



2. Der Baustoff Glas

2.1 HERSTELLUNG VON FLOATGLAS

Floatglas wird in einem langen, stetigen Fluss hergestellt. Dabei entsteht ein unendliches, nie abreißendes Glasband. Je nach Kapazität der Anlage können täglich bis zu 1000t Glas produziert werden. Nur höchste Präzision über die ganze Produktionsstrecke von mehreren hundert Metern kann die hohe Qualität von Floatglas garantieren.

Der wichtigste Grundstoff zur Herstellung von Floatglas ist Quarzsand. Ein Material, das in der Natur im Überfluss vorhanden ist und auch zukünftigen Generationen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen wird. Außerdem benötigt man Soda, Dolomit, Kalk und weitere Rohstoffe in kleinerer Menge. Zur Verbesserung des Schmelzvorganges werden dem Gemisch etwa 20 % saubere Glasscherben (Recycling) beigegeben. Diese Rohstoffe gelangen als Gemenge in den Schmelzöfen

und werden dort bei einer Temperatur von ca. 1550 °C geschmolzen und blasenarm geläutert.

Das flüssige Glas wird dem Floatbad zugeleitet, das eine Zinnschmelze unter Schutzgasatmosphäre enthält. Auf dem geschmolzenen Zinn „floatet“ die Glasmasse in Form eines endlosen Bandes. Infolge der Oberflächenspannung des Glases und der planen Oberfläche des Zinnbades bildet sich ein planparalleles, verzerrungsfreies Glasband von hoher optischer Qualität aus.

Im Kühltunnel und im anschließenden offenen Rollengang wird das Glasband kontinuierlich von 600 auf 60 °C abgekühlt, mittels Kameratechnik auf Fehler kontrolliert und anschließend zu Glastafeln vorwiegend von 3210 x 6000 mm zugeschnitten.

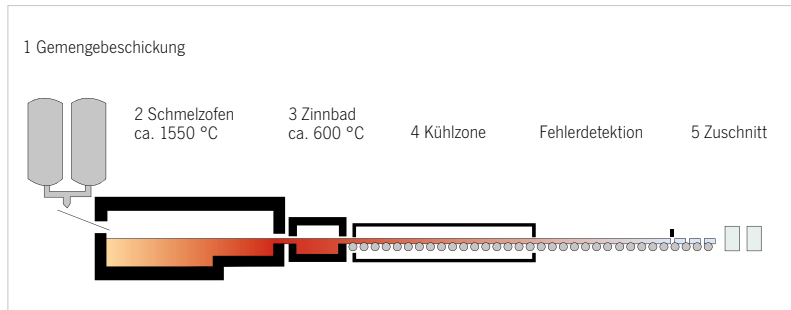
2.



Begriffe, Symbole, Einheiten

Symbol	Bezeichnung	Bedeutung	Einheit
σ	Sigma	Mechanische Spannung	N/mm ²
ρ	Rho	Dichte	kg/m ³
HM	HM	Härte nach Mohs, Mohshärte	HM
E	E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
μ	Mü	Poissonzahl, Querdehnzahl	-
c	c	Spezifische Wärmekapazität	J/kgK
α	Alpha	Thermische Längenausdehnung	10 ⁻⁶ · 1/K
λ	Lambda	Wärmeleitfähigkeit	W/mK
K	Kelvin	Temperatureinheit	K
n	n	Brechungsindex	-
Δ	Delta	Mathematischer Operator für Differenz	-

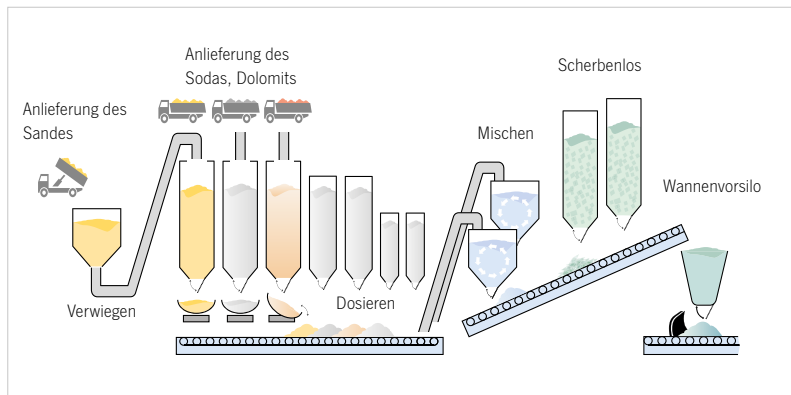
Schema Floatglasprozess



Gemengebeschickung

Das Gemenge wird vollautomatisch verwogen und einem Zwischenspeicher zugeführt. Von dort wird es kontinuierlich in die Wanne

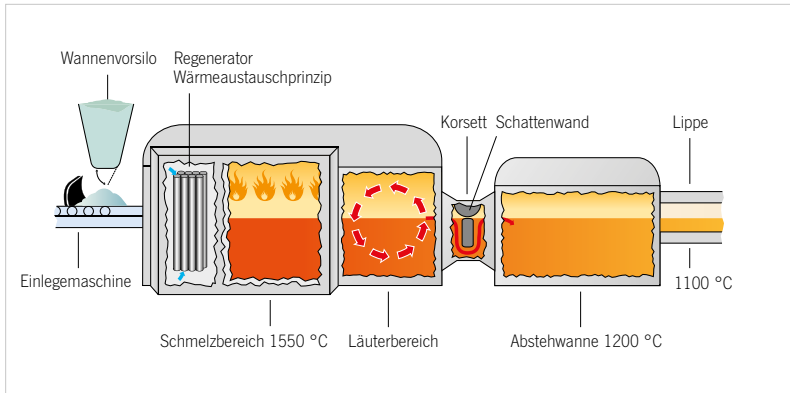
eingetragen. Dabei werden pro Tag je nach Wannengröße bis zu 1200 t Grundstoffe eingefüllt.



Schmelzen

Das Schmelzen des Gemenges in der Wanne erfolgt bei einer Temperatur von etwa 1550 °C. Anschließend folgt die Läuterungszone, wo das Glas möglichst blasenarm geläutert wird. Danach wird es in einer so

genannten Abstehtwanne auf die nachfolgende Formgebung durch Abkühlung auf etwa 1100 °C vorbereitet. In der Schmelz- und Abstehtwanne befinden sich ständig bis zu 1900 t Glas.



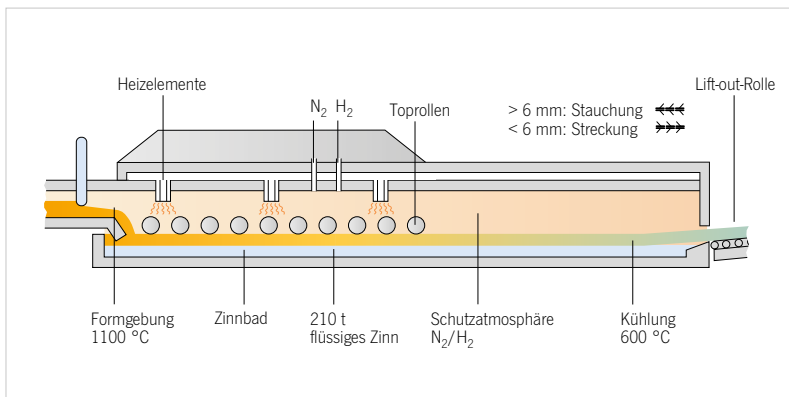
2.



Zinnbad

Das flüssige Glas wird auf ein Bad mit flüssigem Zinn gegossen. Durch Anpassung der Unterfläche an die völlig ebene Oberfläche des Zinnbades und gleichzeitiges Heizen von oben (Feuerpolitur) ergibt sich planparalleles Glas entsprechend dem Spiegelglas. Mit so genannten Toprollmaschinen, die in den Glasbandrand eingreifen, sowie mittels Heizen und Kühlen im Floatbad und unter

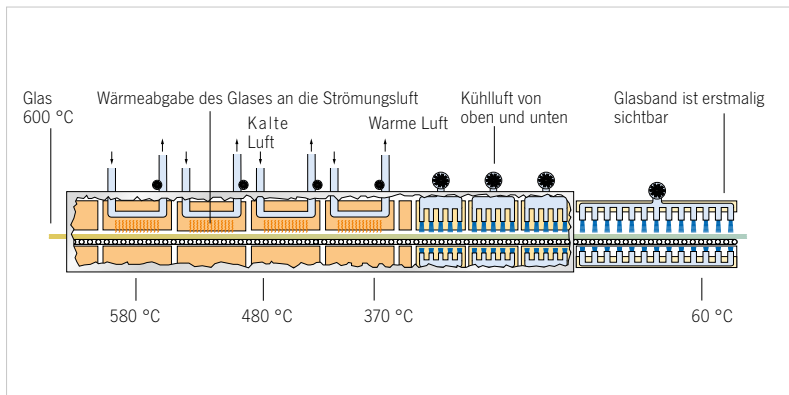
Berücksichtigung der Ziehgeschwindigkeit des Glasbandes im Rollenköhlofen wird die Glasdicke eingestellt. Ohne äußere Einwirkungen würde sich eine Gleichgewichtsdicke von etwa 6 bis 7 mm einstellen. Für eine geringere Glasdicke muss die zähflüssige Glasmasse mittels der Ziehgeschwindigkeit des Rollenköhlofens beschleunigt, für eine größere verzögert werden.



Kühlzone

Das Glasband gelangt nach dem Verlassen des Zinnbades in den mehr als 140 m langen Rollenkühlofen. Es wird von ca. 600 auf 60 °C abgekühlt. Die langsame und kontrol-

lierte Kühlung sorgt für ein spannungsarmes Erstarren der Glasmasse. Dies ist wichtig für eine problemlose Weiterverarbeitung.



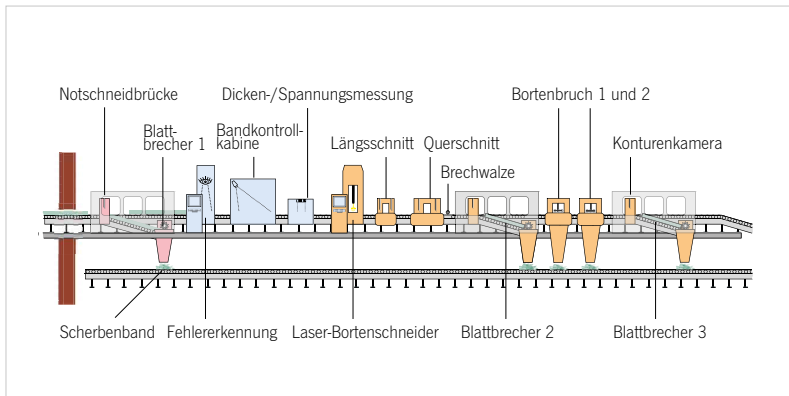
2.

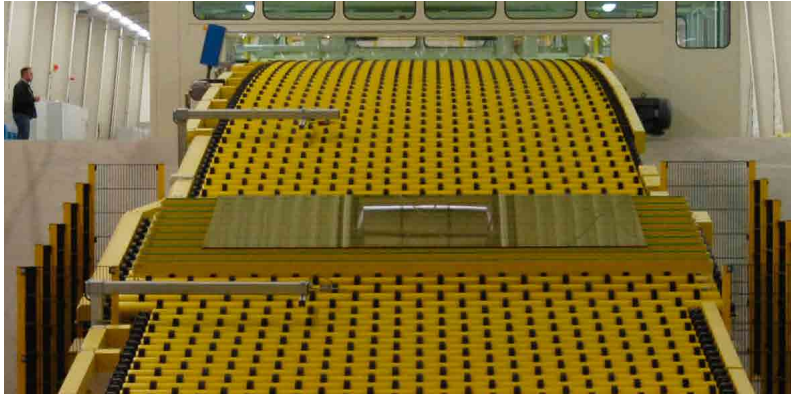


Zuschnitt

Der letzte Teil der Produktionslinie wird „kaltes Ende“ genannt. Er beinhaltet die Qualitätskontrolle und den Zuschnitt. Durch Kamerasysteme wird das gesamte Glasband kontinuierlich auf kleinste Fehler überprüft. Glasbandbereiche, die nicht den hohen Ansprüchen genügen, können so augenblicklich ausgesondert werden. Danach wird

das Glas auf Standardmaße (3210 x 6000 mm) geschnitten und abgestapelt. Auf einer separaten Zuschnittlinie kann das Glas direkt nach Kundenmaßen weiter konfektioniert werden. Nach gut 400 m ist aus den vorwiegend natürlichen Rohstoffen Floatglas entstanden – bereit zur Auslieferung, fertig zur Weiterverarbeitung.





2.

Alle Prozesse der Produktionslinie werden von Kameras und Sensoren überwacht und dokumentiert.

Anhand von Fehlererkennungsanlagen wird das gesamte Glasband ständig auf kleinste Fehler geprüft.



Floatglas wird weiterverarbeitet zu:

- Wärmedämm Isolierglas
- Hochwärmedämmendem Glas für den Passivhausbau
- Schalldämm Isolierglas
- Sonnenschutz Isolierglas
- Sicherheitsglas
- Verbundsicherheitsglas (VSG)
- Einscheibensicherheitsglas (ESG)
- Brandschutzglas
- Bedrucktem und emailliertem Glas
- Kombinationen von Gläsern für Multifunktionsanwendungen
- Gläsern für konstruktiven Bau, Fassaden und Fenster

EUROGLAS macht klimafreundliches Floatglas zum Standard

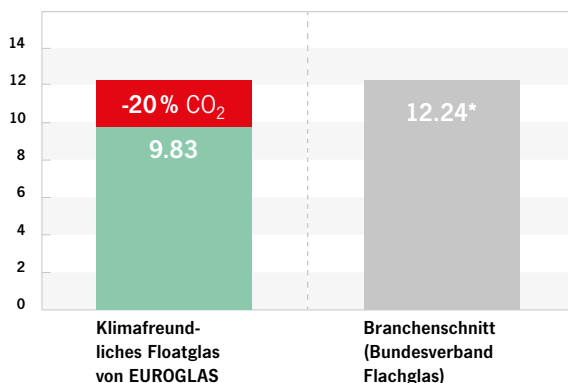
Glas ist einer der Werkstoffe im Bauwesen, der einen bedeutenden Beitrag für den Klimaschutz leistet. Effektive Wärme- und Sonnenschutzbeschichtungen sorgen dafür, dass auch bei großzügigen Anwendungen der Energieverbrauch für das Heizen oder Kühlen von Gebäuden auf ein Minimum reduziert wird. Entsprechend zügig amortisiert sich der Herstellungsaufwand von Glas, sobald es im Gebäude eingesetzt wird. Zugleich ist die Produktion aber auch ein gewichtiger Hebel, um den CO₂-Fußabdruck weiter zu senken.

