



See what's possible™

Guardian Glasstime

Technisches Handbuch

GlasTime

Technisches Handbuch

Herausgeber: Guardian Europe S.à r.l.

Bertrange / Luxemburg

Ausgabe: 2022

See
what's
possible®



Vorwort	3
Meilensteine	5
1. Basisglas	10
1.1 Historisches	10
1.2 Floatglas	10
1.2.1 Farbgebung	12
1.2.2 Eigenschaften	13
Dichte Elastizitätsmodul Emissivität Druckfestigkeit Biegezugfestigkeit Temperaturwechselbeständigkeit Transformationsbereich Erweichungstemperatur Längenausdehnungskoeffizient Spezifische Wärmekapazität Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) Säurebeständigkeit Laugenbeständigkeit Wasserbeständigkeit Aggressive alkalische Stoffe	
1.3 Beschichtungen auf Floatglas	15
1.3.1 Pyrolytisches Verfahren	16
1.3.2 Magnetron-Verfahren	16
Typischer Aufbau einer Magnetron-Sputter-Beschichtung	
2. Isolierglas	20
2.1 Allgemeines	20
2.2 Herstellung	20
2.3 Randverbund	21
2.3.1 Dichtstoffsysteme	21
Primär-Dichtung Sekundär-Dichtung	
2.3.2 Abstandhalter	22
Edelstahl Metall-/Kunststoffkombinationen Thermoplastische Systeme (TPS)	
2.4 Taupunkt und Kondensation	23
2.4.1 Kondensat im Scheibenzwischenraum	23
2.4.2 Kondensat auf der raumseitigen Scheibenoberfläche	23
2.4.3 Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases	25
2.5 Farbwiedergabeindex	26
2.6 Interferenzerscheinungen	27
2.7 Isolierglaseffekt – Klimalasten	27

3.	Licht, Energie und Wärme	32
3.1	Solare Energie	32
3.2	Sichtbares Licht	34
3.3	Wärme	34
3.4	UV-Strahlung	34
4.	Transparente Wärmedämmung	38
4.1	Ökonomie	38
4.2	Ökologie	39
4.3	Behaglichkeit	39
4.4	Wärmeverluste	40
4.5	Emissivität	42
4.6	U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient	42
4.6.1	U _g -Wert	43
	U _g -Wert bei geneigten Glasflächen	
4.6.2	U _f -Wert	43
4.6.3	Ψ-Wert	44
4.6.4	U _w -Wert	44
4.7	Guardian Wärmedämmgläser	45
5.	Transparenter Sonnenschutz	48
5.1	Ökonomie	48
5.2	Ökologie	48
5.3	Behaglichkeit	48
5.4	Solarer Energiefluss durch Glas	49
5.5	g-Wert (Gesamtenergiedurchgang)	50
5.6	Shading coefficient (b-Faktor)	50
5.7	Spektrale Selektivität	50
5.8	Sommerlicher Wärmeschutz	51
5.9	Sonnenschutz mit Glas	53
5.10	Sonnenschutzglas als Designkomponente	54
5.11	SunGuard® Sonnenschutzgläser	54

6.	Transparenter Schallschutz	58
6.1	Humane Aspekte	58
6.2	Schallwellenverhalten	58
6.2.1	Grenzwerte	58
6.2.2	Wahrnehmung	59
6.3	Schallbewertung am Bauwerk	60
6.3.1	Mittlerer Schalldämmwert (R_w)	60
6.3.2	Korrekturfaktoren (C , C_{tr})	61
6.4	Einflussfaktoren auf die Schalldämmung von Glas	62
6.4.1	Scheibengewicht	62
6.4.2	Isolierglasaufbau	63
6.4.3	Gasfüllung	64
6.4.4	Steifigkeit der Verglasung (entkoppelte Einzelscheiben)	64
6.5	Guardian Schalldämmglas	65
7.	Transparente Sicherheit	68
7.1	Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)	68
7.1.1	Herstellung	68
7.1.2	Bauphysikalische Eigenschaften	70
7.1.3	Schlag- und Druckfestigkeit	70
7.1.4	Biegezugfestigkeit	70
7.1.5	Ballwurfsicherheit	70
7.1.6	Wärmeeinflüsse und Thermoschock-Beständigkeit	71
7.1.7	Anisotropien	71
7.1.8	Optische Qualität	71
7.1.9	Feuchtfilm auf ESG	72
7.1.10	Kennzeichnung	72
7.2	Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG-H)	72
7.3	Teilvorgespanntes Glas (TVG)	73
7.3.1	Herstellung	73
7.3.2	Bruchverhalten	74
7.3.3	Resttragverhalten von TVG als Komponente von Verbund-Sicherheitsglas	74
7.3.4	Biegezugfestigkeit (EN 1863-1)	75
7.3.5	Thermoschock-Beständigkeit (EN 1863-1)	75
7.4	Verbund-Sicherheitsglas (VSG)	75
7.4.1	Herstellung	76
7.4.2	Bauphysikalische Eigenschaften	77
7.4.3	Nomenklatur von Verbundgläsern	77

7.4.4	Sicherheitseigenschaften	78
	Schutz vor Verletzungen / Pendelschlagversuch (EN 12600) – passive Sicherheit Angriffshemmende Verglasungen (EN 356) – aktive Sicherheit Durchwurfhemmung (Kugelfall-Versuch) Durchbruchhemmung (Axt-Test) Durchschusshemmung (EN 1063) – aktive Sicherheit Sprengwirkungshemmung (EN 13541) – aktive Sicherheit	
7.5	Sicherheit mit Glas (passive Sicherheit)	81
7.5.1	Absturzsicherung	81
	Raumhohe Verglasungen ohne lastabtragenden Holm (Kategorie A) Am Fußpunkt eingespannte Brüstungen/Ballustraden (Kategorie B) Absturzsichernde Verglasung in Kombination mit lastabtragendem Holm (Kategorie C) Linienförmig gelagerte Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit	
7.5.2	Überkopfverglasungen	84
7.5.3	Begehbare Verglasungen	85
7.5.4	Zu Reinigungs- und Wartungszwecken betretbare Verglasungen	86
7.5.5	Verkehrssicherheit bei verglasten Türen und bodentiefen Verglasungen ohne Anforderungen an Absturzsicherheit	87
7.5.6	Resttragfähigkeitsverhalten im Falle eines Bruches	88
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 mit 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	100
8.1	Fassaden	100
8.1.1	Fassadenfunktionen	100
	Warmfassade Kaltfassade Doppelhaut-Fassaden / ventilierte Systeme Typen von ventilierten Systemen Interaktive (passive) Systeme Sonnenschutzglas in der äußeren Schale Kondensat	
8.1.2	Fassadenkonstruktionen	107
	Pfosten-Riegel-Fassade Structural-Glazing-Fassade Definitionen Typen von strukturellen Verglasungen Relevante Europäische Normen für Strukturelle Verglasungen Beschichtete Gläser in strukturellen Verglasungen Punktgehaltene Fassade Membran-Fassade	

8.2	Keramische Bedruckung von Glas	115
8.2.1	Keramische Auftragsmethoden	116
	Walzenbeschichtung (Roller-Coating) Siebdruck Digitaldruck	
8.2.2	Brüstungsgläser	117
8.2.3	Randemaillierung – Guardian System TEA	118
8.2.4	Dekorativer Druck	120
8.3	Designglas	121
8.3.1	Transferdruck auf Glas	122
8.3.2	Design-Verbund-Sicherheitsglas	122
8.3.3	Farbfolien im VSG	123
8.3.4	Dekoratives Verbundglas	123
8.4	Gebogenes Architekturglas	124
8.4.1	Schwerkraftbiegen	124
8.4.2	Gebogenes vorgespanntes Glas	125
8.4.3	Biegeformen	126
8.4.4	Anforderungen	126
8.4.5	Geeignete Glastypeen	127
8.4.6	Formbestimmung	127
8.4.7	Besonderheiten	128
	Örtliche Verwerfungen Konturtreue Verwindung Kantenversatz Tangentiale Übergänge	
8.4.8	Statische Besonderheiten	130
8.4.9	Kalt-Biegen	130
8.5	Aufzugsverglasungen	132
8.6	Wechselwirkung mit hochfrequenter Strahlung	133
8.6.1	Radarstrahlung und Architekturglas	134
	Radarreflexionsdämpfung mit SunGuard® RD beschichtetem Glas	
8.6.2	Dämpfung von HF-Strahlung/Elektrosmog	136
8.7	Entspiegeltes Glas	138
8.8	Vogelfreundliche Verglasungen	140
8.8.1	Worin besteht das Problem?	140
8.8.2	Bewertung von "vogelfreundlichen" Glaslösungen	140
8.8.3	Glaslösungen für eine bessere Sichtbarkeit für Vögel	141
9.	Standards, Richtlinien, Hinweise	148
9.1	Relevante Normen für Glas am Bau	148
9.2	Toleranzen für standardisierte Anforderungen	150
9.2.1	Basisgläser	150

9.2.2	Zuschnitt	150
	Allgemein Bei Float möglicher Abbruch Spitze Winkel bei ESG, VSG, ISO – Rückschnitt – nicht zu beurteilende Zone Länge, Breite und Rechtwinkligkeit	
9.2.3	Bearbeitung	152
	Kantenbearbeitungsqualitäten Standardtoleranzen Sonder- toleranzen Sonderformen Kantenbearbeitungen Bearbeitungen Eckabschnitt gesäumt < 100 x 100 mm Eckabschnitt gesäumt Randausschnitt gesäumt Standardabmaß für Handbearbeitung – Ausschnittmaße Standardabmaß für CNC-Bearbeitung – Ausschnitt- maße Eckabschnitt geschliffen Eckabschnitt poliert – CNC-Bearbei- tungszentrum Standard Sonderabmaß Eckausschnitt geschliffen Standard Sondermaß Eckausschnitt poliert – CNC-Bearbeitungs- zentrum Standard Sonderabmaß Randausschnitt geschliffen oder poliert – CNC-Bearbeitungszentrum Standardabmaß Sonderabmaß Lochbohrungen Bohrlochdurchmesser Begrenzung und Lage des Bohrlochs Abmaße der Lage der Bohrungen Lochbohrungslagen Senklochbohrungsdurchmesser Senklochbohrungen im VSG	
9.2.4	ESG (Einscheiben-Sicherheitsglas), ESG-H (Heißgelagertes ESG) und TVG (Teilvorgespanntes Glas)	159
	Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas Lokale Verwerfungen („Roller-Waves“) – gültig für Floatglas Empfohlene Mindestglas- dicken in Abhängigkeit des Scheibenaußenmaßes	
9.2.5	Isolierglas	160
	Randverbund Dickentoleranzen im Randbereich des Isolierglases Abmessungstoleranz / Versatz	
9.2.6	Verbund-Sicherheitsglas (VSG)	161
	Maßtoleranzen bei Verbund-Sicherheitsglas Verschiebetoleranz (Versatz) Dickentoleranz	
9.3	Glaskanten	163
9.3.1	Kantenformen	163
9.3.2	Kantenbearbeitung	164
9.3.3	Kantendarstellung und typische Anwendung	164
9.4	Glasecken und -stöße	165
9.4.1	Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Zweifach-Isolierglas	165
9.4.2	Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas	166
9.4.3	Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas	166
9.4.4	Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas	166
9.4.5	Ganzglasecke mit Zweifach-Stufenisolierglas	166

9.4.6	Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisoliervglas	167
9.4.7	Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach-Stufenisoliervglas	167
9.4.8	Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach-Stufenisoliervglas	167
9.5	Glasdickendimensionierung	168
9.6	Gebrauchstauglichkeit linienförmig gelagerter Gläser ...	169
9.6.1	Zielgruppe	169
9.6.2	Einleitung	169
9.6.3	Anwendungsbereich	169
9.6.4	Grundlagen	170
9.6.5	Definitionen und Symbole	171
	Durchbiegung und maximale Durchbiegung w_{\max} Durchbiegungen von Glas und Haltekonstruktion bei linienförmiger Lagerung Durchbiegungen der gelagerten Glaskanten bzw. der Haltekonstruktion Durchbiegungen vierseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben Durchbiegungen zweiseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben Bezugslänge L Bezugslänge für die Durchbiegung der gelagerten Glaskante Bezugslänge für die Durchbiegung der ungelagerten Glaskante bzw. der Glasmitte Glaseinstand i Sehnenverkürzung Δs Verschiebungen im Randverbund bei durchgebogener Isolierglaskante	
9.6.6	Durchbiegungsgrenzwerte	177
9.6.7	Nachweis	178
9.6.8	Literatur	178
9.7	Oberflächenschäden an Glas	179
9.8	Beurteilung der visuellen Qualität von Glas im Bauwesen	179
9.8.1	Visuelle Qualität beschichteter Gläser	179
	Nachweis von Fehlern Bedingungen für die Prüfung Allgemeines Homogenitätsfehler und Flecken Punktförmige Fehler Annahmekriterien für Fehler bei beschichtetem Glas	
9.8.2	Visuelle Qualität von Mehrscheiben-Isolierglas	182
	Beobachtungsbedingungen Mehrscheiben-Isolierglas mit zwei Scheiben aus monolithischen Gläsern Punktförmige Fehler Rückstände Lineare/langgestreckte Fehler Mehrscheiben-Isolierglas mit mehr als zwei Scheiben aus monolithischem Glas Mehrscheiben-Isolierglas mit wärmebehandeltem Glas Randfehler Toleranzen der Abstandhaltergeradheit Gebogenes Mehrscheiben-Isolierglas Weitere visuelle Aspekte von Mehrscheiben-Isolierglas Eigenfarbe Unterschiede in der Farbe des Mehrscheiben-Isolierglases Interferenzerscheinungen Effekte infolge barometrischer Bedingungen (Isolierglas-Effekt, Klimalast) Mehrfachreflexionen Anisotropie (Schillern) Kondensation an den Außenoberflächen des	

Mehrscheiben-Isolierglases | Benetzung der Glasoberflächen |
Bewertung des sichtbaren Bereiches des Isolierglas-Randverbundes |
Mehrscheiben-Isolierglas mit innenliegenden Sprossen | Außen-
flächenbeschädigungen

9.9	Glasbruch	188
9.9.1	Thermischer Bruch / thermische Spannungen	189
	Allgemein Thermisches Bruchbild Bruchauslösende Faktoren Festigkeitsbestimmende Faktoren Bestimmung des thermischen Risikos (Thermische Analyse)	
9.9.2	Typische Bruchbilder	191
9.10	CE-Kennzeichnung	196
9.11	Materialverträglichkeiten	197
9.11.1	Dichtstoffverträglichkeit beschichteter Gläser	197
	Standard Isolierglasanwendungen Guardian SunGuard Beschichtun- gen in Structural-Glazing-Anwendungen	
9.11.2	Keramische Bedruckung beschichteter Gläser	199
	Anforderungen an die Emaillierung von SunGuard® für monolitische Brüstungsanwendungen Keramische Bedruckung mit Emaille vom Typ Ferro System 140 SunGuard® HD in Kombination mit kerami- scher Bedruckung an Oberfläche #1	
9.11.3	Architektur-Beschichtungen in Verbundgläsern	203
9.12	Reinigung von Glas	204
9.12.1	Einführung	205
9.12.2	Reinigungsarten	205
	Während des Baufortschritts Während der Nutzung	
9.12.3	Reinigungsvorschriften für Glas	206
	Allgemeines Besonders veredelte und außenbeschichtete Gläser Weitere Hinweise	
9.13	Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas ...	208
9.13.1	Einleitung	208
9.13.2	Geltungsbereich	209
9.13.3	Grundsätzliche Forderungen	209
9.13.4	Transport, Lagerung und Handhabung	210
	Transport auf Gestellen Transport mit Kisten	
9.13.5	Einbau	210
9.13.6	Klotzung	210
9.13.7	Mechanische Beanspruchungen	211
9.13.8	Glasfalz, Abdichtung und Dampfdruckausgleich	211

9.14	Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas	212
9.14.1	Einleitung	212
9.14.2	Dreifach-Wärmedämmgläser	213
	Aufbau von Dreifach-Wärmedämmgläsern Standardprodukte Erreichbare U-Werte Erreichbare g-Werte Bilanz-U-Werte Spezielle Beschichtungen	
9.14.3	Einflussfaktoren für die Haltbarkeit	215
	Scheibenzwischenraum und Scheibenformat (Fläche, Seitenverhältnis) Rückenüberdeckung Glasdimensionierung Beschichtungsebenen Sonderfunktionen Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung) Schallschutz Sonnenschutz	
9.14.4	Verglasungsvorschriften	217
	Klotzung Vergrößerter Glaseinstand	
9.14.5	Weitere Merkmale	218
	Außenkondensation (→ Kapitel 2.4.3) Isolierglaseffekt (→ Kapitel 2.7, Kapitel 9.8.2.8.4) Optische Qualität Eigenfarbe (→ Kapitel 9.8.2.8.1) Randverbund und Sprossen	
9.15	Kompass „Warme Kante“ für Fenster und Fassaden	219
9.15.1	Einleitung	219
9.15.2	Was ist „Warme Kante“?	220
9.15.3	Grundlagen für die BF-Datenblätter	223
	Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eq,2B}$ Erteilung und Gültigkeit Zulässiger Anwendungsbereich	
9.15.4	Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘	226
	Layout Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fenster	
9.15.5	Datenblätter, Psi-Werte Fassadenprofile‘	230
	Layout U_{cw} -Werte für Pfosten-Riegel-Fassaden Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fassadenprofile	
9.15.6	Der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘	234
	Die Mitglieder Ergebnisse der bisherigen Tätigkeit Ausblick	
9.15.7	Wärmetechnische Behandlung von Sprossenfenstern	236
	Pauschalaufschläge für Sprossen nach EN 14351-1 Das Forschungsvorhaben der ad hoc Gruppe ‚Sprossen‘ des BF Tabellen mit pauschalen Sprossen-Psi-Werten	
9.15.8	Literatur	239

9.16	Einbauempfehlungen für integrierte Systeme im Mehrscheiben-Isolierglas.....	240
9.16.1	Geltungsbereich	240
9.16.2	Verglasung von integrierten Systemen im Mehrscheiben-Isolierglas	241
	Forderungen Glasfalzausbildung Klotzung	
9.16.3	Lagerung, Transport, Einbau, Prüfung.....	242
	Funktionsprüfung Inbetriebnahme	
9.16.4	Kabelverbindung	242
	Kabelverlegung Zubehör	
9.16.5	Fensterkontakte und -übergänge.....	243
	Kontakte	
9.17	Transport und Lagerung.....	243
10.	Produktauswahl	246
10.1	Floatglas	246
10.2	Wärmedämmglas	248
10.3	Sonnenschutzglas.....	250
10.4	Entspiegeltes Glas	267
10.5	Schallschutzglas	268
10.6	Sicherheitsglas.....	273
11.	Suchen und Finden	280
11.1	Dienstleistungsangebot.....	280
11.1.1	Guardian Glass Analytics Online-Berechnungssoftware	280
	Guardian Performance Calculator Guardian Glas-Visualisierer Guardian Acoustic Assistant	
11.1.2	Guardian Possibilities Webseite	281
11.1.3	Glas- und anwendungsrelevante Berechnungen	281
11.1.4	Technische Kundenbetreuung	282
11.1.5	Kompetenztransfer	282
11.2	Sachwortverzeichnis.....	284
11.3	Abkürzungen, allgemein	292
11.4	Griechische Formelzeichen	297

1

Basisglas

2

Isolierglas

3

Licht, Energie und Wärme

4

Transparente Wärmedämmung

5

Transparenter Sonnenschutz

6

Transparenter Schallschutz

7

Transparente Sicherheit

8

Transparenter Glasbau

9

Standards, Richtlinien, Hinweise

10

Produktauswahl

11

Suchen und Finden

[Historisches](#) | [Floatglas](#) | [Farbgebung](#) | [Eigenschaften](#) | [Beschichtungen auf Floatglas](#) | [Pyrolytisches Verfahren](#) | [Magnetron-Verfahren](#)

[Allgemeines](#) | [Herstellung](#) | [Randverbund](#) | [Dichtstoffsysteme](#) | [Abstandhalter](#) | [Taupunkt und Kondensation](#) | [Kondensat im Scheibenzwischenraum](#) | [Kondensat auf der raumseitigen Scheibenoberfläche](#) | [Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases](#) | [Farbwiedergabeindex](#) | [Interferenzerscheinungen](#) | [Isolierglaseffekt - Klimastasten](#)

[Solare Energie](#) | [Sichtbares Licht](#) | [Wärme](#) | [UV-Strahlung](#)

[Ökonomie](#) | [Ökologie](#) | [Behaglichkeit](#) | [Wärmeverluste](#) | [Emissivität](#) | [U-Wert - Wärmedurchgangskoeffizient](#) | [U_g-Wert](#) | [U_f-Wert](#) | [Ψ-Wert](#) | [U_w-Wert](#) | [Guardian Wärmedämmgläser](#)

[Ökonomie](#) | [Ökologie](#) | [Behaglichkeit](#) | [Solarer Energiefluss durch Glas](#) | [g-Wert \(Gesamtenergiedurchgang\)](#) | [Shading coefficient \(b-Faktor\)](#) | [Spektrale Selektivität](#) | [Sommerlicher Wärmeschutz](#) | [Sonnenschutz mit Glas](#) | [Sonnenschutzglas als Designkomponente](#) | [SunGuard® Sonnenschutzgläser](#)

[Humane Aspekte](#) | [Schallwellenverhalten](#) | [Grenzwerte](#) | [Warnehmung](#) | [Schallbewertung am Bauwerk](#) | [Mittlerer Schalldämmwert \(R_v\)](#) | [Korrekturfaktoren \(C, C_v\)](#) | [Einflussfaktoren auf die Schalldämmung von Glas](#) | [Scheibengewicht](#) | [Isolierglasaufbau](#) | [Gasfüllung](#) | [Steifigkeit der Verglasung \(entkoppelte Einzelscheiben\)](#) | [Guardian Schalldämmglas](#)

[Einscheiben-Sicherheitsglas \(ESG\)](#) | [Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas \(ESG-H\)](#) | [Teilvorgespanntes Glas \(TVG\)](#) | [Verbund-Sicherheitsglas \(VSG\)](#) | [Sicherheit mit Glas \(passive Sicherheit\)](#) | [Empfehlungen für bestimmte Glasanwendungen](#)

[Fassaden](#) | [Keramische Bedruckung von Glas](#) | [Designglas](#) | [Gebogenes Architekturglas](#) | [Aufzugsverglasungen](#) | [Wechselwirkung mit hochfrequenter Strahlung](#) | [Entspiegeltes Glas](#) | [Vogelfreundliche Verglasungen](#)

[Normen](#) | [Glaskanten](#) | [Glasecken und -stöße](#) | [Glasdimensionierung](#) | [Gebrauchstauglichkeit linienförmig gelagerter Gläser](#) | [Oberflächenschäden](#) | [Beurteilung der visuellen Qualität von Glas](#) | [Glasbruch](#) | [CE-Kennzeichnung](#) | [Materialverträglichkeiten](#) | [Reinigung von Glas](#) | [Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas](#) | [Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas](#) | [Kompass „Warme Kante“](#) | [Integrierte Systeme](#) | [Transport und Lagerung](#)

[Floatglas](#) | [Wärmedämmglas](#) | [Sonnenschutzglas](#) | [Entspiegeltes Glas](#) | [Schallschutzglas](#) | [Sicherheitsglas](#)

[Dienstleistungsangebot](#) | [Guardian GlassAnalytics Online-Berechnungssoftware](#) | [Guardian Possibilities Webseite](#) | [Glas- und anwendungsrelevante Berechnungen](#) | [Technische Kundenbetreuung](#) | [Kompetenztransfer](#) | [Sachwortverzeichnis](#) | [Abkürzungen, allgemein](#) | [Griechische Formelzeichen](#)



Elbphilharmonie Hamburg, Hamburg, Deutschland
SunGuard® HD Light Blue 52 | 3-dimensional schwerkraftgebogenes, laminiertes
und keramisch bedrucktes Isolierglas und Einfachglas
Architekt: Herzog & De Meuron, Basel | Foto: © Cordelia Ewerth



Ohne Glas ist die Welt
an der Wand zu Ende.



La Casa del Desierto, Gorafe, Spanien | SunGuard® SNX 60
Architekt: OFIS architects | Foto: © Gonzalo Botet



Guus Boekhoudt

Vizepräsident Flat Glass Europe
& Geschäftsführer Guardian Europe S.à r.l.

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. Die moderne Architektur hat sich dieses besondere Material als Baustoff zu Nutze gemacht und schafft Wohn- und Arbeitsstätten, deren Transparenz und Großzügigkeit trotz Schutzfunktion Offenheit garantieren. Glas hat sich zu einem Produkt entwickelt, welches das Leben der Menschen verbessert.

Das zunehmende Bedürfnis nach Tageslicht und Sicherheit aber auch die Dringlichkeit Energie einzusparen, führen zu einem vermehrten Einsatz von Glas in Wohnhäusern und den Gebäudehüllen kommerzieller Gebäude. 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, bringt Licht noch tiefer in die Gebäude und spiegelt den Lifestyle unserer Zeit wider.

Glastüren, -duschen, -möbel, -trennwände und -accessoires gehören für unsere Generation wie selbstverständlich zum Wohn- und Arbeitsumfeld. Hightech-Funktionselemente, wie Display-Glas oder Glasoberflächen für modernen Bedien- und Kommunikationskomfort stehen neben Solarthermie und Photovoltaik-Elementen für ein breites Spektrum von Komponenten, die unsere heutige Welt prägen und die Zukunft beeinflussen werden. 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 7000-jährigen Tradition wird auch in diesem Jahrhundert seinen Siegeszug weiter fortsetzen – wir tragen seit nahezu neun Jahrzehnten dazu bei.

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.

Deshalb liegt es nahe, mit diesem Handbuch einen Teil unseres Wissens über Glas und dessen Anwendung und seine Möglichkeiten 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 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“.



Meilensteine

1 Guardian Luxguard I / Bascharge

Start: 1981

2 Guardian Llodio

Start: 1984

3 Guardian Orosháza

Start: 1991

4 Guardian Tudela

Start: 1993

5 Guardian Flachglas Bitterfeld-Wolfen

Start: 1996

6 Guardian Czeszochowa

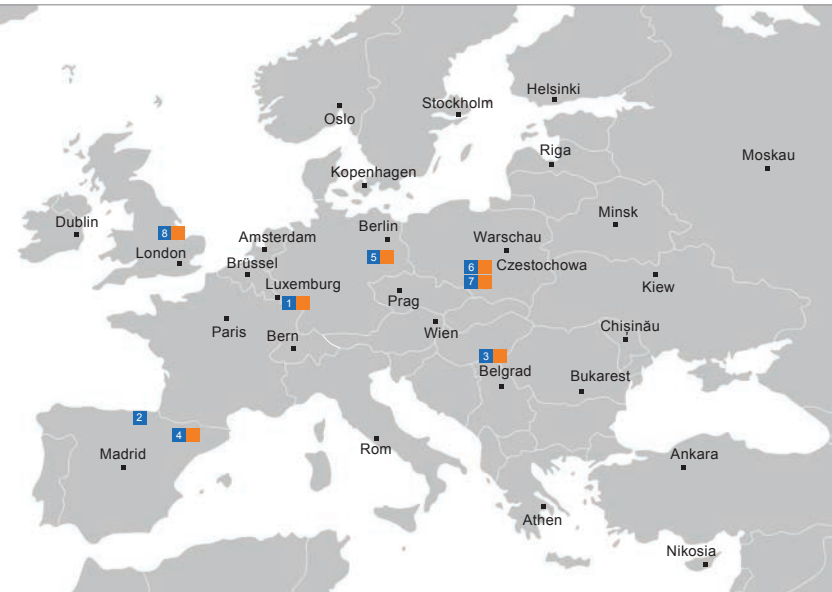
Start: 2002


7 Guardian Czeszochowa II

Start: 2020

8 Guardian UK Goole

Start: 2003



 Floatglaslinie

 Glasbeschichtungsanlage

Stand: 2022

Von bescheidenen Anfängen zur globalen Präsenz

Die Geschichte von Guardian Industries beginnt 1932 als Guardian Glass Company mit der Herstellung von Windschutzscheiben in Detroit, Michigan (USA). Heute ist Guardian Industries Corp. ein global produzierendes Unternehmen mit Hauptsitz in Auburn Hills, Michigan (USA). Guardian beschäftigt 18 000 Mitarbeiter und betreibt Werke in Nordamerika, Europa, Südamerika, Afrika, im Nahen Osten und in Asien.

Die Guardian Unternehmen stellen Hochleistungsfloatglas, beschichtete und transformierte Glasprodukte für Architektur, Wohnen, Innendesign, Transport und technische Glasanwendungen her. Zum Portfolio gehören auch hochwertige verchromte und lackierte Kunststoffkomponenten für die Automobilindustrie. Die Vision von Guardian ist es, kontinuierlich Werte für seine Kunden und die Gesellschaft durch ständige Innovationen bei geringerem Einsatz von Ressourcen zu schaffen. Guardian ist eine 100%ige Tochtergesellschaft von Koch Industries, Inc.

Im Jahr 1970 wurde die erste Floatglasanlage in Carleton, Michigan, eröffnet, die Glas nach dem damals noch neuen Verfahren herstellt. Dabei wird die geschmolzene Glasmasse schwimmend auf einem Bad aus flüssigem Zinn zu einem endlosen Glasband geformt. Guardian stieg dadurch in den Kreis der „großen“ Flachglashersteller auf und bestimmte seither die Entwicklung der Flachglas-Technologie maßgeblich mit. Zu dieser Zeit war Guardian das erste Unternehmen, das in die US-amerikanische Primärglasindustrie seit fast 50 Jahren eingestiegen ist. Heute betreibt Guardian Glass 22 Floatglas Linien und 13 Verarbeitungswerke auf der ganzen Welt.

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 verbessern und erweitern.

Mit Hunderten neuer Patente, unzähligen Produkten und Anlagen auf dem neuesten Stand der Technik und einem Team von engagierten Fachleuten auf der ganzen Welt, ist Guardian bereit, sich den Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte zu stellen. Unsere Produkte und Lösungen sind ein wesentlicher Bestandteil vieler Wohngebäude, Hochhäuser und Automobile auf der ganzen Welt.

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 „LuxGuard“ in Bascharage, Luxemburg, erstrecken sich die Aktivitäten derzeit bereits in sechs Ländern Europas mit 8 Floatglas-Linien sowie sechs hochmodernen Offline-Beschichtungsanlagen.



Foto: © Guardian Flachglas, Bitterfeld-Wolfen (Deutschland)



Tour Incity, Lyon, Frankreich | SunGuard® HD Silver 70
Architekt: Valode & Pistre | Foto: © Stanislas Ledoux

1. Basisglas

1.1	Historisches	10
1.2	Floatglas	10
1.2.1	Farbgebung	12
1.2.2	Eigenschaften	13
	Dichte Elastizitätsmodul Emissivität Druckfestigkeit Biegezugfestigkeit Temperaturwechselbeständigkeit Transformationsbereich Erweichungstemperatur Längenausdehnungskoeffizient Spezifische Wärmekapazität Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) Säurebeständigkeit Laugenbeständigkeit Wasserbeständigkeit Aggressive alkalische Stoffe	
1.3	Beschichtungen auf Floatglas	15
1.3.1	Pyrolytisches Verfahren	16
1.3.2	Magnetron-Verfahren	16
	Typischer Aufbau einer 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 Zylinderblasverfahren bis hin zur Mondglastechnik ausschließlich handwerklich geprägt. Die Folge waren geringe Mengen und kleine Scheiben, die nahezu ausschließlich in Kirchenfenstern ihren Platz fanden.

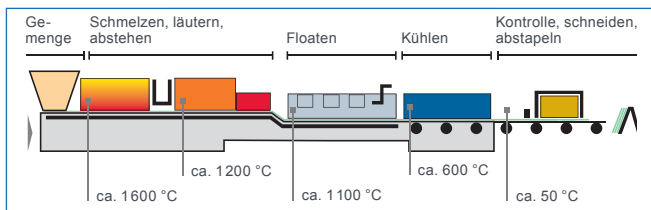
Im 17. Jahrhundert steigt der Bedarf, da nunmehr neben den Kirchenbaumeistern auch die Bauherren von Schlössern und hochherrschaftlichen Stadthäusern das Glas als Raumabschluss entdecken. Zunächst entwickelten französische Glasmacher ein Walzverfahren, bei dem 1,20 x 2 m große Glastafeln produziert werden 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

Flachglas, 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 und schwimmt sozusagen oben auf. 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.

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 1600 °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 1200 °C ab, bevor sie mit etwa 1100 °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.



Blick in das Zinnbad

Im Rollen Kühlkanal 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 mangelbehaftete Glas nach dem späteren Zuschnitt ausgesondert.

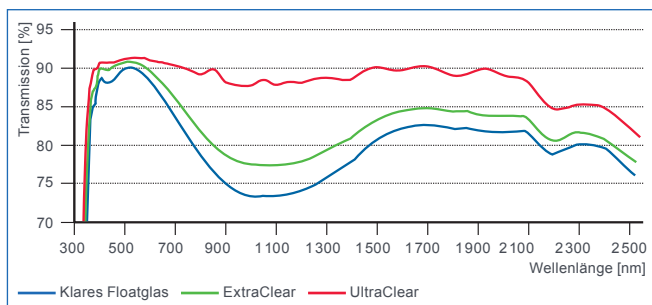


Der Zuschnitt erfolgt quer zum Endlosband meist in einem Abstand von 6 Metern oder kleiner. Die beiden Ränder des Glasbandes werden ebenso abgeschnitten, so dass in der Regel Floatglas-Tafeln von 3,21 m x 6 m entstehen, die auf Gestellen zur späteren Weiterbearbeitung abgestapelt oder aber direkt weiterverarbeitet werden. Inzwischen lassen sich auch bereits längere Tafeln von 7 oder 9 m Länge oder sogar darüber hinaus 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 sehr 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.

Mit seinem Standardprodukt Guardian ExtraClear® bietet Guardian dem Markt ein Basisglas, welches sich durch einen reduzierten Eisengehalt auszeichnet. 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 KlimaGuard® 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.



Typen klarer Floatgläser

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 $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$. 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 $E = 7 \times 10^{10} \text{ Pa}$, 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 $\epsilon = 0,89$, das heißt, 89 % der aufgenommenen Wärme wird wieder abgestrahlt (→ Kapitel 4.5).

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

1.2.2.6 Temperaturwechselbeständigkeit

Die Beständigkeit von Floatglas gegenüber Temperaturdifferenzen über die Scheibenfläche wird in der Norm für Kalk-Natron-Glas EN 572-1 als Materialkenngröße für spannungsfreies Flachglas mit 40 K (Kelvin) definiert. Das bedeutet, dass ein Temperaturunterschied von bis zu 40 K innerhalb einer Glasfläche keine Auswirkung hat. Andere Normen, wie die französische NF DTU 39-3, welche sich mit thermischem Bruchrisiko von Architekturglas beschäftigt, gehen bis 42 K. 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 9.9.1) 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 Längenänderung des Floatglases bei Temperaturanstieg an und ist für die Verbindung zu anderen Werkstoffen äußerst entscheidend: $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 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.

Basisglas

1.2.2.10 Spezifische Wärmekapazität

Die Kennzahl C gibt an, welche Wärmemenge notwendig ist, um 1 kg Floatglas um 1 K zu erwärmen: $C = 800 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

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 $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (→ Kapitel 4.6).

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 Aggressive alkalische Stoffe

wie sie beispielsweise aus frischem, noch nicht abgeundenem 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 (→ Kapitel 9.11).

1.3 Beschichtungen auf Floatglas

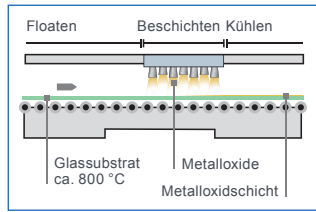
Die industriell in großen Mengen erzeugten Beschichtungen auf Floatglas unterscheiden sich grundsätzlich durch zwei Techniken. Die eine ist das chemische Pyrolyse-Verfahren, auch Hardcoating genannt, die zweite ist ein physikalischer Prozess, auch als Vakuumprozess oder Magnetron-Sputtering bezeichnet.

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 Metalloxyde aufgesprüht, die in die Oberfläche fest einbrennen. 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.



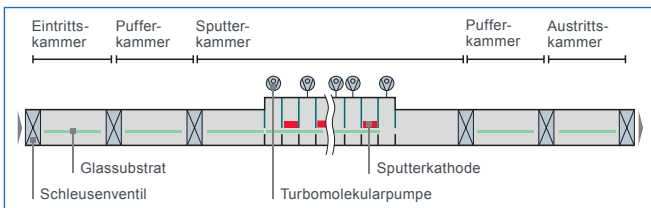
Pyrolytisches Verfahren (online)

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.

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 Vakuumkammerwand 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, Metalloxyde oder Metallnitride abzuscheiden.

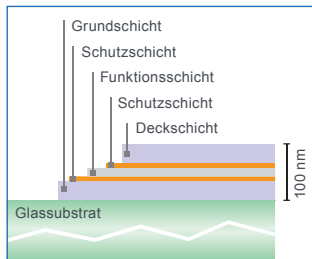


Schnitt durch eine Magnetron-Beschichtungsanlage

1.3.2.1 Typischer Aufbau einer Magneton-Sputter-Beschichtung

Grund- und Deckschicht:

- Dielektrische Materialien, beeinflussen Reflexion, Transmission und Farbe der Beschichtung.
- Mechanische Widerstandsfähigkeit.



Schichtaufbau einer High-Performance-Beschichtung

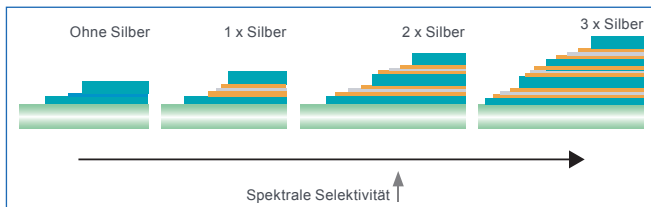
Funktionsschicht:

- Z. B. Silber oder andere Metalle/Legierungen.
- Verantwortlich für die Reflexion von langwelliger Wärme- und/oder kurzwelliger solarer Strahlung.
- Beeinflussen Wärmedurchgang (U-Wert), Energiedurchgang (g-Wert) und Lichttransmission.

Schutzschichten:

- Schutz der Silber-Funktionsschicht gegenüber chemischen und mechanischen Einflüssen.

Um die spektrale Selektivität von Sonnenschutzbeschichtungen zu verbessern, kann die Silber-Funktionsschicht durch zwischensputtern von dielektrischem Material aufgesplittet werden. Damit werden sogenannte 2-fach- und 3-fach-Silber-Beschichtungen hergestellt – siehe Abbildung. Durch die entspiegelnde Wirkung dieser zusätzlichen Schichten erhöht sich die Transparenz der Beschichtungen bei gleichzeitig niedrig bleibender Durchlässigkeit für solare Strahlung.





W Hotel La Vela, Barcelona, Spanien | SunGuard® HP Silver 43/31
Architekt: Ricardo Bofill Taller de Arquitectura | Foto: © courtesy of Ricardo Bofill

2.	Isolierglas	
2.1	Allgemeines.....	20
2.2	Herstellung.....	20
2.3	Randverbund.....	21
2.3.1	Dichtstoffsysteme.....	21
	Primär-Dichtung Sekundär-Dichtung	
2.3.2	Abstandhalter.....	22
	Edelstahl Metall-/Kunststoffkombinationen Thermoplastische Systeme (TPS)	
2.4	Taupunkt und Kondensation.....	23
2.4.1	Kondensat im Scheibenzwischenraum.....	23
2.4.2	Kondensat auf der raumseitigen Scheibenoberfläche.....	23
2.4.3	Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases.....	25
2.5	Farbwiedergabeindex.....	26
2.6	Interferenzerscheinungen.....	27
2.7	Isolierglaseffekt – Klimalasten.....	27



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

2.1 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 2.4). In den letzten Jahrzehnten wurden standardmäßig Aluminium-Abstandhalter verwendet, die in jüngster Zeit immer häufiger durch Systeme ersetzt werden, deren Wärmeleitfähigkeit niedriger ist (Warme Kante).

2.2 Herstellung

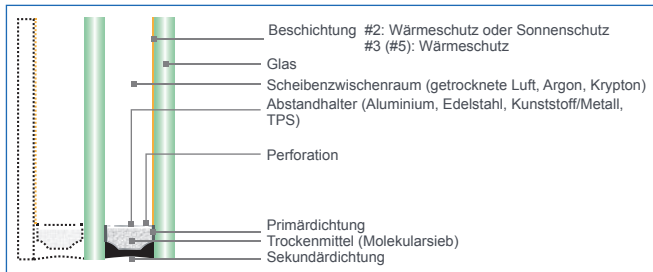
Heutzutage werden Isoliergläser in so genannten Zwei-Barrieren-System verklebt. Das bedeutet, dass beidseits auf den Flanken des mit Trockenmittel gefüllten Abstandhalters über eine durchgängige Butyl-Klebeschnur die beiden Glastafeln bündig verklebt werden. Das Trockenmittel sorgt dabei dauerhaft für ein Entfeuchten des SZR. 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 (→ Kapitel 9.10.1). Somit ist die Funktionsschicht hermetisch eingeschlossen und dauerhaft geschützt. Die Butyl-Klebedichtung, auch innere Dichtebene oder Primär-Dichtung 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 (Sekundär-Dichtung) 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 oder mit struktureller Funktion wird anstelle dieser Klebematerialien ein UV-beständiges Silikon verwendet (→ Kapitel 8.1.2.2).



Aufbau einer Isolierglaseinheit

2.3 Randverbund

2.3.1 Dichtstoffsysteme

Die Dichtstoffmatrix eines Isolierglases besteht üblicherweise aus einem 2-Barrieren-System:

2.3.1.1 Primär-Dichtung

- "Klebeschnur" auf beide Seiten des Abstandhalters extrudiert.
- Material: Polyisobutylen (Butyl).
- Gute Haftung auf Glas und Abstandhalter.
- Verhindert Eindringen von Wasserdampf und Austreten des Füllgases.
- Hauptdichtung und verantwortlich für Dauerhaftigkeit des Isolierglases.



Butyl als Material für die Primär-Dichtung besitzt eine extrem niedrige Durchlässigkeit für Füllgase ($< 0,002 \text{ g/m}^2\text{h}$) und Wasserdampf ($< 0,1 \text{ g/m}^2\text{d}$) – nach EN 1279-4.

2.3.1.2 Sekundär-Dichtung

- Verklebung von Glas und Abstandhalter.
- Sorgt für mechanische Festigkeit des Randverbundes.
- Schutz der Primär-Dichtung.
- Zusätzliche Diffusionssperre.

Folgende Materialien werden am häufigsten als Sekundär-Dichtung verwendet:

- Polysulfid (2-komponentiges organisches Polymer).
- Polyurethan (2-komponentiges organisches Polymer).
- Hotmelt (1-komponentiges organisches Polymer).
- Silikon (1- oder 2-komponentig).

Die Gas- und Feuchtedurchlässigkeit organischer Polymere ist deutlich niedriger verglichen mit Silikon.

Jedoch sind diese organischen Dichtstoffe nicht beständig gegenüber UV-Strahlung und müssen daher immer abgeschirmt werden. Isoliergläser, wo der Randverbund ungeschützt dem Tageslicht und UV-A-Strahlung ausgesetzt ist, müssen mit Silikon als Sekundär-Dichtstoff ausgerüstet sein. Durch seine höhere Bindungsenergie ist Silikon UV-beständig.

2.3.2 Abstandhalter

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

Bis vor wenigen Jahren wurde das Gros der Isoliergläser mit Aluminium-Abstandhaltern gefertigt. Steigende Anforderungen haben allerdings zur Entwicklung wärmetechnisch verbesserter Alternativen geführt, die mittlerweile die Isolierglasproduktion dominieren. Diese thermisch verbesserten Abstandhalter werden auch als „Warme Kante“ bezeichnet (→ Kapitel 9.15).

Mit dem linearen Wärmeleitkoeffizienten – dem Ψ (Psi) - Wert – beeinflusst das Material des Abstandhalters direkt den Wärmedurchgangskoeffizienten der Fensterkonstruktion U_w . (→ Kapitel 4.6.3 und 4.6.4).

2.3.2.1 Edelstahl

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

2.3.2.2 Metall-/Kunststoffkombinationen

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.

2.3.2.3 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 4.6.3).

2.4 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:

2.4.1 Kondensat 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. Kondensat von Feuchtigkeit im SZR kündigt von einem defekten Randverbund, fehlendem Trockenmittel oder einer fehlerhaften Fertigung.

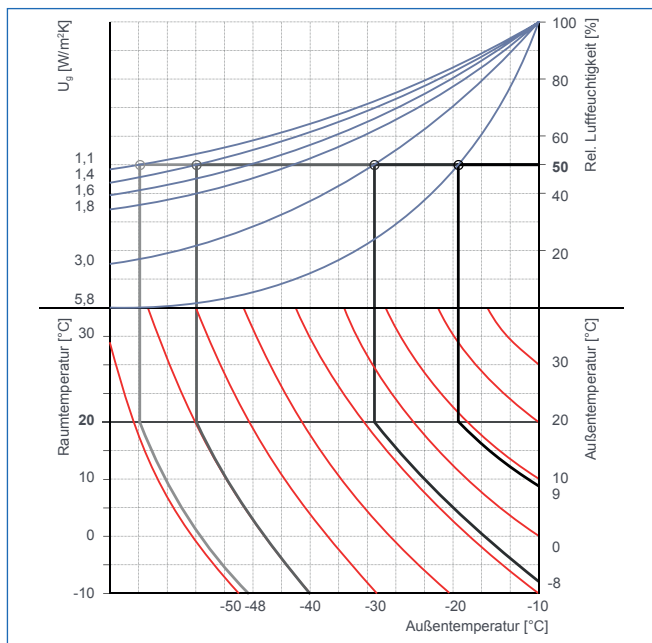
2.4.2 Kondensat auf der raumseitigen Scheibenoberfläche

Tritt an schlecht wärmegeprägten Isoliergläsern oder Einzelscheiben 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 Taupunkt diagramm lässt sich die Außentemperatur ermitteln, bei der eine Verglasung auf der Raumseite beschlägt (= Tauwasser bildet = Taupunkt).



Taupunkt diagramm

Beispiele

(siehe Taupunkt diagramm):

- 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.

* Kondensatbildung bei angegebenen Temperaturen

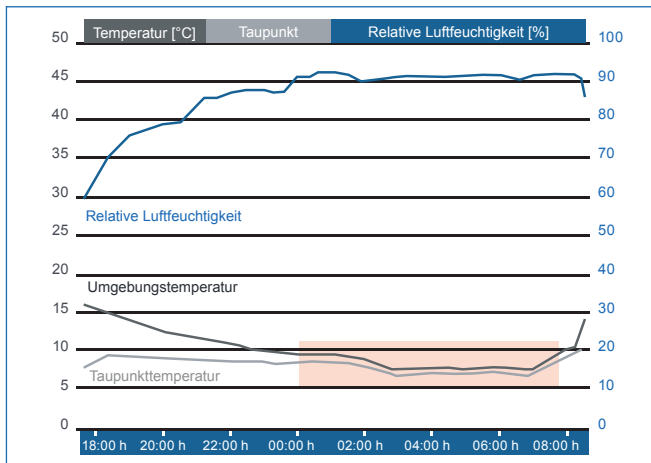
2.4.3 Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche des Isolierglases

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.

3-fach-Verglasungen und Dachfenster zeigen meist eine deutlich größere Tendenz zur Bildung von Kondensat auf den Außenflächen.

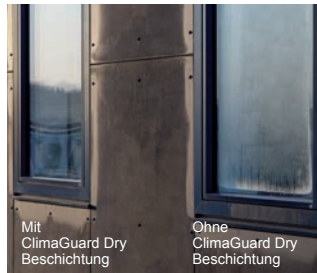
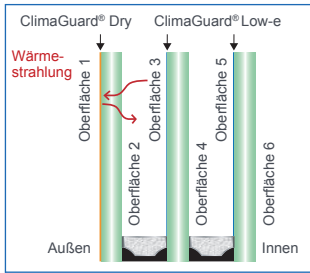
Das Diagramm zeigt eine typische Situation. Im kritischen Bereich (rosa hinterlegt) ist die Umgebungstemperatur im Bereich des Taupunktes.



Guardian bietet mit ClimaGuard Dry eine spezielle Beschichtung an, die auch in den Morgenstunden einen ungetrübten Blick durch die Verglasung sicherstellt (→ Kapitel 4.7).



Die an der beschichteten Außenfläche in die Isolierglaseinheit zurück-reflektierte Wärmestrahlung sorgt für eine etwas wärmere Außenscheibe und damit eine signifikant niedrigere Tendenz zur Bildung von Kondensat.



2.5 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 3.2).

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.

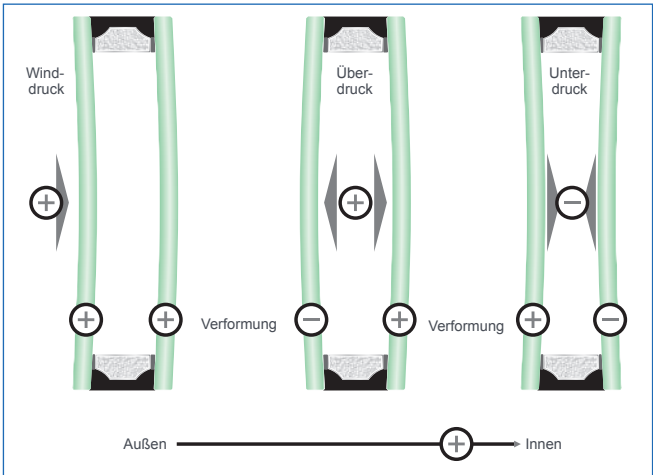
2.6 Interferenzerscheinungen

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 (→ Kapitel 9.8.2.8.3).

2.7 Isolierglaseffekt – Klimalasten

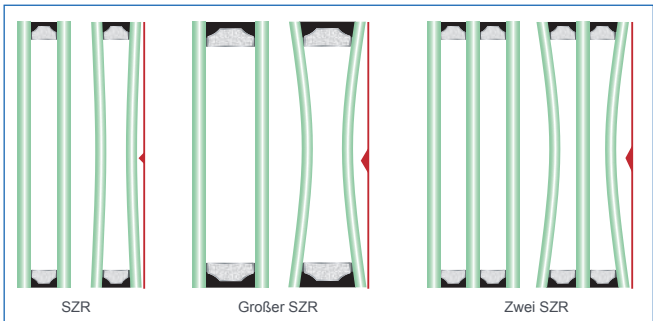
Teil eines jeden Isolierglases ist mindestens ein hermetisch abgeschlossener Raum, der Scheibenzwischenraum. Da dieser Raum mit Luft oder Gas gefüllt ist, verhalten sich die angrenzenden Scheiben wie Membranen, die bei Luftdruckschwankungen im Umfeld ein- und ausbauchen.

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. Die beiden Scheibenzwischenräume einer 3-fach-Verglasung haben den gleichen Effekt wie ein sehr großer Zwischenraum einer 2-fach-Verglasung mit der selben Gesamtstärke. 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 (→ Kapitel 9.8.2.8.4).



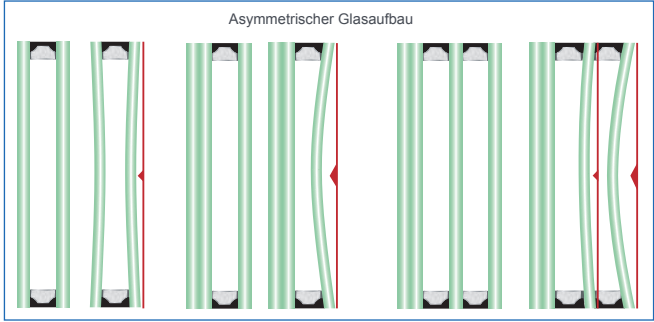
Isolierglaseffekt

Die durch Druckunterschiede (Klimalasten) erzeugten Verformungen führen zu mechanischer Belastung der einzelnen Scheiben aber auch des Randverbundes eines Isolierglases. Besonders kritisch sind asymmetrische Aufbauten zu bewerten, da sich hier die dünneren Gläser stärker verformen als dickere oder laminierte Gläser. Auch kleine und schmale Isoliergläser sind besonders gefährdet, da die einzelnen Scheiben in viel geringerem Maße den Volumenschwankungen des Füllgases folgen können und der entsprechende Druck nicht durch Verformung abgebaut werden kann.



Guardian empfiehlt eine genauere Untersuchung potentieller Klimalasten bei 3-fach-Verglasungen mit großen SZR, ungünstigen Abmessungen (schmale Geometrien) und asymmetrischen Aufbauten.

Im Falle kritischer Lastszenarien sollten die betroffenen Gläser thermisch vorgespannt werden. Zusätzlich muß in solchen Fällen die Dichtstofftiefe im Randverbund überprüft und ggf. angepaßt werden, um die mechanische Stabilität und damit die Lebensdauer des Isolierglases sicherzustellen.





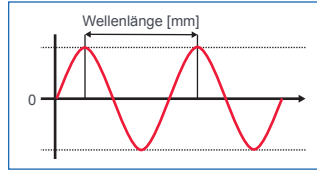
Oliphant, Amsterdam, Niederlande | SunGuard® SNX 50
Architekt: OZ Architect | Foto: © Georges De Kinder

3. Licht, Energie und Wärme

3.1	Solare Energie.....	32
3.2	Sichtbares Licht.....	34
3.3	Wärme	34
3.4	UV-Strahlung.....	34

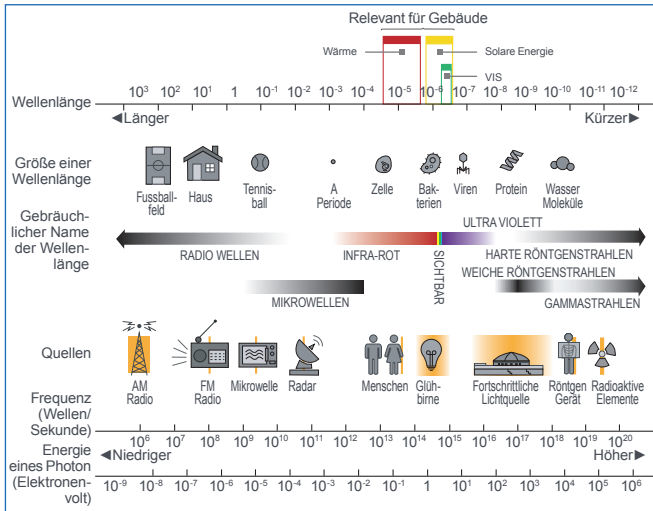


Die allgemein gebräuchlichen Begriffe „Licht“, „Energie“ und „Wärme“ beschreiben bestimmte Bereiche des elektromagnetischen Spektrums.



Der für Architekturglas im Zusammenhang mit Licht und solarer Energie relevante Bereich erstreckt sich nach Definition der EN 410 im Wellenlängenbereich von 300 – 2500 nm (0,0003 - 0,0025 mm) und wird als kurzwellige Strahlung bezeichnet. Wärme hingegen ist langwellige Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 5000 and 50000 nm (0,005 – 0,05 mm) – Definition nach EN 673.

Größere Wellenlängen liegen im Bereich der Radar-, Mikro- und Radiowellen, kleinere im Bereich der Röntgen- und Gammastrahlung.



Das elektromagnetische Spektrum

3.1 Solare Energie

Der Teil der Strahlung, der ausgehend von der Sonne auf die Erde gelangt, wird als solare Energie oder umgangssprachlich oft einfach nur als „Energie“ bezeichnet. Der Wellenlängenbereich wurde durch internationale Normung (EN 410) von 300 bis 2500 nm festgelegt und schließt die folgenden Bereiche ein:

Licht, Energie und Wärme

- Ultra violet (UV)
300 ... 380 nm.
- Sichtbares Licht (VIS)
380 ... 780 nm.
- Nahes Infra-Rot (IR)
780 ... 2500 nm.

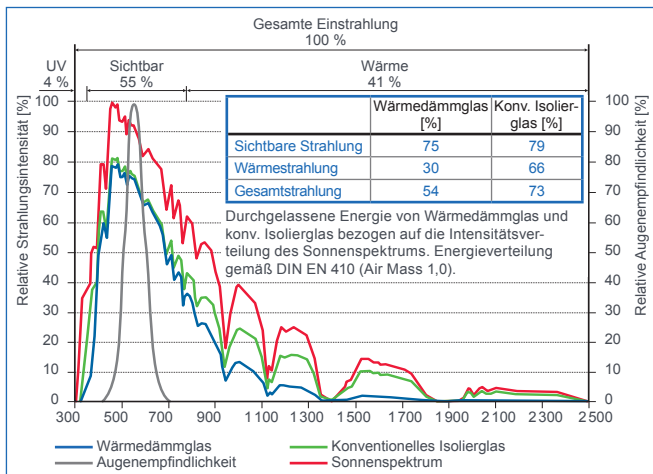


Strahlung im Zusammenhang mit der solaren Energie ist kurzweilig und damit energiereich.

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.

Je kleiner die Wellenlänge, desto mehr Energie wird transportiert. Das heißt, dass im sichtbaren Anteil der solaren Strahlung eigentlich die größte 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. Die sogenannte spektrale Selektivität, ein wichtiges Qualitätsmerkmal moderner energieeffizienter Sonnenschutzverglasungen, beschreibt das Verhältnis der durchgelassenen sichtbaren Lichtstrahlung zur durchgelassenen gesamten solaren Strahlung (→ Kapitel 5.7).

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 der Gesamtenergiedurchlassgrad ab (→ Kapitel 5.5).



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



3.2 Sichtbares 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 den nun dominierenden monochromatischen, gelblichen Farbtönen erscheinen lassen.

3.3 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 5000 und 50000 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 4).

3.4 UV-Strahlung

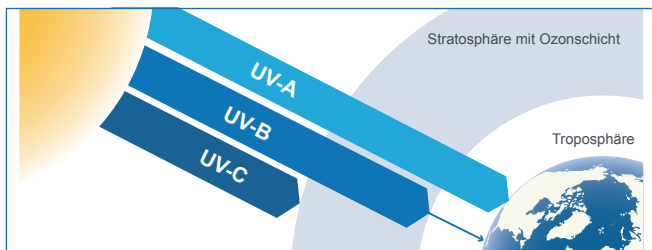
Ultra-violette (UV-) Strahlung ist energiereiche kurzwellige elektromagnetische Strahlung. Man unterscheidet folgende Bereiche:

UV-C: 100 ... 280 nm (wird durch die Ozon-Schicht der Stratosphäre geblockt).

UV-B: 280 ... 315 nm (wird durch Floatglas absorbiert).

UV-A: 315 ... 380 nm (geht durch Floatglas je nach Dicke und Aufbau zu gewissem Grad hindurch).

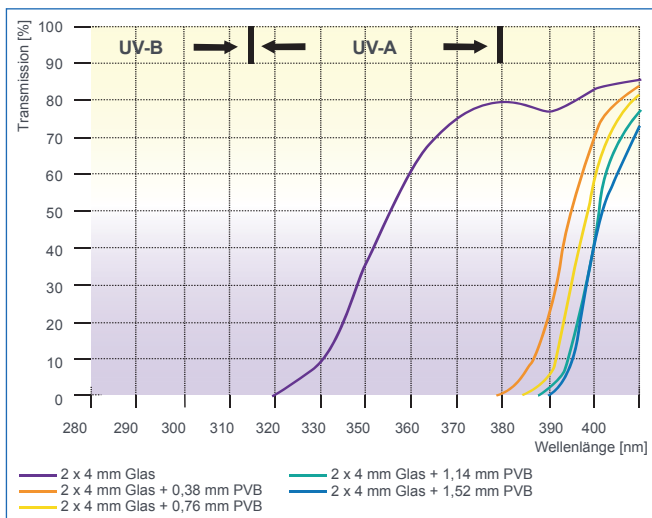
Verbundsicherheitsglas mit PVB-Zwischenfolie kann auch diesen Bereich je nach Dicke komplett absorbieren.



Bei zu hoher Intensität hat UV-Strahlung nicht nur auf die menschliche Haut (Sonnenbrand, Hautkrebs), sondern auch auf zahlreiche andere, vor allem organische, Materialien eine mehr oder weniger zerstörerische Wirkung (Gemälde, Möbel, Dichtmaterial, etc.). Normales Isolierglas mit zweischiebigem Aufbau reduziert diese Strahlung bereits um über 50 %, und in Verbindung mit Verbund-Sicherheitsglas (→ Kapitel 7.4) lässt sie sich nahezu komplett ausfiltern.

Glasaufbau	UV-Transmission ISO 9050 [%]
2 x 4 mm Glas	43
2 x 4 mm Glas + 0,38 mm PVB	2,4
2 x 4 mm Glas + 0,76 mm PVB	0,5
2 x 4 mm Glas + 1,14 mm PVB	0,07
2 x 4 mm Glas + 1,52 mm PVB	0,02

Laminierte Gläser mit PVB Folien sind in der Lage UV-Strahlung zu absorbieren





Alpine Shelter, Skuta, Slowenien | SunGuard® SN 70/37
Architekt: OFIS architects | Foto: © Anže Cokl

4.	Transparente Wärmedämmung	
4.1	Ökonomie	38
4.2	Ökologie	39
4.3	Behaglichkeit	39
4.4	Wärmeverluste	40
4.5	Emissivität	42
4.6	U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient	42
4.6.1	U _g -Wert	43
	U _g -Wert bei geneigten Glasflächen	
4.6.2	U _f -Wert	43
4.6.3	Ψ-Wert	44
4.6.4	U _w -Wert	44
4.7	Guardian Wärmedämmgläser	45



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 $\epsilon = 0,89$ liegt, auf Werte teilweise 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 Wärmedämmverglasung bietet folgende Formel:

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

E	Einsparung
U_a	U-Wert der jetzigen Verglasung in $W/(m^2K)$
U_n	U-Wert der künftigen Verglasung in $W/(m^2K)$
F	Verglasungsfläche in m^2
G	Heizgradtagzahl nach VDI 4710
1,19	Umrechnung von Kilogramm auf Liter für Heizöl: $1 \text{ kg} = 1,19 \text{ l}$
H	Heizwert des Brennstoffes: ca. $11,8 \text{ kWh/kg}$ für leichtes Heizöl
W	Wirkungsgrad der Heitungsanlage: für Ölheizung ca. $0,85$
I	Liter
HP	Heizperiode

4.2 Ökologie

Jeder Liter Heizöl oder Kubikmeter Erdgas, der durch die Verwendung moderner Verglasungen eingespart werden kann, reduziert den CO₂-Ausstoß und entlastet somit die Umwelt. Aber auch die Ressourcen an fossilen Rohstoffen werden durch die Verringerung des Verbrauchs geschont. Darüber hinaus ist Glas nahezu vollständig 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 erfolgreichem späterem Rückbau mit Entsorgung.

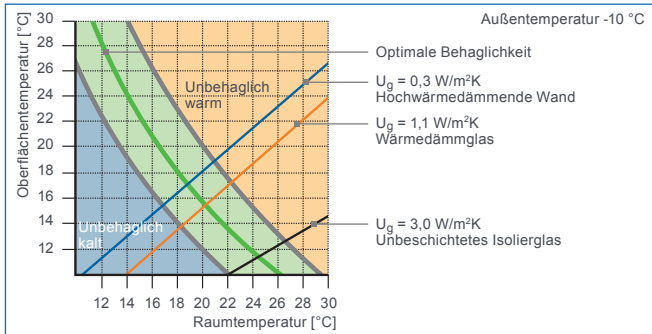
4.3 Behaglichkeit

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 2), bewirkt die Erhöhung der raumseitigen Oberflächentemperatur der Verglasung. So wird die als unangenehm empfundene Zugluft in Verglasungsnähe entscheidend minimiert.

