Haftungsausschuss: Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen stellen eine allgemeine Beschreibung der GUARDIAN-Produkte dar. GUARDIAN schließt hiermit jede Haftung für Ungenauigkeiten oder Auslassungen in diesem Dokument und sich daraus ergebende Konsequenzen aus. Es obliegt den Nutzern dieser Information, die Angemessenheit des Einsatzes von GUARDIAN-Produkten zu überprüfen und sicherzustellen, dass sämtliche Gesetze, Verordnungen, Bestimmungen, Normen, Verfahrensregeln und sonstige Anforderungen eingehalten bzw. erfüllt werden. Verarbeiter unserer Produkte sollten die von GUARDIAN bereitgestellten Hinweise zum Umgang mit und zur Lagerung, Behandlung, Verarbeitung, Verwendung und Installation der jeweiligen Gläser beachten. Diese Hinweise werden bei der ersten Lieferung bereitgestellt oder können direkt bei GUARDIAN angefordert werden:

GUARDIAN Thalheim GmbH
Deutschland
Tel: 0049 (0) 3494 361 800
E-Mail: anwendungstechnik@guardian.com

Glas Natter GmbH

Äußere Wiener Straße 7
D-93055 Regensburg

Tel.: +49 941/79600-0
Fax: +49 941/79600-39

eMail: info@glas-natter.de

GUARDIAN
Glass • Automotive • Building Products

www.guardian.com

GUARDIAN Europe
Referenzcode: Handbook / DE / 08-13

©2013 GUARDIAN Industries Corp.

GUARDIAN

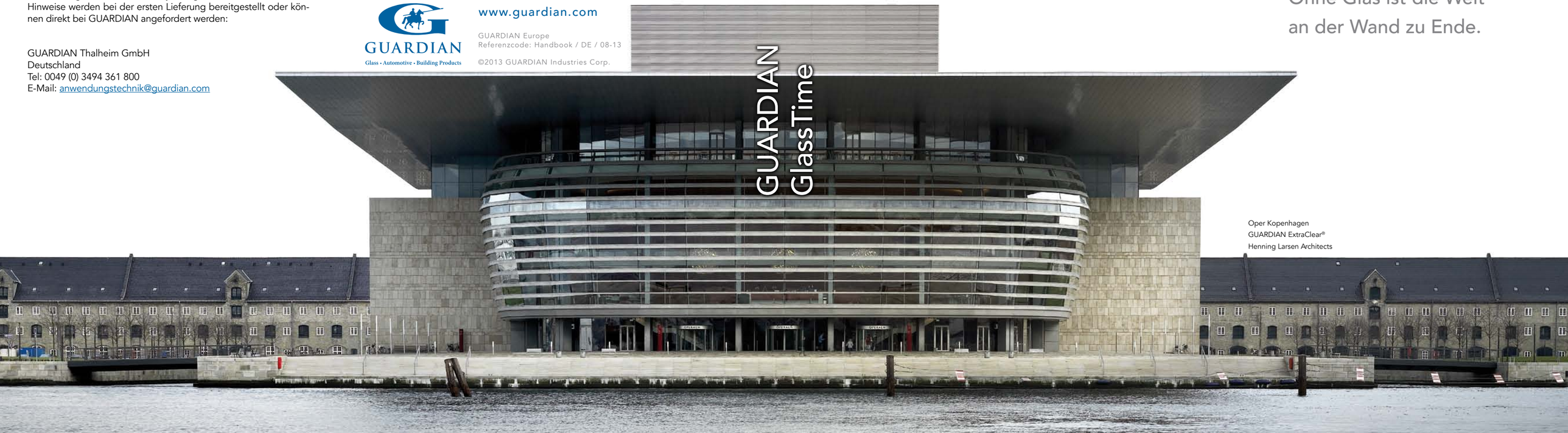
ISOLAR® GLAS

GLAS **NATTER**
Isolierglaswerk
Glasgroßhandel
Veredelung

GlassTime

TECHNISCHES HANDBUCH

Ohne Glas ist die Welt
an der Wand zu Ende.



Oper Kopenhagen
GUARDIAN ExtraClear®
Henning Larsen Architects

Basisgläser	**Historisches** | **Floatglas** | Farbgebung | Eigenschaften | Dichte | Elastizitätsmodul | Transformationsbereich | Spezifische Wärmekapazität | U-Wert | **Beschichtungen auf Floatglas** | Pyrolytisches Verfahren | Magnetron-Verfahren	1
Licht, Energie und Wärme	**Licht** | **Solare Energie** | **Wärme** | **UV-Strahlung** | **Photovoltaik**	2
Isolierglas-Terminologie	**Herstellung** | **Wärmetechnische Wirkungsweise** | **Randverbund** | Edelstahl | Metall-/Kunststoff | TPS | **U-Wert** | **Taupunkt und Kondensation** | **g-Wert** | **b-Faktor** | **Solare Gewinne** | **Selektivitätszahl** | **Farbwiedergabeindex** | **Interferenzerscheinungen**	3
Transparente thermische Isolation	**Ökonomie** | **Ökologie** | **Behaglichkeit** | **GUARDIAN-Produktangebot für thermische Isolation**	4
Transparenter Sonnenschutz	**Ökonomie** | **Ökologie** | **Behaglichkeit** | **Energiefluss durch Glas** | **Sommerlicher Wärmeschutz** | **Sonnenschutz mit Glas** | **Sonnenschutzglas als Designkomponente** | **SunGuard Sonnenschutzgläser**	5
Transparenter Schallschutz	**Humane Aspekte** | **Schallwellenverhalten** | Grenzwerte | **Schallbewertung am Bauwerk** | R_w | Korrekturfaktoren | **Einflussfaktoren und Herstellungsvarianten** | Entkoppelte Einzelscheiben | **Basisglasangebote für Schalldämmgläser**	6
Transparente Sicherheit	**Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)** | **Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas und ESG-H** | **Teilvorgespanntes Glas (TVG)** | **Verbund-Sicherheitsglas (VSG)** | **Sicherheit mit und durch Glas** | **Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen**	7
Transparenter Glasbau	**Fassaden** | Fassadenfunktionen | Fassadenkonstruktionen | **Brüstungsgläser** | **Designgläser** | **Gebogenes Architekturglas** | Biegearten | Formbestimmung | **Spezielle Glasanwendungen** | Begehbare Verglasungen | Schaltbare Gläser	8
Standards, Richtlinien, Hinweise	**Europäisch relevante Normen für Glas** | **Toleranzen** | Basisgläser | Zuschnitt | Bearbeitung | Lochbohrungen | ESG, ESG-H, heißgelagertes ESG und TVG | Isolierglas | VSG | **Glaskanten** | **Glasbemessung** | **Glasbruch** | Materialverträglichkeiten	9
GUARDIAN-Produkte im Überblick	**Floatgläser** | **Wärmedämmgläser** | **Sonnenschutzgläser** | **Brüstungen** | **Schallschutzgläser** | **Sicherheitsgläser**	10
Suchen und Finden	**Dienstleistungsangebot** | Elektronische Praxishilfen | Glasrelevante Berechnungen | Technische Kundenbetreuung | Kompetenztransfer | GUARDIAN-Ansprechpartner | **Sachwortverzeichnis** | **Abkürzungen, allgemein** | **Griechische Formelzeichen**	11

GUARDIAN InGlass®–Design und Funktion für alle Lebensbereiche

Neben der breiten Produktpalette für das Bauen mit Glas bietet GUARDIAN InGlass das Äquivalent auch für das Leben mit Glas.

Spektakuläre gläserne Eleganz in hunderten Varianten an Farben, Texturen und Oberflächen bietet für jede noch so ausgefallene Idee die passende Basis.

Die kurze Information kann und soll nur eine Varianz andeuten. Spezifische Unterlagen und ein breites Sortiment an Mustern und Möglichkeiten hält der GUARDIAN InGlass Support bereit.
Bitte senden Sie uns eine E-Mail an: inglass.europe@guardian.com

Mehr Informationen finden Sie unter
GuardianInGlass.com

GUARDIAN InGlass Kollektion:

A DiamondGuard®
Jedes Glas sieht anfangs schön aus. Unseres bleibt auch so. DiamondGuard verfügt über eine härtere Oberfläche als herkömmliches Glas, ohne dass dabei Abstriche bei der Transparenz gemacht werden müssen. Durch einen extrem hohen Reibungskoeffizienten wird die Oberfläche dauerhaft vor möglichen Schäden durch herkömmlichen Verschleiss geschützt.

B ShowerGuard® / CristalGuard®
Das Spezialglas für jede Dusche. Die veredelte Oberfläche verhindert dauerhaft jedes Anhaften hartnäckiger Verschmutzung und bietet so über Jahre atemberaubende Klarheit.

C DecoCristal®
Die lackierten Flachgläser passen sich jedem Interieur an und brillieren mit Farben und Reflexionen bei jeder Wandverkleidung.

D UltraClear™
Extrem weißes Glas für klares Design und unübertroffene Licht durchlässigkeit.

E SatinDeco®
Ganzflächig satinierte Gläser bieten Sichtschutz bei optimaler Lichtdurchlässigkeit und ästhetischer Brillanz.

F Berman Glass Edition
Die Edition aus der Produktion der Joel Berman Glass Studios inspiriert mit einer ganz eigenen Optik zu erschwinglichen Konditionen.

G UltraMirror®
Hochreflektierende Spiegel mit immer gleich bleibendem Schutz gegen Korrosion, Chemikalien, Feuchtigkeit und Abrieb.

H GUARDIAN LamiGlass®
Egal, ob transparente Farben oder auch eine Optimierung von Schutz und Sicherheit gefordert ist, GUARDIAN LamiGlass bietet breite Performance und vielfältige Design-Flexibilität.

Office Park, Wien-Schwechat
SunGuard® HP Light Blue 62/52
Prof. Holzbauer Architekten

GlassTime

TECHNISCHES HANDBUCH

2. Auflage 2013

Herausgeber:	GUARDIAN Europe S.à r.l. Dudelange / Luxembourg
© Copyright:	GUARDIAN | mkt
Redaktion:	Oliver Beier Costa, Czestochowa Ralf Greiner, Thalheim Robert Rinkens, Alsdorf
Gesamtproduktion:	mkt gmbh, Alsdorf
Redaktionsschluss:	August 2013

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.
Dieses Handbuch wurde nach dem aktuellen Stand der Technik und bestem Wissen erarbeitet. Änderungen bleiben vorbehalten.
Rechtliche Ansprüche können aus dem Inhalt nicht abgeleitet werden.

Firmensitz
Glas Natter GmbH, Regensburg

www.glas-natter.de

11.5 Produktnamen-Harmonisierung 217

Glas Natter GmbH – Regensburg (D)

Aus Tradition dem Fortschritt verpflichtet

Wir bleiben unserer Linie treu. Schon seit 1855. Damals wurde der Grundstein für unser heutiges Unternehmen gelegt. Fachkundige Mitarbeiter, von denen viele bereits seit langen Jahren ihre Kompetenz und Ihr Know-how in den täglichen Betrieb einbringen, sind unser Kapital. Zum Wohle der Firma, aber vor allem zum Wohl unserer Kunden. Denn nichts liegt uns mehr am Herzen als Zufriedenheit.

Und um diese jeden Tag aufs Neue in all unserem Tun sicherzustellen, bauen wir auf unsere jahrzehntelange Erfahrung in der Glasbranche, aber auch auf unsere Innovationsfreude und die Bereitschaft, sich ständig weiterzuentwickeln.

Unsere Kunden fordern uns stets mit neuen, individuellen Anwendungsmöglichkeiten und Anforderungen heraus. Das treibt uns an. Denn Fortschritt bedeutet Erfolg. Wenn es um die Wünsche und Ansprüche unserer Kunden geht, machen wir keine Kompromisse.

Das ist nur mit erstklassigen Basisglas-Lieferanten zu machen. Wir fühlen uns seit vielen Jahren bei GUARDIAN sehr gut aufgehoben. Deshalb war es für uns keine Frage, dieses neu erschienene Handbuch unseren Kunden an die Hand zu geben. Es ist umfassend und auf unsere ISOLAR-Produkte anwendbar. Die entsprechenden ISOLAR-Produkt-bezeichnungen finden Sie im Vergleich im hinteren Teil der Broschüre.

Wir gehen mit der Zeit – gehen Sie mit

Auf guten Produkten ruhen wir uns nicht aus. Wir streben stets danach, sie noch besser zu machen. Aus diesem Grund behalten wir die neuesten Entwicklungen auf dem Markt genau im Auge und passen uns innovativen Trends an. GUARDIAN unterstützt uns dabei mit seiner Produktvielfalt.

Das bedeutet für Sie:

Kompromisslose Qualität auf höchsten Niveau aus dem Hause GLAS NATTER.

Rosemarie Natter
Geschäftsführerin

Ramboll, Kopenhagen
SunGuard® SN 70/41
Dissing + Weitling architecture

Ohne Glas ist die Welt an der Wand zu Ende.

Vorwort

Lajos Sapi
Group Vice President – Europe

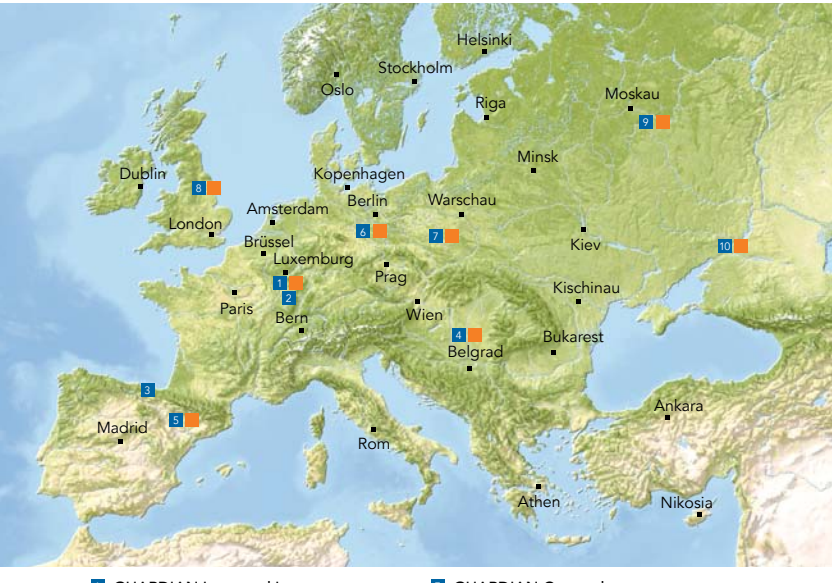
Unsere Welt ist ohne den Werkstoff Glas nicht mehr vorstellbar. Eingeleitet Mitte des letzten Jahrhunderts mit der Erfindung des Floatglas-Prozesses, erstrecken sich heute seine Einsatzgebiete auf alle nur denkbaren Bereiche. Besonders die moderne Architektur hat sich dieses besondere Material als Baustoff zu Nutze gemacht und schafft Wohn- und Arbeitsoasen, deren Transparenz und Großzügigkeit trotz Schutzfunktion Offenheit garantieren.

Was früher die Höhlen in der Steinzeit, gemauerte, geformte Steine in der Neuzeit ist heute Glas ein optimaler Schutz vor Witterung, mit einem gravierenden Unterschied: Waren zuvor die Schutzelemente felsig, steinig und opak, so sind diese jetzt variabel transparent. Doch nicht nur Gebäudehüllen werden weltweit durch den Glaseinsatz geprägt, auch im Inneren setzt sich dieser Werkstoff immer stärker durch und spiegelt den Lifestyle unserer Zeit wider.

Glastüren, -duschen, -möbel, -trennwände und -accessoires gehören für unsere Generation wie selbstverständlich zum Wohn- und Arbeitsambiente. Hightech-Funktionselemente, wie Display-Glas oder Fassaden-Screens für modernen Bedien- und Kommunikationskomfort stehen neben Solarthermie und Photovoltaik-Elementen für die breite energetische Komponente. Ein Ende der kreativen Entwicklung mit und um das Glas herum ist noch lange nicht absehbar.

Ausgangsmaterial ist stets das industriell gefertigte Floatglas, aus dem in Transformationsprozessen innovative Bau- und Funktionselemente entstehen. Keine Übertreibung also, wenn man dem Beginn des 21. Jahrhunderts unserer Epoche den Namen „GlassTime" oder besser noch Glaszeitalter gibt. Die erstarrte Flüssigkeit mit einer 7.000-jährigen Tradition wird auch in diesem Jahrhundert seinen Siegeszug weiter fortsetzen – wir tragen seit über acht Jahrzehnten dazu bei.

Deshalb liegt es nahe, mit diesem Handbuch einen Teil unseres Wissens über Glas und dessen Anwendung auf die Konsumenten unserer Produkte zu übertragen. Dabei beschränken wir uns nicht nur auf die Belange unseres Kerngeschäftes, sondern hinterleuchten auch die wesentlichen Aspekte transformierter Produkte, zu deren Herstellung wir die Basis liefern. Die erste, jetzt vorliegende Ausgabe wird sicherlich nicht alle Belange erschöpfend behandeln können, doch wird sie auf viele Fragen rund um das Glas die passenden Antworten geben – getreu dem Titel **GlassTime**.



1 **GUARDIAN Luxguard I**
Bascharage
Start: 1981

2 **GUARDIAN Luxguard II**
Dudelange
Start: 1988

3 **GUARDIAN Llodio**
Start: 1984

4 **GUARDIAN Orosháza**
Start: 1991

5 **GUARDIAN Tudela**
Start: 1993

6 **GUARDIAN Flachglas**
Bitterfeld-Wolfen
Start: 1996

7 **GUARDIAN Czestochowa**
Start: 2002

8 **GUARDIAN UK Goole**
Start: 2003

9 **GUARDIAN Steklo Ryazan**
Start: 2008

10 **GUARDIAN Rostov**
Start: 2012

Floatanlage
Beschichtungs-Anlage

Stand: 05/2013

Von bescheidenen Anfängen zur globalen Präsenz

GUARDIAN Industries begann 1932 als GUARDIAN Glass Company. Seinerzeit wurden Windschutzscheiben für die Automobilindustrie produziert. Heute ist GUARDIAN Industries Corp. ein global produzierendes Unternehmen mit Hauptsitz in Auburn Hills, Michigan (USA), mit führenden Positionen in Floatglas, veredelten Glasprodukten, Fiberglasisolierung und anderen Baustoffen für Gewerbe-, Wohn- und Automobilmarkt.

Im Jahr 1970 wurde die erste Fabrikation in Carleton, Michigan, eröffnet, die Glas nach dem Floatglas-Verfahren herstellte. Dabei wird die geschmolzene Glasmasse schwimmend auf einem Bad aus flüssigem Zinn zu einem endlosen Glasband geformt. Damit stieg GUARDIAN in den Kreis der „großen" Flachglashersteller auf und bestimmte von da an maßgeblich die Entwicklung der Flachglas-Technologie und neuer Produkte mit. Heute werden Floatglas-Linien und Glas-Veredlungsanlagen auf der ganzen Welt betrieben.

Zur Jahrhundertwende stand Mehrwert durch Produktinnovation im Fokus. Deshalb eröffnete GUARDIAN im Jahr 2000 das Wissenschafts- und Technologie-Zentrum in Carleton, Michigan, um seine Produktvielfalt in den Bereichen Gewerbe, Wohnen, Interieur, Solar, Elektronik und Automobil weiter zu optimieren.

Seither entstanden hunderte neuer patentierter Produkte auf neuen innovativen Aggregaten – auf der ganzen Welt produziert. Damit ist GUARDIAN bereit, den Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte gerecht zu werden und die Produkte sowie Systeme in Automobilen, Häusern und anderen Bauprojekten rund um den Globus zu integrieren. Nach dem in nur so kurzer Zeit Erreichten ist es eine stetige Herausforderung, das Kommende zu erkennen und zu bewältigen.

GUARDIAN betreibt auch ein umfangreiches europäisches Netzwerk von Glasaktivitäten für Bau und Auto. Mit dezentralen Produktions- und Vertriebsstätten ist GUARDIAN dabei stets nahe an den einzelnen Märkten und Kunden. Seit dem Einstieg in den europäischen Markt im Jahr 1981 mit der Floatglasanlage in Bascharage, Luxemburg, erstrecken sich die Aktivitäten derzeit bereits in acht Ländern Europas mit zehn Floatglas-Linien sowie acht hochmodernen Offline-Beschichtungsanlagen.

Inhaltsverzeichnis

1. Basisgläser ... 18
1.1 Historisches ... 20
1.2 Floatglas ... 20
1.2.1 Farbgebung ... 22
1.2.2 Eigenschaften ... 23
Dichte | Elastizitätsmodul | Emissivität | Druckfestigkeit | Biegezugfestigkeit | Temperaturwechselbeständigkeit | Transformationsbereich | Erweichungstemperatur | Längenausdehnungskoeffizient | Spezifische Wärmekapazität | Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) | Säurebeständigkeit | Laugenbeständigkeit | Wasserbeständigkeit | Frische, aggressive, alkalische Stoffe
1.3 Beschichtungen auf Floatglas ... 26
1.3.1 Pyrolytisches Verfahren ... 26
1.3.2 Magnetron-Verfahren ... 26
Magnetron-Sputter-Beschichtung

2 Licht, Energie und Wärme ... 28
2.1 Licht ... 30
2.2 Solare Energie ... 31
2.3 Wärme ... 32
2.4 UV-Strahlung ... 33
2.5 Photovoltaik ... 33

3. Isolierglas-Terminologie ... 34
3.1 Allgemeines ... 36
3.2 Herstellung ... 36
3.3 Wärmetechnische Wirkungsweise ... 38
3.4 Randverbund ... 39
3.4.1 Edelstahl ... 39
3.4.2 Metall-/Kunststoffkombination ... 40
3.4.3 Thermoplastische Systeme (TPS) ... 40
3.5 U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient ... 40
3.5.1 U_g-Wert ... 40
U_g-Wert bei geneigten Glasflächen
3.5.2 U_f-Wert ... 41
3.5.3 Ψ-Wert ... 41
3.5.4 U_w-Wert ... 42
3.6 Taupunkt und Kondensation ... 43
3.6.1 Im Scheibenzwischenraum ... 43
3.6.2 Auf der raumseitigen Scheibenoberfläche ... 43
3.6.3 Auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases ... 44
3.7 g-Wert ... 45
3.8 b-Faktor (Shading Coefficient) ... 45
3.9 Solare Gewinne ... 45
3.10 Selektivitätskennzahl ... 46
3.11 Farbwiedergabeindex ... 46
3.12 Interferenzerscheinungen ... 46
3.13 Isolierglaseffekt ... 47

4. Transparente thermische Isolation ... 48
4.1 Ökonomie ... 50
4.2 Ökologie ... 51
4.3 Behaglichkeit ... 51
4.4 GUARDIAN-Produktangebot für thermische Isolation ... 53

5. Transparenter Sonnenschutz ... 54
5.1 Ökonomie ... 56
5.2 Ökologie ... 56
5.3 Behaglichkeit ... 56
5.4 Energiefluss durch Glas ... 57
5.5 Sommerlicher Wärmeschutz ... 58
5.6 Sonnenschutz mit Glas ... 59
5.7 Sonnenschutzglas als Designkomponente ... 60
5.8 SunGuard® Sonnenschutzgläser ... 60

6. Transparenter Schallschutz ... 62
6.1 Humane Aspekte ... 64
6.2 Schallwellenverhalten ... 64
6.2.1 Grenzwerte ... 64
6.2.2 Wahrnehmung ... 65

Inhaltsverzeichnis

6.3 Schallbewertung am Bauwerk ... 66
6.3.1 Mittlerer Schalldämmwert ... 66
6.3.2 Korrekturfaktoren ... 67

6.4 Einflussfaktoren und Herstellungsvarianten ... 68
6.4.1 Scheibengewicht ... 68
6.4.2 Isolierglasaufbau/Scheibenzwischenraum ... 68
6.4.3 Entkoppelte Einzelscheiben ... 70

6.5 Basisglasangebote für Schalldämmgläser ... 71

7. Transparente Sicherheit ... 72

7.1 Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ... 74
7.1.1 Herstellung ... 74
7.1.2 Bauphysikalische Eigenschaften ... 76
7.1.3 Schlag- und Druckfestigkeit ... 76
7.1.4 Biegezugfestigkeit ... 76
7.1.5 Ballwurfsicherheit ... 76
7.1.6 Wärmeeinflüsse ... 76
7.1.7 Anisotropien ... 77
7.1.8 Optische Qualität ... 77
7.1.9 Feuchtefilm auf ESG ... 77
7.1.10 Kennzeichnung ... 77

7.2 Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas und ESG-H ... 77

7.3 Teilvorgespanntes Glas (TVG) ... 79
7.3.1 Herstellung ... 79
7.3.2 Biegezugfestigkeit ... 80
7.3.3 Wärmeeinflüsse ... 80

7.4 Verbund-Sicherheitsglas (VSG) ... 80
7.4.1 Herstellung ... 81
7.4.2 Bauphysikalische Eigenschaften ... 82
7.4.3 Schlagfestigkeit ... 82

7.5 Sicherheit mit und durch Glas ... 82
7.5.1 Aktive Sicherheit ... 82
Durchwurfhemmung nach EN 356 | Durchbruchhemmung nach EN 356 | Durchschusshemmung nach EN 1063 | Sprengwirkungshemmung nach EN 13541

7.5.2 Passive Sicherheit ... 85
Verletzungsschutz | Absturzsicherung | Überkopfverglasungen | Restandsicherheit / Resttragfähigkeit

7.6 Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen ... 88
7.6.1 Vertikalverglasungen ohne Absturzsicherung ... 88
7.6.2 Horizontal-/Überkopfverglasungen ... 90
7.6.3 Absturzsichernde Verglasungen ... 91
7.6.4 Verglasungen in Gebäuden spezieller Nutzung ... 93
7.6.5 Verglasungen im Innenausbau ohne Absturzsicherung ... 95
7.6.6 Sicherheitssondergläser ... 96
7.6.7 Konstruktiver Glasbau ... 97

8. Transparenter Glasbau ... 98

8.1 Fassaden ... 101
8.1.1 Fassadenfunktionen ... 101
Warmfassade | Kaltfassade | Doppelhaut-Fassade

8.1.2 Fassadenkonstruktionen ... 104
Pfosten-Riegel-Fassade | Structural Glazing-Fassade | Punktgehaltene Fassade | Membran-Fassade

8.2 Brüstungsgläser ... 110
8.2.1 Farbauftrag auf SunGuard®-Beschichtungen ... 110
8.2.2 Rolltechnik ... 111
8.2.3 Drucktechnik ... 111
8.2.4 Weitere Produktionstechniken ... 112

8.3 Designgläser ... 112
8.3.1 Produktionstechniken ... 113
Siebdruck direkt auf Glas | Transferfarbdruck auf Glas | Design-Verbund-Sicherheitsglas | Farbfolien im VSG | Dekoratives Verbundglas

8.4 Gebogenes Architekturglas ... 116
8.4.1 Anforderungen ... 116
8.4.2 Glasarten ... 117
8.4.3 Biegearten ... 117
8.4.4 Formbestimmung ... 118
8.4.5 Besonderheiten ... 119
Örtliche Verwerfungen | Konturtreue | Verwindung | Kantenversatz | Tangentiale Übergänge

8.4.6 Statische Besonderheiten ... 121

8.5 Spezielle Glasanwendungen ... 122
8.5.1 Begehbare Verglasungen ... 122
8.5.2 Aufzugsverglasungen ... 123
8.5.3 Schaltbare Gläser ... 124
8.5.4 Elektromagnetisch dämpfende Gläser, Anti-Radar-Beschichtungen ... 124
8.5.5 Antireflex-Verglasungen ... 126

9. Standards, Richtlinien, Hinweise 128
9.1 Europäisch relevante Normen für Glas 130
9.2 Toleranzen über normative Anforderungen 132
9.2.1 Basisgläser 132
9.2.2 Zuschnitt 132
Allgemein | Bei Float möglicher Abbruch | Spitze Winkel bei ESG, VSG, ISO – Rückschnitt – nicht zu beurteilende Zone | Länge, Breite und Rechtwinkligkeit
9.2.3 Bearbeitung 134
Kantenbearbeitungsqualitäten | Bearbeitungen | Lochbohrungen
9.2.4 ESG – Einscheiben-Sicherheitsglas, ESG-H, heißgelagertes ESG und TVG – Teilvorgespanntes Glas 141
Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas | Örtliche Verwerfung – gültig für Floatglas
9.2.5 Isolierglas 142
Randverbund | Dickentoleranzen im Randbereich des Isolierglases | Abmessungstoleranz / Versatz
9.2.6 Verbund-Sicherheitsglas (VSG) 144
Maßtoleranzen bei Verbund-Sicherheitsglas | Verschiebetoleranz (Versatz) | Dickentoleranz
9.3 Glaskanten 145
9.3.1 Kantenformen 145
9.3.2 Kantenbearbeitung 146
9.3.3 Kantendarstellung und typische Anwendung 147
9.4 Glasecken und -stöße 148
9.4.1 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Zweifach-Isolierglas 148
9.4.2 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas 148
9.4.3 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas 148
9.4.4 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas 149
9.4.5 Ganzglasecke mit Zweifach-Stufenisolierglas 149
9.4.6 Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisolierglas 149
9.4.7 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach-Stufenisolierglas 149
9.4.8 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach-Stufenisolierglas 150
9.5 Glasbemessung 150
9.6 Oberflächenschäden an Glas 151
9.7 Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen 151
9.7.1 Geltungsbereich 151
9.7.2 Prüfung 152
9.7.3 Zulässigkeiten für die visuelle Qualität von Glas für das Bauwesen 153
9.7.4 Allgemeine Hinweise 154
Visuelle Eigenschaften von Glaserzeugnissen
9.8 Glasbruch 157
9.9 CE-Kennzeichnung 162
9.10 Materialverträglichkeiten 163
9.10.1 Kompatible Isolierglas-Dichtstoffe und Structural Glazing-Silikone für SunGuard® HP 164
9.11 Glasreinigung 166
9.12 Transport und Lagerung 167
10. GUARDIAN-Produkte im Überblick 168
10.1 Floatgläser 171
10.2 Wärmedämmgläser 174
10.3 Sonnenschutzgläser 175
10.4 Brüstungen 188
10.5 Schallschutzgläser 190
10.6 Sicherheitsgläser 194
11. Suchen und Finden 198
11.1 Dienstleistungsangebot 200
11.1.1 Elektronische Praxishilfen 200
Produktvergleichswerkzeug | Configurator
11.1.2 Glasrelevante Berechnungen 201
11.1.3 Technische Kundenbetreuung 201
11.1.4 Kompetenztransfer 202
11.1.5 GUARDIAN-Ansprechpartner auf einen Blick 202
11.2 Sachwortverzeichnis 202
11.3 Abkürzungen, allgemein 208
11.4 Griechische Formelzeichen 213

Inhalt

Basisgläser	**Historisches** | **Floatglas** | Farbgebung | Eigenschaften | Dichte | Elastizitätsmodul | Transformationsbereich | Spezifische Wärmekapazität | U-Wert | **Beschichtungen auf Floatglas** | Pyrolytisches Verfahren | Magnetron-Verfahren	1
Licht, Energie und Wärme	**Licht** | **Solare Energie** | **Wärme** | **UV-Strahlung** | **Photovoltaik**	2
Isolierglas-Terminologie	**Herstellung** | **Wärmetechnische Wirkungsweise** | **Randverbund** | Edelstahl | Metall-/Kunststoff | TPS | **U-Wert** | **Taupunkt und Kondensation** | **g-Wert** | **b-Faktor** | **Solare Gewinne** | **Selektivitätszahl** | **Farbwiedergabeindex** | **Interferenzerscheinungen**	3
Transparente thermische Isolation	**Ökonomie** | **Ökologie** | **Behaglichkeit** | **GUARDIAN-Produktangebot für thermische Isolation**	4
Transparenter Sonnenschutz	**Ökonomie** | **Ökologie** | **Behaglichkeit** | **Energiefluss durch Glas** | **Sommerlicher Wärmeschutz** | **Sonnenschutz mit Glas** | **Sonnenschutzglas als Designkomponente** | **SunGuard Sonnenschutzgläser**	5
Transparenter Schallschutz	**Humane Aspekte** | **Schallwellenverhalten** | Grenzwerte | **Schallbewertung am Bauwerk** | R_w | Korrekturfaktoren | **Einflussfaktoren und Herstellungsvarianten** | Entkoppelte Einzelscheiben | **Basisglasangebote für Schalldämmgläser**	6
Transparente Sicherheit	**Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)** | **Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas und ESG-H** | **Teilvorgespanntes Glas (TVG)** | **Verbund-Sicherheitsglas (VSG)** | **Sicherheit mit und durch Glas** | **Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen**	7
Transparenter Glasbau	**Fassaden** | Fassadenfunktionen | Fassadenkonstruktionen | **Brüstungsgläser** | **Designgläser** | **Gebogenes Architekturglas** | Biegearten | Formbestimmung | **Spezielle Glasanwendungen** | Begehbare Verglasungen | Schaltbare Gläser	8
Standards, Richtlinien, Hinweise	**Europäisch relevante Normen für Glas** | **Toleranzen** | Basisgläser | Zuschnitt | Bearbeitung | Lochbohrungen | ESG, ESG-H, heißgelagertes ESG und TVG | Isolierglas | VSG | **Glaskanten** | **Glasbemessung** | **Glasbruch** | Materialverträglichkeiten	9
GUARDIAN-Produkte im Überblick	**Floatgläser** | **Wärmedämmgläser** | **Sonnenschutzgläser** | **Brüstungen** | **Schallschutzgläser** | **Sicherheitsgläser**	10
Suchen und Finden	**Dienstleistungsangebot** | Elektronische Praxishilfen | Glasrelevante Berechnungen | Technische Kundenbetreuung | Kompetenztransfer | GUARDIAN-Ansprechpartner | **Sachwortverzeichnis** | **Abkürzungen, allgemein** | **Griechische Formelzeichen**	11

Lotte Plaza, Moskau
SunGuard® HP Royal Blue 41/29
Mosproekt 2, Kolsnitsin's Arch. Bureau

1. Basisgläser 20

1.1 Historisches 20

1.2 Floatglas 20
1.2.1 Farbgebung 22
1.2.2 Eigenschaften 23
Dichte | Elastizitätsmodul | Emissivität | Druckfestigkeit | Biegezugfestigkeit | Temperaturwechselbeständigkeit | Transformationsbereich | Erweichungstemperatur | Längenausdehnungskoeffizient | Spezifische Wärmekapazität | Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) | Säurebeständigkeit | Laugenbeständigkeit | Wasserbeständigkeit | Frische, aggressive, alkalische Stoffe

1.3 Beschichtungen auf Floatglas 26
1.3.1 Pyrolytisches Verfahren 26
1.3.2 Magnetron-Verfahren 26
Magnetron-Sputter-Beschichtung

1.1 Historisches

Die Geschichte des Glasmachens reicht zurück bis etwa 5000 v. Chr. Glasperlenfunde im alten Ägypten sowie später erste Guss- und Strecktechniken der Römer bezeugen diese lange Tradition. Allerdings bleiben die Herstellungsprozesse über Jahrtausende in Form von Glasmacherpfeife und Zylinderblas- bis hin zur Mondglastechnik ausschließlich handwerklich geprägt. Die Folge waren geringe Mengen und kleine Scheiben, die nahezu ausschließlich in Kirchenfenstern ihren Platz fanden.

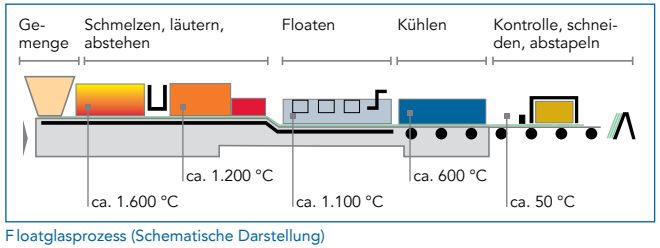
Im 17. Jahrhundert steigt der Bedarf, da nunmehr neben den Kirchenbaumeistern auch die Bauherren von Schlössern und hochherrschaftlichen Stadthäusern das Glas als Raumabschluss entdecken. Zunächst entwickelten französische Glasmacher ein Walzverfahren, bei dem 1,20 x 2 m große Glastafeln produziert werden konnten, was bislang in dieser Dimension nicht möglich schien. Erst im 20. Jahrhundert ergibt sich eine wirkliche Industrialisierung der Glasherstellung. Mittels des Lubbers- und später Fourcault-Verfahrens sowie durch die Libbey-Owens- und Pittsburgh-Technologie werden Scheibengrößen von 12 x 2,50 m möglich und können auch in größeren Mengen produziert werden.

Doch alle diese Verfahren hatten einen erheblichen Nachteil: Um aus den gewonnenen Glastafeln verzerrungsfreies und optisch einwandfreies Spiegelglas zu erhalten, mussten sie beidseitig geschliffen und poliert werden, was extrem zeit- und kostenaufwendig war.

1.2 Floatglas

Glas, wie es heutzutage sowohl im Automobil als auch vor allem im und am Bau zur Anwendung gelangt, stammt in seinem Ursprung aus industriellen Floatanlagen. Das so genannte Floatverfahren revolutionierte seit seiner Produktionsreife im Jahre 1959 alle bis dahin verbreiteten Glasherstellprozesse. Die Vorgänger basierten alle auf der Methode, dass aus der Glasschmelze durch Ziehen oder Gießen Glasscheiben produziert wurden, die anschließend, um optisch gute Qualität zu gewinnen, weiter bearbeitet werden mussten.

Die neue Erfindung geht vom „floaten" aus, also einem „sich ausbreiten lassen" der Glasschmelze. Dabei fließt die Glasschmelze auf ein ebenfalls flüssiges Zinnbad und breitet sich gleichmäßig aus. Bedingt durch die Oberflächenspannung des flüssigen Zinns sowie die Tatsache, dass Glas nur halb so schwer ist wie Zinn, dringt dabei das flüssige Glas nicht ein, sondern passt sich der Zinnoberfläche gleichförmig an. Dadurch wird eine absolute Planparallelität erreicht, die Verzerrungsfreiheit und klare Durchsicht garantiert. Mittels Temperaturreduzierung innerhalb des Zinnbades von 1.100 auf etwa 600 °C wird aus dem zähflüssigen ein festes Glasband, das am Ende des Floatprozesses vom Zinn abgehoben werden kann.



Floatglasprozess (Schematische Darstellung)

Zinn ist als Formgebungsmaterial ideal, da es während der gesamten Formgebung des Glases flüssig ist, sich aber auf Grund des geringen Dampfdrucks nicht verflüchtigt. Um ein Oxidieren des Zinns zu verhindern, findet der gesamte Prozess in einer Schutzgasatmosphäre aus Stickstoff mit einem Zusatz von Wasserstoff statt.

Blick in den Schmelzprozess

Der Formgebung durch das „Floaten" im Zinnbad geht der Schmelzprozess voraus. Dieser Vorgang beginnt mit der exakten Dosierung der Rohstoffe aus etwa 60 % Quarzsand, 20 % Soda und Sulfat sowie 20 % Kalk und Dolomit, die in großen Rührwerken zerkleinert, gemischt und zum Gemenge verarbeitet werden. Dem Ofen werden kontinuierlich ca. 80 % Gemenge und 20 % recyceltes Altglas zugeführt und bei etwa 1.600 °C aufgeschmolzen. So entsteht ein Kalk-Natron-Silikatglas nach EN 572-2.

Nach dem Ausgasen des flüssigen Gemenges, dem so genannten „Läutern", kühlt die flüssige Glasmasse in der Abstehwanne auf etwa 1.200 °C ab, bevor sie mit etwa 1.100 °C über den Lippenstein in das Floatbad fließt. Dieser Prozess der stetigen Gemengezuführung lässt ein kontinuierliches Fließen auf die Zinnoberfläche zu, ähnlich einer durch Wasserzuführung gleichmäßig überlaufenden Badewanne. Am Ende des Floatbades entsteht durch Abheben ein kontinuierliches, endloses Glasband von etwa 3,50 m Breite.

Im Rollenkühlkanal wird das noch ca. 600 °C heiße Glasband mittels exakt definierten Regimes bis auf Raumtemperatur gekühlt, damit keine permanenten Spannungen im Glas verbleiben. Für die spätere problemlose Weiterverarbeitung des Glases ist dieser Vorgang entscheidend. Am Ende dieser etwa 250 m langen Kühlstrecke ist das Glasband noch

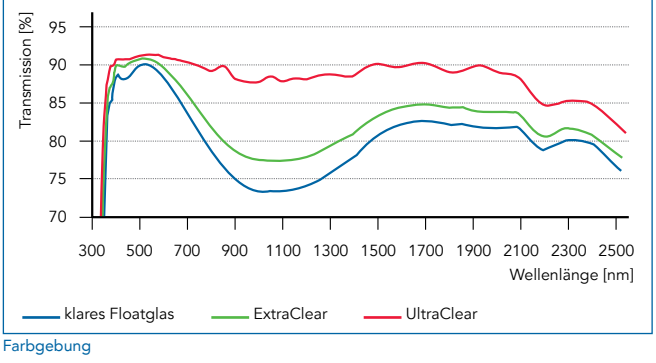
etwa 50 °C warm und wird per Laserabtastung auf Fehler, wie z. B. Einschlüsse, Blasen, Schlieren kontrolliert. Fehler werden automatisch registriert und das mängelbehaftete Glas nach dem späteren Zuschnitt ausgesondert.

Der Zuschnitt erfolgt quer zum Endlosband meist in einem Abstand von 6 Metern oder kleiner. Die beiden Ränder des Glasbandes werden ebenso abgeschnitten, so dass in der Regel Floatglas-Tafeln von 3,21 x 6 m entstehen, die auf Gestellen zur späteren Weiterbearbeitung abgestapelt oder aber direkt weiterverarbeitet werden. Inzwischen lassen sich auch bereits längere Tafeln von 7 oder 9 m Länge herstellen. Eine durchschnittliche Floatglasanlage ist etwa 600 m lang und hat eine Tageskapazität von ca. 70.000 m² Glas in 4 mm Dicke.

1.2.1 Farbgebung

Das normale Floatglas „Float Clear" hat, bedingt durch natürlich vorkommendes Eisenoxid in den Rohstoffen, eine leicht grünliche Färbung, die vornehmlich in den Glaskanten erkennbar wird. Durch ausgesuchte, extrem eisenoxidarme Rohstoffe oder chemische Verfahren zum Entfärben der Schmelze kann absolut farbneutrales, extra weißes Glas hergestellt werden. GUARDIAN stellt ein solches Weißglas unter der Bezeichnung GUARDIAN UltraClear™ her. Es geht zumeist in die Anwendungsbereiche des Innenausbaus sowie in spezielle Solarprodukte.

GUARDIAN verfügt darüber hinaus über eine dritte Floatglasvariante, die sich durch einen reduzierten Eisengehalt auszeichnet – GUARDIAN ExtraClear®. Dieses Glas siedelt sich hinsichtlich Färbung und spektralen Eigenschaften zwischen dem weißen Float UltraClear und dem normalen Float Clear an. Wegen der interessanten Kombination seiner Eigenschaften wird Float ExtraClear als Basismaterial für die ClimaGuard® Wärmeschutzbeschichtungen und SunGuard® Sonnenschutzbeschichtungen verwendet. Dadurch wird grundsätzlich, ungeachtet der jeweiligen Beschichtungen, speziell bei Gläsern für Fassaden sowohl die Selektivität als auch die Farbneutralität verbessert.



Farbgebung

Neben diesen drei Floatglas-Varianten lassen sich auch in der Masse eingefärbte Farbgläser herstellen. Dabei werden dem Gemenge chemische Zusatzstoffe beigegeben, um in bestimmten Produktionszeiträumen der Floatanlage grünes, graues, blaues, rötliches oder bronzefarbenes Glas zu erzeugen. Eine solche Umfärbung der Glasmasse in der Wanne ist naturgemäß mit erheblichem Aufwand und erhöhten Kosten durch Ausschuss und Produktivitätseinbußen verbunden und wird deshalb ausschließlich kampagnenweise betrieben.

1.2.2 Eigenschaften

Die überwiegende Menge des heute produzierten Glases ist Floatglas, das in der Regel in Dicken von 2 bis 25 mm und in einer Standardabmessung von 3,21 x 6 m Größe zur Weiterverarbeitung bereitgestellt wird. Dabei bringt dieses Glas folgende physikalischen Eigenschaften mit:

1.2.2.1 Dichte

Die Dichte eines Materials dokumentiert das Verhältnis der Masse zu seinem Volumen und wird mit dem Formelzeichen „ρ" deklariert. Beim Material Floatglas ist diese Größe ρ = 2.500 kg/m³. Demzufolge hat ein Quadratmeter Floatglas in der Dicke von 1 mm eine Masse von 2,5 kg.

1.2.2.2 Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul ist ein Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten beschreibt und mit dem Formelzeichen „E" angegeben wird. Der Wert des E-Moduls ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner Verformung entgegensetzt. Bei Floatglas ist der Wert E = 7 x 10¹⁰ Pa, er ist in der EN 572-1 festgeschrieben.

1.2.2.3 Emissivität

Die Emissivität (ε) gibt das Maß für die Fähigkeit einer Oberfläche an, absorbierte Wärme wieder als Strahlung abzugeben. Dabei wird das Verhältnis zu einem genau definierten, so genannten „schwarzen Körper" zu Grunde gelegt. Bei Floatglas liegt diese ermittelte normale Emissivität bei ε = 0,89, das heißt, 89 % der aufgenommenen Wärme wird wieder abgestrahlt (→ Kapitel 3.3)

1.2.2.4 Druckfestigkeit

Wie der Begriff schon aussagt, wird mit dieser Kennzahl die Widerstandsfähigkeit eines Materials gegen Druckbelastung dokumentiert. Glas ist auf Druck extrem belastbar, was sich in 700 - 900 MPa ausdrückt. Flachglas widersteht einer 10-fach höheren Druckbelastung verglichen mit der maximalen Zugbelastung.

1.2.2.5 Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit von Glas ist kein Materialkennwert, sondern ein Messwert, der – wie bei allen spröden Werkstoffen – durch die Beschaffenheit der auf Zug beanspruchten Oberfläche beeinflusst wird. Verletzungen der Oberfläche mindern diesen Messwert. Deshalb kann der Wert der Biegezugfestigkeit nur statistisch über einen zuverlässigen Wert der Bruchwahrscheinlichkeit definiert werden. Diese Definition sagt aus, dass die Bruchwahrscheinlichkeit bei der in der deutschen Bauregelliste festgelegten Biegezugspannung von 45 MPa für Floatglas (EN 572-1), bei einer nach statistischer Methode ermittelten Aussagewahrscheinlichkeit von 95 %, im Mittel maximal 5 % betragen darf:

$\sigma = 45$ MPa
nach Messung über Doppelring-Methode der EN 1288-2.

1.2.2.6 Temperaturwechselbeständigkeit

Die Beständigkeit von Floatglas gegenüber Temperaturdifferenzen über die Scheibenfläche beträgt 40 K (Kelvin). Das bedeutet, dass ein Temperaturunterschied von bis zu 40 K innerhalb einer Glasfläche keine Auswirkung hat. Höhere Differenzen führen im Glasquerschnitt zu gefährlichen Spannungen, die zum Glasbruch führen können. Aus diesem Grund sollten beispielsweise Heizkörper in einem Abstand von mindestens 30 cm vor einer Verglasung angebracht werden. Wird ein solcher Abstand unterschritten, wird die Verwendung von Einscheiben-Sicherheitsglas (→ Kapitel 7.1) empfohlen. Gleiches gilt auch bei massiver, dauerhafter, partieller Beschattung der Verglasung durch beispielsweise statische Bauteile oder angrenzende Bepflanzung.

1.2.2.7 Transformationsbereich

In einem bestimmten Temperaturbereich ändert sich das mechanische Verhalten von Floatglas. Dieser Bereich liegt bei 520 - 550 °C und ist nicht mit der Vorspann- und Formveränderungstemperatur zu verwechseln, die etwa 100 °C höher angesiedelt ist.

1.2.2.8 Erweichungstemperatur

Die Glasübergangs- oder Erweichungstemperatur für Floatglas liegt bei ca. 600 °C.

1.2.2.9 Längenausdehnungskoeffizient

Dieser Kennwert gibt die minimale Veränderung des Floatglases bei Temperatureintrag an und ist für die Verbindung zu anderen Werkstoffen äußerst entscheidend:

$9 \times 10^{-6}\ K^{-1}$ nach ISO 7991 bei 20 - 300 °C

Dieser Wert gibt an, um wie viel sich eine 1 m lange Glaskante bei einer Temperaturerhöhung von 1 K ausdehnt.