CO₂-Ausstoß deutlich unter Branchenschnitt

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsinitiative „Green for Generations“ arbeitet die Glas Trösch Gruppe, zu der auch der Floatglashersteller EUROGLAS zählt, stetig daran, den CO₂-Fußabdruck für das eigens produzierte

Glas zu reduzieren. Dabei steht die Verbesserung der Werte für das gesamte Sortiment und nicht nur einzelner Produktlinien im Fokus. Gemäß der kürzlich neu erstellten Umwelt-Produktdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) liegt der durchschnittliche CO₂-Ausstoß für das gesamte von EUROGLAS hergestellte Floatglas fast 20 Prozent unter dem Wert aus der Muster-Branchen-EPD. Der niedrige Wert geht ohne Abstriche bei Qualität, Eigenschaften und Design einher.

Die aktuelle EPD bestätigt, dass das CO₂-Äquivalent beim Standard-Floatglas EUROFLOAT mit vier Millimetern Dicke lediglich 9,83 kg CO₂eq/m² beträgt. Der Wert liegt damit fast 20 Prozent (19,7 %) unter dem aus der Muster-Branchen-EPD vom Bundesverband Flachglas mit 12,24 kg CO₂eq/m² (*Deklarationsnummer: M-EPD-FEG-001000).



Möglich wurde das niedrige CO₂-Äquivalent durch langjährig optimierte Herstellungsverfahren

Modernisierung der Produktionsanlagen

EUROGLAS investiert kontinuierlich in die Modernisierung und Optimierung ihrer Produktionsanlagen. Dies umfasst den Einsatz energieeffizienter Brenntechnologien und die Verbesserung der Isolierung von Schmelzöfen, um Wärmeverluste zu minimieren.

Lokale Scherben

Es werden alle verfügbaren Glasscherben vollumfänglich für das Standard-Floatglas genutzt, um den Einsatz von Rohstoffen und von Prozessenergie bestmöglich zu reduzieren. Scherbentransporte zwischen den Standorten sind nicht notwendig.

Energie-Rückgewinnung

In den Glasproduktionsprozessen wird häufig Abwärme freigesetzt. Dabei wird auf Technologien zur Rückgewinnung und Wiederverwendung dieser Abwärme gesetzt, beispielsweise zur Vorwärmung von Rohmaterialien oder zur Beheizung von Gebäuden.

Optimierung der Logistik

Durch die Optimierung von Transportwegen und den Einsatz effizienterer Transportmittel wird dazu beigetragen, den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen im Logistikbereich zu reduzieren.

Einsatz von erneuerbaren Energien

EUROGLAS fördert den Einsatz von erneuerbaren Energien in ihren Produktionsstätten, zum Beispiel durch den Einsatz von Solaranlagen oder den Bezug von grünem Strom.

Forschung und Entwicklung

Um neue Materialien und Produktionsmethoden, die den Energieverbrauch weiter senken können, zu entwickeln, wird in Forschung und Entwicklung investiert. Dazu gehört auch die Entwicklung von innovativen Glasprodukten mit verbesserten Isolations- und Energieeinsparungseigenschaften.

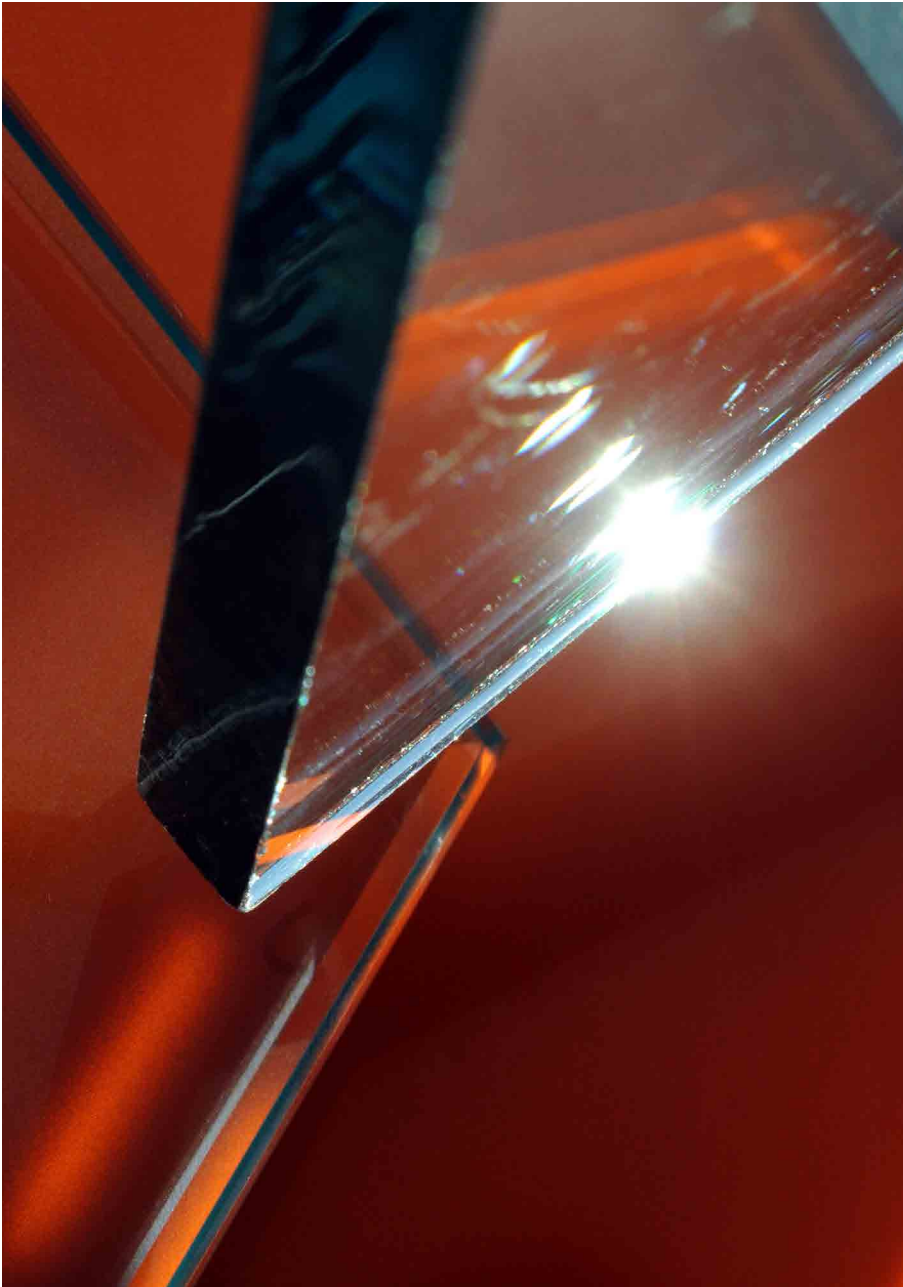
Mitarbeiterschulung und Sensibilisierung

Schulungen und Sensibilisierungsprogramme für Mitarbeiter tragen dazu bei, das Bewusstsein für Energieeinsparmaßnahmen zu schärfen und den verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen zu fördern.

Energieaudits und Zertifizierungen

Regelmäßige Energieaudits helfen dabei, Schwachstellen zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zu ergreifen. Zertifizierungen wie ISO 50001 unterstützen EUROGLAS dabei, ein systematisches Energiemanagement zu implementieren und kontinuierlich zu verbessern.





2.2 PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN VON FLACHGLAS

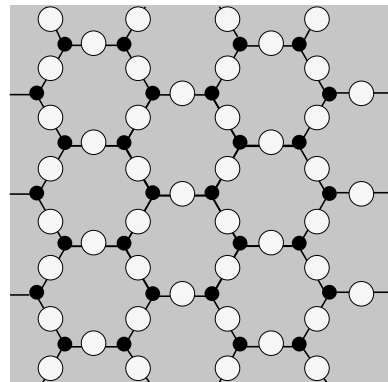
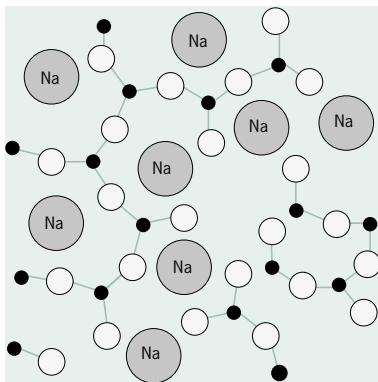
2.2.1 Definition und Zusammensetzung

Das Glas, das wir heute als Baumaterial verwenden, wird auf Grund seiner Zusammensetzung Kalk-Natron-Silikatglas genannt. Bei der Herstellung werden die Rohstoffe erhitzt. Durch den nachfolgenden Kühlprozess haben die Ionen und Moleküle keine Möglichkeit, sich zu ordnen. Silizium und Sauerstoff können sich nicht zu Kristallen zusammenschließen, der ungeordnete Molekülzustand wird „eingefroren“. Glas besteht daher aus einem unregelmäßig räumlich verketteten Netzwerk aus Silizium (Si) und Sauerstoff (O) in dessen Lücken Kationen eingelagert sind. Wird Glas auf etwa 1000 °C erhitzt und diese Temperatur eine gewisse Zeit gehalten, beginnt eine so genannte Ent-

glasung. Dabei entstehen Siliziumkristalle, die von der eigentlichen Glasmasse abgesondert werden. Dieser Vorgang führt zu milchig opakem Glas.

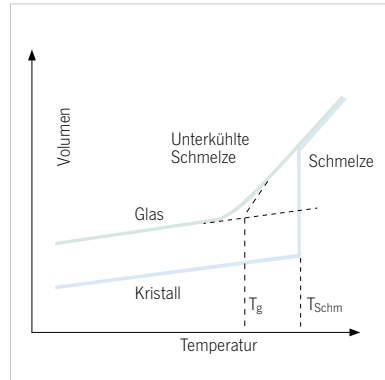
Glas ist kein Festkörper im chemisch-physikalischen Sinne, eher eine erstarrte Flüssigkeit. Die Moleküle sind ungeordnet und bilden kein Kristallgitter. Oft wird dieser Umstand als Grund für die Transparenz des Stoffes genannt. Daneben gibt es aber noch weitere Theorien. Eine führt zum Beispiel die Transparenz auf die Tatsache zurück, dass Siliziumoxid eine sehr stabile Verbindung ist, die keine freien Elektronen aufweist, die mit der Lichtstrahlung wechselwirken können.

2.



Vereinfachte schematische Darstellung der Strukturen von Floatglas (links) und kristallinem SiO_2

Da Glas aus verschiedenen Verbindungen besteht, gibt es keine chemische Formel für die Berechnung der physikalischen Eigenschaften. Glas hat keinen Schmelzpunkt, wie das von anderen Stoffen, etwa von Wasser bekannt ist, das oberhalb von 0 °C flüssig ist und unterhalb von 0 °C zu Eis kristallisiert. Bei Erwärmung geht Glas kontinuierlich von einem festen (hochviskosen) in einen flüssigen (niedrigviskosen) Zustand über. Der Temperaturbereich zwischen festem, sprödem und plastisch viskosem Zustand wird oft als Transformationsbereich bezeichnet. Dieser liegt bei Floatglas zwischen 520 – 550 °C. Als grobe Vereinfachung kann daraus der Mittelwert 535 °C abgeleitet werden, der als Transformationspunkt oder Transformationstemperatur (T_g) bezeichnet wird.



Schematische Darstellung der Eigenschaftsänderungen (fest/flüssig) bei kristallinen und glasigen Substanzen

Der Umstand, dass Glas zu Recht als eingefrorene Flüssigkeit bezeichnet wird, führt oft zur Meinung, Glas würde auch im erstarrten Zustand stetig, wenn auch nur sehr langsam fließen. Eine senkrecht stehende Glasscheibe würde nach einem genügend großen Zeitraum (nach Jahrzehnten oder Jahrhunderten) am unteren Ende messbar dicker werden. Dem ist aber nicht so. Es gilt heute als wissenschaftlich erwiesen, dass ein Glas-

körper bei Gebrauchstemperaturen seine Form durch die eigene Schwerkraftbelastung nicht verändert, es sei denn es handelt sich um eine Durchbiegung im statischen Sinn.

Im Vergleich zu vielen Kristallen, hat Glas eine amorphe Isotropie, d. h. die Eigenschaften sind unabhängig davon, in welcher Richtung sie gemessen werden.

Zusammensetzung von Kalk-Natron-Glas

Rohstoff	Chemische Formel	Anteil
Siliziumdioxid	(SiO ₂)	69 % - 74 %
Natriumoxid	(Na ₂ O/Soda)	12 % - 16 %
Calciumoxid	(CaO)	5 % - 12 %
Magnesiumoxid	(MgO)	0 % - 6 %
Aluminiumoxid	(Al ₂ O ₃)	0 % - 6 %

2.2.2 Mechanische Eigenschaften

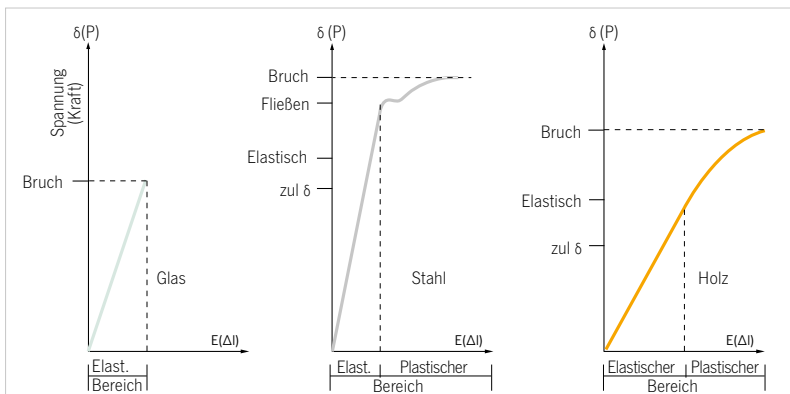
Zug- und Druckfestigkeit

Die silikatische Grundmasse verleiht dem Glas Härte und Festigkeit, aber auch die bekannte und unerwünschte Sprödigkeit. Eine Eigenschaft, der man in jedem Anwendungsfall gebührende Beachtung schenken muss. Glas kennt, im Gegensatz etwa zu Metallen, keinen plastischen Bereich. Es ist elastisch bis zur Bruchgrenze. Der Bruch erfolgt daher plötzlich, ohne vorherige sichtbare Anzeichen.