Außentemperatur [°C]	0	-5	-11	-14
Glasart				
Einfachglas, $U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	+6	+2	-2	-4
2-fach-Isolierglas, $U_g = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	+12	+11	+8	+7
2-fach-Isolierglas beschichtet, $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	+17	+16	+15	+15
3-fach-Isolierglas beschichtet, $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	+18	+18	+17	+17

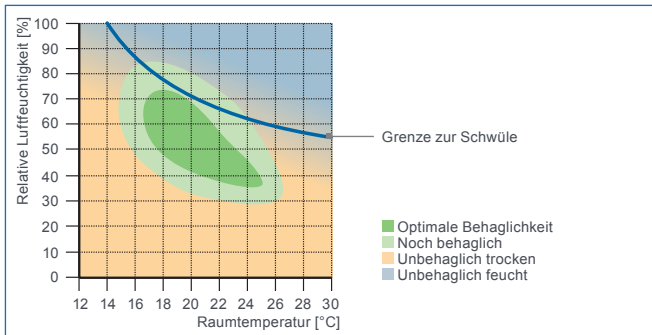
Oberflächentemperatur bei 20 °C Raumtemperatur

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 und 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 Wärmeverluste

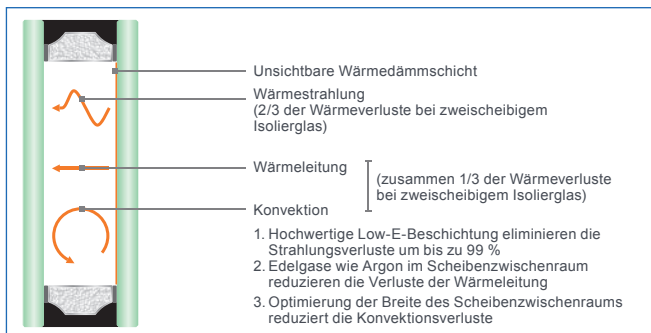
Wärmeverluste werden prinzipiell durch drei Mechanismen bestimmt: Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion.

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 Gasfüllung 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 das eingeschlossene Gas 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 sogenannten „Low-E“-Beschichtung („Low-E“ steht für niedrige Emissivität) versehen. Diese Beschichtungen mit Emissivitäten von teilweise kleiner als 0,02 (2 %) sind in der Lage, über 98 % der einfallenden langwelligigen 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 die 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.



4.5 Emissivität

Der Standard EN 12898 beschreibt die Emissivität ε als das Verhältnis der abgestrahlten (emittierten) Wärme einer gegebenen Oberfläche bei einer gegebenen Temperatur zur abgestrahlten Wärme eines idealen Emitters (schwarzer Körper mit einer Emissivität von 1,0) bei der selben Temperatur.

In der Praxis wird die Emissivität verwendet, um den Strahlungsübergang zwischen gegenüberliegenden Glasoberflächen in Mehrscheiben-Isolierglas und Glasoberflächen zur Umgebung zu beschreiben.

Die normale Emissivität ε_n wird durch Messung der normalen spektralen Reflexion R_n mit einem Spektrometer in 30er Schrittweite innerhalb des Wellenlängenbereiches der Infrarot-Strahlung (IR) von $\lambda = 5$ und $50 \mu\text{m}$ und Berechnung nach folgender Gleichung ermittelt:

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} R_n(\lambda_i)$$

Die normale Emissivität ergibt sich aus:

$$\varepsilon_n = 1 - R_n$$

Die korrigierte Emissivität ε für Floatglas oder beschichtete Oberflächen (für die Berechnung des U_g -Wertes von Verglasungen verwendet) wird durch die Multiplikation mit einem Faktor (aus der EN 12898) ermittelt. Die korrigierte Emissivität von Floatglas beträgt 0,837 (EN 673).

4.6 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 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, desto besser die Wärmedämmung.

Der nach der europäischen Norm EN 673 für die Wärmedämmung relevante Spektralbereich befindet sich im langwelligen IR-Bereich zwischen 5000 und 50000 nm (5 ... 50 μm).

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

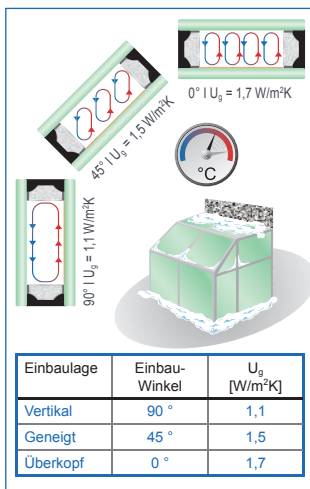
4.6.1 U_g -Wert

Der U_g -Wert ist der Wärmedurchgangskoeffizient einer Verglasung. Er beschreibt den Wärmefluß durch die Mitte einer Verglasung ohne Berücksichtigung von Randeffekten. Standardmäßig wird der U_g -Wert nach der Europäischen Norm EN 673 berechnet. Maßgebend sind dabei neben verschiedenen Materialkonstanten vier variable 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. Bei speziellen Glasaufbauten kann der U_g -Wert auch nach EN 674 mit dem Plattenprüfgerät gemessen werden.

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

4.6.1.1 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 $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ausmachen. Bei 3-fach-Isolierglas ist der Einfluß geringer, da durch die Dreiteilung die Temperaturunterschiede im jeweiligen Scheibenzwischenraum niedriger sind.



Auswirkung der Einbaulage einer Verglasung auf den U_g -Wert

4.6.2 U_r -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.



4.6.3 Ψ -Wert

Der Ψ -Wert ("Psi"-Wert) (→ Kapitel 9.15) ist der lineare Wärmebrückenverlustkoeffizient eines Bauteils und wird im Wesentlichen durch die Eigenschaften des Isolierglasabstandhalters bestimmt. 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. Bei einer sogenannten „Warmen Kante“ (Verwendung von z. B. Edelstahl, Metall-Kunststoff, thermoplastische Systeme) wird der Ψ -Wert teilweise signifikant reduziert (→ Kapitel 2.3.2).

4.6.4 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:

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

U_w :	Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters.
U_f :	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens (Bemessungswert!).
U_g :	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung (Nennwert!).
A_f :	Rahmenfläche.
A_g :	Fläche der Verglasung.
l_g :	Umfang der Verglasung.
Ψ :	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient der Glaskante.

Die Wärmeverluste im Randbereich sind meistens größer als in der Mitte der Verglasung. Deshalb gewinnen thermisch verbesserte Abstandhalter an Bedeutung.

4.7 Guardian Wärmedämmgläser

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

Die Isolierglasmöglichkeiten im Detail:

- **ClimaGuard® Premium2**

Das heutige Standard-Produkt für moderne Doppel- und 3-fach-Verglasungen. Dieses Glas bietet exzellente Wärmedämmung bei hoher Effizienz gegenüber Tageslicht und Energie. Das bedeutet für Argon gefüllte Standard 2-fach-Gläser einen U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und für 3-fach-Isoliergläser bis zu $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei gleichzeitig optimaler Durchlässigkeit für sichtbares Licht und passive solare Energie. Mit ClimaGuard Premium2 T, stellt Guardian eine Thermisch vorspannbare und biegbare Version zur Verfügung.

- **ClimaGuard® 1.0+**

Mit einem U_g -Wert von $1,0 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ bei Argonfüllung und Zweifachaufbau wird ohne die viel kostenintensivere Krypton-Glasfüllung das physikalisch Machbare hinsichtlich Wärmedämmung, bei gleichzeitig moderater Lichtreflexion und hoher Lichttransmission, erreicht. ClimaGuard 1.0+ T ist die vorspannbare und biegbare Version.

- **ClimaGuard® Dry**

ClimaGuard Dry ist eine Beschichtung speziell für die Oberfläche #1 (Außenseite) entwickelt, die dauerhaft Außenkondensation bei Dachverglasungen, hochwärmegeprägten 3-fach-Isoliergläsern (→ Kapitel 2.4.3) oder an der Innenseite von monolithischen Außenscheiben natürlich ventilierter Systeme (→ Kapitel 8.1.1.3.4) minimiert. Die strahlungstechnischen Werte des Isolierglases werden kaum beeinflusst. Die Beschichtung muß zur Aktivierung thermisch vorgespannt werden.

Alle Produkte und ihre relevanten Daten finden Sie detailliert in Kapitel 10.



Novartis Gehry Building, Basel, Schweiz | SunGuard® HP Neutral 60/40
Architekt: Gehry Partners LLP | Foto: © Hans Ege

5.	Transparenter Sonnenschutz	
5.1	Ökonomie	48
5.2	Ökologie	48
5.3	Behaglichkeit	48
5.4	Solarer Energiefluß durch Glas	49
5.5	g-Wert (Gesamtenergiedurchgang)	50
5.6	Shading coefficient (b-Faktor)	50
5.7	Spektrale Selektivität	50
5.8	Sommerlicher Wärmeschutz	51
5.9	Sonnenschutz mit Glas	53
5.10	Sonnenschutzglas als Designkomponente	54
5.11	SunGuard® Sonnenschutzgläser	54



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 Klimaanlageanlagen 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

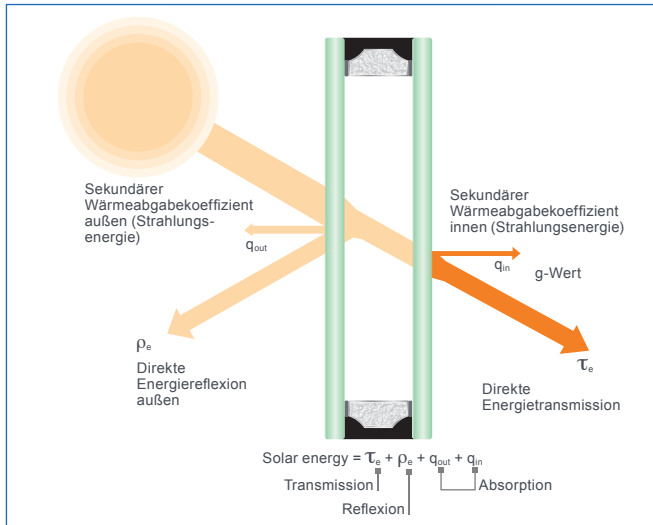
Ebenso wie unterkühlte Innenräume sind auch überhitzte Räumlichkeiten durch zu viel eingestrahlte Sonnenenergie für den Menschen unbehaglich (→ Kapitel 4.3). Böden, Wände und Möbel nehmen die durch die Verglasung dringende, kurzweilige Sonnenenergie auf und geben sie als langwellige Wärmestrahlung wieder 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, naturverbundene, 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 Solarer 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:

$$\text{Transmission} + \text{Reflexion} + \text{Absorption} = 100\%$$



Solare Leistung von Glas



5.5 g-Wert (Gesamtenergiedurchgang)

Der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) beschreibt die Durchlässigkeit einer Verglasung 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.

Der g-Wert berechnet sich aus der Addition von direkt durchgelassener kurzwelliger solarer Strahlung τ_e und der durch Absorption nach innen abgestrahlten langwelligeren Wärmestrahlung q_{in} nach EN 410 (2011) (→ Kapitel 5.4).

$$g = \tau_e + q_{in}$$

5.6 Shading coefficient (b-Faktor)

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 %.

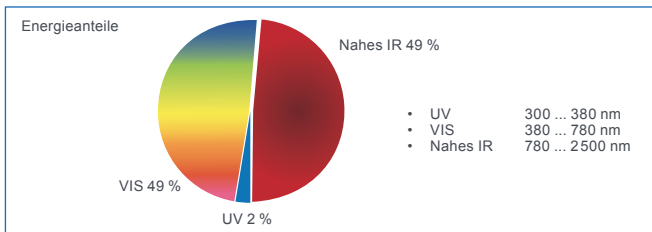
Nach EN 410 (2011):

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

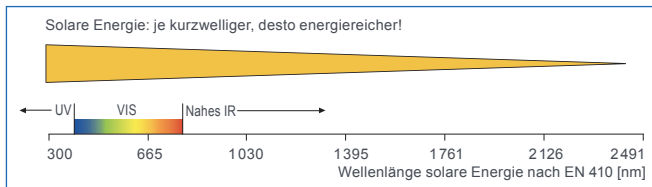
5.7 Spektrale Selektivität

Grundsätzlich gilt bei Sonnenschutzverglasungen, so wenig solare Energie 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.

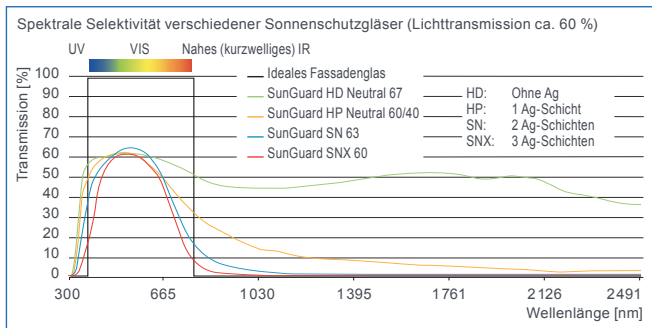
$$S = \frac{\text{Lichttransmission } \tau_v}{\text{g-Wert}}$$



Da das sichtbare Tageslicht (VIS) Teil der solaren Strahlung ist und ungefähr 50 % der Energie ausmacht, ist die gewünschte Differenz zwischen maximaler Transparenz für Tageslicht auf der einen Seite und minimaler Durchlässigkeit für die gesamte solare Strahlung auf der anderen Seite logischerweise limitiert.



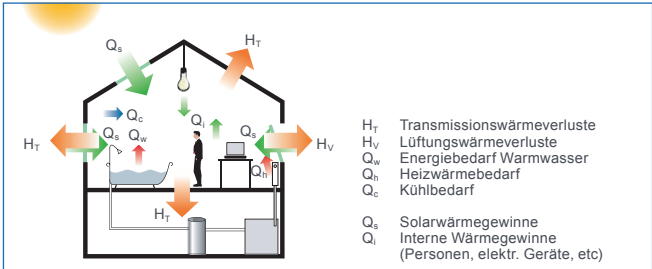
Guardian Sonnenschutzgläser der neuesten Generation (SunGuard SNX) übersteigen bereits das lange Zeit als Maximum angesehene Verhältnis von 2:1.



5.8 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.

Grundsätzlich sind bei dieser Betrachtung neben den sonstigen Energieträgern (siehe 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.



Wärmeverluste und Energiegewinne

Deshalb werden bei größeren Glasflächen bestimmte Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gestellt; dabei geht man vom Sonneneintragskennwert „S“ aus.

Nach DIN 4108 gilt, daß der vorhandene kleiner oder gleich dem zulässigen Sonneneintragskennwert sein muß:

$$S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$$

Der zulässige Sonneneintragskennwert ergibt sich aus der Summe der anteiligen Eintragskennwerte:

$$S_{\text{zul}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$$

Die anteiligen Eintragskennwerte werden bestimmt durch:

- S_1 : Gebäudenutzung (Wohngeb./Nichtwohngeb., Klimaregion, Bauart, Nachtkühlung) – siehe DIN 4108-2, Tabelle 8.
- S_2 : Fensterflächenanteil.
- S_3 : Einsatz von Sonnenschutzglas.
- S_4 : Fensterneigung.
- S_5 : Orientierung der Verglasung.
- S_6 : Passive Nachtkühlung.

Der vorhandene Sonneneintragskennwert ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sum_j A_{w,j} \cdot g_{\text{tot},j}}{A_G}$$

$A_{w,j}$: Fensterfläche des j-ten Fensters in m^2
 A_G : Nettogrundfläche des Raumes in m^2
 $g_{\text{tot},j}$: g-Wert des j-ten Fensters (einschl. mechan. Sonnenschutz):
 - EN ISO 52022-1
 - EN ISO 52022-2
 - angelehnt an EN 410
 - Herstellerangaben

Die Bestimmung von g_{tot} basiert auf folgender Gleichung:

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_c$$

g: g-Wert der Verglasung
F_c: Abminderungsfaktor
(Verschattungselemente)

Pauschalisiert ist F_c in der DIN 4108-2, Tabelle 7 für festinstallierte Sonnenschutzvorrichtungen (abhängig vom Glastyp) verfügbar.

Der Standard EN ISO 52022-2 bietet ein detailliertes Berechnungsverfahren für g_{tot} . Es berücksichtigt sowohl die spezifischen Eigenschaften von definierter Verglasung und definierter Verschattung als auch die Interaktionen zwischen beiden. Die Berechnung erfolgt mittels spezieller Software.

Der Guardian Technische Service unterstützt mit entsprechenden Kalkulationen auf Anfrage.

5.9 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 zweischiebigem Isolierglas mit einer normalen Gegenseibe aus Floatglas auf etwa 50 % bei einer 6 mm Farbglasdicke. Mit dicker werdenden Gläsern verringern sich 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. 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 bis 8 mm starken Außenscheibe aus. Die Verwendung einer dünneren Gegenscheibe wirkt optischen Verzerrungen, die durch den Isolierglaseffekt bedingt sind (→ Kapitel 2.7), 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.

5.10 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 8.2.2).

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 (→ Kapitel 8.3).

5.11 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 (SNX)**

SunGuard eXtra Selective bietet eine einzigartige Symbiose aus Transparenz, Wärme- und Sonnenschutz. Im Vordergrund steht die extrem hohe Selektivität, das Verhältnis von Tageslicht 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 jeweils eine thermisch vorspannbare und biegbare Variante zur Verfügung.

- **SunGuard® SuperNeutral® (SN)**

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 $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei den verschiedenen Lichttransmissionswerten erreicht. Alle Typen von SunGuard® SuperNeutral stehen auch als thermisch vorspannbare und biegbare Variante „SN-HT“ zur Verfügung.

- **SunGuard® High Performance (HP)**

SunGuard High Performance ist eine Produktreihe aus selektiven Multifunktions-Beschichtungen 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 Dichtstoffen für Standard-Isolierglas anwendungen kompatibel. Im zweischiebigen Isolierglas liegen die U_g -Werte zwischen $1,5$ und $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ohne zusätzliches Wärmedämmglas als Gegenscheibe bei τ_L -Werten zwischen ca. 60 und 30% und g -Werten zwischen ca. $50 - 25 \%$, je nach Intensität von Farbgebung und Reflexionsgrad.

- **SunGuard® High Durable (HD)**

Die englische Bezeichnung „High Durable“ steht für hochbeständig. Durch die Verwendung neuartiger Materialien können diese beschichteten Gläser monolithisch (zur Innenseite von Gebäuden) eingesetzt werden.

Diese reinen Sonnenschutzgläser bieten höchste Flexibilität bezüglich Anwendung und Verarbeitung. Farben und Reflexionsgrade sind nahezu frei wählbar. Die gesamte Bandbreite denkbarer Weiterverarbeitung, wie Laminieren, Vorspannen, Biegen oder Emaillieren ist mit SunGuard® HD Gläsern möglich (Beachten Sie bitte die Anwendungshinweise und erkundigen Sie sich beim Guardian Technischen Service nach den Möglichkeiten).

Im zweischiebigen Isolierglas kann mit einer Gegenscheibe aus ClimaGuard® Premium2 ein U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei einer Lichttransmission zwischen ca. 10 und 60% und einem g -Wert zwischen ca. 10 und 50% erreicht werden.

SunGuard® Solar

Mit SunGuard® Solar bietet Guardian reine Sonnenschutzgläser mit einer Bandbreite spezieller Reflexionsfarben. Diese Beschichtungen sind thermisch vorspannbar, biegbar und können mit keramischer Farbe zu Designzwecken bedruckt werden.

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



InterContinental Ljubljana, Ljubljana, Slowenien | SunGuard® SN 70/35
Architekt: OFIS architects | Foto: © OFIS Arhitekti d.o.o

6.	Transparenter Schallschutz	
6.1	Humane Aspekte.....	58
6.2	Schallwellenverhalten	58
6.2.1	Grenzwerte	58
6.2.2	Wahrnehmung.....	59
6.3	Schallbewertung am Bauwerk	60
6.3.1	Mittlerer Schalldämmwert (R_w)	60
6.3.2	Korrekturfaktoren (C , C_{tr}).....	61
6.4	Einflußfaktoren auf die Schalldämmung von Glas	62
6.4.1	Scheibengewicht	62
6.4.2	Isolierglasaufbau	63
6.4.3	Gasfüllung	64
6.4.4	Steifigkeit der Verglasung (entkoppelte Einzelscheiben)	64
6.5	Guardian Schalldämmglas.....	65



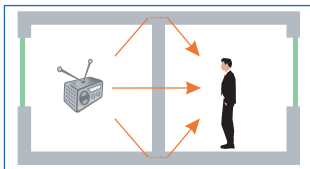
6.1 Humane Aspekte

Mobilität und Industrialisierung der letzten Jahrzehnte haben unsere Umwelt erheblich lauter werden lassen. Diese Entwicklung stellt inzwischen ein ernsthaftes Problem dar.

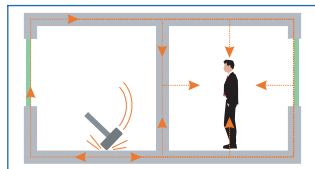
2011 hat die WHO (Weltgesundheitsorganisation) eine Studie mit dem Titel "Gesundheitsbelastung durch Lärm in unserer Umwelt" veröffentlicht. Die Daten basieren auf Langzeituntersuchungen (10 Jahre) über Lärmbelastung in Westeuropa. Die Studie berichtet über Beweise für die Beziehung von Lärm und die Auswirkungen auf die Gesundheit. Diese Auswirkungen können Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Beeinträchtigung kognitiver Fähigkeiten, Schlafstörungen, Tinnitus oder einfach nur Lärmbelästigung sein.

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.



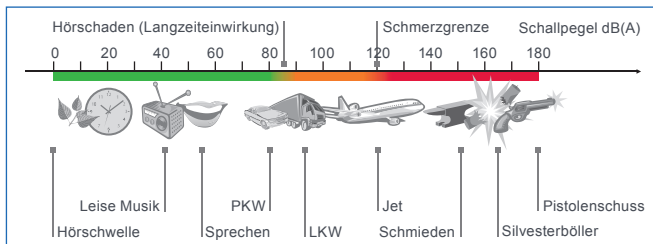
Luftschall



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.

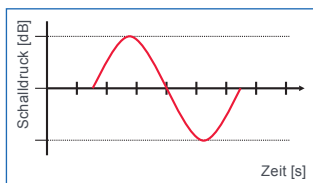


Lärmometer

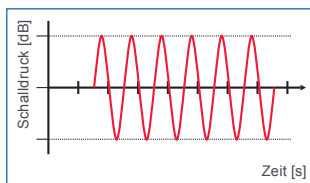
Schallquelle	Abstand ca. [m]	Schallpegel dB(A)
Raschelndes Blatt	1	10
Tickende Uhr	1	20
Leise Musik	1	40
Normales Sprechen	1	50 - 60
PKW	7	80
Schwerer LKW	7	90
Presslufthammer	7	90 - 100
Martinshorn	10	110
Düsenflugzeug	20	120 - 130
Hammerschlag in einer Schmiede	5	150
Silvesterböller	0	170
Pistolenschuss	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 entsprechen tiefe Töne niedrigen und hohe Töne höheren 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 lediglich 83 dB. Folglich empfindet das menschliche Ohr einen Unterschied von ± 10 dB als Verdopplung beziehungsweise Halbierung der Lautstärke.



Generell gilt aufgrund der logarithmischen Bewertung:

Dämmung	Lärmreduzierung [%]
10 dB	50
20 dB	75
30 dB	87,5
40 dB	93,75

$$R_w = 10 \log P_1 / P_2$$

P_1 : Eingehender Schall
 P_2 : Abgehender Schall

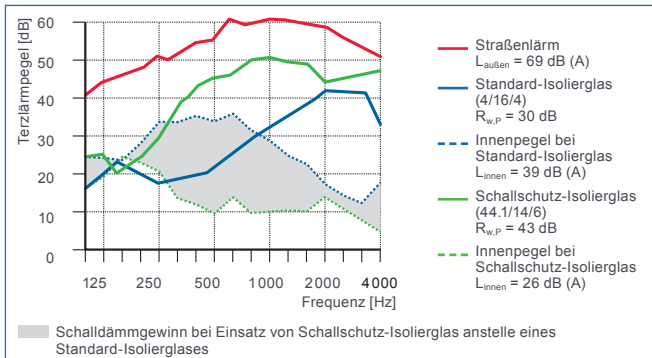
Da ein großer Anteil der heute verbauten Schalldämmgläser eine Dämmung von etwa 40 dB erreicht, bedeutet das, dass diese Gläser nur noch etwa 6 % des Außenlärms nach innen lassen.

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 ca. 5 % (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 berücksichtigt werden müssen, die ebenfalls in der EN 717-1 definiert sind.

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

$$R_w(C, C_{tr}) = 42 (-1; -5)$$

$$R_w = 42 \text{ dB}$$

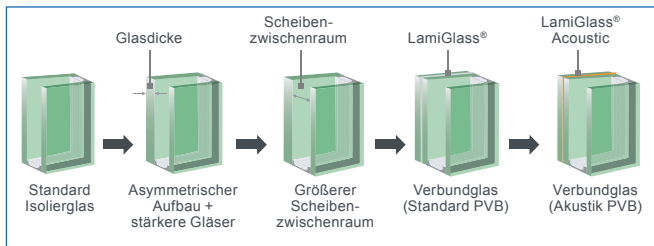
$$R_w + C = 42 - 1 = 41 \text{ dB}$$

$$R_w + C_{tr} = 42 - 5 = 37 \text{ dB}$$

Die Korrekturen basieren auf gewichteten Schallkurven - dB (A), (→ Kapitel 6.2.2).

6.4 Einflußfaktoren auf die Schalldämmung von Glas

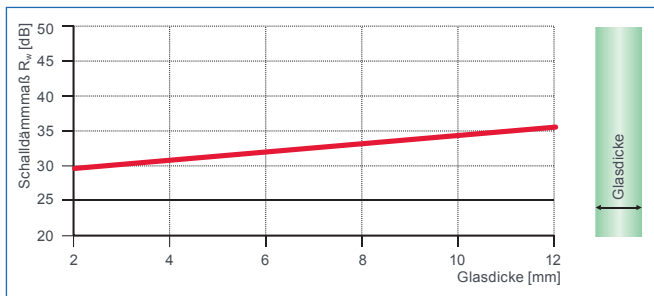
Eine Vielzahl von Parametern beeinflusst die Schalldämmleistung einer Verglasung.



Optimierung der Schalldämmung

6.4.1 Scheibengewicht

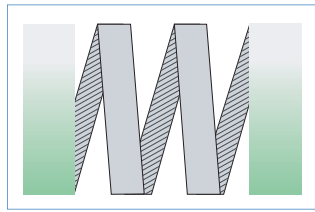
Grundsätzlich gilt, je schwerer die Scheibe pro Flächeneinheit, desto höher ihre Schalldämmung. Deshalb steigt bei Erhöhung der Glasdicke die Dämmwirkung.



Dämmleistung in Abhängigkeit von der Glasdicke

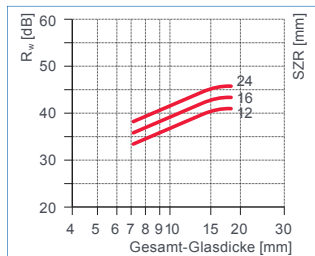
6.4.2 Isolierglasaufbau

Ein zwei- oder dreifach-Isolierglas ist ein so genanntes Masse-Feder-Masse-System: Die beiden äußeren Scheiben (Massen) sind durch die Luft oder Gasfüllung im Scheibenzwischenraum (Feder) miteinander gekoppelt. Die mechanischen Schallschwingungen werden durch das Gas von einer zur anderen Glasscheibe übertragen. Bei gleicher Glasstärke kommt es dabei zu Resonanz (Duden: „Mitschwingen eines Körpers in der Schwingung eines anderen Körpers“). Deshalb ist die Verbesserung von einem Einfachglas zu einem Isolierglas aus Scheiben der gleichen Dicken vernachlässigbar.



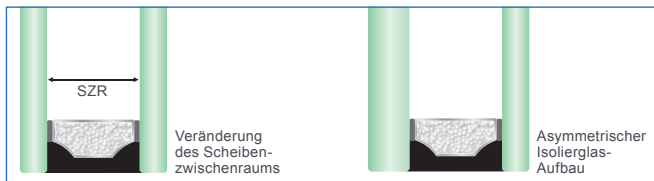
Isolierglas als "Masse-Feder-Masse" System (Glas – SZR - Glas)

Der SZR dämpft zwar die Schwingungen der äußeren Scheibe ab, bevor sie die innere, zweite Scheibe erreichen, allerdings wird dieser Effekt erst bei sehr großen SZR wirksam und die Schalldämmung besser. Jedoch ist dies nur sehr eingeschränkt realisierbar, da dabei zum einen die Wärmedämmung (→ Kapitel 4.4) verringert und zum anderen die Klimabelastung der Einheit erhöht wird.



R_w von Isolierglas

Ergänzt man allerdings eine moderate SZR-Erweiterung mit einem möglichst asymmetrischen Glasaufbau, verbessern sich die Schalldämmwerte der Verglasung signifikant, da wegen der unterschiedlichen Glasstärken, und damit Massen, Resonanz vermieden werden kann.



Mögliche Isolierglasaufbauten



6.4.3 Gasfüllung

In der Vergangenheit war es durchaus üblich, durch bestimmte Gasgemische, die Schalldämmleistung von Isoliergläsern zu verbessern. Speziell Gemische mit dem sogenannten „Schwergas“ Schwefelhexafluor SF_6 wurden dabei verwendet. Da SF_6 mittlerweile als hochwirksames Treibhausgas und als extrem klimaschädlich eingestuft wird, ist es seit 2007 für die Verwendung in Fenstern in der EU verboten.

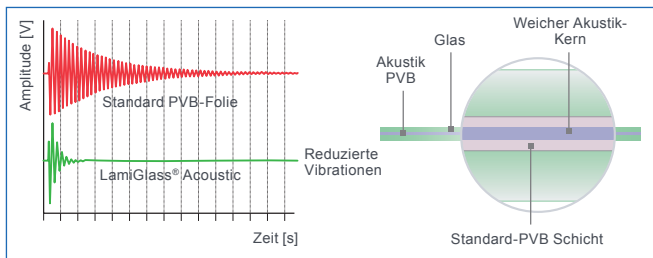
Nach der EN 12758 können gemessene Schalldämmwerte für Isoliergläser mit Luft- oder Argonfüllung auch für identische Glasaufbauten mit der jeweils anderen Gasfüllung verwendet werden. Das vergrößert die Anzahl geprüfter Aufbauten und vereinfacht die Betrachtung. Die in Überarbeitung befindliche Norm bezieht in der prEN-Fassung sogar Krypton mit ein.

Unterschiede hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit der Gase und damit unterschiedlicher Wärmedämmung der entsprechenden Isoliergläser müssen natürlich berücksichtigt werden.

6.4.4 Steifigkeit der Verglasung (entkoppelte Einzelscheiben)

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

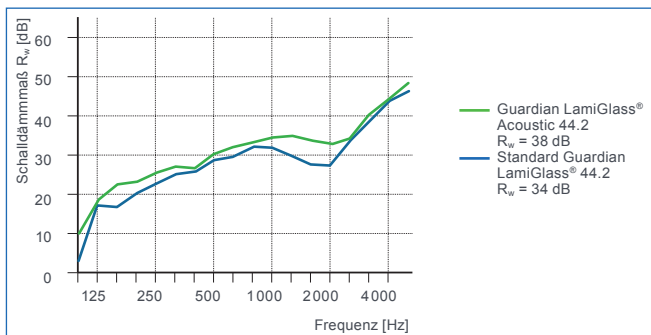
Dabei bleiben sowohl die Dicke als auch das Flächengewicht erhalten, die Scheibe wird aber „weicher“ und erhöht somit ihr Dämmverhalten durch Entkopplung und Dämpfung der Schwingungen der Glasscheiben, welche durch Schallwellen hervorgerufen werden.



Entkopplung von Einzelscheiben

Spezielle Schallschutz-, sogenannte Akustik-Folien, verbessern durch ihren besonderen Aufbau die Schalldämmwirkung. Die Folien sind mehrlagig bestehend aus Standard-PVB und einem sehr weichen Akustik-Kern.

Dieser Aufbau stellt sicher, daß die Sicherheitseigenschaften dieser Folien, zu denen von Standard-PVB-Folien der gleichen Stärke vergleichbar sind – bei gleichzeitig deutlich verbesserter Schalldämmleistung.



Vergleich Standard Guardian LamiGlass® und Guardian LamiGlass® Acoustic

Die akustischen Eigenschaften lamierter Gläser (besonders mit weichen Akustik-Folien) werden stark von der Umgebungstemperatur beeinflusst. Die PVB-Folie versteift sich bei niedrigen Temperaturen und wird bei Wärme weicher. Je steifer die Folie, desto schlechter wird die Entkopplung und damit die Schalldämmung. Labormessungen für R_w nach EN 10140-2 werden bei einer festgelegten Temperatur von $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ und mit Standard-Glasgrößen durchgeführt. Auf der anderen Seite sind Messungen am Bau nach EN 140-5 (R'_w) nicht reguliert bezüglich Prüftemperatur und Glasabmessungen. Das kann zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen für das ermittelte Schalldämmmaß, selbst bei gleichem Glasaufbau, führen.

$T < T_{\text{Norm}} \rightarrow$ geringere Schalldämmung

$T > T_{\text{Norm}} \rightarrow$ bessere Schalldämmung

Abmessungen [mm]	44 dB			50 dB		
	5 °C	20 °C	40 °C	5 °C	20 °C	40 °C
1230 x 1480*	42	44	46	44	50	52
640 x 1600	39	44	45	42	47	51
1620 x 1620	40	41	43	43	45	49

Einfluss von Temperatur und Abmessungen auf die Schalldämmeigenschaften von Isolierglas - links mit einer und rechts mit zwei Akustik-VSG-Scheiben

* Standardtemperaturen und Standardabmessungen
Messungen und Daten: gbd, A-6850 Dornbirn, Dipl.-Ing. Heinz Pfefferkorn

6.5 Guardian Schalldämmglas

Guardian hat die Schalldämmeigenschaften einer Vielzahl unterschiedlicher Einfach-, Zweifach- und Dreifach-Verglasungen, bestehend aus Floatglas, LamiGlass und LamiGlass Acoustic prüfen und zertifizieren lassen (\rightarrow Kapitel 10.5).

Zusätzlich bietet Guardian mit dem "Acoustic Assistant" ein Werkzeug zur Abschätzung der Schalldämmeigenschaften von Verglasungen an. Die Software ist verfügbar unter: <https://glassanalytics.guardian.com>



SAP Frankfurt, Frankfurt, Deutschland | SunGuard® HD Diamond 66 | Doppelhaut-Fassade
Architekt: KSP/Frankfurt | Foto: © pierer.net

7. Transparente Sicherheit

7.1	Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG)	68
7.1.1	Herstellung	68
7.1.2	Bauphysikalische Eigenschaften	70
7.1.3	Schlag- und Druckfestigkeit	70
7.1.4	Biegezugfestigkeit	70
7.1.5	Ballwurfsicherheit	70
7.1.6	Wärmeeinflüsse und Thermoschock-Beständigkeit.....	71
7.1.7	Anisotropien.....	71
7.1.8	Optische Qualität	71
7.1.9	Feuchtfilm auf ESG	72
7.1.10	Kennzeichnung.....	72

7.2	Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG-H)....	72
7.3	Teilvorgespanntes Glas (TVG).....	73
7.3.1	Herstellung	73
7.3.2	Bruchverhalten	74
7.3.3	Resttragverhalten von TVG als Komponente von Verbund-Sicherheitsglas.....	74
7.3.4	Biegezugfestigkeit (EN 1863-1)	75
7.3.5	Thermoschock-Beständigkeit (EN 1863-1).....	75
7.4	Verbund-Sicherheitsglas (VSG)	75
7.4.1	Herstellung	76
7.4.2	Bauphysikalische Eigenschaften	77
7.4.3	Nomenklatur von Verbundgläsern.....	77
7.4.4	Sicherheitseigenschaften	78
	Schutz vor Verletzungen / Pendelschlagversuch (EN 12600) – passive Sicherheit Angriffshemmende Verglasungen (EN 356) – aktive Sicherheit Durchwurfhemmung (Kugelfall-Versuch) Durchbruchhemmung (Axt-Test) Durchschusshemmung (EN 1063) – aktive Sicherheit Sprengwirkungshemmung (EN 13541) – aktive Sicherheit	
7.5	Sicherheit mit Glas (passive Sicherheit).....	81
7.5.1	Absturzsicherung.....	81
	Raumhohe Verglasungen ohne lastabtragenden Holm (Kategorie A) Am Fußpunkt eingespannte Brüstungen/Ballustraden (Kategorie B) Absturzsichernde Verglasung in Kombination mit lastabtragendem Holm (Kategorie C) Linienförmig gelagerte Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit	
7.5.2	Überkopfverglasungen	84
7.5.3	Begehbare Verglasungen	85
7.5.4	Zu Reinigungs- und Wartungszwecken betretbare Verglasungen	86
7.5.5	Verkehrssicherheit bei verglasten Türen und bodentiefen Verglasungen ohne Anforderungen an Absturzsicherheit	87
7.5.6	Resttragfähigkeitsverhalten im Falle eines Bruches	88
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 mit 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.

In jeder Anwendung, egal ob Ganzglastüren, Duschtabtrennungen, Teile von Möbelstücken oder Verglasungen in öffentlichen Bereichen, sollten Verglasungen immer so eingesetzt werden, daß im Falle eines Bruches keine großen und scharfkantigen Glasstücke zu ernsthaften Verletzungen führen können. Aus diesem Grund kommen vorgespannte und laminierte Glasstypen in den unterschiedlichsten Installationen zum Einsatz.

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

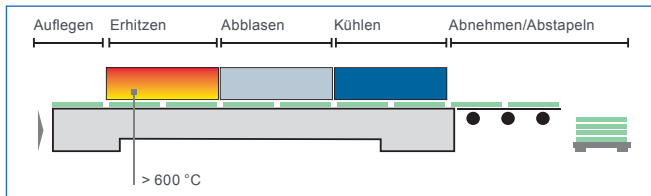


Bruchbild ESG

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.

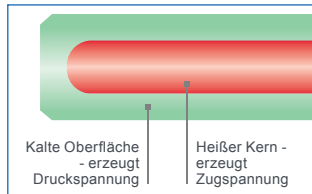
7.1.1 Herstellung

Zum Vorspann-Prozeß 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.



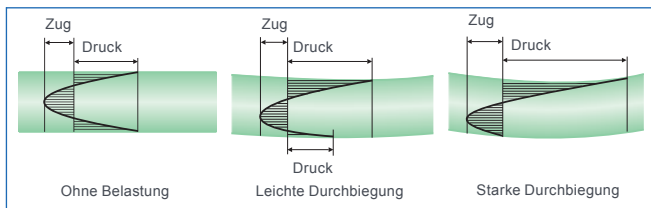
ESG Herstellungsprozess (schematische Darstellung)

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

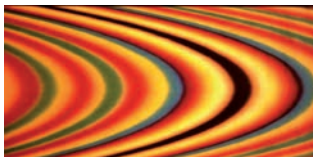


Thermische Vorspannung von Glas

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 oder Kantenbearbeitung, unterbrochen, so zerplatzt die gesamte Scheibe. Die Spannungszone 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 Schall-dämmverhalten sowie die chemischen Eigenschaften. Andere Parameter dagegen 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
 $\sigma = 120 \text{ MPa}$
- ESG aus Ornamentglas
 $\sigma = 90 \text{ MPa}$
- ESG aus emailliertem Flachglas, wobei die emaillierte Seite unter Zugspannung steht.
 $\sigma = 75 \text{ MPa}$

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. Aber auch Verbundsicherheitsgläser (VSG) sind für Anforderungen an Ballwurfsicherheit geeignet (→ Kapitel 10.6).



7.1.6 Wärmeeinflüsse und Thermoschock-Beständigkeit

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 deutlich höher.

7.1.7 Anisotropien

Hierbei handelt es sich um typische Irisationserscheinungen an thermisch vorgespanntem Glas aufgrund der internen Spannungsverteilung in jeder Scheibe. Beim Vorspannprozeß (Abschrecken) erzeugen die Luftdüsen eine geringfügig stärkere Druckverspannung in bestimmten Zonen in Abhängigkeit des Düsenabstandes zur Glasoberfläche und der Glasbewegung in der Kühlzone. Diese Spannungsunterschiede können, abhängig von Blickwinkel und der Höhe des Anteils von polarisiertem Licht am Tageslicht als dunkelfarbige Ringe oder Streifen für das menschliche Auge sichtbar sein. Anisotropien sind in der Norm EN 12150-1 beschrieben und als „optischer Effekt“ und nicht als „Defekt“ eingestuft.

Jedoch sind moderne Vorspannanlagen heute in der Lage, durch gezielte Justierung von Ofen- und Kühleinstellungen den Effekt der Vorspannungsunterschiede und damit der potentiell sichtbaren Anisotropien signifikant zu minimieren. Weiterhin kann über sogenannte Isotropie-Messungen der vorgespannten Gläser der Effekt analytisch erfaßt und für eine erweiterte Qualitätskontrolle genutzt werden.

7.1.8 Optische Qualität

Generell bietet thermisch vorgespanntes Glas die gleichen optischen Eigenschaften wie nicht vorgespanntes Glas.

Da das ESG während seiner Herstellung meistens auf Rollen bewegt wird, können hin und wieder leichte Oberflächenveränderungen auftreten. Diese Kurzwelligkeit, „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.

In der europäischen Norm EN 12150-1 für Einscheiben-Sicherheitsglas sind entsprechende Toleranzen für optische Verwerfungen wie Kurzwelligkeit oder generelle Verwerfung (Durchbiegung) beschrieben (→ Kapitel 9.2.4.1 und 9.2.4.2).



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.



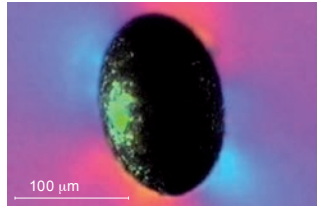
Kennzeichnung von ESG

7.2 Heißgelagertes Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG-H)

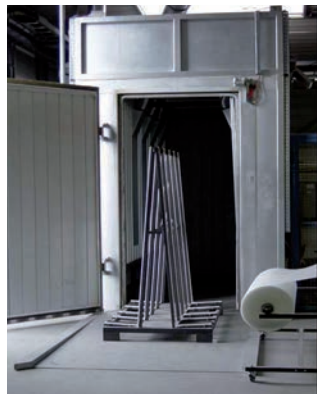
In jedem Basisglas befinden sich in extrem geringen Mengen durch die Rohstoffe eingetragene, unvermeidbare Nickelsulfid-Kristalle. Diese haben bei normal „entspanntem“ Float- und Ornamentglas keinerlei Auswirkung.

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.

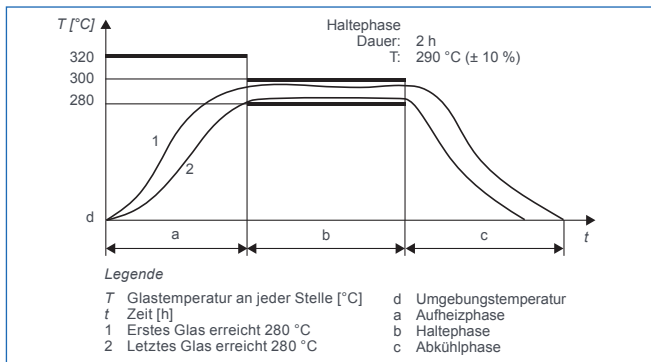


Nickelsulfid-Teilchen in Floatglas mit mechanischer Belastung



Heat-Soak Ofen

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 einem Ofen definiert auf $290\text{ °C} \pm 10\%$ flächig für mindestens 2 Stunden erhitzt.



Temperaturverlauf Heißlagerungstest

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 Floatglas und ESG. Das wird auch in den Werten der Temperaturwechselbeständigkeit sowie der Biegezugfestigkeit deutlich.

Die langsamere Abkühlung verglichen mit dem ESG-Prozess vermeidet außerdem das Risiko für Spontanbrüche durch Nickelsulfid-Einschlüsse.



7.3.2 Bruchverhalten

Die Struktur einer gebrochenen TVG-Scheibe ähnelt dem Bruchbild von Floatglas. Der Bruchverlauf geht immer vom Ausgangspunkt zu den Rändern der Scheibe. Sogenannte „Inseln“ (größere Bruchstücke) und „Partikel“ (kleine Fragmente) sollten vermieden werden. Dadurch kann weitestgehend sichergestellt werden, daß bei allseitiger Lagerung, bzw. in Isolierglas nach dem Versagen das Glas im Rahmen verbleibt. Das ist eine Besonderheit des Produktes TVG. Durch Feinjustage der Ofen- und Kühlparameter kann die Oberflächenspannung und das besondere Bruchverhalten eingestellt werden.

Entsprechende Testprozeduren sowie Einschränkungen hinsichtlich „Inseln“ und „Partikel“ (Größe und Anzahl) sind in der europäischen Norm EN 1863-1 beschrieben.

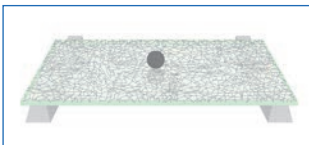
Wichtiger Hinweis: monolithisch verwendetes TVG ist kein Sicherheitsglas!



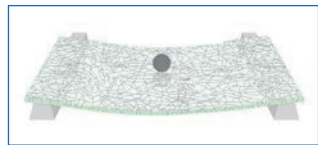
Bruchbild von ESG

7.3.3 Resttragverhalten von TVG als Komponente von Verbund-Sicherheitsglas

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



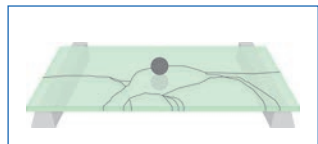
VSG aus 2 x ESG - Bruch obere Scheibe



VSG aus 2 x ESG - Bruch beider Scheiben



VSG aus 2 x TVG - Bruch obere Scheiben



VSG aus 2 x TVG - Bruch beider Scheiben

7.3.4 Biegezugfestigkeit (EN 1863-1)

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

7.3.5 Thermoschock-Beständigkeit (EN 1863-1)

Die Bruchbeständigkeit von TVG gegen Temperaturunterschiede innerhalb einer Glasfläche beträgt 100 K (Floatglas: 40 K). Damit ist TVG ein geeignetes Produkt für Anwendungen mit erhöhtem Risiko für thermisch induzierte Spannungen (→ Kapitel 9.9.1).

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 von organischen Zwischenschichten (Folien) 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 Folie 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 Zwischenschichten zwischen zwei Glasflächen platziert, um so einer erhöhten Anforderung gerecht zu werden.

Das am häufigsten verwendete Folienmaterial ist PVB (Polyvinyl-Butyral). Es wird in einem 3-stufigen chemischen Prozeß hergestellt, wobei die Zwischenprodukte der chemischen Reaktionen auch im Endprodukt zu finden sind. Speziell Polyvinyl-Alkohol ist für das Klebeverhalten der Folie zum Glas über Wasserstoffbrücken verantwortlich. Über seine Konzentration kann der Folienhersteller das Haftungs-niveau einstellen. Ein bestimmtes Haftungsverhalten definiert zum Beispiel das Bruchverhalten und damit die Sicherheitseigenschaften des VSG.



Die Zugabe von Weichmachern beeinflusst die Steifigkeit des späteren Verbundes. Besonders "weiche" Folienkomponenten sorgen für ein verbessertes Schalldämmvermögen, „steife“ Folien hingegen erhöhen die Widerstandsfähigkeit des Verbundes gegenüber mechanischen Einflüssen.

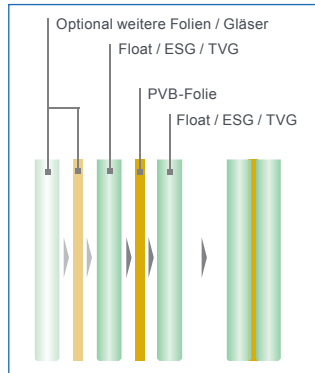
Andere Zwischenschichten sind z. B. Ionoplast und EVA (Ethylen-Vinyl-Azetat).

7.4.1 Herstellung

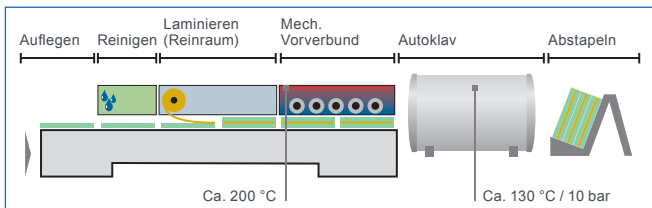
Die Herstellung von VSG erfolgt nach den Vorgaben der EN 14449. Dabei werden zwei oder auch mehrere gut gesäuberte Scheiben mit jeweils einer oder mehreren PVB-Zwischenlagen im Reinraum aufeinander gelegt. Anschließend wird dieses „Sandwich“ unter ca. 200 °C Hitze in einem Walzverfahren vorgefestigt.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

Eine Alternative ist die sogenannte „Sacklamination“. Hier werden die zu laminierenden Gläser in einen hermetisch abdichtbaren Plastiksack gelegt und über ein angelegtes Vakuum wird die Folie entgast. Dieses Verfahren wird z. B. für die Lamination gebogener Gläser eingesetzt.

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 einer Temperatur von ca. 130 °C über eine definierte Zeitspanne aus dem transluzenten Vorverbund ein absolut transparentes Verbund-Sicherheitsglas wird.



Aufbau von VSG



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.

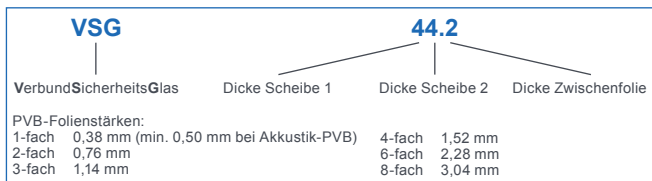
Je nach Dicke der Aufbauten liegt diese zwischen 90 - 70 %. Optimieren lässt sich sowohl die Lichtdurchlässigkeit als auch der Farbwiedergabeindruck – vor allem bei dickeren Aufbauten mit mehreren Scheiben und zahlreichen Folien – durch die Verwendung von Float ExtraClear® und vor allem Float UltraClear™.

7.4.3 Nomenklatur von Verbundgläsern

Die Nomenklatur von Verbundglas beschreibt den Aufbau mit der Anzahl und Stärke der einzelnen Glasscheiben sowie der Stärke der Zwischenfolie.

Beispiel:

Guardian LamiGlass 44.2



Zusatzbezeichnungen wie „SR“ für Akkustik-Folie (z. B. 44.2 SR), „WT“ für matt-weiße Folie oder auch „XT“ für strukturelle Folie beschreiben zusätzliche Eigenschaften.



7.4.4 Sicherheitseigenschaften

7.4.4.1 Schutz vor Verletzungen / Pendelschlagversuch (EN 12600) – passive Sicherheit

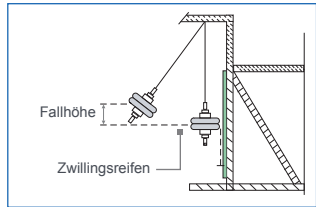
Um das Auftreffen eines menschlichen Körpers auf ein Glas zu simulieren, wurde der Pendelschlagversuch mit einem Zwillingstreifen als Prüfkörper entwickelt. Die Erfüllung der in dieser Norm (EN 12600) beschriebenen Anforderungen ist Voraussetzung für die Verwendung als Verbund-Sicherheitsglas. Ohne entsprechende Klassifizierung handelt es sich lediglich um Verbundglas.

Klassifizierung	Fallhöhe [mm]
3	190
2	450
1	1200

Klassifizierung Bruchverhalten: α (β) φ

α : Höchste Fallhöhe - ohne Bruch oder def. Bruch entspr. Kapitel 4a oder 4b "Testanforderungen"

β : Bruchverhalten (A = typisch für Floatglas, B = typ. für Verbundglas, C = typ. für vorgespanntes Glas)



φ : Höchste Fallhöhe - ohne Bruch oder def. Bruch entspr. Kapitel 4a "Testanforderungen"

Höchste Klassifizierung: 1(B)1 - für VSG 33.2 bzw. 55.1 oder jeweils mit dickerem Glas erreichbar

Getestetes VSG mit entsprechender Klassifizierung nach EN 12600 ist in → Kapitel 10.6, Tabelle 22 gelistet.

7.4.4.2 Angriffshemmende Verglasungen (EN 356) – 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.

7.4.4.2.1 Durchwurfhemmung (Kugelfall-Versuch)

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) [mm]	Beispielgläser
P1 A	1500 (3)	66.1, 44.1 SR, ...
P2 A	3000 (3)	33.2, 33.2 SR, 44.2, 44.2 SR, 66.2, 66.2 SR, ...
P3 A	6000 (3)	44.3, ...
P4 A	9000 (3)	33.4, 44.4, 44.4 SR, 66.4, 66.4 SR, ...
P5 A	9000 (9)	44.6, 44.6 SR, 55.6, 66.6, ...

Die gelisteten VSG-Typen, die geeignet sind, den einzelnen Widerstandsklassen zu entsprechen zeigen, daß allein die Stärke der reißfesten Zwischenfolie die Sicherheitseigenschaften des Verbundglases bestimmt.

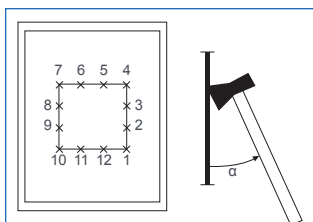
Getestetes VSG mit entsprechender Klassifizierung nach EN 356 (Kugelfall) ist in → Kapitel 10.6, Tabelle 23 gelistet.

7.4.4.2.2 Durchbruchhemmung (Axt-Test)

Der erhöhten Anforderung bei der Durchbruchhemmung (besonderer Einbruchschutz) 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 $\leq 400 \times 400$ mm erreicht worden sein.



Widerstandsklasse nach EN 356	Anzahl Axtschläge	Beispielgläser
P6 B	30	44.8, 66.8
P7 B	51	Mehrfachlamine
P8 B	70	



Die niedrigste Widerstandsklasse ist noch mit einem 2-fach-Verbund realisierbar, wobei die durchbruchhemmenden Eigenschaften durch eine min. 3 mm starke PVB-Folie erreicht wird. Für höhere Klassifizierungen sind Mehrfachlamine notwendig.

Getestetes VSG mit entsprechender Klassifizierung nach EN 356 (Axtschlag) ist in → Kapitel 10.6, Tabelle 24 gelistet.



7.4.4.3 Durchschusshemmung (EN 1063) – aktive Sicherheit

Die Sicherheit für Menschen und Güter vor direktem Beschuss mit unterschiedlichen Waffen und Kalibern aus unterschiedlichen 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).

Kaliber	Art des Geschosses		Maße [g]	Beschussklasse		Schussentfernung [m]	Geschwindigkeit [m/s]
				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
Shotgun 12/70*	Brenneke		31.0 ± 0.50	SG1-S*	SG1-NS*	10	420 ± 20
Shotgun 12/70	Brenneke		31.0 ± 0.50	SG2-S	SG2-NS	10	420 ± 20

* Die Prüfung erfolgt durch einmaligen Beschuss

Alle VSG-Typen mit beschusshemmenden Eigenschaften sind Mehrfachlamine mit asymmetrischem Aufbau und bieten gleichzeitig hervorragenden Einbruchschutz.

VSG mit entsprechender Klassifizierung nach EN 1063 (beschusshemmend) ist in → Kapitel 10.6, Tabelle 25 gelistet.

7.4.4.4 Sprengwirkungshemmung (EN 13541) – aktive Sicherheit

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 m². Auch hierbei gilt, dass parallel mit den gelieferten Glastypen (asymmetrische Mehrfachlamine) 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	$50 \leq Pr < 100$	$370 \leq i+ < 900$	≥ 20
ER 2	$100 \leq Pr < 150$	$900 \leq i+ < 1500$	≥ 20
ER 3	$150 \leq Pr < 200$	$1500 \leq i+ < 1500$	≥ 20
ER 4	$200 \leq Pr < 250$	$2200 \leq i+ < 3200$	≥ 20

Klasseneinteilung sprengwirkungshemmend gemäß EN 13541

VSG mit entsprechender Klassifizierung nach EN 13541 (sprengwirkungshemmend) ist in → Kapitel 10.6, Tabelle 26 gelistet.

7.5 Sicherheit mit Glas (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.

7.5.1 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. In Deutschland gilt hierfür die DIN 18008, Teil 4. Diese Norm 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).



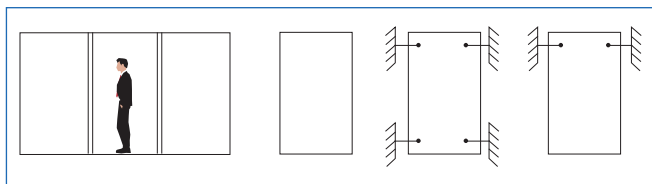
Absturzsichernde Verglasungen nach DIN 18008-4 werden in verschiedene Kategorien (A, B und C), abhängig von der Einbausituation, unterteilt.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Konstruktionen sind abhängig von der Kategorie.
- Verglasungen mit unterschiedlichen Aufbauten und Abmessungen erfordern entsprechende Tests, um die Stoßsicherheit nachzuweisen (Aufbauten mit geprüfter Stoßsicherheit siehe Tabelle B.1 der DIN 18008-4). → Kapitel 7.5.1.4
- Allgemeine Regel für VSG: Die Stärken der Einzelscheiben dürfen nicht mehr als Faktor 1,7 voneinander abweichen (z. B.: 4 mm + 6 mm, 5 mm + 8 mm, 6 mm + 10 mm, usw. ...).

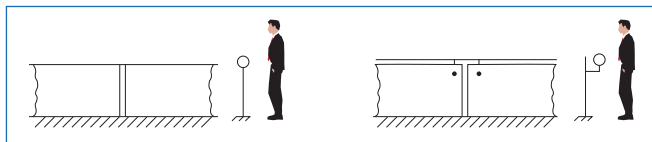
7.5.1.1 Raumhohe Verglasungen ohne lastabtragenden Holm (Kategorie A)

- **Einfachverglasungen** müssen immer als **VSG** ausgeführt sein.
- Die **Angriffsseite** von **Isolierglas** muß entweder aus **VSG, ESG** oder **VSG** aus **ESG** bestehen.
- Minimum **eine Scheibe** eines **Isolierglases** muß **VSG** sein.
- **3-fach-Isolierglas: Floatglas darf angriffsseitig hinter ESG sein**, wenn durch **Pendelschlagversuch nachgewiesen** ist, daß diese nicht bricht.



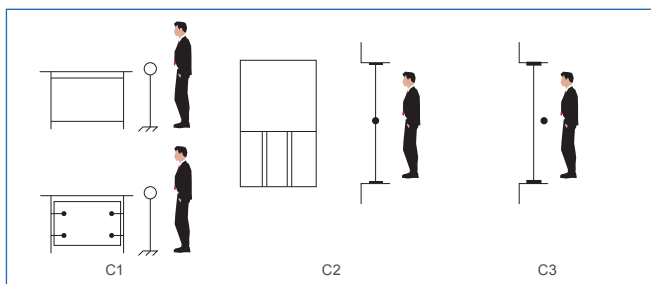
7.5.1.2 Am Fußpunkt eingespannte Brüstungen/Ballustraden (Kategorie B)

- Einzelne Gläser sind durch Handlauf miteinander verbunden.
- Handlauf befindet sich an oberer Scheibenkante (linkes Bild) oder wird durch Tellerhalter nach DIN 18008-3 punktgehalten (rechtes Bild).
- Im Bruchfall geht die Holmlast auf benachbarte Scheiben oder Bauteile über.
- Es darf nur **VSG** aus Floatglas oder TVG eingesetzt werden!



7.5.1.3 Absturzsichernde Verglasung in Kombination mit lastabstragendem Holm (Kategorie C)

- Verglasung befindet sich unter dem Holm (ausfachend) oder dahinter.
- **Allseitig linienförmig** gelagerte Verglasungen der Kategorien **C1** und **C2** dürfen **Mono-ESG** sein – in allen **anderen Fällen** immer **VSG**.
- Isolierglas der Kategorien C1 und C2: Angriffsseite gleiche Regeln wie Kategorie A, andere Scheiben entspr. DIN 18008 Teil 2 (linienförmig gelagert) und 3 (punktförmig gelagert).
- Kategorie C3 wird behandelt wie Kategorie A hinsichtlich der zulässigen Glasarten.



7.5.1.4 Linienförmig gelagerte Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit

Die in der Tabelle B.1 gelisteten Glasaufbauten dürfen ohne weitere Nachweise verwendet werden. Für den Nachweis von 3-fach-Isoliergläsern dürfen die in den Zeilen 1 bis 4, 7 bis 9, 18, 20 und 28 aufgeführten Isoliergläser um eine oder mehrere ESG- oder ESG-H-Scheiben im SZR ergänzt werden.

Kategorie	Typ	Linienlager	Breite [mm]		Höhe [mm]		Glasaufbau von Angriff- nach Absturzsseite	Zeile
			min.	max.	min.	max.		
A	Isolierglas	Allseitig	500	1300	1000	2500	8 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	1
			1000	2000	500	1300	8 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	2
			900	2000	1000	3000	8 ESG+5 Float/0,76 PVB/5 Float	3
			1000	2500	900	2000	8 ESG+5 Float/0,76 PVB/5 Float	4
			1100	1500	2100	2500	5 Float/0,76 PVB/5 Float+8ESG	5
			2100	2500	1100	1500	5 Float/0,76 PVB/5 Float+8ESG	6
			900	2500	1000	4000	8 ESG+6 Float/0,76 PVB/6 Float	7
			1000	4000	900	2500	8 ESG+6 Float/0,76 PVB/6 Float	8
			300	500	1000	4000	4 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	9
			300	500	1000	4000	4 Float/0,76PVB/4 Float+4ESG	10



Kategorie	Typ	Linienlager	Breite [mm]		Höhe [mm]		Glasaufbau von Angriff- nach Absturzseite	Zeile
			min.	max.	min.	max.		
A	Einfach	All-seitig	500	1200	1000	2000	6 Float/0,76 PVB/6 Float	11
			500	2000	1000	1200	6 Float/0,76 PVB/6 Float	12
			500	1500	1000	2500	8 Float/0,76 PVB/8 Float	13
			500	2500	1000	1500	8 Float/0,76 PVB/8 Float	14
			1000	2100	1000	3000	10 Float/0,76 PVB/10 Float	15
			1000	3000	1000	2100	10 Float/0,76 PVB/10 Float	16
			300	500	500	3000	6 Float/0,76 PVB/6 Float	17
C1 und C2	Isolier-glas	All-seitig	500	2000	500	1100	6 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	18
			500	1500	500	1100	4 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	19
		Zwei-seitig oben und unten	1000	bel	500	1100	6 ESG+5 Float/0,76 PVB/5 Float	20
	Einfach	All-seitig	500	2000	500	1100	5 Float/0,76 PVB/5 Float	21
			Zwei-seitig oben und unten	1000	bel	500	800	6 Float/0,76 PVB/6 Float
		Zwei-seitig links und rechts	800	bel	500	1100	5 ESG/0,76 PVB/5 ESG	23
			800	bel	500	1100	8 Float/1.52 PVB/8 Float	24
			500	800	1100	1100	6 Float/0,76 PVB/6 Float	25
		500	1100	800	1100	6 ESG/0,76 PVB/6 ESG	26	
		500	1100	800	1100	8 Float/1.52 PVB/8 Float	27	
C3	Isolier-glas	All-seitig	500	1500	1000	3000	6 ESG+4 Float/0,76 PVB/4 Float	28
			500	1300	1000	3000	4 Float/0,76 PVB/4 Float+12ESG	29
	Einfach	All-seitig	500	1500	1000	3000	5 Float/0,76 PVB/5 Float	30

Tabelle B.1 (DIN 18008-4): Glasaufbauten mit nachgewiesener Stoßsicherheit

7.5.2 Überkopfverglasungen

Jede Glasanwendung, die sich $\pm 10^\circ$ aus der Vertikalen neigt, gilt als Überkopfverglasung. Bei solchen Verglasungen kommt neben den üblicherweise 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 in Deutschland die DIN 18008, Teil 2. Diese 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.