1.2.2.10 Spezifische Wärmekapazität

Die Kennzahl C gibt an, welche Wärmemenge notwendig ist, um 1 kg Floatglas um 1 K zu erwärmen:

$C = 800\ J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

1.2.2.11 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Dieser Wert wird gemäß DIN 4108-4 nach EN 673 berechnet. Er beträgt bei Floatglas mit einer Dicke von 4 mm 5,8 W/m^2K.

1.2.2.12 Säurebeständigkeit

Tabelle: Klasse 1 nach DIN 12116

1.2.2.13 Laugenbeständigkeit

Tabelle: Klasse 1-2 nach ISO 695

1.2.2.14 Wasserbeständigkeit

Tabelle: Hydrolytische Klasse 3-5 nach ISO 719

1.2.2.15 Frische, aggressive, alkalische Stoffe

wie sie beispielsweise aus frischem, noch nicht abgebundenem Zement ausgewaschen werden, greifen bei Kontakt mit der Glasoberfläche das Kieselsäuregerüst der Glasstruktur an. Damit einher geht eine Oberflächenveränderung, die Kontaktstellen werden rauer. Dieser Vorgang tritt bei der Abtrocknung der flüssigen Auslaugungen auf und ist erst nach dem Aushärten abgeschlossen. Deshalb ist grundsätzlich der Kontakt zwischen alkalischen Auslaugungen und Glas zu vermeiden, respektive sofort mit ausreichend Wasser zu entfernen.

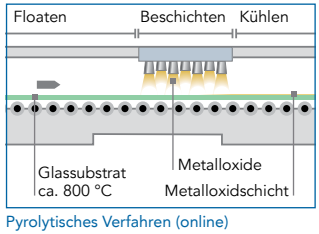
1.3 Beschichtungen auf Floatglas

Die industriell in großen Mengen erzeugten Beschichtungen auf Floatglas unterscheiden sich grundsätzlich durch zwei Techniken. Die eine ist das chemische Pyrolyse-Verfahren, auch Hardcoating genannt, die zweite ist ein physikalischer Prozess, auch als Vakuumprozess oder Magnetron-Sputtering bezeichnet.

Beide Verfahren erlauben je nach verwendeten Beschichtungsmaterialien sowohl neutrale als auch farbliche Optiken, wobei die farblichen Effekte weniger bei der Durchsicht durch das Glas als vielmehr bei der Reflexion von der Glasoberfläche zu erkennen sind. Diese beiden Technologien sind basisglasorientiert und nicht zu verwechseln mit Oberflächenaufträgen im Sprüh-, Roll- oder Druckverfahren (→ Kapitel 8.2).

1.3.1 Pyrolytisches Verfahren

Diese Art der Floatglas-Beschichtung ist ein Online-Verfahren, das während der Glasherstellung in der Floatanlage geschieht. Dabei werden auf die noch hunderte Grad heiße Glasoberfläche Metalloxide aufgesprüht, die in die Oberfläche fest einbrennen.



Pyrolytisches Verfahren (online)

Diese Beschichtungen sind zwar sehr hart („Hardcoating“) und widerstandsfähig, auf Grund ihres einfachen Aufbaus aber sehr in den Eigenschaften limitiert.

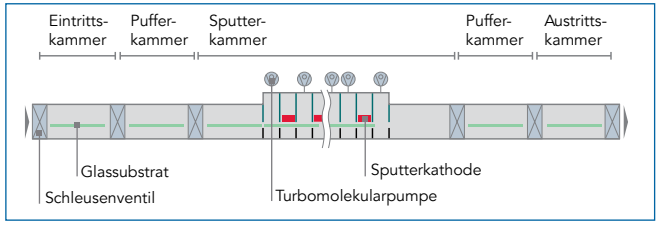
Bei höheren Anforderungen, wie in der Regel heute verlangt, kommen Mehrschichtsysteme zum Einsatz, die offline im Magnetron-Sputter-Verfahren unter Vakuum hergestellt werden.

GUARDIAN konzentriert sich deshalb ausschließlich auf diese Beschichtungstechnologie, die in der Folge beschrieben wird.

1.3.2 Magnetron-Verfahren

Das Magnetron-Verfahren hat viele Namen, bis hin zu dem, der noch aus den Anfängen dieser Technologie stammt und der den Unterschied zum Hardcoating mit dem Terminus Softcoating zu beschreiben versuchte. Dieser Begriff ist heute allerdings irreführend, da es inzwischen auch extrem widerstandsfähige Magnetron-Sputterschichten gibt, die immer aus mehreren ultradünnen Einzelschichten bestehen.

Mit keiner anderen Technologie kann Glas mit so hervorragenden optischen und thermischen Eigenschaften extrem gleichmäßig beschichtet werden.

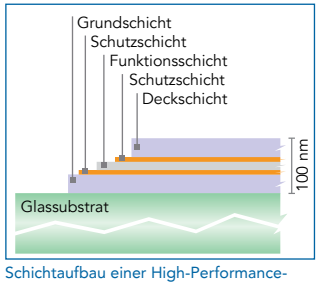


Schnitt durch eine Magnetron-Beschichtungsanlage

Das jeweilige Material, das auf der Glasoberfläche abgeschieden werden soll, ist als Target (Metallplatte) an einer Elektrode mit hohem elektrischem Potenzial angebracht. Elektrode und Target sind elektrisch von der Vakuum-Kammerwand isoliert. Das Sputtergas Argon wird durch das starke elektrische Feld (schnelle Elektronen) ionisiert.

Die so beschleunigten Argon-Ionen sind in der Lage, durch Stoßprozesse Material aus dem Target herauszulösen, das sich im Plasma der Vakuumkammer anreichert und auf dem Glassubstrat niederschlägt. Metalle und Legierungen werden mit oder ohne zusätzliche Reaktivgase (O_2 oder N_2) gesputtert. Dadurch ist es möglich, Metalle, Metalloxide oder Metallnitride abzuscheiden.

1.3.2.1 Typischer Aufbau einer Magnetron-Sputter-Beschichtung



Schichtaufbau einer High-Performance-Beschichtung

Grund- und Deckschicht:

- Beeinflussen Reflexion, Transmission und Farbe der Beschichtung
- Hohe mechanische Beständigkeit durch Siliziumnitrid-Deckschicht

Funktionsschicht:

z. B. Silber und Nickel-Chrom

- Verantwortlich für die Reflexion lang- und/oder kurzwelliger IR Strahlung
- Starker Einfluss auf Wärmedurchgang (U-Wert), Energiedurchgang (g-Wert) und Lichttransmission

Schutzschicht:

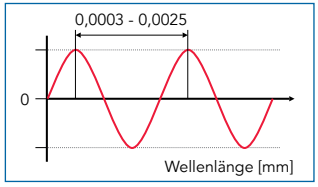
- Schutz der Funktionsschicht gegen mechanische und chemische Einflüsse

Dream House, Moskau
SunGuard® HP Light Blue 62/52
Murray O'Laoire Architects

2 Licht, Energie und Wärme 30
2.1 Licht 30
2.2 Solare Energie 31
2.3 Wärme 32
2.4 UV-Strahlung 33
2.5 Photovoltaik 33

Die physikalischen Begriffe Licht, Energie und Wärme beschreiben bestimmte Bereiche des elektromagnetischen Spektrums.

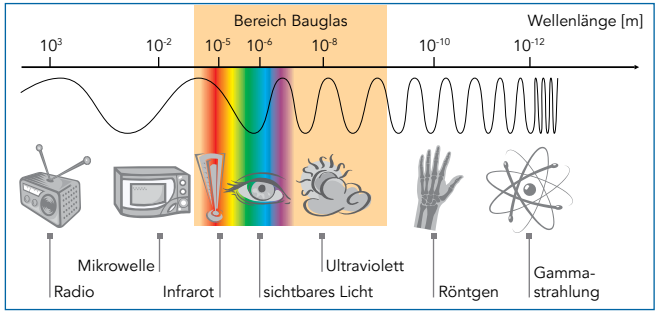
Der für Architekturglas im Zusammenhang mit Licht und solarer Energie relevante Bereich erstreckt sich im Wellenlängenbereich von etwa 300 – 2.500 nm (0,0003 - 0,0025 mm).



In diesem Spektrum liegt zwischen 300 und 380 nm (300 nm = 0,0000003 m) die UV-Strahlung, zwischen 380 und 780 nm das sichtbare Licht und zwischen 780 und 2.500 nm die nahe Infrarot- (IR) Strahlung.

Unter Wärme versteht man langwellige Strahlung, die sich im fernen Infrarot bei Wellenlängenbereichen von etwa 5.000 bis 50.000 nm (0,005 - 0,05 mm) befindet.

Größere Wellenlängen werden als Radar-, Mikro- und Radiowellen, kleinere als Röntgen- und Gammastrahlung bezeichnet.



Wellenspektrum

2.1 Licht

Den engen Bereich des solaren Spektrums, der vom menschlichen Auge wahrgenommen wird, bezeichnet man als (sichtbares) Licht.

Trifft das (sichtbare) Licht ungebrochen auf das menschliche Auge, wird es als weißes Licht wahrgenommen. Es besteht aber – bedingt durch die unterschiedlichen Wellenlängen (jede Wellenlänge entspricht einer definierten Energie) – aus einem ineinander fließenden Lichtspektrum:

Farbe	Wellenlänge [nm]
violett	380 - 420
blau	420 - 490
grün	490 - 575
gelb	575 - 585
orange	585 - 650
rot	650 - 780

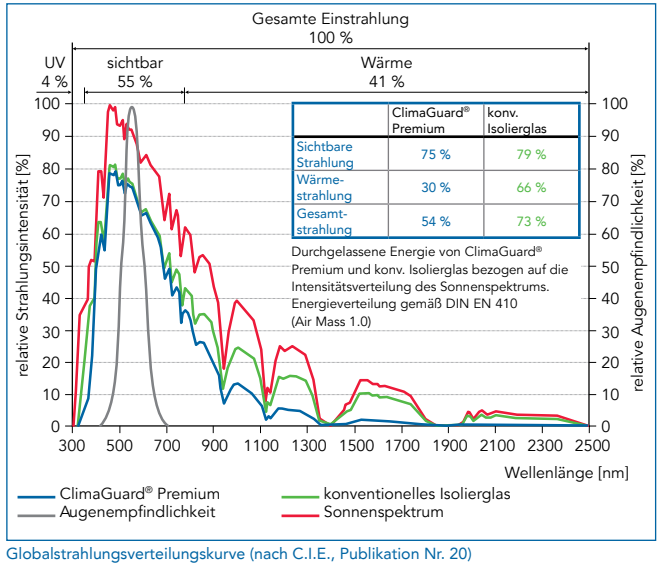
Beim Auftreffen des Lichts auf einen Gegenstand wird von diesem ein Teil der Energie absorbiert, bei Glas auch transmittiert, der Rest reflektiert. Je nach Beschaffenheit des Körpers werden bestimmte Wellenlängen reflektiert und absorbiert. Das gesunde menschliche Auge erkennt die sich daraus ergebende Farbe.

Bei künstlicher Beleuchtung kann es durch fehlende Wellenlängenbereiche zu abweichenden Farbinterpretationen kommen. Ein bekanntes Beispiel sind Natriumdampf-Niederdrucklampen, die aufgrund der fehlenden Wellenlängen für blau, grün und rot alles in monochromatischen, gelblichen Farbtönen erscheinen lassen.

2.2 Solare Energie

Der Teil der Strahlung, der ausgehend von der Sonne auf die Erde gelangt, wird als solare Energie bezeichnet. Der Wellenlängenbereich wurde durch internationale Normung (EN 410) im Bereich von 300 bis 2.500 nm festgelegt und schließt die Bereiche UV, sichtbares Licht, und nahes IR ein.

Die weltweit anerkannte Globalstrahlungsverteilungskurve (nach C.I.E., Publikation Nr. 20) gibt die Intensität der Gesamtsonnenstrahlung in ihren jeweiligen Wellenbereichen an. Dabei sind etwa 52 % davon sichtbar und 48 % unsichtbar.



Globalstrahlungsverteilungskurve (nach C.I.E., Publikation Nr. 20)

Je kleiner die Wellenlänge, desto mehr Energie wird transportiert. Das heißt, dass im sichtbaren Anteil der Strahlung eine beträchtliche Energiemenge enthalten ist. Deshalb darf man grundsätzlich Licht und Energie nicht von einander trennen. Das ist bei der Verwendung und Optimierung von Architekturglas ein entscheidender Aspekt.

Aus der solaren Energie im Wellenlängenbereich der Globalstrahlung (300 bis 2.500 nm) und ihren Wechselwirkungen mit Glas leiten sich die für die Charakterisierung von Architekturgläsern so wichtigen Eigenschaften wie solare Energietransmission, -reflexion und -absorption sowie die Gesamtenergietransmission (→ Kapitel 5.4) ab.

2.3 Wärme

Unter Wärme oder Wärmestrahlung versteht man einen Wellenlängenbereich, der nicht zum solaren Spektrum gehört. Die Wärmestrahlung ist weitaus langwelliger und befindet sich im fernen Infrarot-Bereich. In der Europäischen Norm EN 673 ist der Bereich zwischen 5.000 und 50.000 nm festgelegt.

Die Wechselwirkung mit Wärme bestimmt die Isolationseigenschaften von Architekturglas und wird durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion beeinflusst. Die für den Baustoff Glas wesentliche Kenngröße zur Beurteilung des Wärmedämmvermögens ist der U_g-Wert, der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung (→ Kapitel 3.5).

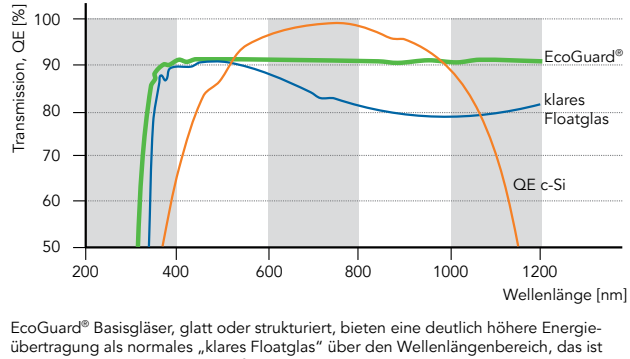
2.4 UV-Strahlung

Der Wellenbereich zwischen 315 und 380 nm wird als UV-A bezeichnet. Diese Strahlung hat bei zu hoher Intensität nicht nur auf der menschlichen Haut („Sonnenbrand"), sondern auch auf zahlreiche andere Elemente eine mehr oder weniger zerstörerische Wirkung (Gemälde, Dichtmaterial, etc.). Normales Isolierglas mit zweischeibigem Aufbau reduziert diese Strahlung bereits um über 50 %, und in Verbindung mit Verbund-Sicherheitsglas lässt sie sich nahezu komplett ausfiltern (→ Kapitel 7.4).

2.5 Photovoltaik

Ein weiterer interessanter Bereich des Spektrums liegt zwischen etwa 500 und 1.000 nm, in dem bestimmte Halbleiter in der Lage sind, aus solarer Strahlung elektrischen Strom zu generieren. Die bekanntesten Formen sind diverse Siliziumkristalle, die zwischen Gläsern verpackt, in zahlreichen Fassadenbrüstungen und auch auf Dächern zu finden sind.

Entwicklungen der letzten Jahre ergänzen mehr und mehr diese Technologie durch andere n-Halbleiter, wie Indiumsulfid, die direkt im Magnetronverfahren großflächig auf Basisgläser aufgebracht werden. GUARDIAN verfügt über eine breite Palette solcher Beschichtungen auf Float- und auch speziellem, lichtlenkendem und transmissionsoptimiertem Strukturglas.



EcoGuard® Basisgläser, glatt oder strukturiert, bieten eine deutlich höhere Energieübertragung als normales „klares Floatglas" über den Wellenlängenbereich, das ist von entscheidender Bedeutung für Photovoltaik-Module

Vergleich Energietransmission zwischen klarem Floatglas und EcoGuard®

North Galaxy, Brüssel
SunGuard® Solar Light Blue 52
Jaspers-Eyers & Partner Architects
Montois Partners Architects
Art & Build Architect

3. Isolierglas-Terminologie 36
3.1 Allgemeines 36
3.2 Herstellung 36
3.3 Wärmetechnische Wirkungsweise 38
3.4 Randverbund 39
3.4.1 Edelstahl 39
3.4.2 Metall-/Kunststoffkombination 40
3.4.3 Thermoplastische Systeme (TPS) 40
3.5 U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient 40
3.5.1 U_g-Wert 40
U_g-Wert bei geneigten Glasflächen
3.5.2 U_f-Wert 41
3.5.3 Ψ-Wert 41
3.5.4 U_w-Wert 42
3.6 Taupunkt und Kondensation 43
3.6.1 Im Scheibenzwischenraum 43
3.6.2 Auf der raumseitigen Scheibenoberfläche 43
3.6.3 Auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases 44
3.7 g-Wert 45
3.8 b-Faktor (Shading Coefficient) 45
3.9 Solare Gewinne 45
3.10 Selektivitätskennzahl 46
3.11 Farbwiedergabeindex 46
3.12 Interferenzerscheinungen 46
3.13 Isolierglaseffekt 47

Eine Reihe von Faktoren und physikalischen Gesetzmäßigkeiten bestimmen die Eigenschaften von modernen Isoliergläsern für den Wärme- und Sonnenschutz.

3.1 Allgemeines

Zum Erreichen der Wärmedämmeigenschaften ist es notwendig, mehrere Floatglasscheiben mit mindestens einer Low-E-Beschichtung zu einer Isolierglaseinheit zu kombinieren.

Dazu werden zwei oder mehr gleich große Scheiben in einer gewünschten Abmessung mit einem definierten Abstand zueinander miteinander bündig verklebt. Der so entstehende, hermetisch versiegelte Scheibenzwischenraum (SZR) wird mit besonders wärmedämmendem Edelgas gefüllt.

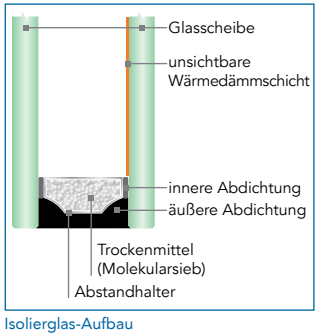
Es herrscht dort also kein Vakuum, wie von Laien oftmals irrtümlich angenommen, da es ja Unterdruck im SZR zur Folge hätte.

Die Breite der Scheibenzwischenräume ist abhängig vom verwendeten Edelgas. In der Regel kommt Argon, seltener Krypton zum Einsatz. Argon benötigt zur Erreichung seiner optimalen Wärmedämmwirkung einen SZR von 15 - 18 mm. Bei Krypton sind es nur 10 - 12 mm bei besseren Dämmergebnissen. Der Gasfüllgrad wird allgemein mit 90 % angesetzt. Allerdings ist Argon um ein Vielfaches billiger als Krypton, das sehr selten vorkommt.

Der Abstandhalter, der die Gläser dauerhaft auf Distanz hält, hat Einfluss auf das Dämmverhalten und somit auf den Taupunkt am Rand der Verglasung (→ Kapitel 3.6). In den letzten Jahrzehnten wurden standardmäßig Aluminium-Abstandhalter verwendet, die in jüngster Zeit immer häufiger durch Systeme ersetzt werden, deren Wärmeleitfähigkeit niedriger ist.

3.2 Herstellung

Heutzutage werden Isoliergläser im so genannten Zwei-Barrieren-System verklebt. Das bedeutet, dass beidseits auf den Flanken des mit Trockenmittel gefüllten Abstandhalters über eine durchgängige Butyl-Klebeschnur die beiden Glastafeln bündig verklebt werden. Das Trockenmittel sorgt dabei dauerhaft für ein Entfeuchten des SZR.



Isolierglas-Aufbau

Bei der Verklebung ist entscheidend, dass die jeweils beschichtete Seite der Floatglasscheiben zum SZR hin ausgerichtet ist, dass also auf dieser Seite die Verklebung erfolgt. Bei bestimmten Beschichtungsarten ist es notwendig, die Beschichtung an den Klebestellen maschinell zu entfernen, um die Klebefestigkeit zu erhöhen und den Korrosionsschutz zu gewährleisten. Somit ist die Funktionsschicht hermetisch eingeschlossen und dauerhaft geschützt. Die Butyl-Klebedichtung, auch innere Dichtebene genannt, verhindert das Eindringen von Wasserdampf und das Austreten des Edelgases. Dieses wird in so genannten Gasdruckpressen im Austausch mit der beim Zusammenfügen eingeschlossenen Luft in definierter Menge eingebracht. Zuvor erhält das Isolierglas jedoch seine zweite Dicht- und Klebeebene durch Auffüllen des definierten Hohlraumes zwischen dem eingerückten Abstandhalter und den Scheibenaußenkanten. Das verwendete Material ist meist Polysulfid oder Polyurethan.

Für spezielle Verbauungen mit freiliegendem Isolierglas-Randverbund wird anstelle dieser Klebematerialien ein UV-beständiges Silikon verwendet. Diese Isoliergläser mit UV-beständigem Randverbund werden oft mit Luft befüllt, da die Gasdiffusionsdichtigkeit des Silikons geringer ist. Damit verschlechtert sich allerdings auch der U-Wert (→ Kapitel 3.5) der Wärmedämmverglasung in geringem Umfang.

3.3 Wärmetechnische Wirkungsweise

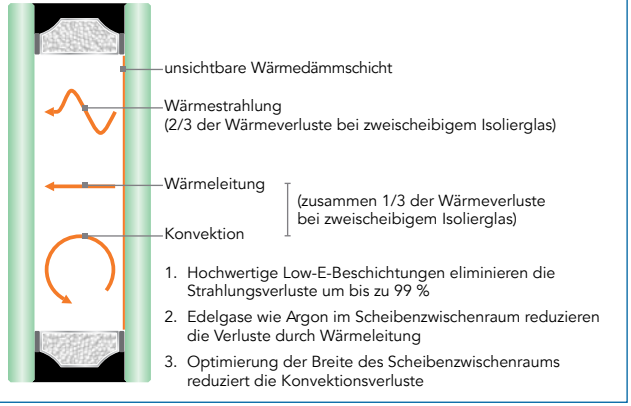
Der Prozess der Wärmeübertragung ist grundsätzlich durch drei Faktoren gekennzeichnet: Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion.

Die elektromagnetische langwellige **Wärmestrahlung**, die jeder Körper aufgrund seiner Temperatur aussendet, überträgt thermische Energie auch ohne leitendes Medium.

Wärmeleitung ist der Wärmefluss innerhalb eines Mediums in Folge eines vorhandenen Temperaturunterschiedes. Dabei fließt die Energie immer in Richtung der geringeren Temperatur.

Konvektion ist ein Gasteilchenstrom im SZR, der durch Temperaturunterschiede zwischen innerer und äußerer Scheibe des Isolierglases bedingt ist. Die Teilchen fallen an der kälteren Fläche ab, um an der wärmeren wieder aufzusteigen. Daraus resultiert eine Zirkulation des Gases und damit ein Wärmefluss von warm nach kalt.

Isoliergläser, die nur aus zwei unbeschichteten Floatglasscheiben mit Luftfüllung im SZR bestehen, geben die raumseitige Wärme zu etwa 2/3 über Strahlungsverluste zwischen beiden Scheiben sowie zu 1/3 durch Wärmeleitung und -konvektion durch die eingeschlossene Luft nach außen ab.



Wärmeverluste an einem Zweischeiben-Isolierglas

Dies hatte bei älteren Isoliergläsern zur Folge, dass wegen der Wärmeabgabe der inneren der beiden Scheiben an die äußere die Innenscheibe in den kühlen Jahreszeiten eine extreme Temperaturdifferenz zur wärmeren Raumluft aufwies und daher ein massiver Wärmeverlust zu verzeichnen war.

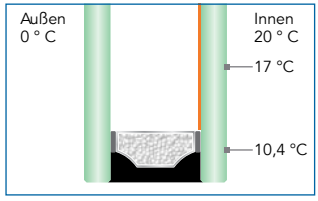
Bei modernen Isoliergläsern ist mindestens eine dieser Floatglasscheiben mit einer Low-E-Schicht versehen. Diese Beschichtungen mit Emissivitäten von teilweise kleiner als 0,02 (2 %) sind in der Lage, über 98 % der einfallenden langwelligen Wärmestrahlung zu reflektieren. Damit wird der Strahlungsverlust nahezu eliminiert.

Gegenüber herkömmlichem Isolierglas bringt das eine Verbesserung von ca. 66 %. Wärmeleitung und Konvektion bleiben von der Low-E-Beschichtung unbeeinflusst. Durch den Einsatz von Edelgasen wie Argon kann diese Wärmeleitung allerdings verringert werden. Edelgase haben eine wesentlich geringere Wärmeleitfähigkeit als Luft und senken so den Wärmefluss durch das Isolierglas-System. Je nach Füllgas hat die Konvektion im Isolierglas ein Minimum bei einem bestimmten Scheibenabstand, z. B. Luft: ca. 16 mm, Argon: 15 - 18 mm, Krypton: 10 - 12 mm.

3.4 Randverbund

Die vorausgegangenen Betrachtungen beziehen sich auf die Mitte der Scheiben ohne etwaige Einflüsse durch den Isolierglasrand.

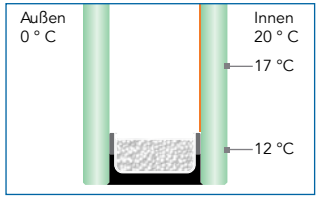
Bis heute wird das Gros der Isoliergläser mit Aluminium-Abstandhaltern gefertigt. Steigende Anforderungen haben allerdings in den letzten Jahren zur Entwicklung wärmetechnisch verbesserter Alternativen geführt, die mehr und mehr in die Isolierglasproduktion Einzug halten.



Aluminium-Abstandhalter

3.4.1 Edelstahl

Hauchdünne Edelstahlprofile mit erheblich reduzierter Wärmeleitfähigkeit gegenüber Aluminium sind die häufigste Alternative. Sie sind bezüglich ihrer mechanischen Festigkeit und Diffusionsfähigkeit mit Aluminium vergleichbar.



Edelstahl-Abstandhalter

3.4.2 Metall-/Kunststoffkombination

Eine weitere Option sind Kunststoff-Abstandhalter, die zwar alleine eine exzellente Wärmedämmeigenschaft haben, allerdings keine ausreichende Gasdiffusionsdichtheit besitzen, um den Lebenszyklus eines Isolierglases zu gewährleisten. Deshalb gibt es Kombinationen aus Kunststoff mit gasundurchlässigen Edelstahl- oder Aluminiumfolien.

3.4.3 Thermoplastische Systeme (TPS)

Hierbei wird das herkömmliche Metallprofil durch eine heiß extrudierte, plastische Spezialsubstanz ersetzt, die bei der Produktion zwischen die beiden Scheiben gebracht wird und nach dem Auskühlen die notwendige, mechanische Festigkeit sowie die Gasdiffusionsdichtheit gewährleistet. Das Trockenmittel ist Bestandteil der Substanz.

Die Vielfalt an heute verfügbaren Alternativen ist groß. Sie erbringen im direkten Vergleich miteinander mehr oder minder starke Reduzierungen des Ψ-Wertes, dem Maß für den Wärmetransport im Randbereich (→ Kapitel 3.5.3).

3.5 U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient

Dieser Wert charakterisiert den Wärmeverlust durch ein Bauteil. Er gibt an, wie viel Wärme pro Zeiteinheit durch 1 Quadratmeter eines Bauteils hindurch geht, wenn zwischen den beiden angrenzenden Seiten, z. B. Raum- und Außenwand, ein Temperaturunterschied von 1 K besteht. Je kleiner dieser Wert, angegeben in W/m^2K, desto besser die Wärmedämmung.

Hervorzuheben ist, dass die europäischen U-Werte different zu beispielsweise den amerikanischen U-values sind. Dies ist im internationalen Vergleich zu beachten!

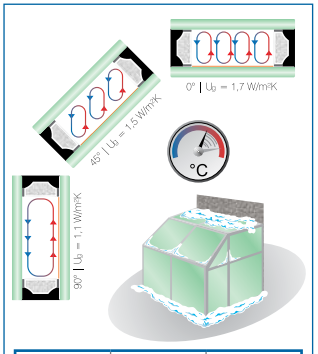
3.5.1 U_g-Wert

Der U_g-Wert ist der Wärmedurchgangskoeffizient einer Verglasung. Er kann nach Norm gemessen oder nach Norm berechnet werden. Maßgebend für diesen Wert sind vier Faktoren: Die Emissivität der Beschichtung, die vom Floatglashersteller ermittelt und publiziert wird, die Abmessung des Scheibenzwischenraumes, die Art seiner Füllung sowie die Füllrate bei der Verwendung von Edelgasen.

(Zur Ermittlung der Bemessungswerte für die Praxis sind nationale Zuschläge zu berücksichtigen (für Deutschland gilt hier die DIN 4108-4).

3.5.1.1 U_g-Wert bei geneigten Glasflächen

Der ermittelte und in der Regel publizierte U_g-Wert bezieht sich stets auf den vertikalen (90°) Einbau einer Verglasung. Bei geneigtem Einbau verändert sich die Konvektion im SZR und verschlechtert den U_g-Wert. Je schräger die Verglasung eingebaut wird, umso schneller die Zirkulation im SZR und umso größer der Wärmetransport von der inneren zur äußeren Scheibe. Das kann bei Zweifach-Isolierglas eine Verschlechterung des U_g-Wertes um bis zu 0,6 W/m^2K ausmachen.



Einbaulage	Einbau-Winkel	U_g [W/m^2K]
Vertikal	90°	1,1
Geneigt	45°	1,5
Überkopf	0°	1,7

Auswirkung der Einbaulage einer Verglasung auf den U_g-Wert

3.5.2 U_f-Wert

Dies ist der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, dessen Nennwert über drei Möglichkeiten bestimmt werden kann:

- messen nach EN ISO 12412-2,
- berechnen nach EN ISO 10077-2
- ermitteln nach EN ISO 10077-1, Anhang D

Der Nennwert zuzüglich nationaler Zuschläge ergibt den für die Praxis relevanten Bemessungswert.

3.5.3 Ψ-Wert

Der Ψ-Wert (Psi-Wert) ist der lineare Wärmebrückenverlustkoeffizient eines Bauteils. Beim Fenster beispielsweise beschreibt er das Zusammenspiel von Isolierglas, Abmessungen, Material des Abstandhalters sowie Rahmenmaterial und definiert die Wärmebrücken des Bauteils. Es gibt also keinen Ψ-Wert für das Isolierglas selbst, sondern ausschließlich für das Bauteil, in den es integriert ist.

3.5.4 U_w-Wert

Isoliergläser werden in der Regel in Fenstern verwendet. Der U_w-Wert beschreibt den Wärmedurchgang durch das Bauteil Fenster. Er kann, basierend auf dem U_g-Wert, auf drei verschiedenen Wegen ermittelt werden:

- ablesen in der EN ISO 10077-1, Tab. F1
- messen nach EN ISO 12567-1
- berechnen nach EN ISO 10077-1 gemäß folgender Formel:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + \Sigma(l_g \cdot \Psi)}{A_f + A_g}$$

U_w:	Wärmedurchgang des Fensters
U_f:	Wärmedurchgang des Rahmens (Bemessungswert!)
U_g:	Wärmedurchgang der Verglasung (Nennwert!)
A_f:	Rahmenfläche
A_g:	Glasfläche
l_g:	Umfang der Verglasung
Ψ:	linearer Wärmedurchgang der Glaskante

Die Wärmeverluste im Randbereich sind meistens größer als in der Mitte der Verglasung. Deshalb gewinnen thermisch verbesserte Abstandhalter an Bedeutung. Ebenso wie U_g und U_f sind die so ermittelten U_w-Werte Nennwerte, die erst mit nationalen Zuschlägen zu Bemessungswerten werden.

3.6 Taupunkt und Kondensation

Luft enthält immer Feuchtigkeit, dabei kann wärmere Luft mehr Wasser speichern als kältere. Kühlt sich Luft ab, so erhöht sich die relative Feuchte bei gleich bleibender Wasserdampfmenge. Die Taupunkt-Temperatur definiert die Temperatur, bei der die relative Luftfeuchtigkeit 100 % erreicht und Wasserdampf kondensiert.

Dies kann an verschiedenen Stellen einer Isolierverglasung passieren:

3.6.1 Im Scheibenzwischenraum

In heutigen Isoliergläsern nahezu ausgeschlossen, da die Verglasungen hermetisch dicht sind und mit getrockneten Gasen gefüllt sind.

Die Taupunkttemperatur im Scheibenzwischenraum eines modernen Wärmedämm-Isolierglases liegt bei < -60 °C, einem Wert, der in der Praxis nicht erreicht wird.

3.6.2 Auf der raumseitigen Scheibenoberfläche

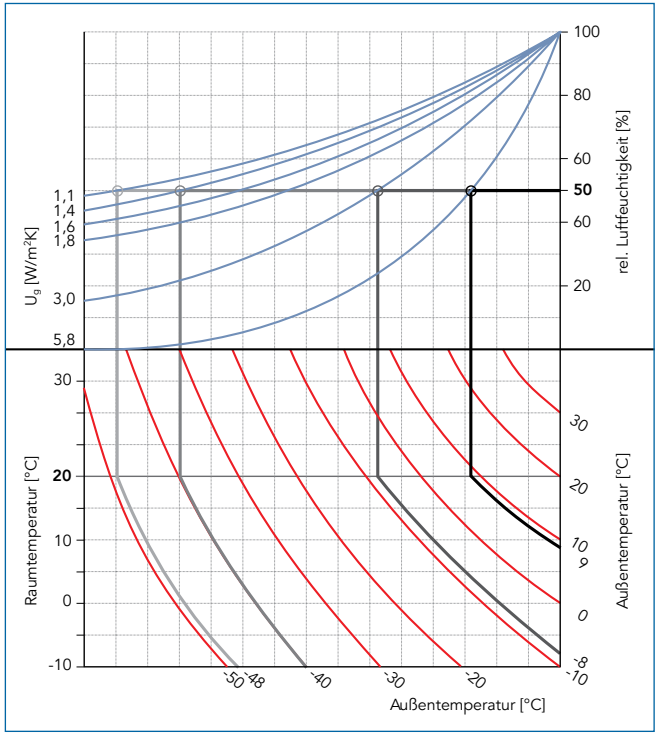
Tritt an schlecht wärmegedämmten Isoliergläsern oder Einfachscheiben auf. Warme Luft kühlt in Fensternähe plötzlich ab und gibt dann an die kalte Innenscheibe – die Temperatur liegt im Winter oft unterhalb der Taupunkttemperatur der Umgebungsluft – Feuchtigkeit ab. Bei modernen Wärmedämmgläsern bleibt die innere Scheibe erheblich wärmer, so dass Kondensatbildung nur selten auftritt.

Ist die relative Luftfeuchtigkeit sehr hoch (z. B. beim Kochen, Waschen oder in Schwimmbädern), so kommt es häufiger zu einem Beschlagen der Scheiben. In solchen Fällen sorgt regelmäßiger Luftaustausch durch gezieltes Stoßlüften für Abhilfe.

Aus dem Taupunktdiagramm lässt sich die Außentemperatur ermitteln, bei der eine Verglasung auf der Raumseite beschlägt (= Tauwasser bildet = Taupunkt).

Eingezeichnete Beispiele:
- Raumtemperatur 20 °C
- Raumluftfeuchte 50 %
- Außentemperatur 9 °C

Taupunkte bei:
- U_g = 5,8 W/m²K → 9 °C
- U_g = 3,0 W/m²K → -8 °C
- U_g = 1,4 W/m²K → -40 °C
- U_g = 1,1 W/m²K → -48 °C



Taupunktdiagramm

3.6.3 Auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases

Dieser Effekt tritt erst seit dem Einsatz moderner Wärmedämmgläser auf und ist besonders in den frühen Morgenstunden, wenn der Feuchtegehalt der Außenluft über die Nacht hin extrem ansteigt, zu beobachten.

Die hervorragenden Dämmeigenschaften dieser Verglasungen verhindern den Wärmeübergang nach außen, so dass die äußere Scheibe extrem kalt bleibt. Steigt dann mit den ersten Sonnenstrahlen die Außenlufttemperatur schneller als die der Scheibe an, kann es je nach Gebäudeorientierung und Umgebung zu einer Kondensatbildung kommen. Dies stellt aber keinen Mangel dar, sondern ist im Gegenteil Beweis für die hervorragende Wärmedämmleistung des Isolierglases.

GUARDIAN bietet spezielle Beschichtungen an, die auch in den Morgenstunden einen ungetrübten Blick durch die Verglasung sicherstellen (→ Kapitel 4.4).

3.7 g-Wert

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) beschreibt die Durchlässigkeit von Isoliergläsern gegenüber solarer Strahlung. Sonnenschutzgläser minimieren den g-Wert durch entsprechende Auswahl von Gläsern und Beschichtungen. Bei transparenten Wärmedämmgläsern ist der g-Wert möglichst hoch, damit durch passive solare Gewinne die Energiebilanz des Bauteils Glas optimiert wird.

3.8 b-Faktor (Shading Coefficient)

Der dimensionslose Wert dient zur Berechnung der Kühllasten eines Gebäudes und wird auch als Shading Coefficient bezeichnet. Er beschreibt das Verhältnis aus dem g-Wert einer jeweiligen Verglasung zu einem 3 mm Floatglas mit einem g-Wert von 87 %.

Nach EN 410 (2011):

$$b = \frac{g_{EN\ 410}}{0{,}87}$$

3.9 Solare Gewinne

Wärmedämm-Isolierverglasungen lassen einen großen Anteil der solaren Strahlung in das Gebäudeinnere. Einrichtungsgegenstände, Wände und Böden wandeln durch Absorption die kurzwellige Sonnenstrahlung in langwellige Wärmestrahlung um. Diese kann durch die Wärmedämmeigenschaften der Verglasung den Raum aber nicht wieder verlassen und erwärmt somit die Raumluft. Es kommt zu echten solaren Gewinnen zur Unterstützung der herkömmlichen Beheizung. Je nach Orientierung der Fenster sind diese Gewinne unterschiedlich, im Osten und Westen weniger als bei Südausrichtung der Verglasung. Diese kostenlose Energie hilft in der kälteren Jahreszeit Heizkosten zu sparen. In den Sommermonaten kann sie jedoch zu ungewollter Aufheizung des Gebäudes führen, dann spricht man vom „Treibhaus-Effekt". Deshalb sind stets die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zu beachten (→ Kapitel 5.5).

3.10 Selektivitätskennzahl

Grundsätzlich gilt bei Sonnenschutzverglasungen, so wenig Sonnenenergie wie möglich, zugleich aber so viel Licht wie möglich in das Gebäude zu lassen. Die Selektivitätskennzahl „S" stellt das Verhältnis zwischen Gesamtenergiedurchgang (g-Wert) und Lichtdurchgang (τ_V) einer Verglasung dar. Je höher dieser Wert, umso besser und effizienter das Verhältnis.

$$S = \frac{\text{Lichttransmission } \tau_V}{\text{g-Wert}}$$

GUARDIAN Sonnenschutzgläser der neuesten Generation übersteigen bereits das lange Zeit als Maximum angesehene Verhältnis von 2:1.

3.11 Farbwiedergabeindex

Die Farbwiedergabe ist für das physiologische Empfinden des Betrachters, aber auch für ästhetische und psychologische Aspekte relevant. Sonnenlicht, das durch einen Körper fällt bzw. von ihm reflektiert wird, wird je nach Beschaffenheit des Körpers verändert (➞ Kapitel 2.1).

Der Farbwiedergabeindex (R_a-Wert) beschreibt, wie stark sich die Farbe eines Objekts bei Betrachtung durch eine Verglasung ändert. Er definiert die „spektrale Qualität" von Gläsern in Transmission. Der Wert kann zwischen 0 und 100 liegen. Je größer der Farbwiedergabeindex, desto natürlicher werden die Farben wiedergegeben. Ein R_a-Wert von 100 bedeutet, dass die Farbe des durch die Verglasung betrachteten Objektes identisch mit der Originalfarbe ist. Gleichzeitig behalten die durch die Verglasung mit Tageslicht beleuchteten Gegenstände im Rauminneren ihr natürliches Aussehen.

Ein Farbwiedergabeindex > 90 wird als sehr gut und > 80 als gut eingestuft. Architekturgläser auf Basis klarer Floatgläser haben in der Regel einen R_a-Wert > 90, in der Masse gefärbte Gläser haben R_a-Werte meist zwischen 60 und 90.

Der Farbwiedergabeindex wird nach EN 410 ermittelt.

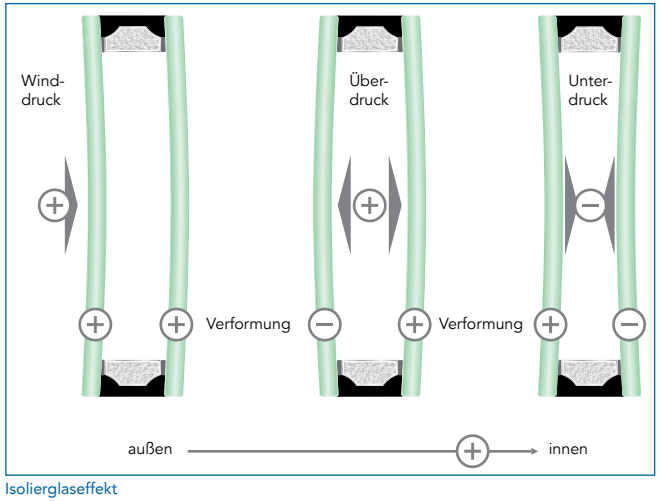
3.12 Interferenzerscheinungen

Bedingt durch das Hintereinandersetzen von mehreren planparallelen Floatglasscheiben bei einem Isolierglas kann es bei ganz bestimmten Lichtverhältnissen zu optischen Erscheinungen auf der Glasfläche kommen. Das können regenbogenartige Flecken, Streifen oder Ringe sein, die bei Druck auf die Verglasung ihre Lage verändern, vielerorts auch als Newton-Ringe bekannt.

Diese so genannten Interferenzen sind physikalischer Natur und werden in ganz seltenen Fällen durch Lichtbrechung sowie Überlagerungserscheinungen erzeugt. Diese Wahrnehmungen treten selten in der Durchsicht durch die Verglasung, sondern in Reflexion von außen auf. Diese Interferenzen stellen keinen Reklamationsgrund dar, sondern sind vielmehr ein Qualitätsbeleg für die absolute Planparallelität der verbauten Floatgläser.

3.13 Isolierglaseffekt

Teil eines jeden Isolierglases ist mindestens ein hermetisch abgeschlossener Raum, der Scheibenzwischenraum. Da dieser Raum mit Luft oder Gas gefüllt ist, verhalten sich die angrenzenden Scheiben wie Membranen, die bei Luftdruckschwankungen im Umfeld ein- und ausbauchen.



Isolierglaseffekt

Bei extremen Witterungserscheinungen kann es deshalb, trotz gegebener Planparallelität, zu unvermeidbaren Verzerrungen kommen. Dieser Effekt ist neben zeitweise auftretendem, extremem Luftdruck abhängig von der Scheibengröße und -geometrie, der Breite des Scheibenzwischenraums sowie vom Isolierglas-Aufbau. Bei einer Dreifach-Isolierverglasung beispielsweise bleibt die mittlere Scheibe nahezu starr, dadurch wird die Auswirkung auf die beiden äußeren Scheiben stärker als beim Zweifach-Isolierglas. Diese Verformungen gehen bei Normalisierung des Luftdrucks ohne Folgen wieder zurück und stellen keinen Mangel dar, sondern sie sind ein Zeichen für die Dichtheit des Randverbundes.

Süddeutscher Verlag, München
SunGuard® Solar Neutral 67
Gewers Kühn + Kühn Architekten

4. Transparente thermische Isolation 50
4.1 Ökonomie 50
4.2 Ökologie 51
4.3 Behaglichkeit 51
4.4 GUARDIAN-Produktangebot für thermische Isolation 53

Energieeinsparung steht weltweit im Fokus. Die Wärmedämmung von Gebäudehüllen ist wichtiger Bestandteil der zeitgenössischen Architektur. Dabei darf die Transparenz, eine architektonische Errungenschaft der letzten drei Jahrzehnte, nicht zurückgedrängt werden. Deshalb wurden „gläserne Dämmstoffe" entwickelt, die ökonomisch und ökologisch einzigartige Vorteile bieten, aber auch Behaglichkeit und Wohnkomfort garantieren.

4.1 Ökonomie

Dank des technologischen Fortschritts der letzten drei Jahrzehnte konnten Produktionsanlagen entwickelt werden, die in wirtschaftlichen Prozessen aus normalem Floatglas durch hauchdünn aufgebrachte, neutrale Beschichtungen Hightech-Dämmgläser entstehen lassen. Dabei ist es gelungen, das normale Emissionsvermögen „ε", das bei normalem Floatglas bei ε = 0,89 liegt, auf Werte teiweise kleiner 0,02 bei Wärmedämmgläsern zu optimieren.

Diese Entwicklung und ihre Umsetzung bei Neubauten sind aus ökonomischer Sicht aber nur die ersten Schritte. Als Nächstes muss die breite Implementierung der neuen Glastechnologie in die Abermillionen Quadratmeter verglaster Flächen von Fenstern und Fassaden erfolgen. Bei der Planung und Errichtung von Neubauten geschieht dies heutzutage nahezu automatisch, jedoch muss im weitaus größeren Umfeld des vorhandenen Gebäudebestands noch viel Aufklärungs- und Überzeugungsarbeit geleistet werden, damit die aus ökologischen und ökonomischen Gründen gesetzten Klimaziele auch erreicht werden können.

Dabei ist der wirtschaftliche Vorteil bei stetig steigenden Heizenergiekosten ein überzeugendes Argument. Der reine Glasaustausch hat vergleichsweise kurze Amortisierungszeiten und bringt dem Gebäudenutzer darüber hinaus erhebliche Verbesserungen an Behaglichkeit und Komfort (→ Kapitel 4.3). Eine Möglichkeit zur überschlägigen Ermittlung des energetischen Einsparpotenzials beim Tausch einer veralteten gegen eine moderne Wärmedämm-Verglasung bietet folgende Formel:

$$E = \frac{(U_a - U_n) \cdot F \cdot G \cdot 1{,}19 \cdot 24}{H \cdot W} = \frac{l}{HP}$$

E	Einsparung
U_a	U-Wert der jetzigen Verglasung
U_n	U-Wert der künftigen Verglasung
F	Verglasungsfläche in m²
G	Heizgradtagzahl nach VDI 4710
1,19	Umrechnung von Kilogramm auf Liter: 1 kg Heizöl = 1,19 Liter
H	Heizwert des Brennstoffes: bei leichtem Heizöl etwa 11.800
W	Wirkungsgrad der Heizungsanlage: bei Ölheizung etwa 0,85
l	Liter
HP	Heizperiode

4.2 Ökologie

Jeder Liter Heizöl oder Kubikmeter Erdgas, der durch die Verwendung moderner Verglasungen eingespart werden kann, reduziert den CO_2-Ausstoß und entlastet somit die Umwelt. Aber auch die Ressourcen an fossilen Rohstoffen werden durch die Verringerung des Verbrauchs geschont. Darüber hinaus ist Glas zu hundert Prozent recyclingfähig, da es aus natürlichen Rohstoffen besteht. In weltweit anerkannten Zertifizierungsprogrammen für Gebäude und nachhaltiges und umweltfreundliches Bauen ist der Werkstoff Glas auf Grund seiner natürlichen Bestandteile und seiner überragenden Energiebilanz nicht wegzudenken.

LEED ist eines der führenden Systeme. Die Abkürzung steht für „Leadership in Energy and Environmental Design". Andere Systeme sind zum Beispiel DGNB oder Breeam. Gebäude, die nach diesen Systemen errichtet werden, verwenden Ressourcen effizienter als konventionelle, da sie alle Phasen innerhalb des Lebenszyklus von Gebäuden betrachten: Angefangen bei Design und Konstruktion bis hin zur Sanierung und gegebenenfalls erfolgendem späterem Rückbau mit Entsorgung.

4.3 Behaglichkeit

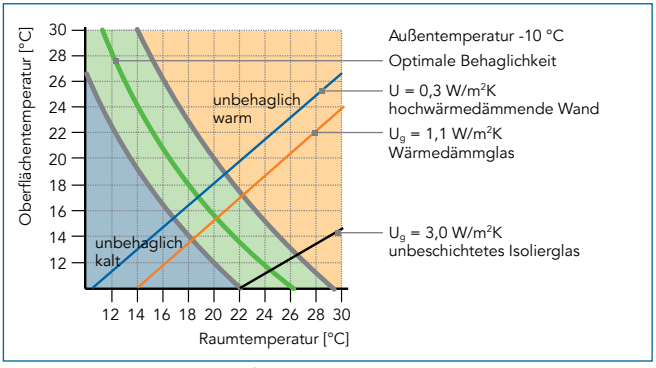
Neben ökonomischen und ökologischen Aspekten ist eine fühlbare Verbesserung des Wohn- und Arbeitsklimas ein wichtiges Ziel des Bauens mit Glas. Wärmedämmendes Floatglas, verbaut in einem Isolierglas (→ Kapitel 3.2), bewirkt die Erhöhung der raumseitigen Oberflächentemperatur der Verglasung. So wird die als unangenehm empfundene Zugluft in Verglasungsnähe entscheidend minimiert.