Die Druckfestigkeit von Glas ist sehr hoch. Sie übertrifft diejenige von anderen Baumaterialien bei weitem. Daher stellt sie bei der praktischen Anwendung von Glas am Bau kaum Probleme dar. Entscheidend ist die Zugfestigkeit, insbesondere die Biegezugfestigkeit. Es ist bekannt, dass Glasfasern eine sehr hohe Zugfestigkeit aufweisen. Es besteht jedoch ein

großer Unterschied zwischen der Tragfähigkeit einer Glasfaser und einer Glasscheibe. Die Tragfestigkeit der Glasscheibe hängt praktisch nicht mehr vom Zusammenhalt in der chemischen Struktur ab, sondern von anderen Einflüssen. Glas ist in Wirklichkeit kein völlig kompakter Körper, sondern verfügt über zahlreiche Diskontinuitäten, als Oberflächenfehler in Form von Mikrorissen und Kerbstellen. Letztendlich bestimmen diese die praktische Festigkeit. Bemerkenswert ist zudem, dass die Festigkeit mit der Belastungsdauer abnimmt, daher gelten in der Praxis oft unterschiedliche zulässige Spannungen, je nach Art der Belastungsdauer. Eine typische Kurzzeitbelastung ist z. B. Windlast, während Schneelasten längerfristig einwirken.

2.



Weg-/Kraftdiagramm von Glas, Stahl und Holz im Vergleich.

Quelle: Beratungsbüro für warme Kante und Glas, Ingrid Meyer-Quel

Vergleich der Festigkeiten verschiedener Werkstoffe (ca. Werte)

Werkstoff	Zulässige Biegespannung	Druckfestigkeit
Floatglas/Spiegelglas	12 – 18 N/mm ²	700 – 900 N/mm ²
Teilvorgespanntes Glas (TVG)	29 N/mm ² *	700 – 900 N/mm ²
Einscheibensicherheitsglas aus Floatglas	50 N/mm ²	700 – 900 N/mm ²
Aluminium	70 N/mm ²	70 N/mm ²
Baustahl	180 N/mm ²	180 N/mm ²
Eiche	50 N/mm ²	30 N/mm ²
Buche	35 N/mm ²	25 N/mm ²

* Rechenwert gemäß Zulassung

Elastizitätsmodul

Werkstoff	Elastizität
Floatglas/Spiegelglas	70000 N/mm ²
Einscheibensicherheitsglas aus Floatglas	70000 N/mm ²
Aluminium	70000 N/mm ²
Baustahl	210000 N/mm ²
Eiche	12500 N/mm ²
Buche	11000 N/mm ²

Materialrohndichte

Werkstoff	Dichte
Kalk-Natron-Glas	2500 kg/m ³
Strahlenschutzglas RD 50	5000 kg/m ³
Aluminium	2700 kg/m ³
Stahl	7900 kg/m ³
Beton	2000 kg/m ³
Blei	11300 kg/m ³

2.

Gewicht

Merkgröße für den Alltag:

1 m² Glas wiegt pro mm Dicke 2,5 kg.

1 m² Floatglas mit 6 mm Dicke

wiegt 6 x 2,5 kg = 15 kg.

Oberflächenhärte

Im Vergleich zu anderen Werkstoffen, etwa Holz, Metalle und Kunststoffe, besitzt Glas eine sehr harte Oberfläche.

Ritzhärte nach Mohs (HM)

Werkstoff	Ritzhärte
Apatit	5 HM
Kalk-Natron-Glas (Floatglas, Fensterglas, Ornamentglas)	5 – 6 HM
Feldspat	6 HM
Quarz	7 HM

Kratzer sind ab einer Tiefe von etwa 100 nm (0,0001 mm) sichtbar, ab etwa 2000 nm (0,002 mm) spürbar. Bei beschichteten Gläsern sind Kratzer bereits ab einer Tiefe von ca. 10 nm sichtbar!

2.2.3 Thermische Eigenschaften

Wärmeausdehnungskoeffizient

Verglichen mit anderen Werkstoffen besitzt Glas eine geringe Wärmeausdehnung, die zudem von der Zusammensetzung abhängt. Glaskeramik z. B. weist praktisch keine Wärmeausdehnung auf. Daher entfallen Spannungen, die sich aus unterschiedlich

erwärmten Zonen ergeben können. Der Ausdehnungskoeffizient von $9,0 \times 10^{-6}/K$ bedeutet, dass sich eine 1 Meter lange Floatglasscheibe bei einer Erwärmung um $100\text{ }^{\circ}K$ um 0,9 mm ausdehnt. Für Aluminium läge der analoge Wert bei 2,4 mm.

Werkstoff	Wärmeausdehnungskoeffizient
Kalk-Natron-Glas (Floatglas, Ornamentglas)	$9,0 \times 10^{-6}/K$
Borosilikatglas	$3,3 \times 10^{-6}/K$
Quarz-Kieselglas	$0,5 \times 10^{-6}/K$
Glaskeramik	$0,1 \times 10^{-6}/K$
Aluminium	$24 \times 10^{-6}/K$
Stahl	$12 \times 10^{-6}/K$
Beton	$10 - 12 \times 10^{-6}/K$

Wärmeleitfähigkeit

Im Vergleich zu Metallen, ist die Fähigkeit von Glas, Wärme zu leiten, zwar sehr gering, gegenüber gebräuchlichen Isolationsmaterialien jedoch hoch. Sie spielt aber in der praktischen Anwendung am Bau nur eine

unbedeutende Rolle, da die außerordentlich gute Wärmedämmung von Isoliergläsern insbesondere auf der Wirkung von Wärmedämmbeschichtungen beruht.

Wärmeleitkoeffizient

Werkstoff	Wärmeleitkoeffizient
Kalk-Natron-Glas (Floatglas, Fensterglas, Ornamentglas)	1,00 W/mK
Aluminium	160,00 W/mK
Stahl	50,00 W/mK
Beton	1,00 W/mK
Holz (Fichte)	0,14 W/mK
Kork	0,05 W/mK
Polystyrol	0,04 W/mK

Temperaturwechselbeständigkeit

Unter Temperaturwechselbeständigkeit versteht man die Fähigkeit, einem scharfen Temperaturwechsel zu widerstehen. Sie wird in Kelvin angegeben und stellt ein Maß für die Wahrscheinlichkeit eines so genannten Thermoschocks dar, d. h. eines Bruches infolge thermischer Überbelastung. Je höher die Temperaturwechsel-

beständigkeit eines Glases ist, desto geringer ist die Gefahr für einen Thermoschock. Ein direkter Schluss aus der Temperaturwechselbeständigkeit auf maximal zulässige Oberflächentemperaturen einer Verglasung ist jedoch nicht möglich, da insbesondere die Temperaturverteilung im Bauteil maßgebend ist.

2.

Glasart	Temperaturwechselbeständigkeit
Floatglas	40 K
Teilvorgespanntes Glas (TVG)	100 K
Einscheibensicherheitsglas (ESG)	200 K
Borosilikatglas	260 K
Glaskeramik	> 300 K



Umrechnungstabelle Kelvin – Celsius – Fahrenheit

Kelvin	Celsius	Fahrenheit
0 K	-273,15 °C (absoluter Nullpunkt)	-459,67 °F
40 K	-233,15 °C	-387,67 °F
100 K	-173,15 °C	-279,67 °F
150 K	-123,15 °C	-189,67 °F
260 K	-13,15 °C	8,33 °F
273,15 K	0 °C	32 °F
255,37 K	-17,78 °C	0 °F

2.2.4 Chemische Eigenschaften

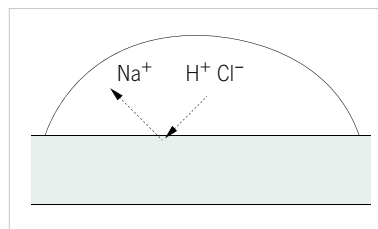
Floatglas weist eine hohe Resistenz gegenüber fast allen Chemikalien auf. Eine Ausnahme bildet Flusssäure (HF), die zum Glasätzen verwendet wird. Auch gegen viele

wässrige Lösungen ist Glas jedoch nicht absolut stabil. Sowohl saure als auch insbesondere basische Lösungen können die Oberfläche angreifen.

2.

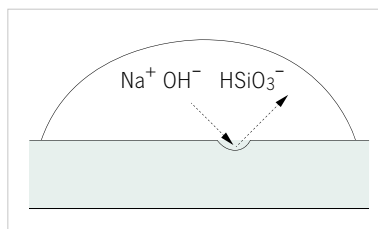
Einwirkung von Säure

Es handelt sich um einen Ionenaustausch, bei dem z. B. Na^+ und Ca^{2+} -Ionen gegen H^+ Ionen ersetzt werden, ohne dass das SiO_2 -Netzwerk angegriffen wird. Daher hinterlässt dieser Prozess keine sichtbaren Spuren. Ein ähnlicher Prozess wird sogar genutzt um Gläser zu veredeln, beim so genannten chemischen Vorspannen.



Einwirkung von Laugen

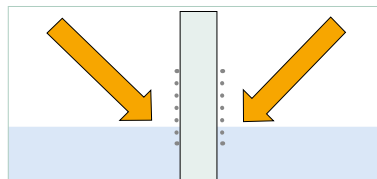
Bei diesem Prozess reagiert die Lauge mit dem SiO_2 -Netzwerk. Es entstehen lösliche Kieselsäuren, die Glasstruktur wird zerstört. Es bleiben sichtbare Verätzungen zurück, etwa wenn Zementmilch auf eine Verglasung gelangt. Schon nach kurzer Standzeit wird die Oberfläche angegriffen und es treten irreparable Schäden auf.



Glaskorrosion im Grenzbereich von Wasser und Luft

Gläser, die längere Zeit im Wasser stehen, können im Grenzbereich zwischen Wasser und Luft durch einen chemischen Prozess beschädigt werden. Durch das Herauslösen von Natriumionen kann in Verbindung mit Wasser Natronlauge entstehen. Bei einem ständigen Austausch des Wassers wird diese Lauge sofort stark verdünnt und ist damit ungefährlich. Im Übergang zwischen Wasser und Luft, wo das Wasser nur geringfügig ausgetauscht wird, oder bei einem Angriff von

stehendem Wasser findet keine Verdünnung statt und damit kann eine Oberflächenbeschädigung durch die entstehende Natronlauge stattfinden.



2.2.5 Strahlungsphysikalische Eigenschaften

Eine hervorragende Eigenschaft von Glas ist seine Durchlässigkeit für Sonnenstrahlung, insbesondere für Licht. Dieses Merkmal, verbunden mit seiner hohen Festigkeit,

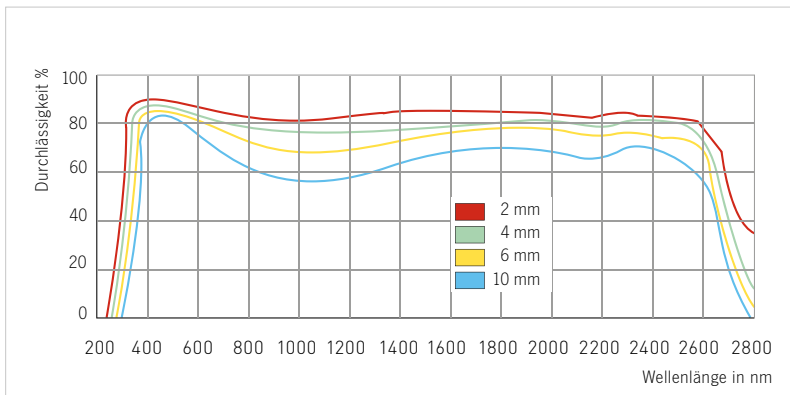
seiner harten Oberfläche und seiner außerordentlich hohen Beständigkeit macht Glas zu einem einzigartigen, praktisch nicht ersetzbaren, Baustoff.

Spektrale Unterteilung der Sonnenstrahlung

Sonnenstrahlung	Wellenlängenbereich
Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung)	320 – 380 nm
Lichtstrahlung	380 – 780 nm
Infrarot-Strahlung (IR-Strahlung)	780 – 3000 nm

2.

Spektrale Durchlässigkeit von Floatglas verschiedener Dicke



2.2.6 Weitere Eigenschaften

Schalldämmung

Auf Grund seiner Dichte eignet sich Glas ausgezeichnet zur Schalldämmung. Glas wird jedoch im Vergleich zu anderen Baustoffen (Backstein, Beton, Holz, usw.) in der Regel nur in sehr geringen Dicken eingebaut, damit relativiert

sich diese Aussage. Optimale Schalldämmwerte erreicht man mit entsprechend aufgebauten Isolierglas- oder mit speziellen Verbundsicherheitsglaselementen, deren Elementdicken vergleichsweise immer noch sehr gering sind.

2.

Schalldämmwerte von Gläsern und anderen Baustoffen

Baustoff	Dicke	Schalldämm-Maß
Floatglas	3 mm	≈ 28 dB
	6 mm	≈ 31 dB
	12 mm	≈ 34 dB
VSG mit Schalldämmfolie	12 mm	≈ 39 dB
Schalldämm Isolierglas	42 mm	≈ 50 dB
Holzwandkonstruktion	80 mm	≈ 35 dB
Backsteinwand	200 mm	50 dB

Beständigkeit

Glas ist einer der beständigsten Baustoffe, den man sich vorstellen kann.