7.5.3 Begehbare Verglasungen

Diese Verglasungen sind für den permanenten Zugang (Begehbarkeit) von Personen geeignet. Die typischen zulässigen Belastungen sind Personenlasten. Die Anforderungen sind in der DIN 18008 Teil 5 definiert.

Typische Anwendungen sind: Treppenstufen, Podeste, Glasübergänge oder Lichtschacht-Abdeckungen.

Zulässige Glasaufbauten mit geprüfter Stoßsicherheit sind in Tabelle B.1 im Teil 5 der DIN 18008 gelistet. Andere Abmessungen oder Glasaufbauten bedürfen in der Regel einer gesonderten Zustimmung durch die oberste Baubehörde des jeweiligen Bundeslandes.

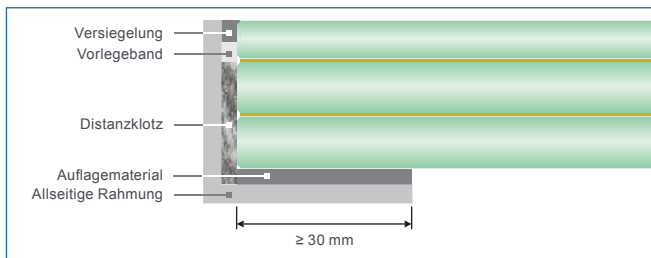
Länge max. [mm]	Breite max. [mm]	VSG-Aufbau a [mm]	Auflagertiefe min. [mm]
1500	400	8 TVG ^c /1,52 PVB/10 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b	30
1500	750	8 TVG ^c /1,52 PVB/12 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b	30
1250	1250	8 TVG ^c /1,52 PVB/10 TVG ^c /1,52 PVB/10 TVG ^c	35
1500	1500	8 TVG ^c /1,52 PVB/12 TVG ^c /1,52 PVB/12 TVG ^c	35
2000	1400	8 TVG ^c /1,52 PVB/15 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b	35

a Von oben nach unten
 b Floatglas
 c Teilvorgespanntes Glas

Tabelle B.1 (DIN 18008-5): Allseitig linienförmig gelagerte, planmäßig begehbare Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit

Die wichtigsten Anforderungen an die Konstruktion bzw. Geometrie sind:

- Glasoberfläche muß ausreichend rutschhemmend sein.
- Gläser müssen horizontal gegen Verschieben und vertikal gegen Abheben gesichert sein.
- Mindestanforderung an Verglasung: 3-fach-VSG.
- Belastungsbegrenzung für Personenverkehr, übliche Nutzung, lotrechte Last: max. 5 kN/m².
- Verwindungssteife Unterkonstruktion.
- Härte des elastomeren Auflagematerials: 60° - 80° Shore A.
- Minimale Auflage: 30 mm.



Typische begehbare Verglasung



7.5.4 Zu Reinigungs- und Wartungszwecken betretbare Verglasungen

Im Zusammenhang mit Überkopfverglasungen steht auch der Begriff der „betretbaren Verglasung“. So nennt man Glaskonstruktionen, die zu Reinigungs- und Wartungszwecken kurzzeitig betreten werden dürfen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass während des Betretens des Glases die darunter liegende Peripherie stets abgesperrt sein muss und daß nur eingewiesene Personen die Verglasungen betreten dürfen.

Für diese Verglasungen sind die Anforderungen in der DIN 18008 Teil 6 definiert und gelten für linienförmig und punktförmig gelagerte Konstruktionen.

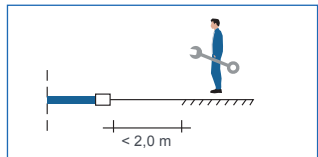
Die Konstruktion muß folgende Szenarien vermeiden:

- Durchstürzen von Personen durch intakte Verglasung.
- Abstürzen durch geschädigte Verglasung.
- Gefährdung von Personen unterhalb einer gebrochenen Verglasung.

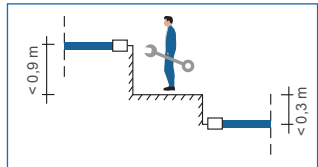
Die Anforderungen unterscheiden zwischen betretbaren Verglasungen zwecks Aufenthalt und nicht betretbaren Verglasungen, die aber durch ihre Lage oder Neigung Schutz vor Durchsturz gewährleisten müssen.

Vertikale oder geneigte Verglasungen auf gleichem Höhenniveau wie die Arbeitsfläche oder der Verkehrsweg müssen ebenfalls durchsturzsicher sein.

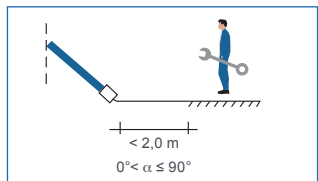
- Abstand zum Glas < 2 m.



- Erhöhte oder abgesenkte Verglasung:
< 0,9 m oberhalb und
bis 0,3 m unterhalb.



- Geneigte Verglasung:



Zugelassene Glasarten (enspr. Horizontalverglasungen nach DIN 18008-2):

- Nur VSG aus grob brechenden Glasarten (Floatglas oder TVG).
- Drahtglas gilt nicht als durchsturzsicher!
- Isolierglas: obere (stoßbeanspruchte) Scheibe darf keine Gefährdung bei Bruch auslösen (VSG oder ESG).

Für statische Betrachtungen ist von einer Punktlast von 150 kg, wirkend auf eine Fläche von 10 cm x 10 cm (= 1,5 kN/m²), in der Scheibenmitte auszugehen.

7.5.5 Verkehrssicherheit bei verglasten Türen und bodentiefen Verglasungen ohne Anforderungen an Absturzsicherheit

Die DIN 18008-1: 2019 (Bemessung und Konstruktion von Glas im Bauwesen) verweist in der überarbeiteten Fassung auf die gesetzlichen Anforderungen der Musterbauordnung (MBO) zur Verwendung von Gläsern mit sicherem Bruchverhalten - § 37: Fenster, Türen, sonstige Öffnungen. Hier heist es in Absatz (2): „¹Glastüren und andere Glasflächen, die bis zum Fußboden allgemein zugänglicher Verkehrsflächen herabreichen, sind so zu kennzeichnen, dass sie leicht erkannt werden können. ²Weitere Schutzmaßnahmen sind für größere Glasflächen vorzusehen, wenn dies die Verkehrssicherheit erfordert“.

Da Verletzungen oft nicht ausgeschlossen werden können, ist es notwendig, die Verkehrssicherheit (= sichere Benutzbarkeit und die ist gegeben, wenn nach allgemeiner Erfahrung in überschaubarer Zukunft kein Eintritt eines Schadens zu erwarten ist) im Bereich von Verglasungen zu bewerten und eine Risikoabschätzung durchzuführen.

Typische Anwendungsfälle sind zuallererst bodentiefe Verglasungen, die an begehbare Flächen angrenzen aber auch Terrassentüren, Balkontüren, Innentüren oder Glastrennwände u.ä.

Wird nach einer Risikoanalyse eines Bauteils oder einer Konstruktion festgestellt, daß die bauliche Situation nicht verkehrssicher ist (erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeit von Glasbruch) müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Das sind zum Beispiel Zugangsbeschränkungen (Holme, Verbauungen, Geländer, o. ä.), das Kenntlichmachen der Verglasungen (Bedruckung, Klebefolien) oder die Verwendung von Gläsern mit sicherem Bruchverhalten nach DIN 18008-1: 2019 (bei Bruch werden Bruchstücke zusammengehalten und zerfallen nicht oder ein Zerfall erfolgt in eine große Anzahl kleiner Bruchstücke).



7.5.6 Resttragfähigkeitsverhalten im Falle eines Bruches

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 (→ Kapitel 7.6) 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




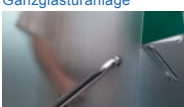



Verwendete Farben

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			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Fenster über Brüstungshöhe 							

Anwendungsfall	Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Schaufenster 							Mindest-Glasstärke 12 mm VSG empfohlen DIN 18 008-1: frei zugängliche Vertikalverglasungen müssen auf der Stoßseite mit sicher brechenden Gläsern (ESG, VSG) ausgerüstet sein.
Niveaugleiche Verglasung³ 							z. B. Fenstertür, Haustür (für Einbruchhemmung) DIN 18 008-1: frei zugängliche Vertikalverglasungen müssen auf der Stoßseite mit sicher brechenden Gläsern (ESG, VSG) ausgerüstet sein.
Lärmschutzwand 							DIN 18008-2, ZTV-Lsw 06 Monolithisches TVG muß allseitig gelagert sein.
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 Glasfassade³ 	Innen						ETAG 002 „Structural Sealant Glazing Systems (SSGS)“
Außen							
Punktgelagerte Fassade 	EG						Gemäß abZ oder ZIE Achtung: DIN 18008-3 nur VSG aus ESG oder TVG!
MIG							


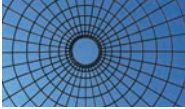


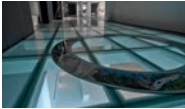

¹ **Achtung!** Nach DIN 18008-2: nicht heißgelagertes ESG nur bis Einbauhöhe über Verkehrsfläche < 4 m und keine Personen direkt unter der Verglasung, sonst ist ESG-H zu verwenden!

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.








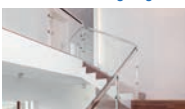
7.6.2 Horizontal-Überkopfverglasungen

Anwendungsfall	Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Dachflächenfenster 							Nur Wohnungen und Räume ähnlicher Nutzung (z. B. Hotelzimmer und Büroräume) mit einer Lichtfläche (Rahmeninnenmaß) < 1,6 m ² , sonst s. Horizontalverglasung
Horizontalverglasung 	Oben						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 DIN 18008-2 Punktförmig gelagert nach DIN 18008-3: nur VSG aus ESG oder TVG! DIN 18008-5: Klemmhalter nicht zulässig
Glaslamellen 							Linienförmig gelagert nach DIN 18008-2 Punktförmig gelagert nach DIN 18008-3: nur VSG aus ESG oder TVG! DIN 18008-5: Klemmhalter nicht zulässig
Begehbare Glas 							DIN 18008-5 Oberste der 3 Scheiben aus ESG oder TVG; eine ausreichende Rutschhemmung ist zu gewährleisten; Aufbau abweichend: abZ oder ZIE
Betretbares Glas 							DIN 18008-6 oder ZIE erforderlich. Geringere Anforderungen als begehbare Glas






¹ **Achtung!** Nach DIN 18008-2: 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.

7.6.3 Absturzsichernde Verglasungen

Anwendungsfall		Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung	
					Float	ESG ²	TVG		
Raumhohe Verglasung	 <p>(Kategorie A nach DIN 18008-4)</p>	EG	Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	DIN 18008-4
 <p>(Kategorie A nach DIN 18008-4)</p>									MIG
	Ganzglasgeländer mit aufgesetztem Holm	 <p>(Kategorie B nach DIN 18008-4)</p>	Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	
Geländer mit Glasaufschaltung linienförmig gelagert	 <p>(Kategorie C1 nach DIN 18008-4)</p>								Red
Geländer mit Glasaufschaltung punktförmig gelagert		 <p>(Kategorie C1 nach DIN 18008-4)</p>	Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	
Geländer mit Glasaufschaltung mit Klemmhalter gelagert	 <p>(nicht nach DIN 18008 geregelt)</p>								Red



Anwendungsfall		Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
					Float	ESG ²	TVG	
Verglasung unter Querriegeln	EG	Red	Green	Orange	Green	Orange	Orange	DIN 18008
 (Kategorie C2 nach DIN 18008-4)	MIG	Red	Green	Orange	Green	Orange	Orange	DIN 18008-4, VSG in Kombination mit VSG oder ESG
Raumhohe Verglasung mit vorgesetztem Holm	EG	Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	Holm in baurechtlich erforderlicher Höhe
 (Kategorie C3 nach DIN 18008-4)	MIG	Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	DIN 18008-4, VSG in Kombination mit VSG oder ESG
Doppelfassade	Innen ³	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Innere Fassade ohne Absturz-sicherung, Abstimmung mit der unteren Bauaufsichtsbehörde und dem Bauherren empfohlen
	Außen	Red	Red	Red	Green	Orange	Green	Äußere Fassade übernimmt Absturzsicherung, DIN 18008-4 gem. Kategorie A oder C
Aufzugschacht		Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	DIN 18008-4 und EN 81
		Red	Red	Red	Green	Orange	Orange	
Französischer Balkon ³		Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Bauteil auf stoßabgewandter Seite der Verglasung übernimmt vollständig die Absturz-sicherung
		Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	

¹ **Achtung!** Nach DIN 18008-2: 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 mit 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 ASR 1.6
Eingangshallen/-bereiche 							BG-Regel (BGR 202), bzw. ArbStättV mit ASR 10/5 ASR 1.6
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 Treppenträumen) 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


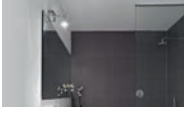






Anwendungsfall	Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Parkhaus 							ArbStättV Anhang 1.7 (4); ASR 8/4 und ASR 10/5
Bushof 							ArbStättV Anhang 1.7 (4); ASR 8/4 und ASR 10/5
Schwimmbad 							GUVR 1/111, DIN 18361; bis zu einer Höhe von 2 m Sicher- heitsglas oder ausreichende 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 DIN 18008-2: 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	
Begehbare Glas/Glastreppen 							ZIE erforderlich DIN 18008-2, DIN 18008-5, Liste der Technischen Baubestimmungen; zulässige Spannungen entsprechend Horizontalverglasungen nach DIN 18008-2; VSG mit PVB-Folien der Mindest-Nennstärke = 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 DIN 18008-2: 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 ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Einbruchhemmung 							EN 1627
Durchwurfhemmung 							EN 356, VdS-Richtlinie 2163
Durchbruchhemmung 							EN 356 bzw. EH VdS-Richtlinie
Durchschusshemmung 							EN 1063, EN 1522
Sprenghemmung 							EN 13541, EN 13123

¹ **Achtung!** Nach DIN 18008-2: 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.

7.6.7 Konstruktiver Glasbau

Anwendungsfall	Float	ESG ¹	ESG-H	VSG aus			Bemerkung
				Float	ESG ²	TVG	
Glasschwerter, Glas als Träger 							ZiE erforderlich
Ganzglaskonstruktionen 							ZiE erforderlich
Glas-Sonderkonstruktionen 							ZiE erforderlich

- ¹ **Achtung!** Nach DIN 18008-2: 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.
(Auszug Merkblatt V.05.2009-09 des VFF e.V.)

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



Innsbruck University - Architecture Faculty, Innsbruck, Österreich
SunGuard® HD Light Blue 52 | Ventilierter Fassade, Beschichtung auf Prallscheibe
Architekt: ATP Architects and Engineers | Foto: © pierer.net

8. Transparenter Glasbau

8.1	Fassaden	100
8.1.1	Fassadenfunktionen	100
	Warmfassade Kalfassade Doppelhaut-Fassaden / ventilerte Systeme Typen von ventilerten Systemen Interaktive (passive) Systeme Sonnenschutzglas in der äußeren Schale Kondensat	
8.1.2	Fassadenkonstruktionen	107
	Pfosten-Riegel-Fassade Structural-Glazing-Fassade Definitionen Typen von strukturellen Verglasungen Relevante Europäische Normen für Strukturelle Verglasungen Beschichtete Gläser in strukturellen Verglasungen Punktgehaltene Fassade Membran-Fassade	
8.2	Keramische Bedruckung von Glas	115
8.2.1	Keramische Auftragsmethoden	116
	Walzenbeschichtung (Roller-Coating) Siebdruck Digitaldruck	
8.2.2	Brüstungsgläser	117
8.2.3	Randemaillierung – Guardian System TEA	118
8.2.4	Dekorativer Druck	120

8.3	Designglas	121
8.3.1	Transferdruck auf Glas.....	122
8.3.2	Design-Verbund-Sicherheitsglas.....	122
8.3.3	Farbfolien im VSG.....	123
8.3.4	Dekoratives Verbundglas.....	123
8.4	Gebogenes Architekturglas	124
8.4.1	Schwerkraftbiegen.....	124
8.4.2	Gebogenes vorgespanntes Glas.....	125
8.4.3	Biegeformen.....	126
8.4.4	Anforderungen.....	126
8.4.5	Geeignete Glastypen.....	127
8.4.6	Formbestimmung.....	127
8.4.7	Besonderheiten.....	128
	Örtliche Verwerfungen Konturtreue Verwindung Kantensersatz Tangentiale Übergänge	
8.4.8	Statische Besonderheiten.....	130
8.4.9	Kalt-Biegen.....	130
8.5	Aufzugsverglasungen	132
8.6	Wechselwirkung mit hochfrequenter Strahlung	133
8.6.1	Radarstrahlung und Architekturglas.....	134
	Radarreflexionsdämpfung mit SunGuard® RD beschichtetem Glas	
8.6.2	Dämpfung von HF-Strahlung/Elektrosmog.....	136
8.7	Entspiegeltes Glas	138
8.8	Vogelfreundliche Verglasungen	140
8.8.1	Worin besteht das Problem?.....	140
8.8.2	Bewertung von "vogelfreundlichen" Glaslösungen.....	140
8.8.3	Glaslösungen für eine bessere Sichtbarkeit für Vögel.....	141



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) 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.

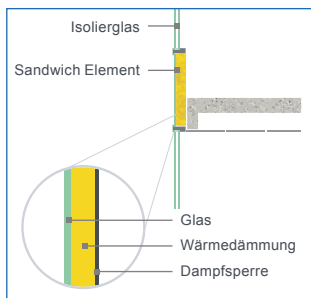
8.1.1 Fassadenfunktionen

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 Witterungseinflüssen schützenden Glasscheibe des opaken Elementes eine Wärmedämmung mit raumseitiger Dampfsperre zu einer Brüstungsplatte (Sandwich-Element) verbunden wird.

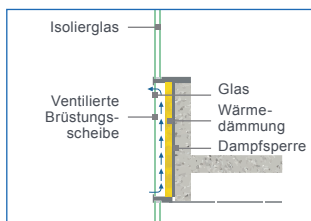
Diese wird unterhalb der transparenten Isoliergläser als Ganzes in die Fassadenkonstruktion eingesetzt und beispielsweise mit Anpressleisten befestigt. Die Dampfdiffusionsdichtigkeit der Brüstung wird durch Randumleimer und das Aufbringen einer Versiegelung gewährleistet. Damit übernehmen sowohl die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



Geeignete Gläser sind zum Beispiel emaillierte Floatscheiben oder SunGuard HD Gläser (geeignete Typen und Kombinationen siehe Guardian Empfehlungen für Brüstungsgläser in Kapitel 10).

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.



Geeignete Gläser sind zum Beispiel emaillierte Floatscheiben oder SunGuard HD aus ESG-H oder TVG (siehe Guardian Empfehlungen für Brüstungsgläser in Kapitel 10).



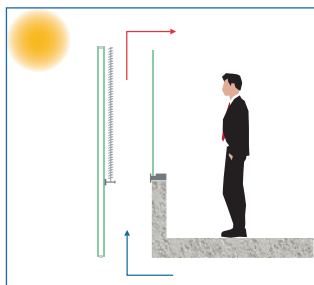
8.1.1.3 Doppelhaut-Fassaden / ventilierte Systeme

Ventilierte Fassadensysteme sind hoch-innovativ. Ihre Vorteile und speziellen Eigenschaften sind vielfältig. Das sind vor allem die Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Energie-Management, Wärmeisolierung und Schallschutz aber auch die Schaffung von „dynamischer spektraler Selektivität“ durch Einbeziehung eines flexiblen mechanischen Sonnenschutzes. Nicht zuletzt ist es aber der erhöhte Komfort durch die Luftzirkulation, der diese Konstruktionen für Gebäudenutzer attraktiv macht.

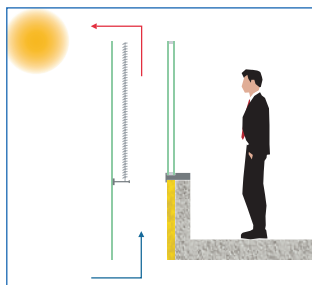


Süddeutscher Verlag, München, Deutschland
SunGuard® HD Neutral 67 | Doppelhaut-Fassade, Beschichtung auf Prallscheibe
Architekt: GKK | Foto: © GKK+Architekten, Oliver Kuhn, Photo Claus Graubner

8.1.1.3.1 Typen von ventilierten Systemen



Aktive Fassade



Interaktive Fassade

Prinzipiell gibt es zwei Systeme – aktive und interaktive (passive). Bei den aktiven Konstruktionen besteht der äußere Teil aus einer dichten Isolierglasschale vor dem ventilierten Zwischenraum. Der Luftaustausch wird durch künstliche Ventilation erzeugt und findet im Gebäudeinneren über Wärmetauscher statt. Im Winter kann so über Wärmerückgewinnung Heizenergie eingespart werden. Für das äußere Isolierglas eignen sich prinzipiell alle Glastypeen und Funktionsgläser, die auch in einschaligen Fassadenkonstruktionen zum Einsatz kommen können.

Eine spezielle Konstruktion ist die sogenannte “Closed Cavity Fassade” (CCF). Das ist ein in sich geschlossenes System mit monolithischer Außenverglasung, ventiliertem Zwischenraum und einem inneren Isolierglas. Der Zwischenraum wird mit getrockneter und sauberer Luft künstlich ventilert. Ziel ist eine Konstruktion, die ohne großen Aufwand an Reinigung und Wartung auskommt und weitestgehend kondensatfrei bleibt.

8.1.1.3.2 Interaktive (passive) Systeme

Im Falle ventilierter Konstruktionen spielen passive Systeme die weitaus größte Rolle. Der Luftaustausch erfolgt hier zwischen dem Zwischenraum und der Umgebung. Eine natürliche Ventilation wird über definierte Öffnungen, die sich meist im oberen und unteren Bereich befinden, erzeugt.

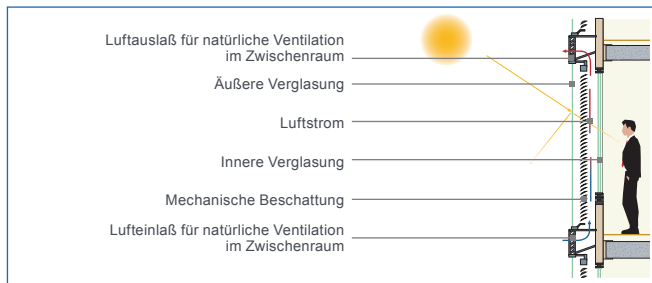
Ein passives System kann aus einer Einfachverglasung als Außenschale, die vor eine konventionelle Fassade gehängt wird, bestehen aber auch als ventilerte Kastenfenster- oder Verbundfenster-Konstruktion ausgeführt sein.

Neben der Kühlung der doppelschaligen Konstruktion möchte man in erster Linie erreichen, daß ein Teil der kurzwelligen solaren Strahlung bereits an der äußeren Verglasung reflektiert wird, so daß sich die gesamte Konstruktion weniger aufheizen kann. Man spricht bei der Außenverglasung deshalb oft von der “Prallscheibe”. Die Verwendung von solarreflektierenden Beschichtungen in Kombination mit zusätzlichen mechanischen Sonnen- und Blendschutzeinrichtungen im Zwischenraum ist besonders vorteilhaft.



Akzeptable g-Werte können so auch erreicht werden, wenn die Jalousien komplett geöffnet oder in einer Zwischenstufe verwendet werden. Diese „dynamische Selektivität“ bietet maximale Flexibilität und höchsten Nutzer-Komfort.

Während die innere Verglasung bei passiven Systemen typischerweise eine 2- oder 3-fach-Verglasung ist, wird als Außenscheibe heute in der Regel Verbundsicherheitsglas (meist aus teilvorgespanntem Glas) verwendet. Die Resttragfähigkeit dieser Glasart bietet maximale Sicherheit im Falle eines Glasbruchs.



Interaktive (passive) Konstruktion

8.1.1.3.3 Sonnenschutzglas in der äußeren Schale

Die Verwendung sehr transparenter beschichteter Sonnenschutzgläser als Außenscheibe ventilierter Konstruktionen kann den g-Wert der Gesamtkonstruktion signifikant reduzieren, da ein Teil der solaren Strahlung bereits an der äußersten Komponente vor Eintritt in das System reflektiert wird. Der Einsatz mechanischer Verschattungselemente kann dadurch reduziert werden. Der Nutzer hat damit die Möglichkeit, den Sonnenschutz gezielter einzusetzen (geöffnet, geschlossen oder in Mittelstellung), ohne sofort eine Überhitzung des Innenraumes befürchten zu müssen. Das Ergebnis ist eine bessere Tageslichtnutzung und der ungehinderte Ausblick über einen längeren Zeitraum. Das kann den Komfort im inneren des Gebäudes erhöhen.

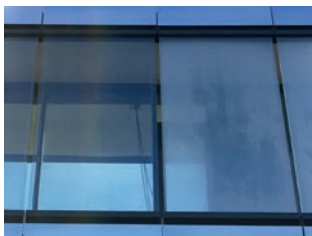
Beim Einsatz von Beschichtungen zum ventilerten Zwischenraum müssen diese sehr beständig und für monolithische Anwendung geeignet sein – so wie die Beschichtungen vom Typ SunGuard HD (High Durable). Damit eröffnen sich viele Möglichkeiten, auch was die Kombination mit den unterschiedlichsten Folientypen beim Einsatz von VSG betrifft. So kann man zum Beispiel Funktionsbeschichtungen mit strukturellen Folien wie SentryGlas oder strukturellem PVB verwenden, ohne Einschränkungen der statischen Eigenschaften oder der Sicherheitsklassifizierung befürchten zu müssen.

Es kann aber auch interessant sein, die SunGuard HD Funktionsbeschichtung innenlaminiert (zur Zwischenfolie) zu verwenden. Hier ist es wichtig, die Verträglichkeit sicherzustellen. Außerdem ist in einigen Ländern eine bauaufsichtliche Genehmigung erforderlich, um z. B. die Sicherheitseigenschaften der Verglasung nachzuweisen. In Deutschland kann man über Gutachter bei den obersten Baubehörden der Bundesländer eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (früher ZiE) erwirken. Bei Innenlamination reduziert sich die Außenreflexion bei gleichzeitiger Erhöhung der Transparenz des VSG. Das kann zu einer deutlichen Verbesserung der spektralen Selektivität der Prallscheibe führen. Die Kombination von SunGuard HD mit solar absorbierender PVB-Folie verbessert ebenfalls die Eigenschaften, speziell die spektrale Selektivität der monolithischen Prallscheibe.

Geeignete Glaskombinationen für Prallscheiben von ventilerten Konstruktionen finden Sie in Kapitel 10.

8.1.1.3.4 Kondensat

Abhängig vom Gebäudestandort aber auch den klimatischen Bedingungen kann sich an der inneren Oberfläche der Außenscheibe passiver ventilierter Systeme Kondenswasser niederschlagen. Besonders kritisch sind die Vormittagsstunden während der kälteren Jahreszeiten. Das kann über einen längeren Zeitraum die freie Sicht von innen nach außen beeinträchtigen. Das betrifft neben klassischen Doppelhaut-Fassaden ebenso Kastenfenster- oder Verbundfenstersysteme.

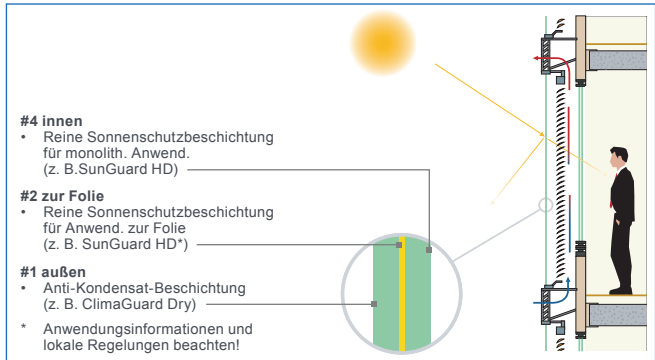


Rechts: typische Kondensatbildung an der Innenseite einer Prallscheibe
Links: mit Anti-Kondensat-Beschichtung ClimaGuard Dry

Eine Lösung, dieses natürliche Phänomen nahezu vollständig zu eliminieren, sind Anti-Kondensat-Beschichtungen wie das Guardian "ClimaGuard Dry". Diese speziell entwickelte, hochbeständige Beschichtung wird dabei an die äußere Fläche (#1) der Außenscheibe gesetzt. Nur an dieser Position erfüllt die Beschichtung die an sie gestellten Anforderungen. Tests unter realen Bedingungen haben gezeigt, dass die Temperatur der Außenscheibe in dieser Konfiguration geringfügig höher ist, was zu einer signifikanten Reduzierung von Tauwasserniederschlag führt. Während eine unbeschichtete Außenscheibe über mehrere Stunden beschlagen ist, bleibt eine mit ClimaGuard Dry beschichtete Scheibe frei von Kondensat.



Da ein nachträgliches Aufbringen der Beschichtung nicht möglich ist, muß eine solche Lösung bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden.



Verwendung von Funktionsbeschichtungen in Prallscheiben ventilierter passiver Systeme



BGL BNP Paribas, Luxemburg, Luxemburg
ClimaGuard® Dry | Doppelhaut-Fassade, Anti-Kondensat-Beschichtung an Außenseite der Prallscheibe

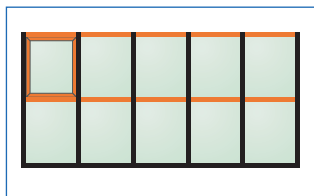
Architekt: M3 Architectes | Foto: © Frank Weber

8.1.2 Fassadenkonstruktionen

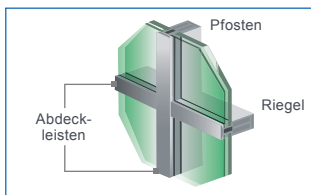
Neben der Funktion ist natürlich die Konstruktion, die Anbindung der Gebäudehülle an den Baukörper, von Belang.

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. 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 aufzuklippende Abdeckleisten, die – in nahezu allen Eloxalfarben verfügbar – die äußere Farbgestaltung prägen. Versiegelt werden Pfosten-Riegel-Konstruktionen in der Regel mit (trockenen) Gummiprofilen als Abdichtung.



Pfosten-Riegel-Fassade



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. Die abgestuften Dimensionen passen sich den strukturellen Anforderungen an. Ein gewisser Vorfertigungsgrad erlaubt die Montage auf der Baustelle. Oft haben die extrem schlanken Profile keine öffnere 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.



Burj Khalifa, Dubai, Vereinigte Arabische Emirate
SunGuard® HD Silver 20 | Strukturell verglastes Isolierglas
Architekt: Skidmore, Owings & Merrill LLP

8.1.2.2 Structural-Glazing-Fassade

8.1.2.2.1 Definitionen

Ein strukturelles Verglasungssystem (Structural Glazing) besteht aus einem Metallrahmen (meist Aluminium) in den spezielle Isoliergläser mit strukturellen Dichtstoffen (Silikon) geklebt werden.

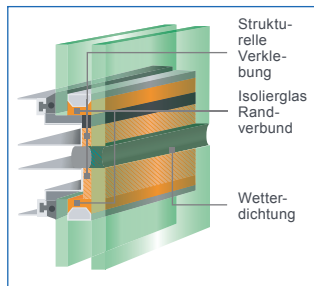
Dieses Aluminium-Glas-System wird dann in eine konventionelle Fassadenunterkonstruktion gehängt. Von außen sind nur die Gläser und ggf. eine Wetterversiegelung sichtbar.

Die wichtigsten Besonderheiten sind:

- Materialgerechte Verbindungstechnik.
- Keine Gefügeänderung der Bauteile (wie z. B. beim Schweißen).
- Lastabtragende Funktion.
- Keine lokalen Spannungsspitzen durch flächige Kraftübertragung über flächiges Klebebett.
- Alterungsbeständigkeit der Klebung (Haftung, UV-Beständ., Temperatur-Beständigkeit).
- Sicherheit bei mechan. Extrembelastungen (Erdbeben, Wirbelstürme, Explosionen, etc.).

Eine typische strukturelle Verglasung besteht aus:

- Statisch wirksamer struktureller Silikon-Verklebung.
- Isolierglas-Randverbund mit kraftschlüssiger Verbindung, Dichtfunktion.
- Dauerelastischer Wetterdichtung.



Strukturelle Silikone besitzen ein hohes Scheer- und Elastizitätsmodul für die Kompensation/Abtragung von:

- Dynamischen Lasten (Windsog, Winddruck, Verkehrslasten).
- Statischen Dauerlasten (Eigengewicht, Schneelast).
- Unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der involvierten Materialien wie z. B. Glas und Aluminium.



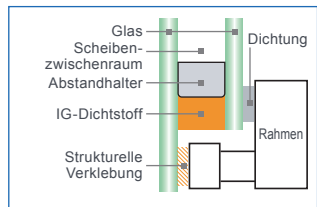
Da sich die Verglasungen von Structural-Glazing-Systemen typischerweise vor den Metall-Konstruktionen befinden, wird der Isolierglas-Randverbund nicht durch Profile verdeckt und damit vor UV-Strahlung geschützt. Aus diesem Grund müssen Dichtstoffe hohen Anforderungen an UV-Beständigkeit genügen. Standard-Isolierglasdichtstoffe bestehen aus organischen Polymeren und basieren auf Kohlenstoff-Kohlenstoff- und Kohlenstoff-Sauerstoff-Verbindungen. Diese haben eine relativ geringe Bindungsenergie und werden, wenn sie über einen längeren Zeitraum UV-Strahlung (UV-A) (→ Kapitel 3.4) ausgesetzt sind, zerstört. Das führt zur Versprödung und letztlich zum Versagen der Isolierglaseinheit. Die Silizium-Sauerstoff-Verbindungen von Silikonen haben eine viel höhere Bindungsenergie, die im Bereich der sehr energiereichen UV-C Strahlung liegt. Da dieser Teil der UV-Strahlung bereits durch die Ozon-Schicht geblockt wird, besitzen Silikone für Außenanwendungen am Bau eine sehr gute UV-Beständigkeit.

Verglichen mit organischen Polymeren sind Silikone hydrophobisch und haben eine größere mechanische Flexibilität.

8.1.2.2.2 Typen von strukturellen Verglasungen

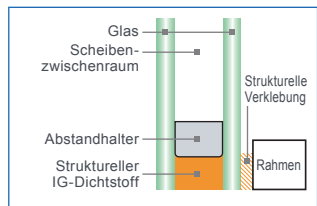
Strukturelles Stufen-Isolierglas

- Strukturelle Verbindung zwischen Glas und Unterkonstruktion: Metall (z. B. Aluminium, Edelstahl).
- Hochmodulige Silikone.
- Strukturelle Funktion und Lastübertragung auf Außenscheibe.



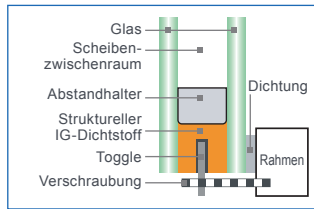
Strukturelles Isolierglas

- Strukturelle Verbindung zwischen Glas und Unterkonstruktion.
- Strukturell wirksamer Isolierglasdichtstoff.
- Hochmodulige Silikone.
- Strukturelle Isolierglasdichtstoffe sollten nicht zum strukturellen Verkleben von Glas auf Metall verwendet werden!
- Strukturelle Funktion und Lastübertragung auf Außen- und Innenscheibe.



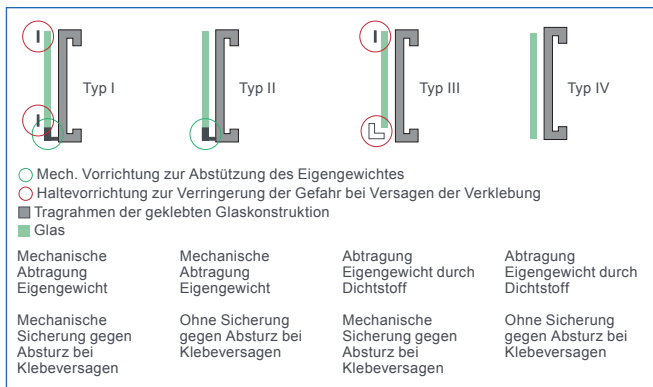
Toggle-System

- Strukturell wirksamer Isolierglasdichtstoff.
- Schraubverbindung zwischen Randverbund (U-Profil mit Toggle) und Unterkonstruktion.
- Hochmodulige Silikone.
- Strukturelle Funktion und Lastübertragung über Randverbund.



8.1.2.2.3 Relevante Europäische Normen für Strukturelle Verglasungen

- ETAG 002 Europäische Richtlinie für geklebte Glaskonstruktionen.
- EN 13 022 Glas im Bauwesen – Geklebte lastabtragende Glaskonstruktionen.
 - Teil 1: Glasprodukte für geklebte Glaskonstruktionen für Einfachglas und Mehrfachverglasungen mit und ohne Abtragung des Eigengewichtes.
 - Teil 2: Verglasungsvorschriften.
- EN 15 434 Glas im Bauwesen – Produktnorm für lastübertragende und/oder UV beständige Dichtstoffe.
- EN 1279 Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas.
- DIN 18 008 Glas im Bauwesen - Bemessungsgrundlagen.



Kategorien struktureller Verglasungen nach der ETAG 002-1



8.1.2.2.4 Beschichtete Gläser in strukturellen Verglasungen

Nach der Europäischen Richtlinie für geklebte Glaskonstruktionen ETAG 002-1 dürfen beschichtete Gläser, für welche es keine explizite Zulassung seitens eines anerkannten Prüfinstitutes für monolithische Anwendungen nach EN 1096 gibt, nicht auf der beschichteten Seite strukturell verklebt oder in einem strukturell wirksamen Isolierglasrandverbund verwendet werden. Dabei handelt es sich in der Regel um sogenannte weichbeschichtete Multi-Funktions-Beschichtungen. Solche Gläser müssen durch geeignete Maßnahmen an den betreffenden Stellen entschichtet werden. Ausgewählte Gläser der SunGuard HD Serie, die in monolithischen Verglasungen im Außenbereich eingesetzt werden können, sind auch für Structural Glazing geeignet.

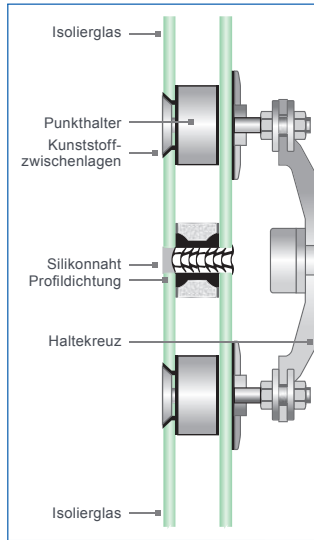
In Europa müssen alle Anwendungen mit strukturellen Verklebungen explizit getestet und freigegeben werden. Falls eine solche Zulassung nach der europäischen Norm ETAG 002-1 für ein beschichtetes Glas benötigt wird, kontaktieren sie bitte Guardian, für genaue Informationen hinsichtlich geeigneter Gläser und getestete Beschichtungs-Dichtstoff-Kombinationen.

Eine andere Möglichkeit, weichbeschichtete Multifunktions-Gläser (SunGuard SN, SNX oder HP) in strukturellen Verglasungen einzusetzen, ist das „Guardian System TEA“. Dabei handelt es sich um ein spezielles Emaillesystem, welches direkt auf die jeweilige Beschichtung gedruckt wird. Während des Einbrennens der keramischen Farbe löst sich die gesamte Beschichtung im Emaille auf, so daß am Ende im bedruckten Bereich nur noch das Glas mit der Emaillierung vorhanden ist. Diese emaillierte Oberfläche ist mechanisch und chemisch sehr stabil und optisch homogen, so daß sich eine zuverlässige Fläche für strukturelle Verklebungen ergibt. Das „Guardian System TEA“ wurde umfangreich getestet und ist mit verschiedenen strukturellen Silikonem nach der Norm ETAG 002-1 zertifiziert. Für detaillierte Informationen kontaktieren Sie bitte Guardian (→ Kapitel 8.2.3).

8.1.2.3 Punktgehaltene Fassade

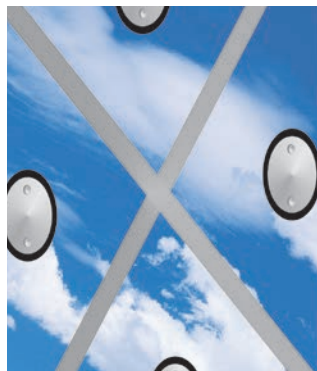
Diese Fassadentechnik der neueren Art basiert auf punktförmig angeordneten, auf Reibe- oder Lochleibungsverbindungen ausgelegte Einzelhalter. Dabei werden die wirkenden Kräfte aus der Verglasung über diese Haltepunkte in einen meist beweglich gelagerten Punkthalter eingeleitet, der diese über eine metallische 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 Bohrfanken erhalten. 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.



Punktgehaltene Fassade

Die Fugen zwischen den einzelnen gläsernen Fassadenelementen werden mit UV-beständigen Verschlussystemen 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.

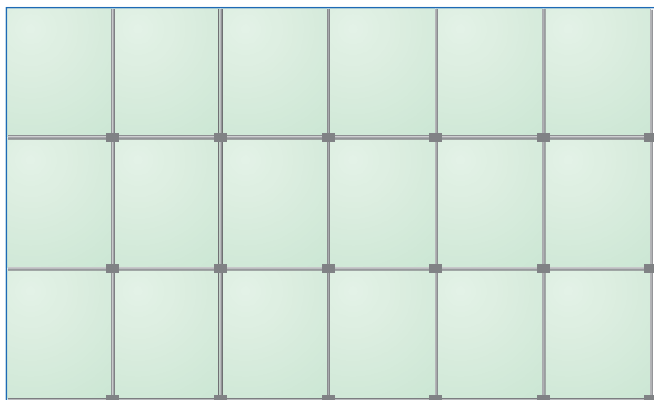


Punktgehaltene Fassade
Kreuzung - optischer Eindruck



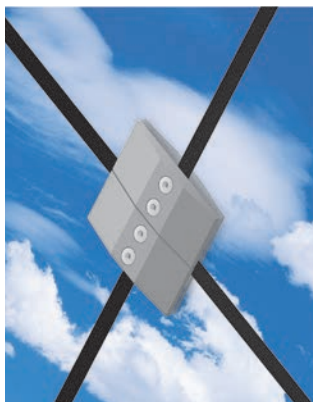
8.1.2.4 Membran-Fassade

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.



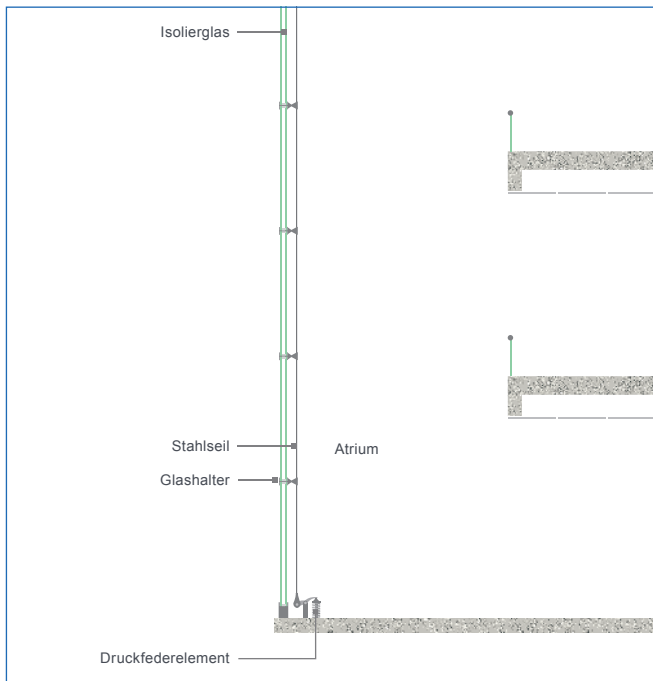
Membran-Fassade von der Konstruktionssseite

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
Kreuzung - optischer Eindruck

Die Ecklagerung der Glaselemente ohne Durchbohrung vermeidet erhöhte Spannungskonzentrationen und ermöglicht so eine freiere Dimensionierung.



Membran-Fassade

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.

8.2 Keramische Bedruckung von Glas

Keramische Farben wurden für den Druck und Einbrand auf normalem Alkali-Erdalkali-Floatglas entwickelt. Während des thermischen Vorspannprozesses verschmilzt das Emaille fest und irreversibel mit der Glasoberfläche unter Bildung einer farbigen keramischen Schicht.

Emaille besteht aus einem Gemisch aus sehr feinem Glaspulver mit Farbpigmenten, welches mit öl- oder wasserbasiertem Lösungsmittel und Verdünner versetzt ist. Abhängig vom Druckverfahren kann sich die Zusammensetzung deutlich unterscheiden. Keramische Farbe kann durch verschiedene Techniken auf Glasflächen aufgebracht werden. Dazu zählen in erster Linie: Siebdruck, Walzendruck und Digitaldruck. Seltener Verfahren sind Sprühen mit der Farbpistole, Vorhangbeschichtung oder manuell mit der Rolle.

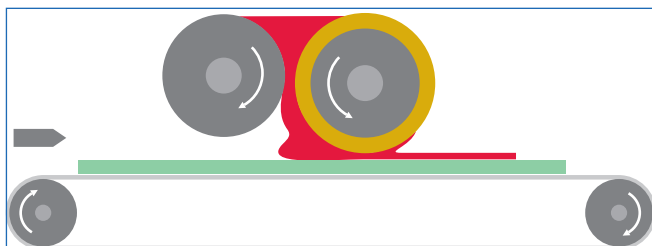


Nach einem speziellen Trockenprozeß wird das bedruckte Glas dann während des Vorspannprozesses zu ESG oder TVG weiterverarbeitet. Dabei verschmilzt das Emaille bei 500 ... 600 °C fest mit dem Glas. Das Ergebnis ist eine UV-beständige, mechanisch und chemisch stabile keramische Beschichtung.

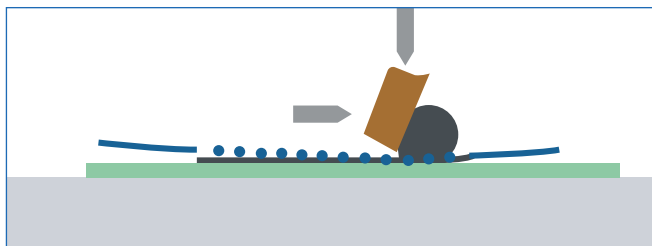
8.2.1 Keramische Auftragsmethoden

8.2.1.1 Walzenbeschichtung (Roller-Coating)

Emaillierung mit der Walzentechnik erlaubt einen gut justierbaren und gleichmäßigen Farbauftrag. Die erhöhte Farbdicke sorgt für eine gute Blickdichtheit und homogene Erscheinung. Diese Technik ist hervorragend für die Beschichtung großer Flächen (z. B. Brüstungsgläser) oder für Randemaillierung geeignet und ist ideal für große Stückzahlen.



8.2.1.2 Siebdruck



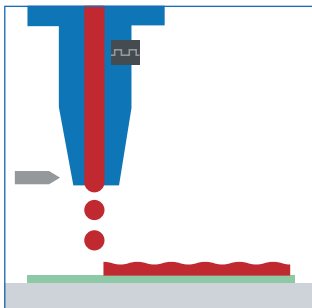
Siebdruck auf Glas hat eine lange Tradition. Dabei wird das Emaille mit einem Rakel durch die offenen Bereiche eines Gewebes gedrückt. Dazu muß das Gewebe (Sieb) vorher phototechnisch behandelt werden, so daß sich am Ende das gewünschte Druckmotiv ergibt. Das Siebdruckverfahren erlaubt den Druck von genau definierten Mustern aber auch von größeren Flächen auf die Glasoberfläche. Die Dicke der keramischen Schicht sowie die optische Auflösung und Feinheit der Druckmuster kann über die Gewebeparameter des Siebes eingestellt werden. Der Farbverbrauch ist niedriger als bei anderen Druckverfahren.

Diese Technik ist ideal für den Druck hoher Stückzahlen des immer gleichen Designs aber auch für Randbedruckung von Gläsern. Ein Nachteil sind die relativ hohen Kosten für die Herstellung der Siebe und der Aufwand für Handhabung und Reinigung selbiger.

8.2.1.3 Digitaldruck

Digitaldruck ist eine vergleichsweise junge Technik wenn es um die Gestaltung von Glas geht. Für diese Technologie benötigt man einen Digitaldrucker, spezielle Farbe und eine Bildbearbeitungssoftware. Der Prozeß ist also dem Drucken mit einem Tintenstrahldrucker, den viele zu Hause haben, sehr ähnlich.

Die Druckerköpfe besitzen Düsen mit der Möglichkeit der Farbfixierung für das sofortige Antrocknen der feinen Farbtröpfchen. Das erlaubt den Druck vielfarbiger Designs während eines Druckvorgangs. Ein piezo-elektrischer Pulsgeber löst die Abscheidung der Farbtröpfchen sehr präzise aus. Die verwendeten speziellen Farben sind an die Druckerhardware mit den feinen Düsen angepaßt.



Der wichtigste Vorteil des digitalen Druckens ist die hohe Designflexibilität und die Einsparung von Siebkosten.

8.2.2 Brüstungsgläser

Brüstungsgläser verbergen in der Regel Konstruktionselemente wie z. B. Betonelemente, Balken, Decken, Komponenten von Klimaanlage, elektrische Leitungen usw. Dabei befinden sich die Brüstungselemente typischerweise zwischen Fenstern bzw. Isolierglaseinheiten.

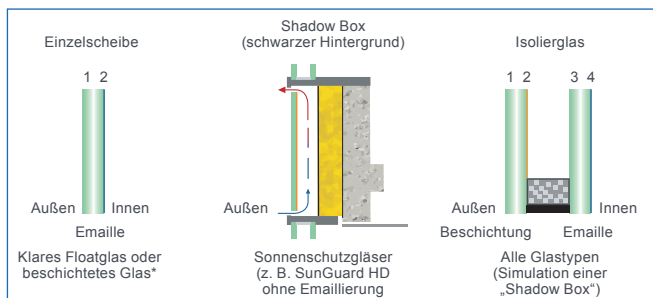
Konventionelle Fassaden und Structural-Glazing-Konstruktionen verlangen oft die Verwendung von Brüstungsgläsern, um die gestalterischen Visionen der Architekten zu verwirklichen. Dabei können die Brüstungen farblich abgestimmt oder in Kontrast zum Isolierglas sein. Brüstungsgläser sollten thermisch vorgespannt werden, um thermisch induzierten Spannungen zu widerstehen (→ Kapitel 9.8.1). Guardian bietet seine Erfahrung mit Brüstungsgläsern an, um dem Planer zu helfen, das gewünschte Design bei gleichzeitig reduziertem thermischem Bruchrisiko zu realisieren.

Eine besondere Herausforderung an eine mögliche Farbanpassung von Brüstungsgläsern stellt die Spezifikation von hochtransparenten bzw. niedrigreflektierenden Gläsern im Fensterbereich dar. Unterschiedliche Tageslichtbedingungen können sich sehr stark auf das Erscheinungsbild einer Glasfassade auswirken. Zum Beispiel erzeugt direkte Sonneneinstrahlung eine höhere Reflexionswirkung, was die Anpassung zwischen Brüstung und Fenster meist verbessert.



An einem grauen Tag mit bedecktem Himmel wirkt eine Fassade dagegen oft transparenter und führt zu einem größeren Kontrast. Zur Auswahl der optimalen Isolierglas-Brüstungsglas-Kombination empfiehlt Guardian deshalb Bemusterungen in Originalgröße unter unterschiedlichen Tageslichtbedingungen.

Brüstungsgläser können aus bedrucktem Float- oder reflektierend beschichtetem* Glas bestehen. Eine andere Möglichkeit sind Isoliergläser, die aus einer Sonnenschutzglas-Außenscheibe und einer blickdicht bedruckten Innenscheibe bestehen.



* geeignete Typen siehe Kapitel 10.3, Tabelle 17

Aufbau verschiedener Brüstungsgläser

Auf Grund ihrer Beständigkeit eignen sich SunGuard® HD beschichtete Gläser für den Einsatz als monolithische Brüstungsgläser. Das bietet in vielen Fällen eine kostengünstige Alternative. Sollte es nicht möglich sein, eine optimale Farbanpassung zur Fensterverglasung zu erreichen, kann die Simulation einer so genannten Shadow-Box durch ein Isolierglas als Brüstung in Betracht bezogen werden.

In Kapitel 10.3, Tabelle 17 werden Möglichkeiten farblich angepaßter Brüstungsgläser aufgezeigt.

Prinzipiell empfiehlt sich die Begutachtung von großformatigen Muster-gläsern unter Tageslichtbedingungen, um eine mögliche Farbanpassung zwischen Fenster- und Brüstungsglas zu verifizieren.

8.2.3 Randemaillierung – Guardian System TEA

Modernes Design erfordert in vielen Situationen eine Bedruckung des Randbereiches von Verglasungen. Das sind in erster Linie:

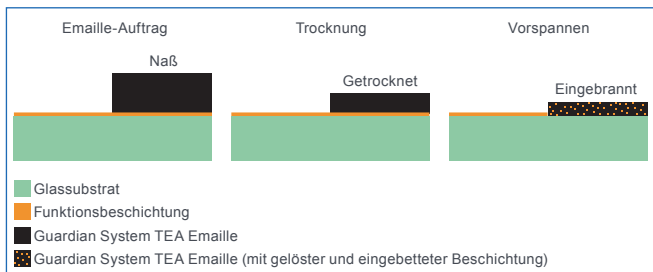
- Structural Glazing.
- Ganzglastecken.
- Dachverglasungen mit Glasüberstand.
- Lamellenfenster.
- Glasschwerter.
- Dreh- und Kippflügel Fenster in Ganzglasfassaden.

Üblicherweise erfordert der Einsatz von randemaillierten beschichteten Scheiben eine Festmaß-Beschichtung der bereits bedruckten und vorge-spannten Gläser mit dem Nachteil vieler zusätzlicher Verarbeitungsschritte, möglicher Qualitätsrisiken und langen Lieferzeiten.

Bei der keramischen Bedruckung von verträglichen Beschichtungen kommt es andererseits meistens zu ungewollten Farbverschiebungen in der Außenansicht.

Eine ganz neue Technologie, entwickelt zusammen mit der Firma Ferro, für die Emaillierung von Architekturglasbeschichtungen ist "Guardian System TEA" (TEA = True Edge Application).

Dieses spezielle Emaille wird direkt auf die Beschichtung gedruckt. Während des Einbrennens wird die Beschichtung vollständig in der keramischen Farbe aufgelöst. Das System TEA Emaille verschmilzt mit der Glasoberfläche und es entsteht eine feste Verbindung, vergleichbar zu herkömmlichen keramischen Farben. Nach dem Abkühlen ist das Beschichtungsmaterial passiv in der Emaille eingebettet – ähnlich zu Farbpigmenten. Dieses patentierte System bietet Randentschichtung und Randbedruckung in einem einzigen Arbeitsschritt. Ergebnis ist eine optisch homogene und beständige Fläche.



Guardian System TEA – Prozess

Guardian System TEA kann über die Walzentechnik oder Siebdruck aufgebracht werden. Die meisten der thermisch vorspannbaren Guardian SunGuard und KlimaGuard Beschichtungen aber auch Guardian Clarity entspiegeltes Glas sind kompatibel und verifiziert durch unabhängige Prüfinstitute.

Die System TEA Oberfläche ist zudem für strukturelle Verklebungen geeignet. Bitte kontaktieren Sie Guardian zu getesteten System TEA – Silikon – Kombinationen.



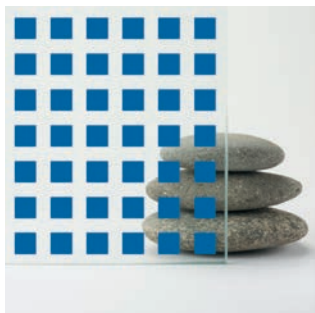
La Casa del Desierto, Gorafo, Spanien
SunGuard® SNX 60 I mit System TEA Randemaillierung | Architekt: OFIS architects
Foto: © Gonzalo Botet



8.2.4 Dekorativer Druck

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. 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.

Übliche Technologien für die Herstellung dieser Designgläser sind Siebdruck und Digitaldruck (→ Kapitel 8.2.1).



In Kombination mit beschichteten Gläsern sind Besonderheiten zu beachten und es ergeben sich entsprechende Konsequenzen:

1. Bedruckung zwischen Glasoberfläche und Beschichtung (#2)
 - Für nicht vorspannbare Beschichtungen.
 - Erfordert Festmaß-Beschichtung.
 - Keine Farbverschiebung.
 - Einfluss auf Wärmedämm- und Sonnenschutzigenschaften der Beschichtung beachten! (in der Regel Verschlechterung).
 - Zusätzliche Verarbeitungsschritte.
 - Qualitätsrisiken.
 - Mögliche Logistik- und Lieferzeitprobleme.
2. Bedruckung auf die Beschichtung (#2)
 - Nur für vorspannbare Beschichtungen geeignet.
 - Verträglichkeit Beschichtung – Emaille beachten.
 - Hohe Flexibilität.
 - Mögliche Farbverschiebung der Emaillefarbe in Außenansicht beachten!
 - Verlust der Wärmedämmeigenschaften (Emissivität) bei emaillierten Bereichen.
3. Bedruckung auf #1 (außen) bei Beschichtung auf Gegenseite (#2)
(→ Kapitel 9.11.2.3)
 - Spezielle keramische Farben für Außenanwendung erforderlich.
 - Nur in Kombination mit chem. und mechan. beständigen Beschichtungen (z. B. SunGuard HD) möglich.
 - Eignungstests hinsichtlich Verarbeitung empfohlen.
 - Hohe Flexibilität.
 - Keine Farbverschiebung in Außenansicht für Emaille und Beschichtung!

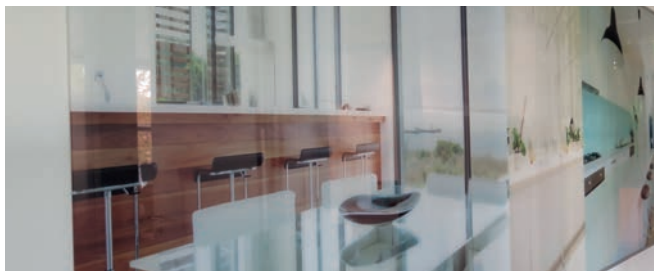
8.3 Designglas

Neben Ätzen und Sandstrahlen gibt es zur Herstellung von Designgläsern weitere, sehr unterschiedliche Prozesse. Darüber hinaus bestehen sicherlich noch weitere Möglichkeiten, die allerdings stark handwerklich geprägt oder aber noch zu wenig ausgereift sind.



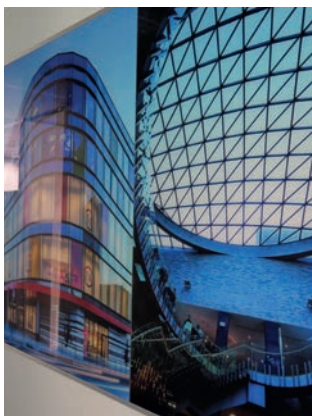
8.3.1 Transferdruck auf Glas

Die Alternative, um über den einfarbigen Siebdruck hinaus eine Mehrfarbenwiedergabe zu erreichen, bietet der Transferdruck. Dabei werden auch Emaille- 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 aufgetragenen Farben verbinden sich wie zuvor beschrieben. Neben allen Arten von Ornamenten können mit dieser Methode auch farbfotogetreue Abbildungen auf dem Glas erzeugt werden.



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



8.3.3 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.



8.3.4 Dekoratives Verbundglas

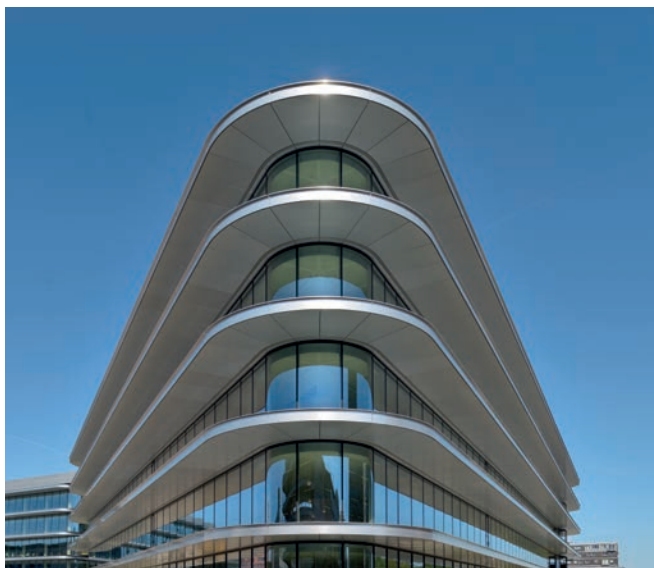
Eine Alternative zu diesen Sicherheitsgläsern sind Verbundgläser, die mittels zwischen zwei Scheiben eingebrachten Gießharzes oder EVA-Folien erzeugt werden. Dabei lassen sich in der Zwischenschicht dekorative Elemente, wie beispielsweise Drahtgeflechte oder andere flache Accessoires, integrieren, die 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.



ING Hoofdkantoor, Amsterdam, Niederlande
SunGuard® SN 70/35 | Gebogenes thermisch vorgespanntes
und teilweise laminiertes 3-fach-Isolierglas
Architekt: Benthem + Crouwel architects | Foto: © Georges De Kinder

8.4.1 Schwerkraftbiegen

Für Bauglas kommt oft ein thermisches Schwerkraftbiegen zur Anwendung.

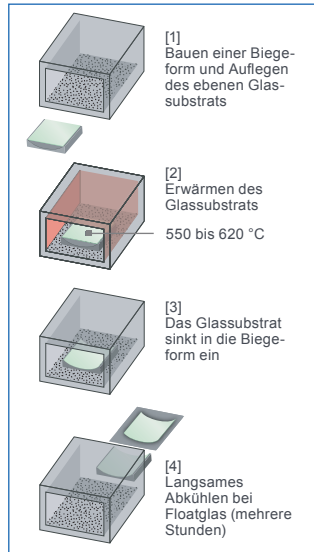
Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts wurde in England das gebogene Architekturglas entwickelt und bis heute nur leicht modifiziert.

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 die Biegeform und übernimmt deren Kontur. Das anschließende Abkühlen definiert die entstehende Glasart. Langsames, eigenspannungsfreies Abkühlen lässt erneut ein später weiterverarbeitbares Glas entstehen.

Vorteile von schwerkraftgebogenem Glas:

- Sehr gute optische Qualität (keine Welligkeit).
- Keine Anisotropien.
- Alle Formen (zylindrisch, 3-d-Formen) sind möglich.
- Konkave und konvexe Biegungen sind mit Beschichtungen möglich.

Eine Herausforderung ist oft die lange Produktionszeit (Aufheizen - Haltezeit, bis sich das Glas in die Biegeform senkt – spannungsfreies Abkühlen). Bei sehr dicken Gläsern oder sehr kleinen Radien kann sich die Ofenzeit zusätzlich erhöhen. Das sollte unbedingt beachtet werden, wenn Produktionskapazitäten und Lieferzeiten für ein Projekt diskutiert werden.



Herstellungsschritte

Schwerkraftgebogenes Glas ist kein Sicherheitsglas. Es hat das Bruchverhalten von Floatglas. Werden Sicherheitseigenschaften verlangt, können die gebogenen Scheiben nach dem Biegeprozeß in einem zweiten Arbeitsschritt laminiert werden. Hierfür ist es empfehlenswert, daß die zu laminierenden Gläser gemeinsam übereinander auf der selben Form gebogen werden. Dadurch bekommen sie exakt die gleiche Geometrie. Das vermeidet Spannungen im späteren Laminat und Delamination. Das Laminieren erfolgt üblicherweise im kombinierten Vakuum-Autoklav-Verfahren.