Außentempartur [°C] / Glasart	0	-5	-11	-14
Einfachglas, U_g = 5,8 W/m²K	+6	+2	-2	-4
2-fach-Isolierglas, U_g = 3,0 W/m²K	+12	+11	+8	+7
2-fach-Isolierglas beschichtet, U_g = 1,1 W/m²K	+17	+16	+15	+15
3-fach-Isolierglas beschichtet, U_g = 0,7 W/m²K	+18	+18	+17	+17

Oberflächentemperatur bei 20 °C Raumtemperatur

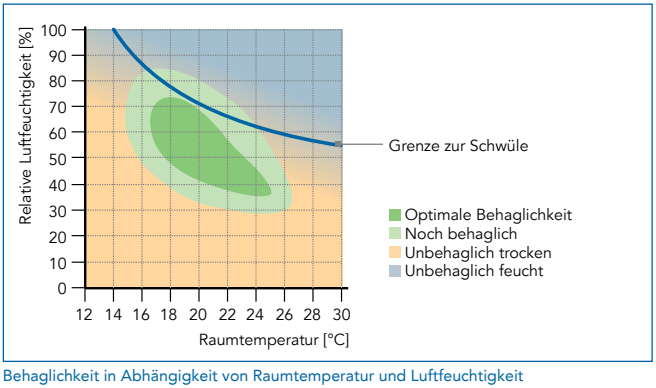
Ein modernes Glas erhöht diese Temperatur auf ein Niveau nahe Raumtemperatur und ermöglicht eine erhebliche Verbesserung des Wohnkomforts. Denn entscheidend für die Behaglichkeit ist die Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und angrenzender Wandteil-/Fensterfläche.

Die meisten Menschen empfinden einen Raum als besonders behaglich, wenn die Temperaturunterschiede zwischen Wand (auch Glas) und Raumluft nicht mehr als 5 °C und zwischen Fuß- bis Kopfhöhe nicht mehr als 3 °C betragen.



Behaglichkeitsdiagramm nach Bedford und Liese

Das Diagramm zeigt, in welchem Bereich der Mensch die Raumluft als behaglich empfindet. Dabei ist stets die Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit zur Raumtemperatur zu sehen. Bei niedriger Raumtemperatur wird eine höhere Feuchte als angenehm empfunden. Bei höheren Temperaturen sollte die Luftfeuchtigkeit geringer sein.



Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit

4.4 GUARDIAN-Produktangebot für thermische Isolation

Mit der breiten Angebotspalette der GUARDIAN-Wärmedämmschichten, in der Regel auf Float ExtraClear® aufgebracht, lassen sich eine Reihe moderner Wärmedämm-Isoliergläser seitens unserer Kunden produzieren.

Die Isolierglasmöglichkeiten im Detail:

- **ClimaGuard® Premium**

  Das heutige Standard-Produkt moderner Verglasungen.

  Dieses Isolierglas bietet exzellente Wärmedämmung bei optimaler Lichtausbeute. Das heißt, für ein Standard-Isolierglas mit Argonfüllung ergibt sich ein U_g-Wert von 1,1 W/m²K bei hoher Licht- und solarer Energiedurchlässigkeit. Es gibt eine thermisch vorspannbare Version ClimaGuard Premium T.

- **ClimaGuard® 1.0**

  Mit einem U_g-Wert von 1,0 W/m²K bei Argonfüllung und Zweifachaufbau wird ohne die viel kostenintensivere Krypton-Glasfüllung das physikalisch Machbare erreicht. Mit ClimaGuard 1.0 T steht eine vorspannbare Version zur Verfügung.

- **ClimaGuard® nrG**

  Moderne Gebäude werden nach Niedrigenergie- und Passivhausstandard errichtet und erfordern Hightech-Glasaufbauten in Dreifachausführung mit U_g-Werten ≤ 0,8 W/m²K bei maximaler Transparenz bezüglich Licht und solarer Energie (g-Wert bis zu 62 %).

  Es gibt eine thermisch vorspannbare Version des Produktes ClimaGuard nrG T.

- **ClimaGuard® Dry**

  ClimaGuard Dry ist eine Beschichtung speziell für die Oberfläche #1 (Außenseite) entwickelt, die dauerhaft Außenkondensation minimiert. Die strahlungstechnischen Werte werden kaum beeinflusst.

  Die Beschichtung muss thermisch vorgespannt werden und kann, doppelseitig beschichtet, mit jeder vorspannfähigen ClimaGuard® Beschichtung und als SunGuard® Dry mit jeder SunGuard® Sonnenschutzbeschichtung kombiniert werden.

- **ClimaGuard® EcoSun**

  Um den erhöhten Anforderungen an sommerlichen Wärmeschutz bei Wohngebäuden Rechnung zu tragen, wurde ClimaGuard EcoSun speziell für großzügige und nach Süden ausgerichtete Verglasungen konzipiert. Die maximale Transparenz kombiniert mit reduziertem Energiedurchgang und einem U_g-Wert von 1,0 W/m²K erfüllen höchste Ansprüche.

Alle Produkte und ihre relevanten Werte finden Sie detailliert → Kapitel 10.

Dexia, Brüssel
SunGuard® SN 62/34
Jaspers-Eyers & Partner Architects

5. Transparenter Sonnenschutz 56
5.1 Ökonomie 56
5.2 Ökologie 56
5.3 Behaglichkeit 56
5.4 Energiefluss durch Glas 57
5.5 Sommerlicher Wärmeschutz 58
5.6 Sonnenschutz mit Glas 59
5.7 Sonnenschutzglas als Designkomponente 60
5.8 SunGuard® Sonnenschutzgläser 60

Moderne Architektur steht heute für Großzügigkeit und Transparenz. Stetig größer werdende, gläserne Außenhüllenelemente lassen das Innere mit dem Äußeren scheinbar verschmelzen. Besonders prägnant spiegelt sich das weltweit im Büro- und Verwaltungsbau der letzten zwei Jahrzehnte wider, aber auch der private Hausbau mit Atrien, Giebel- und Wintergartenverglasungen greift immer öfter auf große Glasbauteile zurück. Dieser Baustil wurde erst durch die Entwicklung moderner Sonnenschutzgläser ermöglicht. Solche Gläser vermindern, vor allem im Sommer, das unangenehme Aufheizen der Innenräume und verringern somit den Treibhauseffekt.

5.1 Ökonomie

Große Fenster- und Fassadenflächen lassen naturgemäß viel Licht ins Innere. Das schafft ausreichend Helligkeit bis tief in die Gebäudekerne hinein und vermeidet die übermäßige Nutzung künstlicher Beleuchtung. Der entscheidende Vorteil von Sonnenschutzgläsern liegt aber in den vielfältigen Möglichkeiten, trotz des Lichteinfalls, einen unerwünschten Wärmeenergieeintrag in das Gebäude zu minimieren, um so die extrem hohen Kosten von Klimaanlagen zu begrenzen. Denn das Innere eines Gebäudes zu kühlen bedeutet erheblich größeren Aufwand als es zu erwärmen.

5.2 Ökologie

Wo Energie eingespart wird, sei es durch Reduzierung der Kühllasten oder Verkürzung der Kunstlichtphasen, da wird natürlich auch die Umwelt entlastet. Eine logische Konsequenz ist in diesem Zusammenhang die Zertifizierung solcher Sonnenschutzglasprodukte z. B. nach LEED, Breeam, DGNB oder anderen weltweit anerkannten Zertifizierungssystemen für nachhaltiges Bauen (→ Kapitel 4.2).

5.3 Behaglichkeit

Ebenso wie unterkühlte Innenräume sind auch überhitzte Räumlichkeiten durch zu viel eingestrahlte Sonnenenergie für den Menschen unbehaglich (→ Kapitel 4.3). Böden, Wände und Möbel nehmen die durch die Verglasung dringende, kurzwellige Sonnenenergie auf und geben sie als langwellige Wärmestrahlung wieder ab. Aus diesem Grund ist man bestrebt, diese Energie gar nicht erst in die Innenräume gelangen zu lassen, um – auch ohne Klimatisierung – ein angenehmes Raumklima zu erreichen. In früheren Zeiten wurde dies durch opake Bauteile mit nur kleinen Sichtöffnungen sichergestellt.

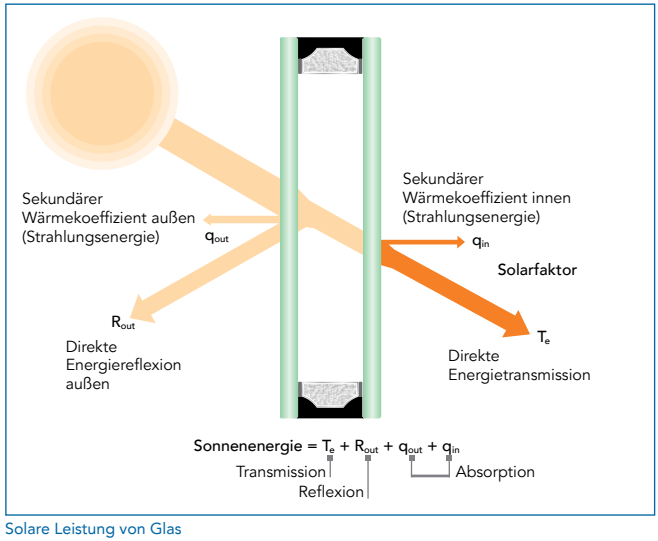
Die heutige Architektur, die vielfach darauf angelegt ist, natürverbundene, offene und großzügige Lebens- und Arbeitswelten zu schaffen, hat sich von dieser opaken Bauweise hin zur Transparenz gewandelt. Deshalb ist es unerlässlich, die wesentlichen Parameter des Sonnenschutzes mit und durch Glas zu beherrschen, um einerseits funktionelle und behagliche Innenräume zu schaffen und andererseits sowohl bauphysikalische Vorgaben einzuhalten als auch Energieeffizienz zu erreichen.

5.4 Energiefluss durch Glas

Wenn solare Strahlung auf eine Verglasung auftrifft, so findet eine Wechselwirkung statt. Ein Teil wird direkt in die Umwelt reflektiert, ein weiterer Teil wird ungehindert durchgelassen, und der Rest wird absorbiert.

Die Summe aller drei Anteile ergibt immer 100 Prozent:

Transmission + Reflexion + Absorption = 100 %



Solare Leistung von Glas

5.5 Sommerlicher Wärmeschutz

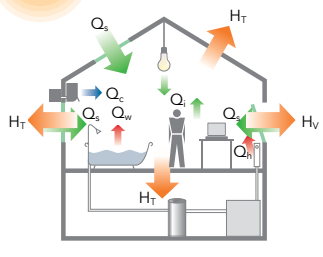
Modernes Isolierglas lässt die kurzwellige solare Strahlung nahezu ungehindert durch, die langwellige Wärmestrahlung wird allerdings größtenteils reflektiert. Dieser Effekt ermöglicht in der kalten Jahreszeit solare Heizungszugewinne. Im Sommer können sie jedoch zur Überhitzung führen. Deshalb werden bei größeren Glasflächen bestimmte Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gestellt; dabei geht man vom Sonneneintragskennwert „S" aus, der wie folgt zu ermitteln ist:

$$S = \frac{\Sigma_j (A_{Wj} \cdot g_{tot})}{A_G}$$

A_W: Fensterfläche in m^2
A_G: Gesamtfläche des Raumes
g_{tot}: Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz, berechnet nach Gleichung (*) bzw. nach EN 13363-1 oder angelehnt nach EN 410 bzw. zugesicherten Herstellerangaben

$$^{*}\ g_{tot} = \frac{g}{F_C}$$

g: der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung nach EN 410
F_C: der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tabelle 8



H_T Transmissionswärmeverluste
H_V Lüftungswärmeverluste
Q_w Energiebedarf Warmwasser
Q_h Heizwärmebedarf
Q_c Kühlbedarf

Q_s Solarwärmegewinne
Q_i Interne Wärmegewinne (Personen, elektr. Geräte, etc)

Darstellung des Energiebedarfs

Grundsätzlich sind bei dieser Betrachtung neben den sonstigen Energieträgern (siehe obige Skizze) stets Lage und Größe der Verglasung entscheidend. Generell sollten bei großflächigen Verglasungen mit Ost-, West- und vor allem Südausrichtung die Fenster oder Fassaden grundsätzlich mit geeigneten Sonnenschutzverglasungen ausgestattet sein.

5.6 Sonnenschutz mit Glas

Die Anfänge der Produktion von Sonnenschutzgläsern basierten auf bereits in der Masse eingefärbten Gläsern. Im Vergleich mit klarem Glas erhöhen sie zwar einerseits vor allem die Absorption der solaren Strahlung, andererseits tangieren sie auch die Lichttransmission merklich. In der monolytischen Anwendung reduzieren sie die Energietransmission auf etwa 60 % und in einem zweischeibigen Isolierglas mit einer normalen Gegenscheibe aus Floatglas auf etwa 50 % bei einer 6 mm Farbglasdicke. Mit dicker werdenden Gläsern steigen diese Werte. In der Regel kommen grüne, graue und bronzefarbene Gläser zum Einsatz, die aufgrund ihrer Eigenfärbung eine mehr oder weniger große Veränderung der Farbwiedergabe – teilweise gravierend in der Durchsicht – zur Folge haben. Mit der Entwicklung der Beschichtungstechnologien auf Glas wurde das Angebot erheblich breiter und vor allem neutraler.

Moderne Sonnenschutzverglasungen basieren dagegen nicht mehr auf gefärbten, sondern auf beschichteten Gläsern, die mit Hilfe des Magnetron-Sputter-Verfahrens (→ Kapitel 1.3.2) hergestellt werden. Hierbei ergibt sich eine Vielzahl von Beschichtungsvarianten, die ganz unterschiedliche Einsatzzwecke gezielt bedienen können. GUARDIAN hat sich auf diese Technologie konzentriert und entwickelt in eigenen Forschungseinrichtungen kontinuierlich neue Gläser für verschiedenste Anforderungen.

Im Fokus der Anstrengungen stehen dabei neben dem eigentlichen Sonnenschutz, den es stetig zu optimieren gilt, auch die Faktoren Lagerfähigkeit, Weiterverarbeitbarkeit sowie Beständigkeit gegen mechanische Einflüsse. Eine weitere wesentliche Forderung an die Schichtentwicklung ist, zu allen Produkten laminierbare, vorspannbare und biegbare Versionen anzubieten. Erst damit ist es möglich, dem großen Spektrum moderner Architektur in allen Facetten gerecht zu werden.

Sonnenschutzbeschichtungen werden üblicherweise auf der Außenscheibe zum Scheibenzwischenraum (Isolierglasposition #2) verwendet. Im Normalfall geht man von einer 6 mm starken Außenscheibe aus. Durch Verwendung einer dünneren Gegenscheibe wirkt man optischen Verzerrungen, die durch den Isolierglaseffekt bedingt sind (→ Kapitel 3.13), entgegen. Sollte sich ein Scheibenzwischenraum > 16 mm ergeben, etwa wegen Einbauten im SZR oder aus Schallschutzgründen, so ist dieser Effekt bei der Planung zu berücksichtigen. Statische Anforderungen verlangen oft höhere Glasstärken.

5.7 Sonnenschutzglas als Designkomponente

Neben der Vielzahl verschiedener Sonnenschutzschichten nimmt der Trend hin zu designorientierter Fassaden- und damit Sonnenschutzglas-Gestaltung stetig zu.

Je nach verwendeter Beschichtung können Gläser mit geringer Außenreflexion hergestellt werden. Solche Gläser ermöglichen Fassaden, die die wahrnehmbaren Grenzen zwischen innen und außen aufheben, aber trotzdem energieeffizient sind.

Andererseits gibt es spiegelnde oder farbig reflektierende Beschichtungen, die architektonische Freiheit garantieren und selbst ausgefallene planerische Konzepte realisierbar machen. Farblich angepasste Brüstungen ergänzen die Palette der Sonnenschutzgläser (→ Kapitel 8.2).

In der Regel objektbezogen, sind solche kreativen, ergänzenden Glasgestaltungen unter Berücksichtigung der bauphysikalischen Anforderungen realisierbar. Digital- oder Siebdrucktechniken stehen dafür ebenso zur Verfügung wie Ausführungen als Verbund-Sicherheitsglas, mehr dazu unter → Kapitel 8.3.

5.8 SunGuard® Sonnenschutzgläser

Egal welche Anforderungen durch Architektur oder Bauphysik gestellt werden, die breite Palette unterschiedlicher SunGuard®-Gläser bietet die optimale transparente Lösung.

- **SunGuard® eXtra Selective**

  SunGuard eXtra Selective bietet eine einzigartige Symbiose aus Transparenz, Wärme- und Sonnenschutz. Im Vordergrund steht die extrem hohe Selektivität, das Verhältnis von Licht zu solarer Energietransmission. „SNX" steht für Gläser der neuesten Generation mit einer spektralen Selektivität größer 2. Alle technischen Daten sind sehr nahe an der physikalischen Machbarkeit.

  Mit „SNX-HT" steht eine thermisch vorspannbare Variante zur Verfügung.

- **SunGuard® SuperNeutral**

  Neben der hohen spektralen Selektivität ist das wichtigste Merkmal dieser Produktlinie auf der Basis von Floatglas ExtraClear® die neutrale Erscheinung in Kombination mit sehr geringer Reflexionswirkung. Im 2-fach-Isolierglas werden U_g-Werte bis 1,0 W/m²K bei den verschiedenen Lichttransmissionswerten errreicht. Alle Typen von SunGuard® SuperNeutral stehen auch als thermisch vorspannbare Variante „SN-HT" zur Verfügung.

- **SunGuard® High Performance**

  SunGuard High Performance ist eine Produktreihe aus selektiven Kombinationsbeschichtungen mit breiter Vielfalt an Farben und Reflexionsgraden. Alle Gläser sind vorspannfähig, biegbar und können mit keramischer Bedruckung auf der Schicht versehen werden.

  Durch die Beständigkeit des Beschichtungsaufbaus sind viele SunGuard® High Performance Typen mit einer ganzen Reihe von Isolierglasdichtstoffen und strukturellen Silikonen kompatibel, was sie zum idealen Glas für Structural Glazing-Fassaden macht. Viele dieser Schichten lassen sich zur PVB-Folie von Verbundglas verarbeiten.

  Im zweischeibigen Isolierglas liegen die U_g-Werte zwischen 1,5 und 1,1 W/m²K ohne zusätzliches Wärmedämmglas als Gegenscheibe bei τ_L-Werten zwischen ca. 60 und 30 % und g-Werten zwischen ca. 50 - 20 %, je nach Intensität von Farbgebung und Reflexionsgrad.

- **SunGuard® Solar**

  Dies ist die Produktreihe reiner Sonnenschutzgläser mit der höchsten Flexibilität bezüglich Anwendung und Verarbeitung. Farben und Reflexionen sind nahezu frei wählbar. Die gesamte Bandbreite denkbarer Weiterverarbeitung, wie Laminieren, Vorspannen, Biegen oder Bedrucken sind mit SunGuard Solar Gläsern möglich. Sie sind verträglich mit nahezu allen Verglasungsmaterialien und Dichtstoffen.

  Im zweischeibigen Isolierglas kann mit einer Gegenscheibe aus ClimaGuard® Premium ein U_g-Wert von 1,1 W/m²K bei τ_L-Werten von ca. 10 bis 60 % und g-Werten von < 10 bis ca. 50 % erreicht werden.

- **SunGuard® High Durable**

  Die englische Bezeichnung „High Durable" steht für hochbeständig. Die reinen Sonnenschutzgläser dieses Types entsprechen in ihren optischen Eigenschaften und ihrer Ästhetik im Wesentlichen denen der SunGuard® Solar Reihe. Wichtiger Unterschied: durch die Verwendung neuartiger Materialien, können diese Gläser monolithisch eingesetzt werden.

Alle Produkte und ihre relevanten Werte finden Sie detailliert → Kapitel 10.

KIA Europazentrale, Frankfurt
SunGuard® SN 51/28
Yutake Omehara Architect
Jochen Holzwarth Architekt

Raiffeisen International „Die Welle", Wien
SunGuard® Solar Royal Blue 20
Architekt: Hans Hollein

6. Transparenter Schallschutz 64

6.1 Humane Aspekte 64

6.2 Schallwellenverhalten 64
6.2.1 Grenzwerte 64
6.2.2 Wahrnehmung 65

6.3 Schallbewertung am Bauwerk 66
6.3.1 Mittlerer Schalldämmwert 66
6.3.2 Korrekturfaktoren 67

6.4 Einflussfaktoren und Herstellungsvarianten 68
6.4.1 Scheibengewicht 68
6.4.2 Isolierglasaufbau/Scheibenzwischenraum 68
6.4.3 Entkoppelte Einzelscheiben 70

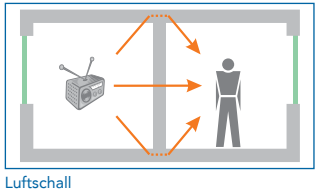
6.5 Basisglasangebote für Schalldämmgläser 71

6.1 Humane Aspekte

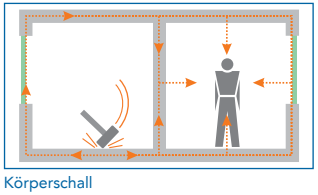
Mobilität und Industrialisierung der letzten Jahrzehnte haben unsere Umwelt erheblich lauter werden lassen. Diese Entwicklung stellt inzwischen ein ernsthaftes Problem dar. Dauerhafter Lärm bedeutet eine doppelte Gefahr für den Menschen. Zum einen wird das Gehör selbst – in der Regel unbemerkt – geschädigt, was vermehrt zu Tinnitus und Schwerhörigkeit führt, zum anderen nehmen psychische Erkrankungen zu. Sie beginnen bei Schlafstörungen und Konzentrationsmängeln und erstrecken sich über Allergien, Kreislauferkrankungen und Bluthochdruck bis hin zum gesteigerten Herzinfarktrisiko. Dabei ist eine lärmverursachte Erkrankung nicht so einfach zu erkennen wie beispielsweise eine Infektion, und ihre Behandlung erfordert erheblich höhere Aufwendungen, vor allem in Wohn- und Lebensbereichen.

6.2 Schallwellenverhalten

Lärm ist ein Mix aus unterschiedlichen Schallwellen, die durch Schwingungen in festen Körpern, Flüssigkeiten oder Gasen (Luft) entstehen. Je nach Übertragungsweg spricht man von Luft- oder von Körperschall.



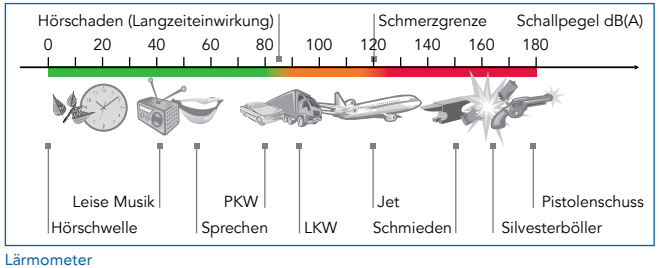
Luftschall



Körperschall

6.2.1 Grenzwerte

In der Regel wird der Schall mittels beider Wege transportiert. Die Stärke der Druckschwankungen – die Höhe der Schallwelle – nennt man Schalldruck. Dieser wird in Dezibel (dB) gemessen und kann extrem unterschiedlich ausfallen: vom Ticken einer Uhr bis zum Knall eines Schusses.

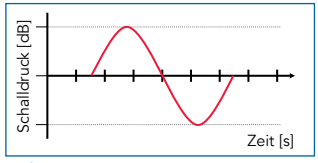


Lärmometer

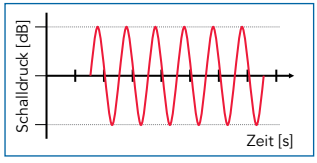
Schallquelle	Abstand ca. [m]	Schallpegel dB(A)
raschelndes Blatt	1	10
tickende Uhr	1	20
leise Musik	1	40
normales Sprechen	1	50 - 60
PKW	7	80
schwerer LKW	7	90
Presslufthammer	7	90 - 100
Martinshorn	10	110
Düsenflugzeug	20	120 - 130
Hammerschlag in einer Schmiede	5	150
Silvesterböller	0	170
Pistolenschuss	0	180

Lärmquellen und Lärmpegel

Die Anzahl der Wellen oder Schwingungen pro Sekunde wird als Frequenz bezeichnet und in Hertz (Hz) angegeben. Lärm beziehungsweise Geräusche setzen sich aus vielen Wellen verschiedener Frequenzen zusammen. Dabei sind tiefe Töne niedrige und hohe Töne höhere Frequenzen.



Tiefer Ton



Hoher Ton

6.2.2 Wahrnehmung

Der Mix dieser Frequenzen in einem Geräusch lässt sich als Frequenzspektrum darstellen. Das Frequenzspektrum der Töne, die für das menschliche Ohr überhaupt hörbar sind, liegt zwischen 20 und 20000 Hz. Relevant für den baulichen Schallschutz ist aber nur der Bereich der höchsten Wahrnehmungsempfindlichkeit, der um 4 kHz liegt und danach in beide Richtungen schnell abnimmt. Die Schallschutzbewertung berücksichtigt deshalb vor allem den Bereich zwischen 100 und 5000 Hz. Da überdies hochfrequente Töne stärker vom menschlichen Ohr wahrgenommen werden als niederfrequente, erfolgt bei der Bewertung eine entsprechende Berücksichtigung dieses intersubjektiven Hörempfindens, was mit dB(A) angegeben wird; dabei steht das „A" für angepasst. Die Ermittlung der Schalldämmung folgt keiner linearen, sondern einer logarithmischen Funktion. So ergeben beispielsweise zwei Schallquellen mit jeweils 80 dB nicht eine „Summe" von 160 dB, sondern nur 83 dB. Folglich empfindet das menschliche Ohr einen Unterschied von ± 10 dB als Ver-

dopplung beziehungsweise Halbierung der Lautstärke.

Generell gilt aufgrund der logarithmischen Bewertung:

Dämmung	Lärmreduzierung
10 dB	50 %
20 dB	75 %
30 dB	87,5 %
40 dB	94,25 %

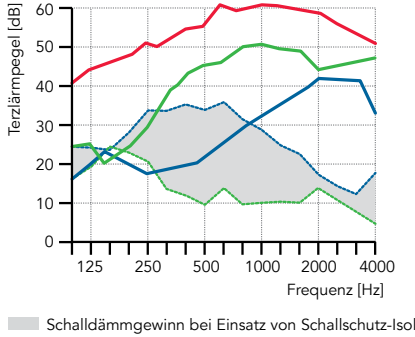
Da ein großer Anteil der heute verbauten Schallschutzgläser eine Dämmung von etwa 40 dB erreicht, bedeutet das, dass diese Gläser nur noch etwa 6 % des Außenlärms nach innen lassen.

6.3 Schallbewertung am Bauwerk

Ein Bauteil, das beispielsweise mit 40 dB Dämmleistung angegeben wird, reduziert also den Außenlärm von angenommenen 70 dB auf 30 dB im Innenraum und bewirkt damit eine wahrgenommene Reduzierung auf ein Sechzehntel des Außenpegels. Am Bauwerk ist allerdings nie das einzelne Bauteil, sondern immer die gesamte Peripherie zu betrachten, die in Summe das Schalldämmmaß widerspiegelt.

6.3.1 Mittlerer Schalldämmwert (R_w)

Bauteile werden nach den Normen EN 20140, EN ISO 717 und EN ISO 140 schalltechnisch bestimmt und als R_w in dB angezeigt. Dies geschieht per Messung und Abgleich mit einer Bezugskurve. R_w stellt dabei einen mittleren Schalldämmwert über die relevanten Frequenzen dar.



Vergleich Schalldämmung Standard- / Schallschutz-Isolierglas

Dabei wird die Bezugskurve solange im Messdiagramm des Prüflings vertikal verschoben, bis die Unterschreitung zur Messkurve im Mittel nicht mehr als 2 dB beträgt. Überschreitungen werden nicht berücksichtigt. Der Ordinatenwert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz entspricht dann dem mittleren, bewerteten Schalldämmmaß R_w in dB. Als weitere Norm, speziell in Deutschland, ist die DIN 4109 zu berücksichtigen, die folgende Nomenklatur definiert:

R_w = bewertetes Schalldämmmaß in dB ohne Schallübertragung über angrenzende Bauteile (also beispielsweise der reine Glaswert)

R'_w = bewertetes Schalldämmmaß in dB mit Schallübertragung über angrenzende Bauteile (also beispielsweise Fenster)

$R'_{w,\,res}$ = resultierendes Schalldämmmaß in dB des gesamten Bauteils (z. B. ganze Wand inkl. Fenster aus Rahmen mit Glas und Anschlüssen)

$R_{w,P}$ = bewertetes Schalldämmmaß in dB, im Prüfstand ermittelt

$R_{w,R}$ = bewertetes Schalldämmmaß in dB, Rechenwert

$R_{w,B}$ = bewertetes Schalldämmmaß in dB, am realen Bau gemessener Wert

6.3.2 Korrekturfaktoren (C, C_{tr})

Mittels dieser schalltechnischen Deklaration lassen sich einzelne Bauteile miteinander vergleichen und ermöglichen Berechnungen des Gesamtvolumens. Allerdings hat die Praxis gezeigt, dass je nach Schallquelle zu diesen R_w-Mittelwerten noch Korrekturfaktoren zu berücksichtigen sind, die ebenfalls in der EN definiert sind.

Geräuschquelle	Spektrum-Anpassungswert
Normale Frequenzgeräusche, wie Reden, Musik hören, Radio und TV	
Spielende Kinder	
Schienenverkehr, mittlerer und hoher Geschwindigkeit*	C
Autobahnverkehr über 80 km/h*	
Flugzeuge mit Düsenantrieb in geringem Abstand	
Produktionsbetriebe, die vorwiegend mittel- bis hochfrequenten Lärm abstrahlen	Spektrum 1
Innerstädtischer Straßenlärm	
Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit	
Propeller-Flugzeuge	C_{tr}
Flugzeuge mit Düsenantrieb in größerer Entfernung	
Discomusik	
Produktionsbetriebe mit vorwiegend tieffrequenter Lärmabstrahlung	Spektrum 2

Spektrum-Anpassungswerte

* In verschiedenen EU-Ländern gibt es Rechenverfahren für die Fixierung von Oktavbandschallpegeln für Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche. Diese können zum Vergleich mit den Spektren 1 und 2 herangezogen werden.

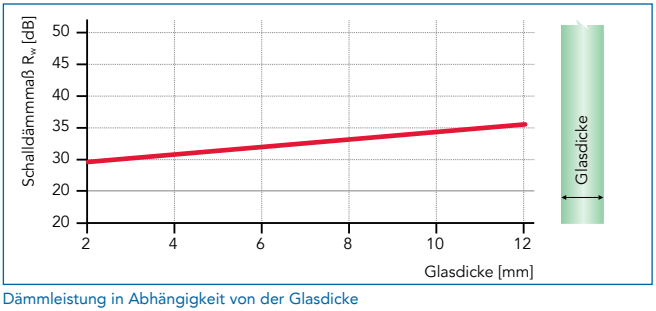
Diese Korrekturfaktoren, Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} genannt, reduzieren das Schalldämmmaß R_w des Bauteils, wenn die laut EN-Tabelle verursachenden Lärmquellen ursächlich sind. Das heißt, ein Bauteil mit den Werten R_w (C,C_{tr}) = 40 (-2,-8) hat eine „mittlere" Dämmleistung von 40 dB. Speziell für Schallquellen mit eher höheren Tönen ist die Schalldämmung aber um 2 dB geringer, für hauptsächlich solche mit tieferfrequenten sogar um 8 dB.

6.4 Einflussfaktoren und Herstellungsvarianten

Die Schalldämmung mit Verglasungen wird durch folgende Parameter beeinflusst:

6.4.1 Scheibengewicht

Grundsätzlich gilt, je schwerer die Scheibe pro Flächeneinheit, desto höher ihre Schalldämmung. Deshalb steigt bei Erhöhung der Glasdicke die Dämmwirkung.

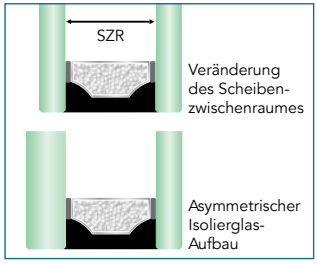


Dämmleistung in Abhängigkeit von der Glasdicke

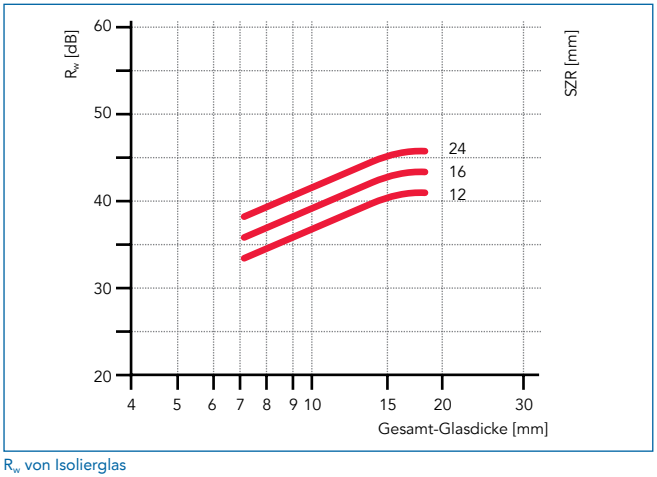
6.4.2 Isolierglasaufbau/Scheibenzwischenraum

Ein zwei- oder auch dreischeibiges Isolierglas ist ein so genanntes Masse-Feder-Masse-System: Die beiden äußeren Scheiben (Massen) sind durch die Luft- oder Gasfüllung im Scheibenzwischenraum (Feder) voneinander entkoppelt. Der SZR dämpft die Schwingungen der äußeren Scheibe ab, bevor sie die innere, zweite Scheibe erreichen. Mit Vergrößerung des SZR wird dieser Effekt erhöht und die Schalldämmung immer besser. Allerdings ist dies nur in eingeschränktem Maße realisierbar, da dabei zum einen die Wärmedämmung (→ Kapitel 3.3) verringert und zum anderen die Klimabelastung der Einheit erhöht wird.

Ergänzt man allerdings eine moderate SZR-Erweiterung mit einem asymmetrischen Glasaufbau, ergeben sich bereits exzellente Schalldämmwerte der Verglasung.



Mögliche Isolierglasaufbauten

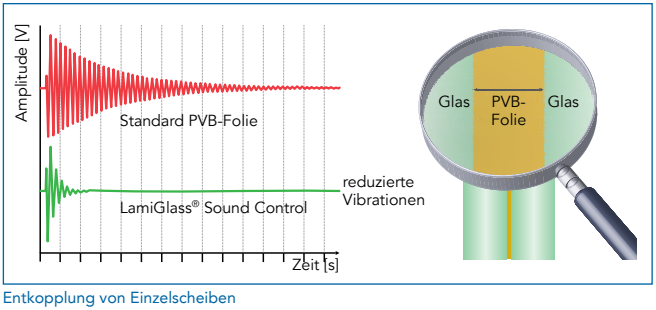


R_w von Isolierglas

6.4.3 Entkoppelte Einzelscheiben

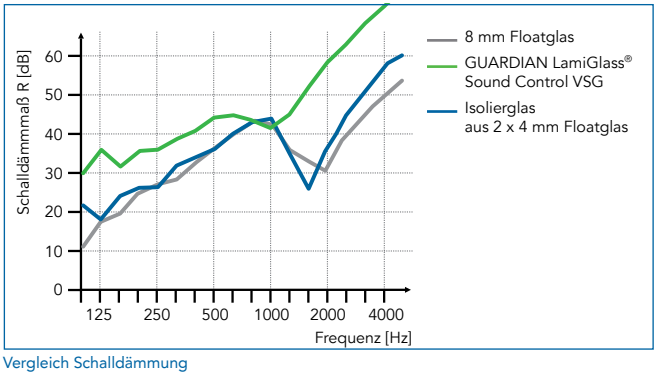
Die schalldämmende Wirkung von dickeren, schwereren Gläsern kann noch weiter optimiert werden, indem man zwei Einzelgläser über Verbundfolien (PVB) verbindet.

Dabei bleiben sowohl die Dicke als auch das Flächengewicht erhalten, die Scheibe wird aber „weicher" und erhöht somit ihr Dämmverhalten gegenüber Schallwellen.



Entkopplung von Einzelscheiben

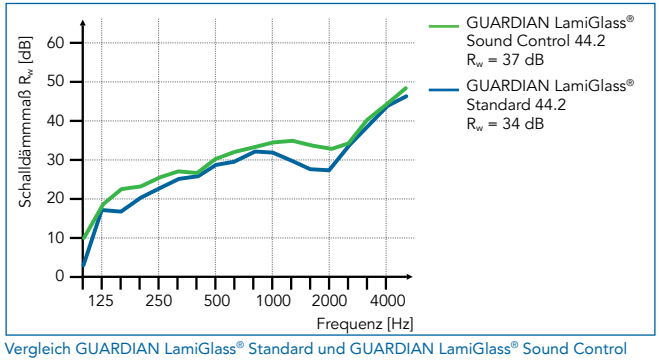
Neben den handelsüblichen, bekannten PVB-Folien, die seit Jahren zur Herstellung von Verbund-Sicherheitsglas Verwendung finden, werden in jüngster Zeit auch spezielle Schallschutzfolien verbaut, die neben dem Sicherheitsaspekt auch eine Schallschutzerhöhung berücksichtigen.



Vergleich Schalldämmung

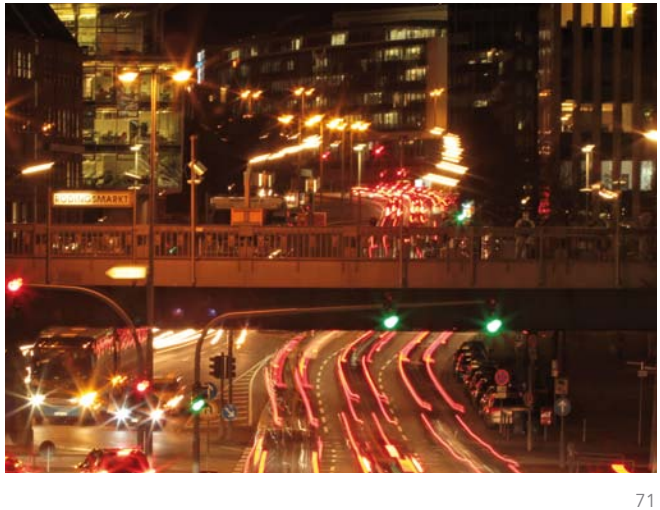
6.5 Basisglasangebote für Schalldämmgläser

Die GUARDIAN Basispalette für die Herstellung exzellenter Schallschutzprodukte verfügt grundsätzlich über zwei verschiedene Varianten. Zum einen bieten die Basisprodukte mit der bewährten Polyvinyl-Butyral-Folie (PVB) bei der Herstellung von Verbund-Sicherheitsglas (→ Kapitel 7.4) bereits verbesserte Schalldämmwerte.



Vergleich GUARDIAN LamiGlass® Standard und GUARDIAN LamiGlass® Sound Control

Eine zusätzliche Verbesserung erhalten die Produkte durch Austausch dieser Standard-Folien gegen auf Schalldämmverhalten optimierte Varianten. Je nach baulicher Anforderung kann so zwischen verschiedenen Glastypen gewählt und eine breite Palette von Funktionsgläsern erzeugt werden (→ Kapitel 10).



International House of Music, Moskau
SunGuard® HP Light Blue 62/52
Architects Yuriy P. Gnedovski + Vladlen D. Krasilnikov

7. Transparente Sicherheit 74

7.1 Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) 74
7.1.1 Herstellung 74
7.1.2 Bauphysikalische Eigenschaften 76
7.1.3 Schlag- und Druckfestigkeit 76
7.1.4 Biegezugfestigkeit 76
7.1.5 Ballwurfsicherheit 76
7.1.6 Wärmeeinflüsse 76
7.1.7 Anisotropien 77
7.1.8 Optische Qualität 77
7.1.9 Feuchtefilm auf ESG 77
7.1.10 Kennzeichnung 77

7.2 Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas und ESG-H 77

7.3 Teilvorgespanntes Glas (TVG) 79
7.3.1 Herstellung 79
7.3.2 Biegezugfestigkeit 80
7.3.3 Wärmeeinflüsse 80

7.4 Verbund-Sicherheitsglas (VSG) 80
7.4.1 Herstellung 81
7.4.2 Bauphysikalische Eigenschaften 82
7.4.3 Schlagfestigkeit 82

7.5 Sicherheit mit und durch Glas 82
7.5.1 Aktive Sicherheit 82
Durchwurfhemmung nach EN 356 | Durchbruchhemmung nach EN 356 | Durchschusshemmung nach EN 1063 | Sprengwirkungshemmung nach EN 13541

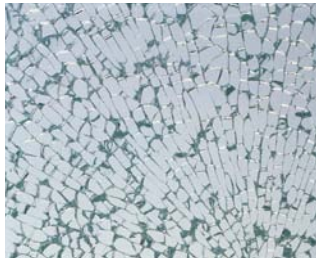
7.5.2 Passive Sicherheit 85
Verletzungsschutz | Absturzsicherung | Überkopfverglasungen | Restandsicherheit / Resttragfähigkeit

7.6 Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen 88
7.6.1 Vertikalverglasungen ohne Absturzsicherung 88
7.6.2 Horizontal-/Überkopfverglasungen 90
7.6.3 Absturzsichernde Verglasungen 91
7.6.4 Verglasungen in Gebäuden spezieller Nutzung 93
7.6.5 Verglasungen im Innenausbau ohne Absturzsicherung 95
7.6.6 Sicherheitssondergläser 96
7.6.7 Konstruktiver Glasbau 97

Die Sicherheit eines Bauteils ist die Grundvoraussetzung für seine Verwendung. Bereits vor mehr als 100 Jahren wurde dieser Umstand für Glas erkannt und zunächst bei Automobilverglasungen zur Anwendung gebracht. Heute bietet sich eine breite Palette an Sicherheitsgläsern, die je nach Anforderung einzeln oder aber in Kombination an und in Gebäuden zum Einsatz gelangen. Die drei wesentlichen Glasarten sind dabei Einscheiben- und Verbund-Sicherheitsglas sowie teilvorgespanntes Glas.

7.1 Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)

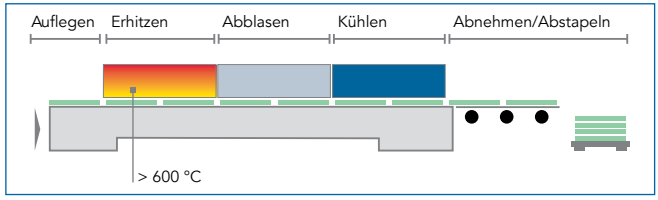
Diese Glasart lässt sich aus Float- oder auch aus nahezu allen bekannten, flach strukturierten Ornament- und Gussgläsern herstellen. Dabei wird das Basisglas thermisch behandelt, was „vorspannen" genannt wird. Dadurch erhält es drei herausragende Eigenschaften: Es verfügt über eine vier- bis fünfmal höhere Biegezugfestigkeit als das Ursprungsmaterial und kann damit viel höher auf Zug oder stumpfen Stoß belastet werden. Des Weiteren steigt die Temperaturwechselbeständigkeit, das heißt, es wird widerstandsfähiger sowohl gegen große, kurzfristige Temperaturwechsel als auch gegen höhere Temperaturunterschiede innerhalb einer Scheibe. Sollte es trotzdem zum Versagen durch Überlastung kommen, so zerfällt es in ein Netz stumpfkantiger, lose zusammenhängender Krümel, die eine geringere Verletzungsgefahr darstellen als die scharfkantigen Scherben beim Bruch herkömmlichen Glases.



Bruchbild ESG

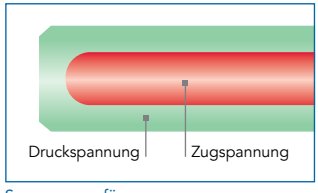
7.1.1 Herstellung

In das so genannte Vorspann-Aggregat gelangen nur Zuschnitte aus Basisglas, an denen genaue Vermaßung, Kantenausführungen sowie sonstige notwendige Bearbeitungen, wie Bohrungen und Randausschnitte, bereits vollzogen sind. Mittels kontrolliertem, gleichmäßigem Erwärmen werden diese Scheiben auf etwa 600 °C erhitzt, um anschließend durch schnelles Abkühlen mit kalter Luft wieder auf Raumtemperatur „abgeschreckt" zu werden.



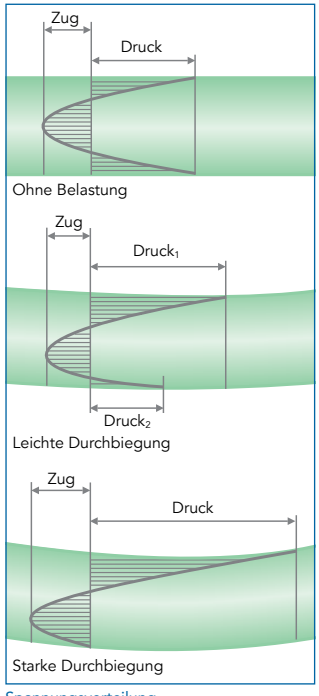
ESG Herstellungsprozess (schematische Darstellung)

Dieses „Abschrecken", fachmännisch Abblasen genannt, bewirkt, dass die Glasoberflächen schneller als der Glaskern abkühlen und somit ein dauerhaftes Spannungsgefüge im Glas erzeugt wird. Von den Glasoberflächen, die unter Druckspannung gesetzt werden, nimmt zur Glasquerschnittsmitte hin die Zugspannung zu.



Spannungsgefüge

Mit diesem Spannungsgefüge erhält die Scheibe ihre herausragenden Eigenschaften, es erklärt aber auch, warum sämtliche Bearbeitungen an der Scheibe im Vorfeld erfolgen müssen. Wird nämlich dieses Spannungsgefüge durch mechanische Einwirkung, z. B. Bohren, unterbrochen, so zerplatzt die gesamte Scheibe. Die Spannungszonen können bei polarisiertem Licht sichtbar gemacht werden und sind unter bestimmten Blickwinkeln als farbige, optische Effekte erkennbar.



Spannungsverteilung

Spannungsgefüge – sichtbar gemacht

7.1.2 Bauphysikalische Eigenschaften

Wärmeleitvermögen, Licht- und Energiedurchlässigkeit, thermische Ausdehnung, Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul bleiben gegenüber dem Basisglas identisch, ebenso das Flächengewicht und das Schalldämmverhalten sowie die chemischen Eigenschaften. Andere Parameter allerdings ändern sich erheblich.

7.1.3 Schlag- und Druckfestigkeit

Gegen den Stoß von weichen, verformbaren Körpern, wie z. B. dem menschlichen Körper, hat Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) nach EN 12600 (Pendelschlagversuch am Glas für bauliche Anlagen) eine erhöhte Beständigkeit. Die jeweiligen Einsatzgebiete definieren dabei die anzuwendende Glasdicke.

7.1.4 Biegezugfestigkeit

ESG kann aus verschiedenen Basisgläsern gefertigt werden und wird zudem auch oft noch mit keramischen Farben belegt. Deshalb ist die Biegezugfestigkeit stets der konkreten Ausführung zuzuordnen:

- ESG aus Floatglas
  σ = 120 MPa
- ESG aus Ornamentglas
  σ = 90 MPa

- ESG aus emailliertem Flachglas, wobei die emaillierte Seite unter Zugspannung steht
  σ = 75 MPa

7.1.5 Ballwurfsicherheit

Speziell in Deutschland über die DIN 18032 „Prüfung auf Ballwurfsicherheit“ eignet sich ESG ab 6 mm Dicke für die großflächige Glasanwendung im Sport- und Turnhallenbau.

7.1.6 Wärmeeinflüsse

ESG ist in der Lage, kurzfristig einer Temperatur von +300 °C, längerfristig +250 °C, standzuhalten. Die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturunterschiede innerhalb einer Glasfläche, beispielsweise zwischen Scheibenmitte und -rand, liegt mit 200 K (Kelvin) gegenüber den 40 K des Floatglases extrem hoch.