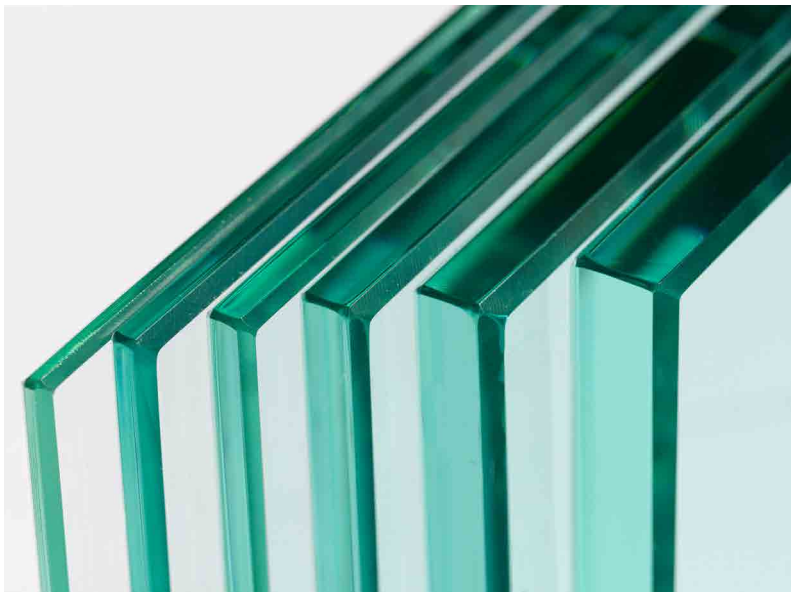
Glas

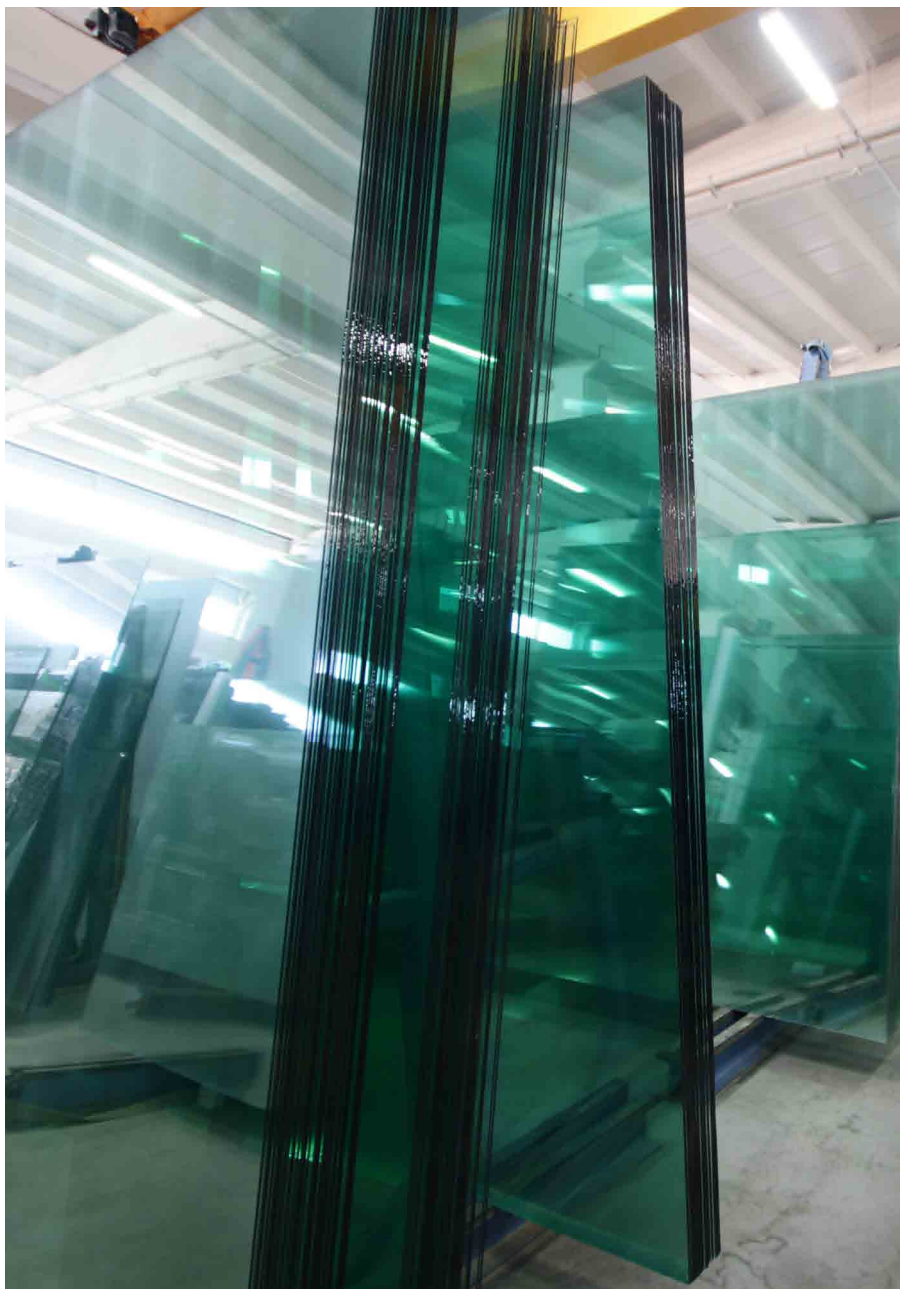
- rostet nicht
- fault nicht
- wird nicht von Pilzen befallen
- verwittert nicht
- verfärbt sich nicht
- nimmt keine Feuchte auf
- gibt keine Feuchte ab
- quillt nicht
- schwindet nicht
- verwindet sich nicht
- widersteht Kälte und Wärme
- wird weder spröde noch weich
- ist UV- und lichtbeständig
- ist 100 % recycelbar

2.2.7 Zusammenfassung der wichtigsten technischen Kennwerte von Floatglas

Eigenschaft	Symbol	Zahlenwert und Einheit
Dichte	ρ	2500 kg/m ³
Härte (nach Mohs)	HM	6 HM
Elastizitätsmodul	E	70000 N/mm ²
Poissonzahl	μ	0,2
Spezifische Wärmekapazität	c	0,72 x 10 ³ J/kgK
Mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient zwischen 20 und 300 °C	α	9 x 10 ⁻⁶ /K
Wärmeleitfähigkeit	λ	1 W/mK
Mittlerer Brechungsindex im sichtbaren Bereich (380 bis 780 nm)	n	1,5

2.





2.3 BASISGLÄSER

2.3.1 Floatglas

Floatglas ist die heute am häufigsten verwendete Glasart. Standardfloatglas, weist eine leichte Grünfärbung auf, die insbesondere an den Glaskanten deutlich wahrgenommen

werden kann. Die Grünfärbung, auch Grünstich genannt, ergibt sich aus geringen Mengen von Eisenoxid, das in den Rohstoffen enthalten ist.

2.

Extraweißes Floatglas

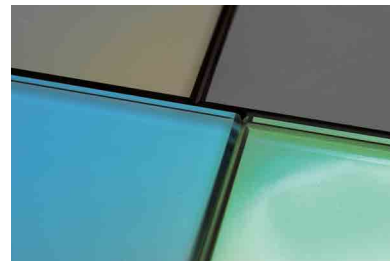
Extraweißes Glas, das aus besonders eisenoxidadarmen Rohstoffen hergestellt wird und praktisch keine Eigenfarbe aufweist.

Es kommt meist aus ästhetischen und optischen Überlegungen zur Anwendung.

Floatglas farbig

Durch Zusatz von Metalloxiden lässt sich farbiges Floatglas herstellen, wobei die ganze Glasmasse durchgefärbt wird. Dies führt dazu, dass die Intensität der jeweiligen Farbe mit der Glasdicke gekoppelt ist. Theoretisch wäre eine Vielzahl von Farbtönen möglich, aus praktischen Gründen bleibt die erhältliche Palette jedoch auf wenige Töne beschränkt (grün, grau, bronze, blau). Unter Sonneneinstrahlung werden farbige Gläser wegen der hohen Strahlungsabsorption sehr stark erwärmt, wodurch sich das thermische

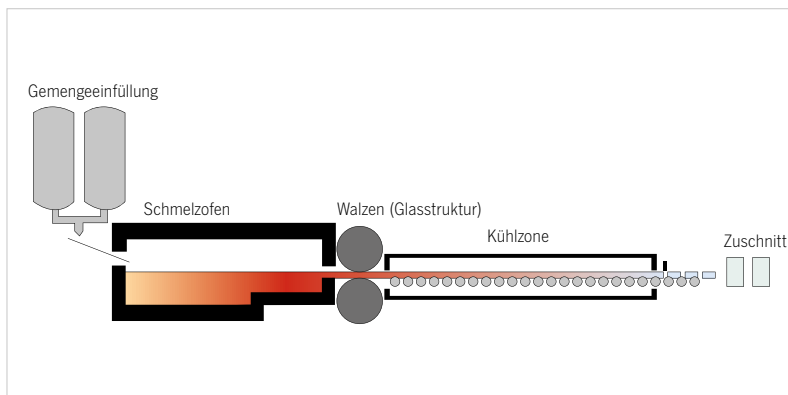
Bruchrisiko erhöht. Farbige Floatgläser müssen daher in der Praxis oft vorgespannt werden.



2.3.2 Ornament- oder Gussglas

Ornamentgläser sind Gläser mit einer ein- oder beidseitig, mehr oder weniger ausgeprägt strukturierten Oberfläche. Bei der Herstellung durchläuft die Glasmasse zur Formgebung ein oder mehrere Walzenpaare, die die gewünschte Prägung erzeugen. Das Glas verliert dadurch zwar seine klare Durchsichtigkeit, eignet sich aber genau deshalb als Sichtschutz mit hoher Lichtdurchlässigkeit. Die thermische und statische Belastbarkeit von Ornamentgläsern ist im Allgemeinen geringer als die von Floatglas.

Einige Strukturgläser lassen sich vorspannen, zu VSG laminieren oder zu Isolierglas zusammenbauen. Die Verarbeitung ist abhängig von der Art und dem Verlauf der Struktur sowie von den fabrikationstechnischen Gegebenheiten.



Spez. 32 weiß



Mastercarré weiß



Spiegelrohglas 200 weiß

2.3.3 Drahtornament-, Drahtglas und poliertes Drahtglas (Drahtspiegelglas)

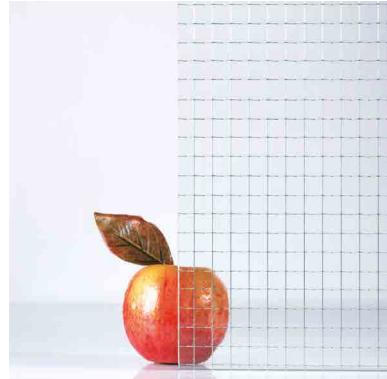
Ornamentglas kann mit einer Drahtnetzeinlage versehen werden, die während des Herstellungsprozesses in das noch flüssige Glas eingelegt wird. Bei mechanischer Zerstörung

hält das Drahtnetz die Bruchstücke zusammen, wodurch sich ein gewisser Schutz gegen herabfallende Splitter ergibt.

- Drahtornamentglas hat eine strukturierte Oberfläche
- Drahtglas hat zwei glatte Oberflächen
- Poliertes Drahtglas (früher Drahtspiegelglas) hat zwei polierte Oberflächen



Achtung
Drahtglas ist wesentlich bruchanfälliger als Floatglas und keineswegs ein Sicherheitsglas.



Drahtglas

2.3.4 Renovationsglas

Unter dem Begriff Renovationsglas wird heute ein Glas bezeichnet, das im Ziehverfahren oder als mundgeblasenes Glas hergestellt wurde. Renovationsglas und Floatglas haben die gleiche chemische Zusammensetzung und weisen dieselben physikalischen Eigenschaften auf.

Die Bedeutung von Renovationsglas beschränkt sich heute praktisch auf den Renovationsmarkt für historisch wichtige Gebäude. Die Ziehstreifen, die der Glasoberfläche etwas Lebendiges verleihen, sind bei der Rekonstruktion oder Erneuerung von historischen Fensterpartien sehr gefragt.

2.3.5 Borosilikatglas

Enthält einen Zusatz von 7 – 15% Boroxid. Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist im Vergleich zu Float-, Fenster- und Ornamentglas sehr viel niedriger. Borosilikatglas hat daher eine wesentlich höhere Temperaturwechselbeständigkeit und außerdem eine hohe Beständigkeit gegen Laugen und Säuren. Eingesetzt wird es, wenn hohe Temperaturbeständigkeit gefordert wird.



2.3.6 Glaskeramik

Glaskeramiken sind keine Gläser im eigentlichen Sinn, da sie einen teilweisen oder vollkommenen mikrokristallinen Aufbau haben. Trotzdem können sie absolut glasklar sein. Sie besitzen eine außerordentlich hohe Temperaturwechselbeständigkeit. Bekannt sind sie vor allem als Keramik Kochfelder.



2.3.7 Strahlenschutzglas

Besteht zu einem hohen Prozentsatz aus Bleioxid, das Röntgenstrahlen absorbiert. Es wird daher oft auch als Bleiglas bezeichnet. Strahlenschutzglas besitzt eine hohe Dichte (je nach Bleigehalt bis 5 g/cm^3) und ist deshalb bis doppelt so schwer wie Floatglas. Charakteristisch für Strahlenschutzglas ist außerdem eine leichte Gelbfärbung. Seine Wirksamkeit gegen Röntgenstrahlen wird mit dem so genannten Bleigleichwert angegeben. Das Einsatzgebiet liegt insbesondere in Krankenhäusern und in der Forschung und Entwicklung. Generell überall, wo klare Durchsicht erwünscht ist, aber optimaler Strahlenschutz gewährleistet werden muss.



2.3.8 Kristallspiegelglas

Bezeichnung für gegossenes und gewalztes, auf beiden Seiten planparallel geschliffenes Glas. Mit klarer Durchsicht und fehlerfreier Optik, farblos oder farbig (abgelöst durch Floatglas).



2.3.9 Kristallglas / Bleioxidglas

Bezeichnung für meist bleihaltiges, geschliffenes Hohlglas (kein Flachglas).



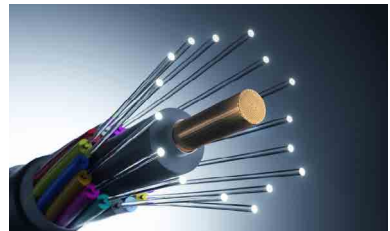
2.3.10 Kieselglas (Quarzglas)

Kieselglas besteht aus reinem Siliziumoxid. Es wird oft auch als Quarzglas bezeichnet, was aber eine etwas irreführende Bezeichnung ist, da es nicht eine kristalline Struktur wie ein Quarz, sondern wie bei Gläsern üblich, eine amorphe Struktur aufweist. Kieselglas besitzt eine hohe Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlung, einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten und damit eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit. Anwendung: Optik, Lampenproduktion, Halbleiterfertigung, Lichtleit-/Glasfaserkabel und Isolationsmaterial in elektronischen Bauteilen.