8.4.2 Gebogenes vorgespanntes Glas

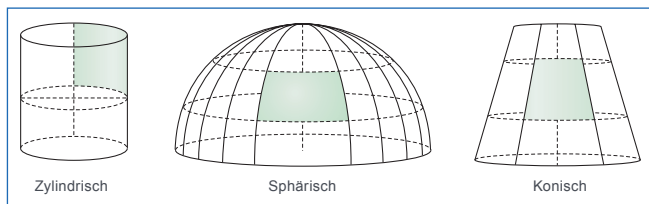
Hier erfolgt Biegen und Vorspannen zur selben Zeit. Die Vorspannöfen für gebogene Gläser sind denen für planes Glas sehr ähnlich. Nach dem Aufheizen im Ofen gelangt das „weiche“ Glas in die Kühlzone, die beweglich ist und das Glas, während es die Vorspannung erhält, in die gewünschte Form drückt. Danach wird es weiter abgekühlt. Die Produktionszeiten sind vergleichbar zu denen für planes vorgespanntes Glas und viel kürzer als beim Schwerkraftbiegen. Probleme bereiten oft Anisotropien durch den Kühlprozeß und optische Verwerfungen durch die Bewegung des weichen Glases auf den Transportrollen. Eine andere Besonderheit ist gegenwärtig noch die Limitierung auf zylindrische Formen und bei beschichteten Gläsern auf konkaves Biegen.





8.4.3 Biegeformen

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.



Biegeformen (Auswahl)

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 ist diese Art der Biegungen unkritischer, da der Produktionsprozess kurz und damit „schichtschonend“ ist. Prinzipiell sind aber alle vorspannbaren Beschichtungen von Guardian auch 3-dimensional über 2 Achsen biegsam. Bei sehr komplizierten Formen, sind aber Machbarkeitstest durchzuführen. Sphärische, asphärische, hyperbolische oder 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 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. Der internationale Standard ISO 11485 Glas am Bau – Gebogenes Glas beschreibt die Terminologie und Definitionen in Teil 1 und Qualitätsanforderungen in Teil 2.

8.4.5 Geeignete Glasstypen

Im Prinzip sind alle thermisch vorspannbaren Gläser auch biegsam. Jedoch sind speziell bei Gläsern mit funktionellen Beschichtungen Besonderheiten bzw. Einschränkungen zu beachten. Typischerweise sind umfangreiche Machbarkeitsstudien erforderlich, um die Grenzen der Verarbeitbarkeit bestimmter Produkte hinsichtlich beabsichtigter Biegetechniken und Biegeformen auszuloten.

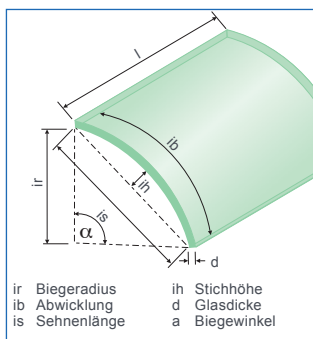
Die meisten der beschichteten thermisch vorspannbaren Architekturgläser von Guardian sind für Biegen nach dem Schwerkraftverfahren oder mit thermischem Vorspannen geeignet oder haben eine entsprechende biegbare Version. Das betrifft die SunGuard Sonnenschutzgläser, die KlimaGuard Wärmedämmgläser und entspiegeltes Glas Guardian Clarity.

Heute wird für Projekte, in denen gebogene neben planen Gläsern zum Einsatz kommen, erwartet, daß in allen Bereichen der selbe Glástyp zum Einsatz kommt. Nur dadurch kann dem Wunsch der Architekten nach einem perfekten und homogenen Erscheinungsbild Rechnung getragen werden.

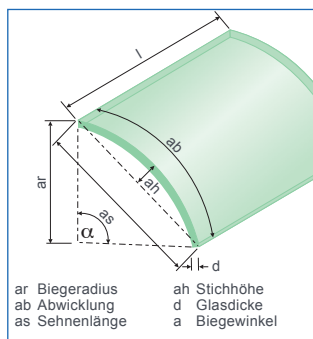
Für weitere Informationen bezüglich möglicher Einschränkungen, Erfahrungen mit bereits realisierten Projekten oder unseren Glasbiege-Partnern kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

8.4.6 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).



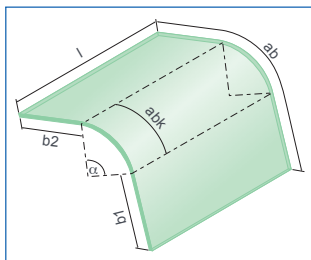
Innenmaße



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 (b_1 , b_2) sind dabei gesondert auszuweisen.



Bogen mit geradlinigen Verlängerungen

8.4.7 Besonderheiten

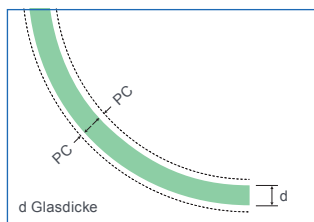
Für gebogene Gläser gelten besondere Toleranzen und produktionstechnische Formgegebenheiten, die grundsätzlich zu beachten sind:

8.4.7.1 Örtliche Verwerfungen

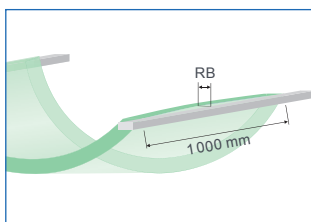
Bei gebogenem ESG und TVG können die örtlichen Verwerfungen von den Vorgaben bei planen Gläsern abweichen, da Glasgeometrie, -größe und -dicke darauf beim Biegen mehr Einfluss als bei planer Ausführung nehmen können. In jedem Fall sind diese vorher mit dem Hersteller abzustimmen.

8.4.7.2 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. (Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen – BF-Merkblatt 009).



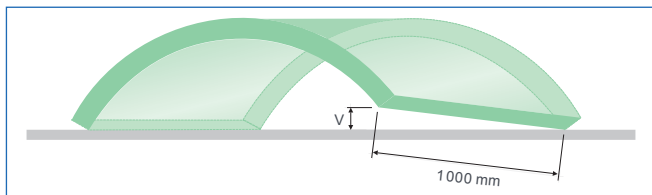
Konturtreue (PC)



Geradheit der Höhenkante (RB)

8.4.7.3 Verwindung

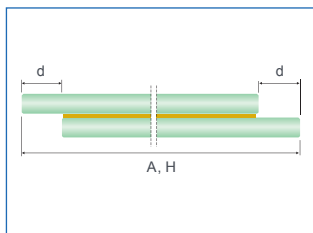
Mit dem Begriff Verwindung wird die Genauigkeit der Planparallelität der Höhenkanten oder ungebogenen Ränder beschrieben. Auch hier sollte nach der Biegung eine Abweichung von max. ± 3 mm je laufendem Meter Glaskante nicht überschritten werden. (Leitfaden für thermisch gebogenes Glas im Bauwesen – BF-Merkblatt 009).



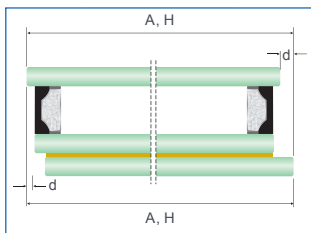
Verwindung (V)

8.4.7.4 Kantenversatz

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



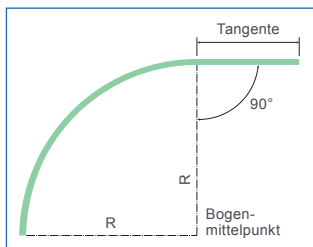
Kantenversatz bei VSG (d)



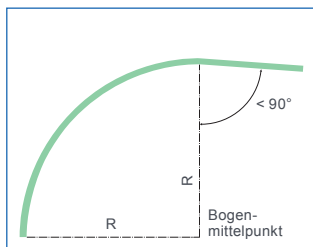
Kantenversatz bei Isolierglas (d)

8.4.7.5 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

8.4.8 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.

8.4.9 Kalt-Biegen

Diese Technologie erlaubt es Designern, kontinuierlich sanft geschwungene Oberflächen zu schaffen – im Gegensatz zu segmentierten Strukturen. Außerdem kann es eine kostengünstige Methode für leicht gekrümmte Glasfassaden sein.

Oft werden Fassadenelemente industriell beim Metallbauer vorgefertigt, um sie dann schnell und unkompliziert vor Ort in die Unterkonstruktion zu integrieren. Oder es werden plane Glaselemente an die Baustelle geliefert, die dann in eine bereits gebogene Unterkonstruktion, unter Ausnutzung der Elastizität des Flachglases, integriert werden.

Gläser, die für Kalt-Biegen vorgesehen sind, müssen in der Regel vorgespannt sein. Durch die erhöhte Biegezugfestigkeit ist es möglich, die Gläser über permanent wirkende Kräfte zu verformen und den daraus resultierenden Spannungen zu widerstehen. Trotz der druckverspannten Oberflächen können jedoch nur vergleichsweise große Biegeradien (mehrere Meter) realisiert werden. Diese hängen von der Glasgeometrie, der Glasstärke und dem Vorspanngrad ab.

Neben dem Radius ist bei kaltgebogenen Gläsern die Auslenkung aus der planen Ausgangslage „dZ“ (siehe Abbildungen) ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung.



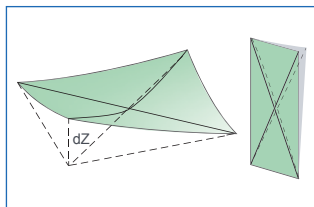
Evolution Tower, Moskau, Russland
SunGuard® HP Neutral 60/40 in einer durch Kalt-Biegen in sich verwundenen
Glasfassade
Architekt: Tony Kettle | Foto: © Olga Alexeyenko



Die Formung der Gläser kann durch folgende Verfahren erreicht werden:

- Drücken der planen Gläser auf die gekrümmte Unterkonstruktion durch Abdeckleisten.
- Strukturelle Verklebung der planen Verglasung auf gekrümmte Unterkonstruktion.
- Polymer verklebt schubsteif zwei dünne (gebogene) Glasscheiben - Laminat-Biegen.

Die permanent anliegenden mechanischen Spannungen müssen bei der Dimensionierung von Dichtstoffabdeckung, Glaseinstand und ggf. der Klebefläche bei strukturellen Dichtstoffen zu Grunde gelegt werden.



Kaltgebogene rechteckige Glasscheibe mit Auslenkung (dZ)



Auslenkung (dZ): Isolierglaseinheit vor dem Aufbringen der Verformungskräfte

8.5 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 cm² 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.



8.6 Wechselwirkung mit hochfrequenter Strahlung

Mittlerweile haben sich Glasfassaden als Stilelement großer Büro-, Hotel- oder auch Wohngebäude etabliert. Um den Anforderungen an Energieeffizienz gerecht zu werden, sind moderne Verglasungen heute mit leistungsfähigen Edelmetallfunktions-Beschichtungen ausgerüstet, die gezielt vor übermäßiger solarer Aufheizung im Sommer schützen und im Winter den Verlust von Heizwärme minimieren.

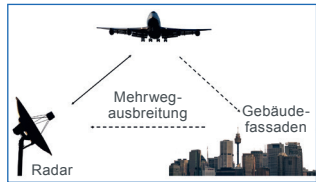
Die verwendeten Beschichtungen treten durch ihre hohe elektrische Leitfähigkeit in Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung. Silber als Funktionsschicht hat sich dabei als ideale Reflexionsfläche für solare aber auch langwellige IR-Strahlung erwiesen. Daraus ergeben sich die bekannten hervorragenden Eigenschaften hinsichtlich Sonnen- und Wärmeschutz. Neben diesem gewünschten Effekt wirken diese Beschichtungen aber auch sehr stark reflektierend im Bereich der Mikrowellen. Dazu zählen Mobilfunkanwendungen (GSM, UMTS, DECT, LTE), drahtloses Internet (W-LAN) oder Navigationssysteme. Diese Wellen werden beim Durchgang durch moderne Isoliergläser sehr stark abgedämpft. Schwache Empfangssignale sind die Folge.

Andere störende Phänomene ergeben sich durch die starke Reflexion an der Außenseite der gläsernen Gebäudehülle. Die dabei auftretenden sogenannten Mehrwegausbreitungen von Funkwellen können bei vielen Kommunikationssystemen sehr störend wirken. Das betrifft auch die Radarwellen der Flugsicherung.



8.6.1 Radarstrahlung und Architekturglas

An Flughäfen und ausgewählten Standorten arbeitet die Deutsche Flugsicherung (DFS) zum Beispiel mit Sekundär-Radar-Anlagen (SSR) im Mikrowellenbereich (ca. 1,1 GHz), um den Luftraum möglichst flächendeckend zu überwachen. Dabei wird das Flugzeug richtungsbezogen nach Kennung, Höhe, Geschwindigkeit, etc. vom Radar angefragt. Die Antwort des Flugzeuges kann an großen Flächen (z. B. hohe Gebäude) reflektiert und damit aus einer anderen Richtung dupliziert werden. Diese Phantom-Ziele können zu einer fehlerhaften Positionsbestimmung von Flugzeugen oder bei Multiplikation sogar zur Überlastung der Transponder führen.



Aus diesen Gründen gibt es die Forderung der Flugsicherung, daß Gebäude ab einer bestimmten Größe, Abstand und Ausrichtung zur Radar-Anlage mit radarreflexions-dämpfenden Eigenschaften geplant und ausgeführt werden müssen.



Henninger Turm, Frankfurt/M, Deutschland
SunGuard® RD 60 | Radarreflexionsdämpfende Verglasung und Sonnenschutzglas
Architekt: Meixner Schlüter Wendt (Frankfurt/M.) | Foto: © Frank Weber

Die projektbezogenen Anforderungen werden von qualifizierten Gutachtern formuliert. Dabei wird in der Regel eine Reflexionsdämpfung für betroffene Gebäudeteile in [dB] in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel der Radarwellen gefordert.

Das Dämpfungsverhalten von Gläsern hängt sehr stark vom Aufbau ab. Einfachgläser haben bei normalen Einbaustärken nur eine sehr geringe Dämpfungswirkung. Lediglich sehr dünne Gläser zeigen einen Effekt. Bei normalem Isolierglas ist die Verbesserung ebenfalls kaum spürbar. Ein Optimum wird erst bei sehr großen Scheibenzwischenräumen (> 50 mm) erreicht. Am problematischsten sind, wie oben erwähnt, edelmetallbedampfte Sonnen- und Wärmeschutzgläser. Hier kommt es zu einer ungewünschten, nahezu vollständigen, Reflexion der Radarwellen.

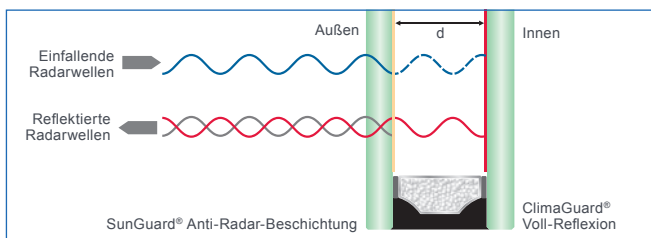
Deshalb können die heute üblichen Sonnen- und Wärmeschutzgläser nicht ohne weitere Maßnahmen bei Anforderungen an die Dämpfung ungewollter Reflexionen von Radarstrahlung eingesetzt werden!

8.6.1.1 Radarreflexionsdämpfung mit SunGuard® RD beschichtetem Glas

Das speziell für die Dämpfung von Radarstrahlung entwickelte Glas vom Typ SunGuard® RD nutzt den Effekt der Phasenverschiebung. Dabei befindet sich die für die Radarwellen „halbdurchlässige“ Beschichtung vom Typ RD auf der Außenscheibe des Isolierglases. Auf der Innenscheibe wird die restliche Strahlung an einer silberhaltigen (meist Low-E -) Beschichtung vollständig reflektiert. Die an beiden Beschichtungen reflektierten Wellen überlagern sich. Da sich die Wellenlänge der Radarstrahlung ungefähr im Bereich der Isolierglasdicken befindet, kann man mit exakt aufeinander abgestimmten Scheibenzwischenräumen und Dicken der einzelnen Gläser den Grad der Überlagerung und damit die Phasenverschiebung in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels optimieren.

Es gilt:

$$d = f(\lambda_{\text{Radar}} \text{ und } \angle_{\text{Radar}})$$



Auslöschung durch Phasenverschiebung im Isolierglas

Die vordere Beschichtung muss in ihren elektrischen Eigenschaften so justiert sein, dass exakt so viel Strahlung durchgelassen wird, dass es zusammen mit der Rückreflexion von der zweiten Beschichtung zu einer möglichst maximalen Auslöschung kommt.



Entsprechend der topographischen Gegebenheiten und den Anforderungen, formuliert durch das Radargutachten, ergibt sich für jeden konkreten Fall ein spezieller Isolierglasaufbau mit jeweils bestimmten, sich daraus ableitenden, Dämpfungseigenschaften. Diese folgen einer logarithmischen Funktion (Tabelle).

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

Guardian gibt in Zusammenarbeit mit Planungsbüros und externen Beratern Hilfestellung bei der Vordimensionierung radarreflexionsdämpfender Verglasungen. Dabei werden Isolierglasaufbauten rechnerisch ermittelt, die den Anforderungen an die Dämpfung von Radarstrahlung (Sekundär-Radar) entsprechen. Diese Vordimensionierung ersetzt nicht die finale Bestätigung der Glasaufbauten durch Messung bzw. durch ein entsprechendes Radargutachten, welches projektbezogen erstellt werden muss.

In Kapitel 10.3, Tabelle 16 finden Sie einen für Anforderungen an Radarreflexionsdämpfung typischen Glasaufbau.

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

8.6.2 Dämpfung von HF-Strahlung/Elektrosmog

Erst die Verwendung hochfrequenter gepulster Strahlung ermöglicht die Leistungsfähigkeit heutiger Mobilfunkanwendungen. Das führte letztlich zu deren massenhaften Anwendung. Speziell in der Nähe von Mobilfunk-Sendeanlagen haben viele Menschen jedoch mittlerweile Sorge vor zu hoher Strahlenbelastung.

Elektrosmog als Begriff stammt aus den 1970er Jahren und man versteht darunter die Verschmutzung der Umwelt mit elektromagnetischer Strahlung.

Elektromagnetische Strahlung wird an leitenden Ober- oder Grenzflächen reflektiert. Bei schlechten elektrischen Leitern spielt die Absorption eine entscheidende Rolle (z. B. Dicke von Betonbauteilen).

Die elektromagnetische Abschirmung ist immer relativ und hängt vom auftretenden Signal und dessen Stärke ab (Strahlungsdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$).

Da die elektromagnetische Abschirmung mathematisch schwer zu ermitteln ist, wurden an der Universität der Bundeswehr München in Zusammenarbeit mit dem unabhängigen Berater für Umweltanalytik Dr. Moldan einen ganze Reihe Baumaterialien auf ihre dämpfenden Eigenschaften untersucht. Darunter auch 2- und 3-fach-Isoliergläser.

Wärmeschutzgläser (z. B. ClimaGuard Premium2 oder ClimaGuard 1.0+) und Sonnenschutzgläser (z. B. SunGuard HP/SN/SNX), ausgerüstet mit Beschichtungen mit einem Flächenwiderstand $< 5 \text{ Ohm}/\text{sqr}$, dämpfen hochfrequente Strahlung sehr gut.

Für eine Dreifach-Verglasung mit 2 ClimaGuard-Beschichtungen werden HF-Transmissionsdämpfungen von ca. 34 dB für 900 MHz (GSM900 Mobilfunk) und bis zu 38 dB bei 1 900 MHz (GSM 1800 Mobilfunk, DECT, UMTS) erreicht.

Im Gegensatz dazu erreicht eine Doppelverglasung mit einer ClimaGuard-Beschichtung eine HF Transmissionsdämpfung von ca. 25 - 28 dB zwischen 900 MHz und 1 900 MHz.

Frequenz [MHz]	Anwendung	Dämpfung mit 2-fach-Isolierglas (1 x Low-e Beschichtung) [dB]	Dämpfung mit 3-fach-Isolierglas (2 x Low-e Beschichtung) [dB]
900	GSM 900 (D-Netz)	ca. 25	ca. 34
1900	DECT, UMTS	ca. 28	ca. 34 - 38
2500	WLAN, LTE	ca. 30	ca. 35 - 40

Den Daten liegen Messungen nach dem IEEE-Standard 299 an konkreten Glasmustern zugrunde und können in speziellen Einbausituationen abweichen. SZR und einzelne Beschichtungstypen haben ebenfalls geringen Einfluß (Bundeswehruniversität München, Dr. Pauli, Dr. Moldan).

Neuere Untersuchungen mit der hochenergetischen 5G Technologie an modernen 3-fach-Verglasungen haben tendentiell sogar höhere Dämpfungsraten ergeben. Für den Frequenzbereich von ca. 60 GHz wurden 60 bis 70 dB ermittelt.

Die Dämpfung wird als sogenannter „Dämpfungsgrad“ angegeben. Er beschreibt, um welchen Teil sich das auftreffende elektromagnetische Signal beim Durchgang durch ein Bauteil reduziert und wird in der Einheit dB (Dezibel) angegeben. Da es sich um eine logarithmische Funktion handelt, ergibt sich folgender Zusammenhang:

Dämpfungsgrad [dB]	Reduzierung [%]
10	90,00
20	99,00
30	99,90
40	99,99

Dämpfungsgrad und Reduzierung der Strahlungstransmission

Der Dämpfungsgrad und die damit verbundene Reduzierung der Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung im Bereich der Mobilfunkanwendungen sorgen für sehr niedrige Signalübertragungsraten hinter modernen energieeffizienten Verglasungen. Da eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit der verwendeten Beschichtungen unabdingbar für Eigenschaften wie Wärmedämmung und spektrale Selektivität ist, müssen gegebenenfalls spezielle Maßnahmen getroffen werden, um den Empfang mobiler Daten zu verbessern.

Eine Möglichkeit ist die Verwendung von zusätzlichen Antennen, Kabeln und Repeatern im betreffenden Frequenzbereich, um die Daten indirekt in das Innere von Gebäuden oder Transportmitteln zu übertragen.



Eine andere die passive Verbesserung der direkten Übertragung durch die Verglasung z. B. über eine Segmentierung/Rasterung der gesamten elektrisch leitfähigen Beschichtungen (Erzeugung frequenzselektiver Oberflächen), was zur Beeinflussung elektrisch induzierter Kreisströme und damit veränderten Reflexions- und Transmissionsseigenschaften für die Mobilfunkstrahlung führt oder über sogenannte Slot-Antennen, die in kleinen Bereichen der beschichteten Oberfläche eingelasert werden und ebenfalls eine verbesserte Strahlungsübertragung bieten. Es gibt auch die Möglichkeit der Übertragung über kleine Transceiver, kleine Antennen und Sender auf beiden Seiten des Isolierglases.

In jedem Fall ist aber zu beachten, daß nur ganzheitliche Betrachtungen Lösungsansätze bieten können. Im konkreten Fall müssen also die kompletten Fenster und Fassadenelemente mit ihren entsprechenden Profilen und Wandanschlüssen betrachtet werden.

8.7 Entspiegeltes Glas

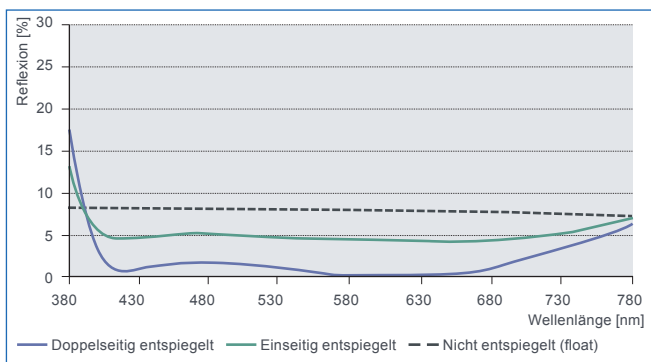
Trotz der sehr guten Transparenz moderner Verglasungen kann die Sicht von einer hellen Umgebung in einen dunkleren Innenraum durch Reflexionen, abhängig vom Blickwinkel oder von der Intensität des Tageslichts, beeinträchtigt sein. Speziell Schaufensterverglasungen können die Sicht auf ausgestellte Artikel durch Spiegelungen behindern.



CFL Control Tower, Dudelange, Luxemburg | Guardian Clarity™ | Entspiegeltes Glas
Foto: © Frank Weber

Die Oberfläche eines Standard-Floatglases reflektiert ca. 4 % des einfallenden Lichts. Das heißt bei einer Glasscheibe mit zwei Oberflächen haben wir schon eine Reflexion von 8 % und bei einer Doppelverglasung von annähernd 16 %.

Spezielle entspiegelnde Beschichtungen, wie Guardian Clarity™, sind in der Lage, diese Reflexionen signifikant zu reduzieren. Ein doppelseitig entspiegeltes Glas hat zum Beispiel eine Lichtreflexion von deutlich unter 1 %.



Produkt	Lichttransmission [%]	Lichttransmission [%]
Doppelseitig entspiegelt auf UltraClear 4 mm	98	<1
UltraClear Floatglas 4 mm	91	8

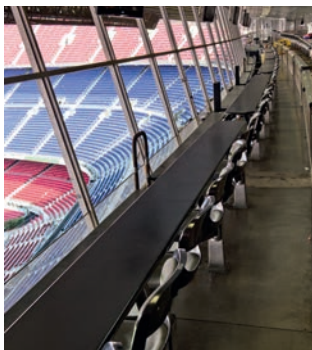
Für höchste Ansprüche an Entspiegelung sollten deshalb möglichst alle Glasoberflächen einer Verglasung mit einer Anti-Reflexions-Beschichtung versehen sein. Jede nicht entspiegelte Fläche erhöht den Reflexionsgrad im ca. 4 %.

Die Clarity™ Beschichtung ist standardmäßig in Jumbo-Abmessungen auf UltraClear Weißglas einseitig oder beidseitig beschichtet verfügbar und kann sowohl zu ESG oder TVG vorgespannt werden oder mit Hilfe der Schwerkraft- oder Vorspanntechnik gebogen werden (→ Kapitel 8.4).

Die technischen Daten für typische Glasaufbauten finden Sie in → Kapitel 10.4.

Guardian Clarity ist besonders geeignet für:

- Schaufenster im Einzelhandel.
- Ausstellungsvitrinen in Museen oder Geschäften.
- Schutz von Gemälden oder anderen Kunstwerken in Galerien.
- Kontrollräume.
- Eingangsbereiche.
- Flughafen-Kontroll-Tower.
- Sportstadien.
- Tankstellen.
- Autohäuser.
- Hotel Lobbies.
- Restaurants.
- Skybars.





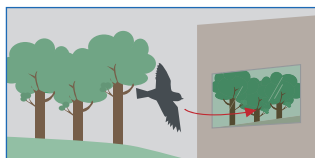
8.8 Vogelfreundliche Verglasungen

8.8.1 Worin besteht das Problem?

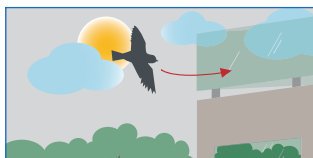
Architekturglas kann mit seiner Transparenz und Spiegelwirkung die Wahrnehmung der Umgebung stark beeinflussen.

Anders als Menschen, können Vögel die Umwelt, die sich an Glasflächen spiegelt, nicht als Reflexion wahrnehmen sondern fliegen in diese hinein und kollidieren z. B. mit dem Fenster. Aber auch sehr transparente Verglasungen können gefährlich sein, da der Vogel das Glas nicht als Hindernis erkennt, sondern die Umgebung (Bäume, Himmel, etc.), die er dahinter wahrnimmt ansteuert. Speziell verglaste Korridore, hintereinander liegende Fenster, Glaswände, Glasbalkone oder Ganzglastecken sind kritisch.

Oft endet der Einschlag tödlich. Das Problem verschärft sich durch die stetig wachsenden Städte und den steigenden Anteil von Glas in der Architektur. Behörden und Investoren in Mitteleuropa und Nordamerika haben das Problem erkannt und die Glasindustrie hat Produkte entwickelt, um diesem Problem zu begegnen.



Spiegelung



Transparenz

8.8.2 Bewertung von „vogelfreundlichen“ Glaslösungen

Seit Vogelschlag in das Bewußtsein von Planern und Gebäudenutzern gelangt ist, hat die Glasindustrie begonnen, Lösungen zu entwickeln, diesen Effekt zu minimieren. Jedoch existierten keine Standards, den Einfluß sogenannter Vogelschutz- oder vogelfreundlicher Gläser zu bewerten.

Ein erster Schritt war die Einführung der österreichischen Norm ONR 19040. Dieser Standard beschreibt die Wirksamkeit von „vogelfreundlichen“ Lösungen und „Vogelschutzglas“ war erstmals beschrieben in Regularien. Die verschiedenen Gläser werden in einem Flugtunnel bewertet. Dabei werden zwei Verglasungen, die sich nebeneinander am Ende des Tunnels befinden, miteinander verglichen: ein Standard-Referenzglas und ein Glas mit „vogelfreundlichen Maßnahmen“. Eine definierte Zahl von Vögeln wird freigelassen und fliegt im Tunnel in Richtung der Gläser. Um die Vögel vor einem Aufprall zu schützen, sind Fangnetze unmittelbar vor dem Glas gespannt.

Um Glas als „vogelfreundlich“ zu bewerten, dürfen weniger als 10 % der Vögel das mit den entsprechenden Maßnahmen versehene Glas anfliegen. Diese maximal 10 % wurden zwischen schweizer, deutschen und österreichischen Ornithologen vereinbart.

Basierend auf den bisher mit tausenden Vögeln durchgeführten Experimenten wurden folgende Wirksamkeitskategorien festgelegt:

- A Hochwirksam < 10 % der Anflüge.
- B Bedingt wirksam 10 % bis 20 % der Anflüge.
- C Wenig geeignet 20 bis 45 % der Anflüge.
- D Kein Effekt > 45 % der Anflüge.

Das Thema Vogelschutz ist zur Zeit noch in der Diskussion und das Wissen hinsichtlich des Verhaltens der einzelnen Vogelarten und der Wirksamkeit bestimmter Glasarten entwickelt sich ständig weiter.

8.8.3 Glaslösungen für eine bessere Sichtbarkeit für Vögel

Allgemein gilt folgende Regel: je höher der Kontrast einer Markierung oder von konstruktiven Strukturen desto besser. An großen Glasflächen ohne deutlich hervortretende Raster sind geringere Reflexionen vorteilhafter, da die Landschaft so weniger sichtbar ist. Zu hohe Reflexionen können sogar Markierungen auf dem Glas überlagern. Gegenwärtig hat sich die Erkenntnis etabliert, daß Lichtreflexionsgrade < 15 % (gilt auch für 3-fach-Verglasungen) keine zusätzlichen Maßnahmen erfordern. Naturschutzorganisationen wie der BUND (D), die Vogelwarte in Sempach (CH) oder die Minergie-Zertifizierung (CH) empfehlen Reflexionsgrade < 15 % als kostengünstige und vernünftige Maßnahmen, ohne die Durchsicht für den Nutzer zu beeinträchtigen. Die Minergie-Organisation urteilt für Fenster allgemein: „maximum 15 % (besser 12 %), speziell dann, wenn sich Bäume und Sträucher vor der Verglasung befinden“. Fassaden sollten zusätzliche Markierungen haben oder die Lichtreflexion muß auf < 15 % begrenzt sein, Glasecken ab 2 m sollten auf Grund der Durchsicht immer mit Markierungen versehen sein. Für höhere Anforderungen sollten zusätzliche Markierungen zumindest an #2 einer Verglasung bei Einhaltung der max. 15 % Reflexion verwendet werden. Eine ideale Lösung für den Fall, daß SunGuard Sonnenschutz- oder KlimaGuard Wärmedämmgläser zum Einsatz kommen, ist der Druck von schwarzen Markierungen mit „Guardian System TEA“ direkt auf die Beschichtung (→ Kapitel 8.2.3). Da das Emaille die Beschichtung komplett auflöst, ergibt sich in Außenansicht ein erhöhter Kontrast durch die unterschiedliche Reflexion.

Geeignete Gläser mit der beschriebenen niedrigen Lichtreflexion finden Sie in den → Kapiteln 10.2 + 10.3.

Die Markierungen sollten einen Mindestabstand von 10 cm haben und der Durchmesser von Einzelmarkierungen (z. B. Punkte) sollte 8 mm nicht unterschreiten. Nicht der Bedruckungsgrad ist entscheidend, sondern der von außen wahrnehmbare Kontrast. Besonders kritische Konstruktionen wie z. B. Ganzglasecken, Glaswände, Balkone aus Glas oder Glas-Tunnel sollten mit Markierungen an der Außenseite (#1) bedruckt werden. Entsprechend gegenwärtigem Erkenntnisstand in Europa werden UV markierte Gläser nur als wenig oder sogar nicht geeignet eingestuft.



Conarg Offices, Bucharest, Rumänien | SunGuard® SN 63
Architekt: Colbax | Foto: © Arthur Tintu

9.	Standards, Richtlinien, Hinweise	
9.1	Relevante Normen für Glas am Bau	148
9.2	Toleranzen für standardisierte Anforderungen	150
9.2.1	Basisgläser	150
9.2.2	Zuschnitt	150
	Allgemein Bei Float möglicher Abbruch Spitze Winkel bei ESG, VSG, ISO – Rückschnitt – nicht zu beurteilende Zone Länge, Breite und Rechtwinkligkeit	
9.2.3	Bearbeitung	152
	Kantenbearbeitungsqualitäten Standardtoleranzen Sonder- toleranzen Sonderformen Kantenbearbeitungen Bearbeitungen Eckabschnitt gesäumt < 100 x 100 mm Eckabschnitt gesäumt Randausschnitt gesäumt Standardabmaß für Handbearbeitung – Ausschnittmaße Standardabmaß für CNC-Bearbeitung – Ausschnitt- maße Eckabschnitt geschliffen Eckabschnitt poliert – CNC-Bearbei- tungszentrum Standard Sonderabmaß Eckausschnitt geschliffen Standard Sondermaß Eckausschnitt poliert – CNC-Bearbeitungs- zentrum Standard Sonderabmaß Randausschnitt geschliffen oder poliert – CNC-Bearbeitungszentrum Standardabmaß Sonderabmaß Lochbohrungen Bohrl Lochdurchmesser Begrenzung und Lage des Bohrlochs Abmaße der Lage der Bohrungen Lochbohrungslagen Senklochbohrungsdurchmesser Senklochbohrungen im VSG	
9.2.4	ESG (Einscheiben-Sicherheitsglas), ESG-H (Heißgelagertes ESG) und TVG (Teilvorgespanntes Glas).....	159
	Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas Lokale Verwerfungen („Roller-Waves“) – gültig für Floatglas Empfohlene Mindestglas- dicken in Abhängigkeit des Scheibenaußenmaßes	
9.2.5	Isolierglas	160
	Randverbund Dickentoleranzen im Randbereich des Isolierglases Abmessungstoleranz / Versatz	
9.2.6	Verbund-Sicherheitsglas (VSG)	161
	Maßtoleranzen bei Verbund-Sicherheitsglas Verschiebetoleranz (Versatz) Dickentoleranz	
9.3	Glaskanten	163
9.3.1	Kantenformen	163
9.3.2	Kantenbearbeitung	164
9.3.3	Kantendarstellung und typische Anwendung.....	164

9.4	Glasecken und -stöße	165
9.4.1	Glasstoß mit Dichtstoffuge und Hinterfüllschnur für Zweifach-Isolierglas	165
9.4.2	Glasstoß mit Dichtstoffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas	166
9.4.3	Glasstoß mit Dichtstoffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas	166
9.4.4	Glasstoß mit Dichtstoffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas	166
9.4.5	Ganzglasecke mit Zweifach-Stufenisolierglas	166
9.4.6	Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisolierglas	167
9.4.7	Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach- Stufenisolierglas	167
9.4.8	Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach- Stufenisolierglas	167
9.5	Glasdickendimensionierung	168
9.6	Gebrauchstauglichkeit linienförmig gelagerter Gläser ...	169
9.6.1	Zielgruppe	169
9.6.2	Einleitung	169
9.6.3	Anwendungsbereich	169
9.6.4	Grundlagen	170
9.6.5	Definitionen und Symbole	171
	Durchbiegung und maximale Durchbiegung w_{\max} Durchbiegungen von Glas und Haltekonstruktion bei linienförmiger Lagerung Durch- biegungen der gelagerten Glaskanten bzw. der Haltekonstruktion Durchbiegungen vierseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben Durchbiegungen zweiseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben Bezugslänge L Bezugslänge für die Durchbiegung der gelagerten Glaskante Bezugslänge für die Durchbiegung der ungelagerten Glaskante bzw. der Glasmitte Glaseinstand i Sehnenverkürzung Δs Verschiebungen im Randverbund bei durchgebogener Isolierglas- kante	
9.6.6	Durchbiegungsgrenzwerte	177
9.6.7	Nachweis	178
9.6.8	Literatur	178
9.7	Oberflächenschäden an Glas	179
9.8	Beurteilung der visuellen Qualität von Glas im Bauwesen	179
9.8.1	Visuelle Qualität beschichteter Gläser	179
	Nachweis von Fehlern Bedingungen für die Prüfung Allgemeines Homogenitätsfehler und Flecken Punktförmige Fehler Annahme- kriterien für Fehler bei beschichtetem Glas	

9.8.2	Visuelle Qualität von Mehrscheiben-Isolierglas	182
	Beobachtungsbedingungen Mehrscheiben-Isolierglas mit zwei Scheiben aus monolithischen Gläsern Punktförmige Fehler Rückstände Lineare/langgestreckte Fehler Mehrscheiben-Isolierglas mit mehr als zwei Scheiben aus monolithischem Glas Mehrscheiben-Isolierglas mit wärmebehandeltem Glas Randfehler Toleranzen der Abstandhaltergeradheit Gebogenes Mehrscheiben-Isolierglas Weitere visuelle Aspekte von Mehrscheiben-Isolierglas Eigenfarbe Unterschiede in der Farbe des Mehrscheiben-Isolierglases Interferenzerscheinungen Effekte infolge barometrischer Bedingungen (Isolierglas-Effekt, Klimalast) Mehrfachreflexionen Anisotropie (Schillern) Kondensation an den Außenoberflächen des Mehrscheiben-Isolierglases Benetzung der Glasoberflächen Bewertung des sichtbaren Bereiches des Isolierglas-Randverbundes Mehrscheiben-Isolierglas mit innenliegenden Sprossen Außenflächenbeschädigungen	
9.9	Glasbruch	188
9.9.1	Thermischer Bruch / thermische Spannungen	189
	Allgemein Thermisches Bruchbild Bruchauslösende Faktoren Festigkeitsbestimmende Faktoren Bestimmung des thermischen Risikos (Thermische Analyse)	
9.9.2	Typische Bruchbilder	191
9.10	CE-Kennzeichnung	196
9.11	Materialverträglichkeiten	197
9.11.1	Dichtstoffverträglichkeit beschichteter Gläser	197
	Standard Isolierglas-Anwendungen Guardian SunGuard Beschichtungen in Structural-Glazing-Anwendungen	
9.11.2	Keramische Bedruckung beschichteter Gläser	199
	Anforderungen an die Emaillierung von SunGuard® für monolithische Brüstungsanwendungen Keramische Bedruckung mit Emaille vom Typ Ferro System 140 SunGuard® HD in Kombination mit keramischer Bedruckung an Oberfläche #1	
9.11.3	Architektur-Beschichtungen in Verbundgläsern	203

9.12	Reinigung von Glas	204
9.12.1	Einführung	205
9.12.2	Reinigungsarten	205
	Während des Baufortschritts Während der Nutzung	
9.12.3	Reinigungsvorschriften für Glas	206
	Allgemeines Besonders veredelte und außenbeschichtete Gläser Weitere Hinweise	
9.13	Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas ...	208
9.13.1	Einleitung	208
9.13.2	Geltungsbereich	209
9.13.3	Grundsätzliche Forderungen	209
9.13.4	Transport, Lagerung und Handhabung	210
	Transport auf Gestellen Transport mit Kisten	
9.13.5	Einbau	210
9.13.6	Klotzung	210
9.13.7	Mechanische Beanspruchungen	211
9.13.8	Glasfalz, Abdichtung und Dampfdruckausgleich	211
9.14	Leitfaden zur Verwendung von Dreifach- Wärmedämmglas	212
9.14.1	Einleitung	212
9.14.2	Dreifach-Wärmedämmgläser	213
	Aufbau von Dreifach-Wärmedämmgläsern Standardprodukte Erreichbare U-Werte Erreichbare g-Werte Bilanz-U-Werte Spezielle Beschichtungen	
9.14.3	Einflussfaktoren für die Haltbarkeit	215
	Scheibenzwischenraum und Scheibenformat (Fläche, Seitenver- hältnis) Rückenüberdeckung Glasdimensionierung Beschichtungs- ebenen Sonderfunktionen Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung) Schallschutz Sonnenschutz	
9.14.4	Verglasungsvorschriften	217
	Klotzung Vergrößerter Glaseinstand	
9.14.5	Weitere Merkmale	218
	Außenkondensation (→ Kapitel 2.4.3) Isolierglaseffekt (→ Kapitel 2.7, Kapitel 9.8.2.8.4) Optische Qualität Eigenfarbe (→ Kapitel 9.8.2.8.1) Randverbund und Sprossen	

9.15	Kompass „Warme Kante“ für Fenster und Fassaden	219
9.15.1	Einleitung	219
9.15.2	Was ist „Warme Kante“?	220
9.15.3	Grundlagen für die BF-Datenblätter	223
	Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq,2B}}$ Erteilung und Gültigkeit Zulässiger Anwendungsbereich	
9.15.4	Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘	226
	Layout Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fenster	
9.15.5	Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘	230
	Layout U_{cw} -Werte für Pfosten-Riegel-Fassaden Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fassadenprofile	
9.15.6	Der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘	234
	Die Mitglieder Ergebnisse der bisherigen Tätigkeit Ausblick	
9.15.7	Wärmetechnische Behandlung von Sprossenfenstern	236
	Pauschalaufschläge für Sprossen nach EN 14351-1 Das Forschungsvorhaben der ad hoc Gruppe ‚Sprossen‘ des BF Tabellen mit pauschalen Sprossen-Psi-Werten	
9.15.8	Literatur	239
9.16	Einbauempfehlungen für integrierte Systeme im Mehrscheiben-Isolierglas	240
9.16.1	Geltungsbereich	240
9.16.2	Verglasung von integrierten Systemen im Mehrscheiben-Isolierglas	241
	Forderungen Glasfalzausbildung Klotzung	
9.16.3	Lagerung, Transport, Einbau, Prüfung	242
	Funktionsprüfung Inbetriebnahme	
9.16.4	Kabelverbindung	242
	Kabelverlegung Zubehör	
9.16.5	Fensterkontakte und -übergänge	243
	Kontakte	
9.17	Transport und Lagerung	243



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 Europeanormen 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 Relevante Normen für Glas am Bau

Die wichtigsten 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 Fliesen 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, (T. 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 Kalatron-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
prEN 16612	Glas im Bauwesen – Bestimmung des Belastungswiderstandes von Glasscheiben durch Berechnung und Prüfung
DIN 18008-1	Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen
DIN 18008-2	Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
DIN 18008-3	Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen
DIN 18008-4	Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen
DIN 18008-5	Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen
DIN 18008-6	Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln - Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen
EN 20140	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 1288-1...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 für standardisierte 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.

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

Tab. 1: Glasdickengrenzabmaße

Darüber hinaus gelten folgende Grenzabmaße der Nenndicken:

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

9.2.2 Zuschnitt

Grundsätzlich gelten die EN 572 und generelle Längenabmaße von $\pm 0,2$ 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.

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

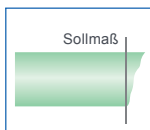


Abb. 1: Überbruch

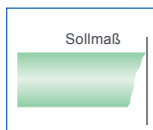


Abb. 2: Unterbruch

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.

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

9.2.2.1.1 Bei Float möglicher Abbruch

α	x [mm]
$\leq 12,5^\circ$	-30
$\leq 20^\circ$	-18
$\leq 35^\circ$	-12
$\leq 45^\circ$	-8

Tab. 2a: Rückschnitt

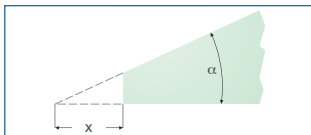


Abb. 3: Rückschnitt

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 [mm]
$\leq 12,5^\circ$	-65
$\leq 20^\circ$	-33

Tab. 2b: Rückschnitt

Ab Winkel $> 25^\circ$ entspricht der Rückschnitt dem Abbruch. Die unter \rightarrow 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.

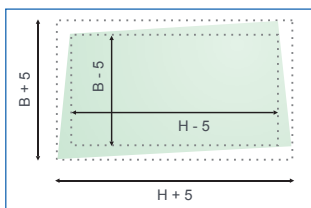


Abb. 4: Winkligkeit

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

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, Teil 11.

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]	$d \leq 12 \text{ mm}$ [mm]	$d = 19 \text{ mm}$ [mm]
≤ 1000	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$
≤ 2000	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$
≤ 3000	$+ 2,0 / - 2,5$	$\pm 3,0$
≤ 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

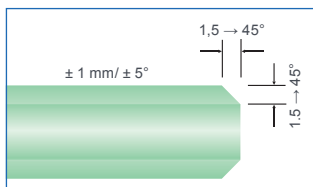


Abb. 5: Kantenbearbeitung

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

Beispiel:

Scheibe $b \times h = 1000 \times 3000 \text{ mm}$

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

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

Daraus folgt: Diagonalabmaß: $+ 2,5 / - 3,0 \text{ mm}$

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 und 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			
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 [mm]
≤ 12,5°	- 15
≤ 20°	- 9
≤ 35°	- 6
≤ 45°	- 4

Tab. 6 (Legende Abb. 3, Kapitel 9.2.2.1.1)

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 Eckabschnitt 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	$\pm 6,0$

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	$\pm 4,0$
≤ 3400	$\pm 4,0$
≤ 6000	$\pm 5,0$

Tab. 8: Randausschnittabmaß CNC-Bearbeitungszentrum gesäumt

9.2.3.2.4 Eckabschnitt geschliffen

Standardabmaß ± 2 mm

(Eckabschnitt < 100 x 100 mm, sonst Sonderform).

Sonderabmaß $\pm 1,5$ 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 $\pm 1,5$ 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 Sondermaß

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.

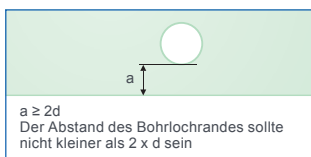


Abb. 7: Lage des Bohrlochs zur Kante

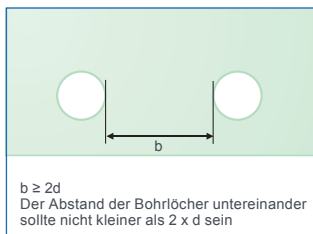


Abb. 8: Lage benachbarter Bohrlöcher

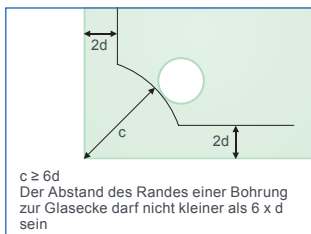


Abb. 9: Lage des Bohrlochs zur Ecke

Nennendurchmesser \varnothing [mm]	Abmaße [mm]
$4 < \varnothing < 20$	$\pm 1,0$
$20 < \varnothing < 100$	$\pm 2,0$
$\varnothing > 100$	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, $d \leq 12$	Nenndicke, $d > 12$
≤ 2000	$\pm 2,5$ (horizontales Herstellungsverfahren)	$\pm 3,0$
	$\pm 3,0$ (vertikales Herstellungsverfahren)	
$2000 < B \text{ oder } H \leq 3000$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$
> 3000	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$

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 $(x \pm t, y \pm t)$, wobei x und y die geforderten Abstände sind und t das Abmaß.

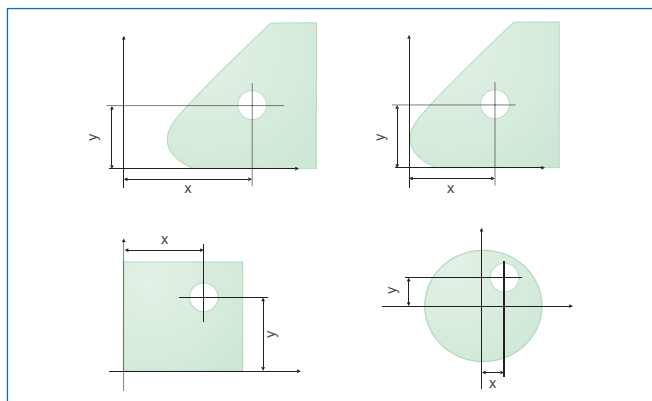


Abb. 10: Lochlage



9.2.3.3.4 Lochbohrungslagen

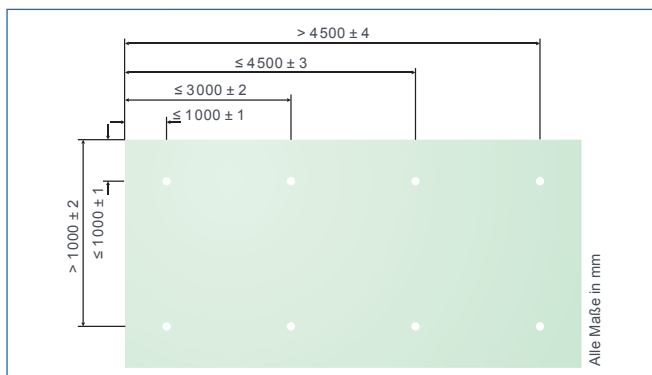


Abb. 11: Lochbohrungslagen

9.2.3.3.5 Senklochbohrungsdurchmesser

Durchmesser:

≤ 30 mm: ± 1 mm.

> 30 mm: ± 2 mm.

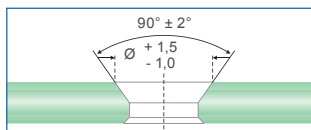


Abb. 12: Senklochabmaß

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.

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

Min. Glasdicke = X + 2 mm

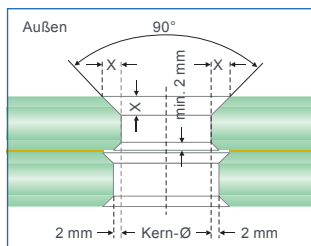


Abb. 13: Senklochbohrung im VSG

9.2.4 ESG (Einscheiben-Sicherheitsglas), ESG-H (Heißgelagertes ESG) und TVG (Teilvorgespanntes Glas)

Basis sind die Normen:

EN 12150-1/-2 für ESG.

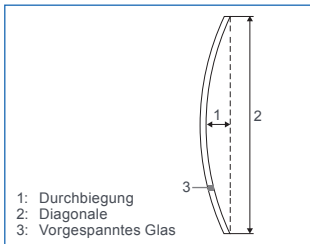
EN 14179 für ESG-H.

EN 1863 für TVG.

9.2.4.1 Generelle Verwerfung – gültig für Floatglas

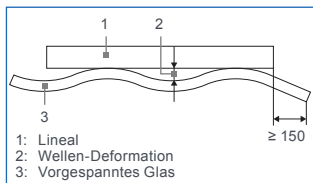
Die induzierten Spannungen können eine Durchbiegung der Scheibe verursachen.

Laut Standard (EN 12150-1/-2 für ESG, EN 1863 für TVG) sind $\leq 3,0$ mm/m erlaubt, was 0,3 % der Meßstrecke, entlang der gemessen wird, bedeutet. Gemessen wird entlang der Kanten und diagonal. Quadratische Formate (Seitenverhältnis zwischen 1:1 und 1:1,3) und Glasstärken ≤ 6 mm sind besonders betroffen.



9.2.4.2 Lokale Verwerfungen („Roller-Waves“) – gültig für Floatglas

Glas, welches in horizontalen Vorgespannöfen gehärtet wird, erhält während der Bewegung im Ofen durch den Kontakt mit den Keramikrollen meist geringe Verwerfungen (Welligkeit). Grund ist die Erhitzung des Glases knapp über die Erweichungstemperatur.



Der Standard erlaubt maximal 0,3 mm über eine Meßstrecke von 300 mm. Die Messung erfolgt in einem Abstand von mindestens 25 mm vom Rand der Scheibe.



9.2.4.2.1 Empfohlene Mindestglasdicken in Abhängigkeit des Scheibenaußenmaßes

Allein aufgrund des thermischen Vorspannprozesses empfehlen sich größenabhängige Mindestglasdicken ohne Berücksichtigung von anwendungstechnischen Anforderungen.

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

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 $\pm 2,5$ 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 (SZR) gilt:

- Bestimme die Toleranzen jedes einzelnen Gebildes aus Glas/SZR/
Glas nach Tabelle 13.
- Berechne die Quadrate dieser Werte.
- Summiere die Quadratwerte.
- 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 Floatglas-scheiben (maximale Dicke jeweils 12 mm) und einer Kunststoff-Folienzwischen-schicht. 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.

2000 mm ≥ Kantenlänge	2,0 mm
3500 mm ≥ Kantenlänge > 2000 mm	2,5 mm
Kantenlänge > 3500 mm	3,0 mm

Tab. 14: Maximales Versatzmaß – Rechtecke

2000 mm ≥ Kantenlänge	2,0 mm
3500 mm ≥ Kantenlänge > 2000 mm	3,0 mm
Kantenlänge > 3500 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 zusätzlich der zulässigen Versatztoleranzen wie in Tabelle 16 und 17 angegeben.

Beispiel:

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

Abmaß der Einzelscheibe: $\pm 1,5$ mm, zusätzliche Versatztoleranz: ± 2 mm.

Ergibt eine Summe der zulässigen Versatztoleranz von $\pm 3,5$ mm.

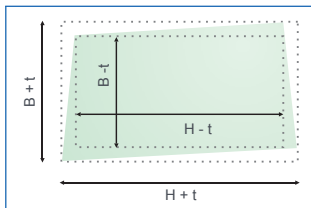


Abb. 14: Grenzmaße für Maße rechteckiger Scheiben

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.

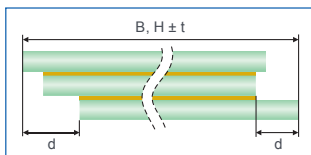


Abb. 15: Versatz

Kantenlänge l [mm]	Zulässiges Höchstmaß für den Versatz je VSG Nennstärke		
	≤ 8 mm	≤ 20 mm	> 20 mm
$l \leq 2000$	1,0	2,0	3,0
$2000 < l \leq 4000$	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 Nennstärke		
	≤ 8 mm	≤ 20 mm	> 20 mm
$l \leq 2000$	1,5	3,0	4,5
$2000 < l \leq 4000$	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 $\leq 0,2$ 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 Schneidwerkzeuges 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.



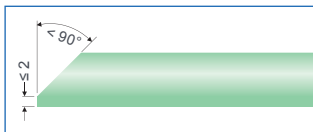
- **Gerade Kante (K)**

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



- **Gehrungskante (GK)**

Die Gehrungskante steht in einem Winkel zwischen $< 90^\circ$ und $\geq 45^\circ$ 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.

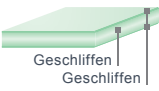
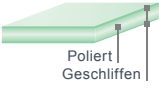




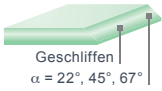
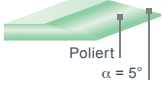



9.3.2 Kantenbearbeitung

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 (satiertes) Aussehen. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind nicht zulässig.
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

Kantendarstellung	Beschreibung	Typische Anwendung
 <p>Geschliffen $\alpha = 22^\circ, 45^\circ, 67^\circ$</p>	Facettenkante steil geschliffen	Structural Glazing
 <p>Poliert $\alpha = 5^\circ$</p>	Facettenkante flach poliert	Spiegel, dekorative Möbel aus Glas
 <p>Unbehandelt Gesäumt</p>	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 Randverbünde 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.

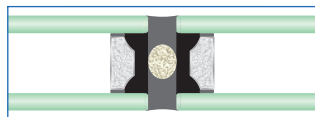
Bei Ganzglasecken sollte geklärt werden, ob die beiden Isoliergläser statisch wirksam miteinander verbunden werden sollen. Wenn nicht, dann gibt es lediglich eine Wetterversiegelung (Glas-Glas). Falls doch, ist es eine echte Structural-Glazing-Verbindung und Klebpartner als auch Klebstoff sollten die Mindestanforderungen der Norm ETAG 002 erfüllen. Das betrifft ebenso die Dimensionierung des Randverbundes und der Eck-Verklebung.

Obwohl Glasecken nicht durch die ETAG 002 erfasst sind, bestehen Statiker, Planer und Baubehörden oft auf eine daran angelehnte Bewertung (→ Kapitel 8.1.2.2).

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

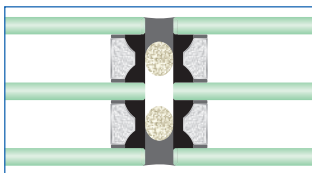
Geeignet für den vertikalen Einsatz, nicht für Dachverglasungen, da keine Belüftung und Entwässerung des Falzraumes gegeben ist.





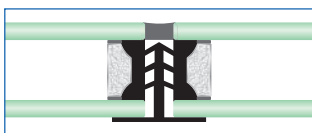
9.4.2 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Hinterfüllschnur für Dreifach-Isolierglas

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



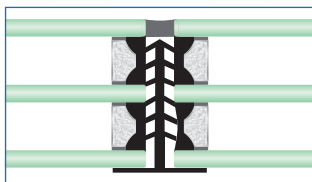
9.4.3 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Zweifach-Isolierglas

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



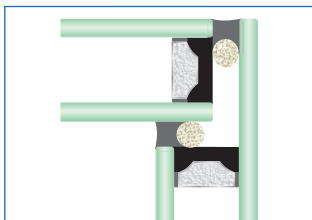
9.4.4 Glasstoß mit Dichtstofffuge und Dichtprofil für Dreifach-Isolierglas

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



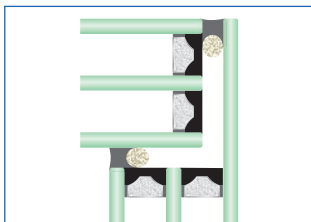
9.4.5 Ganzglastecke mit Zweifach-Stufenisolierglas

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



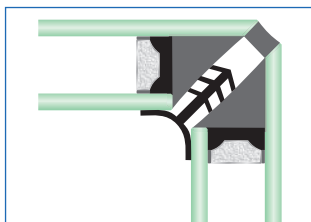
9.4.6 Ganzglasecke mit Dreifach-Stufenisolierverglasung

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



9.4.7 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Zweifach-Stufenisolierverglasung

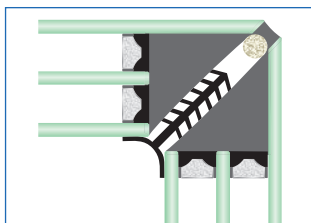
Entfeuchtung und Belüftung des Falzraumes möglich und konstruktiv nach außen zu führen, deshalb sowohl für vertikale als auch schräg liegende Verglasungen geeignet.



9.4.8 Ganzglasecke mit Dichtprofil für Dreifach-Stufenisolierverglasung

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 eruiieren.





9.5 Glasdickendimensionierung

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 (Klimalasten) → Kapitel 9.8.2.8.4.
- Glaslagerung, allseitig oder Teillagerung.
- Thermisch erhöhte Spannungen.
- Gebrauchstauglichkeit (Welche Durchbiegungsgrenzwerte sind für die Verglasung, d.h. für das Glas und die Haltekonstruktion anzusetzen? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Glasdurchbiegung und der Dauerhaftigkeit von Isolierglas?) → Kapitel 9.6.

Für die exakte Dimensionierung gelten nationale Richtlinien und Verordnungen, die über eine europäische Basisregelung, sukzessive in den EU-Ländern anzupassen und mittelfristig einzuführen sind.

Beispiele für gegenwärtig gültige Normen in Europa:

- Deutschland: DIN 18008.
- Österreich: ÖNORM B 3716 / OIB Richtlinie 4.
- Vereinigtes Königreich: BS 6180.
- Niederlande: NEN 2608.
- Schweiz: SIGAB 002.

Dabei gilt grundsätzlich, dass solche Berechnungen von qualifizierten Ingenieurbüros vorzunehmen und durch die entsprechende Bauaufsichtsbehörde zu prüfen sind.

Standards, Richtlinien, Hinweise

9.6 Gebrauchstauglichkeit linienförmig gelagerter Gläser

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Arbeitskreis ‚Isolierglas‘ beim Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 021/2017 – Änderungsindex 0)

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.6.1 Zielgruppe

Dieses Merkblatt richtet sich an alle, die Mehrscheiben-Isolierglas oder monolithische Glasscheiben und die zugehörigen linienförmigen Lagerkonstruktionen planen, dimensionieren, nachweisen, beraten und/oder ausführen. Dazu zählen z. B. Planer, Tragwerksplaner, technische Berater, Glasfachleute und Verarbeiter.

9.6.2 Einleitung

Im Rahmen der Glasbemessung nach DIN 18008 [1] (Abschnitt 1) tauchen beim Gebrauchstauglichkeitsnachweis immer wieder zwei grundsätzliche Fragen auf:

- Welche Durchbiegungsgrenzwerte sind für die Verglasung, d.h. für das Glas und die Haltekonstruktion anzusetzen?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Glasdurchbiegung und der Dauerhaftigkeit von Isolierglas?

Ziel des vorliegenden Merkblattes ist, diese beiden Fragen durch Nennung von Durchbiegungsgrenzwerten und Erläuterung des Zusammenhangs mit der Isolierglas-Gebrauchstauglichkeit zu beantworten.

Dieses Merkblatt ersetzt nicht die zitierten technischen Regeln.

9.6.3 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt gilt im Sinne von DIN 18008-2 [2] (Abschnitt 1) für ebene, rechteckige, ausfachende linienförmig gelagerte Einfach- und Isoliergläser.

Ausfachend bedeutet, dass die Glasscheiben nur quer zu ihrer Scheibenebene beansprucht werden, mit Ausnahme ihres Eigengewichts, welches neigungsabhängig auch in Scheibenebene getragen wird. Linienförmig gelagert bedeutet, daß eine ebene, durchgehende, beidseitig (Druck und Sog) normal zur Scheibenebene wirksame Lagerung der Glaskante mit mechanischen Verbindungsmitteln (z. B. Glas- oder Presseleisten) vorliegt, die für alle Scheiben des Glasaufbaus wirksam ist. Diese Art der Lagerung entspricht näherungsweise der so genannten NAVIER'schen Randbedingung der Plattentheorie [Girkmann K. (1986): „Flächentragwerke“, 6. Auflage, Springer-Verlag, Wien, § 66 b), Seite 168].



Zu punktförmig oder linien- und punktförmig gelagerten Gläsern siehe DIN 18008-3 [3] (Abschnitt 8.2.). Zu verklebten Gläsern, wie sie bei Ganzglaskonstruktionen oder Structural-Sealant-Glazing-Systemen zur Anwendung kommen siehe ETAG 002 [4] Abschnitt 5.1.4.7 oder die zugehörigen Systemzulassungen.

9.6.4 Grundlagen

Gemäß DIN EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“ [5] (Abschnitt 2.1 (1) zweiter Spiegelstrich) sind Bauteile so zu planen und auszuführen, daß sie während der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit erfüllen. Gebrauchstauglichkeitsnachweise sollen (Abschnitt 3.4) u.a. auf Verformungen und Verschiebungen eingehen, die die Tragwerksfunktion, das Erscheinungsbild oder das Nutzer-Wohlbefinden nachteilig beeinflussen.

Außerdem sollen sie auch auf solche Verformungen und Verschiebungen eingehen, die Schäden an nichttragenden Bauteilen hervorrufen, welche die Dauerhaftigkeit nachteilig beeinflussen.