7.1.7 Anisotropien

Hierbei handelt es sich um unvermeidbare Irisationserscheinungen an thermisch vorgespanntem Glas aufgrund der internen Spannungsverteilung in jeder Scheibe. Eine vom Blickwinkel abhängige Wahrnehmung von dunkelfarbigen Ringen oder Streifen bei polarisiertem Licht ist möglich und unvermeidbar.

7.1.8 Optische Qualität

Da das ESG während seiner Herstellung meistens auf Rollen bewegt wird, können hin und wieder leichte Oberflächenveränderungen auftreten. Diese Welligkeit, „roller waves“ genannt, ist physikalisch und produktionstechnisch bedingt und nicht zu verhindern. Aus demselben Grund können in Ausnahmefällen auch Pünktchenbildungen auf der Glasoberfläche entstehen, die „roller pick up“ genannt werden und unter widrigen Lichtverhältnissen erkennbar sein können.

7.1.9 Feuchtefilm auf ESG

Die Benetzbarkeit der ESG-Oberfläche kann durch Abdrücke von Rollen, Vakuumsaugern, Glätt- oder Gleitmitteln unterschiedlich sein. Bei Bildung eines späteren Feuchtefilms auf der Glasoberfläche kann diese differente Benetzbarkeit innerhalb einer Glasfläche sichtbar werden, sie stellt aber keinen Mangel dar.

7.1.10 Kennzeichnung

Jede ESG-Scheibe muss nach EN 12150 eindeutig und dauerhaft sichtbar gekennzeichnet sein.

Kennzeichnung von ESG

7.2 Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas und ESG-H

In jedem Basisglas befinden sich in extrem geringen Mengen durch die Rohstoffe eingetragene, unvermeidbare Nickelsulfid-Kristalle. Diese haben bei normal „entspanntem“ Float- und Ornamentglas keinerlei Auswirkung.

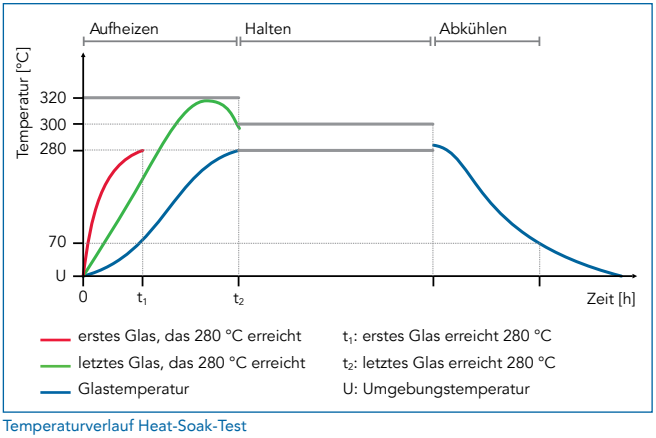
Nickelsulfid-Teilchen in Floatglas mit mechanischer Belastung

Während der Herstellung von ESG kommt es durch die extrem schnelle Abkühlung zum "Einfrieren" der NiS-Partikel in einer Hochtemperatur-Kristallmodifikation. Bei späterer Wärmezufuhr, beispielsweise durch solare Energieabsorption, kann sich die Kristallstruktur unter Volumenzunahme ändern und zum Spontanbruch der Glasscheibe führen, sobald die Partikel eine kritische Größe überschreiten.

Für sicherheitsrelevante Verglasungen und Scheiben, die hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, wie beispielsweise Fassadengläser, wird deshalb nach der Fertigung ein so genannter ergänzender Heat-Soak-Test durchgeführt.

Dieser Test, der nach EN 14179 erfolgt und zu dokumentieren ist, „zwingt" die gegebenenfalls vorhandenen Nickelsulfid-Kristalle, kurzfristig zu reagieren. Diejenigen Scheiben, die solche unsichtbaren Kristalle in sich tragen, werden bei diesem Test bewusst zerstört. Zu diesem Zweck werden die ESG-Scheiben in einer Hitzekammer definiert auf 290 °C ± 10 % flächig für mindestens 2 Stunden erhitzt, in Deutschland nach Bauregelliste sogar 4 Stunden zur Erreichung des geregelten Bauprodukts ESG-H.

Heat-Soak-Ofen



Temperaturverlauf Heat-Soak-Test

Dieser Vorgang wird eigen- und fremdüberwacht und ist für jede gelieferte Scheibe nachhaltig zu dokumentieren. Darüber hinaus sind diese Scheiben über die ESG-Standardkennzeichnung hinaus sichtbar zu deklarieren.

Kennzeichnung von ESG-H

7.3 Teilvorgespanntes Glas (TVG)

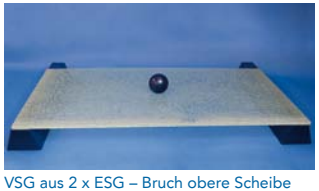
TVG nach EN 1863 gehört als Einzelscheibe nicht zu den Sicherheitsgläsern, ist aber heutzutage in Kombination nahezu unverzichtbar für den konstruktiven Glasbau.

7.3.1 Herstellung

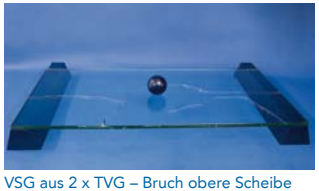
Die Herstellung erfolgt wie die des ESG, der Abkühlprozess vollzieht sich allerdings langsamer. Dadurch ergeben sich geringere Spannungsunterschiede im Glas. TVG liegt hinsichtlich seiner Eigenschaften also gewissermaßen zwischen Float- und ESG-Glas. Das wird auch in den Werten der Temperaturwechselbeständigkeit sowie der Biegezugfestigkeit deutlich. Das Bruchbild ähnelt dem einer Floatglasscheibe, es zeigt Risse vom Bruchzentrum radial zu den Scheibenrändern.

Bedingt durch dieses Bruchverhalten verfügt TVG, anders als ESG, in einer Verbund-Sicherheitsglas-Einheit über ein exzellentes Resttragverhalten.

Beim Versagen einer von zwei TVG-Scheiben im VSG kommt es nur zu sehr geringen Durchbiegungen im Gegensatz zum „Durchsacken" bei VSG aus ESG. Deshalb löst TVG im Verbundglas bei Anforderungen für erhöhten Biegezug und Temperaturwechsel das ESG immer stärker ab.

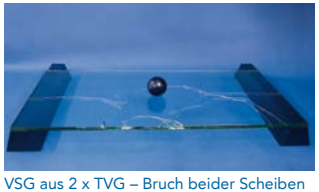


VSG aus 2 x ESG – Bruch obere Scheibe



VSG aus 2 x TVG – Bruch obere Scheibe

VSG aus 2 x ESG – Bruch beider Scheiben



VSG aus 2 x TVG – Bruch beider Scheiben

Durch die langsamere Abkühlung während des Herstellungsprozesses besteht bei TVG kein Risiko für Spontanbruch durch Nickelsulfid-Einschlüsse.

7.3.2 Biegezugfestigkeit

- TVG aus Floatglas
  $\sigma = 70$ MPa
- TVG aus Ornamentglas
  $\sigma = 55$ MPa
- TVG aus emailliertem Flachglas, wobei die emaillierte Seite unter Zugspannung steht
  $\sigma = 45$ MPa

7.3.3 Wärmeeinflüsse

Die Bruchbeständigkeit eines TVG gegen Temperaturunterschiede in der Glasfläche ist bei 100 K anzusetzen.

7.4 Verbund-Sicherheitsglas (VSG)

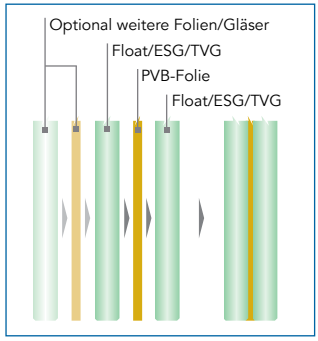
Seit seiner Erfindung 1909, über ein Jahrhundert stetig optimiert, steht Verbund-Sicherheitsglas (VSG) heute für die Realisation moderner Architektur. Das dauerhafte Verbinden von zwei und mehr Einzelgläsern über zäh elastische, hochreißfeste Polyvinyl-Butyral-Folien (PVB) macht den Baustoff Glas zu einem multifunktionalen Element, das neben seiner gegebenen Transparenz auch hohen statischen Belastungen Stand halten und konstruktive Aufgaben übernehmen kann. Dabei sind alle denkbaren Flachgläser, ob Float- oder flach strukturiertes Ornamentglas, ob beschichtet oder bedruckt, zu VSG zu laminieren.

Die Sicherheitswirkung von VSG basiert auf der extrem hohen Reißfestigkeit der PVB-Zwischenschicht und deren hervorragenden Haftung zu den angrenzenden Glasoberflächen. Bei mechanischer Überbelastung durch Stoß, Schlag oder Einwirkung sonstiger Kräfte bricht das Glas zwar an, die Bruchstücke allerdings haften an der PVB-Schicht derart, dass in der Regel das Standvermögen der Verglasung erhalten bleibt.

Damit bleibt die verglaste Öffnung geschlossen, und die Verletzungsgefahr wird, wegen der Anhaftung der Splitter, extrem minimiert. Je nach Verwendung des VSG werden auch mehrere PVB-Zwischenschichten zwischen zwei Glasflächen platziert, um so einer erhöhten Anforderung gerecht zu werden.

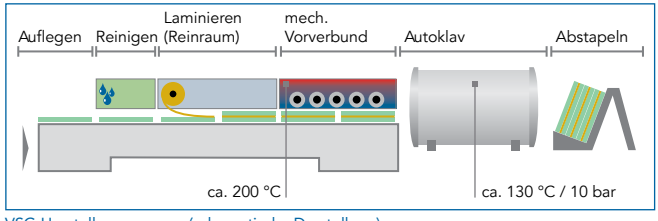
7.4.1 Herstellung

Die Herstellung von VSG erfolgt nach den Vorgaben der EN 14449. Dabei werden zwei oder auch mehrere gut gesäuberte Scheiben mit jeweils einer oder mehreren PVB-Zwischenlagen im Reinraum aufeinander gelegt. Anschließend wird dieses „Sandwich“ unter ca. 200 °C Hitze in einem Walzverfahren vorgefestigt. Man spricht vom mechanischen Vorverbund.



Aufbau von VSG

Das so entstandene, transluzente Glas-Folien-Paket wird nunmehr mit zahlreichen weiteren auf einem Glasgestell dem Autoklaven zugeführt, einem Hochdruckheizaggregat, in dem unter einem Druck von etwa 10 bar und 130 °C Hitze über eine definierte Zeitspanne aus dem transluzenten Vorverbund ein absolut transparentes Verbund-Sicherheitsglas wird.



VSG Herstellungsprozess (schematische Darstellung)

VSG Herstellung – Reinraum

7.4.2 Bauphysikalische Eigenschaften

Druckfestigkeit, Wärmeleitvermögen, thermische Ausdehnung, Elastizitätsmodul sowie Flächengewicht und chemische Eigenschaften entsprechen denen der einzelnen Basisgläser. Auch die Lichtdurchlässigkeit resultiert aus den Werten der verarbeiteten Basisgläser sowie den PVB-Folien. Je nach Dicke der Aufbauten liegt diese zwischen 90 - 70 %. Optimieren lässt sich sowohl die Lichtdurchlässigkeit als auch der Farbwiedergabeeindruck – vor allem bei dickeren Aufbauten mit mehreren Scheiben und zahlreichen Folien – durch die Verwendung von Float ExtraClear® und vor allem Float UltraClear™.

7.4.3 Schlagfestigkeit

Zur Simulation des Aufpralls eines menschlichen Körpers schreibt die EN 12600 einen Pendelschlagversuch an Glas für bauliche Anlagen vor. Die von GUARDIAN geprüften Aufbauten, welche diese Vorgaben erfüllen, finden Sie im ➞ Kapitel 10.6.

7.5 Sicherheit mit und durch Glas

Stellten in der Vergangenheit große Glasflächen oftmals eine Schwachstelle der Gebäudehülle gegen Angriffe jeglicher Art dar, so haben moderne, neuzeitliche Verglasungen hier für Abhilfe gesorgt. Grundsätzlich unterscheiden sich zwei Bereiche, wenn es um die Sicherheit mit und um Glas im und am Gebäude geht. Details sind in ➞ Kapitel 7.6 aufgelistet.

7.5.1 Aktive Sicherheit

Zielsetzung ist hier, Glas als aktive Barriere gegen dynamische Angriffe zum Einsatz zu bringen. Vor allem gilt es, ein Durchdringen über definierte Zeitspannen, aber auch bei punktuellen, kurzfristigen Höchstbelastungen zu verhindern. Um im Ernstfall diesen Belastungen Stand zu halten, schreiben EN-Normen Prüfkriterien vor, die durch die einzelnen Glastypen zu erfüllen sind.

7.5.1.1 Durchwurfhemmung nach EN 356

Durchwurfhemmende Verglasungen werden mit einer vier Kilogramm schweren Stahlkugel von zehn Zentimetern Durchmesser geprüft. Zur Differenzierung unterschiedlicher Widerstandsklassen wird diese Kugel im freien Fall aus unterschiedlichen Höhen sowie zusätzlich mehrfach auf die gleiche Stelle des Prüflings fallen gelassen. Daraus ergeben sich folgende Spezifikationen:

Widerstandsklasse nach EN 356	Kugelfallhöhe (-anzahl)
P1 A	1.500 mm (3)
P2 A	3.000 mm (3)
P3 A	6.000 mm (3)
P4 A	9.000 mm (3)
P5 A	9.000 mm (9)

Geeignete Glastypen ➞ Kapitel 10.6.

7.5.1.2 Durchbruchhemmung nach EN 356

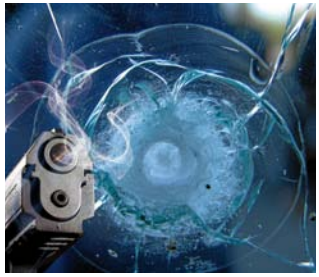
Der erhöhten Anforderung bei der Durchbruchhemmung wird mit einer anderen Prüfmethode Rechnung getragen. Hierbei muss je nach Widerstandsklasse das Prüfglas an gleicher Stelle einer Anzahl definierter Schläge mit einer mechanisch geführten, zwei Kilogramm schweren Axt widerstehen. Es darf dabei nach Erreichen der vordefinierten Schlagzahl lediglich eine maximale Öffnung von ≤ 400 x 400 mm erreicht worden sein.

Widerstandsklasse nach EN 356	Anzahl Axtschläge
P6 B	30
P7 B	51
P8 B	70

7.5.1.3 Durchschusshemmung nach EN 1063

Die Sicherheit für Menschen und Güter vor direktem Beschuss mit unterschiedlichen Waffen und Kalibern aus differenten Entfernungen wird in der EN 1063 geregelt. Dabei wird jede Prüfscheibe dreimal in einem vorgegebenen Trefferbild bei Raumtemperatur beschossen. Das Glas darf dabei nicht durchdrungen werden. Für Anwendungen solcher Verglasungen, bei denen sich im Angriffsfall Menschen unmittelbar hinter der Verglasung befinden könnten, wird zusätzlich differenziert nach „splitterfrei" (NS) und „Splitterabgang" (S).

Da alle für diesen Einsatzzweck angebotenen VSG-Typen aus mehrschichtigen, asymmetrischen Aufbauten bestehen, bringen sie automatisch eine hervorragende Durchbruchhemmung mit.



Kaliber	Geschoss			Beschussklasse		Schussentfernung [m]	Geschwindigkeit [m/s]
	Art		Maße [g]	Splitterabgang	Splitterfrei		
.22 LR	L/RN	Blei-Rundkopfgeschoss	2,6 ± 0,10	BR1-S	BR1-NS	10	360 ± 10
9 mm x 19	VMR/Wk	Vollmantel-Flachkopfgeschoss mit Weichkern	8,0 ± 0,10	BR2-S	BR2-NS	5	400 ± 10
.357 Magn.	VMKS/Wk	Vollmantel-Kegelspitzkopfgeschoss mit Weichkern	10,25 ± 0,10	BR3-S	BR3-NS	5	430 ± 10
.44 Magn.	VMF/Wk	Vollmantel-Flachkopfgeschoss mit Weichkern	15,55 ± 0,10	BR4-S	BR4-NS	5	440 ± 10
5,56 x 45	FJ/PB/SCP 1	Vollmantel-Spitzkopfgeschoss mit Weichkern mit Stahleinlage	4,0 ± 0,10	BR5-S	BR5-NS	10	950 ± 10
7,62 x 51	VMS/Wk	Vollmantel-Spitzkopfgeschoss mit Weichkern	9,45 ± 0,10	BR6-S	BR6-NS	10	830 ± 10
7,62 x 51	VMS/Hk	Vollmantel-Spitzkopfgeschoss mit Hartkern	9,75 ± 0,10	BR7-S	BR7-NS	10	820 ± 10
Flinte 12/70*	Brenneke		31,0 ± 0,50	SG1-S *	SG1-NS *	10	420 ± 20
Flinte 12/70	Brenneke		31,0 ± 0,50	SG2-S	SG2-NS	10	420 ± 20

* Die Prüfung erfolgt durch einmaligen Beschuss

7.5.1.4 Sprengwirkungshemmung nach EN 13541

Diese europäische Anforderung legt die Qualifikation sowie die Prüfbedingungen für sprengwirkungshemmende Sicherheitsverglasungen für das Bauwesen fest. Die Klassifizierung gilt nur für die Abmessung eines Prüflings von etwa 1 m^2. Auch hierbei gilt, dass parallel mit den gelieferten Glastypen eine exzellente Durchbruchhemmung automatisch erreicht wird.

Kennzahl der Klasse	Eigenschaften der ebenen Druckwelle Mindestwerte des/der		
	pos. Max.-Druckes der reflektierten Druckwelle (Pr) [kPa]	pos. spezifischen Impulses (i+) [kPa x ms]	Dauer der pos. Druckphase (t+) [ms]
ER 1	50 ≤ Pr < 100	370 ≤ i+ < 900	≥ 20
ER 2	100 ≤ Pr < 150	900 ≤ i+ < 1500	≥ 20
ER 3	150 ≤ Pr < 200	1500 ≤ i+ < 1500	≥ 20
ER 4	200 ≤ Pr < 250	2200 ≤ i+ < 3200	≥ 20

Klasseneinteilung sprengwirkungshemmend gemäß EN 13541

7.5.2 Passive Sicherheit

Im Gegensatz zur aktiven Sicherheit stehen bei der passiven Sicherheit weniger massive, gewollte Angriffe auf das Glas als vielmehr alltägliche und unwillkürliche Versagensauswirkungen im Vordergrund.

7.5.2.1 Verletzungsschutz

Ob Ganzglastüren, Duschen, Möbel oder großflächige Verglasungen von allgemein zugänglichen Bereichen, an alle diese Glasanforderungen besteht die Anforderung im Bruchfall, keine scharfkantigen, schwertartigen Splitter entstehen zu lassen, die massive Verletzungen hervorrufen können. Dazu werden, je nach Anwendung, die Glasarten ESG, TVG und VSG in unterschiedlichsten Aufbauten zum Einsatz gebracht.

7.5.2.2 Absturzsicherung

Mit dem Einsatz von Glaselementen auch in absturzgefährdenden baulichen Bereichen sind klare Vorgabeparameter verbunden. Dabei erstrecken sich diese Anwendungsbereiche von einfachen Brüstungen und Umwehrungen bis hin zu raumhohen Verglasungen, die zu einer Seite mehr als etwa einen Meter über festem Grund installiert sind. Zurzeit gilt in Deutschland hierfür noch die gesetzliche Grundlage der „Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen – TRAV", die allerdings in Kürze durch die DIN 18008, Teil 4, ersetzt werden. Diese neue DIN basiert auf europäisch vereinheitlichten Standards, die von allen EU-Ländern mittelfristig umzusetzen sind.

Diese gesetzliche Vorgabe regelt detailliert die Glasart und den Aufbau, abhängig vom jeweiligen Einsatzbereich. Abweichende Verglasungen sind durchaus auch möglich, sie müssen dann allerdings im Einzelfall geprüft und von behördlicher Seite akzeptiert werden (→ Kapitel 7.6).

7.5.2.3 Überkopfverglasungen

Jede Glasanwendung, die sich ± 10° aus der Vertikalen neigt, gilt als Überkopfverglasung. Bei solchen Verglasungen kommt neben den üblicher Weise einwirkenden Kräften von Wind- und Klimalast auch noch die Schnee- und Eigenlast hinzu. Damit sind diese Gläser anders als vertikal angebrachte zu behandeln. Entscheidend ist, dass bei Überkopfverglasungen jederzeit sichergestellt sein muss, dass im Versagensfall der Verglasung keinerlei Glassplitter oder -teile herunterfallen können.

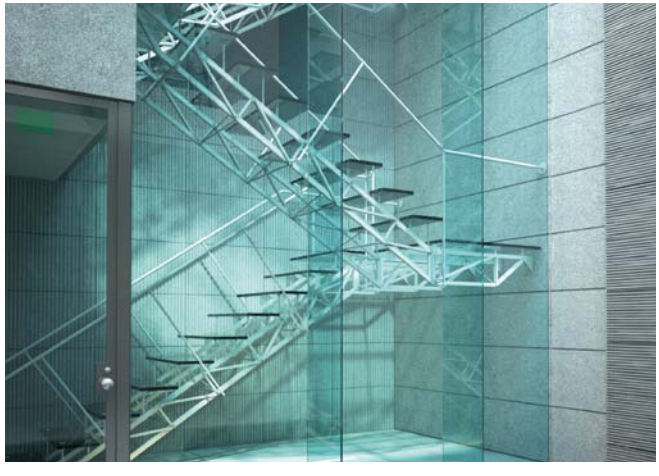
Zur klaren Regulierung der Anforderungen gilt derzeit in Deutschland noch die „Technische Regel für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen – TRLV", die in Kürze von der DIN 18008, Teil 2, ersetzt werden wird. Diese neue DIN ist zwar eine nationale Norm, basiert aber auf europäisch festgelegten Standards, die mittelfristig von allen EU-Staaten anzuwenden sind.

Grundsätzlich gilt, dass Überkopfverglasungen heute ausschließlich aus VSG mit 0,76 mm PVB als Mindestausführung für die untere Scheibe zu verwenden sind. Statische Erfordernisse können natürlich auch noch weitere Materialanforderungen auslösen.

Im Zusammenhang mit Überkopfverglasungen steht auch der Begriff der „betretbaren Verglasung". So nennt man Glaskonstruktionen, die zu Reinigungs- und Wartungszwecken kurzzeitig betreten werden dürfen. Für diese Verglasungen gelten in Deutschland die Prüfkriterien der Berufsgenossenschaften GS-BAU-18. Auf jeden Fall ist dabei zu berücksichtigen, dass während des Betretens des Glases die darunter liegende Peripherie stets abgesperrt sein muss (→ Kapitel 7.6).

7.5.2.4 Reststandsicherheit / Resttragfähigkeit

Unter Reststandsicherheit versteht man die Eigenschaft eines verbauten Glaselementes, im Zerstörungsfall ohne aufwirkende Lasten über einen bestimmten, begrenzten Zeitraum stehen zu bleiben. Dies gilt ausschließlich für Vertikalverglasungen. Bei einer Überkopfverglasung ist die Resttragfähigkeit gefordert, da bei Versagen auf jeden Fall das Eigengewicht noch über einen definierten Zeitraum getragen werden muss. Die Anforderungen und Einbausituationen definieren stets die jeweilige Verglasungsart, deshalb sollen folgende Tabellen einen breiten Anwendungseinblick bieten.



7.6 Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen

Detaillierte Anforderungen an den Glasaufbau und die Bemessung der Gläser ergeben sich aus den jeweiligen Regelwerken und werden hier nicht im Einzelnen aufgeführt. Liegen ggf. zusätzliche Anforderungen vor, zum Beispiel aus Brandschutzgründen oder objektspezifischen Erfordernissen, so sind diese zusätzlich zu beachten.

Teilweise können die folgenden Empfehlungen über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen, basierend auf praktischen Erfahrungen.

Legende zu den nachfolgenden Tabellen

Markierung des Feldes (Farbe)	Bedeutung
	Mindestens geforderte Glasart
	Empfohlene Glasart
	Alternativ verwendbare Glasart
	Nicht zulässige Glasart

Verwendete Farben

Kürzel	Bedeutung
EG	Einfachglas
MIG	Mehrscheiben-Isolierglas
abZ	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
ZiE	Zustimmung im Einzelfall

Verwendete Abkürzungen

7.6.1 Vertikalverglasungen ohne Absturzsicherung

Anwendungsfall	Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG[2]	VSG aus TVG	Bemerkung
Fenster über Brüstungshöhe							
Schaufenster							Aufgrund fehlender Regelung wird eine Mindest-Glasstärke 10 mm Floatglas bzw. 12 mm VSG empfohlen

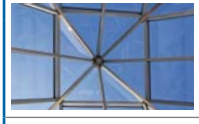
Anwendungsfall		Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG[2]	VSG aus TVG	Bemerkung
Niveaugleiche Verglasung[3]								z. B. Fenstertür, Haustür (für Einbruchhemmung)
Lärmschutzwand								TRLV, ZTV-Lsw 06
Ganzglastüranlage								BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202), bzw. ArbStättV mit ASR 10/5
Außenwandbekleidung								DIN 18516-4 Verwendung von VSG nur mit abZ oder ZiE
Geklebte Glasfassade[3]	innen							ETAG 002 „Structural Sealant Glazing Systems (SSGS)“
	außen							
Punktgelagerte Fassade	EG							Gemäß abZ oder ZiE Achtung: nach TRPV/DIN 18008 nur VSG aus ESG oder TVG!
	MIG							

[1] Achtung! Nach TRLV: nicht heißgelagertes ESG nur bis Einbauhöhe über Verkehrsfläche < 4 m und keine Personen direkt unter der Verglasung, sonst ist ESG-H zu verwenden!

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

[3] Glas bei Nutzung nach Kap. 7.6.4 hat Vorrang.

7.6.2 Horizontal-/ Überkopfverglasungen

Anwendungsfall		Float	ESG	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG[2]	VSG aus TVG	Bemerkung
Dachflächenfenster								Nur Wohnungen und Räume ähnlicher Nutzung (z. B. Hotelzimmer und Büroräume) mit einer Lichtfläche (Rahmeninnenmaß) < 1,6 m², sonst s. Horizontalverglasung
Horizontalverglasung 	oben							TRLV/DIN 18008
	unten							Andere Gläser möglich, wenn durch geeignete Maßnahmen das Herabfallen größerer Glasteile auf Verkehrsflächen verhindert wird (z. B. Netze mit Maschenweite ≤ 40 mm)
Glasvordach								Linienförmig gelagert nach TRLV/DIN 18008 Punktförmig gelagert nach TRPV/DIN 18008: nur VSG aus ESG oder TVG! Klemmhalter nicht zulässig
Glaslamellen								Linienförmig gelagert nach TRLV/DIN 18008 Punktförmig gelagert nach TRPV/DIN 18008: nur VSG aus ESG oder TVG! Klemmhalter nicht zulässig
Begehbares Glas								TRLV/DIN 18008 Oberste der 3 Scheiben aus ESG oder TVG; eine ausreichende Rutschhemmung ist zu gewährleisten; Aufbau abweichend: abZ oder ZiE
Betretbares Glas								In der Regel ZiE erforderlich. Geringere Anforderungen als begehbares Glas

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

7.6.3 Absturzsichernde Verglasungen

Anwendungsfall		Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG[2]	VSG aus TVG	Bemerkung
Raumhohe Verglasung (Kategorie A nach TRAV)	EG							TRAV/DIN 18008
	MIG							Gilt für Scheibe auf der Angriffseite; Scheibe auf Angriff abgewandter Seite beliebig; Wenn VSG auf Angriff abgewandter Seite, dann ESG oder VSG angriffseitig
Ganzglasgeländer mit aufgesetztem Holm (Kategorie B nach TRAV)								TRAV/DIN 18008 VSG aus Float nur mit abZ oder ZiE
Geländer mit Glasausfachung linienförmig gelagert (Kategorie C1 nach TRAV)								TRAV/DIN 18008 Wenn nicht allseitig linienförmig gelagert, ist VSG zu verwenden. Freie Kanten müssen durch die Geländerkonstruktion oder angrenzende Scheiben vor unbeabsichtigten Stößen geschützt sein.
Geländer mit Glasausfachung punktförmig gelagert (Kategorie C1 nach TRAV)								TRAV/DIN 18008 Es kann auf einen Kantenschutz verzichtet werden
Geländer mit Glasausfachung mit Klemmhalter gelagert (nicht nach TRAV geregelt)								Gemäß abZ oder ZiE Freie Kanten müssen durch die Geländerkonstruktion oder angrenzende Scheiben vor unbeabsichtigten Stößen geschützt sein; ESG verwendbar, wenn durch abZ zugelassen
Verglasung unter Querriegeln (Kategorie C2 nach TRAV)	EG							TRAV/DIN 18008 Wenn nicht allseitig linienförmig gelagert, ist VSG zu verwenden
	MIG							Gilt für Scheibe auf der Angriffseite; Scheibe auf Angriff abgewandter Seite beliebig; Wenn VSG auf Angriff abgewandter Seite, dann ESG oder VSG angriffseitig

Anwendungsfall		Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
					Float	ESG[2]	TVG	
Raumhohe Verglasung mit vorgesetztem Holm (Kategorie C3 nach TRAV)	EG							Holm in baurechtlich erforderlicher Höhe
	MIG							Gilt für Scheibe auf der Angriffseite; Scheibe auf Angriff abgewandter Seite beliebig; Wenn VSG auf Angriff abgewandter Seite, dann ESG oder VSG angriffseitig
Doppelfassade	innen[3]							Innere Fassade ohne Absturzsicherung, Abstimmung mit der unteren Bauaufsichtsbehörde und dem Bauherren empfohlen
	außen							Äußere Fassade übernimmt Absturzsicherung, TRAV/DIN 18008 gem. Kategorie A oder C
Aufzugschacht								TRAV/DIN 18008 und EN 81
Französischer Balkon[3]								Bauteil auf stoßabgewandter Seite der Verglasung übernimmt vollständig die Absturzsicherung

[1] Achtung! Nach TRLV: nicht heißgelagertes ESG nur bis Einbauhöhe über Verkehrsfläche < 4 m und keine Personen direkt unter der Verglasung, sonst ist ESG-H zu verwenden!

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

[3] Glas bei Nutzung nach Kap. 7.6.4 hat Vorrang.

7.6.4 Verglasungen in Gebäuden spezieller Nutzung

Anwendungsfall	Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG[2]	TVG	
Büro, Wände oder Türen aus Glas							ArbStättV GUV-I 8713 Verwaltung
Eingangshallen/-bereiche							BG-Regel (BGR 202), bzw. ArbStättV mit ASR 10/5
Schule							GUV-V S 1; bis zu einer Höhe von 2,00 m Sicherheitsglas oder ausreichende Abschirmung
Kindergarten							GUV-SR 2002; bis zu einer Höhe von 1,50 m Sicherheitsglas oder ausreichende Abschirmung
Krankenhaus/Pflegestätte							Nach KhBauVO für bestimmte Bereiche (z. B. in Treppenräumen) und bei spezieller Nutzung (z. B. Fachabteilungen für Kinder) BGI/GUV-I 8681
Einkaufspassage							BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202)
Einzelhandel							ArbStättV, BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202) oder ausreichende Abschirmung

Anwendungsfall	Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG[2]	TVG	
Parkhaus							ArbStättV Anhang 1.7 (4); ASR 8/4 und ASR 10/5
Bushof							ArbStättV Anhang 1.7 (4); ASR 8/4 und ASR 10/5
Schwimmbad							GUV-R 1/111, DIN 18361; bis zu einer Höhe von 2 m Sicherheitsglas oder ausreichende Abschirmung. Bei Sportbad zusätzlich Ballwurfsicherheit (Wasserball) nach DIN 18032-3
Sporthalle							DIN 18032-1; bis zu einer Höhe von 2 m ebenflächig, geschlossen und splitterfrei; Ballwurfsicherheit erforderlich nach DIN 18032-3
Squashhalle							Glasteile der Rückwand müssen aus mindestens 12 mm dickem ESG sein

[1] Achtung! Nach TRLV: nicht heißgelagertes ESG nur bis Einbauhöhe über Verkehrsfläche < 4 m und keine Personen direkt unter der Verglasung, sonst ist ESG-H zu verwenden!

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

7.6.5 Verglasungen im Innenausbau ohne Absturzsicherung

Anwendungsfall	Float	ESG[1]	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG[2]	TVG	
Begehbares Glas/Glastreppen							ZiE erforderlich TRLV, Liste der Technischen Baubestimmungen; zulässige Spannungen entsprechend Horizontalverglasungen nach TRLV; VSG mit PVB-Folien der Mindest-Nenndicke = 1,5 mm
Duschwand							EN 14428/A1
Ganzglastür							ArbStättV mit ASR 10/5, evtl. BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202)
Türausschnitt							ArbStättV mit ASR 10/5, evtl. BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202)
Bürotrennwand							ASR 8/4
Windfanganlagen							BG-Regel „Verkaufsstellen“ (BGR 202), bzw. ArbStättV mit ASR 10/5

[1] Achtung! Nach TRLV: nicht heißgelagertes ESG nur bis Einbauhöhe über Verkehrsfläche < 4 m und keine Personen direkt unter der Verglasung, sonst ist ESG-H zu verwenden!

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

7.6.6 Sicherheitssondergläser

Anwendungsfall	Float	ESG	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG	VSG aus TVG	Bemerkung
Einbruchhemmung							EN 1627
Durchwurfhemmung							EN 356 VdS-Richtlinie 2163
Durchbruchhemmung							EN 356 bzw. EH VdS-Richtlinie
Durchschusshemmung							EN 1063, EN 1522
Sprengwirkungshemmung							EN 13541, EN 13123

7.6.7 Konstruktiver Glasbau

Anwendungsfall	Float	ESG	ESG-H	VSG aus Float	VSG aus ESG[2]	VSG aus TVG	Bemerkung
Glasschwerte, Glas als Träger							ZiE erforderlich
Ganzglaskonstruktionen							ZiE erforderlich
Glas-Sonderkonstruktionen							ZiE erforderlich

[2] Achtung! VSG aus 2 x ESG hat keine Resttragfähigkeit. Es sind die Einbaubedingungen besonders zu beachten.

(Auszug Merkblatt V.05.2009-09 des VFF e.V.)

Entsprechende GUARDIAN-Gläser und -Glaskombinationen zu diesen Anwendungsbereichen befinden sich in → Kapitel 10.

Hauptbahnhof, Berlin
SunGuard® HP Neutral 60/40
Van Gerkan, Marg und Partner Architekten

8. Transparenter Glasbau 100

8.1 Fassaden 101
8.1.1 Fassadenfunktionen 101
Warmfassade | Kaltfassade | Doppelhaut-Fassade

8.1.2 Fassadenkonstruktionen 104
Pfosten-Riegel-Fassade | Structural Glazing-Fassade | Punktgehaltene Fassade | Membran-Fassade

8.2 Brüstungsgläser 110
8.2.1 Farbauftrag auf SunGuard®-Beschichtungen 110
8.2.2 Rolltechnik 111
8.2.3 Drucktechnik 111
8.2.4 Weitere Produktionstechniken 112

8.3 Designgläser 112
8.3.1 Produktionstechniken 113
Siebdruck direkt auf Glas | Transferfarbdruck auf Glas | Design-Verbund-Sicherheitsglas | Farbfolien im VSG | Dekoratives Verbundglas

8.4 Gebogenes Architekturglas 116
8.4.1 Anforderungen 116
8.4.2 Glasarten 117
8.4.3 Biegearten 117
8.4.4 Formbestimmung 118
8.4.5 Besonderheiten 119
Örtliche Verwerfungen | Konturtreue | Verwindung | Kantenversatz | Tangentiale Übergänge

8.4.6 Statische Besonderheiten 121

8.5 Spezielle Glasanwendungen 122
8.5.1 Begehbare Verglasungen 122
8.5.2 Aufzugsverglasungen 123
8.5.3 Schaltbare Gläser 124
8.5.4 Elektromagnetisch dämpfende Gläser, Anti-Radar-Beschichtungen 124
8.5.5 Antireflex-Verglasungen 126

Jahrhunderte lang diente Glas zur Ausfachung von mehr oder minder großen „Lichtöffnungen" in massiven Außenwänden. In den vergangenen drei Jahrzehnten hat sich das gravierend geändert. Heute bildet das Glas selbst die Raumabschlüsse und lässt damit transparente und naturverbundene Architektur entstehen. Dieser Raumabschluss als Schutz vor Witterung und Gefahren jeglicher Art wird fachmännisch mit dem Gattungsbegriff „Fassade" bezeichnet.

Neben Wissenschaft, Forschung und Technik haben Kunst und vor allem Architektur mittlerweile eine Vielzahl von Fassadenmöglichkeiten aus Glas entstehen lassen. Dabei stehen Ästhetik, Funktionalität und Konstruktion im Vordergrund und sind bei Planungsbeginn genauestens zu definieren. Der äußere Eindruck von Glasfassaden wird stets durch das Reflexionsverhalten geprägt. Dabei kann dies bewusst stark spiegelnd, farblich pointiert oder reflexionsschwach ausgeführt sein. Der Wechsel des Tageslichts durch das Wetter, der sich verändernde Sonnenstand, die Farbe des Himmels und der Jahreszeitenwechsel der Vegetation beeinflussen diese Reflexion; zusätzlich beeinflussen die inneren Lichtverhältnisse das Erscheinungsbild. Denn in der Regel bestehen Glasfassaden aus transparenten und opaken Flächen, die bewusst sichtbar oder durch gezielte Glaswahl optisch – mittels Reflexion bei Tageslicht – neutralisiert werden können.

Diese farbliche Abstimmung zwischen einem transparenten Fenster und einer opaken Brüstung ist grundsätzlich nur annähernd möglich, denn die Farbwirkung der transparenten Scheibe wird stets durch den dahinter liegenden Raum und dessen Lichtverhältnisse mit beeinflusst. Neben der ursächlichen Aufgabe einer Fassade, dem Schutz, stehen speziell bei Glasfassaden bezüglich der Funktionalität weitere entscheidende Kriterien im Fokus. So besteht einerseits die Möglichkeit, aus der Fassade Energie zu gewinnen, andererseits muss stets auf den sommerlichen Wärmeschutz (→ Kapitel 5.5) geachtet werden. Bezüglich der konstruktiven Peripherie aus Beton, Stahl oder Aluminium muss immer gewährleistet werden, dass neben den statischen Lasten durch Wind, Sog und Schnee auch die Glasgewichte eingetragen und abgeleitet werden können.

8.1 Fassaden

Grundsätzlich müssen Glasfassaden aus zwei Blickwinkeln betrachtet werden, zum einen dem der Funktion und zum anderen dem der Konstruktion.

8.1.1 Fassadenfunktionen

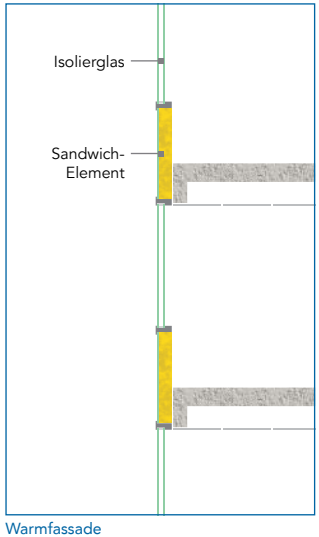
Die Fassadenfunktion beschreibt, wie die Wirkungsweise der Gebäudehülle beschaffen ist.

Es sind drei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten gegeben:

8.1.1.1 Warmfassade

Die Warmfassade beschreibt ein einschaliges System, bei dem hinter der vor Wettereinflüssen schützenden Glasscheibe des opaken Elementes eine Wärmedämmung mit raumseitiger Dampfsperre zu einer Brüstungsplatte (Sandwich-Element) verbunden wird.

Diese wird unterhalb der transparenten Isoliergläser als Ganzes in die Fassadenkonstruktion eingesetzt und beispielsweise mit Anpressleisten befestigt. Die Dampfdiffusionsdichtigkeit der Brüstung wird durch Randumleimer und das Aufbringen einer Versiegelung gewährleistet. Damit übernehmen sowohl die opaken wie auch die transparenten Elemente nicht nur die Funktion des Raumabschlusses und Witterungsschutzes, sondern auch die Aufgaben von Wärme-, Schall- und gegebenenfalls Brandschutz.

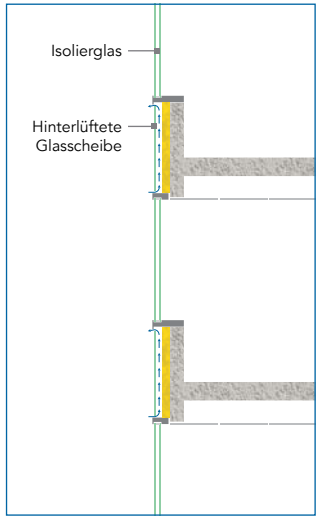


Warmfassade

Konstruktionsbedingt setzen diese opaken Paneele allerdings eine vierseitige Rahmung in einer Pfosten-Riegel-Bauweise voraus.

8.1.1.2 Kaltfassade

Kaltfassaden mit flächenbündigen und vorgelagerten Glasebenen haben im Glasbau eine lange Tradition. Die bauphysikalischen und technischen Funktionen werden im Brüstungsbereich von einer zweischaligen Konstruktion übernommen. Die äußere Schale dient als Wetterschutz sowie zur optischen Gestaltung. Sie wird mit einer hinterlüfteten Glasscheibe ausgeführt, damit Stauwärme und Feuchtigkeit abgeführt werden können. Diese Scheibe ist in der Regel aus Sonnenschutzglas und wird auf die transparenten Fenster farblich abgestimmt. Ihre Befestigungsmöglichkeiten bieten von allseitig, zweiseitig bis hin zu punktgehalten ein breites Spektrum individueller Gestaltungsmöglichkeiten. Die Wärmedämmung der Fassade übernehmen unterhalb der transparenten Isolierglasfenster isolierende opake Wandflächen hinter diesen Brüstungsscheiben.

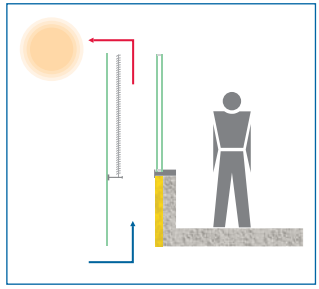


Kaltfassade

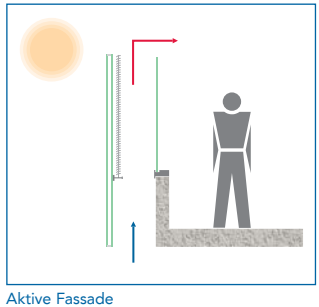
8.1.1.3 Doppelhaut-Fassade

Diese Art der Fassade hat viele Namen, so wird sie auch als „Zweite Haut-" oder „Vorsatzfassade" tituliert. Grundsätzlich ist diese Bauart eine Abluftfassade, ähnlich der zuvor beschriebenen Kaltfassade, allerdings ist der Zwischenraum zwischen den beiden Schalen der Brüstung breiter. Überdies werden die transparenten Fassadenbauteile, sprich Isolierglasfenster, mit integriert. Dabei kann die Vorsatzfassade sowohl außen vor einer bestehenden Fassade angebracht werden, beispielsweise aus optischen oder auch schalltechnischen Gründen. Diese Variante wird üblicherweise als interaktive Fassade bezeichnet.

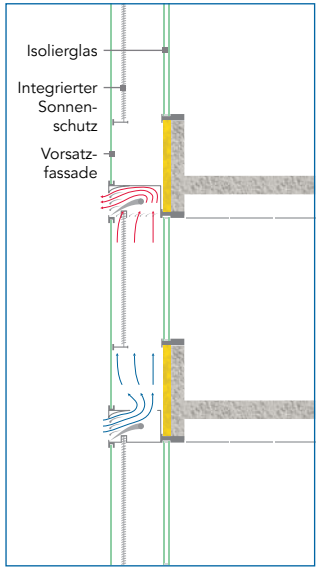
Der Zwischenraum wird in der Regel genutzt zur Aufnahme zusätzlicher Sonnenschutzmaßnahmen wie Lamellen oder Rollos, die sich dort erwärmende Luft und das entstehende Kondensat werden meist etagenweise nach außen an die Umwelt abgeführt.


Interaktive Fassade

Die Alternative ist eine innere Vorsatzschale, ebenfalls zumeist im Zwischenraum mit zusätzlichen Sonnenschutzmaßnahmen versehen, bei der allerdings die dort durch Solarstrahlung erhitzte Luft gezielt entzogen und über entsprechende Aggregate dem Energiemanagement des Gebäudes wieder zugeführt wird. Diese Variante, die als aktive Doppelhaut-Fassade bezeichnet wird, kann erheblich zur Senkung der Betriebskosten des Gebäudes beitragen.


Aktive Fassade

Wurden in der Vergangenheit diese Vorsatzschalen meist aus Sonnenschutz-Einscheiben-Sicherheitsglas ausgeführt, so geht der Trend derzeit hin zur Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas aus zwei teilvorgespannten Gläsern, das im Schadensfall erhöhte Standsicherheit bietet.



Doppelhaut-Fassade

Die Funktion einer Glasfassade ist logischerweise stark durch das jeweils verwendete Glas geprägt. Kamen dabei in der Vergangenheit aus produktionstechnischen Gründen eher „einfachere" Sonnenschutzgläser zum Einsatz, so bietet GUARDIAN heute eine breite Palette geeigneter Sonnenschutzgläser an.

Diese Palette basiert in der Regel auf ExtraClear® Floatgläsern in Kombination mit speziellen Sonnenschutzbeschichtungen, die solare Energie reflektieren, im Zwischenraum entstehende Wärme aber ungehindert nach außen lassen. Damit wird in der so genannten äußeren „Prall-

scheibe“ der ventilierten Fassade hohe Neutralität erreicht und gleichzeitig eine dynamische Selektivitätsbandbreite erwirkt, die keinerlei Wünsche bezüglich der äußeren Reflexion offen lässt. Denn je stärker die Reflexion solarer Strahlung, um so geringer der Einsatz innen liegender Verschattungssysteme und somit mehr ungehinderte Durchsicht. Die Palette ist in → Kapitel 10 aufgelistet.

Mit dieser Entwicklung von Hightech-Schichten auf Glas und deren Vorspann- und Laminierfähigkeit sowie Biegbarkeit bietet GUARDIAN seinen Kunden enorme Wettbewerbsvorteile und dem Fassadenbau neue Impulse. Selbstverständlich lässt sich ein Großteil dieser Gläser zusätzlich mit vielen Gestaltungskomponenten versehen, um so auch eine Individualität zu erreichen (→ Kapitel 8.3).

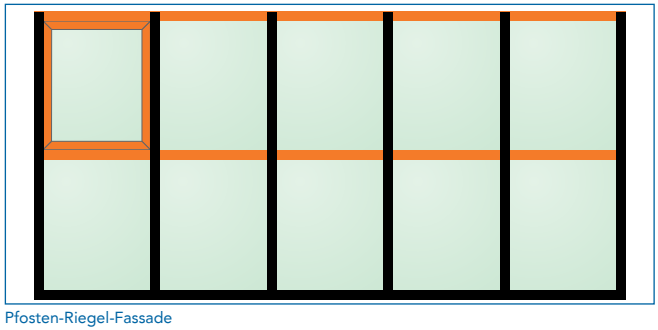
8.1.2 Fassadenkonstruktionen

Neben der Funktion ist natürlich die Konstruktion, die Anbindung der Gebäudehülle an den Baukörper, von Belang.

8.1.2.1 Pfosten-Riegel-Fassade

Nach wie vor wird das Gros heutiger Glasfassaden über eine Pfosten-Riegel-Konstruktion realisiert. Dabei erstrecken sich die lastabtragenden Pfosten vom Fundament bis zum Gebäudedach in einem fixierten, optisch erwünschten, statisch ermittelten und produktionstechnisch machbaren Abstand zueinander. Diese Pfosten sind mit der Gebäudekonstruktion fest verankert und leiten alle einwirkenden Lasten dort hinein.

Die sich somit nach oben erstreckenden „Langfelder“ werden nach sowohl funktionalen als auch optischen Gesichtspunkten durch eine definierte Zahl von Querriegeln unterbrochen. Dabei tragen diese Riegel das Glasgewicht und leiten es in die Pfosten ab. Nach Einstellen der Gläser und exakter Verklotzung werden bei den Pfosten wie auch bei den Riegeln Pressleisten aufgeschraubt, die die Glaselemente fixieren und abdichten.