2.3.11 Aluminium-Silikat-Glas

Aluminium-Silikat-Glas wird auf Basis herkömmlichem Kalknatron-Silikat-Glas aufgebaut. Das Spezialglas, das sich im Floatverfahren mit Dicken von nur 0,5 mm herstellen lässt, ist kratzfester und bietet eine hervorragende optische Qualität. Die Gläser mit Oberflächen-Druckspannungen von bis zu 900 Megapascal werden in erster Linie für Displays von Smartphones und Tablets eingesetzt.



2.3.12 Glasbearbeitung

2.3.12.1 Kantenbearbeitung nach DIN 1249, Teil 11

Die Schnittkante entsteht beim Anritzen und anschließendem Brechen des Glases entlang des Schnittes. Die Ränder der Schnittkante sind scharfkantig. In der Schnittkante sind die Wallnerlinien (leichte Wellenlinien auf der Glaskante, die beim Brechen des Glases entstehen) quer zu den Rändern sichtbar.

Die Schnittkante ist in der Regel glatt gebrochen, jedoch können, speziell bei dickeren Scheiben und nicht geradlinigen Formscheiben, auch unregelmäßige Bruchstellen auftreten, durch z. B. Ansatzstellen des Schneidwerkzeuges. Daneben können Bearbeitungsstellen (z. B. durch Brechen des Glases mit der Brechzange) entstehen.

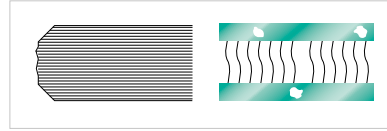
Je nach Anforderung werden unterschiedliche Kantenbearbeitungen angewendet

Benennung	Kurzzeichen	Definition
Geschnitten	KG	Die Schnittkante entsteht durch Anritzen und anschließendes Brechen des Glases.
Gesäumt	KGS	Die gesäumte Kante entspricht der Schnittkante, deren Ränder mit einem Schleifwerkzeug mehr oder weniger gebrochen sind.
Maßgeschliffen	KMG	Die Glasscheibe wird durch Schleifen der Kantenoberfläche auf das erforderliche Maß gebracht. Die maßgeschliffene Kante kann mit gebrochenen Rändern (entsprechend der gesäumten Kante) ausgeführt sein. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind zulässig.
Geschliffen	KGN	Die Kantenoberfläche ist durch Schleifen ganzflächig bearbeitet. Die geschliffene Kante kann mit gebrochenen Rändern (entsprechend der gesäumten Kante) ausgeführt sein. Geschliffene Kantenoberflächen haben ein schleifmattes Aussehen. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind unzulässig.
Poliert	KPO	Die polierte Kante ist eine durch Überpolieren verfeinerte, geschliffene Kante.

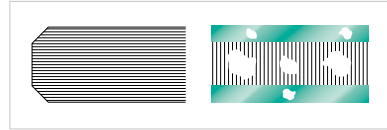
Polierte und geschliffene Kanten gibt es in verschiedenen geometrischen Ausführungen: Gehrung, C-Schliff, Rundkante oder Stufenschliff.

Gesäumte Kante (KGS)

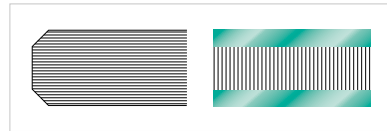
Die gesäumte Kante entspricht der Schnittkante, deren Ränder mehr oder weniger gebrochen sind.

**Maßgeschliffene Kante (KMG)**

Die Glasscheibe wird durch Schleifen der Kantenoberfläche auf das erforderliche Maß gebracht. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind zulässig.

**Geschliffene Kante (KGN)**

Die Kantenoberfläche ist durch Schleifen ganzflächig bearbeitet. Die geschliffene Kante hat ein schleifmattes Aussehen. Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind unzulässig.

**Polierte Kante (KPO)**

Die polierte Kante ist eine durch Überpolieren verfeinerte geschliffene Kante. Polierspuren sind in gewissem Umfang zulässig.

**Wasserstrahlgeschnittene Kante (KWG)**

Durch abrasiven Abtrag erzeugte Glaskante. Sie besitzt keine scharfkantige Ausprägung der Ränder. Die Kantenoberfläche ist rau.

Lasergeschnittene Kante (KLG)

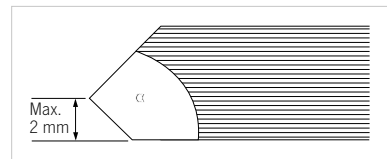
Durch Laserbearbeitung erzeugte Kante. Die lasergeschnittene Kante kann auch scharfkantig sein.

Gesägte Kante (KGG)

Durch Radial- oder Bandsägen im rechten Winkel oder Gehrungswinkel hergestellte Kante mit Ein- und Auslaufspuren an den Anfangs- und Endpunkten.

Gehrungskante

Die Gehrungskante bildet mit der Glasoberfläche einen Winkel: $45^\circ \leq \alpha < 90^\circ$. Die Kanten können geschliffen oder poliert sein.



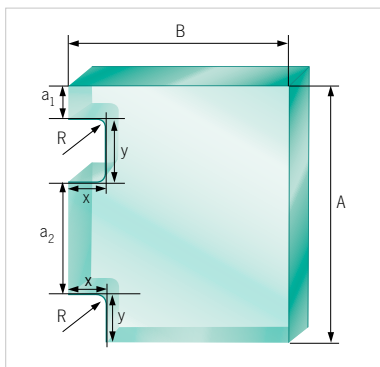
Die Kriterien gelten auch für ESG, heißgelagertes ESG, TVG und VSG aus nicht vorgespannten Gläsern.

2.3.12.2 Eckausschnitte / Randausschnitte

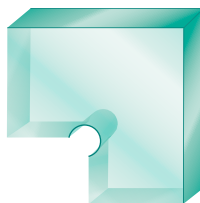
Randausschnitte und Eckausschnitte müssen mit einem Radius (R) versehen werden. Machbare Radien sind mit dem jeweiligen Hersteller abzuklären.

Ausschnittgrößen sind so zu dimensionieren, dass Abstandstoleranzen ausgeglichen werden können.

2.



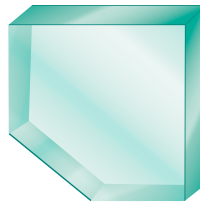
Eckausschnitt



Eckausschnitt



Eckabschnitt



Randausschnitt



Flächenausschnitt

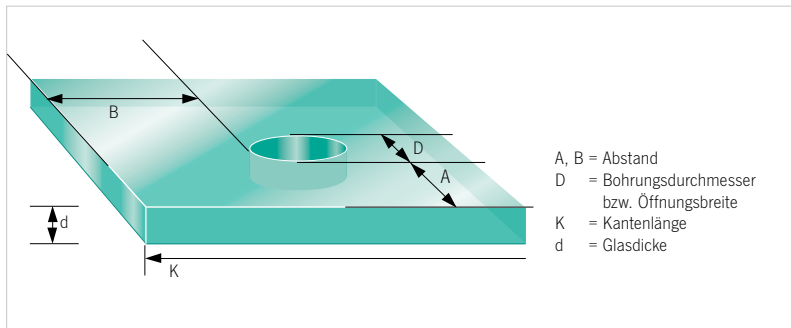


A = Höhe
 B = Breite
 a_1 = Abstand zwischen Ausschnitt
 und Glaskante

a_2 = Abstand zwischen zwei Ausschnitten
 x = Außenschnittbreite
 y = Außenschnitthöhe
 R = Radius/Eckradius

2.3.12.3 Lochbohrungen

Lage der Bohrungen



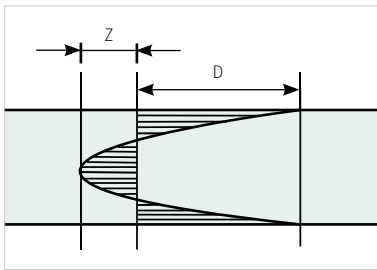
- Der Bohrungsdurchmesser sollte mindestens 4 mm größer sein als der Durchmesser der Befestigung.
- Der Durchmesser (D) der Bohrung bzw. der Öffnung ist so zu dimensionieren, dass Abstandstoleranzen ausgeglichen werden können.
- Werden mehr als vier Bohrungen einander zugeordnet, vergrößern sich die Mindestabstände.
- Der Durchmesser der Bohrung oder die Breite der Öffnung muss größer/gleich der Glasdicke sein: $D \geq d$.
- Der Abstand einer Bohrung oder Öffnung von der Glaskante darf die Hälfte des Durchmessers nicht unterschreiten: $A \geq D/2$ (gilt nicht für vorgespanntes Glas).
- Der Mindestabstand der Bohrung oder Öffnung zur Kante darf nur dann unterschritten werden, wenn ein Entspannungsschnitt erfolgt und der Bohrungsdurchmesser $\geq$ dem 1,5-fachen der Glasdicke ist: $D \geq 1,5 d$.
- Für den Abstand zwischen zwei Bohrungen gelten die gleichen Kriterien, wie zwischen einer Bohrung und der Glaskante.
- Der Durchmesser einer Öffnung darf $1/3$ der jeweiligen Scheibenkante nicht überschreiten: $D \leq K/3$



2.4 EINSCHIEBENSICHERHEITSGLAS (ESG)

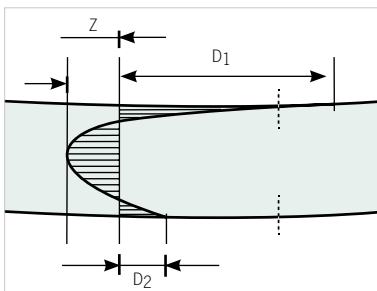
2.4.1 ESG Definition und Eigenschaften

ESG ist ein vorgespanntes Glas, das unter kontrollierten Bedingungen durch Erhitzen und anschließendem schnellen Abkühlen in ein System gleichbleibender Spannungsverteilung gebracht wird.



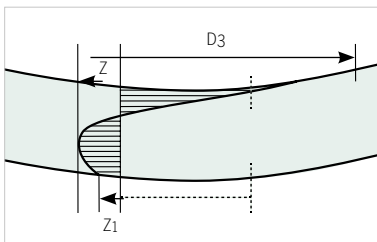
In Ruhestellung

- Die Oberflächen sind unter Druckspannung: D
- Das Glasinnere ist unter Zugspannung: Z



Bei leichter Durchbiegung

- D_1 = Druckspannung der inneren Oberfläche
- D_2 = Druckspannung der äußeren Oberfläche



Erhöhung der Durchbiegung

- Druckspannung D_2 wandelt sich zur Zugspannung Z_1 .

Durch das Vorspannen erhält ESG neue Materialeigenschaften gegenüber dem Ausgangserzeugnis:

Erhöhte Biegefestigkeit

Damit verbunden erhöhte Schlag-, Stoß- und Hagelfestigkeit 50 N/mm² gegenüber 30 N/mm² bei Floatglas (Rechenwert).

Erhöhte Temperaturwechselbeständigkeit

Die Temperaturdifferenz beträgt 150 K, normales Floatglas (40 K) ist wesentlich temperaturempfindlicher.

Erhöhte Stoß- und Schlagfestigkeit

Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas hat im Vergleich zu teilvorgespanntem Glas ein sichereres Bruchverhalten. Soll das Glas als Schutz gegen Unfälle durch menschlichen Körperstoß verwendet werden, so sollte es auch nach EN 12600 klassifiziert werden. (Nachweisbar nach DIN EN 12600 Pendelschlagversuch). ESG muss dauerhaft gekennzeichnet sein.

Verletzungshemmung

Durch Zerfallen in kleine annähernd stumpfkantige Glaskrümel.

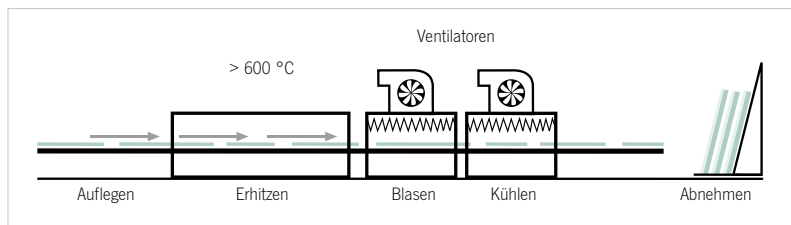
2.4.2 ESG-Herstellung

Thermisch vorgespanntes Einscheiben-sicherheitsglas (ESG) ist ein Flachglas, das bei seiner Fertigung auf eine Temperatur von ca. 600 °C aufgeheizt und dann mit Luft schnell wieder abgekühlt wird. Einscheiben-sicherheitsglas wird plan oder gebogen aus folgenden Basisprodukten hergestellt:

- Floatglas nach DIN EN 572
- Gussglas nach DIN EN 572

Das Glas kann:

- farblos, gefärbt
- transparent, transluzent, opak, opal
- beschichtet oder emailliert sein.



2.4.3 Nachträgliche Bearbeitung

Nach dem Vorspannprozess kann ESG nicht weiter bearbeitet werden, weil dadurch die gleichbleibende Spannungsverteilung gestört und das ESG sofort zu Bruch gehen würde. Sämtliche Bearbeitungen, wie z.B. Löcher, Ausschnitte, geschliffene Kanten, etc., müssen

vor dem Vorspannprozess angebracht werden. ESG lässt sich nachträglich nicht mehr auf ein anderes Maß zuschneiden. Oberflächenbearbeitungen wie z.B. Ätzen oder Mattieren sind nachträglich möglich (ist dann laut DIN EN 12150 kein ESG mehr).

2.

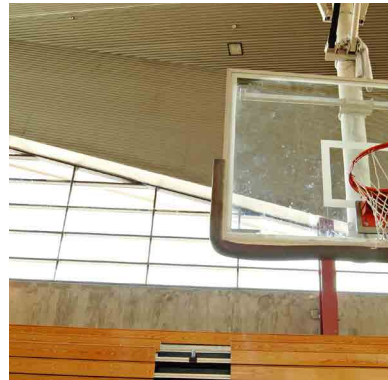
2.4.4 Anwendung

Bauten für sportliche Nutzung

Sport-, Turn-, Mehrzweck- oder Tennishallen

Schulhäuser, Kindergärten, öffentlicher Bereich

- Zur Vermeidung von Verletzungen bei Glasbruch
- Höhere Widerstandskraft gegen Schlag- und Stoßbeanspruchung



Geschäftshaus und Wohnbau

Türen, Treppengeländer, Trennwände, Ganzglasanlagen, Terrassen- und Balkonverglasungen.