Dementsprechend werden in der DIN 18008-2 [2] Durchbiegungsgrenzwerte für das Glas (Abschnitte 7.3 und 7.4) und die Haltekonstruktion (Abschnitt 4.3) definiert. Diese betreffen jedoch nur die Tragwerksfunktion und sollen dazu dienen,

- die Anwendungsgrenzen baustatischer Berechnungsmethoden einzuhalten, die eine Auflagerung des Glases entsprechend der NAVIER'schen Randbedingung voraussetzen und
- einen ausreichenden Glaseinstand zu gewährleisten, damit das Glas auch unter Belastung nicht aus der Haltekonstruktion fällt.

DIN 18008-2 [2] weist explizit (Abschnitt 7.4, letzter Satz) darauf hin, daß Glashersteller kleinere Durchbiegungen fordern können. Dies wird insbesondere bei Isolierglas der Fall sein, wenn verhindert werden muß, daß durch zu große Durchbiegungen

- die Dauerhaftigkeit des Isolierglasrandverbunds hinsichtlich Diffusionsdichtigkeit gegenüber Wasserdampf und Füllgasen reduziert wird (Vermeidung von Kondensat, Schichtkorrosion und Füllgasverlust zum Erhalt der Wärmedämmwirkung),
- die Stabilität des Gesamtsystems gefährdet ist oder
- Kontakt zwischen Gläsern untereinander oder mit Einbauten im Scheibenzwischenraum (z. B. Sprossen oder Jalousien) entstehen kann.

Ebenso ist Planern frei gestellt, kleinere Durchbiegungen als die Norm zu fordern, wenn z. B. vermieden werden soll, daß

- optisch-ästhetische Beeinträchtigungen durch z. B. Verzerrung von Spiegelbildern entstehen,
- große Durchbiegungen aufgrund von z. B. Windböen entstehen, die Unbehagen beim Nutzer bewirken oder
- weitere Nutzungsbeeinträchtigungen entstehen, wie z. B. Pfützenbildung bei horizontal bzw. mit geringem Gefälle verbautem Glas.

Alle aufgezählten Schutzziele bzw. Beeinträchtigungen können über die Durchbiegung von Glas und Haltekonstruktion beschrieben und somit eingehalten bzw. begrenzt werden.

9.6.5 Definitionen und Symbole

9.6.5.1 Durchbiegung und maximale Durchbiegung w_{\max}

Die Verformung des Glases quer zum unverformten Zustand ist die Durchbiegung. Die maximale Durchbiegung w_{\max} ist der Größtwert der Durchbiegung. Sie tritt bei

- vierseitig linienförmig gelagerten Rechteckgläsern unter Gleichflächenlast in Glasmitte auf (vergleiche Abb. 2a/2b bzw. Abb. 4),
- bei zweiseitig linienförmig gelagerten Rechteckgläsern üblicherweise in der Mitte der ungelagerten Glaskante auf (vergleiche Abb. 3a/3b).

Bei anderen Lagerungs- und Belastungsarten kann sie auch außerhalb davon auftreten, z. B. bei dreiseitig-linienförmiger Lagerung oder bei ungleichförmiger bzw. außermittiger Belastung durch dreiecksförmige Flächenlast oder außermittige Holm- oder Blocklast.

Die maximale Durchbiegung w_{\max} ist Ergebnis einer glasstatischen Berechnung (Die maximale Durchbiegung w_{\max} entspricht dem Bemessungswert der Auswirkung E_d beim Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach [1]).



9.6.5.2 Durchbiegungen von Glas und Haltekonstruktion bei linienförmiger Lagerung

9.6.5.2.1 Durchbiegungen der gelagerten Glaskanten bzw. der Haltekonstruktion

Die Durchbiegungen der gelagerten Glaskanten entsprechen denen der Haltekonstruktion. Sie verlaufen ebenfalls quer zur unverformten Scheibenebene. Anders gerichtete Durchbiegungen oder Verdrehungen der Haltekonstruktion werden als vernachlässigbar klein angesehen. So wird insbesondere bei Isolierglas vorausgesetzt, dass die Standkante ideal rechtwinklig zur unverformten Scheibenebene aufgelagert ist (vergleiche Abb. 1).

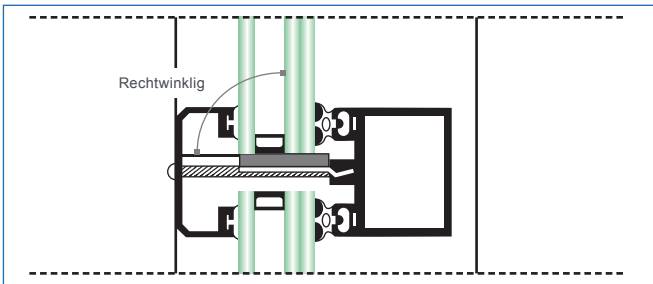


Abb. 1: Ideal rechtwinklig aufgelagerte Standkante von Isolierglas

9.6.5.2.2 Durchbiegungen vierseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben

Die Abb. 2a und 2b zeigen die Durchbiegungsfiguren vierseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben. Abb. 2a zeigt die Durchbiegungsfigur bei geometrisch-linearer Berechnungsweise. Diese wird häufig vereinfachend unter Zuhilfenahme so genannter Plattentafeln angewendet. Sie liefert aber nur dann zutreffende Ergebnisse, wenn die maximalen Durchbiegungen nicht größer als die Glasdicke (Hier ist die Glasdicke der betrachteten Einzelscheibe gemeint. Bei VG/VSG diejenige der dünnsten VG/VSG-Teilscheibe.) sind ($w_{\max} \leq \text{Glasdicke}$). Bei größeren Durchbiegungen überschätzt diese Berechnungsweise die realen Durchbiegungen und Hauptzugspannungen und kann daher unwirtschaftliche Glasdicken liefern. Abb. 2b zeigt die Durchbiegungsfigur bei geometrisch-nichtlinearer Berechnungsweise. Diese gibt das reale Durchbiegungsverhalten auch bei Durchbiegungen, die größer als die Glasdicke sind ($w_{\max} > \text{Glasdicke}$), wieder. Diese Berechnungsweise erfordert zwar aufwändigere Lösungsmethoden (FEM oder spezielle Plattentafeln), liefert aber wirtschaftlichere Glasdicken.

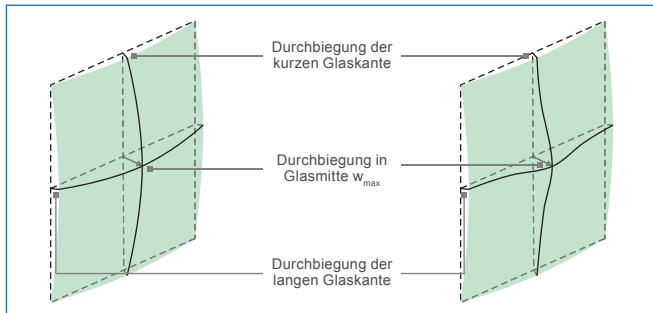


Abb. 2a: geometrisch-lineare Berechnung ($w_{\max} \leq$ Glasdicke)

Abb. 2b: geometrisch-nichtlineare Berechnung ($w_{\max} \leq$ Glasdicke)

9.6.5.2.3 Durchbiegungen zweiseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben

Die Abb. 3a und 3b zeigen die Durchbiegungsfiguren zweiseitig linienförmig gelagerter Rechteckscheiben bei geometrisch-linearer und -nichtlinearer Berechnungsweise. Bei dieser Lagerungsart unterscheiden sich die Ergebnisse beider Berechnungsweisen nur geringfügig, wobei jedoch auch hier die geometrisch-nichtlineare Berechnungsweise die realistischeren Durchbiegungen liefert.

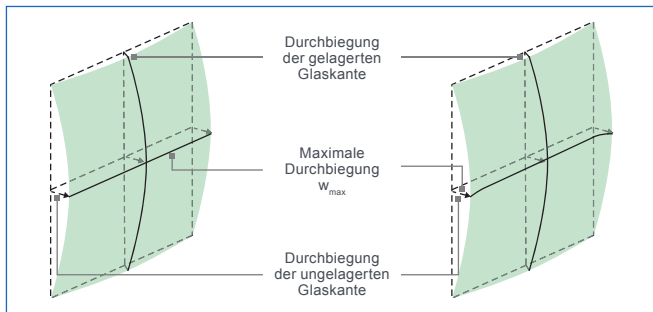


Abb. 3a: geometrisch-lineare Berechnung

Abb. 3b: geometrisch-nichtlineare Berechnung

9.6.5.3 Bezugslänge L

In der DIN 18008-2 sowie in diesem Merkblatt werden Durchbiegungsgrenzwerte nicht als absolute Größen in mm angegeben, sondern werden über den ganzzahligen Bruchteil einer Bezugslänge L definiert (z. B. L/100). Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Bezugslänge für die Durchbiegung der gelagerten Glaskante und den Bezugsängen für die Durchbiegung der ungelagerten Glaskante bzw. der Glasmitte.



9.6.5.3.1 Bezugslänge für die Durchbiegung der gelagerten Glaskante

Bei der gelagerten Glaskante dient als Bezugslänge L die aufgelagerte Scheibenlänge. Sie darf nicht mit der Rahmen-, Pfosten- oder Sparrenlänge der Unterkonstruktion L_U verwechselt werden, die auch länger sein kann, wenn z. B. mehrere Gläser auf einem Rahmenelement aufgelagert sind (Abb. 4). Zu den Durchbiegungsgrenzwerten von Unterkonstruktionen siehe die entsprechenden Bauteilnormen, z. B. DIN EN 14351-1 [8] für Fenster und Türen oder DIN EN 13830 [9] für Vorhangfassaden.

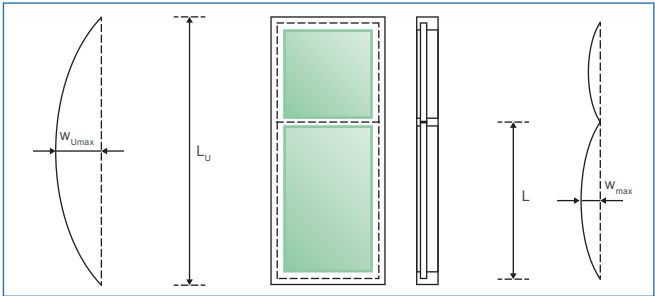


Abb. 4: Bezugslänge L der aufgelagerten Scheiben im Vergleich zur Länge der Unterkonstruktion L_U

9.6.5.3.2 Bezugslänge für die Durchbiegung der ungelagerten Glaskante bzw. der Glasmitte

Bei der ungelagerten Glaskante und der Glasmitte dient als Bezugslänge L die Stützweite der Glasscheibe. Die Stützweite ist nur bei linienförmig gelagerten Rechteckscheiben exakt definiert und entspricht

- bei vierseitiger Lagerung der Länge der kürzeren Glaskante (zweiachsig gespannte Glasscheibe),
- bei dreiseitiger Lagerung der Länge der ungelagerten Glaskante und
- bei zweiseitiger Lagerung dem Abstand der gelagerten Glaskanten (einachsig gespannte Glasscheibe)

(vergleiche Abb. 5).

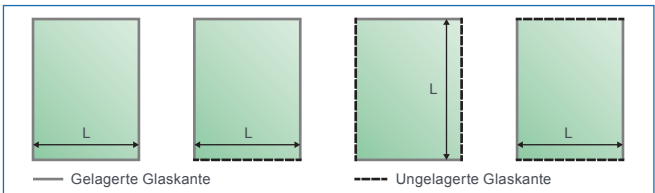


Abb. 5: Stützweite als Bezugslänge L von vier-, drei-, und zweiseitig linienförmig gelagerten Rechteckscheiben

9.6.5.4 Glaseinstand i

Der Glaseinstand i wird nach DIN 18545 [6] (Abschnitt 4.1 und 4.2) durch den Abstand zwischen der Glaskante und der statisch wirksamen Kante der Haltekonstruktion bestimmt (vergleiche Abb. 6). Hinweis: In der europäischen Verglasungsnorm DIN EN 12488 [7] wird „Glaseinstand“ anders definiert. Das im vorliegenden Dokument nach DIN 18545 [6] definierte Maß i entspricht dort der „mechanischen Kantenüberdeckung m “. Der Glaseinstand muss nach DIN 18008-2 [2] (Abschnitt 4.1) an allen Glaskanten mindestens 10 mm betragen, sofern keine anderen Festlegungen getroffen werden.

Bei Isolierglas verlangen die Isolierglashersteller im Einklang mit der DIN 18545 [6] (Abschnitt 4) ein größeres Mindestmaß von i.d.R. 12 mm, um die Kleb- und Dichtstoffe des Randverbunds vor UV-Strahlung zu schützen.

Bei vertikalen Scheiben darf unter Last der Glaseinstand auch kleiner werden (→ Kapitel 9.6.5.5).

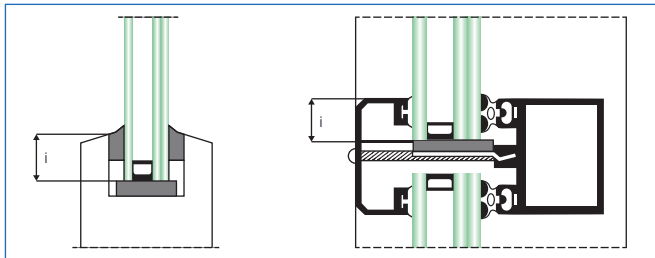


Abb. 6: Glaseinstand i , hier gezeigt an der Standkante von Isolierglas, links: Fensterprofil, rechts: Pfosten-Riegel-Profil

9.6.5.5 Sehnverkürzung Δs

Die Sehnverkürzung ist die Verkürzung des Abstands zweier gegenüberliegender Glaskanten einer durchgebogenen Glasscheibe (vergleiche Abb. 7).

Die Sehnverkürzung einer zwei-seitig linienförmig gelagerten Glasscheibe berechnet sich näherungsweise (hergeleitet am Kreisbogen mit kleinem Öffnungswinkel mittels Kleinwinkelnäherungen $\sin x \approx x - x^3/6$ und $\cos x \approx 1 - x^2/2$) aus der maximalen Durchbiegung w_{\max} und der Stützweite L zu

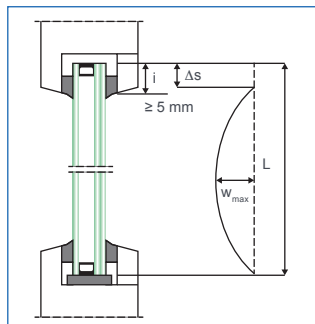


Abb. 7: Sehnverkürzung Δs , maximale Durchbiegung w_{\max} , Bezugslänge L und verbleibender Glaseinstand i - $\Delta s \geq 5$ mm, hier gezeigt an der Oberkante eines Isolierglases



$$\Delta s \approx \frac{8}{3} \cdot \frac{W_{\max}^2}{L}$$

Bei vierseitiger linienförmiger Lagerung ist die Sehnverkürzung zwar kleiner, sie lässt sich jedoch nicht so leicht berechnen. Deshalb wird hier vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend meist auch die Sehnverkürzung der zweiseitig linienförmigen Lagerung verwendet.

Nach DIN 18008-2 [2] (Abschnitt 7.4) ist bei Vertikalverglasungen die Sehnverkürzung bzw. die Durchbiegung so zu begrenzen, dass der verbleibende Glaseinstand an allen Glaskanten mindestens 5 mm beträgt, auch wenn die gesamte Sehnverkürzung auf nur ein Auflager angesetzt wird. In diesem Fall darf die Durchbiegung auch $L/100$ bzw. $L/65$ überschreiten (vergleiche Tabelle 1).

Der Isolierglashersteller darf jedoch geringere Sehnverkürzungen bzw. Durchbiegungen fordern, um z. B. die Verschiebungen im Randverbund (vergleiche Abb. 8) zu begrenzen oder um Einbauten im Scheibenzwischenraum zu schützen.

9.6.5.6 Verschiebungen im Randverbund bei durchgebogener Isolierglaskante

Abb. 8 zeigt in stark überzeichneter Darstellung die Verschiebungen v_1 und v_2 zwischen Glas und Abstandhalter im Randbereich der durchgebogenen Kante eines Zweischeiben-Isolierglases (oben). Zusätzlich wird die gegenseitige Verschiebung der Glaskanten $v_1 + v_2$ und die daraus resultierende Verzerrung der Kleber-/Abstandhalterflanke gezeigt (unten).

Die Verschiebungen v_1 und v_2 berechnen sich näherungsweise (hergeleitet am Kreisbogen mit kleinem Öffnungswinkel mittels Kleinwinkelnäherung $\cos \approx 1 - x^2/2$) mit den Glasdicken d_1 und d_2 , der Abstandhalterhöhe h , der maximalen Durchbiegung w_{\max} und der Bezugslänge L zu

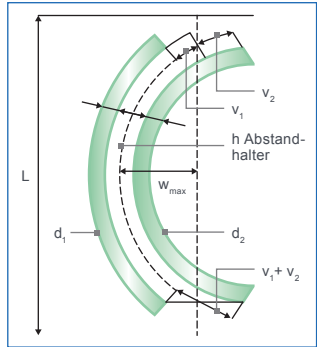


Abb. 8: Verschiebungen v_j zwischen Glas und Abstandhalter (oben) sowie Verschiebung der Glaskanten (unten) im Randbereich einer durchgebogenen Isolierglaskante

$$v_j \approx 2 \cdot (d_j + h) \cdot \frac{W_{\max}}{L} \quad j = 1, 2.$$

Zu große Verschiebungen können zu einer Überbeanspruchung der polymeren Dichtstoffe und des Abstandhalterprofils (u.a. Ablösung von der Glasoberfläche) und somit zu Undichtigkeiten führen, welche die Dauerhaftigkeit des Gesamtsystems verringern. Hieraus können Kondensatbildung, Schichtkorrosion, Füllgasverlust oder die Reduzierung der Beanspruchbarkeit gegenüber den auf den Randverbund wirkenden Kräften (z. B. Windlasten) resultieren.

Insbesondere bei freien Isolierglaskanten, die nicht in einer Haltekonstruktion gelagert und somit vor äußeren Witterungseinflüssen ungeschützt sind, spielen die Verschiebungen und die daraus resultierenden Schubverzerrungen eine große Rolle. DIN 18008-2 [2] macht für die maximale Durchbiegung der freien Isolierglaskante keine spezielle Vorgabe, sondern nennt den allgemeinen Grenzwert $L/100$ für die vierseitig gelagerte Rechteckscheibe in Glasmitte.

Es ist dem Isolierglashersteller vorbehalten, für die ungelagerte Isolierglaskante kleinere Durchbiegungen einzufordern, z. B. $L/200$ (siehe Tabelle 1).

9.6.6 Durchbiegungsgrenzwerte

Gemäß DIN 18008 sind Gläser so zu bemessen, dass der jeweilige Durchbiegungsgrenzwert w_{zul} nach der folgenden Tabelle 1 nicht überschritten wird (Der Durchbiegungsgrenzwert w_{zul} entspricht dem Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums C_d beim Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 18008-1 [1].).

Linienförmige Lagerung	Gelagerte Glaskante (vergleiche Abs. 9.6.5.3.1)	In Glasmitte	Ungelagerte Glaskante	
			Einfachglas	Isolierglas
Zwei- und dreiseitig*	$L/200$	$L/100^{**}$	$L/100^{**}$	$L/200^{**}$
Vierseitig			-	-

* Bei dreiseitig linienförmiger Lagerung ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit vom Kantenverhältnis die maximale Durchbiegung entweder in Glasmitte oder an der ungelagerten Glaskante vorliegt.

** Sofern keine optisch-ästhetischen oder andere Vorgaben dagegen sprechen, ist bei Glasgrößen
 - bis max. 2 m² auch $L/65$ zulässig
 - bei vertikalem Glas ggf. eine noch größere Durchbiegung zulässig, sofern der verbleibende Glaseinstand an allen Glaskanten mind. 5 mm beträgt, auch wenn die gesamte Sehnenverkürzung auf nur ein Auflager angesetzt wird¹.

*** Empfehlung der Isolierglashersteller²

¹ DIN 18008-2 [2], Abschnitt 7.4,

² basierend auf TRLV, 2006-08 [10]

Tab. 1: Durchbiegungswert w_{zul} bezogen auf die Bezugslänge



9.6.7 Nachweis

Sofern die vorhandene maximale Durchbiegung der Unterkonstruktion (z. B. gem. Bauteilnormen [8] oder [9]) und der aufgelagerten Glaskanten gem. Tabelle 1 zulässig ist, erfolgt der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in folgenden Schritten:

1. Ermittlung der Bezugslänge L in Abhängigkeit der Glaslagerung (zwei-, drei-, vierseitig).
2. Ermittlung der vorhandenen maximalen Glasdurchbiegung w_{\max} und des Orts ihres Auftretens (Glasmitte oder Glaskante) mittels glasstatischer Berechnung.
3. Festlegung des Durchbiegungsgrenzwertes w_{zul} nach Tabelle 1, ggf. unter Berücksichtigung optisch-ästhetischer oder anderweitiger Vorgaben.
4. Nachweis: $w_{\max} \leq w_{\text{zul}}$
Falls bei vertikalem Glas die **-Fußnote, zweiter Spiegelstrich von Tabelle 1, in Anspruch genommen wird: Berechnung der Sehnenverkürzung Δs und Nachweis des verbleibenden Glaseinstandes $i - \Delta s \geq 5 \text{ mm}$.

9.6.8 Literatur

- [1] DIN 18008-1 (2010-12): Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen.
- [2] DIN 18008-2 (2010-12 u. Berichtigung 1 v. 2011-04): Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen.
- [3] DIN 18008-3 (2013-07): Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen.
- [4] ETAG 002 (2012-05): Structural Sealant Glazing Kits (SSGK) – Part 1: Supported and unsupported systems.
- [5] DIN EN 1990 (2010-12 u. Änderung A1 v. 2012-08): Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- [6] DIN 18545 (2015-07): Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Anforderungen an Glasfalze und Verglasungssysteme.
- [7] DIN EN 12488 (2016-11): Glas im Bauwesen – Empfehlungen für die Verglasung – Verglasungsgrundlagen für vertikale und geneigte Verglasung.
- [8] DIN EN 14351-1 (2016-12): Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren.
- [9] DIN EN 13830 (2015-07): Vorhangfassaden – Produktnorm.

[10] Deutsches Institut für Bautechnik: Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV, 2006-08).

9.7 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 9.12).

9.8 Beurteilung der visuellen Qualität von Glas im Bauwesen

9.8.1 Visuelle Qualität beschichteter Gläser

Das Erscheinungsbild beschichteter Gläser und der Nachweis von Fehlern ist im Teil 1 der Norm EN 1096 beschrieben. Fehler, welche die Erscheinung beeinträchtigen, sind spezifisch für das Glassubstrat (z. B. Floatglas nach EN 572-2) oder beschichtungsspezifisch. Wenn ein für das Glassubstrat spezifischer Fehler durch die Beschichtung deutlicher sichtbar ist, wird er als Beschichtungsfehler behandelt.



9.8.1.1 Nachweis von Fehlern

Die Fehler werden durch visuelle Beobachtung des beschichteten Glases in Transmission und/oder Reflexion nachgewiesen. Dabei darf als Lichtquelle ein künstlicher Himmel oder Tageslicht dienen.

Der künstliche Himmel ist eine diffus lichtemittierende Oberfläche von gleichförmiger Helligkeit, deren allgemeiner Farbwiedergabeindex R_a größer als 70 ist (siehe CIE 013.3-1995).

Der künstliche Himmel wird durch eine Lichtquelle realisiert, deren Farbtemperatur zwischen 4000 K und 6000 K liegt. Vor der Anordnung der Lichtquellen befindet sich eine lichtstreuende Fläche ohne spektrale Selektivität. Die Beleuchtungsstärke auf der Glasoberfläche muß zwischen 400 lx und 20000 lx betragen.

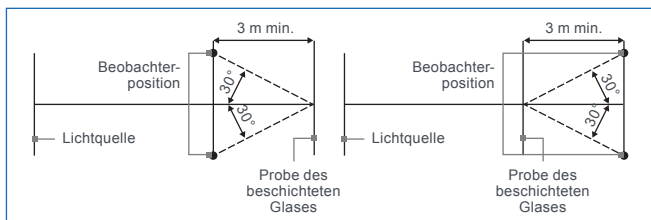
Als Tageslichtbeleuchtung gilt ein gleichförmig bewölkter Himmel ohne direktes Sonnenlicht.

9.8.1.2 Bedingungen für die Prüfung

9.8.1.2.1 Allgemeines

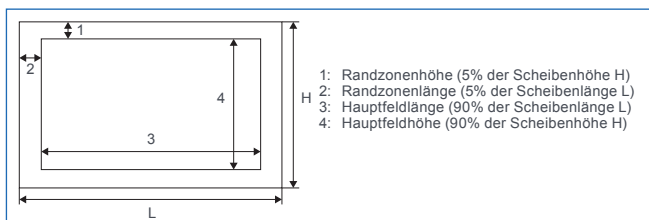
Beschichtetes Glas darf sowohl in Lagergrößen als auch in für den Einbau zugeschnittenen Größen geprüft werden. Die Prüfung darf im Werk oder an Ort und Stelle nach Verglasung vorgenommen werden.

Die Scheibe des zu untersuchenden beschichteten Glases wird aus einer Entfernung von mindestens 3 Metern betrachtet. Die Prüfung des beschichteten Glases in Reflexion wird so ausgeführt, daß der Beobachter auf die Seite schaut, die der Außenseite der Verglasung entspricht. Für die Prüfung darf der Winkel zwischen der Flächennormalen des beschichteten Glases und dem Lichtstrahl, der nach Reflexion oder Transmission am beschichteten Glas zum Auge des Beobachters weist, nicht größer als 30° sein (siehe Abbildungen unten).



Prüfverfahren für beschichtetes Glas (links Reflexion, rechts Transmission)

Bei Scheiben aus beschichtetem Glas in für den Einbau zugeschnittenen Größen müssen zwei Bereiche untersucht werden: das Hauptfeld und die Randzone (siehe Abbildung unten).



Zu untersuchende Bereiche für die Verglasung fertig zugeschnittener Größen

Jede Prüfung dauert nicht länger als 20 s.

9.8.1.2.2 Homogenitätsfehler und Flecken

Unter den Prüfbedingungen nach 9.8.1.2.1 sind alle Beschichtungsunterschiede innerhalb einer Scheibe oder zwischen benachbarten Scheiben, die visuell störend sind, zu vermerken.

9.8.1.2.3 Punktförmige Fehler

Unter den Prüfbedingungen nach 9.8.1.2.1 sind alle Schmutzstellen, nadelstichförmige Fehler und/oder Kratzer, die visuell störend sind, zu vermerken.

Bei Flecken und nadelstichförmigen Fehlern wird deren Größe und Anzahl, bezogen auf die Größe der Scheibe, vermerkt. Falls Nestbildungen gefunden werden, dann soll deren Position relativ zur Haupt(Mittel)-Zone bestimmt werden.

Bei Kratzern wird bestimmt, ob sie sich im Hauptfeld oder in der Randzone befinden. Die Länge jedes Kratzers wird vermerkt. Für Kratzer mit einer Länge > 75 mm wird der Abstand zu benachbarten Kratzern bestimmt. Für Kratzer mit einer Länge von ≤ 75 mm wird jeder Bereich vermerkt, wo ihre Dichte visuelle Störungen hervorruft.



9.8.1.3 Annahmekriterien für Fehler bei beschichtetem Glas

Fehlertyp	Annahmekriterien		
	Scheibe/Scheibe	Einzelne Scheibe	
Homogenitätsfehler/ Fleck	Erlaubt, solange visuell nicht störend	Erlaubt, solange visuell nicht störend	
Punktförmige Fehler	Nicht anwendbar	Hauptfeld	Randzone
Schmutzstellen/Nadelstichförmige Fehler; > 3 mm		Nicht erlaubt	Nicht erlaubt
> 2 mm and ≤ 3 mm		Erlaubt, wenn nicht mehr als 1/m ²	Erlaubt, wenn nicht mehr als 1/m ²
Nestbildungen;		Nicht erlaubt	Erlaubt, solange nicht im Bereich der Durchsicht
Kratzer; > 75 mm		Nicht erlaubt	Erlaubt, solange sie mehr als 50 mm voneinander entfernt sind
≤ 75 mm		Erlaubt, solange die lokale Dichte visuell nicht störend ist	Erlaubt, solange die lokale Dichte visuell nicht störend ist

9.8.2 Visuelle Qualität von Mehrscheiben-Isolierglas

Die Kriterien für Beurteilung der visuellen Qualität von Mehrscheiben-Isolierglas aus Glaskomponenten wird in der Norm EN 1279-1 (normativer Anhang F) beschrieben.

Die Anforderungen an die optische und visuelle Qualität von Glaskomponenten müssen den entsprechenden Europäischen Normen entnommen werden.

Die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Informationen beziehen sich auf die maximal zulässigen Fehler je Mehrscheiben-Isolierglas, sowie die Fehler, die speziell für diese Einheit gelten. Diese Tabellen dürfen nicht bei Mehrscheiben-Isolierglaseinheiten angewendet werden, bei denen mindestens eine Komponente aus Ornamentglas, Drahtglas, Drahtornamentglas, gezogenem Flachglas, feuerbeständigem Verbundglas besteht.

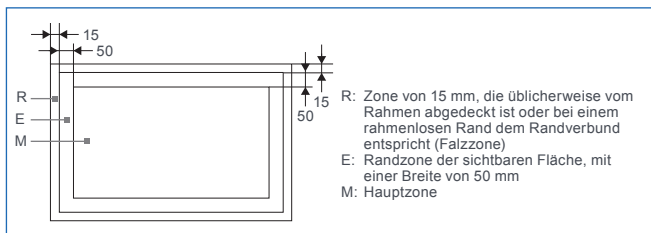
9.8.2.1 Beobachtungsbedingungen

Die Scheiben müssen in der Durchsicht, nicht in der Aufsicht untersucht werden.

Abweichungen dürfen nicht auf der Scheibe gekennzeichnet werden.

Die Mehrscheiben-Isoliergläser müssen in einem Abstand von mindestens 3 m von innen nach außen und bei einem möglichst senkrechten Betrachtungswinkel eine Minute pro m² beobachtet werden. Die Beurteilung erfolgt bei diffusem Tageslicht (z. B. bei bedecktem Himmel), ohne direkte Sonneneinstrahlung oder künstliche Beleuchtung.

Mehrscheiben-Isoliergläser, die von außen beurteilt werden, müssen im Einbauzustand beurteilt werden, wobei der übliche Betrachtungsabstand zu berücksichtigen ist, mindestens jedoch 3 m Abstand einzuhalten sind. Der Betrachtungswinkel muss möglichst senkrecht sein



Fehlerbereiche einer Glasscheibe

9.8.2.2 Mehrscheiben-Isolierglas mit zwei Scheiben aus monolithischen Gläsern

9.8.2.2.1 Punktförmige Fehler

Zone	Größe des Fehlers (ohne Hof) [ϕ in mm]	Scheibengröße S (m ²)			
		S \leq 1	1 < S \leq 2	2 < S \leq 3	3 < S
R	Alle Größen	Ohne Einschränkung			
E	$\phi \leq 1$	Zulässig, falls weniger als 3 in einem Bereich mit $\phi \leq 20$ cm			
	1 < $\phi \leq 3$	4	1 je Meter Kantenlänge		
	$\phi > 3$	Nicht zulässig			
M	$\phi \leq 1$	Zulässig, falls weniger als 3 in einem Bereich mit $\phi \leq 20$ cm			
	1 < $\phi \leq 2$	2	3	5	5 + 2/m ²
	$\phi > 2$	Nicht zulässig			

Zulässige Anzahl punktförmiger Fehler

9.8.2.2.2 Rückstände

Zone	Abmessungen und Typ [ϕ in mm]	Scheibengröße S (m ²)	
		S \leq 1	1 < S
R	Alle	Ohne Einschränkung	
E	Punktförmig $\phi \leq 1$	Ohne Einschränkung	
	Punktförmig 1 mm < $\phi \leq 3$	4	1 je Meter Kantenlänge
	Flecken $\phi \leq 17$	1	
	Punktförmig $\phi > 3$ und Flecken $\phi > 17$	Maximal 1	
M	Punktförmig $\phi \leq 1$	Maximal 3 in einem Bereich mit $\phi \leq 20$ cm	
	Punktförmig 1 < $\phi \leq 3$	Maximal 2 in einem Bereich mit $\phi \leq 20$ cm	
	Punktförmig $\phi > 3$ und Flecken $\phi > 17$	Nicht zulässig	

Zulässige Anzahl punkt- und fleckenförmiger Rückstände



9.8.2.2.3 Lineare/langgestreckte Fehler

Sehr feine Kratzer (Haarkratzer) sind zulässig, sofern sie kein Nest bilden.

Bereich	Einzellängen [mm]	Einzellängen insgesamt [mm]
R	Ohne Einschränkung	
E	≤ 30	≤ 90
M	≤ 15	≤ 45

Zulässige Anzahl linearer und langgestreckter Fehler

9.8.2.3 Mehrscheiben-Isolierglas mit mehr als zwei Scheiben aus monolithischem Glas

Die in → Kapitel 9.8.2.2 festgelegte zulässige Anzahl von Abweichungen erhöht sich mit jeder zusätzlichen Glaskomponente und jeder Verbundglasscheibe um 25 %. Das Ergebnis wird immer aufgerundet.

Beispiel:

- Dreifachverglasung aus drei Scheiben monolithischem Glas: die Anzahl der zulässigen Fehler nach → Kapitel 9.8.2.2 wird mit 1,25 multipliziert.
- Zweifachverglasung aus zwei Verbundglasscheiben mit jeweils zwei Glaskomponenten: die Anzahl der zulässigen Fehler nach → Kapitel 9.8.2.2 wird mit 1,5 multipliziert.

9.8.2.4 Mehrscheiben-Isolierglas mit wärmebehandeltem Glas

Die visuelle Qualität von vorgespanntem Sicherheitsglas mit oder ohne Heißlagerungsprüfung und von teilvorgespanntem Glas muss bei Einbau in ein Isolierglas oder in ein Verbundglas, das eine Komponente eines Isolierglases darstellt, die Anforderungen der jeweiligen Produktnorm erfüllen.

Zusätzlich zu diesen Anforderungen darf bei vorgespanntem Floatglas die generelle Verwerfung in Bezug auf die Gesamtlänge der Glaskante nicht mehr als 3 mm je 1000 mm Glaskantenlänge betragen. Eine stärkere Verwerfung darf bei quadratischen oder nahezu quadratischen Formaten (bis 1:1,5) und bei Einzelscheiben mit einer Nennstärke kleiner als 6 mm auftreten.

9.8.2.5 Randfehler

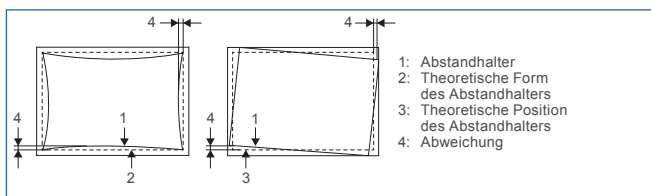
Zulässige Randfehler sind für jede Glasscheibenkomponente in den jeweiligen Normen angegeben.

Äußere, nicht tief gehende Beschädigungen des Randes oder Muscheln, die die Glasfestigkeit nicht beeinträchtigen und nicht über die Breite des Randverbundes hinausgehen.

Innenliegende Muscheln ohne lose Scherben, die durch den Dichtstoff gefüllt werden, sind zulässig.

9.8.2.6 Toleranzen der Abstandhaltergeradheit

Bei zweifach verglastem Isolierglas beträgt die Toleranz für den Abstandhalter bis zu einer Kantenlänge von 3,5 m 4 mm und bei längeren Kantenlängen 6 mm. Die zulässige Abweichung der (des) Abstandhalter(s) gegenüber der parallelen geraden Glaskante oder anderen Abstandhaltern (z. B. bei Dreifachverglasungen) beträgt bis zu einer Kantenlänge von 2,5 m 4 mm. Bei längeren Kantenlängen beträgt die zulässige Abweichung 6 mm.



Beispiele für die Abweichung der Abstandhalterlage

9.8.2.7 Gebogenes Mehrscheiben-Isolierglas

Die visuelle Qualität von gebogenen Isolierglaseinheiten und deren Glas­komponenten muß den Anforderungen der Normen ISO 11485-1 und ISO 11485-2 genügen.

9.8.2.8 Weitere visuelle Aspekte von Mehrscheiben-Isolierglas

Es können einige auf der Glasoberfläche sichtbare physikalische Effekte auftreten, die nicht bei der Beurteilung der visuellen Qualität berücksichtigt werden dürfen. Sie gelten nicht als Fehler (informativer Anhang G der EN 1279-1).

9.8.2.8.1 Eigenfarbe

Aufgrund des Gehalts an Eisenoxid im Glas, des Beschichtungsprozesses, der Beschichtung selbst, Schwankungen der Glasdicke und des Scheibenaufbaus des Mehrscheiben-Isolierglases sind Schwankungen des Farbeindrucks möglich, die nicht vermieden werden können.

9.8.2.8.2 Unterschiede in der Farbe des Mehrscheiben-Isolierglases

Bei Fassaden, die beschichtetes Glas enthalten, können sich Farben in unterschiedlichen Farbtönen zeigen, ein Effekt, der sich bei Betrachtung unter einem Winkel noch verstärken kann. Mögliche Ursachen für Farbunterschiede sind unter anderem leichte Abweichungen der Farbe des Substrats, auf dem die Beschichtung aufgebracht wird, und leichte Schwankungen der Dicke der Beschichtung selbst.

Eine objektive Beurteilung der Farbunterschiede kann mit Hilfe von ISO 11479-2 erfolgen.



9.8.2.8.3 Interferenzerscheinungen

In Mehrscheiben-Isolierglas aus Floatglas können Interferenzerscheinungen dazu führen, dass Spektralfarben sichtbar werden. Optische Interferenz tritt auf, wenn sich zwei oder mehr Lichtwellen an einem Punkt überlagern.

Wahrgenommen werden diese Erscheinungen als Schwankung der Intensität der farbigen Bereiche, die sich ändern, wenn Druck auf das Glas ausgeübt wird. Dieser physikalische Effekt wird durch die Parallelität der Oberflächen des Glases noch verstärkt. Interferenzerscheinungen treten zufällig auf und können nicht vermieden werden.

9.8.2.8.4 Effekte infolge barometrischer Bedingungen (Isolierglas-Effekt, Klimalast)

Ein Mehrscheiben-Isolierglas schließt ein Volumen an Luft oder anderen Gasen ein, das durch den Randverbund hermetisch abgeschlossen ist. Der Zustand des Gases wird im Wesentlichen durch die Höhe über NN, den atmosphärischen Luftdruck und die Lufttemperatur bestimmt, die zum Zeitpunkt der Herstellung am Herstellungsort herrschen. Wird das Mehrscheiben-Isolierglas in einer anderen Höhe über NN eingebaut oder ändern sich die Temperatur oder der atmosphärische Luftdruck (höherer oder niedrigerer Druck), biegen sich die Scheiben nach innen oder außen, was zu einer optischen Verzerrung führt (→ Kapitel 2.7).

9.8.2.8.5 Mehrfachreflexionen

Mehrfachreflexionen können mit unterschiedlicher Intensität an den Oberflächen der Glaseinheiten auftreten. Diese Reflexionen sind besonders gut sichtbar, wenn der durch die Verglasung betrachtete Hintergrund dunkel ist. Dieser Effekt ist eine physikalische Eigenschaft aller Mehrscheiben-Isoliergläser.

9.8.2.8.6 Anisotropie (Schillern)

Mehrscheiben-Isoliergläser mit einer vorgespannten Glaskomponente können sichtbare Verzerrungen aufweisen, die als Anisotropie bezeichnet werden, siehe EN 12150-1, EN 1863-1. (→ Kapitel 7.1.7)

9.8.2.8.7 Kondensation an den Außenoberflächen des Mehrscheiben-Isolierglases

Kondensation kann an den äußeren Glasoberflächen auftreten, wenn die Glasoberfläche kälter ist als die angrenzende Luft.

Das Ausmaß der Kondensation an den Außenflächen einer Glasscheibe wird durch den U-Wert, die Luftfeuchte, die Luftbewegung und die Innen- und Außentemperatur bestimmt.

Ist die relative Luftfeuchte der Umgebung hoch und fällt die Oberflächentemperatur der Scheibe unter die Umgebungstemperatur, kommt es an der Glasoberfläche zur Kondensation.

→ siehe Kapitel 2.4.3 für Informationen, wie Kondensation an Außenflächen von Gläsern minimiert werden kann.

9.8.2.8.8 Benetzung der Glasoberflächen

Das Erscheinungsbild der Glasoberflächen kann aufgrund von Rollen, Fingerabdrücken, Etiketten, Saugnäpfen, Dichtstoffrückständen, Silikonmassen, Glättmitteln, Schmierstoffen, Umgebungseinflüssen usw. unterschiedlich ausfallen. Hervortreten kann dies, wenn die Glasoberflächen aufgrund von Kondensation, Regen oder Reinigungswasser nass sind.

9.8.2.8.9 Bewertung des sichtbaren Bereiches des Isolierglas-Randverbundes

Im sichtbaren Bereich des Randverbundes und somit außerhalb der lichten Glasfläche können bei Isolierglas an Glas und Abstandhalterrahmenerfertigungsbedingte 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 von Abstandhaltern ist in → Kapitel 9.8.2.6 (Toleranzen der Abstandhaltergeradheit) beschrieben.

9.8.2.8.10 Mehrscheiben-Isolierglas mit innenliegenden 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.

9.8.2.8.11 Außenflächenbeschädigungen

Bei mechanischen oder chemischen Außenflächenverletzungen, die nach dem Verglasen erkannt werden, ist die Ursache zu klären. Solche Beanstandungen können auch nach Abschnitt 9.8.2 beurteilt werden. Im Übrigen gelten nationale Normen und Richtlinien.



9.9 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.

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, einer maximalen Temperaturdifferenz von 40 K (EN 572) bis 42 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).

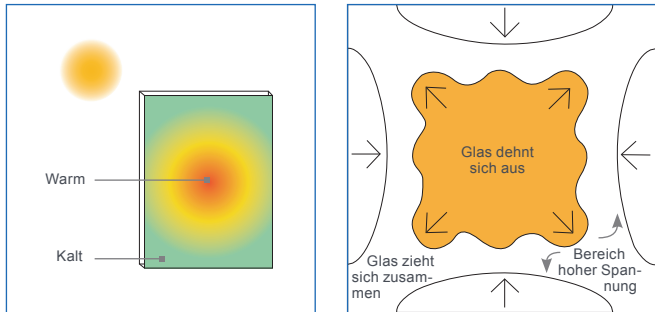
Grundsätzlich lässt sich Glasbruch durch sachgemäße Handhabung und vorausschauende Planung mit korrekter Dimensionierung sowie funktionsgerechter Nutzung und Instandhaltung inzwischen nahezu ausschließen.

9.9.1 Thermischer Bruch / thermische Spannungen

9.9.1.1 Allgemein

Thermische Spannungen entstehen, sobald sich ein Teil des Glases erwärmt, während andere Bereiche kalt bleiben. Erwärmte Zonen dehnen sich aus – kalte Zonen ziehen sich zusammen.

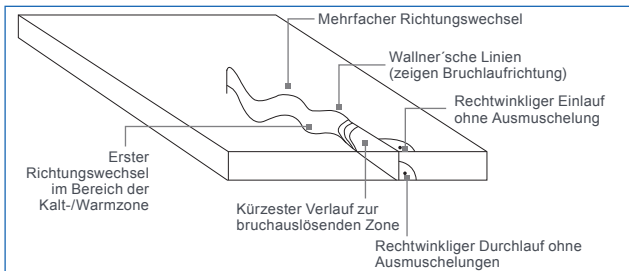
Es tritt keine thermische Spannung auf, solange sich eine Glasscheibe gleichmäßig über die gesamte Fläche erwärmen oder abkühlen kann.



9.9.1.2 Thermisches Bruchbild

Thermische Brüche starten immer am Rand und verlaufen stets im rechten Winkel (90°) zur Glaskante.

- Verschiedene Bereiche dehnen sich aus oder ziehen sich zusammen; kollidieren diese Bereiche, sucht sich die Energie den kürzesten Weg zum Rand – der Bruch beginnt.
- Es treten einzelne oder mehrere Sprünge auf, abhängig vom Grad der Spannung.
- Riß verläuft zunächst gerade (2 bis 5 cm) und zweigt dann ab bzw. splittet sich auf. Anzahl der Verzweigungen und Sekundärbrüche ist abhängig vom Ausmaß der Spannungen.





9.9.1.3 Bruchauslösende Faktoren

Resultierende Temperaturunterschiede (ΔT) sind immer der auslösende Faktor!

ΔT hängt ab von:

- Umwelt:
 - Orientierung der Fassade (Norden-Osten-Süden-Westen).
 - Solare Strahlungsintensität (W/m^2).
 - Temperaturdifferenz innen - außen.
- Glas:
 - Glastyp und Verglasungsaufbau (solare Energieabsorption).
- Architektur:
 - Innen- und/oder Außenjalousien, Vorhänge.
 - Ventilation, Heizelemente in der Nähe der Gläser.
 - Innenliegende Konstruktionen.
 - Fensterprofile.
 - Schlagschatten (Nachbargebäude, Gebäudekanten, Balkone, ...).

9.9.1.4 Festigkeitsbestimmende Faktoren

Die Glasfestigkeit, und damit auch das Risiko für thermisch induzierten Bruch, wird unmittelbar durch die Qualität der Glaskanten beeinflusst.

Einflußgrößen für die Kantenqualität von Floatglas:

- Schneidprozeß:
 - Werkzeuge, Öl, Geschwindigkeit, bei VSG Art des Schneidtisches, etc.
- Handhabung / Transport / Lagerung:
 - Abstandhalter, Vermeidung von Glassprüngen bei Transport, Art der Befestigung.
 - Geeignete und saubere Abstellfüße.
- Baustelle / Einbau:
 - Schutz der Glaspakete, thermische Brücken, saubere Profile.

Generell führen auch Oberflächenbeschädigungen (tiefe Kratzer, etc.) zu einer Schwächung der Bauteilfestigkeit des Glases.

9.9.1.5 Bestimmung des thermischen Risikos (Thermische Analyse)

Die französische Norm NF DTU 39 Teil 3 ist die Grundlage für unsere Betrachtungen bezüglich thermischem Bruchrisiko. Sie beschreibt die Methoden für die Berechnung, den Einfluß von bruchauslösenden Faktoren (Umwelt, Konstruktion, Glas) und die Mindestanforderungen an die Glasqualität und Glasbearbeitung bezogen auf die maximal zulässigen Temperaturdifferenzen.

Glasqualität	Max. zul. Temp. Diff. [K]
Monolith. Glas - mit Kantenbearbeitung	42
Festlaminiertes Glas - mit Kantenbearbeitung	42
Monolith. Glas - Schnittkante	35
Festlaminiertes Glas - Schnittkante	35
Teilvorgespanntes Glas (TVG)	150
Einscheibensicherheitsglas (ESG)	215
Emailliertes ESG	150

Tab.: Max. zulässige ΔT und erforderliche Qualitäten (Auswahl) für 4-seitig gelagerte Gläser – weitere Glasqualitäten mit entsprechenden max. ΔT sind in der NF DTU 39 definiert

Die in der Tabelle gezeigten maximal zulässigen Temperaturdifferenzen beziehen sich auf die theoretische Festigkeit der entsprechenden Glasarten bei optimaler Qualität der Glaskanten und präzise ausgeführter Bearbeitung ohne versteckte Fehler.



Die tatsächliche Bauteil-Festigkeit des betrachteten Glases ist oft jedoch geringer durch Fehler bei Handhabung, Verarbeitung, Transport oder Einbau. Vorschädigungen sind oft nicht sichtbar (\rightarrow 9.9.1.4).

Der Guardian Technische Service bietet einen umfassenden Service für die Ermittlung des Risikos für thermisch induzierten Bruch unter Verwendung von Kunden- und projektbezogenen Daten.

Verarbeiter und Glaser sind verantwortlich für Glasqualität und fachgerechten Einbau. In Grenzsituationen empfiehlt sich die Reduzierung der max. erlaubten Temperaturdifferenzen. Die entgeltliche Entscheidung über die einzubauende Glasart und -qualität obliegt dem Glasverarbeiter.

Guardian übernimmt keine Gewährleistung bezüglich thermischem Bruchrisiko.

9.9.2 Typische Bruchbilder

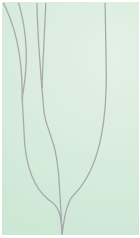

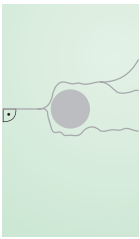



Art des Glasbruches	Darstellung
<p>Beispiel: Randbruch Floatglas Mechanische Punktlast</p> <ul style="list-style-type: none"> • kurzzeitig • schwache bis mittlere Intensität <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas</p> <p>Ursache: Steinchen zwischen Glasscheiben; Hammerschlag auf Glashalteleiste; andere Schlag- und Stoßeinwirkungen</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum möglich</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 





Art des Glasbruches	Darstellung
<p>Beispiel: Randbruch TVG Mechanische Punktlast</p> <ul style="list-style-type: none">• kurzzeitig• schwache bis mittlere Intensität <p>Tritt nur bei teilvorgespanntem Glas nach DIN EN 1863 auf</p> <p>Ursache: Steinchen zwischen Glasscheiben; Hammerschlag auf Glashalteleiste; andere Schlag- und Stoßwirkungen</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen; nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum oft vorhanden</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Klemmsprung Mechanische Punkt- oder Streckenlast</p> <ul style="list-style-type: none">• kurzzeitig dynamisch• lang anhaltend statisch <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas</p> <p>Ursache: Unterdimensionierte oder falsche Klötze bei sehr hohem Glasgewicht; falsches Handling des Klotzhebers; Längenänderung von Glas/Rahmen nicht berücksichtigt</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Ausgangspunkt im Randbereich sichtbar; Ausmuschelungen im Bruchzentrum möglich</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Torsionsbruch Mechanische Streckenlast</p> <ul style="list-style-type: none">• kurzzeitig• dynamisch <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas</p> <p>Ursache: Unterdimensionierte Glasdicke, hauptsächlich bei zweiseitiger Lagerung; verwundene und klemmende Flügelrahmen; Bewegungen im Baukörper mit Lastübertragung auf die Scheibe</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; in der Regel nicht eindeutig zuordenbar</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 

Art des Glasbruches	Darstellung
<p>Beispiel: Flächendruckbruch Mechanische Flächenlast • lang anhaltend • dynamisch / statisch</p> <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, sehr häufig bei Isolierglas</p> <p>Ursache: Zu hohe Belastung durch Temperatur, Luftdruck und/oder Höhenunterschiede zwischen Produktions- und Einbauort bei Isolierglas; unterdimensionierte vierseitig gelagerte Aquarienscheibe</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; kein Bruchzentrum erkennbar; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Ausmuschelung an der Glas-kante</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Hybridsprung Thermische / mechanische Lasten – sich überlagernd</p> <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas</p> <p>Ursache: Mehrfacheinwirkung durch Flächenlast (Sturmbö) an unterdimensionierter und bereits thermisch belasteter Scheibe</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Kantenausmuschelungen; kein Bruchzentrum erkennbar</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Thermischer Normalsprung • Thermische Streckenlast • schwache bis mittlere Intensität</p> <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, bei Drahtglas Abweichungen aufgrund des Drahtnetzes möglich</p> <p>Ursache: Innenseitige teilweise Abdeckung der Scheibe bei Sonneneinstrahlung; zu tiefer Falzeinstand; im Paket gelagerte Schall-, Wärme- und Sonnenschutzfunktionsgläser (insbesondere Isolierglas) ohne Abdeckung bei direkter Sonneneinstrahlung</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel rechtwinklig; Kantenausmuschelungen am Einlauf nicht vorhanden</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 



Art des Glasbruches	Darstellung
<p>Beispiel: Deltabruch Mechanische Flächenlast</p> <ul style="list-style-type: none">• lang anhaltend• statisch/dynamisch• zweiseitige Lagerung <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben, Ornamentglas und Drahtglas</p> <p>Ursache: Lang anhaltende, hohe Schneelast auf zwei- oder dreiseitig gelagerter Überkopfverglasung</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; keine Ausmuschelungen an der Glaskante; Bruchzentrum an nicht gelagerter Kante</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Thermischer Streckensprung</p> <ul style="list-style-type: none">• Thermische Streckenlast• schwache bis starke Intensität <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas, bei Drahtglas Abweichungen aufgrund des Drahtnetzes möglich</p> <p>Ursache: Teilabdeckung mittels Innendekoration direkt an der Glasscheibe; dunkle Flächen (Aufkleber, Reklame) auf der Glasscheibe; großes Pflanzenblatt o. ä. innenseitig direkt auf der Glasscheibe</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel rechtwinklig; Durchlaufwinkel rechtwinklig; Kantenausmuschelungen am Einlauf nicht vorhanden</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 
<p>Beispiel: Kantenstoßbruch Mechanische Punktlast</p> <ul style="list-style-type: none">• kurzzeitig• schwache bis starke Intensität <p>Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas</p> <p>Ursache: Abstellen auf Stein oder Metallstück; Kantenschlag durch Metallteil; falsches Handling der Spannleisten von Transportgestellen</p> <p>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</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 

Art des Glasbruches	Darstellung
<p>Beispiel: Kantendruckbruch Mechanische Punktlast • kurzzeitig oder lang angreifend • schwache bis mittlere Intensität</p> <p>Ursache: Tritt auf bei Floatglas, Verbund-Sicherheitsglas, Verbundglas, Gießharzscheiben und Ornamentglas Unterdimensionierte Klötze bei hohem Glasgewicht; zu hoher Anpressdruck durch Verschraubung; zu hoher Anpressdruck durch Vernagelung bei Holzleiste ohne Vorlegeband</p> <p>Charakteristik: Einlaufwinkel alle Richtungen, nicht rechtwinklig; Durchlaufwinkel nicht rechtwinklig; Kantenausmüschelungen nicht oder selten sehr gering vorhanden; Ausgangspunkt an der Kante sichtbar.</p>	<p>Scheibenansicht</p>  <p>Bruchquerschnitt</p> 





9.10 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 Verordnung (EU) Nr. 305/2011, auch EU-Bauprodukteverordnung (EU-BauPVO), des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten entsprechen. Diese Regulierung 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. Mit der CE-Kennzeichnung stellt der Hersteller sicher, dass sein Produkt mit den zugrunde liegenden europäischen Produktnormen übereinstimmt.

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

- Level 1:
Erstprüfung (Type test) durch Notified Body Institut mit interner Produktionskontrolle und Fremdüberwachung.
- Level 3:
Herstellereklärung (Declaration of Performance – DoP) nach Erstprüfung (Type test) durch Notified Body Institut mit interner Produktionskontrolle.

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

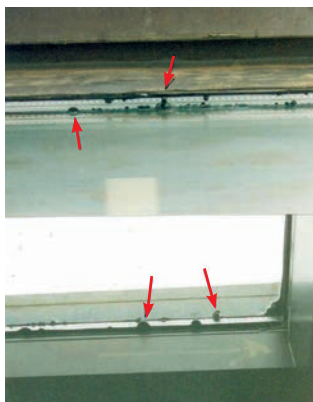
Mit der Einführung dieser Normen wurden die nationalen Vorschriften abgelöst. Diese EN-Normen haben gemeinsame Merkmale wie:

- Qualitätsmanagement-System.
- Definition von Qualitätsprüfungen.
- Definition von Qualitätsprüfungen.

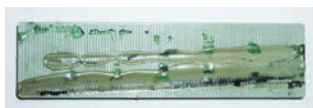
9.11 Materialverträglichkeiten

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 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.

9.11.1 Dichtstoffverträglichkeit beschichteter Gläser

9.11.1.1 Standard Isolierglasanwendungen

Eine Randentschichtung ist notwendig, um sicherzustellen, dass Chemikalien bestimmter Dichtstoffe nicht die empfindlichen Funktionsschichten von Glasbeschichtungen beeinträchtigen. Umfangreiche Tests haben gezeigt, dass für einige Schichttypen keine Randentschichtung notwendig ist. Die Kombination Beschichtung-Dichtstoff kann zu einer Farbänderung in der Außenansicht führen.



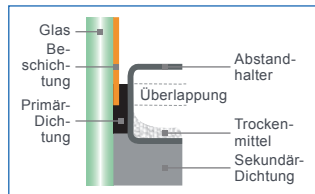
Die unterschiedlichen Dichtstofftypen verwenden verschiedene Aushärtemechanismen, wobei einige Chemikalien die Beschichtungen beeinträchtigen können. Aus diesem Grund dürfen nur getestete und freigegebene Dichtstoffe in Kombination mit beschichteten Gläsern eingesetzt werden.

Die Verwendung nicht getesteter bzw. freigegebener Dichtstoffe erfordert eine entsprechende Randentschichtung in jedem Fall!

Wichtiger Hinweis:

- Guardian SunGuard® SuperNeutral (SN), SuperNeutral HT (SN-HT), eXtra Selective (SNX) und eXtra Selective HT (SNX-HT): Randentschichtung generell erforderlich.
- SunGuard® Solar und SunGuard® HD (High Durable) Gläser: generell keine Randentschichtung notwendig.
- SunGuard® HP (High Performance): keine Randentschichtung erforderlich bei Verwendung getesteter und freigegebener Dichtstoffe (eine Liste verträglicher Dichtstoffe ist beim Guardian Technischen Service abrufbar).

Die Randentschichtung sollte nur mit speziell für diesen Zweck entwickelter Ausrüstung erfolgen. Weitere Informationen erhalten Sie von Guardian oder den entsprechenden Glasmaschinenherstellern. Eine Überlappung von Dichtstoff und Beschichtung (speziell Primär-Butyl-Dichtung) sollte möglichst gering sein, um das Risiko der Übertragung von Scheerspannungen in empfindliche Beschichtungen unter extremen Bedingungen zu minimieren (Abbildung). Der abgeschliffene Bereich sollte generell nicht breiter als 10 mm sein, da er sich sonst im sichtbaren Bereich des Isolierglases befinden kann. Ist aus einem bestimmten Grund die Tiefe der Versiegelung größer, ist die Breite der Abschleifung entsprechend anzupassen. Ob die Beschichtung ausreichend entfernt wurde, kann mit einem Schicht-Prüfer kontrolliert werden.



Die Überlappung von Dichtstoff und Beschichtung (speziell Primär-Butyl-Dichtung) sollte möglichst gering sein, um das Risiko der Übertragung von Scheerspannungen in empfindliche Beschichtungen unter extremen Bedingungen zu minimieren (Abbildung). Der abgeschliffene Bereich sollte generell nicht breiter als 10 mm sein, da er sich sonst im sichtbaren Bereich des Isolierglases befinden kann. Ist aus einem bestimmten Grund die Tiefe der Versiegelung größer, ist die Breite der Abschleifung entsprechend anzupassen. Ob die Beschichtung ausreichend entfernt wurde, kann mit einem Schicht-Prüfer kontrolliert werden.

Wichtiger Hinweis:

Ist der abgeschliffene Bereich von außen sichtbar, ergibt sich oft eine Farbdifferenz zum nicht abgeschliffenen Bereich. Kontaktieren Sie bei strukturellen Verklebungen den Hersteller der speziellen Silikon-Dichtstoffe für detaillierte Informationen. Guardian empfiehlt in jedem Fall ein statisches Mock up. Bei speziellen Anwendungen wie z. B. Stufen-Isoliergläser mit der Umgebung ausgesetzter Beschichtung (Dächer, Ecken, etc.) kontaktieren Sie bitte Guardian.

9.11.1.2 Guardian SunGuard Beschichtungen in Structural-Glazing-Anwendungen

Sollen Beschichtungen direkt in Kontakt mit strukturell fungierenden Silikon (direkt geklebt oder als Dichtstoff) sein, ist eine Eignungsprüfung aller beteiligten Komponenten nach der Norm ETAG 002-1 durchzuführen.

Multifunktions-Beschichtungen, welche nicht für monolithische Anwendungen freigegeben sind (wie SunGuard HP, SunGuard SN und SunGuard SNX) oder Wärmedämmbeschichtungen (wie ClimaGuard) sind nicht für Structural Glazing geeignet.

Das gilt auch für konventionelle Isoliergläser, wenn die äußere Scheibe nicht durch Profile oder andere mechanisch stützende Maßnahmen gehalten wird.

Diese Fälle erfordern eine entsprechende Randentschichtung.

Üblicherweise müssen strukturelle Verglasungen geprüft und zugelassen werden. Ist eine europäische Zertifizierung nach ETAG 002-1 erforderlich, kontaktieren Sie bitte Guardian für Informationen bezüglich geeigneter Glastypeen und getesteter Dichtstoff-Beschichtungs-Kombinationen, welche diese Anforderungen erfüllen (→ Kapitel 8.1.2.2).

Für weitergehende Informationen konsultieren Sie bitte unsere Anwendungshinweise bezüglich Dichtstoffverträglichkeit/Structural Glazing – verfügbar auf Anfrage – oder kontaktieren Sie Guardian.

9.11.2 Keramische Bedruckung beschichteter Gläser

Keramische Farben wurden für den Druck und Einbrand auf normalem Alkali-Erdalkali-Floatglas entwickelt. Während des thermischen Vorspannprozesses verschmilzt die Emaille fest und irreversibel mit der Glasoberfläche unter Bildung einer farbigen keramischen Schicht.

Verschiedene SunGuard®-Beschichtungen, aber auch Guardian Clarity entspiegeltes Glas, können mit keramischen Farben bedruckt werden (kontaktieren Sie Guardian für Informationen zu den für keramische Bedruckung geeigneten SunGuard® Gläsern).

Während des Einbrennens können keramische Farben mit der Glasbeschichtung reagieren, was zu einer Wolkenbildung, Eintrübung oder im schlimmsten Fall zur völligen Zerstörung der Schicht führen kann. Deshalb ist es unbedingt notwendig, die Verträglichkeit der jeweiligen Farbe und der Beschichtung unter Produktionsbedingungen zu testen. Es empfehlen sich immer Vorversuche mit den ausgewählten Farb-Glas-Kombinationen unter Verwendung der zur Verfügung stehenden Produktionsanlage, den beabsichtigten Glasgeometrien und der zu bedruckenden Fläche. Ungeeignete Temperbedingungen können zu schlechten Resultaten (Einbrand, Farbe, Homogenität, Beständigkeit, Dichtheit) führen.



Spezielle Verträglichkeits- und Eignungstests sind durchzuführen. Jede Bedruckung einer beschichteten Oberfläche kann zu Farbverschiebungen nach dem Einbrennen führen. Geeignete Bemusterungen sollten durchgeführt werden. Der Verarbeiter trägt die Verantwortung für das Endprodukt und hat dessen Qualität zu kontrollieren.

SunGuard®-Beschichtungen können für verschiedene Anwendungen bedruckt werden:

- Dekorativer Druck:
 - Z. B. Linien oder Punktraster, die mittels Siebdruck auf die Beschichtung aufgebracht werden.
 - Muß in Isolierglas eingesetzt werden - außer SunGuard® High Durable (HD).

→ weitere Informationen in Kapitel 8.2.4

- Brüstungselemente (vollflächiger Druck):
 - Nur für ausgewählte SunGuard® Solar und HD Beschichtungen geeignet.
 - Kann auch als Mono-Verglasung ausgeführt werden.
 - Die keramische Beschichtung muss die SunGuard®-Schicht wirkungsvoll gegen äußere Einflüsse jeglicher Art schützen.

→ weitere Informationen in Kapitel 8.2.2

- Randemaillierung:
 - Abdeckung von Konstruktionselementen im Randbereich.
 - Schutz von Dichtstoffmaterial gegen UV-Strahlung.
 - In Kombination mit SunGuard® High Performance (HP) liegt keine generelle Freigabe vor. Bitte kontaktieren Sie Guardian!!
 - Eine Randemaillierung bei SunGuard® HP mit einer Breite größer als 5 cm kann durch unterschiedlich schnelle Aufheizung zu Verwerfungen im Ofen führen.
 - Monolithische Stufen mit bedrucktem SunGuard HP sind ohne zusätzliche Versiegelung durch geeignete Dichtstoffe nicht zulässig.
 - Eine andere Möglichkeit der Randemaillierung bietet das "Guardian System TEA". Detaillierte Informationen bezüglich kompatibler Beschichtungen und Herstellungsmethoden erhalten Sie von unserem Guardian Technischen Service.