Pfosten-Riegel-Fassade

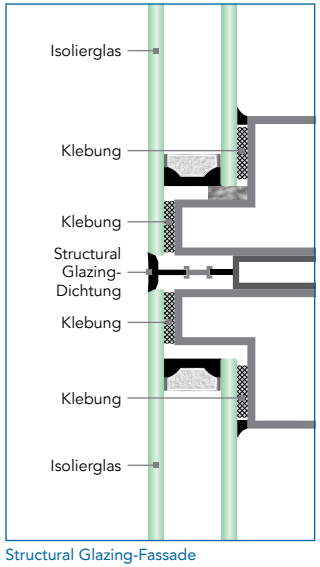
Für die Abführung von stauender Feuchtigkeit durch Schwitz- und Kondenswasser im Falzbereich ist eine innere Dränage mit Ausgang nach außen eingearbeitet. Den optischen Abschluss bilden in der Regel aufzuklipsende Abdeckleisten, die – in nahezu allen Eloxalfarben verfügbar – die äußere Farbgestaltung prägen.

Eine Vielzahl von Systemen steht am Markt zur Verfügung, die von extrem schlank bis betonend breit ausgeführt sind, je nach dem welche Optik und Funktion bei der Fassade verlangt wird. In der Regel haben die extrem schlanken Profile keine öffenbare Fensterfunktion. Sie werden deshalb bei belüfteten oder klimatisierten Gebäuden verwendet, damit die filigrane Rastergestaltung nicht durchbrochen wird. Pfosten-Riegel-Konstruktionen sind bewährte Systeme, die meist ohne weitere Nachweise baurechtlich verwendbar sind.

Pfosten-Riegel-Fassade
Kreuzung – optischer Eindruck

8.1.2.2 Structural Glazing-Fassade

Während bei der zuvor beschriebenen Pfosten-Riegel-Fassade die Klemm- und Abdeckleisten stets aus der Glasfläche herausragen, bietet diese „geklebte“ Fassade den Vorteil einer absolut glatten Fassadenoptik. Dabei nimmt ein Aluminium-Adapterrahmen, in dem das Glaselement verklebt ist, unsichtbar die Glaslasten auf. Dieses Modul wird vor eine Pfosten-Riegel-Konstruktion montiert, in die die Lasten abgeführt werden. Die Komplexität dieser Fassadentechnik in Verbindung mit den Langzeiterfahrungen führender Kleb- und Dichtstoffhersteller hat dazu geführt, dass Structural Glazing-Fassaden nur als ganzheitliche Systeme ausgeführt werden dürfen. Dazu verfügen die Hersteller solcher



Structural Glazing-Fassade

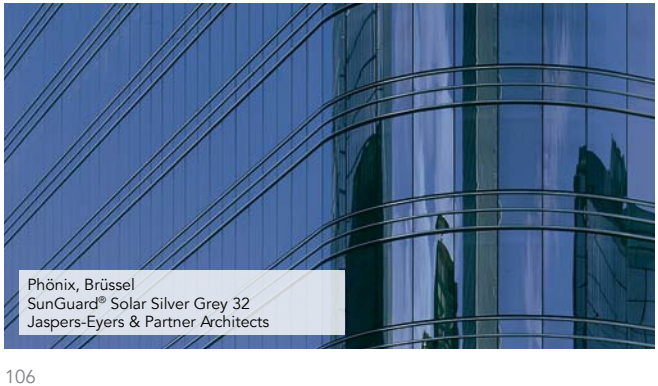
Systeme über spezielle bauaufsichtliche Zulassungen. Wo eine solche nicht vorliegt, wird eine Prüfung im Einzelfall vor Errichtung gefordert.

Grundsätzlich ist das Glasgewicht, auch das der äußeren scheinbar ungehaltenen Scheibe, über mechanische Haltewinkel über das Modul in die Konstruktion abzuführen. In Deutschland sind solche Fassaden auch ohne diese mechanische Sicherung der äußeren Scheibe bis zu einer Gesamtbauhöhe von acht Metern gestattet.

Structural Glazing-Fassade
Kreuzung – optischer Eindruck

Die meisten Verglasungen bestehen dabei aus einem speziellen Stufen-Isolierglas mit UV-beständiger Randverklebung (→ Kapitel 3.4), das auftretende Belastungen aufnehmen und abführen kann. Als äußere Scheibe ist stets ein Einscheiben-Sicherheitsglas in einer Mindestdicke von 6 mm zu verwenden. Die sich so ergebenden, allseitig freien Glaskanten, die in definiertem Abstand zum nächsten Element stehen, werden mit speziellen Structural Glazing-Silikonen versiegelt. Dabei ist besonders auf exzellente Haftung des Silikons zu den Glaskanten sowie auf die Verträglichkeit aller verwendeten Materialien miteinander zu achten (→ Kapitel 9.10).

Die sich ergebende Endoptik lässt eine glatte, gläserne Fläche erscheinen, bei der die „Silikonnähte“ nahezu verschwinden. Gerade für diese Art von Fassadensystem verfügt GUARDIAN über eine Reihe von unterschiedlichen Sonnenschutzgläsern mit entsprechenden Zulassungen.



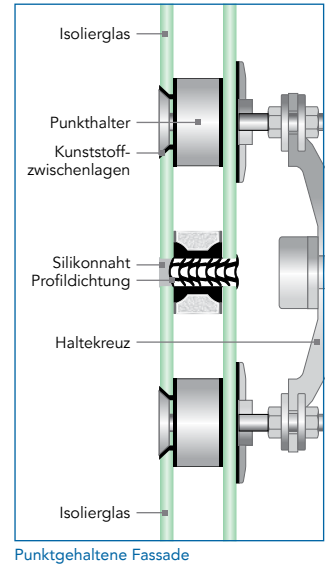
Phönix, Brüssel
SunGuard® Solar Silver Grey 32
Jaspers-Eyers & Partner Architects

8.1.2.3 Punktgehaltene Fassade

Diese Fassadentechnik der neueren Art basiert auf punktförmig angeordneten, auf Reibe- oder Lochleibungsverbindungen ausgelegte Einzelhalter. Dabei werden die wirkenden Kräfte aus der Verglasung über diese Haltepunkte in einen meist beweglich gelagerten Punkthalterknopf eingeleitet, der diese über eine metallische Verbindung zur massiven Unterkonstruktion weiterleitet.

Bei der klassischen Methode werden die durch die Verglasung stoßenden Ankerschrauben, die mit elastischen Hülsen umkleidet sind, um Metall-/Glaskontakte auszuschließen, mit Gegentellern zur Fixierung versehen. Diese Abdeck- und Halteteller stehen aus der Fläche hervor. Eine Alternative sind konische Glasdurchbohrungen, die mit speziellen, konischen Haltern die Festigkeit ausschließlich über den Anpressdruck auf den Bohrflanken erhalten.

Punktgehaltene Fassade
Kreuzung – optischer Eindruck



Punktgehaltene Fassade

Diese Form ermöglicht glatte Fassadenoberflächen ohne hervortretende Elemente.

Eine weitere Entwicklung sind Haltepunkte, die in der Ebene der PVB-Folien platziert werden und so ein VSG bilden, dessen Außenscheibe glatt ist und an deren rückseitiger Scheibe Anschlussgewinde für die Befestigung ragen. Die Bemessung der Verglasungen für solche Konstruktionen erfolgt stets unter Berücksichtigung der zugelassenen Verformung der Scheiben sowie der Flexibilität der Halterung. Die entstehenden Spannungen durch Lasten werden über die Halteköpfe zwängungsfrei in die Tragekonstruktion eingeleitet. Die Fugen zwischen den einzelnen gläsernen Fassadenelemen-

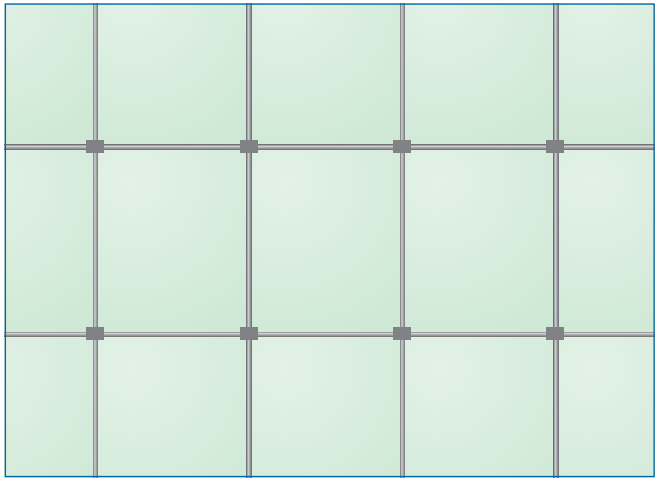
ten werden mit UV-beständigen Verschlusssystemen und -massen versiegelt. Auf diese Weise lassen sich Vorsatzfassaden aus monolytischen Gläsern ebenso realisieren wie Isolierglasfassaden. Bei Letzteren wird der Glasfalz über entsprechende Systeme belüftet und ermöglicht das Abführen von Kondensat.

Punktgehaltene Fassaden zählen in Deutschland bauordnungsrechtlich zu den „nicht geregelten" Bauprodukten und bedürfen deshalb in der Regel einer Zustimmung im Einzelfall für die gesamte Konstruktion.

8.1.2.4 Membran-Fassade

Eine Variante zu der punktgehaltenen Fassade mit durchbohrten Gläsern wurde in der jüngsten Vergangenheit entwickelt. Dabei wird die gesamte Fassadenfläche lediglich mit einem Netz von Stahlseilen im Rastermaß der Glasscheiben bespannt, ähnlich einem Tennisschläger. Die Knotenpunkte der horizontalen und vertikalen Seile werden mit Klemmen fixiert, die gleichzeitig als Glashalter der Fassadengläser an den jeweiligen vier Ecken dienen. Dabei müssen die Glaselemente keine Bohrungen erhalten.

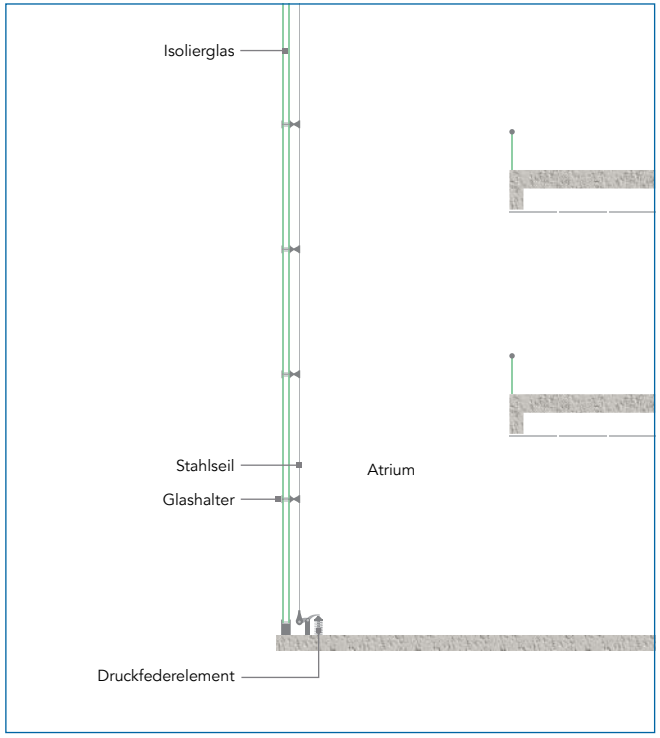
Die auf die Fassade wirkenden Lasten werden über diese Halteklemmen in die Stahlseile geleitet, von denen sie in die stabile Rahmenkonstruktion abgeführt werden. Durch die Versiegelung der Fugen, ähnlich wie bei den punktgehaltenen, „verschwindet" das Seilnetz optisch hinter der Glaskante und gibt so einen scheinbar „konstruktionslosen" Durchblick durch die Fassade frei.



Membran-Fassade von der Konstruktionsseite

Die Ecklagerung der Glaselemente ohne Durchbohrung vermeidet erhöhte Spannungskonzentrationen und ermöglicht so eine freiere Dimensionierung. Die Vorspannung der Seile wird derart ausgelegt, dass ein kontrolliertes Verformen der gesamten Fläche bei Belastung unter Beibehaltung aller Funktionen gegeben ist, bevor die Lastspitzen über die vertikalen Seile in Fundament- und Dachrahmen abgeleitet werden. Diese Konstruktion verlangt stets eine Zustimmung im Einzelfall.

Membran-Fassade
Kreuzung – optischer Eindruck



Membran-Fassade

8.2 Brüstungsgläser

Brüstungen sind oftmals ganze Glaspaneele, die konstruktive und funktionale Gebäudeteile kaschieren, wie beispielsweise Bodenplatten, Säulen, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagenelemente, oder auch elektrische Kabelkanäle und Rohre. Deshalb befinden sich opake Brüstungsgläser in der Fassade eines Gebäudes vielfach vor den Zwischendecken auf jeder Etage und unterbrechen damit die transparenten Glaselemente der Fenster.

Dabei kann die gewünschte Optik der Durchsichtverglasung angepasst werden oder aber kontrastbetont ausgeführt sein. Grundsätzlich empfiehlt sich bei größeren Projekten, eine 1:1-Bemusterung, um die gewünschte Optik auch in der späteren Fassade erreichen zu können. In der Regel ist die äußere Brüstungsscheibe in Einscheiben-Sicherheitsglas auszuführen, um thermisch bedingten Glasbruch zu vermeiden. Die Opazität dieser Gläser kann dabei über verschiedene Produktionsverfahren erreicht werden, je nach dem, welche optischen Ergebnisse gewünscht werden. Ungeachtet der Produktionstechnik sind Haftung und Verträglichkeit der aufgebrachten Farben auf der jeweiligen Floatglasbeschichtung ebenso wie deren Vorspannfähigkeit entscheidend.

GUARDIAN verfügt über breite Erfahrung sowohl bei Floatglasbeschichtungen als auch bei deren Verarbeitbarkeit bezüglich Biegen, Vorspannen, Laminieren sowie diverser Farbaufträge zur Erreichung von Opazität oder auch Transluzenz. Als Farben kommen hauptsächlich Keramikfarben zum Einsatz, die in unterschiedlichen Techniken auf die Rückseite der Scheibe aufgebracht werden. Als Verfahren stehen die Roll-, Sprüh-, Druck- und Gießtechnik zur Verfügung.

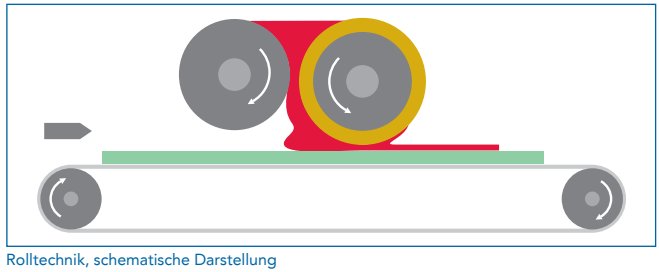
8.2.1 Farbauftrag auf SunGuard®-Beschichtungen

Viele Sonnenschutzbeschichtungen vom Typ SunGuard, ausgestattet mit dem speziellen Silacoat®-Schichtsystem, sind mit keramischen Farben bedruckbar. Während des Einbrennens können keramische Farben allerdings mit der Glasbeschichtung reagieren, was zu Wolkenbildung, Eintrübung oder im schlimmsten Fall zur vollständigen Zerstörung der Schicht führen kann. Deshalb ist es unbedingt notwendig, die Verträglichkeit der jeweiligen Farbe und der Beschichtung unter Produktionsbedingungen zu testen. Ungeeignete Temperbedingungen können ebenfalls zu schlechten Resultaten (Einbrand, Farbe, Homogenität, Beständigkeit, Dichtheit) führen. Darüber hinaus kann jede Bedruckung einer beschichteten Oberfläche zu Farbverschiebungen nach dem Einbrennen führen. Deshalb sollten geeignete Bemusterungen durchgeführt werden, denn der Verarbeiter trägt die Verantwortung für das Endprodukt und hat dessen Qualität zu kontrollieren.

Detaillierte Informationen zur Herstellung von SunGuard-Brüstungsgläsern sowie spezielle Hinweise bezüglich Farbauswahl können der Technischen Information „Keramischer Druck – Brüstungsgläser" entnommen werden.

8.2.2 Rolltechnik

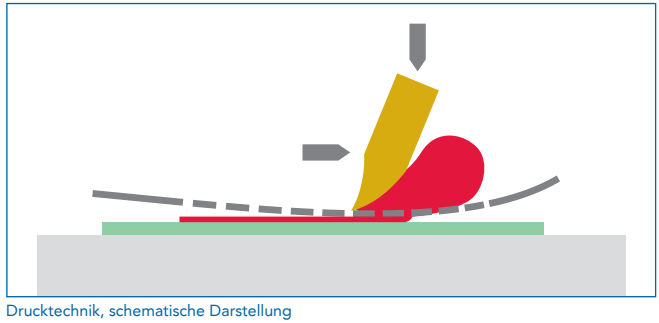
Eine hervorragende, gleichmäßige Optik erreicht der Farbauftrag über die Walzen der Rolltechnik. Sowohl nachträgliche Lackbeschichtung als auch die Belegung mit Keramikfarbe ist möglich, die sich im anschließenden Vorspannprozess fest mit der Glasoberfläche und Beschichtung verbindet. Diese Technologie wird bei großen Stückzahlen eingesetzt und ist ideal für Brüstungsgläser.



Rolltechnik, schematische Darstellung

8.2.3 Drucktechnik

Für ganzflächige, homogene Farbaufträge bedingt geeignet ist der Siebdruck, der hauptsächlich für partiellen Farbauftrag steht und als Technik für gezielte Design-Komponenten zum Einsatz kommt (→ Kapitel 8.3.1).



Drucktechnik, schematische Darstellung

8.2.4 Weitere Produktionstechniken

Eine weitere Technologie basiert auf einem gleichmäßig permanent fließenden Vorhang aus Farbe über die gesamte Scheibenbreite. Die Scheibe wird dabei gleichmäßig unter diesem Farbvorhang durchgeführt und homogen damit bedeckt. Dieses Verfahren wird vor allem bei großformatigen Farbaufträgen eingesetzt, um größtmögliche Homogenität über die gesamte Scheibe mit dickerem Farbauftrag zu erreichen. Allerdings ist bei dieser Methode der Materialeinsatz extrem hoch und wird deshalb heutzutage selten eingesetzt.

Eine Variante für Kleinserien und Einzelstücke wie Muster ist der Farbauftrag mittels Sprühtechnik. Diese Methode wird hauptsächlich bei der Verwendung von Lacken angewendet und steht ebenfalls für eine nahezu homogene Auftragsdicke und damit für gute Optik.

Brüstungsscheiben können vielfältig fixiert als Monoscheibe eingesetzt werden, z. B. bei Vorsatz- und Kaltfassaden oder als Brüstungspaneel bei Warmfassaden (→ Kapitel 8.1). Eine breite Palette solcher Gläser aus dem Hause GUARDIAN ist in → Kapitel 10 zu finden.

Je nach Projekt können nach individueller Absprache aber auch alternative Anpassungen vorgenommen werden.

8.3 Designgläser

In der modernen Architektur werden aber nicht nur die Brüstungsscheiben funktionsbezogen weiter gestalterisch veredelt, sondern auch die transparenten Elemente erhalten mehr und mehr visuelle und funktionale Dekofacetten. Kein anderer Werkstoff bietet dabei eine Vielfalt wie Glas. Vom Ätzen und Sandstrahlen über den keramischen Siebdruck bis hin zum Verbundglas mit innenliegenden Folien reichen die Möglichkeiten der Gestaltung. Das Design kann dabei ein dekoratives Ornament oder Symbol sein oder auch eine ganzflächige Abbildung oder Mattierung.

Ebenso vielfältig sind die Bereiche, die mit Dekorglas gestaltet werden können. In modernen Wohnungen, Büros, Restaurants, Hotels und Geschäften halten Designgläser als Raumteiler, Trennwände oder Verkleidungen die Balance zwischen Trennen und Verbinden und setzen dabei individuelle Akzente. In Glasfassaden erzielen Gläser mit solchen Designkomponenten eine hohe ästhetische Wirkung sowie einen gezielt ergänzenden Sonnenschutz und garantieren zugleich Beständigkeit und Farbechtheit. In Kombination mit den Paletten der Sonnenschutzgläser bieten sie weitreichende, individuelle Impulse moderner Fassadengestaltung.

8.3.1 Produktionstechniken

Neben Ätzen und Sandstrahlen gibt es zur Herstellung von Designgläsern derzeit fünf weitere, sehr unterschiedliche Prozesse.

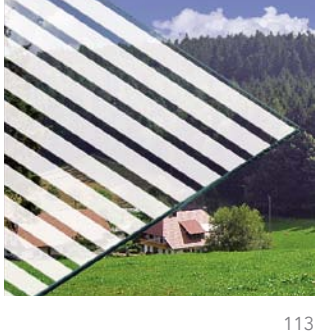
Darüber hinaus bestehen sicherlich noch weitere Möglichkeiten, die allerdings stark handwerklich geprägt oder aber noch zu wenig ausgereift sind.

8.3.1.1 Siebdruck direkt auf Glas

Bereits eine lange Tradition hat der einfarbige Siebdruck direkt auf das Glas. Die Email- oder Keramikfarbe, ein Gemisch aus fein gemahlenem Glas und sich verbindenden Farbpigmenten, wird dabei durch die offenen Siebpartien per Rakel auf die Glasfläche aufgepresst. Dieses Sieb wird zuvor fototechnisch in offene, also zu druckende Partien, und geschlossene, nicht druckende Anteile vorbereitet.

Die offenen Partien bilden dabei mit Hilfe der aufgetragenen Farbe das zu druckende Motiv, das im anschließenden Vorspannprozess durch Verschmelzung mit der Glasoberfläche dauerhaft fixiert wird.

Viele Beschichtungen vom Typ SunGuard® sind zu keramischer Farbe kompatibel und können bedruckt werden. (→ Kapitel 8.2.1)



8.3.1.2 Transferfarbdruck auf Glas

Die Alternative, um über den einfarbigen Siebdruck hinaus eine Mehrfarbenwiedergabe zu erreichen, bietet der Transferdruck. Dabei werden auch Email- bzw. Keramikfarben per Digitaldruck auf Transferfolien gedruckt und können somit vielfarbige Motive wiedergeben. Diese bedruckten Folien werden dann auf die vorzuspannenden Gläser fixiert. Beim Vorspannprozess verbrennen diese Transferfolien rückstandsfrei und die aufgebrachten Farben verbinden sich wie zuvor beschrieben. Neben allen Arten von Ornamenten können mit dieser Methode auch farbfotogetreue Abbildungen auf dem Glas erzeugt werden.

8.3.1.3 Design-Verbund-Sicherheitsglas

Mit der gleichen digitalen Druckmethode, allerdings mit anderen Farbkomponenten und Folien, etwa vergleichbar mit der ehemals üblichen fotografischen Dia-Technologie, werden groß dimensionierte Abbildungen produziert, die im Nachgang zwischen den PVB-Folien des Verbund-Sicherheitsglases eingefügt und verpresst werden. Trotz des zusätzlich eingebrachten Laminats behält das VSG seine hervorragenden Eigenschaften (→ Kapitel 7.4.2).

Da die verwendeten Farben und Folien lichtecht und UV-beständig sind, entsteht auf diese Weise eine individuell gefertigte, langlebige Dekorscheibe.

8.3.1.4 Farbfolien im VSG

Für dasselbe Laminatverfahren steht heute überdies eine breite Palette unterschiedlichster Farbfolien zur Verfügung, deren Kombination es möglich macht, jede erdenkliche Farbe im VSG zu erzielen. Dabei lässt sich farbiges Glas mit absoluter Transparenz ebenso erzeugen wie eine durch ergänzende Streufolien definierte Transluzenz, um beispielsweise einen bunten Sichtschutz zu realisieren. Auch diese Folien sind für die Außenanwendung UV-beständig, um ihre strahlende Farbwirkung dauerhaft zu erhalten, ohne dass dabei die VSG-Eigenschaften tangiert werden.

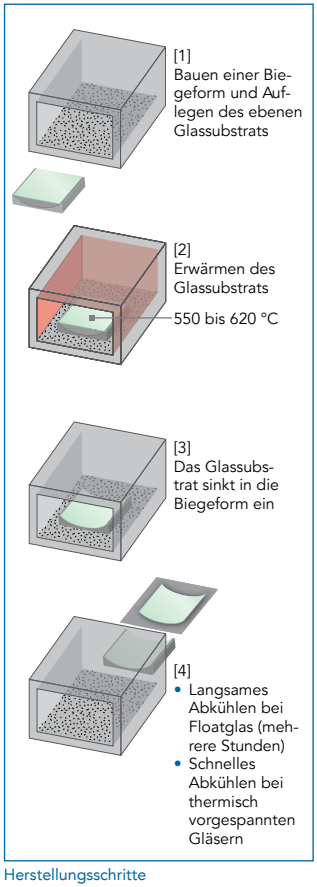
8.3.1.5 Dekoratives Verbundglas

Eine Alternative zu diesen Sicherheitsgläsern sind Verbundgläser, die mittels zwischen zwei Scheiben eingebrachten Gießharzes erzeugt werden. Dabei lassen sich im Harz dekorative Elemente, wie beispielsweise Drahtgeflechte oder andere flache Accessoires, integrieren, die dem entstehenden Glassandwich eine einzigartige dekorative Wirkung verleihen. Diese Verbundgläser sind allerdings keine Sicherheitsgläser im Sinne der Gesetzgebung und dürfen als solche nur dann verbaut werden, wenn entsprechende baurechtliche Nachweise erbracht sind.

8.4 Gebogenes Architekturglas

Geradlinigkeit, Ecken und Kanten werden in der heutigen Zeit von Architekten und Designern auch gerne einmal mit weichen Rundungen unterbrochen. So entstehen neben gerundeten, gläsernen Wohn- und Arbeitsaccessoires auch gebogene Fassaden. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde in England das gebogene Architektenglas entwickelt und bis heute nur leicht modifiziert.

Für Bauglas kommt in der Regel ein thermisches Schwerkraftbiegen zur Anwendung. Dabei wird eine plane Scheibe über eine entsprechende Biegeform gelegt und im Biegeofen auf 550 bis 620 °C erhitzt. Nach Erreichen der Erweichungstemperatur sinkt dann die gerade Scheibe langsam durch die Schwerkraft in der Biegeform ab und übernimmt deren Kontur. Das anschließende Abkühlen definiert die entstehende Glasart. Langsames, eigenspannungsfreies Abkühlen lässt erneut ein später weiterbearbeitbares Glas entstehen, während schnelles Abkühlen ein teil- oder voll vorgespanntes Glas ergibt, das nicht weiter bearbeitet werden kann (→ Kapitel 7.1).



Herstellungsschritte

8.4.1 Anforderungen

Grundsätzlich sind alle gebogenen Gläser keine geregelten Bauprodukte, sie müssen aber denselben Ansprüchen hinsichtlich ihrer Funktionalität (z. B. Wärme-, Sonnen- und Schallschutz) sowie auch den baurechtlichen Anforderungen (etwa Absturzsicherheit und Lastanforderungen) ebenso genügen wie die planen Glaselemente.

Um dies nachzuweisen und damit gebogene Gläser verbauen zu können, muss über die Hersteller in Deutschland eine abZ (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung), in Europa ein ETA (European Technical Approval) erwirkt werden; anderenfalls ist jeweils vor der baulichen Umsetzung eine Zulassung im Einzelfall zu realisieren. Weitreichende Normungen für gebogene Gläser sind zurzeit nicht verfügbar, dennoch ist stets die volle Gebrauchstauglichkeit zu dokumentieren.

8.4.2 Glasarten

Grundsätzlich sind alle am Bau relevanten planen Glasarten biegbar. Für die mit Kombinations-Funktionsbeschichtungen versehenen Scheiben gilt dies allerdings mit leichten Einschränkungen. Dabei sind im Vorfeld stets die einzelnen Parameter wie Biegeradien, Biegeformen sowie Glasdicken und Beschichtungen, mit- und aufeinander abzustimmen. Gebogene Gläser sind absolute Hightech-Spezialprodukte und erfordern deshalb bereits im frühen Planungsstadium sorgfältige Vorbereitung und Abstimmung mit allen Beteiligten. Neben den bereits erwähnten Glasarten, Normalglas, TVG und ESG lassen sich natürlich auch gebogenes VSG sowie Isoliergläser herstellen. Besonders bei den beiden Letztgenannten sind für den Einbau generell erhöhte Toleranzen zu berücksichtigen.

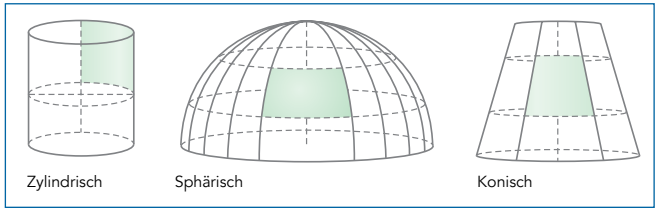
Auch muss grundsätzlich beachtet werden, dass plane und gebogene Gläser durch von einander abweichende Reflexionscharakteristiken gekennzeichnet sind. Nebeneinander stehende, gleiche Gläser werden deshalb optisch anders wirken. Aus diesem Grund empfiehlt sich bei größeren Projekten immer eine sorgfältige 1:1-Bemusterung. Auch die unter Punkt 8.3 aufgeführten Designmöglichkeiten der Glasflächen können – je nach Biegung etwas eingeschränkt – Anwendung finden.

Grundsätzlich sind alle beschichteten Architekturgläser vom Typ SunGuard® und viele vom Typ ClimaGuard® biegbar oder haben eine biegbare Version. Die Einschränkungen der einzelnen Typen hinsichtlich Biegearten und Biegeformen erfahren Sie direkt bei GUARDIAN.

8.4.3 Biegearten

Grundsätzlich wird bei gebogenen Gläsern zwischen schwach gebogenen Verglasungen mit einem Krümmungsradius von mehr als zwei Metern und stark gebogenen Gläsern mit kleineren Radien unterschieden.

Darüber hinaus differenziert man zwischen zylindrisch und sphärisch gebogenem Glas. Zylindrisch heißt das Biegen über eine Achse, sphärisch nennt man das Biegen über zwei Achsen.

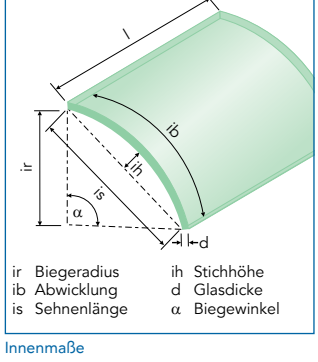


Biegearten

Das Floatglas lässt grundsätzlich alle diese Biegeformen zu. Für Einscheiben-Sicherheitsglas und teilvorgespanntes Glas gilt grundsätzlich das zylindrische Biegen aufgrund der Produktionstechnologie. Auch für Gläser mit Beschichtungen empfiehlt sich diese Art der Biegungen, da der Produktionsprozess kurz und damit „schichtschonend" ist. Sphärische und konische Biegungen benötigen lange Produktionszeiten und sind mit beschichteten Gläsern oft schwieriger zu realisieren. Bezüglich der kleinstmöglichen Biegeradien gilt bei Gläsern < 10 mm Dicke ein Radius bis etwa 100 mm und bei > 10 mm Dicke etwa 300 mm. Allerdings sind die Möglichkeiten herstellerabhängig und im Vorfeld zu eruieren.

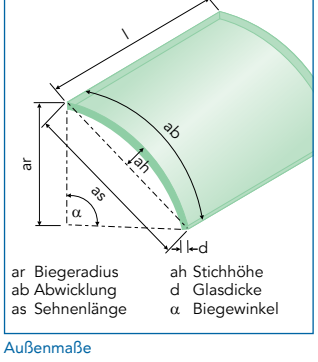
8.4.4 Formbestimmung

Zur Formbestimmung eines gebogenen Glases sind exakte Angaben über die Bemaßung erforderlich. Dazu gehören neben Glasdicke und Scheibenhöhe beziehungsweise Einbaubreite auch mindestens zwei der in der folgenden Zeichnung definierten fünf Maßgrößen für Innen- und Außenabwicklung. Es ist dabei stets darauf zu achten, dass mit Ausnahme des Öffnungswinkels alle Angaben auf dieselbe Oberfläche bezogen werden (konkav = innen, konvex = außen).



ir Biegeradius
ib Abwicklung
is Sehnenlänge
ih Stichhöhe
d Glasdicke
α Biegewinkel

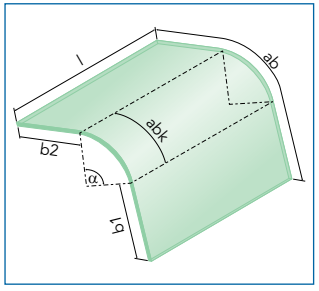
Innenmaße



ar Biegeradius
ab Abwicklung
as Sehnenlänge
ah Stichhöhe
d Glasdicke
α Biegewinkel

Außenmaße

Die Standardbiegung ist die zylindrische Ausführung, auf die sich auch diese Definitionen beziehen. Alle übrigen geometrischen Formen, wie sphärische Biegungen, müssen anhand einer exakten Zeichnung so vermaßt sein, dass Form und Größe eindeutig bestimmbar sind. Bereits geradlinige Verlängerungen an zylindrischen Formen (b1, b2) sind dabei gesondert auszuweisen.



Bogen mit geradlinigen Verlängerungen

8.4.5 Besonderheiten

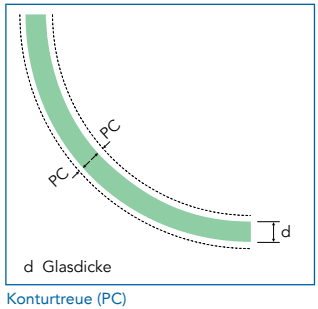
Für gebogene Gläser gelten besondere Toleranzen und produktionstechnische Formgegebenheiten, die grundsätzlich zu beachten sind:

8.4.5.1 Örtliche Verwerfungen

Bei gebogenem ESG und TVG können die örtlichen Verwerfungen von den Vorgaben bei planen Gläsern abweichen, da Glasgeometrie, -größe und -dicke darauf beim Biegen mehr Einfluss als bei planer Ausführung nehmen können. In jedem Fall sind diese vorher mit dem Hersteller abzustimmen.

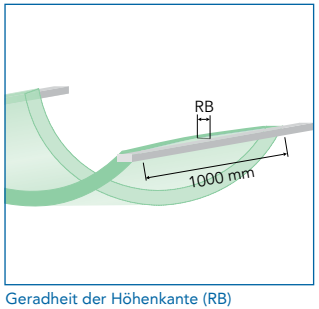
8.4.5.2 Konturtreue

Mit Konturtreue wird die Exaktheit der Biegung selbst beschrieben. Sie sollte sich in einem Toleranzbereich von ± 3 mm bezogen auf die Sollkontur bewegen, damit das Glas problemlos weiterverarbeitet werden kann.



d Glasdicke

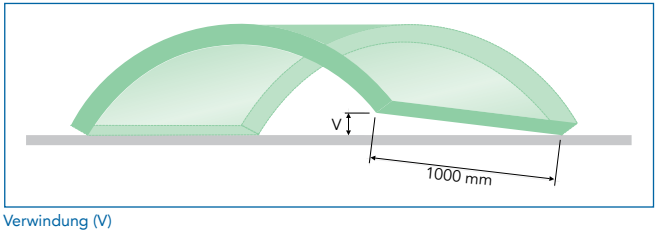
Konturtreue (PC)



Geradheit der Höhenkante (RB)

8.4.5.3 Verwindung

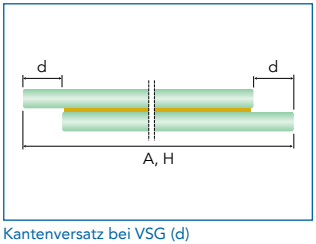
Mit dem Begriff Verwindung wird die Genauigkeit der Planparallelität der Höhenkanten oder ungebogenen Ränder beschrieben. Auch hier sollte nach der Biegung eine Abweichung von max. ± 3 mm je laufendem Meter Glaskante nicht überschritten werden.



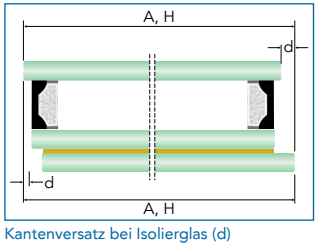
Verwindung (V)

8.4.5.4 Kantenversatz

Abweichend von den Vorgaben planer VSG- und Isoliergläser kann der Kantenversatz bei gebogenen Ausführungen anwachsen. Vorherige Abstimmung ist daher dringend geboten.



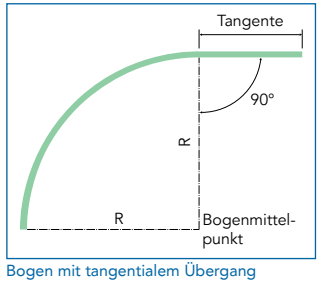
Kantenversatz bei VSG (d)



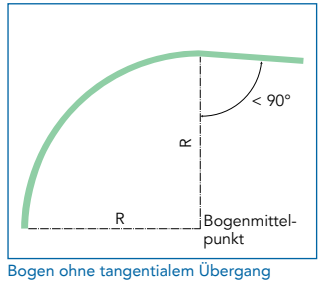
Kantenversatz bei Isolierglas (d)

8.4.5.5 Tangentiale Übergänge

Die Tangente ist die Gerade, die aus einer Rundung an einem bestimmten Punkt ansetzt. Dabei steht sie senkrecht zum gebogenen Radius der Rundung. Ohne diesen tangentialen Übergang ergibt sich an dieser Stelle ein Knick, der bei Glas zwar machbar, allerdings nicht empfehlenswert ist. An einem Knickpunkt entstehen in der Regel größere Toleranzen als bei tangentialen Fortgängen.



Bogen mit tangentialem Übergang



Bogen ohne tangentialem Übergang

8.4.6 Statische Besonderheiten

Grundsätzlich lassen sich Verformung und Spannung einer gebogenen Verglasung über Finite-Elemente-Modelle unter Zuhilfenahme der Schalentheorie ermitteln. Dabei kann sich die Krümmung, je nach Lagerungsbedingungen bei monolithischen Gläsern, durchaus über die Schalentragwirkung positiv, das heißt in Richtung dünnerer Gläser auswirken. Bei Isoliergläsern hingegen ist dieser Effekt weniger gegeben, da durch die Glaskrümmung die Biegesteifigkeit erhöht wird und somit extrem hohe Klimalasten zum Tragen kommen können. Dies gilt es besonders zu beachten, wenn Einheiten tangentiale Ansätze an eine Krümmung aufweisen. Die Folge können breitere Randverbunde sein, die damit den späteren Glaseinstand tangieren.

8.5 Spezielle Glasanwendungen

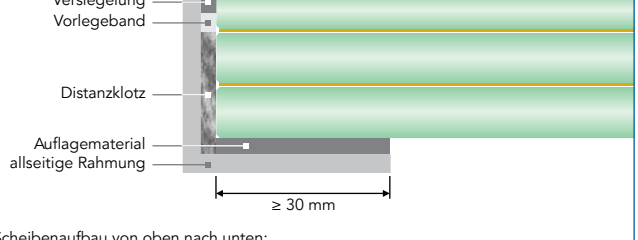
Das Bauen mit Glas kennt dank ingenieur- und architekturmäßig stetiger Entwicklungen kaum noch Grenzen. Selbst hochsicherheitsrelevante Bereiche werden heute mit gläsernen Konstruktionen realisiert und klimatische Zonen reguliert. Es folgt ein kleiner Einblick in diese technologisch anspruchsvollen Regionen des Bauens mit Glas.

8.5.1 Begehbare Verglasungen

Begehbare Verglasungen sind in der Regel horizontale Glaseinbauten, die einem regelmäßigen Personal- und Lastverkehr ausgesetzt sind. Sie sind abweichend von betretbaren Verglasungen zu bewerten, die lediglich für kurzzeitiges Betreten zu Reinigungs- und Wartungszwecken ausgelegt sind.

Begehbare Glasaufbauten bestehen grundsätzlich aus Verbund-Sicherheitsglas mit zusätzlicher oberer Schutzscheibe. Diese Schutzscheibe im Verbund ist aus mind. 6 mm ESG oder TVG auszuführen, darf statisch nicht mit bewertet werden und trägt oftmals eine dauerhafte Antirutschbeschichtung.

In Deutschland muss diese Scheibe, um nach TRLV verbaut werden zu können, aus mindestens 10 mm ESG oder TVG bestehen. Die darunter verbundene VSG-Einheit aus mindestens 2 Scheiben von 12 mm Dicke liefert die statische Tragfähigkeit, die je nach Anforderung und Ausführung natürlich auch erheblich dicker und mehrscheibiger werden kann. Dabei kommen zumeist Floatglasscheiben mit jeweils 1,52 mm PVB-Folienzwischenlagen zur Anwendung. Basis für den Einbau begehbarer Verglasungen sind eine absolut biegesteife Unterkonstruktion, elastomeres Auflagermaterial von 60 - 70 Shore A-Härte sowie Mindestauflager von 30 mm Breite.



Scheibenaufbau von oben nach unten:
Schutzscheibe, schützt den tragenden Glasverbund vor Beschädigung.
Min. Dicke 6 mm, ESG oder TVG mit / ohne Bedruckung. Tragender Glasverbund aus zwei oder drei Glasscheiben, die mit PVB-Folien miteinander verbunden sind.
Härte des elastomeren Auflagematerials: 60° bis 70° Shore A

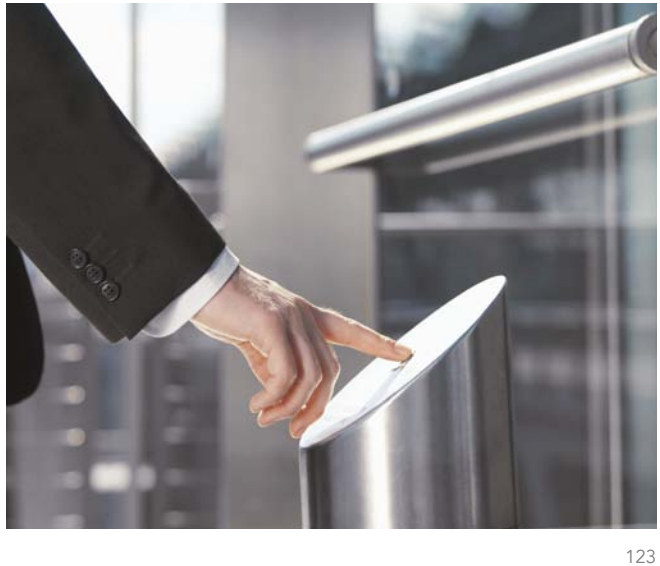
Zustimmungspflichtige Verglasungsempfehlung

8.5.2 Aufzugsverglasungen

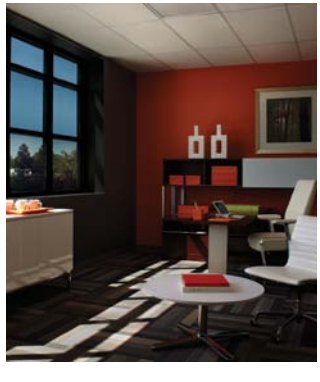
Das konstruktive Highlight heutiger Architektur sind Ganzglas-Aufzüge, die den Nutzern das Gefühl des Schwebens vermitteln. Dabei werden sowohl die Schächte als auch die Fahrkörbe selbst aus Glaselementen ausgeführt. Es ist selbstverständlich, dass solche Konstruktionen einer ganzen Reihe von sicherheitsrelevanten und mechanischen Anforderungen gerecht werden müssen. Geregelt werden die Anforderungen größtenteils in der europäischen Aufzugsrichtlinie 95/16 EG 7/99 sowie in der EN 81 02/99.

Ergänzend können weitere nationale Forderungen hinzukommen, wie in Deutschland beispielsweise seitens der Landesbauordnungen. Bezüglich der Schachtwände wird eine Standsicherheit für eine einwirkende Kraft von 300 N auf eine 5 cm^2 große Fläche verlangt. Die feststehenden, allseitig zu lagernden Wände des Fahrkorbes stellen je nach Größe unterschiedliche Anforderungen an die Beschaffenheit des zu verwendenden Verbund-Sicherheitsglases. Bei durchgehenden Verglasungen vom Boden bis zur Decke ist im Bereich von 0,90 - 1,10 m Höhe ein Holm zu berücksichtigen, der nicht vom Glas gehalten werden darf.

Die Türen wiederum unterliegen Anforderungen, die je nach Lagerung, Mechanik und Dimension zu bewerten sind. Aufzüge aus Glas sind stets Sonderanfertigungen, die nur gemeinsam mit allen Beteiligten realisiert werden können. Grundsätzlich sind alle gläsernen Bauteile eines Aufzuges dauerhaft und sichtbar zu kennzeichnen.



8.5.3 Schaltbare Gläser



Eine jüngere Entwicklung der vergangenen Jahre sind schaltbare, elektrochrome Gläser. Dabei wird eine spezielle Magnetronbeschichtung so ausgelegt, dass sie ihre solare Energietransmission bei Anlegen elektrischer Spannung verändert. Damit kann der g-Wert der Verglasung je nach jahreszeitlicher oder witterungsbedingter Relevanz angepasst werden (sommerlicher Wärmeschutz → Kapitel 5.5).

Heute liegen die g-Werte solcher Gläser, die im zweischeibigen Isolierglasaufbau integriert sind, bei etwa 35 % ohne elektrische Spannung und 6 % bei Stromversorgung in der Spitze. Natürlich ändert sich dabei auch die Lichttransmission. Diese Entwicklung wird sich in den nächsten Jahren aber sicherlich noch weiter fortsetzen und damit dem Glaseinsatz in Fassaden noch umfassendere Möglichkeiten eröffnen.

Bitte richten Sie diesbezügliche Projektanfragen direkt an GUARDIAN.

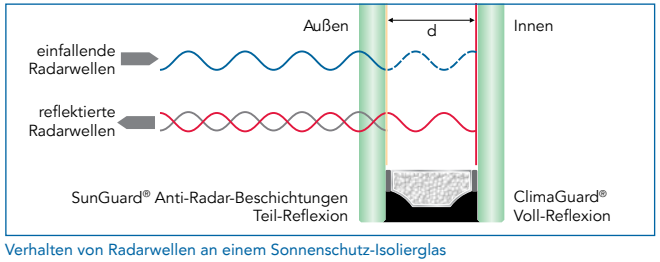
8.5.4 Elektromagnetisch dämpfende Gläser, Anti-Radar-Beschichtungen

Moderne drahtlose Kommunikation basiert auf hochfrequenten elektromagnetischen Wellen, aber auch Hochspannungsleitungen, elektrische Haushaltsgeräte und Werkzeuge emittieren niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Deshalb wird es immer häufiger notwendig, in bestimmten baulichen Bereichen diese unvermeidliche, dort aber unerwünschte Strahlung zu reduzieren. Das kann bei abhörsicheren Räumen in Hochsicherheitsbereichen sogar bis zur vollständigen Abschirmung erfolgen, oder aber in Flughafennähe zu einer gezielten Reduzierung der Felder, um Interferenzen und Fehlsignale bei der Radarkommunikation mit den Flugzeugen zu vermeiden.

Die Bewertung der elektromagnetischen Wellen erfolgt, ähnlich der bei Schallwellen, nach einer logarithmischen Skala, so dass mit bereits geringer Dämpfung erhebliche Reduktionen zu erreichen sind. Dabei gilt:

Dämpfung [dB]	Reduzierung [%]
5	ca. 38
10	ca. 90
15	ca. 97
20	ca. 99

Speziell bei geforderter Reduzierung ungewollter Reflexion von Radarstrahlung an Glasfassaden kann diese Dämpfung durch spezielle, unterschiedliche Glasbeschichtungen auf Außen- und Innenscheiben erfolgen. Dabei führt dies durch einen definierten Abstand des SZR zu Phasenverschiebungen, die so eine mehr oder minder umfassende Auslöschung der resultierenden, reflektierenden, elektromagnetischen Strahlung bewirken.



Verhalten von Radarwellen an einem Sonnenschutz-Isolierglas

GUARDIAN bietet eine Palette speziell beschichteter SunGuard® Sonnenschutzgläser, die in bestimmten Glasaufbauten radarreflexionsdämpfende Eigenschaften besitzen. Eine Übersicht finden Sie in → Kapitel 10.3.

GUARDIAN berät Sie hinsichtlich der für Ihr Projekt in Frage kommenden Glasaufbauten.