Ganzglasfassaden, Structural Glazing

Isoliergläser und Brüstungselemente für Ganzglas- und reflektierende Fassaden.



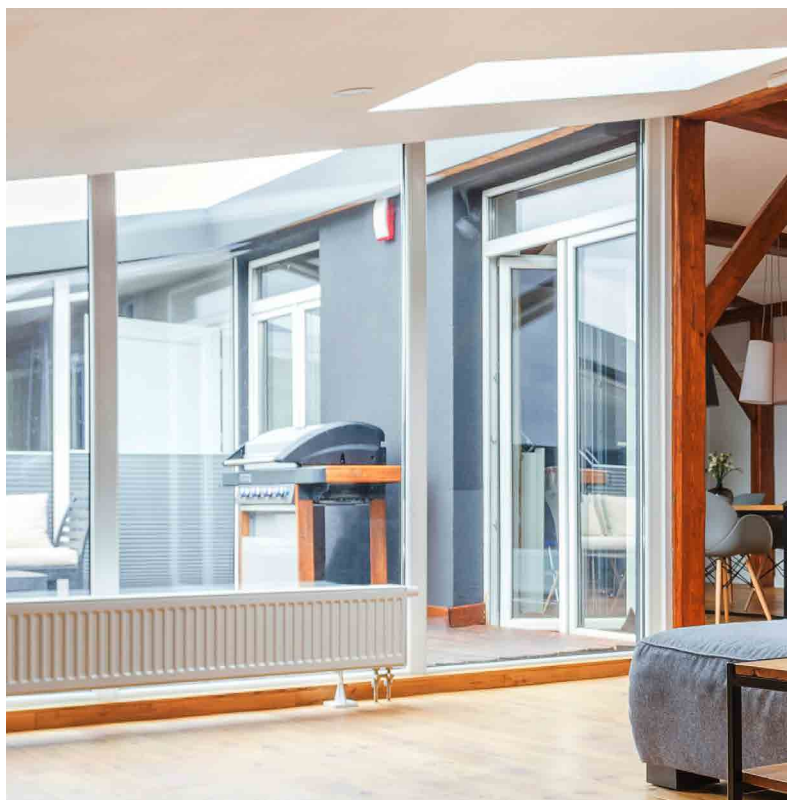
Einbausituation mit hoher thermischer Belastung

Die Temperaturwechselbeständigkeit von ESG ist wesentlich höher als von nicht vorgespanntem Glas. Deshalb kann ESG überall dort eingesetzt werden, wo große thermische Belastungen zu erwarten sind. Z. B. Gläser mit

hohem Strahlungsabsorptionsgrad, Gläser, die einen Abstand von weniger als 30 cm vom Heizkörper oder einer anderen Wärmequelle haben, Gläser, die beklebt oder bemalt werden (z. B. Kindergarten).

Weiterverarbeitung zu oder mit anderen Gläsern

ESG kann zu Verbundsicherheitsglas (VSG) verarbeitet werden. ESG kann mit einer Wärmedämm- oder einer Sonnenschutzschicht versehen werden. ESG kann zu Isolierglas verarbeitet werden.



2.4.5 Physikalische Daten

Flächengewicht	2,5 kg/m ² je mm Glasdicke
Druckfestigkeit	700 – 900 N/mm ²
Biegezugfestigkeiten nach DIN EN 12150-1, Kap. 9.4, 5 % Bruchwahrscheinlichkeit Float, eingefärbt, beschichtet Float emailliert Sonstige	120 N/mm ² 75 N/mm ² 90 N/mm ²
Lichtdurchlässigkeit (nach Sommer Global)	Float 6 mm – ift Standard: 89 % / Eurofloat: 90 %
Wärmeleitfähigkeit λ	0,8 W/m ² K
Elastizitätsmodul	7,0 x 10 ⁴ N/mm ²
Längenausdehnungskoeffizient im Bereich 20 °C bis 300 °C	9,0 x 10 ⁻⁶ /K z. B. bei 100 K Temperaturdifferenz ca. 1,0 mm pro m
Thermische Beständigkeit:	Dauernd: 0°–250°C Kurzzeitig: +300 °C
Beständigkeit gegen plötzliche Temperatur- änderungen und Temperaturdifferenzen	200 K

ESG Glasdicken Toleranzen

Die Glasdickentoleranzen entsprechen denjenigen des Basisglases.



2.5 HEISSGELAGERTES EINSCHIEBENSICHERHEITSGLAS (ESG)

Bei der Herstellung des Ausgangsmaterials für ESG (Floatglas oder Ornamentglas) kann es zu gelegentlichen, optisch kaum wahrnehmbaren Verunreinigungen durch Nickelsulfid (NiS, kleiner 0,2 mm Durchmesser) kommen. Diese Einschlüsse sind unvermeidlich, spielen im Float- oder Ornamentglas aber keine Rolle. Wird eine Scheibe mit Nickelsulfid-Einschluss jedoch zu ESG weiterverarbeitet, kann diese Fehlstelle später, im eingebauten Zustand der ESG-Scheibe, durch Ausdehnung und Umwandlung des

NiS einen spontanen Bruch ohne jede äußere Einwirkung auslösen, selbst Jahre nach der Herstellung.

Deshalb werden ESG-Scheiben für Einsatzzwecke, bei denen das normale Sontanbruchrisiko nicht akzeptabel ist, einem zusätzlichen genormten Heißlagerungstest (nach DIN EN 14179) unterzogen, der dieses Restrisiko nochmal deutlich reduziert (nicht mehr als ein Bruch je 400 t heißgelagertem ESG)



Heißgelagertes ESG nach DIN EN 14179 und ESG-H nach Bauregelliste

Auf Grund eines Grundsatzurteils des Europäischen Gerichtshofs musste Deutschland die Bauregelliste für Bauprodukte, die unter harmonisierte Europäische Produktnormen fällt, zurückziehen. Dadurch entfiel auch die nationale Regelung für heißgelagertes ESG nach Bauregelliste, das als ESG-H bezeichnet wurde. Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem alten, nicht mehr existierenden Produkt ESG-H nach Bauregelliste und heißgelagertem ESG nach Europäischer Produktnorm DIN EN 14179 liegen in den Parametern des Heißlagerungsprozesses sowie in der Fremdüberwachung. Bei heißgelagertem ESG nach DIN EN 14179 ist eine Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit nach Level 3 vorgeschrieben, d. h. in Eigenverantwortung durch den Hersteller. Eine unabhängige Prüfstelle kann zwar auf freiwilliger Basis einbezogen werden, aber – anders als bisher bei ESG-H – ist für heißgelagertes ESG nach DIN EN 14179 eine Fremdüberwachung nicht zwingend erforderlich.

Einsatz von ESG in großer Höhe

Beim Bruch einer ESG-Scheibe zerfällt die komplette Glaseinheit in kleine, stumpfkantige Glaskrümel. Bei einem Einsatz in großer Höhe bedeutet dies dennoch ein Sicherheitsrisiko, da diese Krümel ungehindert auf darunterliegende Verkehrsflächen stürzen können. Auf Grund der oben beschriebenen Freiwilligkeit einer Fremdüberwachung sieht die aktuelle DIN 18008 Teil 2 das vorhandene Restrisiko eines Spontanbruchs von heißgelagertem ESG nach DIN EN 14179 daher für den Einsatz in großer Einbauhöhe als zu hoch an.

Die aktuelle DIN 18008 Teil 2 „linienförmig gelagerte Verglasungen“ definiert daher folgende Vorgaben:

- Monolithische Einfachgläser aus grob brechenden Glasarten (z. B. Floatglas, TVG, gezogenem Flachglas, Ornamentglas) und Verbundglas (VG), deren Oberkante mehr als 4 m über Verkehrsflächen liegt, dürfen nur verwendet werden, wenn sie allseitig gelagert sind. Monolithische Glasscheiben im Mehrscheiben-Isolierglas dürfen in diesem Sinne als durch den Randverbund gelagert betrachtet werden.
- Monolithische Einfachgläser oder äußere monolithische Scheiben von MIG aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) und heißgelagertem ESG dürfen auf Grund der Versagenswahrscheinlichkeit durch Nickelsulfid-Einschlüsse (Spontanbrüche) nur eingebaut werden, wenn deren Oberkante höchstens 4 m über Verkehrsflächen liegt.

- Davon abweichend darf heißgelagertes ESG als monolithisches Einfachglas oder äußere monolithische Scheibe von MIG ohne Begrenzung der Einbauhöhe verwendet werden, wenn durch geeignete Maßnahmen die Versagenswahrscheinlichkeit durch Nickelsulfid-Einschlüsse (Spontanbrüche) so reduziert wird, dass Verglasungskonstruktionen ausreichend sicher errichtet werden können. Ausreichend sicher ist, wenn ein Mindestwert des Zuverlässigkeitsindex $\beta = 4,7$ (Bezugszeitraum 1 Jahr) bzw. $\beta = 3,8$ (Bezugszeitraum 50 Jahre) nach DIN EN 1990:2010-12 erreicht wird. Die in Anhang C beispielhaft beschriebenen Maßnahmen sind nach dem Stand der Technik geeignet, die erforderliche Reduzierung der Versagenswahrscheinlichkeit durch Nickelsulfid-Einschlüsse sicherzustellen. Die oben beschriebenen geeigneten Maßnahmen zur Erreichung einer ausreichenden Sicherheit können durch „Überwachung der Herstellung durch eine unabhängige Drittstelle, durch einen Prüfsachverständigen oder einen Prüfingenieur für Bautechnik (Fremdüberwachung)“ [DIN EN 1990/NA, Tabelle NA.B.2] erreicht werden.

Diese Fremdüberwachung ist beispielsweise bei heißgelagertem ESG nach RAL-GZ 525 „ESG-HF“ durch die Prüfung nach den RAL Güte- und Prüfbestimmungen ESG-HF gegeben.

2.

2.6 TEILVORGESpanNTES GLAS (TVG)

Der Herstellungsprozess von teilvorgespanntem Glas ist ähnlich wie bei normalem Einscheibensicherheitsglas (ESG). Der Unterschied liegt darin, dass die Kühlung weniger schnell, intensiv durchgeführt wird.

Die Gläser werden in einen Spannungsbereich gebracht, der zwischen normalem Glas und ESG liegt, aber mehr zum thermisch vorgespannten ESG tendiert. TVG muss dauerhaft gekennzeichnet sein.

2.

Europäische Norm DIN EN 1863-1 „Teilvorgespanntes Glas“

Die europäische Norm DIN EN 1863-1 „Glas im Bauwesen; Teilvorgespanntes Glas“ beschreibt dieses Glaserzeugnis hinsichtlich

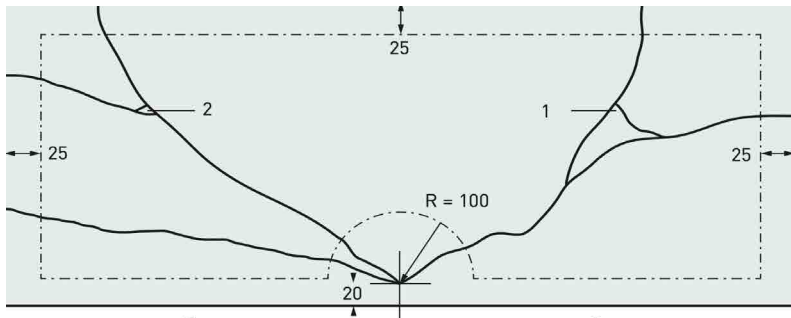
des Bruchverhaltens, der Maße und Toleranzen sowie der physikalischen und mechanischen Eigenschaften.

2.6.1 Eigenschaften

Teilvorgespanntes Glas hat eine höhere mechanische Widerstandsfähigkeit gegenüber Druck und Stoß als ein unbehandeltes Glas. Die Temperaturwechselbeständigkeit liegt bei 100 K gegenüber 40 K bei Floatglas. Bei teilvorgespanntem Glas kann auf einen zusätzlichen Heat-Soak-Test verzichtet werden. Bedingt durch die besondere Spannungsverteilung im Glas sind Spontanbrüche ausgeschlossen. Obwohl sowohl Temperaturwechselbeständigkeit wie auch

Biegezugspannung höher sind als bei normalem Glas, kann teilvorgespanntes Glas nicht als Sicherheitsglas wie ESG verwendet werden. Im Gegensatz zu ESG zerfällt teilvorgespanntes Glas bei Bruch nicht in kleine stumpfkantige Krümel, sondern hat ein ähnliches Bruchbild wie normales Glas, wobei der Bruch immer von Glaskante zu Glaskante verlaufen muss. Brüche innerhalb der Glasfläche von Bruch zu Bruch sind nicht zulässig.

Bruchbild teilvorgespanntes Glas



2.

Eigenschaften von teilvorgespanntem Glas im Vergleich zu Float / ESG

	Floatglas	TVG	ESG
Biegefestigkeit σ	45 N/mm ²	70 N/mm ²	120 N/mm ²
$\sigma_{zul.}$	18 N/mm ²	29 N/mm ² *	50 N/mm ²
Temperaturdifferenz-Beständigkeit ΔT über die Scheibenfläche	40 K	100 K	200 K
Schneiden	Ja	Nein	Nein
Bruchbild	Radiale Anrisse, große Stücke	Radiale Anrisse, große Stücke	Netzartige Risse, kleine Stücke
Spontanbruch möglich	Nein	Nein	Ja

* Rechenwert gemäß Zulassung

2.6.2 Anwendung

Teilvorgespanntes Glas kann überall dort eingesetzt werden, wo erhöhte Temperaturbelastungen auftreten und/oder erhöhter mechanischer Widerstand verlangt wird und die Krümelbildung bei Bruch unerwünscht ist. Infolge der Krümelbildung hat ESG die Tendenz, bei Bruch aus seiner Halterung zu fallen. Teilvorgespanntes Glas wird durch die einfache Bruchstruktur im Rahmen gehalten. Es eignet sich daher für Verglasungen mit erhöhtem Strahlungsabsorptionsgrad im

Fassadenbereich. Zu beachten ist, dass die Gläser vierseitig im Rahmen gehalten werden müssen, um ein Herunterfallen von Bruchstücken zu vermeiden. Teilvorgespanntes Glas kann somit nicht ersatzweise für Einscheibensicherheitsglas verwendet werden. In der Praxis wird TVG fast ausschließlich zur Herstellung von Verbundsicherheitsglas benutzt, z. B. für Geländer- oder Vordachverglasungen.