→ siehe auch Kapitel 8.2.3

9.11.2.1 Anforderungen an die Emaillierung von SunGuard® für monolithische Brüstungsanwendungen

Auf Grund von Erfahrungen aus umfangreichen Tests und der Verwendung einschlägiger Richtlinien der Emaille-Hersteller gibt Guardian folgende Empfehlungen:

- Alle verwendeten Farben dürfen keine der folgenden Bestandteile enthalten: Blei, Cadmium, Graphit, Lithium, Karbonat.

- Die Nassschichtdicke nach dem Auftragen der Farbe bei korrekt eingestellter Verarbeitungsviskosität sollte mindestens betragen:
 - 70 µm bei Siebbedruckung (z. B. mit einem Sieb PET 1500/32 100).
 - 90 µm bei Rollenbeschichtung („Roll-Coater“).
- Die ausreichend langsame und vollständige Trocknung der Emaille vor dem Einbrand ist wichtig.
- Die resultierende Schichtdicke nach dem Einbrand sollte 30 µm nicht unterschreiten.
- Die keramische Farbe muss blasenfrei unter normalen Vorspannbedingungen aufschmelzen, um eine porenarme und materialschlüssige Abdeckung zu gewährleisten.
- Mindestanforderungen an die Prüfung der Qualität des Endproduktes:
 - Alle vom Farb-Hersteller empfohlenen Prüfmethoden.
 - Kratzempfindlichkeit und Haftung (Test mit Erichsen-Stift).
 - Porosität und Haftung (Isopropanol-Test).
 - Aufschmelzverhalten und Oberflächenrauigkeit (Glanztest mit Glossmeter).
 - Materialdichtheit.
 - Ermittlung von Fehlstellen im Durchlicht – Halogenlampen-Test: Installation einer Halogenlampe (min. 100 W) im Abstand von max. 50 cm hinter der nicht-emaillierten Seite. Bewertung der Scheibe im Durchlicht bezüglich Anzahl, Größe und Verteilung der Lichtpunkte (Auswahl des schlechtesten Bereiches, nicht mehr als 30 Lichtpunkte je dm², einzelne Punkte nicht größer als 0,2 mm). Dabei sollte der Abstand des Betrachters zum Glas 50 cm nicht übersteigen.
- Es sind in jedem Fall die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller keramischer Farben zu beachten.

9.11.2.2 Keramische Bedruckung mit Emaille vom Typ Ferro System 140

Ferro und Guardian haben alle Farben aus der „System 140“-Serie unter Verwendung der empfohlenen Lösungsmittel „Medium 80 1022 oder 80 1026“ auf Guardian SunGuard-Beschichtungen getestet. Detaillierte Informationen erhalten Sie von unserem Guardian Technischen Service:

- SunGuard® HP.
- SunGuard® Solar.
- SunGuard® HD (außer SunGuard HD Royal Blue 20).



Die Farben der Reihe „Ferro System 140“ bestehen teilweise aus unterschiedlichen chemischen Komponenten. Bezüglich der oben genannten Glastypen und Anwendungen empfiehlt Guardian die folgenden Typen:

- Brüstungsgläser:
 - 140 12 4061 (Farbe ähnlich zu RAL 5007 Brilliantblau).
 - 140 12 4060 (Farbe ähnlich zu RAL 5014 Taubenblau).
 - 140 11 4060 (Farbe ähnlich zu RAL 6000 Patinagrün).
 - 140 15 4001 (Farbe ähnlich zu RAL 7031 Blaugrau).
 - Spezielle Farbmischungen von Ceramic Colors Wolbring für farblich angepasste Lösungen basierend auf bedrucktem klarem Floatglas (Wolbring Farbnummern verfügbar von Guardian oder in → Kapitel 10.3, Tabelle 17).
 - 140 14 4001 (Farbe ähnlich zu RAL 9005 Tiefschwarz) für Druck an #4 in Isolierglas-Brüstungen*.
- Randemaillierung:
 - 140 14 4001 (Farbe ähnlich zu RAL 9005 Tiefschwarz).
 - 140 14 4011 (Farbe ähnlich zu RAL 9005 Tiefschwarz – mehr Pigmente).

* 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 (max. 10 mm) nicht überschreiten, um Klimalasten zu minimieren

Prinzipiell muss sichergestellt werden, dass Brüstungsscheiben während der Installation bzw. im eingebauten Zustand keinen aggressiven Medien ausgesetzt sind.

Empfehlungen für Brüstungsgläser passend zu SunGuard Architekturgläsern finden Sie in → Kapitel 10.3, Tabelle 17.

9.11.2.3 SunGuard® HD in Kombination mit keramischer Bedruckung an Oberfläche #1

Spezielle Anwendungen, wie zum Beispiel eine Bedruckung der Außenseite einer Verglasung (#1), können eine Wärmebehandlung des Glases erforderlich machen, bei der die Beschichtung den Transportrollen zugewandt ist. Bei dieser Verfahrensweise ist es wichtig zu prüfen, ob die verwendeten Maschinen und Anlagen geeignet sind. Speziell die Keramikrollen des Vorspannofens müssen extrem sauber und plan sein und das Glas darf nicht über stationäre Maschinenteile schleifen.

Entsprechende Verarbeitungstests und eine anschließende Bemusterung mit den beabsichtigten Scheibenabmessungen sind durchzuführen, um die Qualität des verarbeiteten Produktes zu inspizieren und zu bewerten. Guardian übernimmt in keinem Fall die Verantwortung für Beeinträchtigungen der beschichteten Oberfläche – nicht nur resultierend aus dieser Art der Behandlung.

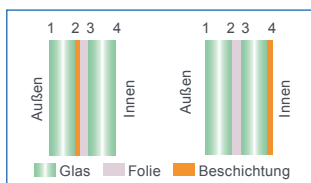
Bei ordnungsgemäß durchgeführter Wärmehandlung bleiben die optischen und energetischen Glaseigenschaften erhalten.

Für spezielle Anwendungen konsultieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

9.11.3 Architektur-Beschichtungen in Verbundgläsern

SunGuard® Gläser können zu Verbundglas für Sicherheits- und Schallschutzanwendungen weiterverarbeitet werden. Um optimale Ergebnisse bezüglich Ästhetik und Eigenschaften zu erzielen, sollten einige Hinweise befolgt werden. Im Glas-Verbund kann sich die Beschichtung an Oberfläche #2 (zur Folie) oder an Oberfläche #4 (zum Scheibenzwischenraum) befinden.

Soll das Glas mit der Beschichtung nach außen laminiert werden, ist darauf zu achten, daß bei mechanischem Kontakt zwischen Beschichtung und Anlagenteilen die Beschichtung nicht beeinträchtigt wird. Dies gilt speziell bei der Verwendung von Anpreßrollen beim Vorverbund-Prozeß. Die beschichtete Oberfläche sollte nach jedem Verarbeitungsschritt einer Qualitätskontrolle (geeignete Lichtbedingungen beachten!) unterzogen werden. Bezüglich der Handhabung (z. B. Lagerung, Schneiden, Kantenbearbeitung oder Waschen) lesen Sie bitte die allgemeinen Verarbeitungsrichtlinien für beschichtete Gläser oder kontaktieren Sie Guardian.



Wird das Glas mit der Beschichtung zur PVB-Zwischenfolie laminiert, kann SunGuard® die Ästhetik und Leistungsfähigkeit von Verbundgläsern verbessern. Es ist jedoch zu beachten, daß die besonderen Wärmedämmeigenschaften (U-Wert) z. B. von SunGuard® HP oder SunGuard® SN verloren gehen, wird die Beschichtung an Oberfläche #2 (zur Folie) verwendet. Guardian kann Ihnen helfen, die Wärmedämmeigenschaften in Abhängigkeit der konkreten Anwendung zu ermitteln. Farbdifferenzen können auftreten, wenn innerhalb eines Objektes Beschichtungen an Oberfläche #2 und #4 laminiert kombiniert werden oder laminiert und nichtlaminiert gemeinsam verwendet werden. Für diesen Fall empfiehlt Guardian eine Bemusterung.

Bitte kontaktieren Sie Guardian für Informationen, welche Beschichtungen zu bestimmten Verbundglas-Zwischenfolien kompatibel sind.

Einflüsse, welche Verbundglas ohne Beschichtung beeinträchtigen, haben ebenfalls einen negativen Effekt auf laminierte beschichtete Gläser.

Ohne Verträglichkeitstests sollte der direkte Kontakt zwischen PVB-Folie und Versiegelungsmaterial vermieden werden.



Der Rand des Verbundsicherheitsglases darf keiner Feuchtigkeit ausgesetzt sein, um Delamination oder Korrosion (speziell bei SunGuard® HP) zu vermeiden. Die Verglasung muß entsprechend ausgeführt sein. Der Verarbeiter ist für die Ausführung verantwortlich. Im Zweifelsfall empfiehlt Guardian eine geeignete Randentschichtung. Guardian gibt für Beschichtungen der Familien SunGuard SN und SNX keine generelle Freigabe zur Innenlamination.

Bei innenlamierten Beschichtungen (#2 zur Folie) ist folgendes zu beachten:

- Farbverschiebung, verglichen mit nichtlamiertem oder außenlamiertem Glas des gleichen Typs.
- Verlust der Wärmedämm-Eigenschaften.
- Sicherheitseigenschaften des Verbundglases können abweichen.
- Zur Folie laminierte Beschichtungen entsprechen allgemein der EN 12 543-3 (Verbundglas). Nur ausgewählte beschichtete Gläser entsprechen der EN 12 543-2 (Verbundsicherheitsglas). Bitte kontaktieren Sie Guardian für weitere Informationen.
- Bei selektiven Kombi-Beschichtungen (z. B. SunGuard® HP oder SunGuard® SN) sollte immer nur eine Produktionscharge der beschichteten Basisgläser verwendet werden, da bei der Innenlamination engere als die üblichen Farbtoleranzen angesetzt werden müssen (bitte kontaktieren Sie Guardian bezüglich Ihres konkreten Projektes oder für weiterführende Informationen).
- Zum Thema Beständigkeit von laminierten Gläsern beziehen Sie sich bitte auf die EN 12 543-4.
- Bei vorgespannten Gläsern mit Lochbohrung ist beim Laminationsprozeß auf eine sorgfältige Ausrichtung der Bohrungen zu achten, um Spannungsspitzen bei Punkthaltern zu minimieren.

Beim Einsatz von Gießharzen, SentryGlas® oder EVA-Folie liegt keine generelle Freigabe vor. Hier ist es unbedingt erforderlich, Verträglichkeitstests durchzuführen, wenn sich die Beschichtung an Oberfläche #2 befinden soll. Der hohe Schubmodul von Folien mit strukturellen Eigenschaften darf nicht ohne ausdrückliche Zulassungen für statische Berechnungen herangezogen werden.

Bitte beachten Sie die Produktanwendungsinformation "SunGuard in Verbundglas-anwendungen" und fragen Sie bei Guardian nach der neuesten Version.

9.12 Reinigung von Glas

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Arbeitskreis 'Sicherheitsglas' im Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 012/2012)

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.12.1 Einführung

Glas verträgt viel – aber nicht alles!

Glas als Teil der Fassade unterliegt der natürlichen und baubedingten Verschmutzung. Normale Verschmutzungen, in angemessenen Intervallen fachgerecht gereinigt, stellen für Glas kein Problem dar. In Abhängigkeit von Zeit, Standort, Klima und Bausituation kann es aber zu einer deutlichen chemischen und physikalischen Anlagerung von Verschmutzungen an die Glasoberfläche kommen, bei denen die fachgerechte Reinigung besonders wichtig ist.

Dieses Merkblatt soll Hinweise geben zur Verhinderung und Minimierung von Verschmutzungen während der Lebensdauer und zur fachgerechten und zeitnahen Reinigung von verschiedenen Glasoberflächen.

9.12.2 Reinigungsarten

9.12.2.1 Während des Baufortschritts

Grundsätzlich ist jede aggressive Verschmutzung im Laufe des Baufortschritts zu vermeiden. Sollte dies dennoch vorkommen, so müssen die Verschmutzungen sofort nach dem Entstehen vom Verursacher mit nicht-aggressiven Mitteln rückstandsfrei abgewaschen werden.

Insbesondere Beton- oder Zementschlämme, Putze und Mörtel sind hochalkalisch und führen zu einer Verätzung und somit zu einer Beschädigung des Glases (Blindwerden), falls sie nicht sofort mit reichlich Wasser abgespült werden. Staubige und körnige Anlagerungen müssen fachgerecht, jedoch keinesfalls trocken entfernt werden. Der Auftraggeber ist auf Grund seiner Mitwirkungs- und Schutzpflichten verantwortlich, das Zusammenwirken der verschiedenen Gewerke zu regeln, insbesondere nachfolgende Gewerke über die notwendigen Schutzmaßnahmen in Kenntnis zu setzen.

Eine Minimierung von Verschmutzungen kann durch einen optimierten Bauablauf und durch separat beauftragte Schutzmaßnahmen, wie z. B. das Anbringen von Schutzfolien vor die Fenster bzw. Fassadenflächen erreicht werden. Die so genannte Erstreinigung hat die Aufgabe, die Bauteile nach der Fertigstellung des Bauwerks zu reinigen. Sie kann nicht dazu dienen, alle während der gesamten Zeit des Baufortschritts angefallenen Verschmutzungen zu beseitigen.

9.12.2.2 Während der Nutzung

Um die Eigenschaften der Gläser über den gesamten Nutzungszeitraum zu erhalten, ist eine fachgerechte, auf die jeweilige Verglasung abgestimmte Reinigung in geeigneten Intervallen Voraussetzung.



9.12.3 Reinigungsvorschriften für Glas



9.12.3.1 Allgemeines

Die folgenden Hinweise zur Reinigung treffen für alle am Bau verwandten Glaserzeugnisse zu. Bei der Reinigung von Glas ist immer mit viel sauberem Wasser zu arbeiten, um einen Scheuereffekt durch Schmutzpartikel zu vermeiden. Als Handwerkszeuge sind zum Beispiel weiche, saubere Schwämme, Leder, Lappen oder Gummiabstreifer geeignet. Eine pflegliche Behandlung der Glasreinigungswerkzeuge ist eine weitere Voraussetzung, um Glasschäden zu vermeiden. Für Glas, Dichtungen und Rahmen sind separate Reinigungswerkzeuge zu verwenden. Unterstützt werden kann die Reinigungswirkung durch den Einsatz weitgehend ph-neutraler Reinigungsmittel oder handelsüblicher Haushalts-Glasreiniger. Handelt es sich bei den Verschmutzungen um Fett oder Dichtstoffrückstände, so kann für die Reinigung auf handelsübliche Lösungsmittel wie Spiritus oder Isopropanol zurückgegriffen werden. Von allen chemischen Reinigungsmitteln dürfen alkalische Laugen, Säuren und fluoridhaltige Mittel generell nicht angewendet werden.

Der Einsatz von spitzen, scharfen metallischen Gegenständen, z. B. Klingen oder Messern, kann Oberflächenschäden (Kratzer) verursachen. Ein Reinigungsmittel darf die Oberfläche nicht erkennbar angreifen. Das so genannte „Abklingen“ mit dem Glashobel zur Reinigung ganzer Glasflächen ist nicht zulässig. Werden während der Reinigungsarbeiten durch die Reinigung verursachte Schädigungen der Glasprodukte oder Glasoberflächen bemerkt, so sind die Reinigungsarbeiten unverzüglich zu unterbrechen und die zur Vermeidung weiterer Schädigungen notwendigen Informationen einzuholen.

9.12.3.2 Besonders veredelte und außenbeschichtete Gläser

Die nachfolgend genannten besonders veredelten und außenbeschichteten Gläser sind hochwertige Produkte. Sie erfordern eine besondere Vorsicht und Sorgfalt bei der Reinigung. Schäden können hier stärker sichtbar sein oder die Funktion stören. Gegebenenfalls sind vor allem bei außenbeschichteten Produkten auch gesonderte Empfehlungen der einzelnen Hersteller zur Reinigung zu beachten. Die Reinigung der Glasoberfläche mit dem „Glashobel“ ist nicht zulässig.

- Als Außenbeschichtungen (Position 1 = Wetterseite) werden einige Sonnenschutzgläser ausgeführt. Diese sind oftmals erkennbar an einer sehr hohen Reflexion auch im sichtbaren Bereich. Sonnenschutzgläser sind vielfach auch zugleich thermisch vorgespannt, vor allem bei Fassadenplatten oder Sonnenschürzen.
- Auf der Außen- oder Innenseite von Verglasungen können ferner reflexionsmindernde Schichten (Anti-Reflexschichten) angebracht sein, die naturgemäß schwierig erkennbar sind.
- Einen Spezialfall stellen außen- oder innenliegende Wärmedämmschichten dar. Bei besonderen Fensterkonstruktionen (Kasten- oder Verbundfenster) können diese Schichten ausnahmsweise nicht zum Scheibenzwischenraum des Isolierglases zeigen. Mechanische Beschädigungen dieser Schichten äußern sich meist streifenförmig als aufliegender Abrieb, auf Grund der ein wenig raueren Oberfläche der oft pyrolithischen Beschichtungen. Neuere Varianten, hergestellt mit dem Sputter-Verfahren (z. B. KlimaGuard Dry), haben dagegen eine extrem glatte Oberfläche.
- Schmutzabweisende/selbstreinigende Oberflächen sind optisch kaum erkennbar. Nutzungsbedingt sind diese Schichten meist auf der der Witterung zugewandten Seite der Verglasung angeordnet. Mechanische Beschädigungen (Kratzer) bei selbstreinigenden Schichten stellen nicht nur eine visuell erkennbare Schädigung des Glases dar, sondern können auch zu einem Funktionsverlust an der geschädigten Stelle führen. Silikon- oder Fettablagerungen auf diesen Oberflächen sind ebenfalls zu vermeiden. Deshalb müssen insbesondere Gummiabstreifer silikon-, fett- und fremdkörperfrei sein.
- Einscheibensicherheitsglas (ESG) wie auch teilvorgespanntes Glas (TVG) ist nach gesetzlichen Vorschriften dauerhaft gekennzeichnet und kann mit den zuvor genannten Beschichtungen kombiniert sein. Die Oberfläche von ESG ist durch den thermischen Vorspannprozess im Vergleich zu normalem Floatglas verändert. Dabei führt die eingebrachte Oberflächenspannung unter Umständen dazu, dass Beschädigungen stärker sichtbar werden als in nicht vorgespannten Gläsern (z. T. auch zeitverzögert).



9.12.3.3 Weitere Hinweise

Die Anwendung tragbarer Poliermaschinen zur Beseitigung von Oberflächenschäden kann zu einem nennenswerten Abtrag der Glasmasse führen. Optische Verzerrungen, die als „Linseneffekt“ erkennbar sind, können hierdurch hervorgerufen werden und führen zu einer Reduzierung der Festigkeit. Der Einsatz von Poliermaschinen ist insbesondere bei den genannten veredelten und außenbeschichteten Gläsern nicht zulässig.

Übrigens:

Glasoberflächen können ungleichmäßig benetzbar sein, was z. B. auf Abdrücke von Aufklebern, Rollen, Fingern, Dichtstoffresten, aber auch Umwelteinflüsse zurückzuführen ist. Dieses Phänomen zeigt sich nur, wenn die Scheibe feucht ist, also auch beim Reinigen der Scheiben.



9.13 Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas

Schwerpunkt: Transport, Lagerung und Einbau

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 002 / 2008).

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.13.1 Einleitung

Ein Mehrscheiben-Isolierglas besteht aus mindestens zwei Glasscheiben, die über einen Randverbund miteinander verbunden sind, der den eingeschlossenen Scheibenzwischenraum gegen das Umfeld hermetisch abschließt.

Mehrscheiben-Isolierglas ist eine voll konfektionierte Komponente zur Verwendung im Bauwesen, mit durchgehend linienförmiger, mindestens zweiseitiger Lagerung.

Der Hersteller des Fensters oder der Fassade ist grundsätzlich für die Funktionsfähigkeit seines Produktes bei bestimmungsgemäßem Gebrauch verantwortlich.

Diese Richtlinie setzt voraus, dass der Transport, die Lagerung und der Einbau nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.

9.13.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für:

- Transport.
- Lagerung.
- Einbau.

zur Verwendung von Mehrscheiben-Isolierglas nach EN 1279.

Diese Richtlinie beschreibt die notwendigen Maßnahmen, um die Dichtigkeit bzw. Funktionsfähigkeit des Randverbundes dauerhaft zu erhalten. Bauphysikalische Funktionen, mechanische Eigenschaften, Einbauten im Scheibenzwischenraum, optische Merkmale sowie Glasbruch sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Diese Richtlinie ist rechtsverbindlich, wenn der Mehrscheiben-Isolierglas-Hersteller oder Vertragspartner in den AGBs auf sie Bezug nimmt oder sie für den Einzelfall vereinbart. Sie ersetzt nicht Normen, eingeführte technische Regeln oder gesetzliche Bestimmungen zum Einsatz von Mehrscheiben-Isolierglas. Einige wesentliche Fachinformationen sind am Ende dieser Richtlinie aufgelistet.

9.13.3 Grundsätzliche Forderungen

Der Randverbund darf nicht beschädigt werden. Sein Schutz ist unbedingte Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Funktion. Sämtliche schädigenden Einflüsse sind zu vermeiden. Dies gilt ab dem Tag der Lieferung für Lagerung, Transport und Einbau.

Schädigende Einflüsse können unter anderem sein:

- Andauernde Wasserbildung auf dem Randverbund.
- UV-Strahlung.
- Außerplanmäßige mechanische Spannungen.
- Unverträgliche Materialien.
- Extreme Temperaturen.

Unabhängig von Norm-Anforderungen an den Glaseinstand muss verhindert werden, dass im eingebauten Zustand natürliches Tageslicht auf die Bereiche 'a' oder 'b' einwirken kann. Gegebenenfalls ist das Mehrscheiben-Isolierglas mit einem 'UV-beständigen Randverbund' zu bestellen bzw. der Randverbund vor UV-Strahlung zu schützen.

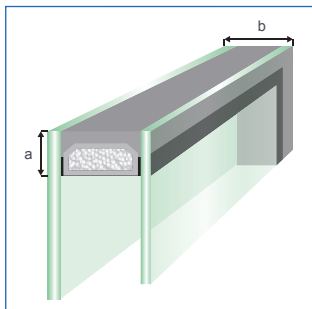


Abb. 1: Der Bereich 'a' (seitliche Glasrandabdeckung zur Wetterseite) ist die Höhe, die vom Glasrand bis an den Durchsichtbereich des Isolierglases verläuft.



9.13.4 Transport, Lagerung und Handhabung

Üblich ist der Transport auf Gestellen oder mit Kisten.

9.13.4.1 Transport auf Gestellen

Die Glasscheiben sind auf den Gestellen für den Transport zu sichern. Dabei darf durch die Sicherungseinrichtung kein unzulässiger Druck auf die Glasscheiben einwirken.

9.13.4.2 Transport mit Kisten

Für Kisten als Leichtverpackungen, die nicht für die Einwirkung von statischen oder dynamischen Lasten ausgelegt sind, ist im Einzelfall sorgfältig zu prüfen, wie die Handhabung der Kisten erfolgen kann oder z. B. Transportseile verwendet werden können.

Die Lagerung oder das Abstellen darf nur in vertikaler Lage auf geeigneten Gestellen oder Einrichtungen erfolgen. Wenn mehrere Scheiben gestapelt werden, sind Zwischenlagen (z. B. Zwischenpapier, Zwischenpuffer, Stapelscheiben) notwendig. Generell ist Mehrscheiben-Isolierglas am Bau vor schädigenden chemischen oder physikalischen Einwirkungen zu schützen. Mehrscheiben-Isoliergläser sind im Freien vor länger anhaltender Feuchtigkeit oder Sonneneinstrahlung durch eine geeignete, vollständige Abdeckung zu schützen.

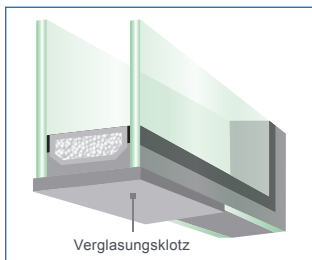
9.13.5 Einbau

Jedes gelieferte Glaselement ist vor dem Einbau auf Beschädigung zu überprüfen. Beschädigte Elemente dürfen nicht verarbeitet werden. Mehrscheiben-Isoliergläser sind im Regelfall ausfachende Elemente, d.h. ohne tragende Funktion. Ihr Eigengewicht und die auf sie einwirkenden äußeren Lasten müssen an den Rahmen oder die Glashaltekonstruktion weitergegeben werden. Abweichende Verglasungssysteme, wie z. B. punktförmig gehaltene oder geklebte Systeme, werden von dieser Richtlinie nicht erfasst. An sie werden ggf. weitergehende Anforderungen bezüglich der Randverbund-Konstruktion gestellt.

9.13.6 Klotzung

Der Verglasungsklotz ist die Schnittstelle zwischen Glas und Rahmen. Die Klotzungstechnik wird in der Technischen Richtlinie Nr. 3 des Institutes des Glashandwerks, Hadamar dargelegt. Die Klotzung soll einen freien Glas-Falzraum zur Aufrechterhaltung des Dampfdruckausgleiches (Langzeitkondensation), der Belüftung und ggf. der Entwässerung gewährleisten. Generell sind beim Einbau von Mehrscheiben-Isoliergläsern geeignete Verglasungsklotze bzw. Klotzbrücken zu verwenden. Es müssen alle Scheiben eines Mehrscheiben-Isolierglases nach den anerkannten Regeln der Technik [Technische Richtlinie Nr. 3 des Instituts des Glaserhandwerks] geklotzt werden. Die Anordnung, Materialien, Größe und Form werden in Richtlinien oder durch Aussagen der Klotzhersteller festgelegt.

Klötze können aus geeignetem Holz, geeignetem Kunststoff oder anderen geeigneten Materialien hergestellt sein, müssen eine ausreichende, dauerhafte Druckfestigkeit besitzen und dürfen an den Glaskanten keine Abspalterungen verursachen. Klötze dürfen ihre Eigenschaften und die des Mehrscheiben-Isolierglases im Nutzungszeitraum nicht funktionsmindernd durch die verwendeten Dicht- und Klebstoffe sowie durch Feuchtigkeit, extreme Temperaturen oder sonstige Einflüsse, verändern.



9.13.7 Mechanische Beanspruchungen

Im eingebauten Zustand wirken auf das Mehrscheiben-Isolierglas dynamische und Dauerlasten aus Wind, Schnee, Menschengedränge etc. ein. Diese Lasten werden in die Auflagerprofile (Rahmen) eingeleitet, wodurch eine Durchbiegung der Auflagerprofile und des Glasrandes erfolgt. Diese Durchbiegung führt zu Scherkräften im Randverbund des Mehrscheiben-Isolierglases. Damit die dauerhafte Dichtheit des Randverbundes nicht gefährdet ist, sind folgende Begrenzungen zu beachten:

Die Durchbiegung des Mehrscheiben-Isolierglas Randverbundes senkrecht zur Plattenebene im Bereich einer Kante darf bei maximaler Belastung nicht mehr als $1/200$ der Glaskantenlänge betragen, jedoch max. 15 mm. Die Rahmen müssen dafür ausreichend bemessen sein.

9.13.8 Glasfalz, Abdichtung und Dampfdruckausgleich

Es haben sich Verglasungssysteme bewährt, die den Glasfalzraum vom Raumklima trennen. Für mitteleuropäische Verhältnisse erfolgt eine Glasfalzraum-Belüftung zur Wetterseite. Der Luftaustausch von der Raumseite in den Glasfalzraum ist weitgehend zu verhindern.



9.14 Leitfaden zur Verwendung von Dreifach-Wärmedämmglas

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 003 / 2008 - Änderungsindex 1 – Mai 2009).

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.14.1 Einleitung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist das wichtigste Regelwerk der Bundesregierung in Deutschland im Bestreben nach einem effizienten Einsatz von Energie in Neubauten und im Gebäudebestand. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) des Jahres 2007 diente der Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie der Europäischen Union. Die 2009 verabschiedete Novellierung dieser Energieeinsparverordnung (EnEV) verschärft das Anforderungsniveau für den Energiebedarf um 30 %.

Um diesen zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Vielzahl von Innovationen – auch im Bereich Glas, Fenster und Fassade – erforderlich. Ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften von Fenstern und Fassaden wird dabei der Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern in einem weit größeren Umfang sein, als dies bisher der Fall ist.

Der Bundesverband Flachglas e. V. und seine Mitglieder unterstützen das Bestreben der Bundesregierung für einen noch effizienteren Umgang mit der begrenzten Ressource Energie nachdrücklich. Dreifach-Wärmedämmgläser sind seit weit mehr als 10 Jahren auf dem Markt eingeführte und bewährte Produkte, die aber bislang nur in sehr begrenzten Anwendungen eingesetzt wurden.

Die Produktion von Dreifach-Wärmedämmgläsern in einem weit größeren Umfang als bisher hat enorme Auswirkungen auf die Fertigungstechnologie und die dabei einzuhaltenden Qualitätsmaßstäbe. Der stark erweiterte Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern in Fenster und Fassade erfordert, dass dabei eine Vielzahl von Aspekten erkannt und beachtet werden muss. Dieser Leitfaden hat die Aufgabe, wichtige Fragen anzusprechen, deren Beachtung den Herstellern und den Verarbeitern von Dreifach-Wärmedämmgläsern unbedingt empfohlen wird.

Das Verkleben von Dreifach-Wärmedämmglas in Rahmenprofilen ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens.

9.14.2 Dreifach-Wärmedämmgläser

9.14.2.1 Aufbau von Dreifach-Wärmedämmgläsern

Mit Dreifach-Wärmedämmgläsern werden U_g -Werte erreicht, die deutlich unterhalb von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegen. Dazu muss der Aufbau eines solchen Dreifach-Wärmedämmglases zwei hochwärmedämmende Beschichtungen enthalten, von denen jeweils eine zu jedem Scheibenzwischenraum (SZR) hin zeigt. Außerdem ist eine Edelgasfüllung in beiden Scheibenzwischenräumen notwendig.

9.14.2.2 Standardprodukte

Für Standardprodukte müssen die benötigten Rohstoffe und Halbzeuge in großer Menge verfügbar sein. Krypton oder gar Xenon als Füllgase zur Erreichung niedrigerer U_g -Werte sind nicht in den Mengen verfügbar, dass sie bei einem Einsatz von Dreifach-Wärmedämmgläsern als Standardprodukt Verwendung finden könnten. In der Regel wird daher Argon zum Einsatz kommen. Als Standardaufbau wird ein Dreifach-Wärmedämmglas mit einem Glasaufbau 4/12/4/12/4, mit zwei hochwärmedämmenden Beschichtungen (Low-E) auf den Ebenen 2 und 5 sowie mit einer Argonfüllung in beiden Scheibenzwischenräumen empfohlen.

9.14.2.3 Erreichbare U-Werte

Ein Dreifach-Wärmedämmglas mit einem Aufbau 4/12/4/12/4, mit zwei hochwärmedämmenden Beschichtungen (Low-E) des Emissionsvermögens (\rightarrow Kapitel 4.5) $\epsilon_n = 0,03$ (Stand der Technik) und mit einer Argonfüllung (Gasfüllgrad 90 %) in beiden Scheibenzwischenräumen erreicht bei der Berechnung nach DIN EN 673 einen U_g -Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ohne weitere Maßnahmen zur Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften ergeben sich daraus gemäß EN 10077-1: 2006, Tabelle F.1 für Fenster mit verschiedenen Rahmenkonstruktionen die folgenden U_w -Werte:

- $U_f = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mögliche Maßnahmen zu einer weiteren Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften einer Fensterkonstruktion sind zum Beispiel:

- Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften der Rahmenprofile.
- Einsatz von Wärmedämmglas mit wärmetechnisch verbessertem Randverbund (sogenannte 'Warme Kante').
- Wärmetechnische Verbesserung des Verglasungssystems durch z. B. einen vergrößerten Glaseinstand.



9.14.2.4 Erreichbare g-Werte

Mit dem eben beschriebenen Standardprodukt für ein Dreifach-Wärmedämmglas wird ein Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) von etwa 50 % bzw. etwa 0,50 erreicht, der je nach den im Einzelfall verwendeten Basisgläsern und beschichteten Gläsern geringfügig variieren kann.

9.14.2.5 Bilanz-U-Werte

Ausschlaggebend für das Energiesparen mit einem Dreifach-Wärmedämmglas bzw. dem Bauteil Fenster ist letztlich die Bilanz aus Wärmeverlusten (beschrieben durch den U-Wert) und solaren Wärmegewinnen (beschrieben durch den g-Wert).

Die Bilanz-U-Werte für ein Fenster können berechnet werden nach:

$$U_{w,eq} = U_w - S \cdot g$$

Die Koeffizienten S für die solaren Wärmegewinne hängen ab von der Himmelsrichtung, in die ein Dreifach-Wärmedämmglas bzw. ein Fenster eingebaut wird. Gemäß DIN-V 4108-6 werden dafür die folgenden Zahlenwerte verwendet:

- $S = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Südorientierung.
- $S = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ost-/Westorientierung.
- $S = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Nordorientierung.

Mit diesen Zahlenwerten werden für das beschriebene Standardprodukt eines Dreifach-Wärmedämmglases bei einem U-Wert des Fensterrahmens $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Fenster-U-Wert $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (→ Kapitel 9.14.2.3) etwa die folgenden Bilanz- U_w -Werte erreicht, die wiederum je nach den im Einzelfall verwendeten Basisgläsern und beschichteten Gläsern geringfügig variieren können:

- $U_{w,eq} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Südorientierung.
- $U_{w,eq} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ost-/Westorientierung.
- $U_{w,eq} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Nordorientierung.

9.14.2.6 Spezielle Beschichtungen

Mit Hilfe von speziell für den Einsatz in Dreifach-Wärmedämmgläsern optimierten Beschichtungen wird im beschriebenen Standard-Glasaufbau ein U_g -Wert von 0,7 – 0,8 $\text{W/m}^2\text{K}$ und ein g-Wert von etwa 60 % bzw. etwa 0,60 erreicht. Die zuvor genannten Fensterwerte (→ Kapitel 9.14.2.3 und 9.14.2.5) ändern sich dann entsprechend (→ Kapitel 4.7).

9.14.3 Einflussfaktoren für die Haltbarkeit

9.14.3.1 Scheibenzwischenraum und Scheibenformat (Fläche, Seitenverhältnis)

Die Belastung für das System steigt mit der Größe des Scheibenzwischenraumes (Isolierglaseffekt, → Kapitel 2.7). Zwei Scheibenzwischenräume von Dreifach-Wärmedämmgläsern addieren sich in ihrer Wirkung mindestens so, dass sie wie ein durchgehender Scheibenzwischenraum anzusehen sind. Welche Belastungen sich daraus für die Gläser und für den Randverbund ergeben, hängt vom Format ab. Kleine, schmale Scheiben (Seitenverhältnis 1:3) zeigen die höchste Belastung für Glas und Randverbund.

Für Standardanwendungen von Dreifach-Wärmedämmgläsern im Fenster sind Scheibenzwischenräume von 2 x 12 mm als technisch sinnvolles Maß anzusehen. Kleinere Scheibenzwischenräume führen (bei Verwendung von Argon als Füllgas) zu höheren U_g -Werten; größere Scheibenzwischenräume zu stärkeren Belastungen für Glas und Randverbund.

9.14.3.2 Rückenüberdeckung

Die mechanischen Belastungen für den Randverbund sind bei Dreifach-Wärmedämmgläsern höher. Aus diesem Grund sollte die Rückenüberdeckung, insbesondere bei schmalen Formaten, erhöht werden.

9.14.3.3 Glasdimensionierung

Grundsätzlich gelten alle Normen und Richtlinien wie bei Zweischeiben-Isolierglas. Wegen der erwähnten höheren Belastung sollten spezielle Fragestellungen zur Glasdimensionierung mit Hilfe von Statik-Software wie der vom BF mit herausgegebenen Branchenlösung GLASTIK beantwortet werden. Belastungserhöhende Faktoren sind z. B. asymmetrische Glasaufbauten oder die Verwendung von Sondergläsern, Verbundgläsern (VG) und Verbundsicherheitsgläsern (VSG) und hoch absorbierenden Gläsern. Ornament- oder Drahtglas weist zudem eine geringere mechanische Festigkeit auf als Floatglas. Bei der Verwendung von Ornamentglas und hoch absorbierendem Glas als mittlere Scheibe ist ein Vorspannen empfehlenswert.



9.14.3.4 Beschichtungsebenen

Es wird empfohlen, die Beschichtungen auf den beiden äußeren Scheiben zu den Scheibenzwischenräumen hin anzuordnen (Schichtseiten 2 und 5). Ein Vorspannen der unbeschichteten mittleren Scheibe zu Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) ist dann im Allgemeinen nicht erforderlich (→ Kapitel 9.9.1).

Wenn – z. B. zur Beeinflussung des g-Wertes des Dreifach-Wärmedämmglases – eine Beschichtung auf der mittleren Scheibe vorliegt (Schichtseiten 3 und 5 bzw. 2 und 4), muss die mittlere Scheibe in der Regel vorgespannt werden.

9.14.3.5 Sonderfunktionen

Die Erfahrungswerte von zweischeibigen Isoliergläsern können nicht ohne Weiteres auf Dreifach-Wärmedämmgläser übertragen werden. Kombinationen mit Sonderfunktionen wie Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung), Schallschutz, Sonnenschutz etc. stellen besondere Anforderungen.

9.14.3.5.1 Sicherheit (Überkopfverglasungen, Absturzsicherung)

Die Technischen Regeln für linienförmige und absturzsichernde Verglasungen TRLV und TRAV erwähnen Dreischeiben-Wärmedämmgläser nicht ausdrücklich. Nach Auffassung des Bundesverband Flachglas gelten damit die allgemein für 'Mehrscheiben-Isoliergläser' formulierten Anforderungen ebenso für Dreischeiben- wie für Zweischeiben-Isoliergläser.

(Anmerkung Guardian): Die TRLV und die TRAV wurden durch die aktuell gültige DIN 18008 Teil 2 und Teil 4 ersetzt. Hier wird prinzipiell ebenfalls nicht zwischen 2-fach- und 3-fach-Isolierglas unterschieden. Jedoch ist in der Tabelle B.1 der DIN 18008-4 (absturzsichernde Verglasungen) für linienförmig gelagerte Verglasungen mit nachgewiesener Stoßsicherheit (→ Kapitel 7.5.1.4) für eine ganze Reihe geprüfter 2-fach-Isoliergläser festgehalten: Die in den Zeilen 1 bis 4, 7 bis 9, 18, 20 und 28 der Tabelle B.1 aufgeführten Mehrscheibenisoliergläser dürfen ohne weitere Prüfung als ausreichend stoßsicher angesehen werden, wenn sie um eine oder mehrere ESG- oder ESG-H-Scheiben im Scheibenzwischenraum ergänzt werden.

Angriffhemmende Verglasungen (durchwurf-, durchbruch-, durchschuss- und sprengwirkungshemmende Verglasungen) und Verglasungen für den Brandschutz sind im Einzelfall abzustimmen.

9.14.3.5.2 Schallschutz

Schallschutzeigenschaften lassen sich mit den Wärmedämmeigenschaften der Dreifach-Wärmedämmgläser kombinieren. Bei den für Schalldämmgläser typischen, asymmetrischen Aufbauten steigt die Belastung der dünneren äußeren Glastafel signifikant an. Deswegen ist bei Kantenlängen bis ca. 70 cm ein Vorspannen zu Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) empfehlenswert.

9.14.3.5.3 Sonnenschutz

Sonnenschutzeigenschaften lassen sich mit den Wärmedämmeigenschaften der Dreifach-Wärmedämmgläser kombinieren. Gegenüber zweischeibigen Sonnenschutz-Isoliergläsern verändern sich dadurch die licht- und strahlungsphysikalischen Eigenschaften.

9.14.4 Verglasungsvorschriften

Wie bei Zweifach-Isoliergläsern gelten die Grundforderungen, die z. B. in der 'Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas' des BF (→ Kapitel 9.13) zu finden sind: Schutz vor andauernder Feuchtigkeitseinwirkung (Dampfdruckausgleich), Schutz vor direkter UV-Einstrahlung (alternativ: UV-beständiger Randverbund), Materialverträglichkeit, Einsatz in bauüblichen Temperaturbereichen und zwängungsfreier Einbau. Rahmenkonstruktionen müssen für die Aufnahme des Dreifach-Wärmedämmglases geeignet sein. Für Mängel, die infolge Nichtbeachtung dieser Grundforderungen außerhalb des Einflussbereiches des Isolierglasherstellers auftreten, hat dieser nicht einzustehen.

Die Technische Richtlinie Nr. 17 des Glaserhandwerks 'Verglasung mit Isolierglas' ist zu beachten.

9.14.4.1 Klotzung

Die funktionalen Eigenschaften der Verglasungsklotze müssen während der gesamten Nutzungsdauer erhalten bleiben. Um dies sicher zu stellen, müssen sie ausreichend dauerdruckstabil, alterungsbeständig und in ihrer Verträglichkeit geeignet sein.

Bei der Klotzung ist darauf zu achten, dass die Trag- und Distanzklotze gerade und parallel zur Kante der Verglasungseinheit angeordnet werden. Der Klotz muss die volle Dicke der Verglasungseinheit aufnehmen und somit die Eigenlast aller drei Scheiben abtragen. Der Klotz darf bei Systemen mit freiem Falzraum den Dampfdruckausgleich nicht behindern. Der Klotz darf keine Absplitterungen an den Glaskanten verursachen. Scherbelastungen des Randverbundes sind zu minimieren.

Die Technische Richtlinie Nr. 3 des Glaserhandwerks 'Klotzung von Verglasungseinheiten' ist zu beachten.



9.14.4.2 Vergrößerter Glaseinstand

Ein vergrößerter Glaseinstand für Dreifach-Wärmedämmgläser ist im Hinblick auf das durch thermisch induzierte Spannungen verursachte Glasbruchrisiko bei gut wärmedämmenden Rahmensystemen als akzeptabel anzusehen (Forschungsvorhaben HIWIN Teilprojekt B: Untersuchungen zur Glasbruchgefahr durch erhöhten Glaseinstand, Abschlussbericht April 2003, ift Rosenheim und Passivhaus Institut Darmstadt).

9.14.5 Weitere Merkmale

9.14.5.1 Außenkondensation (→ Kapitel 2.4.3)

Für jedes Isolierglas gilt: Je geringer der Wärmedurchgang – je kleiner der U_g -Wert –, desto wärmer wird die raumseitige Scheibe und desto kälter wird die Außenscheibe. Das gilt natürlich auch für Dreifach-Wärmedämmgläser. Außerdem steht die Außenscheibe im direkten 'Strahlungsaustausch' mit dem Himmel. Je nach individueller Einbausituation führt dieser Strahlungsaustausch – besonders in klaren Nächten – zu einer starken zusätzlichen Abkühlung der Außenscheibe. Unterschreitet die Temperatur der äußeren Scheibenoberfläche dabei die Temperatur der angrenzenden Außenluft, ist die Bildung von Kondensat und in besonderen Fällen sogar Eisbildung auf der äußeren Scheibenoberfläche die Folge. Dieser Vorgang ist in der Natur allgemein als die Bildung von Tau oder Reif bekannt. Durch die Erwärmung der Außenscheibe zusammen mit der Außenluft zum Beispiel durch die Morgensonne wird das Kondensat wieder verschwinden. Dieses Phänomen ist nicht etwa eine Fehlfunktion, sondern vielmehr ein Zeichen für den hervorragenden Wärmedämmwert des Dreifach-Wärmedämmglases.

Wegen der noch besseren Wärmedämmung von Dreifach-Wärmedämmgläsern muss damit gerechnet werden, dass die Bildung von Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche häufiger auftritt als bei den bisher üblichen Zweifach-Wärmedämmgläsern. Zur Vermeidung von Irritationen bei Kunden und Verbrauchern ist es zu empfehlen auf dieses Phänomen im Vorfeld aufmerksam zu machen.

9.14.5.2 Isolierglaseffekt (→ Kapitel 2.7, Kapitel 9.8.2.8.4)

Die 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen', die u. a. vom Bundesverband Flachglas herausgegeben wird (Anmerkung: siehe auch EN 1279-1), beschreibt in Abschnitt 4.2.2 den 'Isolierglaseffekt', durch den sich bei Temperaturänderungen und Schwankungen des barometrischen Luftdrucks konkave oder konvexe Wölbungen der Einzelscheiben und damit optische Verzerrungen ergeben. Durch das in zwei Scheibenzwischenräumen eingeschlossene, größere Gasvolumen kann sich dieser Effekt bei Dreifach-Wärmedämmgläsern verstärkt zeigen.

9.14.5.3 Optische Qualität

9.14.5.3.1 Eigenfarbe (→ Kapitel 9.8.2.8.1)

Die 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen' (Anmerkung: siehe auch EN 1279-1) beschreibt in Abschnitt 4.1.1 die Eigenfarbe aller Glaserzeugnisse, speziell auch beschichteter Gläser. Durch das Vorhandensein einer dritten Glasscheibe und einer zweiten Beschichtung kann die Eigenfarbe von Dreifach-Wärmedämmgläsern deutlicher erkennbar sein als die von zweischeibigen Isoliergläsern.

9.14.5.3.2 Randverbund und Sprossen

Die Verwendung von Sprossen in Dreifach-Wärmedämmglas ist möglich; es wird empfohlen, die Anordnung auf einen Scheibenzwischenraum zu begrenzen. Optische Beeinträchtigungen (siehe 'Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas im Bauwesen'), wie zum Beispiel geringer Versatz der Abstandhalter (→ Kapitel 9.8.2.6) oder der Sprossen bei Anordnung in beiden Scheibenzwischenräumen, haben keinen Einfluss auf die Funktionalität des Dreifach-Wärmedämmglases und sind nicht vollständig auszuschließen

9.15 Kompass „Warme Kante“ für Fenster und Fassaden

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Arbeitskreis 'Warme Kante' beim Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 004 / 2008 - Änderungsindex 4 – März 2017).

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.15.1 Einleitung

Dieser Kompass 'Warme Kante' resultiert aus der Tätigkeit des BF-Arbeitskreises 'Warme Kante'. Zusammen mit der Erstauflage von BF-Datenblättern mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster erschien er erstmals im Jahr 2008. Seit der letzten Überarbeitung des Kompasses vom Februar 2015 wurden zwei weitere Forschungsvorhaben durchgeführt, die in die vorliegende Fassung aufgenommen wurden:

- Fassaden-Psi-Werte:

Auf Anregung der Fenster- und Fassadenbranche hat sich der Arbeitskreis 'Warme Kante' in Zusammenarbeit mit dem ift Rosenheim und der Hochschule Rosenheim mit der Berechnung von repräsentativen Psi-Werten für Festverglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden befasst. Als Ergebnis sind im Frühjahr 2016 die ersten BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für Fassadenprofile veröffentlicht worden.



- Sprossen-Psi-Werte:

Im Auftrag der ad hoc Gruppe ‚Sprossen‘ des BF hat das ift Rosenheim eine einfache und praktikable, gleichzeitig aber gerechtere Lösung für die wärmetechnische Behandlung von Fenstern mit Sprossen im Scheibenzwischenraum erarbeitet. Bis dato waren solche Fenster durch Pauschalaufschläge auf den Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters benachteiligt. Weil dieses Thema ebenso wie die Psi-Werte für die Abstandhalter die Ermittlung von U_w -Werten von Fenstern beeinflusst, wird es im Kompass ‚Warme Kante‘ aufgenommen.

Neben der Vermittlung von Grundlagen zur warmen Kante und einer Darstellung der Ergebnisse aus dem Arbeitskreis soll der Kompass insbesondere als Leitfaden für die korrekte Nutzung der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ und ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ dienen.

9.15.2 Was ist „Warme Kante“?

Isolierglas besteht aus zwei oder mehr Glasscheiben. Der Abstand der Scheiben wird durch ein am Scheibenrand umlaufendes Abstandhalterprofil vorgegeben. So entsteht der Scheibenzwischenraum, auf dem die grundlegende Dämmwirkung von Isolierglas beruht. Zusammen mit einer Primärdichtung aus Butyl und einem Sekundärdichtungstoff auf Polysulfid-, Polyurethan- bzw. Silikonbasis oder Hotmelt bildet der trockenmittelbefüllte Abstandhalter den seit vielen Jahren bewährten zweistufigen Isolierglas-Randverbund (Abb. 1 und 2).

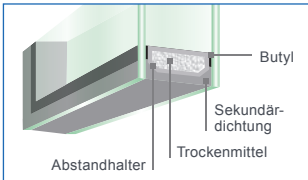


Abb. 1: Schematischer Aufbau von Zweifach-Isolierglas

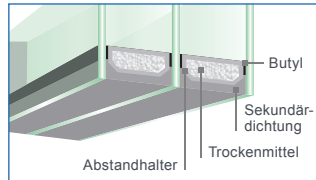


Abb. 2: Schematischer Aufbau von Dreifach-Isolierglas

Seit Einführung des heute als Standard geltenden organischen Randverbundes für Isolierglas im Jahr 1959 wurden Hohlprofile aus Stahl und in späteren Jahren aus Aluminium als Abstandhalter verwendet. Nachteil dieser Materialien ist ihre hohe Wärmeleitfähigkeit. In einen Isolierglas-Randverbund eingebaut, bildet das Aluminiumprofil eine sehr gut wärmeleitende Verbindung zwischen Innen- und Außenscheibe. Dadurch entstehen in Fenstern und Fassaden lineare Wärmebrücken von erheblichem Ausmaß.

Durch konventionelle Isolierglas-Abstandhalter aus Aluminium oder Stahl entstehen in Fenstern und Fassaden unerwünschte Wärmebrücken.

In beheizten Gebäuden sind Wärmebrücken für den Verlust wertvoller Heizenergie verantwortlich. Durch den Wärmestrom über die Wärmebrücke nach draußen sinkt die raumseitige Oberflächentemperatur, was das Risiko von Tauwasser- und Schimmelbildung erhöht (Abb. 3 und 4). Im Umkehrfall, bei klimatisierten Gebäuden, führen konventionelle Isolierglas-Abstandhalter zu mehr Energieverbrauch für die Kühlung.



Abb. 3: Durch den Aluminium-Abstandhalter im Isolierglas kann am Rand der Glasscheibe leicht Tauwasser entstehen

Mit Funktionsbeschichtungen und Edelgasfüllungen im Scheibenzwischenraum haben moderne Mehrscheiben-Wärmedämmgläser inzwischen eine wärmetechnische Leistungsfähigkeit erreicht, die transparente, lichtdurchflutete Gebäude von hoher Energieeffizienz möglich macht.

Wärmebrücken sind in solchen Gebäuden aus Gründen des Klimaschutzes und der Wirtschaftlichkeit absolut unerwünschte Störstellen.



Abb. 4: Längerfristig droht dadurch Schimmelbildung, was nicht nur aus hygienischen Gründen inakzeptable ist

„Warme Kante“ ist die Kurzbezeichnung für wärmetechnisch verbesserten Isolierglas-Randverbund.

Bereits in den neunziger Jahren kamen erste wärmetechnisch verbesserte Abstandhaltersysteme auf den Markt. Durch Einsatz von Materialien mit deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit als Aluminium können die Wärmeverluste im Randbereich einer Isolierglasscheibe mehr als halbiert werden. Das spart wertvolle Heizenergie, minimiert das Tauwasserrisiko und verbessert die U-Werte von Fenstern und Fassaden. Diese wärmetechnische Verbesserung des Isolierglas-Randverbunds nennt man „Warme Kante“.

Material	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m K)	Material	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m K)
Aluminium	160	Polysulfid	0,4
Stahl	50	Molekularsieb	0,1
Nichtrostender Stahl	17	Polycarbonate	0,2
Natronkalkglas	1	PVC hart	0,17

Tab. 1: Beispiele für die Wärmeleitfähigkeit von Materialien nach EN ISO 10077-2 [2]. Da es „drauf ankommt, was man daraus macht“, lässt sich aus diesen reinen Materialwerten alleine keine Aussage zur wärmetechnischen Leistungsfähigkeit eines Bauteils ableiten.



Edelstahl hat eine mehr als zehnmals geringere Wärmeleitfähigkeit als Aluminium. Da Edelstahl-Abstandhalter außerdem mit viel geringeren Wandstärken auskommen, sind sie wärmetechnisch deutlich besser als Profile aus Aluminium oder Stahl. Werden darüber hinaus Profilbereiche durch Kunststoff ersetzt oder dient der Edelstahl in extrem dünner Ausführung nur noch als reine Diffusionssperre, lassen sich die Werte weiter optimieren. Andere Systeme gehen fertigungstechnisch neue Wege und verzichten völlig auf Metall.

Dem Markt steht inzwischen eine Vielzahl von langjährig in der Praxis bewährten Wärme-Kante-Systemen zur Verfügung.

„Warme Kante“ bedeutet mehr Energieeffizienz für Fenster und Fassaden

Kaum eine Wärmebrücke läßt sich so einfach beseitigen wie diejenige, die vom Aluminium-Abstandhalter im Übergangsbereich von Glas zu Rahmen verursacht wird. Für eine vergleichbare Verbesserung des U_w -Wertes eines Fensters oder des U_{cw} -Wertes einer Pfosten-Riegel-Fassade muß an anderer Stelle – z. B. im Bereich des Fenster- oder Fassadenprofils – erheblich mehr Aufwand betrieben werden.

Zur Abgrenzung der warmen Kante von konventionellen Abstandhaltern findet sich eine ebenso einfache wie eindeutige Definition in den relevanten Normen (Abb. 5):

Für Fenster im Anhang E der EN ISO 10077-1 [1] und für Vorhangfassaden gleichlautend im Anhang B der Norm EN ISO 12631 [3].

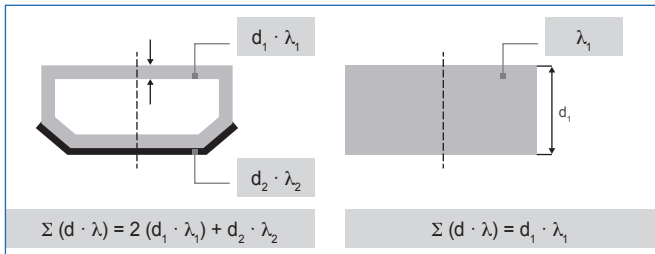


Abb. 5: Ein Abstandhalter ist dann wärmetechnisch verbessert, wenn er das Kriterium $\Sigma(d \cdot \lambda) \leq 0,007$ erfüllt. Die Abbildung zeigt an zwei Beispielen, wie dieses Merkmal bei Abstandhaltern bestimmt wird [1,3].

9.15.3 Grundlagen für die BF-Datenblätter

9.15.3.1 Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq,2B}}$

Ende 2012 wurde ein weiteres vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT) gefordertes Forschungsvorhaben des Arbeitskreises ‚Warme Kante‘ erfolgreich abgeschlossen [9, 10]. Auslöser für das Projekt war die Tatsache, dass es bei zunehmend komplexeren Abstandhalterkonstruktionen immer schwieriger bis unmöglich wurde, die Einzelbestandteile wärmetechnisch korrekt zu bestimmen. Die Eingangsdaten für die detaillierte Berechnung waren mit zu großen Unsicherheiten behaftet. Durch Untersuchungen am ift Rosenheim wurde eine neue messtechnische Grundlage für die BF-Datenblätter erarbeitet:

- Anstatt repräsentative Psi-Werte aus den Wärmeleitfähigkeitswerten der Einzelmaterialien zu berechnen, wird heute zuerst die so genannte äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq,2B}}$ eines Abstandhalters messtechnisch ermittelt. Dazu werden Abstandhalterprofile mit Trockenmittel befüllt und dicht gepackt zwischen zwei Glasscheiben in der Plattenapparatur gemessen. Die leitenden Bestandteile der Abstandhalterprofile müssen dabei mit Butyl wärmetechnisch am Glas angekoppelt sein (siehe Abb. 6).

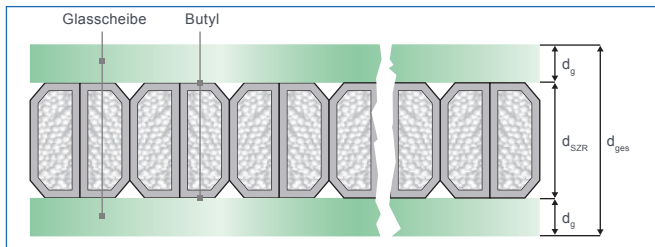


Abb. 6: Aufbau der Probekörper zur Messung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit eines Abstandhalters nach ift-Richtlinien WA 17/1 [5].

- Mit der gemessenen äquivalenten Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq,2B}}$ werden anschließend nach dem so genannten Two-Box-Modell die repräsentativen Psi-Werte für die BF-Datenblätter berechnet.

Bei dieser Berechnung wird das detaillierte Abstandhaltermodell mit individueller Geometrie und verschiedenen Einzelmaterialien durch ein Rechteck (Box) mit der Breite des Scheibenzwischenraums (SZR) und derselben Höhe wie das detaillierte Abstandhaltermodell (h_2) ersetzt. Nach dem Two-Box-Modell führt die Berechnung mit der gemessenen äquivalenten Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq,2B}}$ zum selben Wärmestrom wie eine Berechnung mit detailliert modelliertem Abstandhalter (Abb. 7).

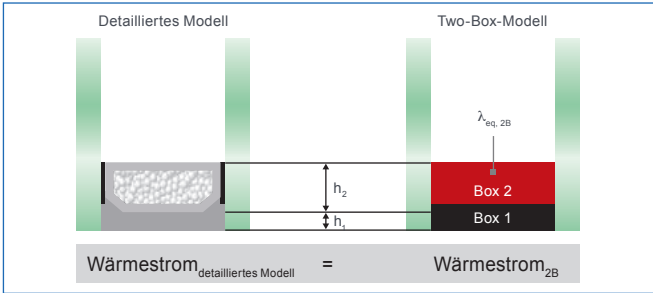


Abb. 7: Schematische Darstellung des Two-Box-Modells

Durch diese Vorgehensweise ist es nicht mehr erforderlich, die individuellen Wärmeleitfähigkeitswerte der aus mehreren Materialien zusammengesetzten Abstandhalterprofile zu bestimmen.

Bei individuellen wärmetechnischen Berechnungen nach EN ISO 10077-2 [2] musste bisher neben den Einzelwärmeleitfähigkeiten auch der exakte geometrische Querschnitt eines Abstandhalters bekannt sein. Durch die Anwendung des Two-Box-Modells entfällt die aufwändige Modellierung des Isolierglas-Randverbunds. Ist die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq},2B}$ einmal ermittelt, können einfach zwei Rechtecke verwendet werden: Für den Sekundärdichtstoff Box 1 und für den Abstandhalter inklusive Trockenmittel und Butyl die Box 2. Wichtig ist dabei, dass die Bauhöhen der Rechtecke den tatsächlichen Bauhöhen von Dichtstoff und Abstandhalter entsprechen. Der geringfügige Einfluss der SZR-Breite auf die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq},2B}$ eines Abstandhaltersystems kann dabei vernachlässigt werden.

Die vereinfachte Modellierung nach dem Two-Box-Modell stellt eine enorme Erleichterung bei individuellen Berechnungen nach EN ISO 10077-2 dar!

Als Hinweis auf die neue messtechnische Grundlage findet sich auf den BF-Datenblättern der Untertitel „auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter“. BF-Datenblätter ohne diesen Untertitel sind nicht mehr gültig.

Im unteren Bereich der BF-Datenblätter sind die Two-Box-Modell Kennwerte, d.h. die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq},2B}$ und die Bauhöhe h_2 des jeweiligen Wärme-Kante-Systems angegeben.

Eine detaillierte Erläuterung des Messverfahrens, das im Rahmen des Forschungsvorhabens am ift Rosenheim entwickelt wurde, findet sich in der ift-Richtlinie WA 17/1 [5]. Die Methodik des Two-Box-Modells ist in den ift-Richtlinien WA-08/3 und WA-22/1 dargestellt [4, 6].

Ein Kurzbericht des Forschungsvorhabens steht auf der Homepage des ift Rosenheim zum kostenlosen Download zur Verfügung (www.ift-rosenheim.de > Geschäftskunden > Forschung > aktuelle Forschungsprojekte) [9]. Der ausführliche Forschungsbericht kann im Online-Shop des ift Rosenheim kostenpflichtig bezogen werden [10].

BITTE BEACHTEN: Da die Abstandhaltersysteme unterschiedliche Bauhöhen h_2 haben, ist die äquivalente Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{eq},2B}$ alleine für einen fairen Vergleich der Leistungsfähigkeit von Warme-Kante-Systemen NICHT geeignet! Direkt vergleichbar sind nur die repräsentativen Psi-Werte (oder der Wert $\lambda_{\text{eq},2B} \cdot h_2$).

9.15.3.2 Erteilung und Gültigkeit

Die BF-Datenblätter mit repräsentativen Psi-Werten für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter werden vom BF Bundesverband Flachglas herausgegeben. Für die Erteilung eines BF-Datenblatts muss eine Zulassungsprozedur durchlaufen werden, deren Regularien vom Arbeitskreis ‚Warme Kante‘ festgelegt werden. Neben der Dokumentation zur Ermittlung der Werte muss ein Hersteller auch Nachweise zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit seines Abstandhaltersystems vorlegen. Nur bei den vom BF herausgegebenen Datenblättern ist sichergestellt, dass dieses Procedere eingehalten wird.

Für ein bestimmtes Warme-Kante-System gibt es unter der ihm zugeordneten Datenblatt-Nummer in der Regel zwei BF-Datenblätter. (Je nachdem, welchen Einsatzbereich der Hersteller eines bestimmten Abstandhaltersystems vorgesehen hat, kann es dafür auch nur ein W- oder nur ein CW-Datenblatt geben.)

Beispiel:

Nr. W043 → BF-Datenblatt mit repräsentativen Psi-Werten für Fenster (W = Window).

Nr. CW043 → BF-Datenblatt mit repräsentativen Psi-Werten für Fassaden (CW = Curtain Wall).

Manche Abstandhalter werden systembedingt ausschließlich mit Hotmelt als Sekundärdichtstoff eingesetzt. Dann und nur dann erhalten sie ein separates, deutlich mit „nur gültig für Hotmelt-Randversiegelung“ gekennzeichnetes BF-Datenblatt. Hotmelt-Randverbund ist jedoch nur noch in manchen geographischen Regionen verfügbar. Deshalb sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass es außerhalb dieser speziellen Märkte keine Produzenten für diesen Randverbund gibt und es keinen Sinn macht, einen solchen Hotmelt-Randverbund zu fördern.

Alle regulären BF-Datenblätter sind aus Gründen der Vergleichbarkeit der Abstandhalter unter exakt denselben Randbedingungen gerechnet. Bei Fenstern wird eine Rückenüberdeckung des Abstandhalters mit Sekundärdichtstoff von 3 mm und bei Fassaden von 6 mm angenommen.



Als Glaseinstand wird generell mit 13 mm gerechnet. Für weitere Details der Randbedingungen wird auf die jeweilige ift-Richtlinie verwiesen.

Auf den BF-Datenblättern wird für das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Ψ -Werte eine Genauigkeit von $\pm 0,003 \text{ W/(mK)}$ angegeben. Diese Toleranzangabe soll darauf hinweisen, dass die dritte Nachkommastelle der Ψ -Werte nicht überbewertet werden darf.

Die aktuellen BF-Datenblätter können auf der Homepage des BF kostenlos heruntergeladen werden. Nur BF-Datenblätter, die auf der BF Homepage zum Download freigeschaltet sind, haben aktuell Gültigkeit.

