.2.8 Selbstreinigendes Glas

Mit dem Ziel, die Betriebskosten für die Reinigung von Glasflächen für Fenster, Wintergärten, Fassaden und Dachflächen zu senken, wurden mit Beginn der Jahrtausendwende von der Glasindustrie Gläser mit selbstreinigender Oberfläche entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Titandioxid-Beschichtung, die als photokatalytische Oberfläche wirkt.

Diese Schicht baut organische Schmutzablagerungen (z. B. Ruß aus Autoabgasen, Blütenstaub) aus der Umgebungsluft mithilfe der Luftfeuchtigkeit und der UV-Strahlung des Tageslichtes ab. Sie wirkt als dauerhafter Katalysator und hat hydrophile Eigenschaften. Das heißt, dass Regenwasser sich auf dieser Oberfläche als Film ausbreitet und abläuft – ohne Wassertropfen oder Trocknungsrückstände zu hinterlassen.

Die zeitlichen Abstände für die Reinigung der Glasoberflächen durch Reinigungspersonal werden dadurch deutlich vergrößert und damit die laufenden Betriebskosten verringert.

Die photokatalytische Oberfläche darf nicht mit Silikon in Verbindung gebracht werden. Kratzerbildungen durch z. B. Transport und Montage sind unbedingt zu vermeiden. Bei der Montage ist darauf zu achten, dass die photokatalytische Oberfläche nach außen zeigt.

Diese Glasflächen sind nicht für den Innenbereich geeignet, da hier die UV-Strahlung im Gebäudeinneren zu gering ist, um den photokatalytischen Effekt zu erzielen. Hier kommen hydrophobe Beschichtungen auf der Basis fluorierender Silane zum Einsatz, die die flächige Ausbreitung des Wassers auf der Glasoberfläche verhindern und die Tröpfchenbildung fördern (Lotus-Effekt). Dadurch wird das Abfließen des Wassers auf der Glasoberfläche und damit die Selbstreinigung gefördert.

## 1.2.9 Zusammenfassung: Funktionsgläser im Bauwesen<sup>1</sup>

Glasarten	Einsatzbereich
Einfachverglasung	Scheunen, Kellerfenster, unbeheizte Räume
Doppelverglasung (Isolierglas)	Üblich in beheizten Räumlichkeiten im privaten und beruflichen Bereich ohne Ansprüche an den Wärmeschutz
Dreifachverglasung (Isolierglas)	Üblich in allen beheizten Räumlichkeiten, an die Wärme- und Schallschutzanforderungen bestehen
Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)	Treppengeländer, Brüstungen, Ganzglastüren, Oberlichter; Bereiche, wo Menschen in das Glas fallen können, Vordächer
Verbundsicherheitsglas (VSG)	Treppengeländer, Brüstungen, Fahrstuhlüren und -schächte, Oberlichter; Bereiche, wo Menschen in das Glas fallen können
Durchwurfhemmendes Sicherheitsglas	Wohnhäuser und Büros, die vor Einbrechern besonders geschützt werden sollen
Durchbruchhemmendes Sicherheitsglas	Abseits gelegene exklusive Wohnhäuser, Museen, Vitrinen und Ausstellungsräume

<sup>1</sup> Aus M&T Metallhandwerk und Technik 3/2001 S. 17