2.7 VERBUNDSICHERHEITSGLAS (VSG)

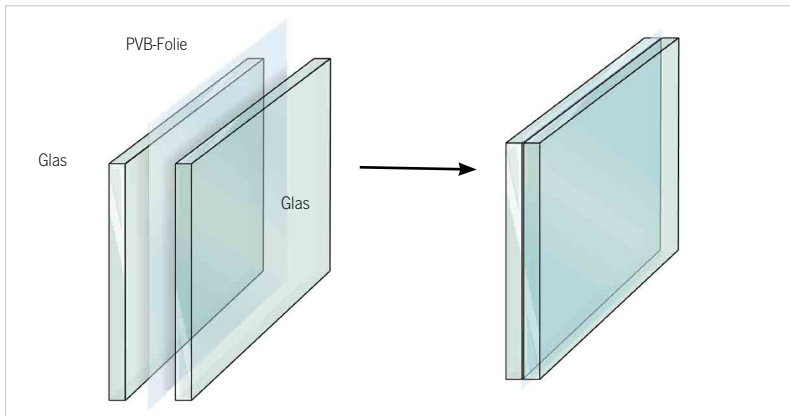
2.7.1 VSG Definition und Aufbau

Verbundsicherheitsglas setzt sich zusammen aus zwei oder mehreren Glasscheiben, die mit hochreißfesten, zähelastischen Zwischenschichten verbunden sind. Die gängigste Zwischenschicht aus Polyvinylbutyral-Folien (PVB) ist UV-hemmend, kann klar, farbig oder schalldämmend sein.

Der Aufbau der Elemente sowie die Dicke richtet sich nach den Sicherheitsanforderungen, die an die Verglasung gestellt werden. Durchwurf- und durchbruchhemmende Gläser können mit der Anzahl der Glasschichten und der Dicke der zwischenliegenden PVB-Schichten den jeweiligen Sicherheitsbedürfnissen angepasst werden. Je mehr Glasschichten und je dicker die PVB-Zwischenschichten, desto höher die Durchbruchhemmung. Die Beschussfestigkeit erhöht sich, je größer die Anzahl der unterschiedlich dicken Glasschichten ist.

2.

VSG mit PVB-Folie



Folientypen

PVB: Polyvinylbutyral – thermoplastisches und viskoelastisches Materialverhalten. Diese Eigenschaften sind temperatur- und zeitabhängig.

SGP: Thermoplastischer Kunststoff (Ionoplast). Ist bis zu fünf Mal fester und hundert Mal steifer als PVB.

EVA: Ethylen-Vinylacetat weist eine hohe Kohäsion und deutlich höhere Adhäsionsgrade auf als PVB. Als VSG nur mit entsprechender AbZ.

2.7.2 Eigenschaften

2.

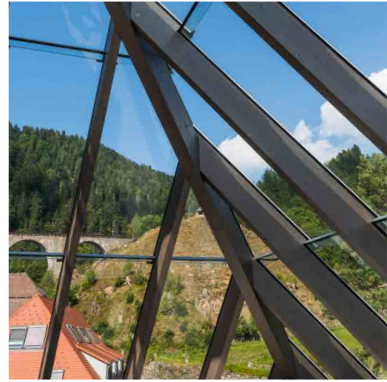
Im Unterschied zu Einscheibensicherheitsglas (ESG) zerfällt VSG bei Beschädigung nicht in kleine Krümel, sondern behält die zugeordnete Schutzwirkung. So brechen beim Aufschlagen eines Stoßkörpers bei Standardaufbauten meistens beide Glasscheiben und es bildet sich ein Bruchbild, das einem Spinnennetz gleicht, mit konzentrischen Kreisbrüchen um den Aufschlagsmittelpunkt und radialen Brüchen vom Aufschlagsmittelpunkt aus in die Fläche der Scheibe hinein. Dadurch bilden sich kleine Glasstücke, die auf der PVB-Folie haften und von denen nur noch eine geringe Verletzungsgefahr ausgeht. Je nach Aufschlagsenergie wird sich Verbundsicherheitsglas ausbeulen, also elastisch verformen. Dieses Verformen

des Verbundsicherheitsglases stellt sich ein, wenn VSG mit der PVB-Folie durch die scharfen Glaskanten weder abgeschert noch zerschnitten wird, sondern durch die kontrolliert reduzierte Haftung Gelegenheit hat, sich vom Glas partiell zu lösen. Dadurch kann sich die PVB-Folie auf Grund ihrer Elastizität dehnen; das Verbundsicherheitsglas erfährt in gewissen Grenzen eine elastische Verformung. Dieser Vorgang erklärt auch die Forderung, dass die verwendete PVB-Folie zur Herstellung von Verbundsicherheitsglas in einem größeren Temperaturbereich die notwendige Elastizität zeigt und auch bei tiefen Temperaturen bis in den Minusbereich hinein nicht zu einem Sprödbbruch neigt. Alternative Folien können andere Eigenschaften aufweisen.



Lichtdurchlässigkeit

Bei Verwendung von klaren Folien und klarem Glas ist die Lichtdurchlässigkeit nicht beeinträchtigt und weist ungefähr die gleichen Werte wie ein Einfachglas gleicher Dicke auf. Bei Verwendung von dicken Folienpaketen kann ein leicht gelbgrüner Farbton sichtbar sein. Mit der Dicke der VSG-Scheibe nimmt die Eigenfarbe in Form eines Grün-/Gelbstiches materialbedingt zu. Durch Einsatz von eisenoxidfarmen Gläsern wird die Eigenfärbung weitgehend vermieden.



2.

Beständigkeit

VSG ist licht- und alterungsbeständig und weist grundsätzlich die gleichen Eigenschaften auf wie normales Floatglas. Die Ränder der VSG-Tafeln sind gegen Feuchtigkeit, Säure- und Laugeneinwirkung zu schützen, damit die Folie nicht beeinträchtigt wird.



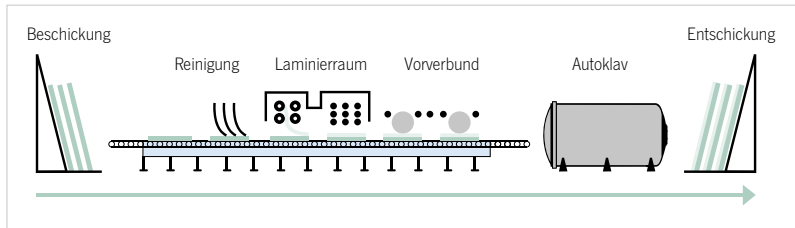
Temperaturwechselbeständigkeit

VSG besitzt die gleiche Temperaturwechselbeständigkeit und in etwa die gleiche Biegezugspannung wie normales Floatglas. Zur Erhöhung dieser Werte kann beim Zusammenbau von VSG anstelle von Floatglas ESG, heißgelagertes ESG und TVG verwendet werden.



2.7.3. Herstellung von VSG

2.7.3.1 Vorverbund mit Autoklav



Beschickung

Die Beschickung der Anlage erfolgt über Portalstapler mit einer Zykluszeit von 30 Sekunden pro Bandmaß. Es kann von vier verschiedenen Gestellplätzen aus geladen werden.

Reinigung

In der Waschmaschine werden die Gläser gründlich gereinigt. Vor dem Glaseinlauf beseitigen rotierende Bürsten das Trennmittel. Die Glasdicke wird automatisch gemessen, danach werden die Maschinenparameter automatisch eingestellt.

Laminierraum

Hier werden vollautomatisch Glas-Folie-Glas im Sandwich-Prinzip zusammengefügt. Da die PVB-Folie sehr empfindlich bezüglich Temperatur und Feuchtigkeit ist sowie jedes Staubkorn eine Beeinträchtigung der optischen Qualität verursacht, ist der Laminierraum ein klimatisierter Reinraum. Die Folien werden aus diesem Grund ebenfalls in klimatisierten Räumen produktspezifisch gelagert.

Vorverbund

Im Vorverbundofen wird aus den Glasplatten und der dazwischen liegenden Folie der so genannte Vorverbund hergestellt. Dazu werden die Glasplatten definiert aufgeheizt und mittels Walzen zusammen gepresst.

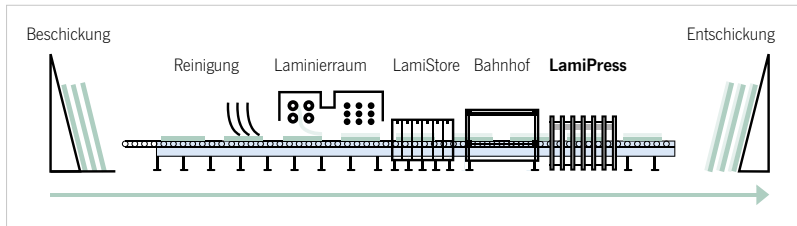
Autoklav

Unter Druck und Temperatur werden die Glasscheiben dauerhaft mit der Folie verbunden. Somit entsteht aus dem Vorverbund die fertige VSG-Tafel.

Entschickung

Nach dem Autoklavenprozess erfolgt eine 100 %ige visuelle Produktkontrolle. Danach werden die VSG-Scheiben mit einem Portalstapler abgestapelt.

2.7.3.2 Alternative Herstellungsprozesse



Außer dem gängigsten Prozess „Vorverbund/Autoklav“, gibt es andere Herstellungsprozesse, z. B. in LamiPress.

Beschickung

Wie beim Autoklav-System kann auch bei LamiPress das Glas über ein automatisiertes System geladen werden. Da LamiPress häufig für eine größere Flexibilität hinsichtlich Glasformen, -größen und -typen (oft ESG) eingesetzt wird, erfolgt die Beschickung nicht vollautomatisch, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Reinigung

Das Glas wird, ähnlich wie beim traditionellen System gründlich gereinigt. Die Glasdicke wird automatisch gemessen, um eine hohe Produktqualität sicherzustellen.

Laminiererraum

Glas und Folie werden im Sandwich-Prinzip zusammengefügt, wie im traditionellen Verfahren. Der Laminiererraum ist vergleichbar. Der Automatisierungsgrad ist bei LamiPress oft etwas geringer, um die Flexibilität im Umgang mit verschiedenen Glastypeen und -größen zu ermöglichen.

Vorverbund/LamiStore

LamiPress nutzt ein Vakuumsystem zur Entlüftung der Glaspakete. Es ist gründlicher und effektiver, außerdem ist kein separater Walzen-Vorverbund notwendig. Der Vakuum-Prozess findet im LamiStore statt. Während des Laminier-Vorgangs ist das Vakuum abgeschaltet.

Autoklav-Prozess ohne Kessel

Der größte Unterschied liegt im Verzicht auf den Autoklaven-Kessel. Dennoch erfolgt die Laminierung bei LamiPress unter pneumatischem Überdruck, was eine vergleichbare Qualität erzeugt, die führende PVB-Folienhersteller als „autoclave-like quality“ ausgezeichnet haben. Zur Kürzung der Taktzeit erfolgt die Wärmeübertragung per Kontakt, der physikalisch effizientesten Form der Wärmeübertragung.

Entschickung und Kontrolle

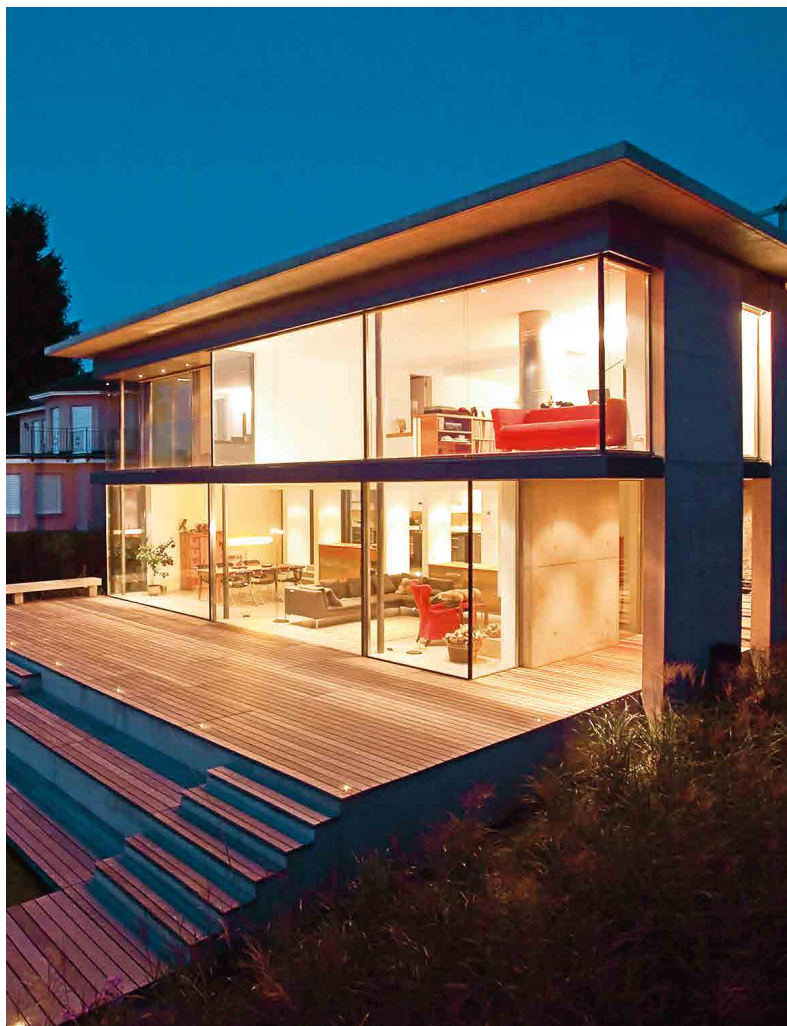
Nach dem Laminierprozess wird das Produkt visuell geprüft. Neben der hohen Prozessstabilität und der geringen Fehlerquote, selbst bei hochwertigen SentryGlas-Multilayer-Laminaten, ist in vielen Fällen keine Nachbearbeitung der Kanten notwendig.