Download-Adresse für die aktuell gültigen BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ und ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘:

→ [http:// www.bundesverband-flachglas.de/downloads/datenblaetter/](http://www.bundesverband-flachglas.de/downloads/datenblaetter/)

TIPP: Arbeiten Sie nicht mit lokal gespeicherten BF-Datenblatt-Kopien, sondern speichern Sie sich den Download-Link unter den Favoriten Ihres Internet-Browsers. So haben Sie jederzeit schnellen Zugriff auf die aktuell gültigen BF-Datenblätter und können sicherstellen, dass Sie mit zulässigen Versionen arbeiten.

9.15.3.3 Zulässiger Anwendungsbereich

Die repräsentativen Psi-Werte der BF-Datenblätter dürfen nicht uneingeschränkt für alle Fenster und Fassadenkonstruktionen verwendet werden. Der zulässige Anwendungsbereich ist durch die ift-Richtlinien WA-08/3 für Fenster und WA-22/1 für Fassadenprofile geregelt.

In den folgenden Kapiteln werden die jeweils einzuhaltenden Randbedingungen erläutert.

Die auf den BF-Datenblättern ‚Psi-Werte Fenster‘ angegebenen Toleranzen dürfen keinesfalls vor der Verwendung von den repräsentativen Psi-Werten abgezogen werden!

9.15.4 Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘

9.15.4.1 Layout

Ein BF-Datenblatt ist jeweils für ein spezifisches Abstandhaltersystem gültig. Neben Informationen zum Hersteller und zu Materialien und Geometrie des Abstandhaltersystems werden im mittleren Bereich des BF-Datenblatts die repräsentativen Psi-Werte für Fenster deklariert. Dabei werden in vier repräsentativen Fensterrahmenprofilen (Metall mit therm. Trennung, Kunststoff, Holz, Holz/Alu) jeweils für Zweischeiben- und für Dreischeiben-Isolierglas insgesamt acht Psi-Werte angegeben. Im unteren Bereich des BF-Datenblatts sind die bereits erwähnten Two-Box-Werte aufgeführt (siehe Abb. 8).


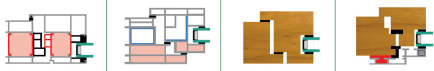
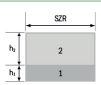

Monat 20XX – Nr. WX – Änderungsindex X-0X/20XX		ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'			
<h2>Datenblatt Psi-Werte Fenster</h2> <p>auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter</p>					
<div style="border: 1px solid gray; height: 30px; width: 100%;"></div>					
Produktname Produkt		Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm	
Querschnitt		X	Edelstahl	X	
Repräsentative Rahmenprofile	Repräsentative Glasaufbauten	Metall mit thermischer Trennung	Kunststoff	Holz	Holz/Metall
					
	Repräsentativer Psi-Wert Zweischelbigen Isolierglas $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,0XX	0,0XX	0,0XX	0,0XX
	Repräsentativer Psi-Wert Dreischelbigen Isolierglas $U_g< 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,0XX	0,0XX	0,0XX	0,0XX
Two Box Modell Kernmodell		Scheibenzwischenraum (SZR) in mm		$\lambda_{40,20}$ in W/mK	
Für alle SZR verwendbar		0,XX	Box 1 · h ₁ = X mm Box 2 · h ₂ = X mm		
Erläuterungen	Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Rahmenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U _g von Fenstern. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-06/3 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fenster-Rahmenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Verglasung, Glaseinstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/mK angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von ± 0,003 W/mK. Unterschiede von weniger als 0,005 W/mK sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass Warme Kante" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.			Ermittlung der Kernwerte durch: 	

Abb. 8: Layout der BF-Datenblätter „Psi-Werte Fenster“

Die BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ dürfen NICHT für Festverglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden benutzt werden. Hierfür sind ausschließlich die BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ anzuwenden (siehe Kapitel 9.14.5)!



9.15.4.2 U_w -Werte für Fenster

Gemäß EN ISO 10077-1 setzt sich der Wärmedurchgangskoeffizient U_w eines Fensters aus den flächenbezogenen Einzelwerten der Verglasung U_g und des Rahmens U_f sowie dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_g für den Übergangsbereich von Rahmen und Glas zusammen (Abb. 9 und 10). Der Wärmedurchgangskoeffizient U_g des Glases bezieht sich auf die ungestörte Mitte des Glases und der U_f -Wert des Rahmens auf den Rahmen ohne Verglasung [1] (→ Kapitel 4.6.4).

Wo Glas und Rahmen aneinander grenzen, ergibt sich eine geometrische und materialbedingte Wärmebrücke. Der Ψ_g -Wert beschreibt die zusätzlichen Wärmeverluste in diesem Bereich. Sie werden hauptsächlich durch die Wärmeleitung über den Isolierglas-Randverbund verursacht.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + L_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

Abb. 9: Formel zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Fenstern [1]

Die repräsentativen Psi-Werte erleichtern die Ermittlung des U_w -Wertes von Fenstern.

Index	Englische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung
w	window	Fenster
g	glass	Glas
f	frame	Rahmen

Tab. 2: Indizes für die Bestandteile von Fenstern

	Einheit	Bezeichnung	Herkunft
U_g	W/(m ² K)	Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung	(1) berechnet nach EN 673
U_f	W/(m ² K)	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens	(1) berechnet nach EN ISO 10077-2 oder (2) aus Anhang D der EN ISO 10077-1 entnommen oder (3) gemessen nach EN 12412-2
Ψ_g	W/(mK)	Linearer Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmen-Glas-Übergangsbereichs	(1) berechnet nach EN ISO 10077-2 oder (2) aus den Tabellen im Anhang E der EN ISO 10077-1 entnommen oder (3) repräsentative Ψ -Werte thermisch verbesserter Abstandhalter ermittelt gemäß ift-Richtlinie WA-08/3 [4] Datenblätter! Psi-Werte Fenster!

Tab. 3: Wege zur Bestimmung der Eingangsdaten für den U_w -Wert von Fenstern

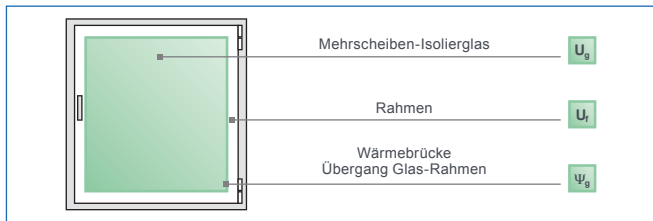


Abb. 10: Der U_w -Wert eines Fensters setzt sich aus zwei flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten U und einem linearen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ zusammen.

Es gibt mehrere Wege, um zu den Eingangsdaten für die U_w -Wert-Berechnung zu gelangen (Tabelle 3). Im Rahmen ihres Anwendungsbereichs bieten die Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ eine vergleichsweise einfache und pragmatische Lösung für die Ψ_g -Werte. Sie sind präziser und auf jeden Fall vorteilhafter als die pauschalierten Werte aus dem Anhang E der EN ISO 10077-1. Bei den Tabellenwerten aus der Norm wird nicht zwischen Wärme-Kante-Systemen unterschiedlicher Leistungsfähigkeit differenziert, entsprechend ungünstig fallen sie aus [1].

Alternativ kann das ganze Fenster nach EN ISO 12567-1 mit dem Heizkastenverfahren gemessen werden.

Die Norm EN ISO 10077-2 läßt in ihrem Anhang C ausdrücklich zu, dass repräsentative Ψ -Werte thermisch verbesserter Abstandhalter auf der Grundlage repräsentativer Profilabschnitte sowie repräsentativer Glaseinheiten festgelegt werden können [2]. Das Verfahren hierfür wird in den ift-Richtlinien WA-08/3 und WA-17/1 beschrieben [4, 5]. In der Richtlinie WA-08/3 ist darüber hinaus die Verwendung der repräsentativen Ψ -Werte bei der Ermittlung von U_w -Werten geregelt.

9.15.4.3 Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fenster

Gemäß ift-Richtlinie WA-08/3 müssen Fensterhersteller bei der Herstellerdeklaration des U_w -Wertes ihrer Fenster für die Verwendung der Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ folgende Vorgaben beachten [4]:

- Die berechneten repräsentativen Ψ -Werte können für folgende U_g -Werte verwendet werden:
 - 2-fach-Isolierglas: $U_g \geq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Argon oder Luftfüllung.
 - 3-fach-Isolierglas: $U_g \geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Argon oder Luftfüllung.
- Der tatsächliche Glaseinstand muß mindestens 13 mm betragen.



- Bei außen freiliegendem Glasrand dürfen die repräsentativen Ψ -Werte nicht verwendet werden.
- Sind die Glasscheiben dicker als 4 mm, müssen die repräsentativen Ψ -Werte mit folgenden Zuschlägen erhöht werden:
 - Pro mm größerer Glasdicke der Außenscheibe um 0,001 W/(m²K).
 - Pro mm größerer Glasdicke der Innenscheibe um 0,002 W/(m²K).

Die Glasdicke der mittleren Scheibe bei Dreifach-Aufbauten ist nicht relevant.

- Die tatsächlich verwendeten Rahmenprofile müssen mit den repräsentativen Rahmenprofilen vergleichbar sein. U_f -Werte und Glaseinstände der tatsächlichen Rahmenprofile müssen die Anforderungen nach Tabelle 4 erfüllen.

Für Fenster, die obige Vorgaben nicht erfüllen, muß der individuelle Ψ -Wert für jede Glas-Rahmen-Kombination detailliert gemäß EN ISO 10077-2 berechnet werden [2]. Alternativ ist die Verwendung der vergleichsweise unvoreilhafteten Tabellenwerte aus EN ISO 10077-1 möglich [1].

Rahmenmaterial	U_f in W/(m ² K)	Glaseinstand in mm
Holz	$\geq 1,0$ $\geq 0,80$	≥ 13 ≥ 18
Holz-Alu	$\geq 1,0$ $\geq 0,80$	≥ 13 ≥ 18
Kunststoff	$\geq 1,0$ $\geq 0,80$	≥ 13 ≥ 18
Metall	$\geq 1,3$ $\geq 1,0$	≥ 13 ≥ 18

Tab. 4: Rahmen-Vorgaben für die Anwendung der repräsentativen Ψ -Werte für Fenster

9.15.5 Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘

9.15.5.1 Layout

Die BF-Datenblätter für Fassadenprofile sind analog zu den BF-Datenblättern ‚Psi-Werte Fenster‘ aufgebaut. Im mittleren Bereich werden für die drei repräsentativen Fassadenprofile (Holz-Metall, Metall mit wärmetechnischer Trennung für zwei Profiltiefen) jeweils für Zweischeiben- und für Dreischeiben-Isolierglas insgesamt sechs repräsentative Psi-Werte angegeben. Dabei handelt es sich um die Psi-Werte für die Wärmebrücke am Rand von fest eingebauten Verglasungen in Pfosten- und Riegel-Profile, Ψ_{mg} und Ψ_{tg} (siehe Kapitel 9.15.5.2).

Die BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ können innerhalb des zulässigen Anwendungsbereiches nach ift-Richtlinie WA-22/1 für Festverglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden, jedoch NICHT für SSG (Structural Sealant Glazing) Systeme verwendet werden!











Monat 20XX – Nr. CWX – Änderungsindex X-0X/20XX		ARBEITSKREIS 'WARME KANTE'			
<h2>Datenblatt Psi-Werte Fassadenprofile</h2> <p>auf Basis messtechnischer Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Abstandhalter</p>					
					
Querschnitt	Produktname	Abstandhalter Bauhöhe in mm	Material	Dicke d in mm	
		X	X	X	
Repräsentative Fassadenprofile	Repräsentative Glastaubauten	Holz-Metall	Metall mit wärmetechnischer Trennung ($d_1 = 100$ mm)	Metall mit wärmetechnischer Trennung ($d_1 = 200$ mm)	
					
Repräsentativer Paket-Zwischenstufen-Wärmewert W/m^2K	 <p>Zweischeiben-Isolierglas $U_g = 1,1$ W/m²K</p>	0,0XX	0,0XX	0,0XX	
Repräsentativer Paket-Dreischeiben-Wärmewert W/m^2K	 <p>Dreischeiben-Isolierglas $U_g = 0,7$ W/m²K</p>	0,0XX	0,0XX	0,0XX	
Two Box Model Parameter		Scheibenzwischenraum (SZR) in mm	$\lambda_{eq,SZR}$ in W/mK		
		Für alle SZR verwendbar	Box 1 · $h_1 = X$ mm	Box 2 · $h_2 = X$ mm	
			0,XX	0,XX	
Erläuterungen	Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde nach der ift-Richtlinie WA-17/1 "Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung" ermittelt. Die damit berechneten repräsentativen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten (repräsentative Psi-Werte) gelten für typische Fassadenprofile und Verglasungen für die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{w,v}$ von Vorhangfassaden. Sie wurden unter den in der ift-Richtlinie WA-22/1 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 3: Ermittlung des repräsentativen Psi-Wertes für Fassadenprofile“ festgelegten Rahmenbedingungen (Rahmenprofile, Verglasung, Glaselstand, Rückenüberdeckung, Primär- und Sekundärdichtstoff) ermittelt. Diese Richtlinie regelt auch den Gültigkeitsbereich und die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte. Zur Vermeidung von Rundungsfehlern wurden die Psi-Werte im Datenblatt auf 0,001 W/m ² K angegeben. Das Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der Psi-Werte hat eine Genauigkeit von $\pm 0,003$ W/m ² K. Unterschiede von weniger als 0,005 W/m ² K sind nicht signifikant. Weitere Informationen sind dem Merkblatt 004/2008 "Kompass Warme Kante" des Bundesverband Flachglas zu entnehmen.			Ermittlung der Kennwerte durch: Hochschule Rosenheim University of Applied Sciences	
			 		

Abb. 11: Layout der BF-Datenblätter „Psi-Werte Fassadenprofile“



9.15.5.2 U_{cw} -Werte für Pfosten-Riegel-Fassaden

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_{cw} von Vorhangfassaden wird nach EN ISO 12631 ermittelt [3]. In Pfosten-Riegel-Fassaden können Festverglasungen, Fensterelemente oder Paneele eingebaut sein (Abb. 13). Am Übergangsbereich zwischen den Fassaden-Füllungsflächen und Pfosten-Riegel-Flächen entstehen verschiedenste Wärmebrücken, die bei der Ermittlung von U_{cw} berücksichtigt werden müssen.

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum l_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum l_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum l_p \Psi_p + \sum l_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum l_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}}$$

Flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten U
Längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ

Abb. 12: Formel zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{cw} von Fassaden nach dem Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten. Der U_{cw} -Wert setzt sich aus fünf flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten U und sechs verschiedenen linearen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ zusammen [3].

Index	Englische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung
cw	curtain walling	Fassade
m	mullion	Pfosten
t	transom	Riegel
f	frame	Rahmen
p	panel	Paneel
g	glass	Glas

Tab. 5: Indizes für die Bestandteile eines Fassadenelements

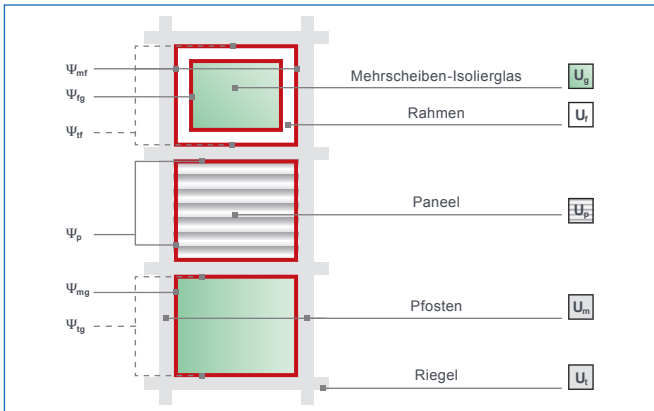


Abb. 13: Musterfassadenelement gemäß EN ISO 12631 [3].

Wie beim Fenster gibt es auch bei Fassaden mehrere Wege, um zu den Eingangsdaten zu gelangen. Wegen der Vielzahl der Komponenten soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden. Für den Einbau von Verglasungen in Pfosten-Riegel-Fassaden bieten die Datenblätter ‚Psi-Werte Fassade‘ im Rahmen ihres Anwendungsbereichs eine vergleichsweise einfache und pragmatische Lösung für die Psi-Werte Ψ_{mg} und Ψ_{lg} . Sie sind präziser und in der Regel vorteilhafter als die pauschalierten Tabellenwerte aus dem Anhang B der EN ISO 12631 [3].

Alternativ können beim „Verfahren mit Beurteilung der einzelnen Komponenten“ alle Wärmebrücken auch detailliert nach EN ISO 10077-2 berechnet oder es kann das so genannte „Vereinfachte Beurteilungsverfahren“ nach EN ISO 12631 verwendet werden.

9.15.5.3 Anwendung der repräsentativen Psi-Werte für Fassadenprofile

Gemäß ift-Richtlinie WA-22/1 [6] müssen Fassadenhersteller für die Verwendung der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ bei der Herstellerdeklaration des U_{cw} -Wertes folgende Vorgaben beachten:

- Die berechneten repräsentativen Ψ -Werte können für folgende U_g -Werte verwendet werden:
 - 2-fach-Isolierglas: $U_g \geq 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ mit Argon oder Luftfüllung.
 - 3-fach-Isolierglas: $U_g \geq 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ mit Argon oder Luftfüllung.
- Der tatsächliche Glaseinstand muß mindestens 13 mm betragen.
- Bei außen freiliegendem Glasrand und bei SSG (Structural Sealant Glazing) Systemen dürfen die repräsentativen Psi-Werte nicht verwendet werden.
- Sind die Glasscheiben dicker als 6 mm, müssen die repräsentativen Ψ -Werte mit Zuschlägen gemäß Tabelle 6 erhöht werden. Die Glasdicke der mittleren Scheibe bei Dreifach-Aufbauten ist nicht relevant. Sind die Glasdicken geringer als 6 mm, dürfen die Korrekturwerte nach Tabelle 6 von den repräsentativen Psi-Werten abgezogen werden.
- Die tatsächlich verwendeten Fassadenprofile müssen mit den repräsentativen Profilen der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ vergleichbar sein. U_m - und U_i -Werte der tatsächlichen Fassadenprofile müssen (inkl. des Schraubeneinflusses) den Anforderungen nach Tabelle 7 genügen.



Material	$\Delta\Psi$ in W/(mK) pro mm Dicke der	
	Außenscheibe	Innenscheibe
Holz-Metall	0,001	0,001
Metall mit wärmetechnischer Trennung	0,001	0,000

Tab. 6: Korrekturwerte zur Berücksichtigung des Einflusses der Glasdicke bei Fassaden

Material	U_m bzw. U_f in W/(m ² K)
Holz-Metall	für 2-fach-Glas: $\geq 1,3$ für 3-fach-Glas: $\geq 0,9$
Metall mit wärmetechnischer Trennung	für 2-fach-Glas: $\geq 1,3$ für 3-fach-Glas: $\geq 0,9$

Tab. 7: Fassadenprofil-Vorgaben für die Anwendung der repräsentativen Ψ -Werte für Fassadenprofile

9.15.6 Der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘

9.15.6.1 Die Mitglieder

Der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘ ist ein Unterausschuss des Technischen Ausschusses beim Bundesverband Flachglas. Die Teilnehmer des Arbeitskreises sind Mitglieder und Fördermitglieder des BF. Wissenschaftlich begleitet wird der Arbeitskreis durch Prof. Dr. Franz Feldmeier, Hochschule Rosenheim und Herrn Norbert Sack, ift Rosenheim.

Im Arbeitskreis sind alle führenden Hersteller von Warme-Kante-Systemen für Isolierglas sowie die Glasindustrie vertreten.

9.15.6.2 Ergebnisse der bisherigen Tätigkeit

Der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘ existiert bereits seit 1998. Er kann auf eine Vielzahl von bemerkenswerten Ergebnissen zurückblicken.

Im Juli 1999 wurde der Abschlussbericht des ift Rosenheim zum ersten Forschungsvorhaben Warm Edge vorgelegt [7]. Dabei wurden erstmals Abstandhaltersysteme mit Berechnungen unter identischen Randbedingungen verglichen. Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für eigene, systembezogene Psi-Werte-Tabellen der Systemhersteller.

In einem zweiten Forschungsvorhaben für das Deutsche Institut für Bau-technik wurden 2002 bis 2003 die wichtigsten Einflüsse auf die Psi-Werte in verschiedenen Rahmenmodellen nach EN ISO 10077-2 rechnerisch untersucht und mit experimentellen Ergebnissen verglichen. An diesem Projekt waren insgesamt 6 Prüfinstitute und Rechenstellen sowie 8 Industriepartner beteiligt [8].

Um die Branche und Verbraucher vor Produkten zu schützen, die eine wärmetechnische Verbesserung am Isolierglas-Randverbund nur vortäuschen, wurde im Arbeitskreis eine Definition für wärmetechnisch verbesserten Randverbund entwickelt. Diese Definition wurde zunächst in die DIN V 4108-4:2004-07, Anhang C, aufgenommen, fand dann aber rasch Aufnahme in der Europäischen Normierung (siehe EN ISO 10077-1, Anhang E sowie EN ISO 12631, Anhang B [1, 3]).

Nachdem die Rahmenmodelle der ersten Forschungsprojekte nicht mehr zeitgemäß erschienen, wurden 2007 bis 2008 in einem dritten Forschungsvorhaben zunächst vier neue Rahmenmodelle entwickelt, die für ihre Klasse repräsentativ waren und deren U_f -Werte den Stand der Technik darstellten. Anschließend wurden in diesen Rahmenmodellen mit Zweifach- und Dreifach-Isolierglas die repräsentativen Ψ -Werte der einzelnen Warme-Kante-Systeme berechnet und in Form der BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ veröffentlicht. Dieses Projekt wurde der Branche mit dem BF-Symposium ‚Warme Kante‘ am 23.4.2008 in Hanau vorgestellt.

Im Frühjahr 2013 wurde ein weiteres vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT) gefordertes Forschungsvorhaben des Arbeitskreises ‚Warme Kante‘ am ift Rosenheim und an der Hochschule Rosenheim durchgeführt. Als Resultat dieses vierten Projekts ergab sich die in Kapitel 3 (Anm. Guardian: hier Kapitel 9.15.3) beschriebene neue messtechnische Grundlage für die BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fenster‘ [9, 10].

Ende 2013 beschloss der Arbeitskreis ‚Warme Kante‘, sich an der Finanzierung eines Projekts zur Erweiterung des Anwendungsbereichs der repräsentativen Fenster-Psi-Werte auf niedrigere U_f -Werte zu beteiligen. Aus diesem fünften Projekt des AK folgte eine Überarbeitung der ift-Richtlinie WA-08, die seit der Version 3 die Anwendung der repräsentativen Psi-Werte bei entsprechend höherem Glaseinstand auch für hochdämmende Fensterrahmen zulässt (siehe Kapitel 4.3, Tabelle 4 - Anm. Guardian: hier Kapitel 9.15.4.3, Tabelle 4).

Die BF-Datenblätter ‚Psi-Werte Fassadenprofile‘ basieren auf dem sechsten Forschungsvorhaben des Arbeitskreises, das im Januar 2014 gestartet worden war.

9.15.6.3 Ausblick

Der Arbeitskreis widmet sich weiterhin der Erarbeitung brauchbarer Methoden für die Bewertung und Berücksichtigung des wärmetechnischen Verbesserungspotenzials, daß die warme Kante bietet. Mit Hilfe der geschaffenen Gütekriterien für die repräsentativen Psi-Werte soll das Thema ‚Warme Kante‘ gefördert und für dauerhaft seriöse und verlässliche Darstellung im Markt gesorgt werden. Unterstützt wird dies durch gemeinsame Pressearbeit und Marketingaktionen.



9.15.7 Wärmetechnische Behandlung von Sprossenfenstern

9.15.7.1 Pauschalaufschläge für Sprossen nach EN 14351-1

Nicht nur der Abstandhalter im Randverbund, auch andere Einbauten im Scheibenzwischenraum von Zweifach- oder Dreifach-Isoliergläsern können Wärmebrücken verursachen. So sind Sprossen ebenfalls wärmetechnische „Störstellen“, die bei der Ermittlung des U_w -Wertes von Fenstern berücksichtigt werden müssen. In der Produktnorm für Fenster (EN 14351-1) werden im Anhang J Zuschläge für Sprossenfenster vorgegeben (Abb. 14).

Dabei wird nicht unterschieden, ob es sich um „Wiener Sprossen“ handelt, die außen noch mit einer Deckleiste abgedeckt werden, oder um reine Ziersprossen im SZR, die in der Draufsicht sichtbar bleiben. Zwischen konventionellen Sprossen aus Aluminium und wärmetechnisch verbesserten Sprossen aus Kunststoff wird nicht differenziert. Ob sich bei Dreifach-Isolierglas Sprossen in beiden Scheibenzwischenräumen befinden oder nur in einem, spielt bei der Ermittlung des Aufschlags ebenfalls keine Rolle. Diese Zuschläge auf den U_w -Wert sind zwar einfach anzuwenden, jedoch für Sprossenfenster in vielen Fällen unangemessen hoch.

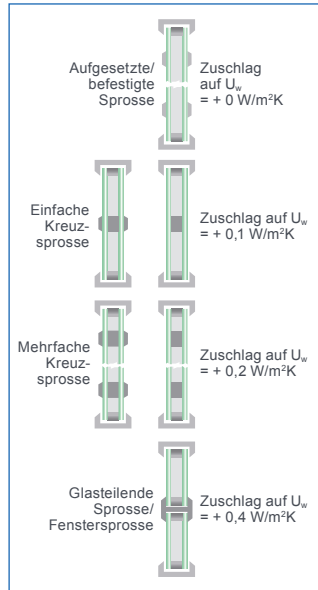


Abb. 14: Zuschläge auf den U_w -Wert für Sprossen nach EN 14351-1

9.15.7.2 Das Forschungsvorhaben der ad hoc Gruppe ‚Sprossen‘ des BF

Mit einer detaillierten Berechnung nach EN ISO 10077-2 und der Ermittlung von linearen Wärmedurchgangskoeffizienten für Sprossen (Sprossen-Psi-Werte) ergeben sich in den allermeisten Fällen vorteilhaftere U_w -Werte als bei Anwendung der pauschalen Zuschläge. Allerdings ist diese Vorgehensweise mit erheblichem Aufwand verbunden, zumal die Variantenvielfalt von Sprossen deutlich größer ist als bei einem Abstandhaltersystem.

In einem Forschungsvorhaben am ift Rosenheim, initiiert und finanziert durch die ad hoc Gruppe ‚Sprossen‘ des BF, wurde deshalb das Thema Sprossen wärmetechnisch untersucht. Ziel war es, durch Berechnung von längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_{gb} für unterschiedliche Sprossenarten pauschale Sprossen-Psi-Werte zu ermitteln, die in Tabellenform zur Aufnahme in die EN ISO 10077 vorgeschlagen werden sollen.

Im September 2015 erschien der Abschlussbericht „Erarbeitung von vereinfachten Tabellen zur Berücksichtigung des Einflusses von Sprossen im Rahmen der Ermittlung des U-Wertes von Fenstern“. Durch beispielhafte Berechnungen wurden die Einflussgrößen auf Sprossen-Psi-Werte analysiert (Abb. 15 und Tab. 8).

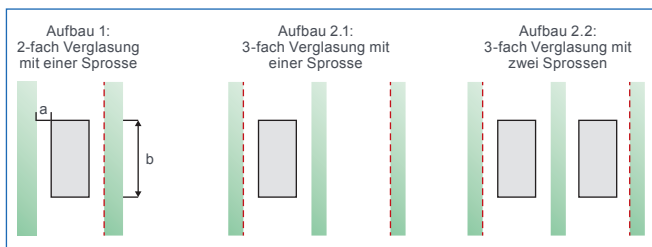


Abb. 15: Schematische Darstellung der Aufbauten für die Berechnung von Ψ_{gb} -Werten für Sprossen in Zweifach- und Dreifach-Verglasungen [11]

Einflussgröße	Relevanz
Beschichtung (Emissionsgrad) der Glasscheiben	Beschichtung hat Einfluss auf Ψ_{gb} -Werte
Wärmeleitfähigkeit des Materials der Sprosse	Unterscheidung in zwei Materialgruppen (Aluminium oder Kunststoff) sinnvoll
Beidseitiger Abstand a der Sprossen zum Glas	Je größer a, umso geringer der Ψ_{gb} -Wert
Breite b der Sprosse	Ψ_{gb} -Werte steigen mit zunehmender Sprossenbreite
Beim Dreifach-Isolierglas: Sprossen in einem oder in beiden SZR *	Signifikanter Einfluss
Wandstärke der Sprossen	Kein signifikanter Einfluss

* Anmerkung: Der BF empfiehlt, bei Dreifach-Isolierglas Sprossen nur in einem Scheiben-zwischenraum. Das ist sowohl aus wärmetechnischen, aber auch aus optischen Gründen sinnvoll.

Tab. 8: Einflussgrößen bei Sprossen-Psi-Werten und ihre Relevanz



9.15.7.3 Tabellen mit pauschalen Sprossen-Psi-Werten

Analog zur Wärmebrücke am Glasrand wird der pauschale Sprossen-Psi-Wert Ψ_{gb} (gb = glazing bar) mit der Gesamtlänge der verbauten Sprossen multipliziert und anteilig auf den U_w -Wert aufgeschlagen.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + L_g \cdot \Psi_g + L_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w}$$

Abb. 16: Formel zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w von Sprossenfenstern

Als Ergebnis des Forschungsvorhabens [11] wurden zwei Tabellen (siehe Tabellen 9 und 10) mit pauschalen Sprossen-Psi-Werten zur Ergänzung der EN ISO 10077-1 vorgeschlagen, die in folgendem Anwendungsbereich gültig sein sollen:

- Für Sprossen (Hohlkammerprofile) aus Metall und Kunststoff.
- Sprossenbreite $b \leq 30$ mm (siehe Abb. 15).
- Abstand $a \geq 2$ mm und $a \geq 4$ mm (siehe Abb. 15).

Es gilt als sehr wahrscheinlich, daß diese Tabellen in die nächste Ausgabe der EN ISO 10077-1 aufgenommen werden. Deshalb ist aus Sicht des BF eine Anwendung der pauschalen Sprossen-Psi-Werte nach Tabelle 9 und 10 unter Berufung auf das Forschungsvorhaben schon heute zu befürworten.

Verglasung	Abstand a in mm	Relevanz	
		Verglasung ohne low e coating	Verglasung mit low e coating
2-fach	≥ 2	0,03	0,07
	≥ 4	0,01	0,04
3-fach mit Sprosse in einem SZR	≥ 2	-/-	0,03
	≥ 4	-/-	0,01
3-fach mit Sprosse in beiden SZR	≥ 2	-/-	0,05
	≥ 4	-/-	0,02

Tab. 9: Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_{gb} für Sprossen aus Metall ($\lambda \leq 160$ W/(mK)) im Scheibenzwischenraum

Verglasung	Abstand a in mm	Ψ -Wert W/(mK)	
		Verglasung ohne low e coating	Verglasung mit low e coating
2-fach	≥ 2	0,00	0,04
	≥ 4	0,00	0,02
3-fach mit Sprosse in einem SZR	≥ 2	-/-	0,02
	≥ 4	-/-	0,01
3-fach mit Sprosse in beiden SZR	≥ 2	-/-	0,03
	≥ 4	-/-	0,02

Tab. 10: Werte für den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_{gb} für Sprossen aus Kunststoff ($\lambda \leq 0,30$ W/(mK)) im Scheibenzwischenraum

9.15.8 Literatur

- [1] EN ISO 10077-1:2009 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [2] EN ISO 10077-2:2012 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [3] EN ISO 12631:2012 Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [4] ift-Richtlinie WA-08/3 Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1: Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fensterrahmenprofile
Rosenheim, ift Rosenheim, Februar 2015
- [5] ift-Richtlinie WA-17/1 Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 2: Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung
Rosenheim, ift Rosenheim, Februar 2013
- [6] ift-Richtlinie WA-22/1 Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 3: Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fassadenprofile
Rosenheim, ift Rosenheim, Januar 2016
- [7] Abschlussbericht ‚Forschungsvorhaben Warm Edge‘
Rosenheim, ift Rosenheim, Juli 1999
- [8] Forschungsvorhaben ‚Psi-Wert Fenster – Qualitätskriterien für die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ_g (Psi-Wert) des Übergangs Rahmen-Glasrand-Glas und Vergleich mit experimentellen Daten‘
Berlin, Deutsches Institut für Bautechnik, April 2003 Fraunhofer IRB Verlag, 2003, ISBN 3-8167-6526-2
- [9] Kurzbericht ‚Äquivalente Wärmeleitfähigkeit Warme Kante‘
Rosenheim, ift Rosenheim, Dezember 2012
- [10] Abschlussbericht ‚Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit von wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern‘
Rosenheim, ift Rosenheim, Dezember 2012, ISBN 978-3-86791-339-3
- [11] ift-Forschungsbericht ‚Psi-Werte von Sprossen – Erarbeitung von vereinfachten Tabellen zur Berücksichtigung des Einflusses von Sprossen im Rahmen der Ermittlung des U-Wertes von Fenstern‘
Rosenheim, ift Rosenheim, September 2015 (unveröffentlicht)



9.16 Einbauempfehlungen für integrierte Systeme im Mehrscheiben-Isolierglas

Diese Richtlinie wurde erarbeitet vom Arbeitskreis ‚Systeme im SZR‘ beim Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1, D-53840 Troisdorf (BF-Merkblatt 008 / 2010).

© Bundesverband Flachglas e. V.

Für die Produkte „integrierte Systeme im Mehrscheiben-Isolierglas“ (iSiM) existieren keine allgemein gültigen Regelwerke. Dieses Merkblatt beschreibt den Einbau in geeignete Konstruktionen und stellt eine Ergänzung zu den BF-Merkblättern 005 und 007 dar.

9.16.1 Geltungsbereich

- I. Die hier aufgeführten Anweisungen und Richtlinien ersetzen nicht die zum Zeitpunkt der Ausführung gültigen Vorschriften für die Verglasung von Isolierglasscheiben im Allgemeinen und die des Systemherstellers. Dieses Merkblatt stellt Ergänzungen für den Sonderfall Systeme im SZR dar. Diese Einbau- und Verglasungsrichtlinien gelten nur für integrierte Systeme im Mehrscheiben-Isolierglas (iSiM) zum Verbau in Isolierglas, welche produktgerecht in Fenster-, Fassaden- und Trennwandsysteme aus erprobten und üblichen Materialien und Profilen, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, im Hochbau eingesetzt werden. Die Einhaltung dieser Richtlinie ist für den Einbau zwingend erforderlich und die Voraussetzung für eine Gewährleistung. Durch die Einhaltung dieser Richtlinie wird ermöglicht, eine technisch und bauphysikalisch einwandfreie Verglasung mit iSiM herzustellen. Diese Richtlinie ist die Voraussetzung zur Erreichung und Erhaltung der typgerechten Funktionen von iSiM.
- II. Für mit dieser Richtlinie nicht erfasste, objektbezogene Randbedingungen, die im Einzelnen vor Herstellung und Einbau geklärt werden müssen, ist für den Fall des Einbaus eine Zustimmung des Systemherstellers erforderlich. Dieser kann in diesen Fällen objekt- und anlagenbezogen eine Einzelzustimmung erteilen.
- III. Diese Richtlinie gilt nur für Räume mit normaler Raumtemperatur und Luftfeuchte. Sie gilt nicht für Schwimmbäder, spezielle Feuchträume und Räume mit über dem Maß der üblichen hinausgehenden Belastungen und Anforderungen. Hier gelten die besonderen Vorschriften für Schwimmbäder und Nassräume. Es gelten die allgemein gültigen Richtlinien und Regelwerke, die Bauregelliste (Deutsches Institut für Bautechnik), die von den Verbänden für fachgerechte Verglasung in der jeweils neuesten Fassung herausgegeben werden. Insbesondere gelten:

- VOB/C ATV DIN 18 361; „Verglasungsarbeiten“.
- DIN/ÖN/EN-Normen „Verglasungsarbeiten“.
- Richtlinien der Isolierglashersteller.
- Die anerkannten Regeln der Technik.
- Relevante Teile der DIN V 18 073 „Rollläden, Markisen, Rolltore und sonstige Abschlüsse im Bauwesen – Begriffe, Anforderungen“.
- Die Systembeschreibung der Rahmenhersteller.

9.16.2 Verglasung von integrierten Systemen im Mehrscheiben-Isolierglas

9.16.2.1 Forderungen

Ein Verglasungssystem beruht auf den Grundforderungen eines:

- dichten Verglasungssystems,
- dichtstofffreien und
- nach außen offenen (Dampfdruckausgleich) Falzraumes und der
- Verträglichkeit aller verwendeten Materialien.

Diese und abweichende Verglasungssysteme, z. B. Structural Glazing, geklebte Fenstersysteme, Ganzglasecken und Glasstöße usw. sind mit dem Systemhersteller abzustimmen. Die Entscheidung über die Wirksamkeit und Eignung der gewählten Konstruktion kann nur durch die ausführende Firma beurteilt werden, da diese die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems Glas (iSiM) und Konstruktion sicherstellen muss.

9.16.2.2 Glasfalzausbildung

Bei der Bemessung des Glasfalzes ist zu berücksichtigen, dass sich die Gesamtglasdicke und die Randverbundbreite von üblichen Glassystemen unterscheidet.

9.16.2.3 Klotzung

Bei bestimmten iSiM ist im Glasfalz Raum für Kabelführung oder system-spezifische Komponenten vorzusehen. Dennoch muss eine funktionsfähige und regelkonforme Klotzung des Glaselementes sichergestellt werden.



9.16.3 Lagerung, Transport, Einbau, Prüfung

9.16.3.1 Funktionsprüfung

Lagerung, Transport und Manipulation (vertikal und horizontal) sind systembezogen und nach den Vorgaben des Herstellers durchzuführen. Die Isolierglaseinheiten mit iSiM sind in der Regel lot- und fluchtgerecht einzubauen.

Nach der Montage in Flügel- oder Festverglasungen ist nach dem Einstellen und Ausrichten der Isolierglaseinheit eine systembezogene Funktionsprüfung durchzuführen.

Beschädigungen und Veränderungen der Kabel, Kabelanschlüsse und -verbindungen sowie sonstigen Systemkomponenten, die sich am oder außerhalb des Isolierglaselementes befinden, sind nicht zulässig. Diese Elemente sind bei Lagerung, Transport und Einbau fachgerecht zu schützen.

Jedes iSiM ist im Zuge der Bauabwicklung gegebenenfalls mehrfach auf seine Funktion hin zu überprüfen. Dies schließt neben einer Überprüfung der Elemente an sich auch die herstellereigene Funktionsprüfung des iSiM ein.

9.16.3.2 Inbetriebnahme

Eine Prüfung und Inbetriebnahme von beweglichen iSiM ist unter den Randbedingungen einer gebräuchlichen Nutzung durchzuführen. (Siehe BF-Merkblatt 005) Dem Endkunden sind systembedingte Bedienerhinweise zu übergeben.

9.16.4 Kabelverbindung

9.16.4.1 Kabelverlegung

Sämtliche Durchbohrungen, Aussparungen, Kanten, Ecken usw., durch oder über welche Kabel verlegt werden, müssen entgratet sein, so dass eine Kabelverletzung ausgeschlossen ist. Es sind geeignete Kabeldurchführungen einzusetzen. Es ist darauf zu achten, dass keine Zuglasten in die Kabel eingebracht werden.

9.16.4.2 Zubehör

Zulässig sind nur vom Systemhersteller freigegebene Elektro- und Zubehörkomponenten.

9.16.5 Fensterkontakte und -übergänge

9.16.5.1 Kontakte

Die Anordnung der Fensterkontakte und -übergänge sind z. B. bei Dreh- bzw. Dreh-Kipp-Elementen vorzugsweise bandseitig und außerhalb der wasserführenden Ebene vorzunehmen.

9.17 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.



Hotel Jakarta, Amsterdam, Niederlande | SunGuard® SN 70/37
Architekt: Search Architecture and Urban planning | Foto: © Georges De Kinder

10. Produktauswahl

10.1	Floatglas	246
10.2	Wärmedämmglas	248
10.3	Sonnenschutzglas	250
10.4	Entspiegeltes Glas	267
10.5	Schallschutzglas	268
10.6	Sicherheitsglas	273



10.1 Floatglas

Tabelle 1: Guardian ExtraClear

Dicke	Licht- transmission	Licht- reflexion	Farb- wiedergabe- index R _s	Direkte Energie- transmission	Energie- reflexion	Energie- absorption	g-Wert	Shading coefficient [g / 0,87]	UV- Transmission
[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	85	8	7	87	1,00	72
6	90	8	99	84	8	8	86	0,99	70
8	90	8	98	82	8	10	85	0,97	65
10	89	8	98	79	8	13	83	0,95	61
12	88	8	97	78	8	14	81	0,94	59
15	88	8	97	75	7	18	79	0,91	56

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410.

Tabelle 2: Guardian UltraClear

Dicke	Licht- transmission	Licht- reflexion	Farb- wiedergabe- index R _s	Direkte Energie- transmission	Energie- reflexion	Energie- absorption	g-Wert	Shading coefficient [g / 0,87]	UV- Transmission
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]
2	91	8	100	91	8	1	91	1,05	87
3	91	8	100	90	8	2	91	1,04	86
4	91	8	100	90	8	2	90	1,04	84
5	91	8	100	89	8	3	90	1,03	83
6	91	8	100	89	8	3	90	1,03	82
8	90	8	100	88	8	4	89	1,02	79
10	90	8	100	87	8	5	88	1,01	76
12	89	8	99	86	8	6	87	1,01	74
15	89	8	99	85	8	8	86	0,99	71

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410.



10.2 Wärmedämmglas

Tabelle 3: ClimaGuard

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebar ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabindex R _s	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft / Krypton ²			Argon				
2-fach-Verglasung 4 (16) 4, Beschichtung an #3																	
Premium2	ExtraClear	neutral	82	12	13	98	58	28	14	64	0,73	1,4	1,1	T ³	T ³		
1.0+	ExtraClear	neutral	76	18	18	96	47	39	15	53	0,60	1,3	1,0	T ⁴	T ⁴		
3-fach-Verglasung 4 (14) 4 (14) 4, Beschichtung an Oberflächen #2 + 5																	
Premium2	ExtraClear	neutral	74	16	16	97	47	33	21	53	0,61	0,5 ²	0,6	T ³	T ³		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
² Krypton Gasfüllung (optimaler SZR für 2-fach- oder 3-fach-Isolierglas: 12 mm)
³ Entsprechende thermisch vorspannbare Version ClimaGuard Premium2 T
⁴ Entsprechende thermisch vorspannbare Version ClimaGuard 1.0+ T

Tabelle 4: ClimaGuard – Anti-Kondensat

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ²	Biegebar ²
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabedex R _s	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Krypton			Argon	[W/m ² K]		
3-fach-Verglasung 4 (14) 4 (14) 4, ClimaGuard DRY ¹ an Oberfläche #1	ExtraClear	neutral	72	17	17	97	45	29	26	53	0,61	0,5	0,6	T ³	T ³	

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Hersteller-toleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Beschichtung muß durch Wärmebehandlung (z. B. Vorspannen) aktiviert werden
² Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
³ Entsprechende thermisch vorspannbare Version ClimaGuard Premium2 T



10.3 Sonnenschutzglas

Tabelle 5: SunGuard eXtra Selective (SNX) – 2-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwiedergabefaktor R _s	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft			Argon				
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
SNX 70 HT	ExtraClear	neutral	68	13	14	93	30	44	26	32	0,36	1,3	1,0	ja	ja		
SNX 70 HT Ultra	UltraClear ³	neutral	68	13	14	95	31	50	19	32	0,37	1,3	1,0	ja	ja		
SNX 70	ExtraClear	neutral	67	11	12	95	31	37	32	33	0,38	1,3	1,0	nein	nein		
SNX 70 Ultra	UltraClear ³	neutral	67	11	12	96	32	42	26	33	0,39	1,3	1,0	nein	nein		
SNX 60	ExtraClear	neutral	60	13	13	93	27	38	35	29	0,34	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SNX 60 Ultra	UltraClear ³	neutral	60	13	13	95	28	44	28	29	0,34	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SNX 50	ExtraClear	neutral	50	10	13	90	22	36	42	24	0,28	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SNX 50 Ultra	UltraClear ³	neutral	50	10	12	91	22	42	36	24	0,28	1,3	1,0	HT ²	HT ²		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden
Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach
EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten
haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren
Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie
den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder

kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Entsprechende thermisch vorspannbare Version SunGuard SNX HT

³ Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear

Tabelle 6: SunGuard eXtra Selective (SNX) – 3-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwiedergabedex R _s [%]	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Krypton [W/m ² K]			Argon [W/m ² K]				
3-fach-Verglasung 6 (14) 4 (14) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, KlimaGuard Premium2 an Oberfläche #5																	
SNX 70 HT	ExtraClear	neutral	61	15	18	92	27	45	28	30	0,34	0,5	0,6	ja	ja		
SNX 70 HT Ultra	UltraClear ³	neutral	62	15	17	94	28	51	21	30	0,34	0,5	0,6	ja	ja		
SNX 70	ExtraClear	neutral	60	13	16	94	28	38	34	31	0,35	0,5	0,6	nein	nein		
SNX 70 Ultra	UltraClear ³	neutral	61	13	15	96	29	44	27	31	0,36	0,5	0,6	nein	nein		
SNX 60	ExtraClear	neutral	54	15	16	92	24	39	37	27	0,31	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SNX 60 Ultra	UltraClear ³	neutral	54	15	16	94	25	45	30	27	0,31	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SNX 50	ExtraClear	neutral	45	11	16	89	20	37	44	22	0,25	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SNX 50 Ultra	UltraClear ³	neutral	45	11	16	91	20	43	38	22	0,26	0,5	0,6	HT ²	HT ²		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
² Entsprechende thermisch vorspannbare Version SunGuard SNX HT
³ Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear



Tabelle 7: SunGuard SuperNeutral (SN) – 2-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwiedergabefähigkeit R _s [%]	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Reflexion innen [%]			Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]			Reflexion außen [%]
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2																	
SN 75 HT	ExtraClear	neutral	70	13	14	95	38	39	23	40	0,46	1,3	1,0	ja	ja		
SN 75 HT Ultra	UltraClear ³	neutral	76	13	14	95	40	44	16	41	0,47	1,3	1,0	ja	ja		
SN 75	ExtraClear	neutral	73	12	13	96	38	37	25	40	0,46	1,3	1,0	nein	nein		
SN 75 Ultra	UltraClear ³	neutral	73	12	13	97	39	43	18	41	0,47	1,3	1,0	nein	nein		
SN 70S	ExtraClear	neutral	70	11	13	95	37	38	25	39	0,45	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 70/37	ExtraClear	neutral	70	11	12	93	35	39	26	37	0,42	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 70/35	ExtraClear	neutral blau	70	14	15	94	33	42	25	35	0,40	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 63	ExtraClear	neutral	63	12	16	92	31	37	31	33	0,38	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 51	ExtraClear	neutral	51	14	13	91	25	38	37	27	0,31	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 40/23	ExtraClear	neutral blau	40	16	32	91	21	36	43	23	0,27	1,3	1,0	HT ²	HT ²		
SN 29/18	ExtraClear	neutral blau	29	17	27	90	16	33	52	18	0,21	1,3	1,0	HT ²	HT ²		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellertoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
² Entsprechende thermisch vorspannbare Version SunGuard SN HT
³ Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear

Tabelle 8: SunGuard SuperNeutral (SN) – 3-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabefaktor R _s	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Krypton			Argon	[W/m ² K]			
3-fach-Verglasung 6 (14) 4 (14) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimateGuard Premium2 an Oberfläche #5																	
SN 75 HT	ExtraClear	neutral	68	16	17	94	33	40	27	37	0,42	0,5	0,6	ja	ja		
SN 75 HT Ultra	UltraClear ³	neutral	69	16	17	95	35	46	19	38	0,44	0,5	0,6	ja	ja		
SN 75	ExtraClear	neutral	66	14	16	95	33	38	29	37	0,42	0,5	0,6	nein	nein		
SN 75 Ultra	UltraClear ³	neutral	67	14	16	97	35	44	21	38	0,43	0,5	0,6	nein	nein		
SN 70S	ExtraClear	neutral	64	14	17	94	32	40	28	36	0,41	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 70/37	ExtraClear	neutral	64	14	16	92	31	40	29	34	0,39	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 70/35	ExtraClear	neutral blau	64	16	18	94	29	43	28	32	0,37	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 63	ExtraClear	neutral	57	14	19	91	28	38	34	31	0,32	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 51	ExtraClear	neutral	46	15	17	91	22	38	40	25	0,29	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 40/23	ExtraClear	neutral blau	37	16	32	90	19	36	45	21	0,24	0,5	0,6	HT ²	HT ²		
SN 29/18	ExtraClear	neutral blau	26	18	28	89	13	33	54	16	0,18	0,5	0,6	HT ²	HT ²		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellerstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
² Entsprechende thermisch vorspannbare Version SunGuard SN HT
³ Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear



Tabelle 9: SunGuard High Performance (HP) – 2-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabindex R _s	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft			Argon	Vorspannbar ²		
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2																
HP Light Blue 62/52	ExtraClear	neutral blau	62	16	12	96	48	17	35	52	0,59	1,7	1,5	ja		
HP Neutral 60/40 ²	ExtraClear	neutral	60	25	20	93	38	35	27	40	0,46	1,4	1,1	ja		
HP Neutral 50/32	ExtraClear	neutral	50	26	23	94	30	40	30	32	0,37	1,4	1,1	ja		
HP Silver 43/31	ExtraClear	silber blau	43	32	16	31	29	37	34	31	0,36	1,4	1,2	ja		
HP Amber 41/29	ExtraClear	hellbronze	41	25	17	87	27	37	36	29	0,34	1,4	1,1	ja		
HP Neutral 41/33	ExtraClear	neutral	41	22	12	91	29	25	46	33	0,38	1,6	1,4	ja		
HP Royal Blue 41/29	ExtraClear	tiefblau	40	27	27	95	26	31	43	29	0,33	1,4	1,1	ja		
HP Bright Green 40/29 ²	ExtraClear	hellgrün	40	37	24	95	26	24	60	29	0,33	1,4	1,1	ja		
HP Bronze 40/27	ExtraClear	dunkelbronze	40	15	26	90	24	27	49	27	0,31	1,4	1,1	ja		
HP Silver 35/26	ExtraClear	hell silber	35	44	23	98	24	43	33	27	0,30	1,4	1,2	ja		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden
Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach
EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten
haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren
Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie
den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder

kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Parameter nach Vorspannen

Tabelle 10: SunGuard High Performance (HP) – 3-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabedex R _s [%]	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Krypton			Argon	[W/m ² K]			
3-fach-Verglasung 6 (14) 4 (14) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimateGuard Premium ² an Oberfläche #5																	
HP Light Blue 62/52	Extra Clear	neutral blau	56	18	15	95	36	21	43	42	0,48	0,6	0,7	ja	ja		
HP Neutral 60/40 ²	Extra Clear	neutral	55	26	22	93	31	37	31	36	0,41	0,5	0,6	ja	ja		
HP Neutral 50/32	Extra Clear	neutral	46	27	25	93	25	41	34	29	0,33	0,5	0,6	ja	ja		
HP Silver 43/31	Extra Clear	silber blau	39	33	19	94	23	38	39	27	0,31	0,5	0,6	ja	ja		
HP Amber 41/29	Extra Clear	hellbronze	37	26	20	87	22	38	40	26	0,29	0,5	0,6	ja	ja		
HP Neutral 41/33	Extra Clear	neutral	37	23	16	90	23	26	51	27	0,31	0,6	0,7	ja	ja		
HP Royal Blue 41/29	Extra Clear	tiefblau	36	28	28	94	21	32	47	25	0,29	0,5	0,6	ja	ja		
HP Bright Green 40/29 ²	Extra Clear	hellgrün	36	38	26	94	21	25	54	25	0,29	0,5	0,6	ja	ja		
HP Bronze 40/27	Extra Clear	dunkelbronze	36	16	27	89	20	27	53	24	0,28	0,5	0,6	ja	ja		
HP Silver 35/26	Extra Clear	hell silber	32	44	25	97	19	44	37	23	0,26	0,5	0,6	ja	ja		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden
Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach
EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten
haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren
Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie
den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder
kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Parameter nach Vorspannen



Tabelle 11: SunGuard High Durable (HD) – Einfach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht						Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _g -Wert [W/m ² K]	Vorspannbar	Biegebart ¹
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabindex R _s	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Transmission [%]	Reflexion außen [%]						
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	70	27	28	97	69	21	10	72	0,82	5,6	ja	ja			
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	66	16	18	99	63	13	24	68	0,79	5,7	ja	ja			
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	66	32	33	99	67	24	9	69	0,80	5,7	ja	ja			
HD Diamond 66 Ultra	UltraClear	hell silber	66	32	33	98	71	26	3	72	0,83	5,7	ja	ja			
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	52	17	17	99	50	14	36	58	0,67	5,5	ja	ja			
HD Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	33	23	22	96	31	19	50	42	0,48	5,3	ja	ja			
HD Royal Blue 20	ExtraClear	tieflblau	21	22	32	98	19	21	60	32	0,36	4,9	ja	ja			
HD Silver 20	ExtraClear	silber	20	34	28	94	19	29	52	29	0,34	5,0	ja	ja			
HD Silver 10	ExtraClear	silber	10	44	38	98	10	38	52	20	0,23	4,7	ja	ja			

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungsstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

Tabelle 12: SunGuard High Durable (HD) – Einfachverglasung VSG

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Farbwieder- gabedex R _a	Solare Energie				g-Wert (g/0,87)	U _g -Wert [W/m ² K]	Vorspannbar ¹	Biegebar ¹	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600	
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Direkte Transmission		Reflexion außen	Absorption	Reflexion außen	Reflexion innen							g-Wert [%]
Einfach-Verglasung VSG 66 2, klare PVB-Folie, Beschichtung an Oberfläche #4																		
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	68	26	28	60	97	18	22	65	0,75	5,3	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	64	16	18	99	54	12	34	62	0,71	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	65	31	33	99	58	21	21	63	0,72	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	51	17	17	98	43	12	45	53	0,61	5,2	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	32	23	22	96	26	16	58	39	0,45	5,0	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	21	21	32	98	17	17	66	30	0,35	4,7	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Silver 20	ExtraClear	silber	20	33	28	93	16	24	60	28	0,32	4,7	ja	ja	P2A	1(B)1		
HD Silver 10	ExtraClear	silber	10	42	38	97	8	31	59	20	0,23	4,5	ja	ja	P2A	1(B)1		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungsoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.



Tabelle 12: SunGuard High Durable (HD) – Einfachverglasung VSG

Fortsetzung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _g -Wert [W/m ² K]	Vorspannbar ¹	Biegebar ¹	Kugelfall EN 356	Pendelschlag EN 12600
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabedex R _a	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]								
Einfach-Verglasung VSG 66.2, PVB-Folie leicht solar absorbierend ² , Beschichtung an Oberfläche #4																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	64	23	28	98	41	14	45	52	0,59	5,3	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	60	15	18	96	38	9	53	50	0,58	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	60	28	33	97	39	15	45	50	0,57	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	48	15	17	95	30	10	60	44	0,50	5,2	ja	ja	P2A	1(B)1	
Einfach-Verglasung VSG 66.2, PVB-Folie medium solar absorbierend ³ , Beschichtung an Oberfläche #4																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	58	20	28	95	30	11	59	44	0,51	5,3	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	55	13	17	93	28	8	64	43	0,50	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	55	24	33	94	29	13	58	43	0,49	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	44	14	17	92	23	8	69	39	0,44	5,2	ja	ja	P2A	1(B)1	

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden

Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach

EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten

haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren

Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie

den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder

kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Saflex SH-41

³ Saflex SG-41

Tabelle 13: SunGuard High Durable (HD) – VSG – Beschichtung innenlaminiert

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert	Shad. coefficient (g/0,87)	U _g -Wert	Vorspannbar ¹	Biegebar ¹	Kugelfall ¹ EN 356	Pendelschlag ¹ EN 12600
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwieder- gabedex R _a	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption	[%]							
VSG 66.2, PVB-Folie klar, Beschichtung an Oberfläche #2																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	77	19	19	98	65	15	20	69	0,80	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	70	13	12	98	57	11	32	65	0,75	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	75	22	23	99	63	17	20	68	0,78	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	55	15	11	98	46	12	42	56	0,64	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
VSG 66.2, PVB-Folie leicht solar-absorbierend ² , Beschichtung an Oberfläche #2																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	72	18	17	97	45	14	41	55	0,63	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	65	13	11	95	40	10	50	52	0,60	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	70	22	20	96	44	16	40	54	0,62	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	52	15	10	95	32	12	56	46	0,52	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
VSG 66.2, PVB-Folie medium solar-absorbierend ³ , Beschichtung an Oberfläche #2																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	66	18	15	93	34	14	52	46	0,53	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	60	12	10	92	31	10	59	45	0,51	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	64	21	18	93	33	15	52	45	0,52	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	47	14	9	92	25	12	63	40	0,45	5,4	ja	ja	P2A	1(B)1	

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Saflex SH-41

³ Saflex SG-41

⁴ Zusätzliche Prüfungen oder Gutachten können länderspezifisch erforderlich sein, um die Kombinationen als Sicherheitsglas nachzuweisen.



Tabelle 14: SunGuard High Durable (HD) – 2-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Biegebart ¹
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder-gabindex R _s [%]	Direkte Trans-mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft			Argon		
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimateGuard Premium2 an Oberfläche #3															
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	64	29	29	97	46	37	17	51	0,59	1,4	1,1	ja	ja
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	59	18	20	98	42	25	33	48	0,55	1,4	1,1	ja	ja
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	60	34	33	99	45	40	15	50	0,57	1,4	1,1	ja	ja
HD Diamond 66 Ultra	UltraClear ²	hell silber	61	34	33	98	48	44	8	52	0,60	1,4	1,1	ja	ja
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	47	19	20	98	34	21	45	39	0,45	1,4	1,1	ja	ja
HD Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	30	24	24	96	21	22	57	26	0,30	1,4	1,1	ja	ja
HD Royal Blue 20	ExtraClear	tiefblau	20	22	32	98	14	22	64	18	0,21	1,4	1,1	ja	ja
HD Silver 20	ExtraClear	silber	19	34	28	93	13	30	57	17	0,20	1,4	1,1	ja	ja
HD Silver 10	ExtraClear	silber	9	44	37	97	7	39	54	10	0,12	1,4	1,1	ja	ja

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungs-toleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear

Tabelle 14: SunGuard High Durable (HD) – 2-fach-Verglasung

Fortsetzung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar	Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabende R _s [%]	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft [W/m ² K]			Argon [W/m ² K]				
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimaGuard 1.0+ an Oberfläche #3																	
HD Silver 70	ExtraClear	silber blau	59	32	32	96	38	45	17	43	0,49	1,3	1,0	ja	ja		
HD Neutral 67	ExtraClear	neutral	55	21	25	96	34	31	35	40	0,45	1,3	1,0	ja	ja		
HD Diamond 66	ExtraClear	hell silber	56	37	36	97	37	37	36	42	0,48	1,3	1,0	ja	ja		
HD Diamond 66 Ultra	UltraClear ²	hell silber	57	37	36	97	39	53	8	43	0,49	1,3	1,0	ja	ja		
HD Light Blue 52	ExtraClear	neutral blau	44	20	24	96	27	25	48	32	0,37	1,3	1,0	ja	ja		
HD Silver Grey 32	ExtraClear	hellgrau	28	25	28	95	17	27	59	22	0,25	1,3	1,0	ja	ja		
HD Royal Blue 20	ExtraClear	tieflau	18	22	35	96	12	22	66	16	0,18	1,3	1,0	ja	ja		
HD Silver 20	ExtraClear	silber	17	35	32	93	11	31	58	15	0,17	1,3	1,0	ja	ja		
HD Silver 10	ExtraClear	silber	9	44	40	96	6	39	55	9	0,10	1,3	1,0	ja	ja		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

² Substrat der inneren und äußeren Scheibe jeweils Guardian UltraClear



Tabelle 15: SunGuard Solar – 2-fach-Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _s -Wert		Biegebart ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwieder- gabindex R _s	Direkte Trans- mission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft			Argon	Vorspannbar ¹		
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimateGuard Premium2 an Oberfläche #3																
Solar Bright Green 20	ExtraClear	hellgrün	19	35	11	96	12	20	68	16	0,18	1,4	1,1	ja	ja	
Solar Bronze 20	ExtraClear	bronze	19	17	14	93	12	20	68	16	0,18	1,4	1,1	ja	ja	
Solar Gold 20	ExtraClear	gold	21	26	13	95	13	17	70	17	0,19	1,4	1,1	ja	ja	
Solar Grey 20	ExtraClea	dunkelgrau	19	10	7	96	13	12	75	18	0,20	1,4	1,1	ja	ja	
2-fach-Verglasung 6 (16) 4, Beschichtung an Oberfläche #2, ClimateGuard 1.0+ an Oberfläche #3																
Solar Bright Green 20	ExtraClear	hellgrün	17	35	17	94	10	20	70	14	0,16	1,3	1,0	ja	ja	
Solar Bronze 20	ExtraClear	bronze	18	17	19	92	10	20	70	14	0,16	1,3	1,0	ja	ja	
Solar Gold 20	ExtraClear	gold	19	27	19	97	11	18	71	15	0,17	1,3	1,0	ja	ja	
Solar Grey 20	ExtraClea	dunkelgrau	17	11	13	95	11	12	77	15	0,17	1,3	1,0	ja	ja	

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungsstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410, U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

Tabelle 16: SunGuard RD – Radar-Reflexionsdämpfende Verglasung

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert		U _s -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebart ¹
			Transmission	Reflexion außen	Reflexion innen	Farbwiedergabewert R _a	Direkte Transmission	Reflexion außen	Absorption	g-Wert	Shad. coefficient (g/0,87)	Luft	Argon	W/m ² K		
RD 60 HT	ExtraClear	neutral	59	18	14	95	36	18	46	42	0,48	1,4	1,1	ja	ja	

Typischer Glasaufbau für Radar-Reflexions-Dämpfungsanforderungen (Flughafen SSR Radar). Die Beschichtung SunGuard RD 60 HT¹ muß vorgespannt sein, um die korrekten elektrischen Eigenschaften sicherzustellen. Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.
² Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das DIBt für Anwendungen in Deutschland.



Tabelle 17: Farblich angepasste Brüstungsgläser

Guardian SunGuard® Verglasung	Monolithische Brüstung		Isoliertes Brüstung² (Beschichtung an #2 + Emaillierung an #4)
	emailiert¹	Shadow-Box (ventiliert mit schwarzem Hintergrund)	
Guardian SunGuard® eXtra Selective			
SNX 70	-	-	SG SNX 70
SNX 70 HT	Floatglas + WO-E-14-7065 (Typ grau) Floatglas + WO-B-14-7066 (Typ blau)	SG HD Light Blue 52	SG SNX 70 HT
SNX 60	Floatglas + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG SNX 60
SNX 50	Floatglas + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG SNX 50
Guardian SunGuard® SuperNeutral™			
SN 75	Floatglas + WO-E-14-7065 (Typ grau) Floatglas + WO-B-14-7066 (Typ blau)	-	SG SN 75
SN 70S	Floatglas + WO-E-14-7063	-	SG SN 70S
SN 70/37	Floatglas + WO-E-14-7063	-	SG SN 70/37
SN 70/35	Floatglas + WO-B-14-7067	-	SG SN 70/35
SN 63	Floatglas + WO-B-14-7064	SG HD Light Blue 52	SG SN 63
SN 51	Floatglas + WO-E-14-7063 (Typ grau) Floatglas + WO-B-14-7064 (Typ blau)	SG HD Light Blue 52	SG SN 51
SN 40/23	Floatglas + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG SN 40/23

Die Informationen sind allgemeine Empfehlungen. Sie basieren auf Bemusterungen und können nur subjektive Vorschläge sein. Verträglichkeitstests wurden mit den angegebenen Emaille-Typen durchgeführt. Andere Farben können aus anderen Zusammensetzungen bestehen, weshalb es zu Unverträglichkeiten, speziell zu SunGuard-Beschichtungen oder zu anderen Farberscheinungen kommen kann. Es liegt in der Verantwortung des Glasverarbeiters und Nutzers dieser Information, jegliche Verträglichkeiten sicherzustellen und durch geeignete Bemusterungen, ideal in Originalabmessungen, den Farbdruck bzw. die Farbanpassung der Brüstungen zum jeweiligen Isolierglas darzustellen.