Speziell im Wohnbereich bieten Wärmeschutzgläser vom Typ ClimaGuard® Premium oder ClimaGuard 1.0 und Sonnenschutzgläser vom Typ SunGuard® High Performance oder SunGuard® SuperNeutral mit einem Flächenwiderstand der Beschichtung < 5 Ohm eine gute Dämpfung gegen hochfrequente Strahlung, dem so genannten „Elektrosmog". Es können Werte bis nahezu 30 dB erreicht werden, was einer Reduzierung von 99,9 % entspricht.

Für eine Dreifach-Verglasung mit zwei Wärmeschutzbeschichtungen wurden HF-Transmissionsdämpfungen von ca. 42 dB für 900 MHz (GSM 900 Mobilfunk) und ca. 47 dB im Bereich von 1900 MHz (GSM 1800 Mobilfunk, DECT, UMTS) erreicht.

Im Gegensatz dazu erreicht eine einfache Doppelverglasung mit nur einer Wärmeschutzschicht eine HF-Transmissionsdämpfung von ca. 32 dB bei 900 MHz und ca. 28 dB bei 1900 MHz. Doch gilt zu beachten, dass erst Systemlösungen im geschlossenen

Fenster mit beispielsweise stahlverstärkten Rahmen und Pfosten sowie Erdung des Systems einen wirksamen Schutz vor externem Elektrosmog erreichen.

Weitere Informationen hinsichtlich der Möglichkeiten erfahren Sie direkt von GUARDIAN.

Glasaufbauten mit diesen speziellen Beschichtungen und entsprechenden Randanschlüssen können also heute im transparenten Fassadenbereich ihren Beitrag leisten. Allerdings steht dabei keine definierte Produktpalette zur Verfügung, sondern stets eine im Vorfeld zu definierende, individuelle Glaskombination, die sich nach folgenden Erfordernissen richtet:

- Was und wo ist genau abzuschirmen?
- Welche Frequenzbereiche sind in welcher Höhe zu dämpfen?
- Wie sind die Randparameter Glas-Fenster, Fenster-Mauerwerk entsprechend zu realisieren?
- Welche weiteren Funktionen muss das Glas erbringen, z. B. Wärmedämmung, Schall- und Sonnenschutz, etc.?

Aus diesem Grunde ist eine elektromagnetisch dämpfende Verglasung stets ein objektbezogen zu fertigendes Glaselement, dessen Definition immer am Planungsanfang zu stehen hat.

8.5.5 Antireflex-Verglasungen

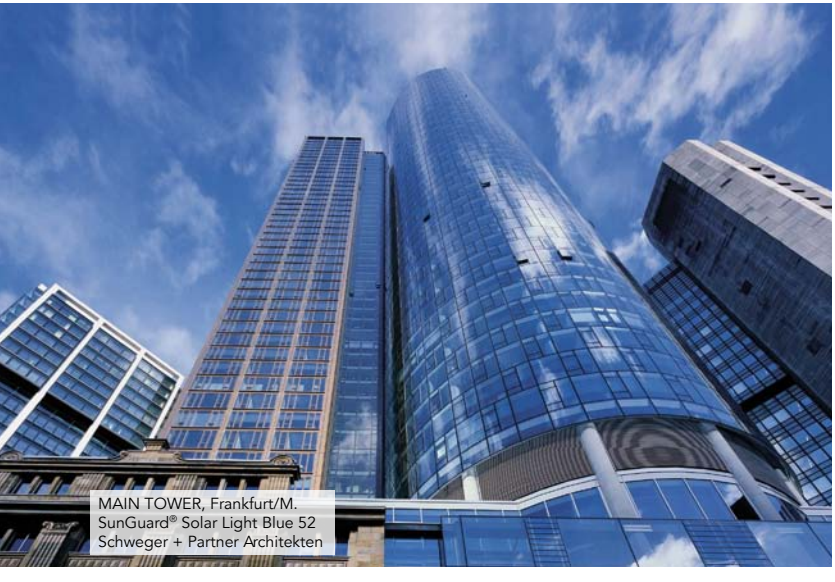
Trotz bester Transparenz moderner Verglasungen wird die Durchsicht je nach Betrachtungswinkel und Lichteinfall in der Regel vom hellen Außen zum dunkleren Innen durch Reflexion behindert. Gerade bei Schaufensterverglasungen wird damit die Betrachtung der Objekte hinter der Verglasung durch Reflexe und Spiegelungen gemindert.

Abhilfe schafft hierbei nunmehr eine neu entwickelte Beschichtung von GUARDIAN, die, auf beide Glasoberflächen aufgetragen, den Reflexionsgrad der Verglasung auf unter 1 % bei einer monolytischen Scheibe absenkt. Damit werden Reflexionen nahezu gänzlich ausgeschlossen. Besonders geeignet ist diese Verglasungsvariante für:

- Produktauslagen hinter Schaufenstern
- verglaste Öffnungen von Kontrollräumen und Besucherterrassen
- Schaukästen und Objektschutzscheiben in Museen
- Trennverglasungen in Stadien
- Innentrennwände in Krankenhäusern und Reinräumen
- zoologische Gärten und Aquarien
- Wegweiser-Schutzverglasungen und Anzeigetafeln

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Wirkung bei Isolierverglasungen nur dann gegeben ist, wenn alle im System verbauten Glasflächen derart beschichtet sind. Selbstverständlich ist diese neuartige Beschichtung auch verbindbar und zu Einscheiben-Sicherheitsglas vorspannbar.

Hanseatic Trade Center, Hamburg
SunGuard® Solar Light Blue 52
NHT Nägele, Hoffmann, Tiedemann Architekten



MAIN TOWER, Frankfurt/M.
SunGuard® Solar Light Blue 52
Schweger + Partner Architekten

9. Standards, Richtlinien, Hinweise 130

9.1 Europäisch relevante Normen für Glas 130

9.2 Toleranzen über normative Anforderungen 132
9.2.1 Basisgläser 132
9.2.2 Zuschnitt 132
Allgemein | Bei Float möglicher Abbruch | Spitze Winkel bei ESG, VSG, ISO – Rückschnitt – nicht zu beurteilende Zone | Länge, Breite und Rechtwinkligkeit

9.2.3 Bearbeitung 134
Kantenbearbeitungsqualitäten | Bearbeitungen | Lochbohrungen

9.2.4 ESG – Einscheiben-Sicherheitsglas, ESG-H, heißgelagertes ESG und TVG – Teilvorgespanntes Glas 141
Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas | Örtliche Verwerfung – gültig für Floatglas

9.2.5 Isolierglas 142
Randverbund | Dickentoleranzen im Randbereich des Isolierglases | Abmessungstoleranz / Versatz

9.2.6 Verbund-Sicherheitsglas (VSG) 144
Maßtoleranzen bei Verbund-Sicherheitsglas | Verschiebetoleranz (Versatz) | Dickentoleranz

9.3 Glaskanten 145
9.3.1 Kantenformen 145
9.3.2 Kantenbearbeitung 146
9.3.3 Kantendarstellung und typische Anwendung 147

9.4 Glasecken und -stöße 148
9.4.1 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Zweifach-Isolierglas 148
9.4.2 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas 148
9.4.3 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas 148
9.4.4 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas 149
9.4.5 Ganzglasecke mit Zweifach-Stufenisolierglas 149
9.4.6 Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisolierglas 149
9.4.7 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach-Stufenisolierglas 149
9.4.8 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach-Stufenisolierglas 150

9.5 Glasbemessung 150

9.6 Oberflächenschäden an Glas 151

9.7 Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen 151
9.7.1 Geltungsbereich 151
9.7.2 Prüfung 152
9.7.3 Zulässigkeiten für die visuelle Qualität von Glas für das Bauwesen 153
9.7.4 Allgemeine Hinweise 154
Visuelle Eigenschaften von Glaserzeugnissen

9.8 Glasbruch 157

9.9 CE-Kennzeichnung 162

9.10 Materialverträglichkeiten 163
9.10.1 Kompatible Isolierglas-Dichtstoffe und Structural Glazing-Silikone für SunGuard® HP 164

9.11 Glasreinigung 166

9.12 Transport und Lagerung 167

Die rasante Entwicklung des Glases als Bau- und Werkstoff hat natürlich zur Folge, dass die Regularien für seinen Einsatz immer strenger und umfangreicher werden. Hinsichtlich der Anwendung und Prüfung für Gläser im Bauwesen werden sie inzwischen durch Europanormen abgedeckt. Doch darüber hinaus gibt es noch eine Vielzahl nationaler, landesspezifischer Verordnungen und Richtlinien, die je nach Anwendung zu Rate zu ziehen sind. Ungeachtet der Prüf- und Verwendungsregularien sind aber auch rein glasspezifische Parameter zu beachten, die die Funktion und Langlebigkeit von Glasprodukten stark beeinflussen, wie in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt wurde.

9.1 Europäisch relevante Normen für Glas

Die wichtigsten internationalen Normen für die Prüfung und Verwendung von Glas am Bau sind:

EN 81	Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen
EN 101	Keramische F liesen und Platten; Bestimmung der Ritzhärte der Oberfläche nach Mohs
EN 356	Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff
EN 410	Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
EN 572	Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilikatglas
EN 673	Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Berechnungsverfahren
EN 674	Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Verfahren mit dem Plattengerät
EN 1063	Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss
EN 1096	Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas
EN 1279	Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas
EN 1363	Feuerwiderstandsprüfungen
EN 1364	Feuerwiderstandsprüfungen für nichttragende Bauteile
EN 1522/1523	Fenster, Türen, Abschlüsse – Durchschusshemmung
EN 1627 - 1630	Fenster, Türen, Abschlüsse – Einbruchhemmung
EN 1748	Glas im Bauwesen – Spezielle Basiserzeugnisse
EN 1863	Glas im Bauwesen – Teilvorgespanntes Kalknatronglas
EN 10204	Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen
EN 12150	Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas
EN 12207	Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung
EN 12208	Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung
EN 12412	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens
EN 12488	Glas im Bauwesen – Verglasungsrichtlinien – Verglasungssysteme und Anforderungen für die Verglasungen
EN 12600	Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch
EN 12758	Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung
EN 12898	Glas im Bauwesen – Bestimmung des Emissionsgrades
EN 13022	Glas im Bauwesen – Geklebte Verglasungen
EN 13123, Teile 1 - 2	Fenster, Türen und Abschlüsse – Sprengwirkungshemmung
EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
EN 13541	Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen Sprengwirkung
EN 14179	Glas im Bauwesen – Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas
EN 14449	Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas
EN 15434	Glas im Bauwesen – Produktnorm für lastübertragende und / oder UV-beständige Dichtstoffe
EN 15651	Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen
EN 20 140	Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen
EN ISO 140- 3	Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
EN ISO 717-1	Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung
EN ISO 1288, Teile 1 - 5	Glas im Bauwesen – Biegefestigkeit von Glas
EN ISO 9050	Glas im Bauwesen – Bestimmung von Lichttransmissionsgrad, direktem Sonnenlichttransmissionsgrad, Gesamttransmissionsgrad der Sonnenenergie und Ultravioletttransmissionsgrad sowie der entsprechenden Verglasungsfaktoren
EN ISO 10077	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen
EN ISO 12543	Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas
EN ISO 13788	Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren

9.2 Toleranzen über normative Anforderungen

Die Grundlagen für Toleranzen sind in den derzeit gültigen Normen geregelt. Allerdings reichen diese Normen in der Praxis nicht immer aus. Das vorliegende Kapitel beschreibt daher die in den Normen nicht zweifelsfrei oder gar nicht beschriebenen Anwendungen in zwei Kategorien:

- **Standardtoleranzen**
  Standardtoleranzen sind all jene Toleranzen, die im normalen Produktionsablauf sichergestellt werden können.
- **Sondertoleranzen**
  Sondertoleranzen können mit erhöhtem Aufwand in der Fertigung realisiert werden und sind stets vorab im Einzelfall zu vereinbaren.

9.2.1 Basisgläser

Für die Basisgläser gelten als normative Grundlagen die Ausführungen der EN 572.

Aus diesen Normen können die Grenzabmaße der Nenndicken für die unterschiedlichen Glaserzeugnisse herausgelesen werden. Auch sind darin die Anforderungen an die Qualität sowie die optischen und sichtbaren Fehler der Basisglaserzeugnisse beschrieben.

Darüber hinaus gelten folgende Grenzabmaße der Nenndicken:

Nenndicke [mm]	Grenzabmaße [mm]
2	± 0,2
3	± 0,2
4	± 0,2
5	± 0,2
6	± 0,2
8	± 0,3
10	± 0,3
12	± 0,3
15	± 0,5
19	± 1,0

Tab. 1: Glasdickengrenzabmaße

Für diese Grenzabmaße gibt es keine Differenzierung zwischen Standard- und Sondertoleranz.

9.2.2 Zuschnitt

Grundsätzlich gelten die EN 572 und generelle Längenabmaße von ± 0,2 mm/m Kantenlänge.

9.2.2.1 Allgemein

Ein eventuell auftretender Schrägbruch der Kante ist abhängig von der jeweiligen Glasstärke und der Beschaffenheit des Basisglases.

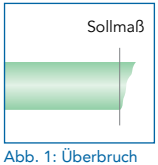


Abb. 1: Überbruch

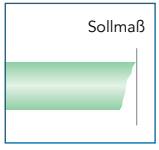


Abb. 2: Unterbruch

Glasdicke [mm]	Maximalwert [mm]
2, 3, 4, 5, 6	± 1,0
8, 10	± 1,5
12	± 2,0
15	± 2,0
19	+ 5,0 / - 3,0

Tab. 2: Schrägbruchwerte

Die Glasabmessungen können sich also bei gesäumter Kante um den doppelten Schrägbruchwert verändern.

Bei nicht rechtwinkligen Elementen hingegen gilt, dass die in Tab. 2a ausgewiesenen Toleranzen bei den entsprechenden Winkeln auftreten können (ähnlich dem Rückschnitt). Die Geometrie der Gläser bleibt dabei erhalten.

9.2.2.1.1 Bei Float möglicher Abbruch

α	x
≤ 12,5°	- 30 mm
≤ 20°	- 18 mm
≤ 35°	- 12 mm
≤ 45°	- 8 mm

Tab. 2a: Rückschnitt

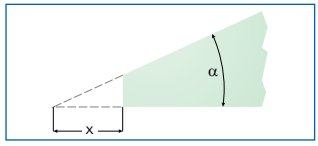


Abb. 3: Rückschnitt

9.2.2.1.2 Spitze Winkel bei ESG, VSG, ISO – Rückschnitt – nicht zu beurteilende Zone

Die Glashersteller behalten sich aus produktionstechnischen Gründen das Recht vor, einen Rückschnitt gemäß Tabelle 2b durchzuführen. Unterbleibt dieser, gelten die in Tabelle 2b aufgeführten Maße als nicht zu beurteilende Zone. Hier können Unregelmäßigkeiten sowohl an den Kanten (z. B. Überbrüche) als auch auf der Fläche auftreten, sie stellen aber keinen Reklamationsgrund dar.

α	x
≤ 12,5°	- 65 mm
≤ 20°	- 33 mm

Tab. 2b: Rückschnitt

Ab Winkel > 25° entspricht der Rückschnitt dem Abbruch. Die unter → 9.2.3.1.4, Tabelle 6 aufgeführten Toleranzen dürfen nicht zu denen der Tabellen 2a und 2b hinzu addiert werden.

9.2.2.2 Länge, Breite und Rechtwinkligkeit

Ausgehend von den Nennmaßen für die Länge (H) und die Breite (B) muss die Scheibe in ein Rechteck passen, welches um das obere Grenzabmaß vergrößert und um das untere Grenzabmaß verkleinert wurde.

Die Seiten dieser Rechtecke müssen parallel zueinander sein und einen gemeinsamen Mittelpunkt haben (→ Abb. 4). Gleichzeitig beschreiben die Rechtecke auch die Grenzen der Rechtwinkligkeit.

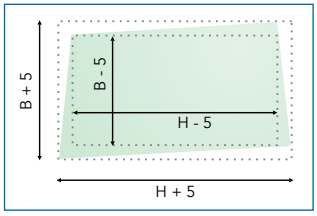


Abb. 4: Winkligkeit

Die Grenzabmaße für die Nennmaße der Länge H und Breite B betragen ± 5 mm.

9.2.3 Bearbeitung

Die Toleranzen sind abhängig von der jeweiligen Art der Kantenbearbeitung. Ergänzend gelten die EN 1863, EN 12150 und EN 14179 sowie nationale Anforderungen, so z. B. in Deutschland die DIN 1249, Teil11.

9.2.3.1 Kantenbearbeitungsqualitäten

(→ Kapitel 9.3.2)

9.2.3.1.1 Standardtoleranzen

Man unterscheidet zwischen den Kantenbearbeitungsvarianten gesäumt, geschliffen und poliert. Es werden zwei Toleranzklassen gebildet:

- Für gesäumte Kanten gilt die unter Zuschnitt (→ Kapitel 9.2.2) angegebene Toleranz mit Schrägbruch.
- Für geschliffen/poliert gilt die nachfolgende Tabelle.

Kantenlänge [mm]	d ≤ 12 mm [mm]	d = 19 mm [mm]
≤ 1000	± 1,5	± 2,0
≤ 2000	± 2,0	± 2,5
≤ 3000	+ 2,0 / - 2,5	± 3,0
≤ 4000	+ 2,0 / - 3,0	+ 3,0 / - 4,0
≤ 5000	+ 2,0 / - 4,0	+ 3,0 / - 5,0
≤ 6000	+ 2,0 / - 5,0	+ 3,0 / - 5,0

Tab. 3: Rechteck Standardabmaße

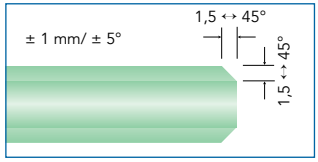


Abb. 5: Kantenbearbeitung

Das Abmaß der Diagonalen ergibt sich aus $\sqrt{b^2 + h^2}$

Beispiel:
Scheibe b x h
= 1.000 x 3.000 mm

daraus folgt:

Plusabmaß: $\sqrt{1{,}5^2 + 2{,}0^2}$
= +2,5 mm

Minusabmaß: $\sqrt{1{,}5^2 + 2{,}5^2}$
= -2,9 mm;

daraus folgt:
Diagonalabmaß + 2,5 / - 3,0 mm

9.2.3.1.2 Sondertoleranzen

In Tab. 4 sind die Toleranzen angegeben, die mit erhöhtem Aufwand realisiert werden können. Dieser Sonderaufwand resultiert daraus, dass die 1. Scheibe exakt vermessen werden muss. Nicht ausgeschliffene Scheiben müssen dabei neu zugeschnitten werden.

Kantenlänge [mm]	d ≤ 12 mm [mm]	d = 15 + 19 mm [mm]
≤ 1000	+ 0,5 – 1,5	+ 0,5 – 1,5
≤ 2000	+ 0,5 – 1,5	+ 0,5 – 2,0
≤ 3000	+ 0,5 – 1,5	+ 0,5 – 2,0
≤ 4000	+ 0,5 – 2,0	+ 0,5 – 2,5
≤ 5000	+ 0,5 – 2,5	+ 0,5 – 3,0
≤ 6000	+ 1,0 – 3,0	+ 1,0 – 3,5

Tab. 4: Rechteck Sonderabmaße

9.2.3.1.3 Sonderformen

Bei Sonderformen dicker Gläser von 15 und 19 mm gilt:

Kantenlänge d ≤ 12 mm			
Standard [mm]		Sonder (CNC) [mm]	
≤ 1000	± 2,0		+ 1,0 / - 1,0
≤ 2000	± 3,0		+ 1,0 / - 1,5
≤ 3000	± 4,0		+ 1,0 / - 2,0
≤ 4000	± 5,0	≤ 3900	+ 1,0 / - 2,5
≤ 5000	+ 5,0 / - 8,0	≤ 5000	+ 2,0 / - 4,0
≤ 6000	+ 5,0 / - 10,0	≤ 6000	+ 2,0 / - 5,0

Tab. 5: Sonderformen

9.2.3.1.4 Kantenbearbeitungen

α	x
≤ 12,5°	- 15 mm
≤ 20°	- 9 mm
≤ 35°	- 6 mm
≤ 45°	- 4 mm

Tab. 6 (Legende Abb. 3, Seite 133)

9.2.3.2 Bearbeitungen

Bearbeitungen sind Eckausschnitte, Flächenausschnitte und Randausschnitte in einer Scheibe. Lage und Abmessung der Bearbeitungen, sofern nicht standardisiert, sind jeweils produktionstechnisch abzustimmen.

Bei Eck- und Randausschnitten ist der Mindestradius, der durch das Bearbeitungswerkzeug bestimmt wird, zu beachten. Die Lochlagetoleranzen entsprechen den Kantenbearbeitungstoleranzen.

9.2.3.2.1 Eckabschnitt gesäumt < 100 x 100 mm

Standardabmaß ± 4 mm

9.2.3.2.2 Eckausschnitt gesäumt

Standardabmaß ± 4 mm auf Lage/Abmaße

9.2.3.2.3 Randausschnitt gesäumt

9.2.3.2.3.1 Standardabmaß für Handbearbeitung – Ausschnittmaße

Ausschnittlänge [mm]	Abmaß [mm]
≤ 1000	± 6,0

Tab. 7: Randausschnittabmaß HB gesäumt

9.2.3.2.3.2 Standardabmaß für CNC-Bearbeitung – Ausschnittmaße

Achtung: Mindestmaß bei innen liegenden Radien: 15 mm

Ausschnittlänge [mm]	Abmaß [mm]
≤ 2000	± 4,0
≤ 3400	± 4,0
≤ 6000	± 5,0

Tab. 8: Randausschnittabmaß CNC-Bearbeitungszentrum gesäumt

9.2.3.2.4 Eckabschnitt geschliffen

Standardabmaß ± 2 mm

(Eckabschnitt < 100 x 100 mm, sonst Sonderform)

Sonderabmaß ± 1,5 mm

Fertigung erfolgt am CNC-Bearbeitungszentrum.

9.2.3.2.5 Eckabschnitt poliert – CNC-Bearbeitungszentrum

9.2.3.2.5.1 Standard

Abmaß ± 2 mm

(Eckabschnitt < 100 x 100 mm, sonst Sonderform)

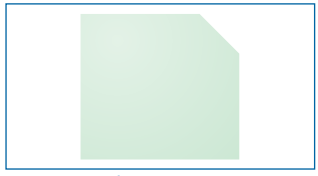


Abb. 6: Sonderform

9.2.3.2.5.2 Sonderabmaß

Abmaß ± 1,5 mm

9.2.3.2.6 Eckausschnitt geschliffen

9.2.3.2.6.1 Standard

In Abhängigkeit von der Glasstärke Mindestabstand bei innen liegenden Radien:

≤ 10 mm: R 10
≤ 12 mm: R 15
Abmaß Größe ± 2 mm
Abmaß Lage ± 3 mm

9.2.3.2.6.2 Sonderabmaß

Mindestmaß bei innen liegenden Radien: 17,5 mm; Abmaß 1,5 mm.

Die Sonderbearbeitung erfolgt am CNC-Bearbeitungszentrum.

9.2.3.2.7 Eckausschnitt poliert – CNC-Bearbeitungszentrum

Mindestmaß bei innen liegenden Radien: 17,5 mm

9.2.3.2.7.1 Standard

Abmaß ± 2 mm

9.2.3.2.7.2 Sonderabmaß

Abmaß ± 1,5 mm

9.2.3.2.8 Randausschnitt geschliffen oder poliert – CNC-Bearbeitungszentrum

9.2.3.2.8.1 Standardabmaß

Mindestmaß bei innen liegenden Radien: 17,5 mm

Ausschnittlänge [mm]	Abmaß [mm]
< 500	± 2,0
≤ 1000	± 3,0
≤ 2000	± 3,0
≤ 3400	± 4,0

Tab. 9: Randausschnittabmaß CNC-Bearbeitungszentrum geschliffen oder poliert

9.2.3.2.8.2 Sonderabmaß

Mindestmaß bei innen liegenden Radien: 17,5 mm, Abmaß ± 1,5 mm

9.2.3.3 Lochbohrungen

Die Lochlagetoleranzen der Bearbeitungen entsprechen den Kantenbearbeitungstoleranzen.

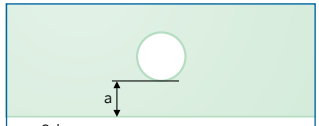
9.2.3.3.1 Bohrlochdurchmesser

Der Bohrlochdurchmesser sollte nicht kleiner als die Glasdicke sein. Für kleinere Durchmesser bitte separat beim Hersteller nachfragen.

9.2.3.3.2 Begrenzung und Lage des Bohrlochs

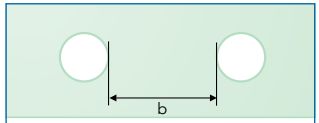
Die Lage des Bohrlochs bezogen auf die Glaskante, Glasecke sowie zur nächsten Bohrung ist abhängig von:

- Glasdicke (d)
- Durchmesser der Bohrung
- Form der Glasscheibe
- Anzahl der Bohrungen



a ≥ 2d
Der Abstand des Bohrlochrandes sollte nicht kleiner als 2 x d sein

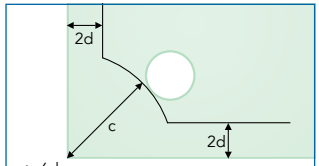
Abb. 7: Lage des Bohrlochs zur Kante



b ≥ 2d

Der Abstand der Bohrlöcher untereinander sollte nicht kleiner als 2 x d sein

Abb. 8: Lage benachbarter Bohrlöcher



c ≥ 6d
Der Abstand des Randes einer Bohrung zur Glasecke darf nicht kleiner als 6 x d sein

Abb. 9: Lage des Bohrlochs zur Ecke

Nenndurchmesser d [mm]	Abmaße [mm]
4 < d < 20	± 1,0
20 < d < 100	± 2,0
100 < d	Anfrage beim Hersteller

Tab. 10: Bohrlochabmaße

9.2.3.3.3 Abmaße der Lage der Bohrungen

Die Abmaße der Lage von den einzelnen Bohrungen entsprechen denen von Breite (B) und Länge (H) aus Tab 11.

Nennmaße der Seite B oder H [mm]	Abmaß t [mm]	
	Nenndicke, d ≤ 12	Nenndicke, d > 12
≤ 2000	± 2,5 (horizontales Herstellungsverfahren)	± 3,0
	± 3,0 (vertikales Herstellungsverfahren)	
2000 < B oder H ≤ 3000	± 3,0	± 4,0
> 3000	± 4,0	± 5,0

Tab. 11

Die Position der Bohrungen wird in rechtwinkligen Koordinaten (X- + Y-Achse) vom Bezugspunkt zur Bohrlochmitte gemessen. Der Bezugspunkt ist eine vorhandene Ecke oder ein definierter Fixpunkt.

Die Lage der Bohrungen (X, Y) ist (x ± t, y ± t), wobei x und y die geforderten Abstände sind und t das Abmaß.

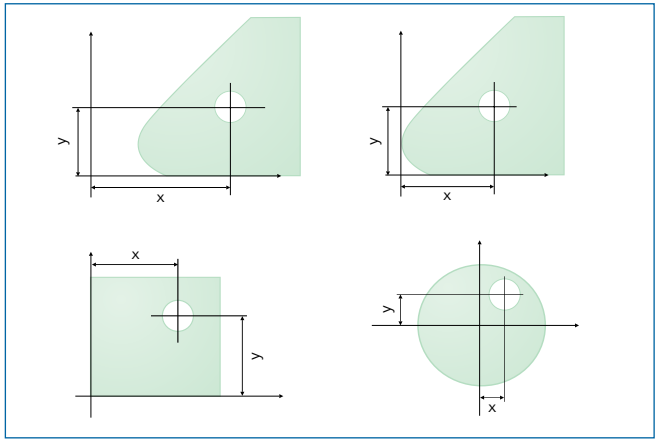


Abb. 10: Lochlage

9.2.3.3.4 Lochbohrungslagen

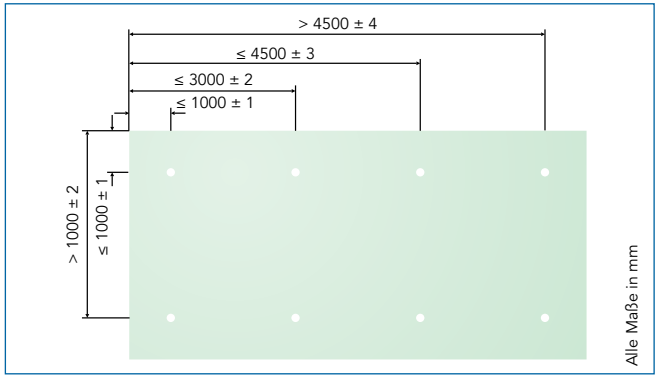


Abb. 11: Lochbohrungslagen

9.2.3.3.5 Senklochbohrungsdurchmesser

Durchmesser:
≤ 30 mm ± 1 mm,
> 30 mm ± 2 mm.

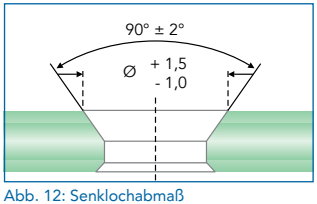


Abb. 12: Senklochabmaß

9.2.3.3.6 Senklochbohrungen im VSG

Eine zylindrische Lochbohrung der Gegenscheibe ist mit einem 4 mm größeren Durchmesser als der Kerndurchmesser der Senklochbohrung zu erstellen.

$$X = \frac{\text{Senkungs-Ø - Kern-Ø}}{2}$$

min. Glasdicke = X + 2 mm

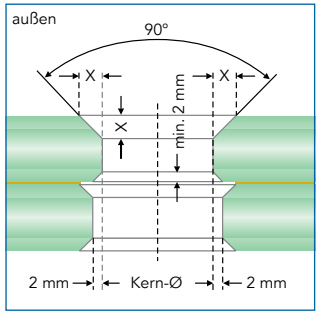


Abb. 13: Senklochbohrung im VSG

9.2.4 ESG – Einscheiben-Sicherheitsglas, ESG-H, heißgelagertes ESG und TVG – Teilvorgespanntes Glas

Basis sind die Normen:
EN 12150-1/-2 für ESG,
EN 14179 für heißgelagertes ESG und EN 1863 für TVG.

9.2.4.1 Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas

Standard 0,3 % der Mess-Strecke.

Grundsätzlich ist an den Kanten und der Diagonale zu prüfen, wobei keiner der gemessenen Werte über 0,3 % der Mess-Strecke liegen darf.

Bei quadratischen Formaten mit einem Seitenverhältnis zwischen 1:1 und 1:1,3 sowie bei geringeren Glasdicken ≤ 6 mm ist durch den Vorspannprozess die Abweichung von der Geradheit größer als bei schmalen rechteckigen Formaten.

9.2.4.2 Örtliche Verwerfung – gültig für Floatglas

Standard 0,3 mm auf 300 mm Mess-Strecke.

Die Messung erfolgt im Abstand von mind. 25 mm zur Kante.

9.2.4.2.1 Empfohlene Mindestglasdicken in Abhängigkeit des Scheibenaußenmaßes

Aufgrund des thermischen Vorspannprozesses empfehlen sich größenabhängige Mindestglasdicken ohne Bearbeitung von anwendungstechnischen Anforderungen.

Min. Glasdicke d	Max. Scheibenaußenmaß
4 mm	1000 x 2000 mm
5 mm	1500 x 3000 mm
6 mm	2100 x 3500 mm
8 mm	2500 x 4500 mm
10 mm	2800 x 5000 mm
12 mm	2800 x 5900 mm

Tab. 12: Mindestglasdicken

9.2.5 Isolierglas

Basis bilden die Normen: EN 1279-1 bis -6, EN 1096-1, ergänzt durch nationale Anforderungen.

9.2.5.1 Randverbund

Die Ausführung des Randverbundes entspricht den Systemspezifikationen des Herstellers. Das maximale Abmaß für die Randverbundbreite beträgt ± 2,5 mm.

9.2.5.2 Dickentoleranzen im Randbereich des Isolierglases

Die Dicke muss an jeder Ecke sowie in der Mitte der Kanten zwischen den äußeren Glasoberflächen gemessen werden. Die Messwerte müssen auf 0,1 mm bestimmt werden und dürfen von der vom Hersteller des Mehrscheiben-Isolierglases angegebenen Nenndicke um nicht mehr als die in Tabelle 13 angegebenen Abmaße abweichen.

Für Dickentoleranzen von Mehrscheiben-Isoliergläsern mit mehreren Scheibenzwischenräumen gilt:

a) bestimme die Toleranzen jedes einzelnen Gebildes aus Glas/Scheibenzwischenraum/Glas nach Tabelle 13

b) berechne die Quadrate dieser Werte

c) summiere die Quadratwerte

d) ziehe die Quadrat-Wurzel aus der Summe

	Erste Scheibe*	Zweite Scheibe*	MIG Dickenabmaß [mm]
a	Entspanntes Glas	Entspanntes Glas	± 1,0
b	Entspanntes Glas	Vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas**	± 1,5
c	Entspanntes Glas, vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas, Dicke ≤ 6 mm	Verbundglas mit Folien*** Gesamtdicke ≤ 12 mm	± 1,5
	sonstige Fälle		± 2,0
d	Entspanntes Glas	Ornamentglas	± 1,5
e	Vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas	Vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas	± 1,5
f	Vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas	Glas-/Kunststoff-Komposite****	± 1,5
g	Vorgespanntes oder teilvorgespanntes Glas	Ornamentglas	± 1,5
h	Glas-/Kunststoff-Komposite	Glas-/Kunststoff-Komposite	± 1,5
i	Glas-/Kunststoff-Komposite	Ornamentglas	± 1,5

* Die Scheibendicken sind als Nennwerte angegeben.
** Thermisch vorgespanntes Sicherheitsglas, teilvorgespanntes Glas oder chemisch teilvorgespanntes Glas.
*** Verbundglas oder Verbund-Sicherheitsglas, bestehend aus zwei entspannten Floatglasscheiben (maximale Dicke jeweils 12 mm) und einer Kunststoff-Folienzwischenschicht. Bei unterschiedlich zusammengesetztem Verbundglas oder Verbund-Sicherheitsglas siehe EN ISO 12543-5 und nachfolgend sollte die Berechnungsregel nach 9.2.5.2 angewendet werden.
**** Glas-/Kunststoff-Komposite sind eine Art von Verbundglas, die mindestens eine Scheibe eines Kunststoff-Verglasungsmaterials enthält; siehe EN ISO 12543-1.

Tab. 13: Dickentoleranzen von MIG bei Verwendung von Floatglas

9.2.5.3 Abmessungstoleranz / Versatz

Als Abmessungstoleranz gelten die Toleranzen der im Isolierglas verwendeten Vorprodukte zuzüglich eines möglichen Versatzmaßes aus dem Isolierglaszusammenbau.

2.000 mm ≥ Kantenlänge	2,0 mm
3.500 mm ≥ Kantenlänge > 2.000 mm	2,5 mm
Kantenlänge > 3.500 mm	3,0 mm

Tab. 14: Maximales Versatzmaß – Rechtecke

2.000 mm ≥ Kantenlänge	2,0 mm
3.500 mm ≥ Kantenlänge > 2.000 mm	3,0 mm
Kantenlänge > 3.500 mm	4,0 mm

Tab. 15: Maximales Versatzmaß – Sonderformen

9.2.6 Verbund-Sicherheitsglas (VSG)

Verbund-Sicherheitsgläser bestehen aus zwei oder mehr Glasscheiben, die durch eine oder mehrere Polyvinyl-Butyral-(PVB)-Folien zu einer untrennbaren Einheit verbunden sind. Man unterscheidet die Gläser mit einer Foliendicke von 0,38 PVB von den Gläsern mit PVB-Folien von mindestens 0,76 mm PVB.

9.2.6.1 Maßtoleranzen bei Verbund-Sicherheitsglas

Die Toleranzen entsprechen grundsätzlich EN ISO 12543.

Man unterscheidet die VSG-Gläser je nach Aufbau in: VSG 0,38 PVB, VSG ab 0,76 PVB, VSG mit Schallschutzfolie (Schalldämmendes VSG), VSG mit Colorfolie (Farbige PVB-Folien).

Gültig sind die entsprechenden Maßtoleranzen der eingesetzten Vorprodukte im VSG-Element zuzüglich der zulässigen Versatztoleranzen wie in Tabelle 16 und 17 angegeben.

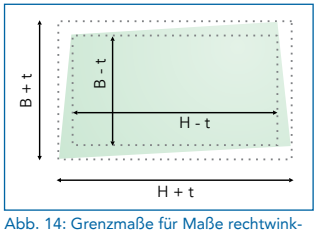


Abb. 14: Grenzmaße für Maße rechtwinkliger Scheiben

Beispiel:

VSG aus 6 mm ESG / 0,76 PVB / 6 mm TVG; Kanten poliert

Abmaß der Einzelscheibe: ± 1,5 mm, zusätzliche Versatztoleranz: ± 2 mm. Ergibt eine Summe der zulässigen Versatztoleranz von ± 3,5 mm.

9.2.6.2 Verschiebetoleranz (Versatz)

Die Einzelscheiben können sich im Verbundprozess gegeneinander verschieben.

Zu den Verschiebetoleranzen addieren sich die Zuschnitttoleranzen. Die längste Kante des Elementes findet in der Tabelle 16 oder 17 Anwendung.

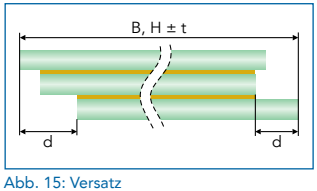


Abb. 15: Versatz

Kantenlänge l [mm]	Zulässiges Höchstmaß für den Versatz je VSG Nenndicke		
	≤ 8 mm	≤ 20 mm	> 20 mm
l ≤ 2000	1,0	2,0	3,0
2000 < l ≤ 4000	2,0	2,5	3,5
l > 4000	3,0	3,0	4,0

Tab. 16: Zulässige Höchstmaße für den Versatz: Rechtecke

Kantenlänge l [mm]	Zulässiges Höchstmaß für den Versatz je VSG Nenndicke		
	≤ 8 mm	≤ 20 mm	> 20 mm
l ≤ 2000	1,5	3,0	4,5
2000 < l ≤ 4000	3,0	4,0	5,5
l > 4000	4,5	5,0	6,0

Tab. 17: Zulässige Höchstmaße für den Versatz: Sonderformen

9.2.6.3 Dickentoleranz

Die Dickentoleranz für VSG darf die Summe der einzelnen Glasscheiben, die in den Normen für Basisglas (EN 572) festgelegt sind, nicht übersteigen.

Das Grenzabmaß der Zwischenschicht darf nicht berücksichtigt werden, wenn die Dicke der Zwischenschicht < 2 mm ist. Für Zwischenschichten ≥ 2 mm wird ein Abmaß von ≤ 0,2 mm berücksichtigt.

9.3 Glaskanten

Die Qualität der Glaskanten der Einzelscheiben, die in einem Glassystem verbaut sind, hat enormen Einfluss auf die Lebensdauer des Produktes. Glaskanten ohne weitere Bearbeitungen können feinste Mikrorisse aufweisen, die sich negativ auswirken und im Extremfall zum Bruch führen. Dabei ist die Qualität der Kante vom Zustand des Schneidewerkzeuges wie auch von der weiteren Kantenbearbeitung abhängig. Der EN 12150 sind dazu Definitionen zu entnehmen.

9.3.1 Kantenformen

- **Runde Kante (RK)**

Diese Kante weist einen mehr oder weniger runden Schliff der Kantenfläche auf. Die bekannteste Art ist sicherlich dabei die so genannte „C-Kante". Abweichend sind nach Absprache die Varianten „flachrund" oder „halbrund" machbar.

- **Gerade Kante (K)**

Die gerade Kante steht im Winkel von 90° zu den Glasflächen.

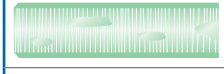
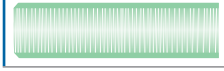
- **Gehrungskante (GK)**

Die Gehrungskante steht in einem Winkel zwischen < 90° und ≥ 45° zur Glasoberfläche, wobei keine scharfe Kante entsteht, sondern stets eine Fase von 90° zu einer Glasfläche verbleibt.

- **Facettenkante (FK)**

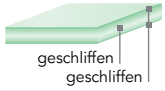
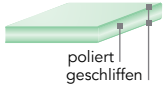
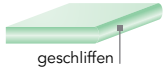
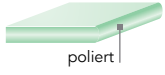
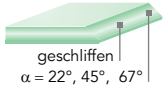
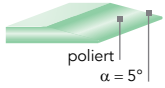
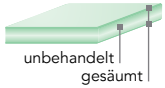
Hierbei entsteht gegenüber der Glasoberfläche ein beliebiger Winkel, abweichend von 90°. Es wird je nach Facettenbreite zwischen Flach- und Steilfacetten unterschieden. Auch hier läuft die Schräge auf eine verbleibende 90°-Restkante, also eine Fase zu. Diese Fase kann auch gerundet werden.

9.3.2 Kantenbearbeitung

Benennung	Definition nach EN 12150
Geschnitten (KG)	Die gebrochene Kante (Schnittkante) ist die beim Zuschnitt von Flachglas entstehende, unbearbeitete Glaskante. Die Ränder sind scharfkantig. Quer zu ihren Rändern weist die Kante leichte Wellenlinien auf. In der Regel sind die Schnittkanten glatt gebrochen, jedoch können, vornehmlich bei dicken Scheiben und nicht geradlinigen Formatscheiben, auch unregelmäßige Bruchstellen auftreten, durch z. B. Ansatzstellen des Schneidwerkzeuges. Daneben können Bearbeitungsmerkmale durch z. B. Brechen des Glases mit der Zange entstehen.
Gesäumt (KGS)	Die Schnitt-/Bruchkanten werden entgratet. Die Glaskante kann dabei teilweise oder ganz mitgeschliffen werden.
Maßgeschliffen (KMG) 	Die Scheibe wird in ihrer Abmessung leicht vergrößert geschnitten und dann rundum auf der gesamten Dicke des Glases per Schleifen auf Maß gebracht. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind zulässig.
Geschliffen (KGN) 	Die Kantenoberfläche wird mit einer Schleifeinrichtung ganzflächig geschliffen und erhält ein schleifmattes (satiniertes) Aussehen. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind nicht zulässig.

Benennung	Definition nach EN 12150
Poliert (KPO)	Die polierte Ausführung ist eine durch Überpolieren verfeinerte, geschliffene Kante. Matte Stellen sind dabei nicht zulässig. Sichtbare und spürbare Polierspuren und Polierriefen sind zulässig. Aus produktionstechnischen Gründen können Scheiben an unterschiedlichen Maschinen kantenbearbeitet werden. Dadurch kann es zu optischen Unterschieden bei geschliffenen oder polierten Kanten kommen. Dies stellt keinen Reklamationsgrund dar.

9.3.3 Kantendarstellung und typische Anwendung

Kantendarstellung	Beschreibung	Typische Anwendung
	Kante geschliffen (feinjustiert), KGN	Structural Glazing mit sichtbaren Kanten
	Kante poliert, KPO	Structural Glazing mit sichtbaren Kanten zu ästhetischen Zwecken
	Runde Kante (C-Kante) geschliffen, RK	Spiegel, dekorative Möbel aus Glas
	Runde Kante (C-Kante) poliert, RK	Spiegel, dekorative Möbel aus Glas
	Facettenkante steil geschliffen	Structural Glazing
	Facettenkante flach poliert	Spiegel, dekorative Möbel aus Glas
	Kante gesäumt, KGS	Für thermisch vorzuspannende Gläser

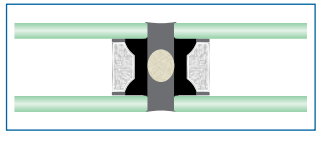
9.4 Glasecken und -stöße

Diese Form moderner Architektur ist dadurch gekennzeichnet, dass es weder hinter der Ecke beziehungsweise dem Stoß einen Pfosten, Riegel oder Träger gibt noch eine vordere Abdeckung diese kaschiert. Demzufolge müssen die verwendeten Gläser grundsätzlich UV-beständige Randverbunde aufweisen (→ Kapitel 3.4), und alle verwendeten Materialien müssen untereinander verträglich sein. Die Bedingungen der Glasfalzausbildung zwischen den angrenzenden Glaselementen zur Abdichtung sind identisch mit den im Rahmen gefassten Verglasungen. Gleiches gilt auch für den statischen Nachweis sowie für die Anforderungen seitens des Wärme- und ggf. Schallschutzes.

Die konstruktiven Möglichkeiten sind vielfältig und müssen bei Planungsbeginn klar definiert werden. Nachfolgend sind einige Beispiele zu möglichen Umsetzungen aufgeführt.

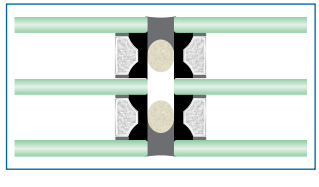
9.4.1 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Zweifach-Isolierglas

Geeignet für den vertikalen Einsatz, nicht für Dachverglasungen, da keine Belüftung und Entwässerung des Falzraumes gegeben ist.



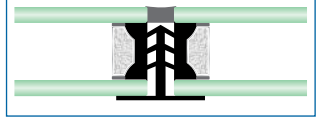
9.4.2 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas

Geeignet für den vertikalen Einsatz, nicht für Dachverglasungen, da keine Belüftung und Entwässerung des Falzraumes gegeben ist.



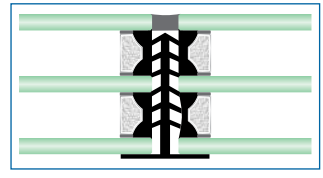
9.4.3 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas

Die Belüftung und Entwässerung des Falzraumes ist gegeben und konstruktionsgerecht nach außen zu führen, besonders in den Fugenkreuzungen.



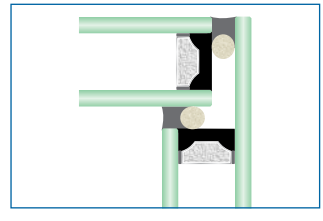
9.4.4 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas

Die Belüftung und Entwässerung des Falzraumes ist gegeben und konstruktionsgerecht nach außen zu führen, besonders in den Fugenkreuzungen.



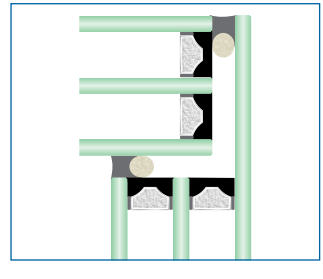
9.4.5 Ganzglasecke mit Zweifach-Stufenisolierglas

Keine Belüftung und Entwässerung des Falzraumes, deshalb ungeeignet für Schrägverglasungen.



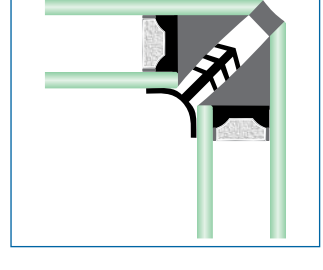
9.4.6 Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisolierglas

Keine Belüftung und Entwässerung des Falzraumes, deshalb ungeeignet für Schrägverglasungen.

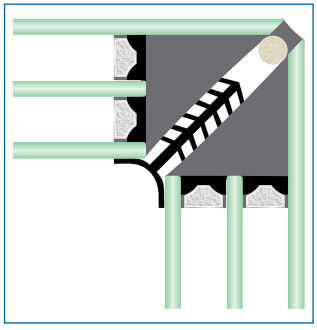


9.4.7 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach-Stufenisolierglas

Entfeuchtung und Belüftung des Falzraumes möglich und konstruktiv nach außen zu führen, deshalb sowohl für vertikale als auch schräg liegende Verglasungen geeignet.



9.4.8 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach-Stufenisolierglas



Entfeuchtung und Belüftung des Falzraumes möglich und konstruktiv nach außen zu führen, deshalb sowohl für vertikale als auch schräg liegende Verglasungen geeignet.

Detaillierte Ausführungen zu dieser Thematik sind nationalen Richtlinien – in Deutschland beispielsweise dem Merkblatt V.07 des Verband Fenster + Fassade – zu entnehmen oder bereits in der Planungsphase gemeinsam mit GUARDIAN zu eruieren.