2.7.4 Verbundgläser (VG)

Verbundgläser bieten gewisse Sicherheitseigenschaften. Dies gilt besonders bei höherwertigen, vielschichtig laminierten Brandschutzgläsern. Sie können aber oft nicht das Sicherheitsniveau eines VSG

erreichen. Sicherheitseigenschaften von Verbundgläsern müssen durch Prüfungen separat nachgewiesen werden. Um als VSG anerkannt zu werden, ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

2.





2.



2.8 BESCHICHTUNGSVERFAHREN

Glasbeschichtungen bieten hervorragende Lösungen für die Anforderungen an die Licht- und Energiedurchlässigkeit von modernen Isolierverglasungen. Durch verschiedene Beschichtungen werden die spezifischen Werte genau auf die Anwendung zuge-

schnitten. Als Beschichtungstechnologie hat sich weltweit das Hochvakuum-Magnetron-Verfahren durchgesetzt. Dabei werden die Beschichtungen nachträglich, nach der Herstellung des Floatglases, in einem separaten Prozess aufgebracht.

2.

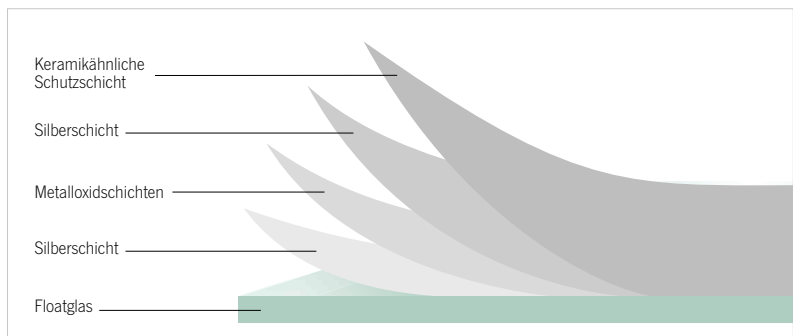
2.8.1 Hochvakuum-Magnetron-Verfahren

Alle SANCO Beschichtungen sind mit dem Magnetron-Verfahren hergestellt und bestehen aus mehreren dünnsten Metall- oder Metalloxidschichten von 1/100 bis 1/10 Mikrometer Dicke, die in einem elektromagnetischen Prozess im Hochvakuum aufgetragen (gesputtert) werden.

Der gesamte Prozess wird permanent durch ein computergesteuertes Spektralphotometer überwacht. Jede einzelne Schicht wird

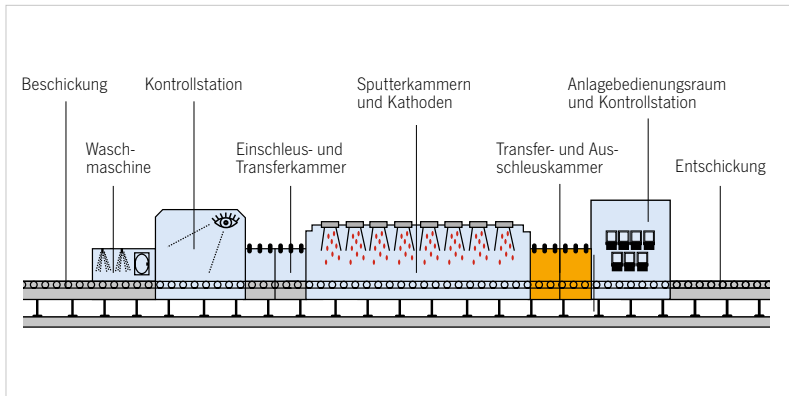
laufend auf ihre optischen Werte vermessen und am Bildschirm mit ihrer Referenzkurve verglichen. Die Beschichtungen sind jederzeit reproduzierbar. Die Dicke einer Glasbeschichtung beträgt je nach Schichtpaket 40 – 160 nm (Nanometer). Als Folge der hohen Farbneutralität in Reflexion und Transmission sind beschichtete Gläser von normalem Floatglas kaum zu unterscheiden. Die Beschichtungen werden laufend weiterentwickelt.

Die mit dem Magnetron-Verfahren aufgetragenen Beschichtungen bestehen aus mehreren dünnsten Metall- oder Metalloxidschichten im Nanobereich

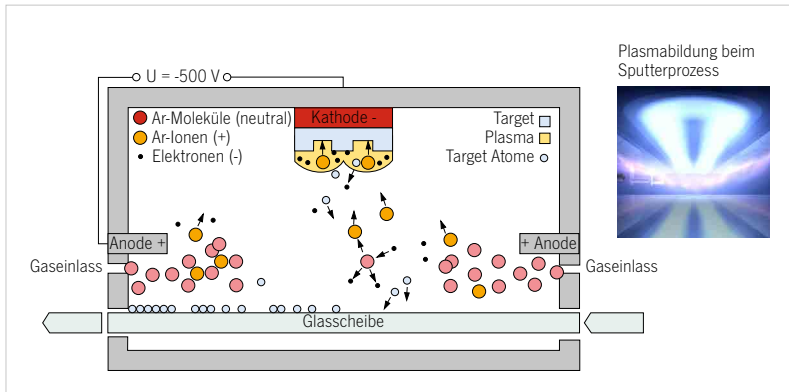


2.

Schema einer Hochvakuum-Magnetronanlage



Prinzip der Kathodenzerstäubung (Sputtern)



Sputtern: Herauslösen von Atomen aus dem Targetmaterial mittels Ionenbeschuss

Vakuum: Ein abgeschlossener Hohlraum ist vom darin enthaltenen Gas mittels geeigneter Vakuumpumpen befreit worden

Kathode: Negative Elektrode einer elektrischen Entladung

Anode: Positive Elektrode einer elektrischen Entladung

Ion: Elektrisch geladenes Molekül, dem ein oder mehrere Elektronen fehlen

Nanometer: $1 \text{ Nanometer} = 10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ Milliardstel Meter bzw. } 1 \text{ Millionstel Millimeter}$



2.

2.8.2 Pyrolytisches Beschichtungsverfahren

Bei der pyrolytischen Beschichtung werden flüssige Metalloxide direkt während der Floatglasproduktion auf das heiße Glas aufgesprüht.

Beim Tauchverfahren wird Glas in ein Bad mit heißen, flüssigen Metalloxiden eingetaucht. Die so entstehenden Schichten werden anschließend eingebrannt und befinden sich immer auf beiden Seiten einer Scheibe, d. h. dass eine Beschichtung immer der Witterung ausgesetzt ist.

Die pyrolytischen Schichten sind sehr hart, jedoch deutlich weniger leistungsfähig. Pyrolytisch beschichtete Gläser können unter Vorbehalt auch als Einfachverglasung verwendet werden. Bedingt durch Umwelteinflüsse sind bei witterungsseitig positionierten Beschichtungen Schichtveränderungen möglich.



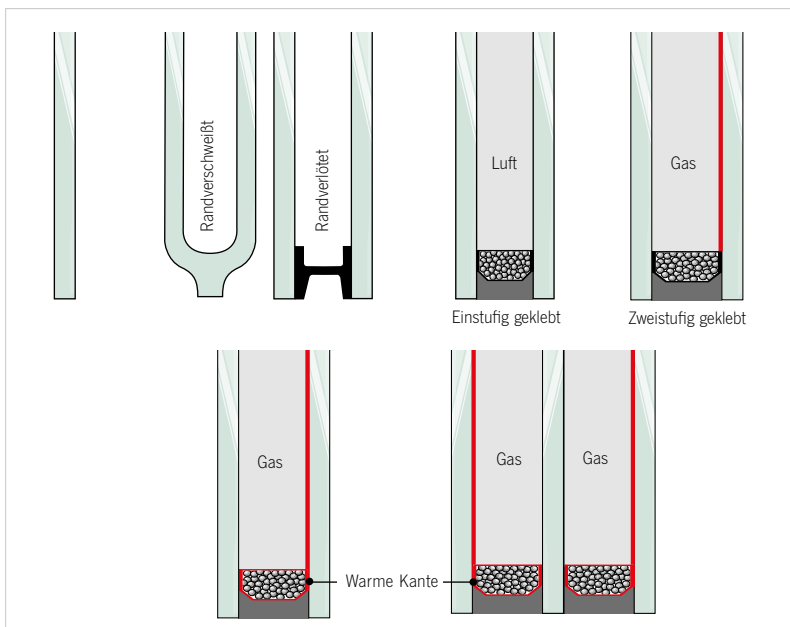
2.9 AUS BASISGLAS WIRD ISOLIERGLAS

2.9.1 Die Entwicklung von Isolierglas

Heutiges, modernes Isolierglas kann auf eine lange Entwicklungsgeschichte zurückblicken:

Nachdem bereits im Jahr 1865 ein US-Patent zu Isolierglas vorlag, begann die industrielle Herstellung erst Mitte des 20. Jahrhunderts. Anfangs wurden die beiden Scheiben mit Hilfe eines Bleistegs verlötet oder direkt als Ganzglas-Einheit randverschweißt. Bald jedoch, ab Ende der sechziger Jahre, setzte sich der organisch geklebte Randverbund auf breiter Front

durch. Ursprünglich wurde nur am Abstandhalterücken versiegelt. Mit den gasgefüllten Scheiben wurde begonnen, eine zusätzliche primäre Dichtstufe (Butyl) an den Abstandhalterseiten aufzubringen. Dies war zum einen notwendig für eine bessere Dichtheit und eine längere Nutzungsdauer, zum anderen für die Industrialisierung des Herstellprozesses, bei dem das Butyl als Montagehilfe dient. Heute ist der zweistufig geklebte Isolierglas-Randverbund der allgemein anerkannte Standard.



Das heute verwendete Isolierglas ist Resultat stetiger Weiterentwicklung und Verbesserung des guten „alten Fensters“. Große

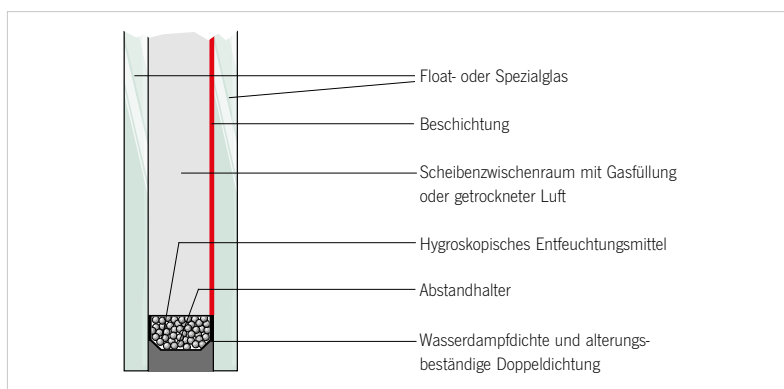
Fenster, Fensterfronten sowie Glasfassaden bringen Helligkeit und Lebensqualität.

Ein modernes Isolierglas ist eine Verglasungseinheit, hergestellt aus zwei oder mehreren Glasscheiben, die am Rand ringsum durch einen Abstandhalter voneinander getrennt sind. Der Scheibenzwischenraum wird durch verschiedene Dichtstoffe nach außen gasdicht abgeschlossen und verbindet die Glasscheiben dauerhaft miteinander.

Die ringsum laufende Doppeldichtung verhindert das Eindringen von Staub und Wasserdampf (Randverbund).

Das Prinzip der Isolierglaseinheit beruht auf der Tatsache, dass unbewegte Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Somit bildet das zwischen den Scheiben eingeschlossene Luftpolster eine gute Wärmeisolierschicht.

2.9.2 Aufbau von Isolierglas



Scheibenzwischenraum (SZR)

Der Scheibenzwischenraum ist gefüllt mit einem Gas (Argon oder Krypton = Edelgase) oder mit trockener Luft und nach außen hermetisch abgeschlossen. Um zu vermeiden, dass sich im SZR Kondenswasser an der kalten Außenscheibe bildet, muss die eingeschlossene Gas- oder Luftfüllung trocken

sein. Dies erreicht man mit einem hygroskopischen Entfeuchtungsmittel, das im Abstandhalter integriert ist und im SZR die Feuchtigkeit entzieht.

Beim Zusammenbau der Isolierglaseinheit herrscht im SZR der am Fertigungsort vorhandene Luftdruck.

Scheibenabstand

Je nach Scheibenabstand ergeben sich verschiedene Werte für den Wärmedurchlasswiderstand der Gas- oder Luftschicht im SZR. Der Maximalwert mit Luft wird bei ca. 15 mm erreicht. Hier liegt das Optimum zwischen Wärmeleitung, die mit größerem SZR ab-

nimmt, und Konvektion (= Luftbewegung, Energiefluss), die mit größerem Abstand zunimmt und die Wärmedämmung wieder verschlechtert.

Das Optimum beträgt bei Argon ca. 16 mm und bei Krypton ca. 10 mm.

Randverbund

Der Randverbund soll die Glasscheiben dauerhaft verbinden und eine dampfdichte Sperre bilden, die auf viele Jahre eine Nachdiffusion von Wasserdampf verhindern muss. Er soll außerdem natürliche Volumen-

änderungen der Luft im SZR durch Kälte und Wärme elastisch ausgleichen und über die Zeit beständig gegen chemische Einwirkungen aus der Atmosphäre und gegen Licht, insbesondere UV-Strahlen, sein.

Systemaufbau		Abstandhaltersysteme
	Rein metallisches Hohlkammerprofil	Edelstahl-Abstandhalter in verschiedenen Wandstärken und Geometrien gefüllt mit Trockenmittel
	Hohlkammerprofile aus Kunststoff mit Metallabdeckung	Kunststoff-Abstandhalter in verschiedenen Wandstärken gefüllt mit Trockenmittel
	Direkt applizierte Systeme „Kalt“	Silikonschaum-Abstandhalter mit materialintegriertem Trockenmittel, der von einer Rolle herunter appliziert wird
	Direkt applizierte Systeme „Extrudiert“	Thermoplastischer Abstandhalter, der mit materialintegriertem Trockenmittel aus dem Fass extrudiert und aufgespritzt wird

Beschichtung

Die Glasscheiben sind gegen die Scheibenzwischenräume mit lichtdurchlässigen, reflektierenden Schichten veredelt. Sie bestehen aus mehreren dünnsten Metall- oder Metalloxidschichten im Nanobereich.

Glasfalzraum/Fensterrahmen

Zur Erhaltung der Lebensdauer muss der Glasfalzraum zwischen Isolierglas und Fensterrahmen immer ausreichend entlüftet sein, damit der Randverbund nicht durch Dauerfeuchtigkeit zerstört wird.