¹ Die genannten Emaille-Typen von Ferro und Ceramic Colors Wolbring (WO) basieren auf dem Typ FERRO System 140 und speziellen Farbmischungen, farblich angepasst zu den entsprechenden Isoliergläsern. Kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service für weitere Informationen.

² Isolierglas-Brüstungen simulieren die Tiefe eines Raumes. Nach unseren Erfahrungen, sind schwarze (z. B. RAL 9005) oder dunkelgraue (z. B. RAL 7021) Farben besonders geeignet, eine gute Ähnlichkeit zum transparenten Glas zu erreichen. Der SZR sollte auf 8 mm beschränkt bleiben, um Klimabelastungen zu minimieren. Durch die erhöhte Energieabsorption sind die Gläser in der Regel vorzuspannen.

Tabelle 17: Farblich angepasste Brüstungsgläser

Fortsetzung

Guardian SunGuard® Verglasung	Monolithische Brüstung		Isoliertglas-Brüstung ² (Beschichtung an #2 + Emaillierung an #4)
	emailliert ¹	Shadow-Box (ventiliert mit schwarzem Hintergrund)	
SN 29 / 18	Floatglas + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG SN 29/18
Guardian SunGuard® High Performance			
HP Light Blue 62 / 52	Floatglas + WO-B-14-7067		SG HP Light Blue 62/52
HP Neutral 60 / 40	Floatglas + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver Grey 32	SG HP Neutral 60/40
HP Neutral 50 / 32	Floatglas + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver Grey 32	SG HP Neutral 50/32
HP Silver 43 / 31	-	SG HD Silver 70	SG HP Silver 43/31
HP Neutral 41 / 33	Floatglas + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver Grey 32	SG HP Neutral 41/33
HP Amber 41 / 29	-	-	SG HP Amber 41/29
HP Royal Blue 41 / 29	SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG HP Royal Blue 41/29
HP Bronze 40 / 27	SG Solar Bronze 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	-	SG HP Bronze 40/27
HP Bright Green 40 / 29	SG Solar Bright Green 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	-	SG HP Bright Green 40/29
HP Silver 35 / 26	SG HD Silver 10 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver 10	SG HP Silver 35/26

¹ Die Informationen sind allgemeine Empfehlungen. Sie basieren auf Bemusterungen und können nur subjektive Vorschläge sein. Verträglichkeitstests wurden mit den angegebenen Emaille-Typen durchgeführt. Andere Farben können aus anderen Zusammensetzungen bestehen, weshalb es zu Unverträglichkeiten, speziell zu SunGuard-Beschichtungen oder zu anderen Farbscheinungen kommen kann. Es liegt in der Verantwortung des Glasverarbeiters und Nutzers dieser Information, jegliche Verträglichkeiten sicherzustellen und durch geeignete Bemusterungen, ideal in Originalabmessungen, den Farbeindruck bzw. die Farbanpassung der Brüstungen zum jeweiligen Isoliertglas darzustellen.

² Die genannten Emaille-Typen von Ferro und Ceramic Colors Wolbring (WO) basieren auf dem Typ FERRO System 140 und speziellen Farbmitteilungen. Kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service für weitere Informationen. Isoliertglas-Brüstungen simulieren die Tiefe eines Raumes. Nach unseren Erfahrungen, sind schwarze (z. B. RAL 9005) oder dunkelgraue (z. B. RAL 7021) Farben besonders geeignet, eine gute Ähnlichkeit zum transparenten Glas zu erreichen. Der SZR sollte auf 8 mm beschränkt bleiben, um Klimabelastungen zu minimieren. Durch die erhöhte Energieabsorption sind die Gläser in der Regel vorzuspannen.



Tabelle 17: Farblich angepasste Brüstungsgläser

Fortsetzung

Guardian SunGuard® Verglasung	Monolithische Brüstung		Isoliertglas-Brüstung ² (Beschichtung an #2 + Emaillierung an #4)
	emailliert ¹	Shadow-Box (ventiliert mit schwarzem Hintergrund)	
Guardian SunGuard® High Durable			
HD Silver 70	-	SG HD Silver 70	SG HD Silver 70
HD Neutral 67	Floatglas + WO-E-14-7063 (Typ grau) Floatglas + WO-B-14-7064 (Typ blau)	SG HD Neutral 67	SG HD Neutral 67
HD Diamond 66	-	SG HD Diamond 66	SG HD Diamond 66
HD Light Blue 52	Floatglas + WO-E-14-7063 (Typ grau) Floatglas + WO-B-14-7064 (Typ blau)	SG HD Light Blue 52	SG HD Light Blue 52
HD Silver Grey 32	Floatglas + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver Grey 32	SG HD Silver Grey 32
HD Royal Blue 20	SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Royal Blue 20	SG HD Royal Blue 20
HD Silver 20	SG HD Silver 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver 20	SG HD Silver 20
HD Silver 10	SG HD Silver 10 + Ferro 140 15 4001 an #2	SG HD Silver 10	SG HD Silver 10
Guardian SunGuard® Solar			
Solar Bronze 20	SG Solar Bronze 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	-	SG Solar Bronze 20
Solar Gold 20	-	-	SG Solar Gold 20
Solar Grey 20	-	-	SG Solar Grey 20
Solar Bright Green 20	SG Solar Bright Green 20 + Ferro 140 15 4001 an #2	-	SG Solar Bright Green 20

Die Informationen sind allgemeine Empfehlungen. Sie basieren auf Bemusterungen und können nur subjektive Vorschläge sein. Verträglichkeitstests wurden mit den angegebenen Emaille-Typen durchgeführt. Andere Farben können aus anderen Zusammensetzungen bestehen, weshalb es zu Unverträglichkeiten, speziell zu SunGuard-Beschichtungen oder zu anderen Farberscheinungen kommen kann. Es liegt in der Verantwortung des Glasverarbeiters und Nutzers dieser Information, jegliche Verträglichkeiten sicherzustellen und durch geeignete Bemusterungen, ideal in Originalabmessungen, den Farbeindruck bzw. die Farbanpassung der Brüstungen zum jeweiligen Isoliertglas darzustellen.

¹ Die genannten Emaille-Typen von Ferro und Ceramic Colors Wolbring (WO) basieren auf dem Typ FERRO System 140 und speziellen Farbmischungen, farblich angepasst zu den entsprechenden Isoliertgläsern. Kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service für weitere Informationen.

² Isoliertglas-Brüstungen simulieren die Tiefe eines Raumes. Nach unseren Erfahrungen, sind schwarze (z. B. RAL 9005) oder dunkelgrau (z. B. RAL 7021) Farben besonders geeignet, eine gute Ähnlichkeit zum transparenten Glas zu erreichen. Der SZR sollte auf 8 mm beschränkt bleiben, um Klimabelasten zu minimieren. Durch die erhöhte Energieabsorption sind die Gläser in der Regel vorzuspannen.

10.4 Entspiegeltes Glas

Tabelle 18: Guardian Clarity™

Produkt	Glassubstrat	Farbe	Licht				Solare Energie				g-Wert [%]	Shad. coefficient (g/0,87)	U _p -Wert		Vorspannbar ¹	Biegebar ¹	
			Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Reflexion innen [%]	Farbwiedergabefindex R _a [%]	Direkte Transmission [%]	Reflexion außen [%]	Absorption [%]	Luft [W/m ² K]			Argon [W/m ² K]				
Einfachverglasung VSG 66.2, Beschichtung an Oberflächen #1 + #4																	
Clarity	UltraClear	neutral	96	0,5	0,5	99	75	11	14	78	0,90	5,4	-	ja	ja		
2-fach-Verglasung 8 (16) 8, Beschichtung an Oberflächen #1, #2, #3 + #4																	
Clarity	UltraClear	neutral	94	0,9	0,9	99	69	17	14	73	0,84	2,7	2,6	ja	ja		
2-fach-Verglasung 66.2 (16) 44.2, Beschichtung an Oberflächen #1, #4 + #8, ClimaGuard Premium2 an #5																	
Clarity	UltraClear	neutral	89	1,5	2,1	97	55	22	23	61	0,70	1,3	1,1	ja	ja		
2-fach-Verglasung 66.2 (16) 44.2, Beschichtung an Oberflächen #1, #5 + #8, SunGuard SN 70/37 an #2																	
Clarity	UltraClear	neutral	77	2,4	2,2	93	36	34	30	38	0,44	1,3	1,0	ja	ja		

Die technischen Parameter sind Nennwerte und unterliegen entsprechenden Herstellungstoleranzen. Spektrometrische Daten nach EN 410. U-Werte nach EN 673. Alle Informationen bezüglich Weiterverarbeitungsmöglichkeiten haben allgemeinen Charakter. Für weiterführende Informationen konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.

¹ Konsultieren Sie bitte die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service.



10.5 Schallschutzglas

- Alle Schalldämmwerte sind gültig für argon- und luftgefülltes Isolierglas (nach EN 12758).
- Mit Krypton gefüllte Isoliergläser sind mit „Kr“ gekennzeichnet.
- PVB: Standard PVB-Folie (Guardian LamiGlass)
- SR: Akustik-PVB-Folie (Guardian LamiGlass Acoustic)
- U_g -Werte und spektrophotometrische Daten müssen entsprechend verwendeter Funktionsbeschichtungen ermittelt werden (→ Kapitel 11.1.1).
- EN 12758:2019: Die Werte für Isoliergläser mit einem Abstandhalter = 12 mm können für dasselbe MIG mit breiterem Abstandhalter übernommen werden.
- Die Einbauorientierung hat keinen Einfluss auf die Schalldämmleistung (d.h. Gläser können auch gedreht werden).

Tabelle 19: Schalldämmglas – Einfachverglasung

Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß	Korrektur-faktor hohe Frequenzen	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen	Kugel-fall	Pendel-schlag
	R_w [dB]	C [dB]	C_x [dB]	EN 356	EN 12600
33.1 SR	36	-1	-4	P1A	1(B)1
33.2 SR	35	-1	-4	P2A	1(B)1
44.1 SR	38	-1	-4	P1A	1(B)1
44.2 SR	38	-1	-4	P1A	1(B)1
44.4 SR	37	-1	-3	P4A	1(B)1
55.1 SR	39	-1	-4	P1A	1(B)1
55.2 SR	39	-1	-3	P2A	1(B)1
66.1 SR	40	-1	-3	P1A	1(B)1
66.2 SR	39	0	-2	P2A	1(B)1
88.1 SR	41	-1	-3	npd	1(B)1
88.2 SR	41	0	-2	npd	1(B)1
1010.1 SR	43	-1	-3	npd	npd
1010.2 SR	43	-1	-3	npd	npd
1212.4 SR	44	0	-3	npd	npd

Tabelle 20: Schalldämmglas – 2-fach-Verglasung

Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß	Korrektur-faktor hohe Frequenzen	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen	Kugel-fall	Pendel-schlag
	R _w [dB]	C [dB]	C _r [dB]	EN 356	EN 12600
4 (12) 4	29	-1	-3	-	-
4 (16) 4	30	-1	-4	-	-
5 (12) 5	31	-1	-4	-	-
5 (12) 4	32	-1	-3	-	-
6 (12) 4	33	-1	-3	-	-
6 (12) 5	34	-1	-3	-	-
8 (12) 4	34	-1	-4	-	-
6 (16) 4	34	-1	-5	-	-
33.1 SR (12) 4	34	-1	-4	P1A	1(B)1
6 (16) 6	35	-2	-4	-	-
8 (12) 5	35	-1	-4	-	-
8 (12) 6	35	-1	-3	-	-
8 (16) 4	35	-2	-5	-	-
8 (16) 8	35	-1	-4	-	-
33.1 PVB (12) 6	35	-1	-5	-	2(B)2
44.1 PVB (12) 4	36	-1	-5	-	2(B)2
55.1 PVB (12) 4	36	-1	-4	-	1(B)1
33.1 PVB (12) 5	36	-1	-5	-	2(B)2
33.1 PVB (12) 33.1 PVB	36	-1	-5	-	2(B)2
44.1 PVB (12) 5	36	-1	-4	-	2(B)2
10 (16) 4	37	-2	-6	-	-
44.1 PVB (12) 6	37	-1	-5	-	2(B)2
55.1 PVB (12) 6	37	-1	-4	-	1(B)1
33.1 PVB (12) 8	37	-1	-4	-	2(B)2
44.1 PVB (12) 44.1 PVB	37	-1	-4	-	2(B)2
44.2 PVB (16) 8	37	-1	-5	P2A	1(B)1
33.1 SR (16) 4	37	-1	-5	P1A	1(B)1
44.2 PVB (16) 6	38	-1	-5	P2A	1(B)1
44.4 PVB (16) 8	38	-1	-5	P4A	1(B)1
44.1 PVB (12) 33.1 PVB	38	-1	-4	-	2(B)2
33.1 SR (16) 4	38	-3	-7	P1A	1(B)1
33.1 SR (20) 4	38	-2	-7	P1A	1(B)1
33.1 SR (16) 5	38	-2	-7	P1A	1(B)1
10 (16) 6	39	-1	-4	-	-
66.1 PVB (12) 6	39	-1	-4	P1A	1(B)1
66.1 PVB (12) 10	39	-1	-3	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 4	39	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 5	39	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 PVB (16) 10	40	-2	-5	-	2(B)2
55.1 PVB (16) 8	40	-1	-4	-	1(B)1



Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß R _w [dB]	Korrektur-faktor hohe Frequenzen C [dB]	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen C _v [dB]	Kugel-fall EN 356	Pendel-schlag EN 12600
44.2 PVB (16) 6	40	-3	-7	P2A	1(B)1
55.1 PVB (16) 44.1 PVB	40	-2	-5	-	1(B)1
55.1 PVB (16) 55.1 PVB	40	-2	-6	-	1(B)1
55.2 PVB (20) 6	40	-1	-5	P2A	1(B)1
66.1 PVB (12) 33.1 PVB	40	-1	-4	P1A	1(B)1
33.1 SR (16) 6	40	-2	-7	P1A	1(B)1
33.1 SR (16) 33.1 SR	40	-2	-7	P1A	1(B)1
44.1 SR (12) 33.1 PVB	40	-3	-7	P1A	1(B)1
55.1 SR (12) 6	40	-1	-5	P1A	1(B)1
55.1 SR (16) 8	40	-1	-4	P1A	1(B)1
55.2 PVB (16) 8	41	-1	-4	P2A	1(B)1
66.1 PVB (12) 44.1 PVB	41	-1	-3	P1A	1(B)1
44.1 PVB (16) 33.1 SR	41	-2	-6	P1A	1(B)1
66.1 PVB (16) 8	42	-2	-4	P1A	1(B)1
66.1 PVB (16) 55.1 PVB	42	-1	-4	P1A	1(B)1
66.1 PVB (16) 66.1 PVB	42	-1	-4	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 6	42	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 33.1 SR	42	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (20) 33.1 SR	42	-2	-7	P1A	1(B)1
44.2 SR (16) 6	42	-2	-6	P2A	1(B)1
44.2 SR (16) 8	42	-1	-5	P2A	1(B)1
55.2 SR (16) 6	42	-2	-6	P2A	1(B)1
44.1 SR (16) 33.1 PVB	42	-2	-6	P1A	1(B)1
66.2 PVB (16) 10	43	-2	-5	P2A	1(B)1
44.1 SR (16) 44.1 PVB	43	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (14) 6 - Kr	43	-3	-8	P1A	1(B)1
55.2 SR (16) 8	43	-1	-5	P2A	1(B)1
55.2 SR (18) 8	43	-1	-6	P2A	1(B)1
44.1 SR (20) 6	43	-2	-7	P1A	1(B)1
66.1 SR (16) 6	43	-2	-5	P1A	1(B)1
66.2 SR (16) 8	43	-2	-5	P2A	1(B)1
55.1 PVB (16) 44.1 PVB	44	-2	-7	-	1(B)1
44.1 SR (20) 8	44	-3	-7	P1A	1(B)1
66.1 PVB (16) 44.1 SR	44	-1	-5	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 10	44	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 44.1 SR	44	-2	-7	P1A	1(B)1
66.1 SR (16) 44.1 SR	44	-1	-5	P1A	1(B)1
55.2 SR (16) 10	44	-1	-4	P2A	1(B)1
88.4 PVB (18) 10	45	-1	-4	P4A	1(B)1
55.2 SR (16) 10	45	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (18) 10	45	-2	-6	P1A	1(B)1
66.1 SR (16) 10	45	-2	-6	P1A	1(B)1

Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß R _w [dB]	Korrektur-faktor hohe Frequenzen C [dB]	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen C _r [dB]	Kugel-fall EN 356	Pendel-schlag EN 12600
1212.4 SR (16) 12	45	-1	-4	P4A	1(B)1
55.1 SR (16) 44.1 SR	46	-2	-7	P1A	1(B)1
66.2 SR (20) 10	46	-2	-6	P2A	1(B)1
66.1 SR (16) 55.1 SR	48	-2	-6	P1A	1(B)1
66.1 SR (16) 66.1 SR	49	-2	-6	P1A	1(B)1
66.2 SR (16) 44.2 SR	49	-2	-7	P2A	1(B)1
66.2 SR (20) 55.2 SR	49	-2	-6	P2A	1(B)1
88.2 SR (16) 66.2 SR	51	-1	-4	P2A	1(B)1
66.4 SR (20) 44.4 SR	51	-2	-6	P4A	1(B)1
88.4 SR (20) 55.2 SR	51	-2	-6	P4A	1(B)1
88.2 SR (24) 46.2 SR	52	-2	-6	P2A	1(B)1

Tabelle 21: Schalldämmglas – 3-fach-Verglasung

Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß R _w [dB]	Korrektur-faktor hohe Frequenzen C [dB]	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen C _r [dB]	Kugel-fall EN 356	Pendel-schlag EN 12600
4 (8) 4 (8) 4 - Kr	31	-1	-4	-	-
4 (12) 4 (12) 4	31	-1	-5	-	-
4 (14) 4 (14) 4	31	-1	-5	-	-
4 (16) 4 (16) 4	32	-1	-5	-	-
4 (12) 4 (12) 4 - Kr	33	-1	-5	-	-
6 (10) 4 (10) 4 - Kr	34	-1	-5	-	-
4 (20) 4 (20) 4	35	-2	-7	-	-
6 (12) 4 (12) 4	35	-1	-5	-	-
6 (12) 4 (12) 4 - Kr	36	-2	-6	-	-
6 (16) 4 (16) 6	36	-1	-6	-	-
8 (12) 4 (12) 4	36	-2	-6	-	-
6 (16) 4 (16) 4	37	-1	-6	-	-
4 (14) 44.1 SR (14) 6	37	-2	-5	P1A	1(B)1
33.1 PVB (16) 4 (16) 4	37	-1	-6	-	2(B)2
6 (16) 4 (16) 5	38	-2	-8	-	-
8 (12) 4 (12) 6	38	-1	-5	-	-
8 (12) 4 (12) 6 - Kr	38	-2	-5	-	-
33.1 SR (16) 4 (16) 4	38	-1	-7	P1A	1(B)1
6 (20) 4 (20) 4	39	-2	-6	-	-
33.1 PVB (16) 4 (16) 6	39	-2	-6	-	2(B)2
33.1 PVB (16) 4 (16) 33.1 PVB	39	-2	-7	-	2(B)2
44.1 PVB (16) 4 (16) 4	39	-2	-6	-	2(B)2
8 (16) 4 (16) 6	40	-1	-5	-	-



Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß R _w [dB]	Korrektur-faktor hohe Frequenzen C [dB]	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen C _v [dB]	Kugel-fall EN 356	Pendel-schlag EN 12600
33.1 SR (16) 4 (16) 6	40	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 PVB (16) 4 (16) 44.1 PVB	41	-1	-5	-	2(B)2
44.2 PVB (12) 6 (12) 6	41	-2	-6	P2A	1(B)1
44.1 PVB (16) 4 (16) 33.1 PVB	42	-2	-7	-	2(B)2
44.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB	42	-2	-5	-	2(B)2
44.2 PVB (18) 4 (16) 6	42	-1	-5	P2A	1(B)1
44.2 PVB (18) 4 (16) 44.1 PVB	42	-2	-5	P2A	1(B)1
44.1 PVB (16) 4 (16) 6	42	-2	-6	-	2(B)2
44.2 SR (16) 4 (16) 4	42	-2	-7	P2A	1(B)1
33.1 SR (16) 4 (16) 33.1 SR	42	-2	-8	P1A	1(B)1
44.2 PVB (16) 4 (16) 6	43	-1	-5	P2A	1(B)1
44.2 PVB (16) 6 (16) 6	43	-2	-6	P2A	1(B)1
66.1 PVB (16) 6 (16) 66.1 PVB	43	-1	-3	P1A	1(B)1
55.2 PVB (12) 6 (12) 8	43	-1	-5	P2A	1(B)1
44.1 SR (14) 4 (14) 6	43	-1	-7	P1A	1(B)1
55.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB	44	-1	-4	-	1(B)1
44.1 PVB (18) 4 (18) 6	44	-1	-5	-	2(B)2
55.2 PVB (16) 6 (16) 8	44	-1	-4	P2A	1(B)1
55.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB	44	-1	-4	-	1(B)1
44.1 SR (12) 6 (12) 8	44	-2	-7	P1A	1(B)1
44.2 SR (14) 4 (14) 8	44	-2	-6	P2A	1(B)1
44.2 SR (16) 6 (16) 6	44	-3	-8	P2A	1(B)1
44.1 SR (18) 4 (18) 6	44	-1	-5	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 4 (16) 33.1 SR	44	-2	-9	P1A	1(B)1
44.2 PVB (27) 4 (12) 6	45	-2	-6	P2A	1(B)1
55.2 PVB (18) 6 (16) 8	45	-2	-4	P2A	1(B)1
55.2 PVB (12) 6 (12) 44.2 PVB	45	-1	-5	P2A	1(B)1
66.2 PVB (16) 6 (16) 8	45	-2	-4	P2A	1(B)1
66.2 PVB (16) 6 (16) 10	45	-2	-4	P2A	1(B)1
66.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB	46	-1	-3	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 6 (16) 8	46	-2	-6	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 6 (16) 10	46	-1	-5	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 4 (16) 44.1 SR	46	-2	-9	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 6 (16) 44.1 SR	46	-2	-9	P1A	1(B)1
44.2 SR (12) 4 (12) 44.2 SR	46	-2	-7	P2A	1(B)1
44.1 SR (12) 6 (12) 10	46	-2	-7	P1A	1(B)1
44.1 SR (16) 6 (16) 10	46	-1	-5	P1A	1(B)1
55.2 SR (16) 6 (16) 8	46	-2	-6	P2A	1(B)1
66.2 SR (16) 6 (16) 8	46	-2	-6	P2A	1(B)1
44.1 SR (12) 6 (12) 10 - Kr	47	-2	-7	P1A	1(B)1
55.2 SR (16) 6 (14) 10	48	-1	-5	P2A	1(B)1
66.2 SR (16) 6 (16) 10	48	-2	-5	P2A	1(B)1

Aufbau	Schalldämmeigenschaften nach EN ISO 717-1			Sicherheits-eigenschaften	
	Gewichtetes Schall-dämm-Maß R_w [dB]	Korrektur-faktor hohe Frequenzen C [dB]	Korrektur-faktor niedr. Frequenzen C_v [dB]	Kugel-fall EN 356	Pendel-schlag EN 12600
66.2 SR (16) 6 (16) 12	48	0	-3	P2A	1(B)1
55.2 SR (16) 6 (16) 10	49	-1	-4	P2A	1(B)1
55.1 SR (14) 4 (14) 44.1 SR	51	-2	-7	P1A	1(B)1
66.2 SR (14) 6 (14) 44.2 SR	52	-3	-7	P2A	1(B)1
88.1 SR (16) 6 (16) 66.1 SR	53	-1	-3	P1A	1(B)1
88.2 SR (16) 6 (16) 55.2 SR	53	-2	-6	P2A	1(B)1
88.2 SR (12) 6 (12) 66.2 SR	54	-1	-5	P2A	1(B)1

10.6 Sicherheitsglas

Tabelle 22: Passive Sicherheit – Schutz vor Verletzung, Absturzsicherheit Pendelschlagversuch nach EN 12600

Typ	Aufbau	Klassifizierung nach EN 12600
LamiGlass 22.1	Float 2 (0,38 mm PVB) Float 2	3(B)3
LamiGlass 22.2	Float 2 (0,76 mm PVB) Float 2	2(B)2
LamiGlass 22.4	Float 2 (1,52 mm PVB) Float 2	1(B)1
LamiGlass 33.1	Float 3 (0,38 mm PVB) Float 3	2(B)2
LamiGlass 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB) Float 3	1(B)1
LamiGlass 33.4	Float 3 (1,52 mm PVB) Float 3	1(B)1
LamiGlass 43.1 ¹	Float 4 (0,38 mm PVB) Float 3	2(B)2
LamiGlass 43.2 ¹	Float 4 (0,76 mm PVB) Float 3	1(B)1
LamiGlass 44.1	Float 4 (0,38 mm PVB) Float 4	2(B)2
LamiGlass 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 44.3	Float 4 (1,14 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 44.4	Float 4 (1,52 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 44.6	Float 4 (2,28 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 44.8	Float 4 (3,04 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 54.1	Float 5 (0,38 mm PVB) Float 4	2(B)2
LamiGlass 55.1	Float 5 (0,38 mm PVB) Float 5	1(B)1
LamiGlass 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB) Float 5	1(B)1
LamiGlass 55.4	Float 5 (1,52 mm PVB) Float 5	1(B)1
LamiGlass 55.6	Float 5 (2,28 mm PVB) Float 5	1(B)1
LamiGlass 64.2 ¹	Float 6 (0,76 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 64.4 ¹	Float 6 (1,52 mm PVB) Float 4	1(B)1
LamiGlass 65.1 ¹	Float 6 (0,38 mm PVB) Float 5	2(B)2
LamiGlass 66.1	Float 6 (0,38 mm PVB) Float 6	1(B)1
LamiGlass 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB) Float 6	1(B)1
LamiGlass 66.4	Float 6 (1,52 mm PVB) Float 6	1(B)1
LamiGlass 66.6	Float 6 (2,28 mm PVB) Float 6	1(B)1
LamiGlass 66.8	Float 6 (3,04 mm PVB) Float 6	1(B)1
LamiGlass 86.2 ¹	Float 8 (0,76 mm PVB) Float 6	1(B)1



Typ	Aufbau	Klassifizierung nach EN 12600
LamiGlass 88.1	Float 8 (0,38 mm PVB) Float 8	1(B)1
LamiGlass 88.2	Float 8 (0,76 mm PVB) Float 8	1(B)1
LamiGlass 88.4	Float 8 (1,52 mm PVB) Float 8	1(B)1
LamiGlass 1010.1	Float 10 (0,38 mm PVB) Float 10	1(B)1
LamiGlass 1010.2	Float 10 (0,76 mm PVB) Float 10	1(B)1
LamiGlass 1010.3	Float 10 (1,14 mm PVB) Float 10	1(B)1
LamiGlass 1212.2	Float 12 (0,76 mm PVB) Float 12	1(B)1
LamiGlass 1515.4	Float 15 (1,52 mm PVB) Float 15	1(B)1
LamiGlass Acoustic 33.1	Float 3 (0,50 mm PVB-SR) Float 3	1(B)1
LamiGlass Acoustic 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-SR) Float 3	1(B)1
LamiGlass Acoustic 44.1	Float 4 (0,50 mm PVB-SR) Float 4	1(B)1
LamiGlass Acoustic 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-SR) Float 4	1(B)1
LamiGlass Acoustic 44.4	Float 4 (1,52 mm PVB-SR) Float 4	1(B)1
LamiGlass Acoustic 44.6	Float 4 (2,28 mm PVB-SR) Float 4	1(B)1
LamiGlass Acoustic 55.1	Float 5 (0,50 mm PVB-SR) Float 5	1(B)1
LamiGlass Acoustic 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-SR) Float 5	1(B)1
LamiGlass Acoustic 55.4	Float 5 (1,52 mm PVB-SR) Float 5	1(B)1
LamiGlass Acoustic 55.6	Float 5 (2,28 mm PVB-SR) Float 5	1(B)1
LamiGlass Acoustic 64.2	Float 6 (0,76 mm PVB-SR) Float 4	1(B)1
LamiGlass Acoustic 66.1	Float 6 (0,50 mm PVB-SR) Float 6	1(B)1
LamiGlass Acoustic 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-SR) Float 6	1(B)1
LamiGlass Acoustic 66.4	Float 6 (1,52 mm PVB-SR) Float 6	1(B)1
LamiGlass Acoustic 66.6	Float 6 (2,28 mm PVB-SR) Float 6	1(B)1
LamiGlass Acoustic 86.2 ¹	Float 8 (0,76 mm PVB-SR) Float 6	1(B)1
LamiGlass Acoustic 88.1	Float 8 (0,50 mm PVB-SR) Float 8	1(B)1
LamiGlass Acoustic 88.2	Float 8 (0,76 mm PVB-SR) Float 8	1(B)1
LamiGlass Acoustic 88.4	Float 8 (1,52 mm PVB-SR) Float 8	1(B)1
LamiGlass Transwhite 33.1	Float 3 (0,38 mm PVB-WT) Float 3	2(B)2
LamiGlass Transwhite 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-WT) Float 3	1(B)1
LamiGlass Transwhite 43.1	Float 4 (0,76 mm PVB-WT) Float 3	2(B)2
LamiGlass Transwhite 44.1	Float 4 (0,38 mm PVB-WT) Float 4	2(B)2
LamiGlass Transwhite 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-WT) Float 4	1(B)1
LamiGlass Transwhite 44.4	Float 4 (1,52 mm PVB-WT) Float 4	1(B)1
LamiGlass Transwhite 55.1	Float 5 (0,38 mm PVB-WT) Float 5	1(B)1
LamiGlass Transwhite 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-WT) Float 5	1(B)1
LamiGlass Transwhite 66.1	Float 6 (0,38 mm PVB-WT) Float 6	1(B)1
LamiGlass Transwhite 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-WT) Float 6	1(B)1
LamiGlass Transwhite 88.1	Float 8 (0,38 mm PVB-WT) Float 8	1(B)1
LamiGlass Structural 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-XT) Float 3	1(B)1
LamiGlass Structural 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-XT) Float 4	1(B)1
LamiGlass Structural 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-XT) Float 5	1(B)1
LamiGlass Structural 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-XT) Float 6	1(B)1
LamiGlass Structural 88.2	Float 8 (0,76 mm PVB-XT) Float 8	1(B)1
LamiGlass Structural 1010.2	Float 10 (0,76 mm PVB-XT) Float 10	1(B)1
LamiGlass Structural 1010.4	Float 10 (1,52 mm PVB-XT) Float 10	1(B)1

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019

¹ Asymmetrische Aufbauten wurden beidseitig geprüft

Tabelle 23: Aktive Sicherheit – Durchwurfbeständigkeit
Kugelfalltest nach EN 356

Typ	Aufbau	Klassifizierung nach EN 356
LamiGlass 22.4	Float 2 (1,52 mm PVB) Float 2	P4A
LamiGlass 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB) Float 3	P2A
LamiGlass 33.4	Float 3 (1,52 mm PVB) Float 3	P4A
LamiGlass 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB) Float 4	P2A
LamiGlass 44.3	Float 4 (1,14 mm PVB) Float 4	P3A
LamiGlass 44.4	Float 4 (1,52 mm PVB) Float 4	P4A
LamiGlass 44.6	Float 4 (2,28 mm PVB) Float 4	P5A
LamiGlass 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB) Float 5	P2A
LamiGlass 55.4	Float 5 (1,52 mm PVB) Float 5	P4A
LamiGlass 55.6	Float 5 (2,28 mm PVB) Float 5	P5A
LamiGlass 64.2 ¹	Float 6 (1,52 mm PVB) Float 4	P2A
LamiGlass 66.1	Float 6 (0,38 mm PVB) Float 6	P1A
LamiGlass 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB) Float 6	P2A
LamiGlass 66.4	Float 6 (1,52 mm PVB) Float 6	P4A
LamiGlass 66.6	Float 6 (2,28 mm PVB) Float 6	P5A
LamiGlass 86.2 ¹	Float 8 (0,76 mm PVB) Float 6	P2A
LamiGlass 88.1	Float 8 (0,38 mm PVB) Float 8	P1A
LamiGlass 88.2	Float 8 (0,76 mm PVB) Float 8	P2A
LamiGlass 88.4	Float 8 (1,52 mm PVB) Float 8	P4A
LamiGlass Acoustic 33.1	Float 3 (0,50 mm PVB-SR) Float 3	P1A
LamiGlass Acoustic 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-SR) Float 3	P2A
LamiGlass Acoustic 44.1	Float 4 (0,50 mm PVB-SR) Float 4	P1A
LamiGlass Acoustic 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-SR) Float 4	P2A
LamiGlass Acoustic 44.4	Float 4 (1,52 mm PVB-SR) Float 4	P4A
LamiGlass Acoustic 44.6	Float 4 (2,28 mm PVB-SR) Float 4	P5A
LamiGlass Acoustic 55.1	Float 5 (0,50 mm PVB-SR) Float 5	P1A
LamiGlass Acoustic 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-SR) Float 5	P2A
LamiGlass Acoustic 55.4	Float 5 (1,52 mm PVB-SR) Float 5	P4A
LamiGlass Acoustic 55.6	Float 5 (2,28 mm PVB-SR) Float 5	P5A
LamiGlass Acoustic 66.1	Float 6 (0,50 mm PVB-SR) Float 6	P1A
LamiGlass Acoustic 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-SR) Float 6	P2A
LamiGlass Acoustic 66.4	Float 6 (1,52 mm PVB-SR) Float 6	P4A
LamiGlass Acoustic 66.6	Float 6 (2,28 mm PVB-SR) Float 6	P5A
LamiGlass Acoustic 86.2 ¹	Float 8 (0,76 mm PVB-SR) Float 6	P2A
LamiGlass Transwhite 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-WT) Float 3	P2A
LamiGlass Transwhite 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-WT) Float 4	P2A
LamiGlass Transwhite 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-WT) Float 5	P2A
LamiGlass Transwhite 66.1	Float 6 (0,38 mm PVB-WT) Float 6	P1A
LamiGlass Transwhite 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-WT) Float 6	P2A
LamiGlass Transwhite 88.1	Float 8 (0,38 mm PVB-WT) Float 8	P1A
LamiGlass Structural 33.2	Float 3 (0,76 mm PVB-XT) Float 3	P2A
LamiGlass Structural 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-XT) Float 4	P2A
LamiGlass Structural 55.2	Float 5 (0,76 mm PVB-XT) Float 5	P2A



BudaPart Gate, Budapest, Ungarn | SunGuard® SNX 50
Architekt: Stúdió 100 Építésziroda Kft. | Foto: © Bálint Hirling

Typ	Aufbau	Klassifizierung nach EN 356
LamiGlass Structural 66.2	Float 6 (0,76 mm PVB-XT) Float 6	P2A
LamiGlass Structural 88.2	Float 8 (0,76 mm PVB-XT) Float 8	P2A
LamiGlass Structural 1010.2	Float 10 (0,76 mm PVB-XT) Float 10	P2A
LamiGlass Structural 1010.4	Float 10 (1,52 mm PVB-XT) Float 10	P4A

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019

¹ Asymmetrische Aufbauten wurden beidseitig geprüft

**Tabelle 24: Aktive Sicherheit – Durchbruchbeständigkeit
Axttest nach EN 356**

Typ	Aufbau	Klassifizierung nach EN 356
LamiGlass 44.8	Float 4 (3,04 mm PVB) Float 4	P6B
LamiGlass 66.8	Float 6 (3,04 mm PVB) Float 6	P6B

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019

**Tabelle 25: Beschusssichere Gläser
nach EN 1063 (2001)**

Typ	Klassifizierung nach EN 1063
LamiGlass BR1 (24) NS	BR1-NS
LamiGlass BR2 (25) S	BR2-S
LamiGlass BR2 (30) NS	BR2-NS
LamiGlass BR3 (29) S	BR3-S
LamiGlass BR4 (41) S	BR4-S

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019. Beschusssichere Gläser bestehen aus einem Multi-Schichtaufbau. Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

NS: ohne Splitterabgang

S: mit Splitterabgang

**Tabelle 26: Sprengwirkungshemmende Gläser
nach EN 13541 (2012)**

Typ	Klassifizierung nach EN 13541
LamiGlass ER1 (18) NS	ER1-NS

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019. Beschusssichere Gläser bestehen aus einem Multi-Schichtaufbau. Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

NS: ohne Splitterabgang

S: mit Splitterabgang

**Tabelle 27: Ballwurfsicherheit für Sportstätten
nach DIN 18032-3**

Typ	Aufbau	Klassifizierung nach DIN 18032-3
LamiGlass 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB) Float 4	Ballwurfsicher
LamiGlass Transwhite 44.2	Float 4 (0,76 mm PVB-WT) Float 4	Ballwurfsicher

Guardian geprüfte Aufbauten, Stand 05.2019



PEMA II, Innsbruck, Österreich | SunGuard® HD Light Blue 52
Architekt: LAAC | Foto: © Marc Lins

11. Suchen und Finden

11.1	Dienstleistungsangebot.....	280
11.1.1	Guardian Glass Analytics Online-Berechnungssoftware	280
	Guardian Performance Calculator Guardian Glas-Visualisierer Guardian Acoustic Assistant	
11.1.2	Guardian Possibilities Webseite	281
11.1.3	Glas- und anwendungsrelevante Berechnungen	281
11.1.4	Technische Kundenbetreuung	282
11.1.5	Kompetenztransfer	282
11.2	Sachwortverzeichnis.....	284
11.3	Abkürzungen, allgemein	292
11.4	Griechische Formelzeichen	297



In diesem Kapitel sind unterschiedliche Elemente zusammengefasst, die vom Suchen gewisser Dienstleistungsangebote 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 Guardian Glass Analytics Online-Berechnungssoftware

Guardian Glass Analytics ist eine umfangreiche Sammlung von Programmen zur Berechnung und Simulation von Architekturverglasungen. Damit können sich Architekten, Planer, Hersteller von Glasfassaden oder Glasverarbeiter einen Überblick über die funktionellen und ästhetischen Möglichkeiten mit Glas in Gebäuden unter Berücksichtigung komplexer Anforderungen an Tageslicht, Energiemanagement und Nachhaltigkeit machen.

In jedem der Werkzeuge wird der Nutzer über einen einfachen Auswahlprozess zum richtigen Produkt für die beabsichtigte Anwendung geführt. Der Einstieg ist simpel. Gehen Sie einfach in das Projekt-Center und geben Sie erste Details ein oder starten Sie direkt im jeweiligen Programm und fügen Sie Projektdetails einfach später hinzu.

Guardian Glass Analytics ist online verfügbar unter:

→ <https://glassanalytics.guardian.com>

Der Nutzer kreiert einen personalisierten Zugang und hat anschließend Zugriff auf alle Programme zu jeder Zeit.

11.1.1.1 Guardian Performance Calculator

Der Guardian Performance Calculator erlaubt die Berechnung von Glasaufbauten mit wenigen Klicks auf einer webbasierten Oberfläche. Die ermittelten Daten können in der Projekt-Datenbank archiviert werden und es steht ein kundenfreundlicher Report im PDF-Format zum Zweck einfacher Verteilung und Ablage zur Verfügung. Daneben stehen für jeden berechneten Glasaufbau BIM (Building Information Modeling) Daten zum Download bereit.

11.1.1.2 Guardian Glas-Visualisierer

Mit dem Glas-Visualisierer kann das Aussehen von nahezu allen Glasaufbauten mit Guardian-Produkten simuliert werden. Das betrifft Standardverglasungen aber auch Gläser, die im Performance Calculator berechnet wurden, können übernommen werden.

Die Verglasungen können in unterschiedliche Gebäudetypen integriert und der Einfluss verschiedener Tageslichtbedingungen auf das Erscheinungsbild bewertet werden.

Der Glas-Visualisierer erzeugt fotorealistische Bilder auf Basis von Spektraldaten und kombiniert diese mit typischen Lichtverhältnissen resultierend aus bewölktem oder klarem Himmel. Damit kann die Erscheinung sowohl in Reflexion aber auch in Durchsicht dargestellt werden.

11.1.1.3 Guardian Acoustic Assistant

Der Guardian Acoustic Assistant ist eine Software die hilft, Schalldämmeigenschaften unterschiedlicher Glasaufbauten zu simulieren.

Aufgrund der unendlichen Vielfalt ist es unmöglich, für alle Kombinationen ein Prüfzertifikat zur Verfügung zu stellen. Die Funktionsweise des Acoustic Assistant beruht auf vorhandenen Prüfergebnissen kombiniert mit einer Abschätzmethode, welche von Guardian entwickelt wurde. Die Ergebnisse erlauben eine gute Annäherung für die Beurteilung der Schalldämmung von Verglasungen, ersetzt aber keine Zertifizierung, wenn erforderlich.

11.1.2 Guardian Possibilities Webseite

Mit der Guardian Possibilities Webseite möchte Guardian Glass seine Glasexpertise mit Architekten und Planern teilen, um sie bei der Realisierung ihrer anspruchsvollen Projekte zu unterstützen. Von inspirierenden Referenzen bis hin zu kleinen Werkzeugen, die bei der Erstellung von Spezifikationen helfen, ermöglicht Guardian Possibilities, die vielfältigen Möglichkeiten, die Glas bietet, zu erkennen - See what's possible™.

→ <https://inspire.guardian-possibilities.com>

11.1.3 Glas- und anwendungsrelevante 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 Performance Calculator 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.

Guardian bietet folgende projektbezogene Berechnungen und Analysen:

- Leistung bezüglich Wärmedämmung, Tageslicht und solarer Energie von Verglasungen.
- Glasdickenempfehlungen, Klimalasten.
- Thermisches Bruchrisiko.
- Abschätzung der Schalldämmeigenschaften von Verglasungen.
- Eigenschaften ventilierter Verglasungen.
- Glaseigenschaften in Kombination mit mechanischen Verschattungselementen.
- Abschätzung der Wechselwirkung mit Radarstrahlung an Flughäfen.

Für weitergehende Informationen kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

11.1.4 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.

Für weitergehende Informationen kontaktieren Sie bitte den Guardian Technischen Service.

11.1.5 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.

Mit unseren **Architekturglas-Workshops** bieten wir Architekten, Weiterverarbeitern und sonstigen Interessierten einen Ein- und Überblick rund um die Themen Glasherstellung, -verarbeitung, -produkte und deren Anwendungen.

Unser Workshop besteht aus 3 aufeinander aufbauenden "Modulen":

- **Modul 1: Produkte und Eigenschaften.**
- **Modul 2: Anwendungen von Architekturglas.**
- **Modul 3: Bauphysikalische Aspekte.**

Nutzen Sie unseren Workshop auch gerne zur Klärung offener Fragen oder Anregungen Ihrerseits.

Wir freuen uns auf einen regen Austausch.



11.2 Sachwortverzeichnis

A	Abmessungstoleranz.....	161
	Abschirmung, elektromagnetische.....	136
	Absorption.....	33, 49 f, 53, 136, 190, 246 ff
	Abstandhalter	22 , 44, 110, 176 f, 185, 187, 198, 219 ff, 243
	Absturzsicherung.....	81 , 88, 95, 216
	Absturzsichernde Verglasung.....	82 f, 91, 149, 216
	Aktive Sicherheit.....	78, 80 f, 275, 277
	Akustik-Folien	64 f, 268 ff
	Alkalische Stoffe.....	15
	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	88, 126, 263
	Angriffshemmende Verglasung.....	78
	Anisotropien.....	71, 125
	Anti-Kondensat-Beschichtung	25, 45, 105 f, 249
	Anti-Radar-Beschichtung	135, 263
	Äquivalente Wärmeleitfähigkeit.....	223 ff, 239
	Architekturglas.....	26, 32 ff, 119, 124, 134, 140
	Aufzugsverglasung	132
	Außenbeschichtete Gläser	207
	Außenkondensation.....	45, 218
	Auslaugung	15
	Axt-Test.....	79
B	Ballwurfsicherheit.....	20, 277
	Basisglas.....	10 ff, 68, 72, 77, 150, 163, 214
	Bauphysikalische Eigenschaften	70, 77, 245 ff
	Bedruckung.....	55, 87, 115 ff, 141, 199 ff
	Begehbare Verglasung.....	85 , 90, 95
	Behaglichkeit	38 ff, 48
	Bemessungswerte	43
	Benetzung.....	187
	Berechnungen	61, 168, 224, 237, 281 f
	Beschichtungen	12, 15 ff, 38, 41, 45, 50, 54 f, 103 ff, 112, 119, 121, 125 ff, 133, 135 ff, 197 ff, 207, 213 ff, 221, 268
	Beschusssichere Gläser	80, 277
	Beschussklassen.....	80
	Betretbare Verglasungen.....	86
	Bewertetes Schalldämmmaß	61
	b-Faktor	50
	Biegeformen	126 f
	Biegezugfestigkeit	14, 68, 70, 73, 75
	Bilanz-U-Werte	214
	BIM.....	280
	Bodentiefe Verglasungen	87
	Bohrungen	68, 113 f, 156 ff, 204, 242
	Bruchbilder.....	68, 74, 191
	Brüstungen	54, 81 f, 117, 202

	Brüstungsgläser.....	101, 116 ff, 202, 264 ff
	Butyl	20 ff, 198, 220, 223 f
C	CE-Kennzeichnung.....	196
D	Dachflächenfenster.....	90
	Dekorativer Druck.....	120, 200
	Designgläser.....	120 f
	Design-VSG.....	123
	Dezibel.....	58 ff, 137, 269 ff
	Dichte.....	13, 181 f
	Dichtstoffe.....	21 ff, 55, 109 f, 132, 175, 177, 179, 197 f
	Dichtstoffverträglichkeit.....	197, 199
	Dichtstofffuge	165 f
	Dichtprofil.....	166 f
	Dickentoleranzen.....	160 f
	Digitaldruck.....	115, 117 , 120, 122
	Doppelhaut-Fassade.....	102, 105
	Dreifach-Wärmedämmglas	212 ff
	Druckfestigkeit.....	13, 70, 77, 211
	Durchbiegungsgrenzwerte	168 ff, 173 ff
	Durchbruchhemmung.....	79, 81, 96, 277
	Durchschusshemmung.....	80, 96, 277
	Durchwurfhemmung.....	78, 96, 275
E	Eckabschnitt	154
	Eckausschnitt	155
	Edelstahl	22, 44, 110, 222
	Eigenfarbe	185, 219
	Eigenschaften.....	13, 20, 33, 70 f, 77 ff, 245 ff
	Einbruchschutz	79 f
	Einflussfaktoren.....	62, 215
	Einscheiben-Sicherheitsglas ESG.....	68 , 70, 72, 159
	Einscheiben-Sicherheitsglas, heißgelagert.....	72 , 159
	Elastizitätsmodul.....	13, 70, 77, 109
	Elektromagnetisch dämpfende Gläser.....	136
	Elektrosmog.....	136
	Emaile	112, 115 ff, 121 f, 141, 199 ff
	Emissivität.....	13, 42 ff, 121
	Energie.....	32 ff, 40, 45, 48 ff, 189, 212
	Energiebilanz.....	39, 50
	Energieeffizienz.....	49, 133, 221 f
	Energieeinsparverordnung (EnEV).....	212
	Energiefluss.....	49
	Energietransmission.....	49
	EN-Normen.....	78, 196, 241
	Entkoppelte Einzelscheiben	64
	Entspiegeltes Glas.....	119, 127, 138 , 267



Erweichungstemperatur	14, 124, 159
ESG-H.....	72 f, 83, 88 ff, 101, 159, 216

F

Farbauftrag	116
Farbfolie	123
Farbgebung	12, 55
Farbwiedergabeindex	26
Fassaden	100 ff, 107, 112 ff, 117, 124, 219 ff, 225 ff, 230 ff
Feuchtfilm	72
Floatglas	10 ff, 15 ff, 159, 246
Floatverfahren	10
Formbestimmung.....	127
Frequenzen.....	32, 59 f, 137
Funktionsschicht	17, 21, 133, 197

G

Gebogenes Glas.....	124 ff
Gebogenes vorgespanntes Glas.....	125
Gebrauchstauglichkeit.....	126, 169 ff, 225
Gesamtenergiedurchlassgrad g-Wert.....	50 , 214
Gießharz	123, 204
Glasarten	68, 83, 87, 141, 191
Glasbemessung.....	169
Glasdickendimensionierung / Glasdimensionierung.....	168, 215, 281
Glasbruch	14, 87, 104, 188 ff, 209
Glasecken.....	118, 140 f, 165
Glaseinstand.....	131 f, 170, 175 ff, 209, 213, 218, 226, 229 f, 233, 235
Glaskanten.....	12, 163, 172 ff, 178, 190 f, 211, 217
Glasreinigung.....	206
Glasstoß.....	165 f
Glasvordach.....	90
Globalstrahlungsverteilung	33
Grenzabmaße.....	150 f
Grenzwerte	58 , 177
Guardian Acoustic Assistant	281
Guardian Glass Analytics.....	280
Guardian Glas-Visualisierer	281
Guardian Performance Calculator	280
Guardian Possibilities.....	281
Guardian System TEA.....	112, 118 f, 141, 200

H

Hardcoating	15 f
Heat-Soak-Test	72
Heißlagerung	72
Herstellung.....	20, 68, 71, 73, 76, 121
Hinterfüllschnur	165 f
Hochfrequente Strahlung	136
Horizontalverglasung.....	87, 90, 95

	Hotmelt.....	22, 220, 225
	Humane Aspekte	58
I	Innenlamination	105, 204
	Integrierte Systeme	240
	Interferenzerscheinungen	27, 186
	Isolierglas.....	20 ff , 51 ff, 63 ff, 82 ff, 110 ff, 160 ff, 182 ff, 197 ff, 208 ff, 240 ff
	Isolierglaseffekt	27 f , 54, 187, 215, 218
	Isolierglas-Randverbund	21 , 109 f, 187, 197, 220 f, 224, 228, 235
K	Kaltfassade	101
	Kalt-Biegen	130
	Kantenbearbeitung	69, 152 f, 163
	Kantendarstellung.....	164 f
	Kantenformen	163
	Kantenversatz.....	129
	Kennzeichnung	72, 196
	Klimalasten	27 f , 130, 168, 282
	Klotzung.....	210, 217, 241
	Kompetenztransfer	282
	Kondensation.....	23 , 186 f, 218
	Konstruktiver Glasbau	97
	Konturtreue.....	128
	Konvektion	34, 40 f, 43
	Korrekturfaktoren	61
	Kugelfall-Versuch	78
	Kunststoff-Abstandhalter.....	23
	Kurzwellige Strahlung	32
L	Lagerung.....	74, 130, 172 ff, 179, 190, 192, 194, 203, 208 ff, 242 f
	Längenausdehnungskoeffizient	14
	Langwellige Strahlung	32
	Lärmometer	58
	Lärmpegel.....	59 f
	Lärmschutzwand	89
	Laugenbeständigkeit	15
	Licht.....	32 ff , 50 ff, 138 f, 141, 281
	Lichttransmission.....	17
	Lochbohrungen.....	156, 158
	Low-E-Beschichtung	20, 41
M	Magnetron-Verfahren	16
	Maßtoleranzen.....	162
	Materialverträglichkeit	197, 217
	Mehrfachreflexionen.....	186



Mehrscheiben-Isolierglas → Isolierglas.....	160, 169, 182, 186 ff, 208 ff, 216 f, 240 f
Membran-Fassade	114 f
Metall-/Kunststoffkombination.....	23
Mindestglasdicken	160
Mittlerer Schalldämmwert	60
Mobilfunkanwendungen	133, 136 f
N	
Nickelsulfid NiS.....	72 f
Niveaugleiche Verglasung	89
Normen	60, 78, 111, 148 f, 159 f, 168, 174, 185, 196, 209, 241
O	
Oberflächenschäden	179, 206, 208
Oberflächentemperatur	39 f, 187, 221
Ökologie.....	39, 48
Ökonomie.....	38, 48
Örtliche Verwerfungen	128
Optische Qualität.....	71, 125, 219
P	
Passive Sicherheit.....	78, 81, 273
Pendelschlagversuch	70, 78, 82, 273
Pfosten-Riegel-Fassade	107 , 219, 222, 227, 230, 232 f
Physikalische Eigenschaften.....	70, 77
Planparallelität	129
Polysulfid.....	21 f, 220 f
Polyurethan.....	21 f, 220
Polyvinyl-Butyral → PVB.....	34 f, 62, 64 f, 75 ff, 83 ff, 104 f, 113, 122, 161 f, 197, 203, 268 ff
Prallscheibe	103 ff
Primär-Dichtung.....	21 f, 198
Psi-Wert (Ψ -Wert)	44 , 219 f, 223, 225 ff, 233 ff
Punktgehaltene Fassaden.....	113
PVB-Folie	64 f, 75 f, 79, 105, 113, 122, 161 f, 197, 203, 268
Pyrolytisches Verfahren	16
Q	
Qualität.....	10, 26, 71, 125, 150, 163, 179, 182, 184 f, 190 f, 201 ff, 219
R	
Radarreflexionsdämpfung	135 f
Radarreflexionsdämpfende Verglasung.....	263
Randausschnitt.....	68, 153 ff
Randemaillierung.....	116, 118 f, 200, 202
Randverbund	21 ff, 27 ff, 109 ff, 160, 165, 175 ff, 184, 186 f, 197, 208 ff, 213, 215, 217, 219 ff, 224 f, 228, 235 f
Rechtwinkligkeit.....	151, 187
Reflexion	15, 17, 27, 33, 42, 49, 100, 105, 133 ff, 180, 186, 207, 281

Reinigung.....	86, 103, 117, 179, 204 ff
Reinigungsvorschriften.....	206
Resonanz.....	63
Reststandsicherheit.....	88
Resttragfähigkeit.....	88
Resultierendes Schalldämmmaß.....	61
Rohstoffe.....	11 f, 39, 72, 213
Roller-Waves.....	71, 159
Roller-Coating.....	116
Rückschnitt.....	151, 187
S	
Säurebeständigkeit.....	15
Schallbewertung.....	60
Schalldämmmaß.....	60 ff, 65, 268 ff
Schalldruck.....	58 f
Schallpegel.....	58 f
Schallschutz.....	59 ff, 102, 126, 165, 217
Schallschutzglas / Schalldämmglas.....	65, 217, 268 ff
Schallwellenverhalten.....	58
Scheibengewicht.....	62
Scheibenzwischenraum SZR.....	20 f, 23, 27 f, 41, 43, 54,62 f, 83, 135, 160, 169, 170,176, 187, 203, 207, 208 ff
Schrägbruch.....	150 ff
Schwerkraftbiegen.....	124 f
Sehnenverkürzung.....	175 ff
Selektivitätskennzahl S.....	50
Sekundär-Dichtung.....	21 f, 198
Senklochbohrung.....	158
Shading Coefficient.....	50
Sicherheit.....	68 ff, 78 ff, 87, 109, 216, 273 ff
Sicherheitsglas.....	14, 68 , 70 ff, 75 ff, 104, 122 f, 125 f,159, 161 f, 184, 204, 207, 216 f, 273
Sicherheitssondergläser.....	96
Siebdruck.....	115 f, 119 f, 122, 200
Silikon.....	21 f, 109 ff, 119, 198 f, 207
Shadow Box.....	118, 264 ff
Softcoating.....	16
Solare Energie.....	32 , 45, 50
Solare Gewinne.....	50, 214
Sommerlicher Wärmeschutz.....	51
Sonderabmaß.....	153 ff
Sonderformen.....	153, 161 f
Sondertoleranzen.....	150, 153
Sonneneintragskennwert.....	52
Sonnenschutz.....	20 f, 49, 53 f, 102, 104, 120, 141, 216 f



Sonnenschutzglas	48, 50 ff, 101, 104, 118, 120, 127, 136, 188, 207, 250 f
Spannungsgefüge	69
Spektrale Selektivität	17, 33, 50 f, 105, 137, 180
Spektrum-Anpassungswert.....	61
Spontanbruch	72 f, 189
Sprenghemmung	81, 96, 277
Spezifische Wärmekapazität	15
Sprossen.....	170, 187, 219 f, 236 ff
Standardtoleranzen	150, 152
Standsicherheit.....	132
Statische Besonderheiten	130
Stoßsicherheit	82 ff, 216
Structural Glazing.....	109 f, 112, 117 f, 165, 199, 241
Stufenisoliertes Glas	166 f

T

Tangentiale Übergänge	129
Taupunkt	20, 23 ff
Taupunkt-Diagramm.....	24
Taupunkt-Temperatur	23
Teilvorgespanntes Glas TVG	68, 73 ff, 82, 87, 101, 116, 126, 128, 139, 159, 162, 207
Temperaturdifferenz / Temperaturunterschied	14, 39 ff, 68, 71, 75, 188, 190 f
Temperaturwechselbeständigkeit / Thermoschock-Beständigkeit.....	14 , 68, 71, 73 , 75
Thermische Analyse.....	190
Thermisch induzierte Spannungen	75 , 218
Thermischer Bruch	189
Thermisches Bruchrisiko.....	282
Thermoplastische Systeme (TPS)	23, 44
Toggle-System.....	111
Toleranzen	71, 128, 129, 150 ff, 160 ff, 185, 187, 226
Transferdruck.....	122
Transformationsbereich.....	14
Transmission.....	26, 180
Transparenter Glasbau.....	100 ff
Transport.....	188, 190 f, 208 ff, 243
Treibhaus-Effekt	48
Trockenmittel	20 ff, 220, 223 f

U

Überkopfverglasungen	84, 86, 90, 216
UV-beständiger Randverbund.....	22, 110, 217
UV-Strahlung	22, 34 f, 110, 175, 200, 209
U-Wert	15, 17, 42 , 186, 203, 213 f, 221, 237
U _r -Wert.....	43
U _g -Wert	34, 42 ff
U _w -Wert	44

V	Ventilierte Systeme.....	102
	Verbundglas.....	75, 77 ff, 123, 182, 184, 203 f, 215
	Verbund-Sicherheitsglas VSG	35, 54, 68, 75 ff, 78, 122, 132, 161 f
	Verkehrssicherheit.....	87
	Vertikalverglasung.....	88 f, 176
	Versatz.....	161 f, 187, 219
	Verschiebetoleranz.....	162
	Verträglichkeit.....	105, 121, 197, 200, 217, 241
	Verwerfungen	71, 125, 128, 159, 200
	Verwindung.....	130
	Visuelle Qualität.....	179, 182, 184 f
	Vogelfreundliche Verglasungen	140
	Vogelschlag	140
	Vorhabenbezogene Bauartgenehmigung	105
	Vorspannen	55, 68 , 125, 127, 215 ff
W	Walzenbeschichtung	116
	Wärme.....	13, 17, 20, 32, 34 , 42, 65
	Wärmebrücken	44, 220 f, 232 f, 236
	Wärmedämmung	38 , 42, 45, 63 f, 101, 137, 218, 282
	Wärmedämmgläser	23, 25, 38, 45 , 50, 127, 141, 212 ff, 221, 248
	Wärmedurchgangskoeffizient.....	15, 22, 34, 42 ff, 220, 228 f, 232, 236 ff
	Wärmeeinflüsse.....	71
	Warme Kante	20, 22, 213, 219 ff, 234 f
	Wärmekapazität.....	15
	Wärmeleitung.....	34, 40 f, 228
	Wärmestrahlung	26, 34, 40 f, 48 ff
	Wärmeverluste	40 f, 44, 52, 214, 221, 228
	Wahrnehmung	59, 140
	Warmfassade.....	101
	Wasserbeständigkeit.....	15
	Widerstandsklassen	78 f
Z	Zertifizierung.....	48, 141, 199
	Zuschnitt	11 f, 68, 150, 152
	Zustimmung im Einzelfall (ZiE).....	113, 115



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 (hohe Frequenzen)
CE.....	Communautés Européennes (Europ. Gemeinschaften)
CEN.....	Comité Européen de Normalisation, Europäisches Komitee für Normung
CENELEC.....	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
CiO.....	Gasfüllgrad
cm.....	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
C _{tr}	Spektrum-Anpassungswert (niedrige Frequenzen)
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
R_e	Sonnenenergiereflexion
R_L	Lichtreflexion
RLT	Raumlufttechnik bei raumklimatischen Anlagen
$R_{w,B}$	Schalldämmmaß, bewertet, am Bau
$R_{w,P}$	Schalldämmmaß, bewertet, Prüfstandwert
$R_{w,R}$	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
T_{UV}	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
ΔT	Temperaturdifferenz
ε	Emissionsvermögen
λ	Wellenlänge bei Schall und Licht
λ	Wärmeleitfähigkeit
μ	Poissonzahl
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

Guardian Glass - Großbritannien
Tel: 0044 (0) 800 032 6322
E-Mail: uktechnical@guardian.com

Guardian Glass - Luxemburg
Tel: 00 352 50301
E-Mail: tacluxembourg@guardian.com

Guardian Glass - Spanien
Tel: 00 34 948 817255
E-Mail: tactudela@guardian.com

Guardian Glass - Ungarn
Tel: 0036 (0) 68 887 200
E-Mail: Technical_Hungary@guardian.com

Guardian Glass - Deutschland
Tel: 0049 (0) 3494 361 800
E-Mail: anwendungstechnik@
guardian.com

Guardian Glass - Polen
Tel: 0048 (0) 34 323 9300
E-Mail: tac_poland@
guardian.com

Disclaimer:

Die vorliegende Version dieses Dokumentes ersetzt alle Vorgängerversionen. Bitte stellen Sie sicher, daß Sie nur die Neueste verwenden. Die Informationen in diesem Dokument sind ausschließlich für die Verarbeitung und Anwendung der darin erwähnten Produkte gültig. Für weiterführende technische Informationen, die aktuellste Version dieses Dokumentes und andere Richtlinien von Guardian besuchen Sie bitte unsere Webseite www.guardianglass.com oder kontaktieren Sie den Guardian Technischen Service. Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Richtlinien dienen ausschließlich Informationszwecken und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie setzen jedoch voraus, daß der Verarbeiter mit den spezifischen Kenntnissen bezüglich der Verarbeitung von Flachglas vertraut ist. Guardian gibt keine Gewährleistung in Bezug auf den Inhalt dieses Dokumentes und Guardian übernimmt keinerlei Verantwortung für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen, soweit anwendbares Recht nichts anderes vorsieht. Der Käufer ist selbst dafür verantwortlich, dass die Produkte für den beabsichtigten Gebrauch geeignet sind und dass bestehende Gesetze und Regulierungen erfüllt werden. Guardian übernimmt keinerlei Garantie für die beabsichtigte Weiterverarbeitung oder das Endprodukt, welche in der vollständigen Verantwortung des Verarbeiters verbleibt. Die Produkte in dieser Publikation werden gemäß den Allgemeinen Geschäftsbedingungen von Guardian und den geltenden schriftlichen Gewährleistungsbedingungen vertrieben. Keine Information in diesem Dokument bietet eine ausdrückliche oder stillschweigende Garantie oder dient dazu, die schriftlichen Garantien von Guardian, die in den Verkaufsbedingungen von Guardian enthalten sind, oder zusätzliche schriftliche eingeschränkte Garantien für bestimmte verarbeitete, beschichtete oder Sicherheitsglas-Produkte auf unserer Webseite www.guardianglass.com zu ändern oder zu ergänzen.

See
what's
possible®



Foto: © jens kirchner

Guardian Europe
Reference code: Handbook / DE / 0822
©2022 Guardian Glass

www.guardianglass.com