9.5 Glasbemessung

Verbaute Gläser sind sehr unterschiedlichen Lasten ausgesetzt und deshalb den konkreten Gegebenheiten entsprechend zu dimensionieren. Neben Wind-, Sog- und Schneelasten sind Eigenlasten des Glases selbst und bei der Verwendung von Isolierglas auch Klimalasten im Scheibenzwischenraum zu berücksichtigen. Folgende Variablen sollten bei der Dimensionierung, bei der GUARDIAN gerne behilflich ist, grundsätzlich betrachtet werden:

- geografische Lage und Einbauposition der Verglasung
- Lastverteilung, wenn abweichend von 50:50
- Scheibenzwischenraum-Kontraktion und -Expansion durch witterungsbedingte Schwankungen von Temperatur und Luftdruck.
- Glaslagerung, allseitig oder Teillagerung
- thermisch erhöhte Spannungen

Für die exakte Dimensionierung gelten nationale Richtlinien und Verordnungen, die über eine europäische Basisregelung, sukzessive in den EU-Ländern anzupassen und mittelfristig einzuführen sind. In Deutschland werden deshalb die diversen bestehenden technischen Regeln in die neue DIN 18008 überführt. Dabei gilt grundsätzlich, dass solche Berechnungen von qualifizierten Ingenieurbüros vorzunehmen und durch die entsprechende Bauaufsichtsbehörde zu prüfen sind.

9.6 Oberflächenschäden an Glas

Glasoberflächen sind, wie jede andere Art von hochwertigen Flächen, durch mechanische, thermische oder chemische Angriffe gefährdet. Erkenntnisse der Vergangenheit zeigen, dass solche Beschädigungen in der Regel bereits während der Bauphase entstehen; nach Inbetriebnahme des Gebäudes sind sie eher selten. Dabei gehören zu den Ursachen mechanischer Oberflächenverletzungen unsachgemäßer Baustellen-Transport und Lagerung oder auch die Montage, durch beispielsweise übereinander gleitende Glasflächen mit dazwischen befindlichem Baustaub.

Auch das Verwenden von ungeeigneten Werkzeugen, z. B. Glashobel oder Klingen, zur Beseitigung hartnäckigen Schmutzes auf Glasflächen verursachen mechanische Oberflächenbeschädigungen. Die häufigste Ursache auf der Baustelle jedoch ist Kontakt mit frischem Zement, Mörtel oder Kalk. Beim Trocknen auf der Glasoberfläche hinterlassen derartige Kontakte Verätzungen.

Thermische Schäden hingegen entstehen beispielsweise bei Schweißarbeiten oder Metallzuschnitten in Glasnähe ohne Schutz vor Funkenflug. Auch ungeeignete Dichtstoffe können irreparable Schlierenbildungen verursachen, ebenso wie aggressive Reinigungsmittel, die eventuell Flusssäure enthalten und oftmals bei der Reinigung gemauerter Fassaden zur Anwendung gelangen.

Um all diesen Angriffen auf die Glasflächen zu entgehen, sollte bei frühzeitiger Glasmontage in der Bauphase das Glas mit Folien geschützt werden und in der Folge ausschließlich mit geeigneten Reinigern und viel reinem Wasser gesäubert werden (→ Kapitel 9.11).

9.7 Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen

(Auszug aus der „Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen“ BIV/BF/VFF 2009)

9.7.1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen (Verwendung in der Gebäudehülle und beim Ausbau von baulichen Anlagen/Bauwerken). Die Beurteilung erfolgt entsprechend den nachfolgend beschriebenen Prüfgrundsätzen mit Hilfe der in der Tabelle nach Abschnitt 9.7.3 angegebenen Zulässigkeiten.

Bewertet wird die im eingebauten Zustand verbleibende lichte Glasfläche. Glaserzeugnisse in der Ausführung mit beschichteten Gläsern, in der Masse eingefärbten Gläsern, Verbundgläsern oder vorgespannten Gläsern

(Einscheiben-Sicherheitsglas, teilvorgespanntes Glas) können ebenfalls mit Hilfe der Tabelle nach Abschnitt 9.7.3 beurteilt werden.

Die Richtlinie gilt nicht für Glas in Sonderausführungen, wie z. B. Glas mit eingebauten Elementen im Scheibenzwischenraum (SZR) oder im Verbund, Glaserzeugnisse unter Verwendung von Ornamentglas, Drahtglas, Sicherheits-Sonderverglasungen (angriffhemmende Verglasungen), Brandschutzverglasungen und nicht transparenten Glaserzeugnissen. Diese Glaserzeugnisse sind in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien, den Produktionsverfahren und entsprechender Herstellerhinweise zu beurteilen.

Die Bewertung der visuellen Qualität der Kanten von Glaserzeugnissen ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Bei nicht allseitig gerahmten Konstruktionen entfällt für die nicht gerahmten Kanten das Betrachtungskriterium Falzzone. Der geplante Verwendungszweck ist bei der Bestellung anzugeben.

Für die Betrachtung von Glas in Fassaden in der Außenansicht sollten besondere Bedingungen vereinbart werden.

9.7.2 Prüfung

Generell ist bei der Prüfung die Durchsicht durch die Verglasung, d. h. die Betrachtung des Hintergrundes und nicht die Aufsicht maßgebend. Dabei dürfen die Beanstandungen nicht besonders markiert sein.

Die Prüfung der Verglasungen gemäß der Tabelle nach Abschnitt 9.7.3 ist aus einem Abstand von mindestens 1 m von innen nach außen und aus einem Betrachtungswinkel vorzunehmen, der der allgemein üblichen Raumnutzung entspricht. Geprüft wird bei diffusem Tageslicht (wie z. B. bedecktem Himmel) ohne direktes Sonnenlicht oder künstliche Beleuchtung.

Die Verglasungen innerhalb von Räumlichkeiten (Innenverglasungen) sollen bei normaler (diffuser), für die Nutzung der Räume vorgesehener Ausleuchtung unter einem Betrachtungswinkel vorzugsweise senkrecht zur Oberfläche geprüft werden.

Eine eventuelle Beurteilung der Außenansicht erfolgt im eingebauten Zustand unter üblichen Betrachtungsabständen. Prüfbedingungen und Betrachtungsabstände aus Vorgaben in Produktnormen für die betrachteten Verglasungen können hiervon abweichen und finden in dieser Richtlinie keine Berücksichtigung. Die in diesen Produktnormen beschriebenen Prüfbedingungen sind am Objekt oft nicht einzuhalten.

9.7.3 Zulässigkeiten für die visuelle Qualität von Glas für das Bauwesen

Aufgestellt für Floatglas, ESG, TVG, VG, VSG, jeweils beschichtet oder unbeschichtet

Zone	Zulässig pro Einheit sind
F	Außen liegende flache Randbeschädigungen bzw. Muscheln, die die Festigkeit des Glases nicht beeinträchtigen und die Randverbundbreite nicht überschreiten
	Innen liegende Muscheln ohne lose Scherben, die durch Dichtungsmasse ausgefüllt sind
	Punkt- und flächenförmige Rückstände sowie Kratzer uneingeschränkt.
R	Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken etc.: Scheibenfläche ≤ 1 m²:max. 4 Stück à < 3 mm Ø Scheibenfläche > 1 m²: max. 1 Stück à < 3 mm Ø je umlaufenden m Kantenlänge
	Rückstände (punktförmig) im Scheibenzwischenraum (SZR): Scheibenfläche ≤ 1 m²: max. 4 Stück à < 3 mm Ø Scheibenfläche > 1 m²: max. 1 Stück à < 3 mm Ø je umlaufenden m Kantenlänge
	Rückstände (flächenförmig) im SZR: max. 1 Stück ≤ 3 cm²
	Kratzer: Summe der Einzellängen: max. 90 mm – Einzellänge: max. 30 mm
	Haarkratzer: nicht gehäuft erlaubt
H	Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken etc.: Scheibenfläche ≤ 1 m²: max. 2 Stück à < 2 mm Ø 1 m² < Scheibenfläche ≤ 2 m²: max. 3 Stück à < 2 mm Ø Scheibenfläche > 2 m²: max. 5 Stück à < 2 mm Ø
	Kratzer: Summe der Einzellängen: max. 45 mm – Einzellänge: max. 15 mm
	Haarkratzer: nicht gehäuft erlaubt max. Anzahl der Zulässigkeiten wie in Zone R
R+H	Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken etc. von 0,5 bis < 1,0 mm sind ohne Flächenbegrenzung zugelassen, außer bei Anhäufungen. Eine Anhäufung liegt vor, wenn mindestens 4 Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken etc. innerhalb einer Kreisfläche mit einem Durchmesser von ≤ 20 cm vorhanden sind

Hinweise:

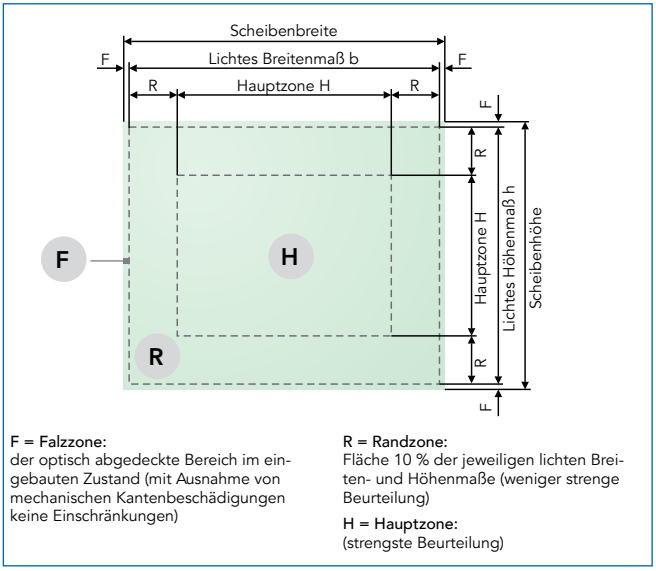
Beanstandungen ≤ 0,5 mm werden nicht berücksichtigt. Vorhandene Störfelder (Hof) dürfen nicht größer als 3 mm sein.

Zulässigkeiten für Dreifach-Wärmedämmglas, Verbundglas (VG) und Verbund-Sicherheitsglas (VSG):

Die Zulässigkeiten der Zone R und H erhöhen sich in der Häufigkeit je zusätzlicher Glaseinheit und je Verbundglaseinheit um 25 % der oben genannten Werte. Das Ergebnis wird stets aufgerundet.

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) und teilvorgespanntes Glas (TVG) sowie Verbundglas (VG) und Verbund-Sicherheitsglas (VSG) aus ESG und/oder TVG:

1. Die lokale Welligkeit auf der Glasfläche – außer bei ESG aus Ornamentglas und TVG aus Ornamentglas – darf 0,3 mm bezogen auf eine Messstrecke von 300 mm nicht überschreiten.
2. Die Verwerfung, bezogen auf die gesamte Glaskantenlänge – außer bei ESG aus Ornamentglas und TVG aus Ornamentglas –, darf nicht größer als 3 mm pro 1000 mm Glaskantenlänge sein. Bei quadratischen Formaten und annähernd quadratischen Formaten (bis 1:1,5) sowie bei Einzelscheiben mit einer Nenndicke < 6 mm können größere Verwerfungen auftreten.



F = Falzzone:
der optisch abgedeckte Bereich im eingebauten Zustand (mit Ausnahme von mechanischen Kantenbeschädigungen keine Einschränkungen)

R = Randzone:
Fläche 10 % der jeweiligen lichten Breiten- und Höhenmaße (weniger strenge Beurteilung)

H = Hauptzone:
(strengste Beurteilung)

Abb.: Zonen an einem Isolierglas

9.7.4 Allgemeine Hinweise

Die Richtlinie stellt einen Bewertungsmaßstab für die visuelle Qualität von Glas im Bauwesen dar. Bei der Beurteilung eines eingebauten Glaserzeugnisses ist davon auszugehen, dass außer der visuellen Qualität ebenso die Merkmale des Glaserzeugnisses zur Erfüllung seiner Funktionen mit zu berücksichtigen sind.

Eigenschaftswerte von Glaserzeugnissen, wie z. B. Schalldämm-, Wärmedämm- und Lichttransmissionswerte etc., die für die entsprechende Funktion angegeben werden, beziehen sich auf Prüfscheiben nach der entsprechend anzuwendenden Prüfnorm. Bei anderen Scheibenformaten, Kombinationen sowie durch den Einbau und äußere Einflüsse können sich die angegebenen Werte und optischen Eindrücke ändern.

Die Vielzahl der unterschiedlichen Glaserzeugnisse lässt nicht zu, dass die Tabelle nach Abschnitt 9.7.3 uneingeschränkt anwendbar ist. Unter Umständen ist eine produktbezogene Beurteilung erforderlich. In solchen Fällen, z. B. bei Sicherheits-Sonderverglasungen (angriffhemmende Verglasungen), sind die besonderen Anforderungsmerkmale in Abhängigkeit der Nutzung und der Einbausituation zu bewerten. Bei Beurteilung bestimmter Merkmale sind die produktspezifischen Eigenschaften zu beachten.

9.7.4.1 Visuelle Eigenschaften von Glaserzeugnissen

9.7.4.1.1 Eigenfarbe

Alle bei Glaserzeugnissen verwendeten Materialien haben rohstoffbedingte Eigenfarben, welche mit zunehmender Dicke deutlicher werden können. Aus funktionellen Gründen werden beschichtete Gläser eingesetzt. Auch beschichtete Gläser haben eine Eigenfarbe. Diese Eigenfarbe kann in der Durchsicht und/oder in der Aufsicht unterschiedlich erkennbar sein. Schwankungen des Farbeindruckes sind aufgrund des Eisenoxidgehalts des Glases, des Beschichtungsprozesses, der Beschichtung sowie durch Veränderungen der Glasdicken und des Scheibenaufbaus möglich und nicht zu vermeiden.

9.7.4.1.2 Farbunterschiede bei Beschichtungen

Eine objektive Bewertung des Farbunterschiedes bei Beschichtungen erfordert die Messung bzw. Prüfung des Farbunterschiedes unter vorher exakt definierten Bedingungen (Glasart, Farbe, Lichtart). Eine derartige Bewertung kann nicht Gegenstand dieser Richtlinie sein.

9.7.4.1.3 Bewertung des sichtbaren Bereiches des Isolierglas-Randverbundes

Im sichtbaren Bereich des Randverbundes und somit außerhalb der lichten Glasfläche können bei Isolierglas an Glas und Abstandhalterrahmen fertigungsbedingte Merkmale erkennbar sein. Diese Merkmale können sichtbar werden, wenn der Isolierglas-Randverbund konstruktionsbedingt an einer oder mehreren Stellen nicht abgedeckt ist.

Die zulässigen Abweichungen der Parallelität der/des Abstandhalter(s) zur geraden Glaskante oder zu weiteren Abstandhaltern (z. B. Dreifach-Wärmedämmglas) betragen bis zu einer Grenzkantenlänge von 2,5 m insgesamt 4 mm, bei größeren Kantenlängen insgesamt 6 mm. Bei Zweischeiben-Isolierglas beträgt die Toleranz des Abstandhalters zur Grenzkantenlänge von 3,5 m 4 mm, bei größeren Kantenlängen 6 mm.

Wird der Randverbund des Isolierglases konstruktionsbedingt nicht abgedeckt, können typische Merkmale des Randverbundes sichtbar werden, die nicht Gegenstand der Richtlinie und im Einzelfall zu vereinbaren sind.

9.7.4.1.4 Isolierglas mit innen liegenden Sprossen

Durch klimatische Einflüsse (z. B. Isolierglaseffekt) sowie Erschütterungen oder manuell angeregte Schwingungen können bei Sprossen gelegentlich Klappergeräusche auftreten.

Sichtbare Sägeschnitte und geringfügige Farbablösungen im Schnittbereich sind herstellungsbedingt. Abweichungen von der Rechtwinkligkeit und Versatz innerhalb der Feldeinteilungen sind unter Berücksichtigung der Fertigungs- und Einbautoleranzen und des Gesamteindrucks zu beurteilen.

Auswirkungen aus temperaturbedingten Längenänderungen bei Sprossen im Scheibenzwischenraum können grundsätzlich nicht vermieden werden. Ein herstellungsbedingter Sprossenversatz ist nicht komplett vermeidbar.

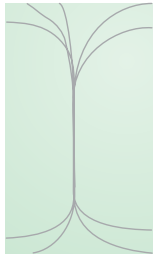
9.7.4.1.5 Außenflächenbeschädigung

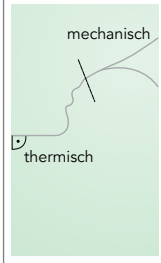
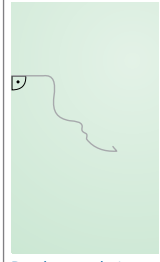
Bei mechanischen oder chemischen Außenflächenverletzungen, die nach dem Verglasen erkannt werden, ist die Ursache zu klären. Solche Beanstandungen können auch nach Abschnitt 9.7.3 beurteilt werden. Im Übrigen gelten nationale Normen und Richtlinien.

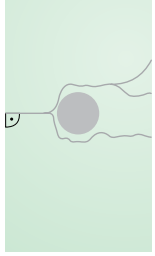
9.8 Glasbruch

Glas ist ein spröder Werkstoff und lässt deshalb keine übermäßigen Verformungen zu. Ein Überschreiten der Elastizitätsgrenze durch mechanische oder thermische Einflüsse führt unmittelbar zum Bruch.

Art des Glasbruches		Darstellung
Beispiel:	Randbruch Floatglas Mechanische Punktlast • kurzzeitig • schwache bis mittlere Intensität tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	Steinchen zwischen Glasscheiben; Hammerschlag auf Glashalteleiste; andere Schlag- und Stoßeinwirkungen	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum möglich	
Beispiel:	Randbruch TVG Mechanische Punktlast • kurzzeitig • schwache bis mittlere Intensität tritt nur bei teilvorgespanntem Glas nach DIN EN 1863 auf	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	Steinchen zwischen Glasscheiben; Hammerschlag auf Glashalteleiste; andere Schlag- und Stoßeinwirkungen	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum oft vorhanden	

Art des Glasbruches		Darstellung
Beispiel:	Klemmsprung Mechanische Punkt- oder Streckenlast • kurzzeitig dynamisch • lang anhaltend statisch tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	unterdimensionierte oder falsche Klötze bei sehr hohem Glasgewicht; falsches Handling des Klotzhebers; Längenänderung von Glas/Rahmen nicht berücksichtigt	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum möglich	
Beispiel:	Torsionsbruch Mechanische Streckenlast • kurzzeitig • dynamisch tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	unterdimensionierte Glasdicke, hauptsächlich bei zweiseitiger Lagerung; verwundene und klemmende Flügelrahmen; Bewegungen im Baukörper mit Lastübertragung auf die Scheibe	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; in der Regel nicht eindeutig zuordenbar	
Beispiel:	Flächendruckbruch Mechanische Flächenlast • lang anhaltend • dynamisch / statisch tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, sehr häufig bei Isolierglas	Scheibenansicht  Bruchquerschnitt
Ursache:	zu hohe Belastung durch Temperatur, Luftdruck und/oder Höhenunterschiede zwischen Produktions- und Einbauort bei Isolierglas; unterdimensionierte vierseitig gelagerte Aquarienscheibe	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; kein Bruchzentrum erkennbar; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Ausmuschelung an der Glaskante	

Art des Glasbruches		Darstellung
Beispiel:	Hybridsprung Thermische / mechanische Lasten – sich überlagernd tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht  Bruchquerschnitt
Ursache:	Mehrfacheinwirkung durch Flächenlast (Sturmbö) an unterdimensionierter und bereits thermisch belasteter Scheibe	
Charakteristik:	Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Kantenausmuschelungen; kein Bruchzentrum erkennbar	
Beispiel:	Thermischer Normalsprung • Thermische Streckenlast • schwache bis mittlere Intensität tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, bei Drahtglas Abweichungen aufgrund des Drahtnetzes möglich	Scheibenansicht  Bruchquerschnitt
Ursache:	Innenseitige teilweise Abdeckung der Scheibe bei Sonneneinstrahlung; zu tiefer Falzeinstand; im Paket gelagerte Schall-, Wärme- und Sonnenschutzfunktionsgläser (insbesondere Isoliergläser) ohne Abdeckung bei direkter Sonneneinstrahlung	
Charakteristik:	Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel rechtwinklig; Kantenausmuschelungen am Einlauf nicht vorhanden	
Beispiel:	Deltabruch Mechanische Flächenlast • lang anhaltend • statisch/dynamisch • zweiseitige Lagerung tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben, Ornamentglas und Drahtglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	lang anhaltende, hohe Schneelast auf zwei- oder dreiseitig gelagerter Überkopfverglasung	
Charakteristik:	Einlaufwinkel nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Ausmuschelungen an der Glaskante; Bruchzentrum an nicht gelagerter Kante	

Art des Glasbruches		Darstellung
Beispiel:	Thermischer Streckensprung • Thermische Streckenlast • schwache bis starke Intensität tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, bei Drahtglas Abweichungen aufgrund des Drahtnetzes möglich	Scheibenansicht  Bruchquerschnitt
Ursache:	Teilabdeckung mittels Innendekoration direkt an der Glasscheibe; dunkle Flächen (Aufkleber, Reklame) auf der Glasscheibe; großes Pflanzenblatt o. ä. innenseitig direkt auf der Glasscheibe	
Charakteristik:	Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel rechtwinklig; Kantenausmuschelungen am Einlauf nicht vorhanden	
Beispiel:	Kantenstoßbruch Mechanische Punktlast • kurzzeitig • schwache bis starke Intensität tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	Abstellen auf Stein oder Metallstück; Kantenschlag durch Metallteil; falsches Handling der Spannleisten von Transportgestellen	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Kantenausmuschelungen am Einlauf vorhanden in unterschiedlicher Größe je nach Stärke der Krafteinwirkung; deutliches Zentrum an der Kante sichtbar	
Beispiel:	Kantendruckbruch Mechanische Punktlast • kurzzeitig oder lang angreifend • schwache bis mittlere Intensität tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas	Scheibenansicht Bruchquerschnitt
Ursache:	unterdimensionierte Klötze bei hohem Glasgewicht; zu hoher Anpressdruck durch Verschraubung; zu hoher Anpressdruck durch Vernagelung bei Holzleiste ohne Vorlegeband	
Charakteristik:	Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Kantenausmuschelungen nicht oder selten sehr gering vorhanden; Ausgangspunkt an der Kante sichtbar.	

Deshalb sind die definierten Vorgaben diesbezüglich genauestens zu beachten. Bei thermischer Belastung gilt beispielsweise, dass normales Floatglas in Fassaden, die teilverschattet der Sonnenstrahlung ausgesetzt sind, einem maximalen Temperaturdelta von 40 K ausgesetzt sein darf. Ist ein Überschreiten zu befürchten, so muss dieses Floatglas durch vorgespanntes Glas ersetzt werden, um dieses Delta zu erhöhen. Bei absorbierenden Sonnenschutzgläsern gilt dies in ganz besonderem Maße.

Eine andere Gefahr für Glasbruch besteht auf der Baustelle, wenn moderne, beschichtete Isolierglaspakete ungeschützt im Stapel der Sonne ausgesetzt sind. Die Sonne erhitzt den Glasstapel, bedingt durch die Beschichtungen kann die Hitze nicht wieder austreten, was zwangsläufig zum Bruch führt. Daher müssen Glasstapel im Freien stets opak abgedeckt werden. Auch kleinformatige, im Seitenverhältnis ungünstigere Isolierglasscheiben mit asymmetrischem Aufbau benötigen, um einem Bruch entgegenzuwirken, die dünnere Scheibe in ESG-Ausführung.

Glasbrüche wegen Eigenspannung, wie sie früher vorkommen konnten, sind bei der heutigen Glasherstellung nahezu ausgeschlossen. Allerdings können sowohl unqualifizierte Kantenausführungen mit nahezu unsichtbaren Mikrorissen oder auch mechanischen Oberflächenbeschädigungen mittelfristig zum Versagen der Scheibe führen. Gleiches gilt für Beschädigung bei unsachgemäßem Transport und Verletzung der Kante. Hierbei kann das Versagen nicht unmittelbar, sondern durchaus erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Einen Bruch ausschließlich aus dem Werkstoff selbst heraus gibt es nur beim vorgespannten Glas, dem so genannten Spontanbruch durch Nickelsulfid-Einschlüsse (→ Kapitel 7.2).

Grundsätzlich lässt sich Glasbruch durch sachgemäße Handhabung und vorausschauende Planung mit korrekter Dimensionierung sowie funktionsgerechter Nutzung und Instandhaltung inzwischen nahezu ausschließen.

9.9 CE-Kennzeichnung

CE ist die Abkürzung für Communautés Européennes – Europäische Gemeinschaft. Mit diesem Kürzel werden Produkte gekennzeichnet, die den harmonisierten europäischen Produktnormen entsprechen. Es handelt sich weder um ein Herkunftszeichen noch um ein Qualitätssiegel, sondern deklariert ausschließlich solche Produkte, die der Bauproduktenrichtlinie (BPR) entsprechen. Diese BPR stellt sicher, dass das Produkt EU-weit ohne Einschränkungen in Verkehr gebracht werden darf. Nationale Besonderheiten können allerdings zusätzliche Anforderungen bei der Verwendung der Produkte definieren. In Deutschland ist dies beispielsweise die Bauregelliste. Mit der CE-Kennzeichnung stellt der Hersteller sicher, dass sein Produkt mit den zugrunde liegenden europäischen Produktnormen übereinstimmt.

CE

Der Nachweis dieser Übereinstimmung erfolgt auf unterschiedlichsten Niveaus (Levels), von denen zwei für den Baustoff Glas relevant sind:

- **Level 1:**
  Erstprüfung mit Eigen- und Fremdüberwachung
- **Level 3:**
  Herstellererklärung nach Erstprüfung mit Eigenüberwachung

Die geltenden Anforderungen, die sich aus der BPR ergeben, sind in den folgenden Produktnormen definiert:

Produktnorm	Titel	Level
EN 572	Basiserzeugnisse aus Kalknatron-Silikatglas (z. B. Floatglas)	3
EN 1096	Beschichtetes Glas	3
EN 1279	Mehrscheiben-Isolierglas	3
EN 1863	Teilvorgespanntes Kalknatronglas	3
EN 12150	Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas	3
EN 14179	Heißgelagertes, thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas	3
EN 14449	Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas	3 oder 1

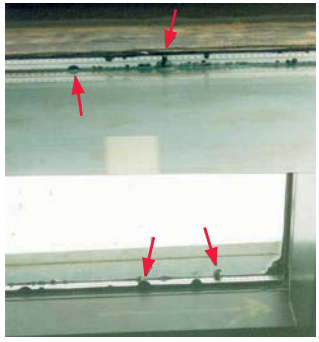
Mit der Einführung dieser Normen wurden die bis dahin geltenden nationalen Vorschriften abgelöst. Diese EN-Normen haben gemeinsame Merkmale wie:

- Forderung nach einem Qualitätsmanagement-System
- Definition von Qualitätsmerkmalen
- Fixierung von Qualitätsprüfungen

9.10 Materialverträglichkeiten

Glas als Baustoff kommt mit einer Vielzahl anderer Materialien in direkten oder indirekten Kontakt, sei es die PVB-Folie des VSG, der Isolierglas-Randverbund, die Klotzmaterialien, die Pressdichtung der Druckverglasung oder aber die Dichtmassen und -elemente bei Stoßfugen und Glasecken. Es gilt dabei die Voraussetzung zu überprüfen, ob die einzelnen Stoffe keine schädlichen Wechselwirkungen miteinander eingehen.

Wechselwirkungen sind alle physikalischen, physiko-chemischen oder chemischen Vorgänge, die kurz-, mittel- oder auch langfristig zur Veränderung der Struktur, Farbe oder Konsistenz führen. Dabei können selbst Materialien, die keinen direkten Kontakt, sondern nur Nähe aufweisen, durch Migration durchaus Wechselwirkungen erzeugen. Gerade solche Produkte, die Weichmacher enthalten, können bei Unverträglichkeit dazu führen, dass angrenzende, andere Stoffe diese Weichmacher als Lösungsmittel aufnehmen und damit ihre Konsistenz gänzlich verändern.



Auflösen der Butyldichtung durch Migration

Klotz nach schädlichen Wechselwirkungen

Da in der Bauphase selten die einzeln verwendeten Komponenten vom ein und demselben Hersteller kommen, sind diese Verträglichkeiten in der Praxis – gegebenenfalls durch Tests – zu prüfen. Grundsätzlich gilt die Pflicht zum sorgfältigen Planen und Ausführen der Arbeiten unter Zuhilfenahme aller Beteiligten sowie ihrer Produktangaben. Je komplexer die verbauten Glassysteme sind, desto dringlicher ist diese Forderung, um Langlebigkeit und anhaltende Funktionalität des Produkts zu gewährleisten.

Eine breite Palette geprüfter Produkte einschließlich der Angaben über ihre Verträglichkeiten untereinander liegt vor.

9.10.1 Kompatible Isolierglas-Dichtstoffe und Structural Glazing-Silikone für SunGuard® High Performance

Diese Aufstellung dient lediglich zu Informationszwecken, wobei GUARDIAN keine Verantwortung bezüglich Inhalt und Vollständigkeit übernimmt. GUARDIAN gewährt eine eingeschränkte Produktgarantie für SunGuard®, jedoch nicht bezüglich einer beabsichtigten Weiterverarbeitung bzw. eines Endproduktes. Dies liegt in der vollen Verantwortlichkeit des Verarbeiters.

Alle SunGuard® Solar Typen können mit jedem Dichtstoff und SG-Silikon verarbeitet werden. Dabei kann der Dichtstoff direkt auf die Beschichtung oder auf eine entsprechende Randemaillierung appliziert werden. Entsprechende ETAG-Prüfungen liegen vor.

Hersteller	Dichtstofftyp	Anwendung	HP Light Blue 62/52	HP Neutral 60/40	HP Neutral 52/41	HP Neutral 50/32	HP Silver 43/31	HP Neutral 41/33	HP Royal Blue 41/29	HP Amber 41/29	HP Bright Green 40/29	HP Bronze 40/27	HP Royal Blue 38/31	HP Silver 35/26
DOW-Corning	DC 993	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
DOW-Corning	DC 791	Wetter-Dichtung (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DOW-Corning	DC 895	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
DOW-Corning	DC 991	Wetter-Dichtung (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DOW-Corning	DC 3362	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SIKA (Wacker)	SG 500	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
SIKA (Wacker)	SG 20	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
SIKA (Wacker)	IG 25	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SIKA (Wacker)	IG 25 HM	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tremco	Proglaze II	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Tremco	Spectrem 2	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Tremco	Proglaze Vec 90	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Tremco	Proglaze Vec 99	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Tremco	Proglaze 580	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tremco	JS 562	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Tremco	Proglaze LMA	Wetter-Dichtung (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Hersteller	Dichtstofftyp	Anwendung	HP Light Blue 62/52	HP Neutral 60/40	HP Neutral 52/41	HP Neutral 50/32	HP Silver 43/31	HP Neutral 41/33	HP Royal Blue 41/29	HP Amber 41/29	HP Bright Green 40/29	HP Bronze 40/27	HP Royal Blue 38/31	HP Silver 35/26
Tremco	JS 442	IG Dichstoff (Polyurethan)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Momentive	SSG 4000 E	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Momentive	SSG 4400	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Momentive	IGS 3723	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ramsauer	Neutral 120	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ramsauer	Alkoxy 130	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ramsauer	Structural 350	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Ramsauer	Randverbund 380	IG Dichtstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
H.B. Fuller	PS-998R	IG Dichtstoff (Polysulfid)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fenzi	Thiover	IG Dichtstoff (Polysulfid)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fenzi	Hotver 2000	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kömmerling	GD 116 IG	IG Dichtstoff (Polysulfid)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kömmerling	GD 677 IG	IG Dichstoff (Polyurethan)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kömmerling	GD 920 IG	IG Dichstoff (Silikon)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kömmerling	Ködiglaze S	Strukturelles Silikon	•	•	•	•	•	•	*	•	*	•	•	•
Kömmerling	Isomelt	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bostik	Sealomelt	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bostik	Evo-Stik Hiflo	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bostik	Evo-Stik Hotmelt	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Bostik	Bostik 5000	IG Dichtstoff (Hotmelt)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
IGK	IGK 130	IG Dichstoff (Polyurethan)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
MC Bauchemie	Emcepren 200	IG Dichstoff (Polyurethan)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kadmar	Polikad-M	IG Dichtstoff (Polysulfid)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

• kompatible Dichtstoff / Silikon - SunGuard® High Performance Kombination
* Randentschichtung für entsprechendes SunGuard® High Performance Produkt erforderlich

9.11 Glasreinigung

Glas hat in nahezu allen Anwendungen eine faszinierende Wirkung – wenn es sauber ist. Deshalb ist regelmäßiges Reinigen von Verglasungen unverzichtbar. Während sowie nochmals unmittelbar nach der Bauphase sind sich auf die Glasfläche ablegende Baustoffe, wie frischer Zement, Putz, etc. sofort mit viel sauberem Wasser zu entfernen, um Verätzungen zu vermeiden. Staub oder andere Ablagerungen dürfen niemals trocken entfernt werden. Optimalen Schutz während der Bauphase bietet das Anbringen von Schutzfolien, die auch die Erstreinigung nach Baufertigstellung erheblich erleichtern.

Während der Gebäudenutzung ist über den gesamten Nutzungszeitraum eine fachgerechte, stets mit viel sauberem Wasser vollzogene, auf die jeweilige Verglasung abgestimmte Reinigung vorzunehmen. Dabei sind als Hilfsmittel weiche, saubere Schwämme, Lappen oder Leder sowie korrekt eingesetzte Gummiabstreifer zu empfehlen, ebenso neutrale Haushaltsreiniger ohne aggressive Substanzen.

Bei hartnäckigen Verschmutzungen sowie Fett- oder Dichtstoffrückständen kann Alkohol oder Spiritus – in Verbindung mit Wasser – verwendet werden, niemals aber alkalische Laugen oder Säuren. Die Anwendung von spitzen oder scharfen Metallgegenständen, wie Klingen oder Hobeln, ist grundsätzlich zu unterlassen. Sollte es zu Verschmutzungen kommen, die mittels der beschriebenen Methoden nicht zu beseitigen sind, sollte Fachpersonal kontaktiert werden, denn unzulässige Selbstversuche können die Verglasung irreparabel schädigen.

9.12 Transport und Lagerung

Glas ist grundsätzlich auf der Kante stehend zu transportieren. Dabei steht die Abstellkante parallel auf in der Regel zwei elastischen Lagerklötzen. Jeglicher Kontakt der Gläser mit Metall oder untereinander ist schädlich, so dass die Glasflächen bei gestapelten Glaspaketen stets durch geeignete Abstandhalter zu trennen sind. Beim Transportieren von Isolierglas über geografische Höhenunterschiede von mehr als 500 Metern muss eine besondere Isolierglasherstellung erfolgen sowie darauf geachtet werden, dass die Abstände zwischen den gestapelten Scheiben vergrößert werden.

Die Lagerung von Gläsern hat ebenso wie der Transport stehend zu erfolgen. Dabei sollten die Lagerorte trocken und möglichst ohne direkte Sonneneinstrahlung sein. Bei Lagerung im Freien ist die Abdeckung des Glaspaketes mittels einer opaken Plane empfehlenswert. Sollten gestapelte Gläser feucht werden, besteht die Gefahr einer Natriumhydroxid-Bildung, die bei längerem Verbleib auf den Glasflächen zu irreparablen Schäden führt. Deshalb ist es ratsam, feuchte Glasstapel unmittelbar aufzulösen, die einzelnen Gläser beidseitig zu reinigen und trocken neu abzustapeln. Darüber hinaus sind grundsätzlich bei der Lagerung die vorliegenden, individuellen Lagervorschriften für die einzelnen Glasprodukte zu beachten.

Tour Madou Plaza, Brüssel
SunGuard® Solar Neutral 67
Robert Goffaux Architect
Assar Architects
Archi 2000 Architects

10. GUARDIAN-Produkte im Überblick 170
10.1 Floatgläser 171
10.2 Wärmedämmgläser 174
10.3 Sonnenschutzgläser 175
10.4 Brüstungen 188
10.5 Schallschutzgläser 190
10.6 Sicherheitsgläser 194

Die bisherigen Kapitel haben die vielfältigen Herstellungs-, Veredelungs- und Anwendungsmöglichkeiten des Werkstoffs Glas aufgezeigt. Zu vielen dieser Darstellungen bietet GUARDIAN konkrete Produkte mit den jeweils relevanten Daten zur Planung und Verwendung.

Im vorliegenden Kapitel ist eine Auswahl der wesentlichen Fakten und Faktoren tabellarisch aufgeführt; abweichende Anforderungen und stetige Weiterentwicklung können allerdings jederzeit zur Entstehung alternativer Produkte führen.

10.1 Floatgläser

Tabelle 1: Floatglas „Clear“ von 2 - 15 mm

Dicke	Licht-transmission	Licht-reflexion	Farbwieder-gabeindex Ra	direkte Energie-transmission	direkte Energie-reflexion	Energie-absorption	g-Wert	b-Faktor Shading Coefficient [g / 0,87]	UV-Trans-mission
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]
2	91	8	100	88	8	4	89	1,02	78
3	90	8	99	86	8	6	88	1,01	73
4	90	8	99	84	8	8	86	0,99	69
5	89	8	99	82	8	10	85	0,98	66
6	89	8	98	82	7	11	85	0,97	64
8	88	8	98	79	7	14	82	0,95	61
10	87	8	97	76	7	17	80	0,92	58
12	86	8	97	73	7	20	78	0,90	54
15	85	8	96	70	7	23	75	0,87	51

Die dargestellten Funktionswerte sind nominale Werte. Aufgrund von Produktions- und Fertigungstoleranzen kann es zu Abweichungen der einzelnen Werte kommen. Die photospektrometrischen Daten wurden nach EN 410 ermittelt.

Tabelle 2: Floatglas „ExtraClear®“ von 2 - 15 mm

Dicke	Licht-transmission	Licht-reflexion	Farbwieder-gabeindex Ra	direkte Energie-transmission	direkte Energie-reflexion	Energie-absorption	g-Wert	b-Faktor Shading Coefficient [g / 0,87]	UV-Trans-mission
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]
2	91	8	100	89	8	3	90	1,03	81
3	91	8	99	88	8	4	89	1,02	77
4	91	8	99	87	8	5	88	1,01	74
5	90	8	99	86	8	6	87	1,00	71
6	90	8	99	84	8	8	86	0,99	69
8	90	8	99	83	8	9	85	0,98	65
10	89	8	98	80	8	12	83	0,95	61
12	88	8	98	78	8	14	82	0,94	59
15	87	8	97	74	7	19	79	0,91	55

Die dargestellten Funktionswerte sind nominale Werte. Aufgrund von Produktions- und Fertigungstoleranzen kann es zu Abweichungen der einzelnen Werte kommen. Die photospektrometrischen Daten wurden nach EN 410 ermittelt.

Tabelle 3: Floatglas „UltraClear™“ von 2 - 15 mm

Dicke	Licht-transmission	Licht-reflexion	Farbwieder-gabeindex Ra	direkte Energie-transmission	direkte Energie-reflexion	Energie-absorption	g-Wert	b-Faktor Shading Coefficient [g / 0,87]	UV-Trans-mission
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]
2	92	8	100	91	8	1	91	1,05	85
3	91	8	100	90	8	1	91	1,04	83
4	91	8	100	90	8	1	90	1,04	81
5	91	8	100	90	8	2	90	1,04	79
6	91	8	100	89	8	3	90	1,03	77
8	91	8	100	89	8	4	89	1,03	74
10	91	8	100	88	8	4	89	1,02	71
12	90	8	99	87	8	5	88	1,01	69
15	90	8	99	86	8	6	87	1,00	66

Alle GUARDIAN Flachglasprodukte entsprechen den Standards EN 572-2: 1994 „Glass in Building – Basic Soda Lime Silicate Glass Products – Part 2: Float Glass“ und DIN 1249-10: 1990 „Glass in Building: Chemical and Physical Properties“.
Alle technischen Daten für Licht und solare Energie wurden gemäß EN 410 ermittelt.
Die dargestellten Funktionswerte sind nominale Werte.
Aufgrund von Produktions- und Fertigungstoleranzen kann es zu Abweichungen der einzelnen Werte kommen.

10.2 Wärmedämmgläser

Tabelle 4: ClimaGuard® – Wärmeschutzglas

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorspannbar (ESG/TVG)[1]	Biegbar[1]	Randentschichtung notwendig[1]	Keramischer Druck auf der Beschichtung[1]
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft Krypton[2]	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 4-16-4, Beschichtung an Oberfläche #3																	
NRG	ExtraClear	neutral	81	13	13	98	66	19	15	74	0,85	1,5	1,3	HT	HT	Ja	Nein
PREMIUM	ExtraClear	neutral	80	12	12	97	55	29	16	63	0,72	1,4	1,1	HT	HT	Ja	Nein
1.0	ExtraClear	neutral	70	20	23	98	45	38	17	53	0,61	1,3	1,0	HT	Ja[3]	Ja	Nein
Isolierglas 4-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
ECOSUN	ExtraClear	neutral	70	12	13	94	36	43	21	38	0,44	1,3	1,0	Nein	Nein	Ja	Nein
3-fach-Isolierglas 4-14-4-14-4, Beschichtung jeweils an Oberfläche #2 + #5																	
NRG	ExtraClear	neutral	73	16	16	96	54	22	24	62	0,71	0,6[2]	0,7	HT	HT	Ja	Nein
PREMIUM	ExtraClear	neutral	71	15	15	96	42	32	26	49	0,56	0,5[2]	0,6	HT	HT	Ja	Nein
1.0	ExtraClear	neutral	55	30	30	96	30	46	24	37	0,42	0,4[2]	0,6	HT	Ja[3]	Ja	Nein

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[2] Krypton
[3] auf Anfrage

10.3 Sonnenschutzgläser

Tabelle 5: SunGuard® eXtra Selective

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorspannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft Krypton[2]	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
SNX 60/28	ExtraClear	neutral	60	12	14	93	26	40	34	28	0,30	1,3	1,0	HT	HT[1]	Ja	Nein
3-fach-Isolierglas 6-12-4-12-4, Beschichtung an Oberfläche #2 + ClimaGuard® Premium an Oberfläche #5																	
SNX 60/28	ExtraClear	neutral	53	14	17	92	22	41	37	26	0,30	0,5[2]	0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[2] Krypton

Tabelle 6: SunGuard® SuperNeutral

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorgespannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Krypton[2]	Argon			
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]		[W/m²K]			
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
SN 70/41	ExtraClear	neutral	70	11	12	97	39	34	27	41	0,47	1,4		1,1	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 70/37	ExtraClear	neutral	70	11	12	93	35	39	26	37	0,43	1,3		1,0	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 62/34	ExtraClear	neutral	62	15	17	95	32	37	31	34	0,39	1,3		1,0	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 51/28	ExtraClear	neutral	51	12	23	93	26	37	37	28	0,32	1,3		1,0	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 40/23	ExtraClear	neutral blau	40	16	32	92	21	36	43	23	0,26	1,3		1,0	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 29/18	ExtraClear	neutral blau	29	17	27	90	16	33	51	18	0,21	1,4		1,1	HT	HT[1]	Ja	Nein
3-fach-Isolierglas 6-12-4-12-4, Beschichtung an Oberfläche #2 + ClimaGuard® Premium an Oberfläche #5																		
SN 70/41	ExtraClear	neutral	62	13	15	95	32	35	33	37	0,43	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 70/37	ExtraClear	neutral	62	13	15	92	29	40	31	34	0,39	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 62/34	ExtraClear	neutral	56	16	19	93	27	38	35	31	0,36	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 51/28	ExtraClear	neutral	45	14	24	91	22	38	40	25	0,29	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 40/23	ExtraClear	neutral blau	36	16	31	90	18	37	45	21	0,24	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein
SN 29/18	ExtraClear	neutral blau	26	18	27	88	13	33	54	16	0,18	0,5[2]		0,7	HT	HT[1]	Ja	Nein

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[2] Krypton

Tabelle 7: SunGuard® High Performance

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorgespannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
HP Light Blue 62/52	ExtraClear	blau neutral	62	16	11	96	48	17	35	52	0,60	1,7	1,5	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 60/40[3]	ExtraClear	neutral	60	25	20	96	38	35	27	40	0,46	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 52/41	ExtraClear	neutral blau	52	18	10	94	38	21	41	41	0,47	1,6	1,4	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 50/32	ExtraClear	neutral	50	23	22	95	29	37	34	32	0,37	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Silver 43/31	ExtraClear	silber	43	32	13	96	29	36	35	31	0,36	1,4	1,2	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 41/33	ExtraClear	neutral	41	22	12	92	29	24	47	33	0,38	1,6	1,4	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Royal Blue 41/29	ExtraClear	tiefblau	41	26	32	94	26	27	47	29	0,33	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Amber 41/29	ExtraClear	hellbronze	41	25	17	87	27	36	37	29	0,33	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Bright Green 40/29	ExtraClear	hellgrün	40	37	24	96	26	24	50	29	0,33	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Bronze 40/27	ExtraClear	dunkelbronze	40	15	26	90	24	27	49	27	0,31	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Silver 35/26	ExtraClear	silber	35	44	23	98	24	43	33	26	0,30	1,4	1,2	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]

Tabelle 7: SunGuard® High Performance

Fortsetzung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorgespannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Krypton	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
3-fach-Isolierglas 6-12-4-12-4, Beschichtung an Oberfläche #2 + ClimaGuard® Premium an Oberfläche #5																	
HP Light Blue 62/52	ExtraClear	blau neutral	55	17	15	94	34	45	30	41	0,47	0,6	0,8	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 60/40[3]	ExtraClear	neutral	53	26	21	92	30	37	33	36	0,41	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 52/41	ExtraClear	neutral blau	46	19	14	92	28	23	49	34	0,39	0,6	0,8	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 50/32	ExtraClear	neutral	44	24	23	93	24	38	38	28	0,32	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Silver 43/31	ExtraClear	silber	38	33	18	94	22	38	40	27	0,31	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Neutral 41/33	ExtraClear	neutral	36	23	15	90	22	26	52	27	0,31	0,6	0,8	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Royal Blue 41/29	ExtraClear	tiefblau	36	27	31	92	21	28	51	26	0,30	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Amber 41/29	ExtraClear	hellbronze	36	26	19	86	21	37	42	27	0,31	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Bright Green 40/29	ExtraClear	hellgrün	36	38	25	94	20	25	55	25	0,29	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Bronze 40/27	ExtraClear	dunkelbronze	36	16	26	88	19	27	54	24	0,28	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]
HP Silver 35/26	ExtraClear	silber	31	44	24	96	18	44	37	23	0,26	0,5	0,7	Ja	Ja	Nein[1]	Ja[1]

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.
Beschichtungen auf grünem Floatglas auf Anfrage.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[3] Werte nach Wärmebehandlung (ESG, TVG, Biegen)

Tabelle 8: SunGuard® Solar

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. vorgespannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
Solar Neutral 67	ExtraClear	neutral	61	20	21	98	54	16	30	59	0,68	2,7	2,6	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Neutral 60	ExtraClear	neutral	56	26	18	97	48	19	33	53	0,61	2,6	2,5	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	47	15	17	94	38	13	49	44	0,51	2,6	2,4	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	30	23	21	90	23	20	57	29	0,33	2,4	2,2	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	20	18	36	96	17	18	65	23	0,26	2,2	2,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 20	ExtraClear	silber	20	35	25	88	15	33	52	20	0,23	2,2	2,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bright Green 20	ExtraClear	bright green	19	35	16	97	14	19	67	22	0,22	2,1	1,9	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bronze 20	ExtraClear	bronze	20	18	15	94	14	20	66	22	0,22	2,1	1,9	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Gold 20	ExtraClear	gold	21	24	15	93	16	18	66	22	0,26	2,1	1,9	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 08	ExtraClear	silber	8	43	34	99	7	35	58	12	0,14	2,0	1,8	Ja	Ja	Nein	Ja[1]

Tabelle 8: SunGuard® Solar

Fortsetzung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. Vorspannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimaGuard® Premium an Oberfläche #3																	
Solar Neutral 67	ExtraClear	neutral	59	19	17	97	40	23	37	47	0,54	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Neutral 60	ExtraClear	neutral	54	24	15	96	36	24	40	42	0,49	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	46	14	14	94	29	15	56	36	0,41	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	29	22	18	90	18	21	61	23	0,26	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	19	18	31	95	13	19	68	18	0,21	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 20	ExtraClear	silber	19	34	21	88	12	33	55	17	0,20	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bright Green 20	ExtraClear	bright green	19	35	14	97	10	20	70	16	0,15	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bronze 20	ExtraClear	bronze	19	18	13	94	11	21	69	16	0,15	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Gold 20	ExtraClear	gold	20	24	12	93	13	18	69	18	0,21	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 08	ExtraClear	silber	8	43	29	98	6	35	59	9	0,10	1,4	1,1	Ja	Ja	Nein	Ja[1]

Tabelle 8: SunGuard® Solar

Fortsetzung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673)		Therm. Vorspannbar (ESG/TVG)	Biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Argon				
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]				
Isolierglas 6-16-4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimaGuard® 1.0 an Oberfläche #3																	
Solar Neutral 67	ExtraClear	neutral	52	24	28	98	33	28	41	40	0,46	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Neutral 60	ExtraClear	neutral	47	28	25	97	30	28	42	36	0,41	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	40	17	25	94	25	18	57	31	0,36	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	25	23	28	91	16	22	62	20	0,23	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	17	19	39	96	11	20	69	16	0,18	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 20	ExtraClear	silber	17	35	31	89	11	34	55	15	0,17	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bright Green 20	ExtraClear	bright green	16	36	25	98	9	20	71	15	0,14	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Bronze 20	ExtraClear	bronze	17	19	24	95	9	21	70	15	0,14	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Gold 20	ExtraClear	gold	18	24	19	90	10	19	70	16	0,18	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]
Solar Silver 08	ExtraClear	silber	7	43	37	99	5	35	60	8	0,09	1,3	1,0	Ja	Ja	Nein	Ja[1]

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.
Beschichtungen auf grünem Floatglas auf Anfrage.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen

Tabelle 9: SunGuard® Solar Innenlaminiert

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	Therm. vorspannbar/ biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung[2]
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption						
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]					
Verbundglas 88.4, Beschichtung an Oberfläche #2															
Solar Neutral 67	ExtraClear	neutral	69	12	10	97	53	10	37	62	0,71	Ja	Nein	Ja[1]	Ja
Solar Neutral 60	ExtraClear	neutral	63	16	8	96	48	12	40	57	0,65	Ja	Nein	Ja[1]	Ja
Solar Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	52	14	8	95	38	12	50	49	0,57	Ja	Nein	Ja[1]	Ja
Solar Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	32	24	14	93	23	21	56	36	0,41	Ja	Nein	Ja[1]	Nein
Solar Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	22	24	28	98	16	21	63	31	0,35	Ja	Nein	Ja[1]	Nein
Solar Silver 20	ExtraClear	Silber	19	32	25	92	14	29	57	27	0,31	Ja	Nein	Ja[1]	Nein

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410.
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.
Beschichtungen auf grünem Floatglas auf Anfrage.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[2] durch DIBt geregeltes Bauprodukt in Deutschland

Tabelle 10: SunGuard® für Radar-Reflexions-Dämpfung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN/0,87	U-Wert (EN 673) Argon	Therm. vorspannbar/ biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung[2]
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption							
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]				
Isolierglas 88.2-16-6, SunGuard® innenlaminiert an Oberfläche #2, ClimaGuard® Premium an Oberfläche #5																
RD 60	ExtraClear	neutral	56	18	12	94	33	18	49	39	0,45	1,1	Ja	Nein	Ja[1]	Ja
RD 55	ExtraClear	neutral blau	53	15	13	94	32	16	52	38	0,44	1,1	Ja	Nein	Ja[1]	Ja
RD 50	ExtraClear	neutral blau	46	15	12	92	27	15	58	33	0,37	1,1	Ja	Nein	Ja[1]	Ja

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410 ; U-Werte nach EN 673;
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.
Beschichtungen auf grünem Floatglas auf Anfrage.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen
[2] durch DIBt geregeltes Bauprodukt in Deutschland

Tabelle 11: SunGuard® High Durable – monolitisch einsetzbares Sonnenschutzglas

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient gEN/0,87	Therm. vorspannbar/ biegbar	Randentschichtung notwendig	Keramischer Druck auf der Beschichtung
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption					
			[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]				
Einzelscheibe 6mm, Beschichtung an Oberfläche #2														
HD Silver 70	ExtraClear	hellsilber	70	27	28	96	71	21	8	72	0,83	Ja	Nein	Ja[1]
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	66	16	18	99	63	13	24	69	0,79	Ja	Nein	Ja[1]
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	51	16	15	98	47	13	40	56	0,65	Ja	Nein	Ja[1]
HD Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	33	21	19	94	30	17	53	41	0,47	Ja	Nein	Ja[1]
HD Silver 20	ExtraClear	silber	20	33	25	92	17	28	55	28	0,33	Ja	Nein	Ja[1]
HD Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	23	20	29	97	19	20	61	31	0,35	Ja	Nein	Ja[1]

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410.
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungs-richtlinien für beschichtetes Architekturglas.
Beschichtungen auf grünem Floatglas auf Anfrage.

[1] Beachten Sie die entsprechenden Verarbeitungshinweise bzw. kontaktieren Sie GUARDIAN für detaillierte Informationen

Tabelle 12: SunGuard® Dry

Produkt	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient gEN/0,87	U-Wert (EN 673)	
	Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder-gabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Luft	Argon
	[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]
Isolierglas 6-16-4, SunGuard® Dry an Oberfläche #1, SunGuard® Sonnenschutzbeschichtung an Oberfläche #2											
SNX 60/28	58	14	15	93	25	36	39	27	0,32	1,3	1,0
SN 70/41	68	12	13	96	37	30	33	40	0,46	1,4	1,1
SN 70/37	68	14	15	94	35	32	33	37	0,43	1,3	1,0
SN 62/34	61	16	18	95	31	34	35	33	0,38	1,3	1,0
SN 51/28	49	14	23	92	25	33	42	27	0,31	1,3	1,0
SN 40/23	39	17	32	91	20	32	48	23	0,26	1,3	1,0
SN 29/18	28	18	27	90	15	30	55	18	0,20	1,4	1,1
HP Neutral 60/40	59	25	21	94	36	32	32	39	0,45	1,4	1,1
HP Neutral 50/32	49	24	22	95	28	34	38	31	0,36	1,4	1,1
HP Silver 43/31	42	32	16	95	28	34	38	31	0,36	1,4	1,2
HP Royal Blue 41/29	40	27	33	94	25	26	49	28	0,32	1,4	1,1
HP Bright Green 40/29	39	38	24	96	25	24	51	28	0,32	1,4	1,1
HP Bronze 40/27	39	16	24	90	23	24	53	26	0,30	1,4	1,1
HP Silver 35/26	34	44	24	98	23	40	37	26	0,30	1,4	1,2

Tabelle 12: SunGuard® Dry

Fortsetzung

Produkt	Licht				Solare Energie			g-Wert (EN 410)	Shad. Coefficient g EN / 0,87	U-Wert (EN 673)	
	Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabeindex	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption			Krypton	Argon
	[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[W/m²K]	[W/m²K]
3-fach-Isolierglas 6-12-4-12-4, SunGuard® Dry an Oberfläche #1, SunGuard® Sonnenschutzbeschichtung an Oberfläche #2, ClimaGuard® Premium an Oberfläche #5											
SNX 60/28	52	15	18	91	22	37	39	25	0,29	0,5	0,7
SN 70/41	60	15	16	94	31	32	37	36	0,41	0,5	0,7
SN 70/37	60	16	17	93	29	33	38	34	0,39	0,5	0,7
SN 62/34	54	18	20	93	26	35	39	30	0,34	0,5	0,7
SN 51/28	44	15	24	91	21	34	45	25	0,29	0,5	0,7
SN 40/23	35	18	31	90	17	33	50	21	0,24	0,5	0,7
SN 29/18	25	17	27	88	13	30	57	16	0,18	0,5	0,7
HP Neutral 60/40	52	27	22	92	29	34	37	34	0,39	0,5	0,7
HP Neutral 50/32	43	25	23	93	23	35	42	28	0,32	0,5	0,7
HP Silver 43/31	37	33	18	94	21	35	44	26	0,30	0,5	0,7
HP Royal Blue 41/29	35	28	31	93	20	27	53	25	0,29	0,5	0,7
HP Bright Green 40/29	35	38	25	94	20	25	55	24	0,28	0,5	0,7
HP Bronze 40/27	34	17	26	89	19	25	56	23	0,26	0,5	0,7
HP Silver 35/26	30	44	24	96	18	41	41	22	0,25	0,5	0,7

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen. Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%

Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.

Tabelle 13: ClimaGuard® Dry

Produkt	Licht		g-Wert (EN 410)	U-Wert (EN 673)
	Transmission	Reflexion		Argon
	[%]	[%]	[%]	[W/m²K]
Isolierglas 4-16 Ar-4				
ClimaGuard Premium (an Oberfläche #3)	78	13	60	1,1
ClimaGuard 1.0 (an Oberfläche #3)	68	24	51	1,0
ClimaGuard Premium T2 (an Oberfläche #2)	78	15	56	1,1
3-fach-Isolierglas 4-12 Ar-4-12 Ar-4				
ClimaGuard Premium T2 (an Oberfläche #2) ClimaGuard Premium (an Oberfläche #5)	69	18	48	0,7
ClimaGuard Premium T2 (an Oberfläche #3) ClimaGuard Premium (an Oberfläche #5)	69	17	51	0,7
ClimaGuard nrG T (an Oberfläche #2) ClimaGuard nrG (an Oberfläche #5)	71	18	59	0,8
ClimaGuard nrG T (an Oberfläche #3) ClimaGuard nrG (an Oberfläche #5)	71	18	61	0,8

Alle Werte sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Produkttoleranzen.
Photospektrometrische Daten nach EN 410; U-Werte nach EN 673
Gasfüllrate: 90%
Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den Verarbeitungsrichtlinien für beschichtetes Architekturglas.

10.4 Brüstungen

Tabelle 14: Empfehlung für farblich angepasste SunGuard®-Brüstungsgläser

SunGuard® Isolierglas	Monolithische Fassadenplatte	Isolierglas-Brüstung
SunGuard® eXtra Selective		
SNX 60/28	SSG 52 auf #2 + Ferro System 140 11 4060	SNX 60/28 auf #2 + Frit auf #4
SunGuard® SuperNeutral		
SN 70/41	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG SN 70/41 auf #2 + Frit auf #4
SN 70/37	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG SN 70/37 auf #2 + Frit auf #4
SN 62/34	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG SN 62/34 auf #2 + Frit auf #4
SN 51/28	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2 SSG 52 auf #2 + Ferro System 140 12 4061	SG SN 51/28 auf #2 + Frit auf #4
SN 40/23	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG SN 40/23 auf #2 + Frit auf #4
SN 29/18	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Ferro System 140 15 4001 auf #2	SG SN 29/18 auf #2 + Frit auf #4
SunGuard® Solar		
Solar Neutral 67	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 12 4061 auf #2	SG Solar Neutral 67 auf #2 + Frit auf #4
Solar Light Blue 52	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 12 4061 auf #2	SG Solar Light Blue 52 auf #2 + Frit auf #4
Silver Grey 32	SG Solar Silver Grey 32 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG Solar Silver Grey 32 auf #2 + Frit auf #4
Solar Royal Blue 20	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Ferro System140 12 4060 auf #2	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Frit auf #4
Solar Silver 20	SG Solar Silver 20 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG Solar Silver 20 auf #2 + Frit auf #4
Solar Bright Green 20	SG Solar Bright Green 20 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG Solar Bright Green 20 auf #2 + Frit auf #4
Solar Bronze 20	SG Solar Bronze 20 auf #2 + Ferro System 140 15 4001 auf #2	SG Solar Bronze 20 auf #2 + Frit auf #4
Solar Gold 20	-	SG Solar Gold 20 auf #2 + Frit auf #4
Solar Silver 08	SG Solar Silver 08 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG Solar Silver 08 auf #2 + Frit auf #4

Tabelle 14: Empfehlung für farblich angepasste SunGuard®-Brüstungsgläser
Fortsetzung

SunGuard® Isolierglas	Monolithische Fassadenplatte	Isolierglas-Brüstung
SunGuard® High Performance		
HP Light Blue 62/52	-	SG HP Light Blue 62/52 auf #2 + Frit auf #4
HP Neutral 60/40	SG Solar Silver Grey 32 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG HP Neutral 60/40 auf #2 + Frit auf #4
HP Neutral 52/41	SSG 52 auf #2 + Ferro System140 12 4061 auf #2	SG HP Neutral 52/41 auf #2 + Frit auf #4
HP Neutral 50/32	SG Solar Silver Grey 32 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG HP Neutral 50/32 auf #2 + Frit auf #4
HP Silver 43/31	-	SG HP Silver 43/31 auf #2 + Frit auf #4
HP Neutral 41/33	SG Solar Silver Grey 32 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG HP Neutral 41/33 auf #2 + Frit auf #4
HP Royal Blue 41/29	SG Solar Royal Blue 20 auf #2 + Ferro System140 12 4060 auf #2	SG HP Royal Blue 41/29 auf #2 + Frit auf #4
HP Amber 41/29	-	SG HP Amber 41/29 auf #2 + Frit auf #4
HP Bright Green 40/29	SG Solar Green 07 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2 SG Solar Bright Green 20 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG HP Bright Green 40/29 auf #2 + Frit auf #4
HP Bronze 40/27	Farbglas Bronze + Ferro System140 15 4001 auf #2 SG Solar Bronze 20 auf #2 + Ferro System 140 15 4001 auf #2	SG HP Bronze 40/27 auf #2 + Frit auf #4
HP Silver 35/26	SG Solar Silver 08 auf #2 + Ferro System140 15 4001 auf #2	SG HP Silver 35/26 auf #2 + Frit auf #4

Bei Isolierglas-Brüstungen muss geprüft werden, ob sich für die äußere Scheibe eine erhöhte Energieabsorption ergibt, so dass diese thermisch vorgespannt werden muss. Der Scheibenzwischenraum sollte 8 mm nicht überschreiten.
Prinzipiell muss sichergestellt werden, dass Brüstungsscheiben während der Installation bzw. im eingebauten Zustand keinen aggressiven Medien ausgesetzt sind.

10.5 Schallschutzgläser

Tabelle 15: GUARDIAN LamiGlass® Sound Control

Typ	Aufbau	Folientyp	Dicke	R_w	C	C_{tr}	U_g-Wert	Widerstandsklasse	
							EN 673	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600
			[mm]	[dB]	[dB]	[dB]	[W/m²K]		
Einzelscheibe									
SR 33.1	3/0,50/3	SR	6	36	-1	-4	5,7	-	1(B)1
SR 33.2	3/0,76/3	SR	7	36	-1	-4	5,7	P2A	1(B)1
SC 44.2	4/0,76/4	SC	9	37	-1	-3	5,7	P1A	1(B)1
SR 44.1	4/0,50/4	SR	8	38	-1	-4	5,7	P1A	1(B)1
SR 44.2	4/0,76/4	SR	9	38	-1	-4	5,7	P2A	1(B)1
SR 44.4	4/1,52/4	SR	10	38	-1	-4	5,7	P4A	1(B)1
SR 55.1	5/0,50/5	SR	10	39	-1	-4	5,6	P1A	1(B)1
SR 55.2	5/0,76/5	SR	11	39	-1	-3	5,6	P2A	1(B)1
SR 66.1	6/0,50/6	SR	12	39	-1	-3	5,6	P1A	1(B)1
SR 66.2	6/0,76/6	SR	13	39	0	-3	5,6	P2A	1(B)1
SR 88.2	8/0,76/8	SR	17	41	-1	-3	5,4	P2A	1(B)1
SR 1010.2	10/0,76/10	SR	21	43	-1	-3	5,2	P2A	1(B)1

Tabelle 15: GUARDIAN LamiGlass® Sound Control
Fortsetzung

Typ	Aufbau	Folientyp	Dicke	R_w	C	C_{tr}	U_g-Wert	Widerstandsklasse	
							EN 673	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600
			[mm]	[dB]	[dB]	[dB]	[W/m²K]		
2-fach-Isolierglas[1]									
25/36	44.2/12/4	PVB	25	36	-2	-5	1,3 (Ar)	P2A	1(B)1
27/37	33.4/16 /4	PVB	27	37	-2	-6	1,1 (Ar)	P4A	1(B)1
32/39	44.4/16/6	PVB	32	39	-2	-6	1,1 (Ar)	P4A	1(B)1
29/39	44.2/16/4	SC	29	39	-1	-5	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
31/41	44.2/16/6	SC	31	41	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
33/41	44.2/18/6	SC	33	41	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
31/42	44.2/16/6	SR	31	42	-2	-6	1,1 (Ar)	P2A	1(B)1
30/42	44.1/16/6	SR	30	42	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
35/42a	44.2/16/8	SR	35	42	-3	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
35/42b	55.2/16/8	SC	35	42	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
33/42	44.2/16/8	SC	33	42	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
29/43	44.1/14/6	SR	29	43	-3	-8	1,1 (Kr)	P1A	1(B)1
34/43	44.1/20/6	SR	34	43	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
37/43a	55.2/18/8	SC	37	43	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
37/43b	55.2/18/8	SR	37	43	-1	-6	1,1 (Ar)	P2A	1(B)1
37/43c	66.2/16/8	SC	37	43	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
37/43d	66.3/16/8	SC	37	43	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
34/44	44.1/16/10	SR	34	44	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
35/44b	44.2/16/10	SC	35	44	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
36/44	44.1/20/8	SR	36	44	-3	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1

Tabelle 15: GUARDIAN LamiGlass® Sound Control

Fortsetzung

Typ	Aufbau	Folientyp	Dicke	R_w	C	C_{tr}	U_g-Wert	Widerstandsklasse	
							EN 673	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600
			[mm]	[dB]	[dB]	[dB]	[W/m²K]		
36/45	44.1/18/10	SR	36	45	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
36/46	44.4/16/55.2	PVB/SC	36	46	-3	-8	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
39/45a	44.2/20/10	SC	39	45	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
39/45b	66.3/16/10	SC	39	45	-1	-4	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
37/45	55.2/16/10	SC	37	45	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
34/46	55.1/16/44.1	SR/SR	34	46	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
43/46	66.2/20/10	SR	43	46	-2	-6	1,1 (Ar)	P2A	1(B)1
38/47	44.2/16 /66.2	SC / SC	38	47	-2	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
38/48	44.2/16/66.3	SC /SC	38	48	-3	-8	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
46/49	88.2/20/44.2	SC/SC	46	49	-1	-5	1,4 (Air)	P1A	1(B)1
41/49	44.2/20/66.2	SC/SC	41	49	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
38/49	44.3/16/ 66.3	SC/SC	38	49	-3	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
44/49	66.2/20/55.2	SR	44	49	-2	-6	1,1 (Ar)	P2A	1(B)1
42/50	44.3 /20 / 66.3	SC / SC	42	50	-2	-7	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
46/50	88.2/20 /44.2	SC / SC	46	50	-1	-6	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
46/51	88.2/16/66.2	SC /SC	46	51	-1	-5	1,1 (Ar)	P1A	1(B)1
48/51	88.4/20/55.2	SR	48	51	-2	-6	1,1 (Ar)	P4A	1(B)1
52/52	88.2/24/46.2	SR	52	52	-2	-6	1,1 (Ar)	P2A	1(B)1

Tabelle 15: GUARDIAN LamiGlass® Sound Control

Fortsetzung

Typ	Aufbau	Folientyp	Dicke	R_w	C	C_{tr}	U_g-Wert	Widerstandsklasse	
							EN 673	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600
3-fach-Isolierglas[1]			[mm]	[dB]	[dB]	[dB]	[W/m²K]		
48/37	6 /14/ 44.1/14 /6	SR	48	37	-2	-5	0,6 (Ar)	P1A	1(B)1
45/42	44.2 /12/4/12/8	SC	45	42	-2	-6	0,7 (Ar)	P1A	1(B)1
53/42	44.2/18/4/16/6	PVB	53	42	-1	-5	0,5 (Ar)	P2A	1(B)1
55/42	44.2/18/4/16/44.1	PVB	55	42	-2	-5	0,5 (Ar)	P2A	1(B)1
46/43	44.2/12/5/12/8	SC	46	43	-3	-7	0,7 (Ar)	P1A	1(B)1
47/43	44.1/14/4/14/6	SR	47	43	-1	-7	0,6 (Ar)	P1A	1(B)1
47/44	44.1/12/6 /12/ 8	SR	47	44	-2	-7	0,7 (Ar)	P1A	1(B)1
48/46	44.1/12/6/12/10	SR	48	46	-2	-7	0,7 (Ar)	P1A	1(B)1
48/47	44.1 /12/6/12/10	SR	48	47	-2	-7	0,5 (Kr)	P1A	1(B)1

(PVB) Polyvinyl-Butyral-Folie
(SR) Akustic-PVB-Folie
(SC) Sound-Control-PVB-Folie

(Ar) Argonfüllung
(Kr) Kryptonfüllung
$R_{w,P}$-Wert nach EN ISO 140-3 und 717

[1] Mit ClimaGuard® Premium – Beschichtung an #3 (3-fach-Isolierglas: #2+5). GUARDIAN LamiGlass® Sound Control kann mit allen GUARDIAN Sonnen- und Wärmeschutz-Beschichtungen kombiniert werden.

Die dargestellten Funktionswerte sind nominale Werte. Aufgrund von Produktions- und Fertigungstoleranzen kann es zu Abweichungen der einzelnen Werte kommen. Die technischen Daten für Licht, solare Energie und die thermischen Eigenschaften wurden gemäß den europäischen Normen EN 673 und EN 410 ermittelt.
Zahlreiche weitere Gläser und Prüfungen verfügbar.

10.6 Sicherheitsgläser

Tabelle 16: Absturzsichernde Gläser nach EN 12600 – Pendelschlagversuch

Typ	Aufbau	Sicherheitsklasse nach EN 12600
LamiGlass 22.1	Floatglas 2+2; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 32.1[1]	Floatglas 3+2; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 33.1	Floatglas 3+3; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 33.2	Floatglas 3+3; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 33.4	Floatglas 3+3; 1,52 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 43.1[1]	Floatglas 4+3; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 43.2[1]	Floatglas 4+3; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 44.1	Floatglas 4+4; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 44.2	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 44.4	Floatglas 4+4; 1,52 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 44.6	Floatglas 4+4; 2,28 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 55.1	Floatglas 5+5; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 55.2	Floatglas 5+5; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 55.4	Floatglas 5+5; 1,52 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 66.1	Floatglas 6+6; 0,38 mm PVB	2(B)2
LamiGlass 66.2	Floatglas 6+6; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 64.2[1]	Floatglas 6+4; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 66.4	Floatglas 6+6; 1,52 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 88.1	Floatglas 8+8; 0,38 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 88.2	Floatglas 8+8; 0,76 mm PVB	1(B)1
LamiGlass 88.4	Floatglas 8+8; 1,52 mm PVB	1(B)1
LamiGlass Sound Control 44.2 SC	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB-SC	1(B)1
LamiGlass Sound Control 33.1 SR	Floatglas 3+3; 0,50 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 33.2 SR	Floatglas 3+3; 0,76 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 44.1 SR	Floatglas 4+4; 0,50 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 44.2 SR	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 44.4 SR	Floatglas 4+4; 1,52 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 44.6 SR	Floatglas 4+4; 2,28 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 55.1 SR	Floatglas 5+5; 0,50 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 55.2 SR	Floatglas 5+5; 0,76 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 66.1 SR	Floatglas 6+6; 0,50 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 66.2 SR	Floatglas 6+6; 0,76 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 66.4 SR	Floatglas 6+6; 1,52 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 88.2 SR	Floatglas 8+8; 0,76 mm PVB-SR	1(B)1
LamiGlass Sound Control 88.4 SR	Floatglas 8+8; 1,52 mm PVB-SR	1(B)1

Von GUARDIAN geprüfte Aufbauten (Stand 07.2012).
Die von GUARDIAN gelieferten Verbund-Sicherheitsgläser entsprechen der Bauregelliste A Teil 1 Lfd. Nr. 11.14 (Ausgabe 2012/1).
[1] unsymmetrische Aufbauten sind beidseitig geprüft.

Tabelle 17: Durchwurfhemmende Verglasungen – Kugelfallversuch nach EN 356

Typ	Aufbau	Sicherheitsklasse nach EN 356
LamiGlass 33.2	Floatglas 3+3; 0,76 mm PVB	P2A
LamiGlass 33.4	Floatglas 3+3; 1,52 mm PVB	P4A
LamiGlass 44.2	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB	P2A
LamiGlass 44.3	Floatglas 4+4; 1,14 mm PVB	P3A
LamiGlass 44.4	Floatglas 4+4; 1,52 mm PVB	P4A
LamiGlass 44.6	Floatglas 4+4; 2,28 mm PVB	P5A
LamiGlass 55.6	Floatglas 5+5; 2,28 mm PVB	P5A
LamiGlass 66.6	Floatglas 6+6; 2,28 mm PVB	P5A
LamiGlass Sound Control 44.2 SC	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB-SR	P1A
LamiGlass Sound Control 33.2 SR	Floatglas 3+3; 0,76 mm PVB-SR	P2A
LamiGlass Sound Control 44.1 SR	Floatglas 4+4; 0,50 mm PVB-SR	P1A
LamiGlass Sound Control 44.2 SR	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB-SR	P2A
LamiGlass Sound Control 44.4 SR	Floatglas 4+4; 1,52 mm PVB-SR	P4A
LamiGlass Sound Control 44.6 SR	Floatglas 4+4; 2,28 mm PVB-SR	P5A
LamiGlass Sound Control 66.2 SR	Floatglas 6+6; 0,76 mm PVB-SR	P2A
LamiGlass Sound Control 66.4 SR	Floatglas 6+6; 1,52 mm PVB-SR	P4A

Von GUARDIAN geprüfte Aufbauten (Stand 07.2012).

Tabelle 18: Ballwurfsichere Verglasungen – nach DIN 18032-3

Typ	Aufbau	Sicherheitsklasse nach EN 356
LamiGlass 44.2	Floatglas 4+4; 0,76 mm PVB	ballwurfsicher

Von GUARDIAN geprüfte Aufbauten (Stand 07.2012).

Department of Health Offices, Bilbao
SunGuard® HP Neutral 41/33
Juan Coll-Barreu Architekt

Burj Khalifa, Dubai
SunGuard® Solar Silver 20
Skidmore, Owings & Merrill LLP architects

11. Suchen und Finden 200

11.1 Dienstleistungsangebot 200
11.1.1 Elektronische Praxishilfen 200
Produktvergleichswerkzeug | Configurator
11.1.2 Glasrelevante Berechnungen 201
11.1.3 Technische Kundenbetreuung 201
11.1.4 Kompetenztransfer 202
11.1.5 GUARDIAN-Ansprechpartner auf einen Blick 202

11.2 Sachwortverzeichnis 202

11.3 Abkürzungen, allgemein 208

11.4 Griechische Formelzeichen 213

In diesem Kapitel sind unterschiedliche Elemente zusammengefasst, die vom Suchen gewisser Dienstleitungsangebote bis hin zum Finden spezieller Fachtermini oder Abkürzungen reichen. Dabei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, sondern vielmehr ein Einblick in die unterschiedlichen Möglichkeiten und Gegebenheiten vermittelt.

11.1 Dienstleistungsangebot

Hochwertige Produkte, praktikable Glaslösungen und eine funktionale Distribution werden bei GUARDIAN durch ein breites Dienstleistungsspektrum ergänzt. Dafür stehen hoch qualifizierte und motivierte Mitarbeiter in den unterschiedlichsten Bereichen zur Verfügung. Kurze Reaktionszeiten sowie umfassende Antworten auf Kundenanfragen stehen dabei genauso im Fokus wie marketingmäßige, technische, konstruktive und logistische Unterstützung.

11.1.1 Elektronische Praxishilfen

Über die GUARDIAN-Homepage schnell und unkompliziert für die tägliche Glaspraxis zu nutzen:

11.1.1.1 Produktvergleichswerkzeug

Hierbei handelt es sich um eine Internetanwendung, die in der Lage ist, aus dem breiten Produktsortiment nach unterschiedlichen Kriterien gezielt Produkte zu eruieren oder aber unterschiedliche miteinander zu vergleichen. Dazu werden Parameter wie Optik und/oder Wertevorgaben definiert, nach denen die Software online selektiert und in Sekundenschnelle in Frage kommende Produkte anzeigt.

→ www.sunguardglass.de

11.1.1.2 GUARDIAN Configurator

Der downloadfähige Konfigurator wurde entwickelt, um ein Werkzeug zur Verfügung stellen zu können, das die Licht- und Energiewerte jedes einzelnen Glases oder einer Kombination verschiedener Typen und Dicken für Zwei- und Dreifach-Isolierglaseinheiten berechnen kann.

Die Berechnungsergebnisse beschreiben die lichttechnischen, energetischen und thermischen Eigenschaften der Verglasungen in Übereinstimung mit den europäischen Normen EN 410 und EN 673. Die Ergebnisse werden zum Zweck einfacher Verteilung und Ablage als pdf-Dateien generiert.

Die Berechnungsmethode wurde durch ein akkreditiertes Institut überprüft. Alle Spektren, die den Berechnungen zugrunde liegen, wurden von unabhängigen Instituten ermittelt. Das bedeutet, dass Sie und Ihr Team auf Exaktheit vertrauen können, wenn Sie die berechneten Daten für das Design Ihrer Gebäude und deren Umweltkontrollsysteme verwenden.

Der GUARDIAN Configurator steht auf der Internetseite zum Download bereit oder kann direkt bei GUARDIAN angefordert werden.

→ www.sunguardglass.de

11.1.2 Glasrelevante Berechnungen

Vielfach werden bereits im Planungs- und/oder Angebotsstadium diverse Berechnungen notwendig, die erst eine exakte weitere Vorgehensweise möglich machen. Sei es, dass die statischen Lasten für die Entscheidung zur Glasdimensionierung zu ermitteln sind, sei es, dass die Isothermenverläufe bei Fassaden oder Fenstern zu bestimmen sind oder aber, dass die solarrelevanten Werte bestimmter komplizierter Aufbauten, deren Daten der Konfigurator nicht mehr ausgeben kann, zu fixieren sind. Eine moderne, ständig aktualisierte Software, bedient von absoluten Spezialisten, liefert schnell und zuverlässig die gewünschten Werte und hilft so effektiv und effizient beim täglichen Glasgeschäft.

Grundsätzlich gilt bei den ausgegebenen Daten und Werten, dass es sich stets um Empfehlungen ohne Gewähr handelt; sie sind daher im Auftragsfall durch jeweils ausgewiesene und zugelassene Fachexperten zu bestätigen.

11.1.3 Technische Kundenbetreuung

Neben einer Vielzahl von Prüfzeugnissen, Herstellererklärungen und sonstigen technischen Dokumenten für unsere Kunden stehen auch Mitarbeiter bereit, die nach Bedarf eine Vorortunterstützung gewähren. Sei es, dass Neukunden eine fachmännische Begutachtung ihrer Lager- und Produktionseinrichtungen wünschen oder dass bei neuen GUARDIAN-Produkten eine persönliche Produktionseinführung mit Testläufen angeboten wird.

Qualitativ hochwertige und rationelle Produktions- und Betriebsabläufe beim Kunden fördern auch das eigene Image und werden insofern aktiv von GUARDIAN unterstützt und begleitet.

11.1.4 Kompetenztransfer

Je differenzierter das Wissen, umso effizienter die Beratung und der Verkauf. Getreu diesem Motto vermitteln die GUARDIAN-Experten ihren Kunden alles, was es zum gesamten Produktportfolio zu wissen gibt. Ob Neuentwicklungen in Produkt- oder Anwendungsbereich, ob Änderungen der Randparameter oder auch, ob verkaufsrelevante, unterstützende Impulse anstehen. Regelmäßige europaweite Weiterbildungen und Trainings bieten alle Facetten für den gemeinsamen Erfolg. Denn nur hoch qualifizierte Kunden-Mitarbeiter sind in der Lage, die vielfältigen Glasanwendungen am und im Bau zu produzieren und am Markt wirkungsvoll und profitabel zu platzieren.

11.1.5 Die GUARDIAN-Ansprechpartner auf einen Blick

Auf eine Auflistung der zahlreichen Ansprechpartner für die einzelnen Bereiche und Länder wird aus Gründen der Aktualität in dieser Publikation verzichtet. Auf der Internetseite können diese jederzeit aktuell mit Kontaktdaten eingesehen und abgerufen werden. Nutzen Sie die Chance, die GUARDIAN-Mitarbeiter persönlich zu kontaktieren und kennen zu lernen.

→ www.guardian-europe.com

11.2 Sachwortverzeichnis

A

Abmessungstoleranz ... 143
Abschirmung, elektromagnetische ... 124
Absorption ... 45, 57, 59
Abstandhalter ... 36ff, 155
Absturzsicherung ... 86, 88, 92, 95
Absturzsichernde Verglasung ... 91
Aktive Sicherheit ... 82
Alkalische Stoffe ... 25
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ... 116
Anisotropien ... 77
Anti-Radar-Beschichtung ... 124
Architekturglas ... 116ff
Aufzugsverglasung ... 123
Außenflächenbeschädigung ... 156
Außenkondensation ... 44

B

Ballwurfsicherheit ... 76, 193
Basisglas ... 20ff, 71, 132
Bauphysikalische Eigenschaften ... 76, 82
Bedruckung ... 110

Begehbare Verglasung ... 122
Behaglichkeit ... 51, 56
Bemessungswerte ... 40, 42
Beschichtungen ... 26, 60, 155
Beschussklassen ... 84
Betretbare Verglasungen ... 87
Bewertetes Schalldämmmaß ... 67
b-Faktor ... 45
Biegearten ... 117ff
Biegezugfestigkeit ... 24, 76, 79, 80
Bohrlöcher ... 138
Bohrungen ... 138
Bruchbilder ... 74, 79
Brüstungen ... 60, 110, 185ff

C

CE-Kennzeichnung ... 162

D

Designgläser ... 60, 112
Design-VSG ... 114
Dezibel ... 64
Dichte ... 23
Dichtstoffe ... 164
Dichtstofffuge ... 148
Dichtprofil ... 148ff
Dickentoleranzen ... 142, 145
Doppelhaut-Fassade ... 102
Druckfestigkeit ... 24, 76, 82
Drucktechnik ... 111
Durchbruchhemmung ... 83
Durchschusshemmung ... 84, 192
Durchwurfhemmung ... 83

E

Eckabschnitt ... 136, 137
Eckausschnitt ... 136, 137
Edelstahl ... 39
Eigenfarbe ... 155
Eigenschaften ... 23, 76, 82, 155
Einflussfaktoren ... 68
Einscheiben-Sicherheitsglas ESG ... 74, 141
Einscheiben-Sicherheitsglas, heißgelagert ... 77, 141
Elastizitätsmodul ... 23
Elektromagnetisch dämpfende Gläser ... 124
Emissivität ... 23
Energiebilanz ... 51
Energieeffizienz ... 57
Energiefluss ... 57
EN-Normen ... 130ff, 162

Entkoppelte Einzelscheiben ... 70
Erweichungstemperatur ... 25, 116
ESG-H ... 77, 141

F
Farbauftrag ... 110
Farbfolie ... 115
Farbgebung ... 22
Farbwiedergabeindex ... 46
Fassaden ... 101ff
Feuchtefilm ... 77
Floatglas ... 20ff, 171ff
Formbestimmung ... 118
Frequenzen ... 65

G
Gebogenes Glas ... 116
Gesamtenergiedurchlassgrad g-Wert ... 45
Gießharz ... 115
Glasarten ... 117
Glasbemessung ... 150
Glasbruch ... 157ff
Glasecken ... 148ff
Glaskanten ... 145
Glasreinigung ... 166
Glasstoß ... 148ff
Globalstrahlungsverteilung ... 31
Grenzabmaße ... 132, 134, 144
Grenzwerte ... 64

H
Hardcoating ... 26
Heat-Soak-Test ... 78
Herstellung ... 68, 74, 79, 81
Hinterfüllschnur ... 148
Horizontalverglasung ... 90
Humane Aspekte ... 64

I
Interferenzerscheinungen ... 46
Isolierglas ... 37, 142
Isolierglasaufbau ... 68
Isolierglaseffekt ... 47, 59
Isolierglas-Randverbund ... 37, 155
Isolierglas-Terminologie ... 37ff

K
Kaltfassade ... 102
Kantenbearbeitung ... 135, 136, 146
Kantendarstellung ... 147
Kantenformen ... 145
Kantenversatz ... 120
Kennzeichnung ... 77, 162
Kondensation ... 43
Konstruktiver Glasbau ... 97
Konturtreue ... 119
Konvektion ... 38
Korrekturfaktoren ... 67
Kunststoff-Abstandhalter ... 40

L
Längenausdehnungskoeffizient ... 25
Lärmometer ... 64
Lärmpegel ... 66
Laugenbeständigkeit ... 25
Licht ... 30
Lochbohrungen ... 138, 140, 141

M
Magnetron-Verfahren ... 26
Maßtoleranzen ... 144
Materialverträglichkeit ... 163
Membran-Fassade ... 108
Metall-/Kunststoffkombination ... 40
Mindestglasdicken ... 141
Mittlerer Schalldämmwert ... 66

N
Nennwert ... 41
Normative Anforderungen ... 132
Normen ... 130

O
Oberflächenschäden ... 151
Oberflächentemperatur ... 51
Ökologie ... 51, 56
Ökonomie ... 50, 56
Örtliche Verwerfungen ... 119
Optische Qualität ... 77

P
Passive Sicherheit ... 85
Pfosten-Riegel-Fassade ... 104
Photovoltaik ... 33
Physikalische Eigenschaften ... 76, 82
Planparallelität ... 20, 47, 120
Produktionstechniken ... 112ff
Punktgehaltene Fassaden ... 107
PVB-Folie ... 80
Pyrolytisches Verfahren ... 26

Q
Qualität ... 151

R
Radarreflexionsdämpfende Verglasungen ... 124
Randausschnitt ... 136, 138
Randverbund ... 39, 142, 155
Rechtwinkligkeit ... 134
Reflektion ... 57
Reststandsicherheit ... 87

Resttragfähigkeit ... 87
Resultierendes Schalldämmmaß ... 67
Rolltechnik ... 111
Rückschnitt ... 133

S
Säurebeständigkeit ... 25
Schallbewertung ... 66
Schalldämmmaß ... 66
Schallpegel ... 64
Schallschutz ... 64ff
Schallwellenverhalten ... 64
Schaltbare Gläser ... 124
Scheibengewicht ... 68
Scheibenzwischenraum SZR ... 36, 43, 59, 68
Schlagfestigkeit ... 76, 82
Schrägbruch ... 132ff
Selektivitätskennzahl S ... 46
Senklochbohrung ... 140
Shading Coefficient ... 45
Sicherheit ... 74ff
Sicherheitssondergläser ... 96
Siebdruck ... 113
Silikone ... 164
Softcoating ... 26
Solare Energie ... 31
Solare Gewinne ... 45
Sommerlicher Wärmeschutz ... 58
Sonderabmaß ... 137, 138
Sonderformen ... 135
Sondertoleranzen ... 132, 135
Sonneneintragskennwert ... 58
Sonnenschutz ... 56ff, 175
Spannungsgefüge ... 75
Spektrum-Anpassungswert ... 68
Spontanbruch ... 78, 80, 161
Sprengwirkungshemmung ... 84
Sprossen ... 156
Standardtoleranzen ... 132, 134
Standsicherheit ... 87, 123
Statische Besonderheiten ... 121
Structural Glazing ... 105
Stufenisolierglas ... 149

T
Tangentiale Übergänge ... 120
Taupunkt ... 43
Taupunktdiagramm ... 44
Taupunkt-Temperatur ... 43
Teilvorgespanntes Glas TVG ... 79
Temperaturwechselbeständigkeit ... 24, 74, 79
Thermische Isolation ... 53
Thermoplastische Systeme (TPS) ... 40
Toleranzen ... 132, 134
Transferdruck ... 114
Transformationsbereich ... 24
Transmission ... 57, 59
Transparenter Glasbau ... 101ff
Transport und Lagerung ... 167
Treibhaus-Effekt ... 45

U
Überkopfverglasungen ... 86, 90
UV- Strahlung ... 33
U-Wert ... 25, 40ff

V
Verbundglas ... 112, 115
Verbund-Sicherheitsglas VSG ... 80, 144
Verletzungsschutz ... 85
Vertikalverglasung ... 88
Versatz ... 120, 143, 144
Verschiebetoleranz ... 144
Verträglichkeit ... 163
Verwerfungen ... 119, 141
Verwindung ... 120
Visuelle Qualität ... 151
Vorspannen ... 74

W
Wärmedämmung ... 50, 101
Wärmedämmgläser ... 174
Wärmedurchgangskoeffizient ... 25, 40
Wärmeeinflüsse ... 76, 80
Wärmekapazität ... 25
Wärmeleitung ... 38
Wärmetechnische Wirkungsweise ... 38
Wärmestrahlung ... 32, 38, 45, 56
Wahrnehmung ... 65
Warmfassade ... 101
Wasserbeständigkeit ... 25
Widerstandsklassen ... 83

Z
Zertifizierung ... 51, 56
Zulässigkeiten ... 153
Zuschnitt ... 132
Zustimmung im Einzelfall (ZiE) ... 108

11.3 Abkürzungen, allgemein

a ..... Jahr

A ..... Ampere

abP ..... Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse für Bauprodukte und Bauarten

AbZ ..... Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

AGB ..... Allg. Geschäftsbedingungen

ATV ..... Allgem. Techn. Vertragsbedingungen

AufzV ..... Aufzugsverordnung

b ..... Mittlerer Durchlassfaktor

BauPG ..... Bauproduktengesetz

BM ..... Bandmaße

BPR ..... Bauproduktenrichtlinie

BRL ..... Bauregelliste

BW ..... Bemessungswert

c ..... Spez. Wärmekapazität

C ..... Spektrum-Anpassungswert

CE ..... Communautés Européennes (Europ. Gemeinschaften)

CEN ..... Commité Européen dé Normalisation, Europäisches Komitee für Normung

CENELEC ..... Commité Européen de Normalisation Électrotechnique, Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung

CiO ..... Gasfüllgrad

cm ..... Zentimeter

CO_2 ..... Kohlendioxid

C_{tr} ..... Spektrum-Anpassungswert

dB ..... Dezibel

dB(A) ..... Schallpegel, bewertet

DIBt ..... Deutsches Institut für Bautechnik

DIN ..... Deutsches Institut für Normung

E ..... Emissivität

E ..... Youngmodul (Elastizitätsmodul)

EN ..... Europäische Norm

EnEV ..... Energieeinsparverordnung

EOTA ..... Europ. Organisation für technische Zulassung

EPBD ..... Energy Performance of Buildings Directive

ESG ..... Einscheiben-Sicherheitsglas

ESG-H ..... Einscheiben-Sicherheitsglas, heißgelagert

ETA ..... European Technical Approval

ETAG ..... European Technical Approval Guideline (Technische Zulassung der EOTA)

ETZ ..... Europäische technische Zulassung

EU ..... Europäische Union

F_c ..... Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtung

FEM ..... Finite-Elemente-Methode

F_g ..... Koinzidenz-Grenzfrequenz

$f_{g,h}$ ..... Charakteristische Biegezugfestigkeit

f_R ..... Resonanzfrequenz

g ..... Gesamtenergiedurchlassgrad

G ..... Heizgradtage

GBM ..... geteilte Bandmaße

GHz ..... Gigahertz (10^9 Hertz)

GPa ..... Gigapascal

GWp ..... Maximal (von Photovoltaikmodulen) erzielbare Leistung in Gigawatt (peak)

H ..... Stunde

H ..... Heizwert Öl

hEN ..... Harmonisierte Europäische Norm

HK ..... Härtegrad nach Knoop

HVBG ..... Hauptverband der gesetzlichen Berufsgenossenschaften

Hz ..... Hertz

Ift ..... Institut für Fenstertechnik, Rosenheim

ISO ..... Internationale Organisation für Normung, International Organization for Standardization

J ..... Joule

k ..... Kilo

K ..... Kelvin

K ..... Korrekturwert (bei Schalldämmung)

k_F ..... Wärmedurchgangskoeffizient Fenster (alt)

kg ..... Kilogramm

kHz ..... Kilohertz (10^3 Hertz)

kPa ..... Kilopascal

LBO ..... Landesbauordnung

LTB ..... Liste der technischen Baubestimmungen

m ..... Flächenbezogene Masse

m ..... Meter

M ..... Mega (10^9)

m^2 ..... Quadratmeter

m^3 ..... Kubikmeter

mbar ..... Millibar

MBO ..... Musterbauordnung

MDCA ..... Gütezeichen für spezielle Gläser in den USA

MHz ..... Megahertz

MIG ..... Mehrscheiben-Isolierglas

MLTB ..... Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen

mm ..... Millimeter

MPA ..... Materialprüfungsamt

ms ..... Millisekunde

n ..... Nano

N ..... Newton

N ..... mittl. Licht-Berechnungsindex

nm ..... Nanometer (10^{-9} m)

P ..... Schall-Leistung

Pa ..... Pascal

PAR ..... Photosynthetically Active Radiation

prEN ..... Entwurf einer europ. Norm

PU; PUR ..... Polyurethan

PV ..... Photovoltaik

PVB ..... Polyvinylbutyral

PVC ..... Polyvinylchlorid

P1A bis P8B ... Widerstandsklasse der Verglasung

q_i; q_a ..... Wärmeabgabe sekundär

R ..... Schalldämmmaß

R ..... Widerstand, elektrischer

R_a; $R_{a,D}$; $R_{a,R}$ .... Farbwiedergabe-Index

RAL ..... Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung

Re ..... Sonnenenergiereflexion

RL ..... Lichtreflexion

RLT ..... Raumlufttechnik bei raumklimatischen Anlagen

$R_{w,B}$ ..... Schalldämmmaß, bewertet, am Bau

$R_{w,P}$ ..... Schalldämmmaß, bewertet, Prüfstandswert

$R_{w,R}$ ..... Schalldämm-Maß, bewertet, Rechenwert

$R'_{w,res}$ ..... Schalldämm-Maß, bewertetes, resultierendes

R_w; R'_w ..... Schalldämm-Maß

S ..... Selektivitätskennzahl

S ..... Sonneneintragskennwert

SC ..... Shading Coefficient

SZR ..... Scheibenzwischenraum

TR ..... Technische Regeln

TRAV ..... Techn. Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen

TRLV ..... Techn. Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen

TRPV ..... Techn. Regeln für die Bemessung und die Ausführung punktförmig gelagerter Verglasungen

TUV ..... UV-Strahlungstransmission

TVG ..... Teilvorgespanntes Glas

U ..... Wärmedurchgangskoeffizient

U_{CW} ..... Wärmedurchgangskoeffizient, Fassade

U_f; U_m; U_t ..... Wärmedurchgangskoeffizienten der Rahmen-, Pfosten und Riegelprofile

$U_{g, BW}$ ..... Wärmedurchgangskoeffizient, Glas, Bemessungswert

U_g; U_p ..... Wärmedurchgangskoeffizienten von Glas und Füllung

ÜH ..... Übereinstimmungserklärung des Herstellers

ÜHP ..... Übereinstimmungserklärung des Herstellers nach Prüfung

ÜHZ ..... Übereinstimmungszertifikat

UV ..... Ultraviolett

U_w ..... Wärmedurchgangskoeffizient, Fenster

VDI ..... Verein Deutscher Ingenieure

VdS ..... VdS Schadenverhütung GmbH

VG ..... Verbundglas

VOB ..... Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

VSG ..... Verbund-Sicherheitsglas

W ..... Watt

W ..... Window (Fenster)

WPK ..... Werkseigene Produktionskontrolle

ZiE ..... Zustimmung im Einzelfall

11.4 Griechische Formelzeichen

α	Fallhöhe beim Pendelschlag
α	mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient
α	Winkel
α_e	Energieabsorption
β	Bruchverhalten beim Pendelschlag
γ	globaler Sicherheitsbeiwert
Δ	Differenz
Δ_υ	Temperaturdifferenz
ε	Emissionsvermögen
θ	Temperatur
λ	Wellenlänge bei Schall und Licht
λ	Wärmeleitfähigkeit
μ	Mikro
μ	Poissonzahl
μ	Querkontraktionszahl
μm	Mikrometer (= 10^{-6} m)
ρ	Dichte
ρ_e	Sonnenenergiereflexion
Σ	Summe
σ	Biegezugfestigkeit
τ_e	Sonnenenergietransmission
τ_L	Lichttransmissionsgrad
τ_V	Lichttransmissionsgrad
$\tau_{V,BW}$	Lichttransmissionsgrad, Bemessungswert
φ	Fallhöhe beim Pendelschlag
ψ	Wärmedurchgangskoeffizient, längenbezogen
Ω	Ohm

NOTIZEN

11.5 Produktnamen-Harmonisierung

Die in diesem Technischen Handbuch genannten Produkte finden Sie in unserem Produkt-Portfolio unter folgenden Bezeichnungen:

GUARDIAN Produktbezeichnung	Glas Natter Produktbezeichnung
ClimaGuard®	Neutralux
ClimaGuard Premium	Neutralux advance
ClimaGuard Premium Lami	Neutralux advance VSG
ClimaGuard 1.0	Neutralux uno guard
ClimaGuard 1.0 Lami	Neutralux uno guard VSG
ClimaGuard nrG	Neutralux ensolar
ClimaGuard nrG Lami	Neutralux ensolar VSG
LamiGlass®	
LamiGlass Sound Control	VSG SI

Stand 09.2013