

# 6 Bauglas

*Dietmar Klausen*

Zu der Gruppe der Baugläser zählen Flachgläser, Pressgläser, Glasfasern und Schaumgläser sowie Gläser, an die besondere Anforderungen an die Schlagfestigkeit (Sicherheitsgläser), an die Wärme- und Schallisolierung (Isoliergläser) und an den Widerstand gegen Brandlast (Brandschutzgläser) gestellt werden.

Flachgläser sind meist farblose, einfache Alkali-Kalk-Silikat-Gläser, die nach der Dicke in Dünnglas, Fensterglas und Dickglas eingeteilt werden. Von Pressgläsern für Glasbausteine und Dachziegel werden keine besonderen Eigenschaften gefordert. Aus Glasfasern in Verbindung mit organischen oder anorganischen Bindemitteln lassen sich Verbundwerkstoffe herstellen. Schaumgläser werden in Form von Platten oder Blöcken vorwiegend aufgrund ihres Wärmedämmvermögens eingesetzt. Die kostengünstige Herstellung und einfache Formbarkeit, verbunden mit ausreichenden Festigkeiten und einem guten Korrosionswiderstand eröffnen den Baugläsern ein weites Anwendungsfeld bis hin zur Verwendung von Glasbauteilen als konstruktive Bauelemente.

## 6.1 Rohstoffe

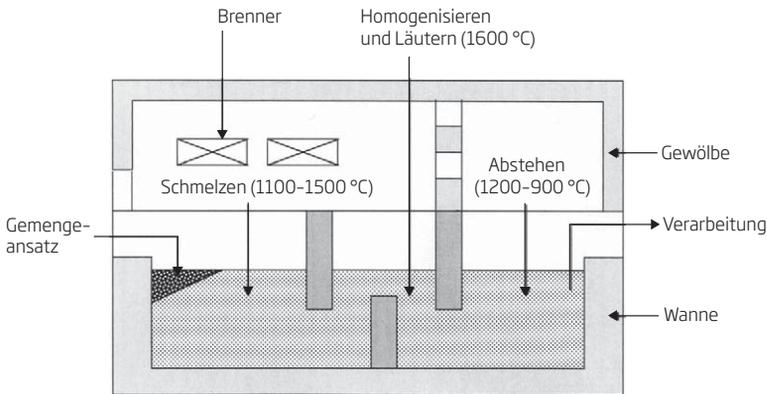
Unter dem Werkstoff Glas versteht man im wesentlichen Silikatglas. Die Hauptrohstoffkomponente aller silikatischen Gläser ist Quarzsand (Siliciumdioxid  $\text{SiO}_2$ ), der als Glasbildner oder Netzwerkbildner bezeichnet wird. Die netzwerk wandelnden Zusätze gelangen überwiegend in Form ihrer Carbonate in die Glasmasse, so z. B. als Soda (Natriumcarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Pottasche (Kaliumcarbonat  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), Kalk (Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ ), Dolomit ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) oder Baryt ( $\text{BaCO}_3$ ). Die übrigen Glaselemente werden dem Glasansatz entweder direkt als Oxid (Pb, B, Al) oder als Salz (Borat, Al-Silicat, Natriumsulfat (Glaubersalz)) zugegeben. Die genannten Zusätze zählen entweder neben Quarzsand zu den Hauptbestandteilen oder sie wirken schmelzpunktniedrigend (Flussmittel), beschleunigen die Läuterung (Entfernen von Glasbläschen aus der Schmelze) und vermindern die kristalline Entglasung (Trübung des Glases). Glasbruch als Zuschlag erleichtert das Aufschmelzen und führt zu preiswertem Massenglas. Zusätze von Metalloxiden verändern Farbe und Durchsichtigkeit der Gläser (z. B. Blauglas durch Kobaltoxid, Trübgas durch Zinnoxid). Die im Quarzsand meist vorhandenen Spuren an Eisenoxid bewirken die Grünstichigkeit von Gläsern.

Richtwerte für die chemische Zusammensetzung von Bauglas (Kalk-Natronsilikatglas nach DIN EN 572-1):

- Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) 69 bis 74 %
- Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) 5 bis 12 %
- Natriumoxid ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 12 bis 16 %
- Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ) 0 bis 6 %
- Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 0 bis 3 %

## 6.2 Schmelzen und Formgebung

Das Erschmelzen von Massenglas erfolgt überwiegend in kontinuierlich betriebenen, feuerfest ausgemauerten und überwölbten Glasschmelzwannen (Abb. 6.1). Auf der linken Seite wird das Glasgemenge zugeführt, das anschließend die hintereinander liegenden Zonen „Schmelzen“, „Homogenisieren und Läutern“ sowie „Abstehen“ durchläuft und am rechten Rand als zähflüssiges Glas kontinuierlich zur Verarbeitung entnommen wird. Die zwischen 1100 und 1500 °C liegende hohe Schmelztemperatur dient weniger der Verminderung der Schmelzdauer als vielmehr der Homogenisierung und Läuterung der Glasschmelze, d. h. vor allem der Entfernung von Glasbläschen. In der sogenannten Absteckphase kühlt die Glasschmelze auf die zwischen 900 und 1200 °C liegende Verarbeitungstemperatur ab.



**Abb. 6.1:**  
Glasschmelzwanne  
(nach [2])

## 6.3 Eigenschaften der Gläser

Neben den mechanischen Eigenschaften (Druck-, Zug-, Biege- und Schlagfestigkeit sowie Härte) können die chemische Beständigkeit, das wärmephysikalische Verhalten, die Lichtdurchlässigkeit und die elektrischen Eigenschaften von Bedeutung sein.

Die wesentlichen Eigenschaften von Bauglas (Flachglas) sind in Tabelle 6.1 zusammengestellt.

**Tabelle 6.1:** Richtwerte für die Eigenschaften von Flachglas

Eigenschaften		Flachglas
Dichte (bei 18 °C)	kg/dm <sup>3</sup>	2,5
Härte nach Mohs-Skala	-	6
Zugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	30 - 90
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	700 - 900
Biegefestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	25 - 45
E-Modul	N/mm <sup>2</sup>	70 000

Eigenschaften	Flachglas	
Wärmeleitfähigkeit	W/mK	1,0
Wärmeausdehnungskoeffizient (20 °C bis 300 °C)	1/K	$9 \cdot 10^{-6}$
Spezifische Wärmekapazität	J/kgK	$0,72 \cdot 10^3$

Normales Glas ist aufgrund seiner geringen Zugfestigkeit und Bruchdehnung spröde und leicht zerbrechlich. Geringste Oberflächenverletzungen (Kerbwirkung) beeinflussen die mechanischen Eigenschaften.

Glas ist gegenüber den meisten Stoffen mit Ausnahme von Fluor und seinen Verbindungen sowie konzentrierten Alkalien beständig. Die chemische Beständigkeit erhöht sich mit steigendem  $\text{SiO}_2$ -Anteil und fallendem Alkali- und Erdalkalianteil.

*Hinweise für die Praxis:* Glas ist nicht beständig gegen Flusssäure, daher Vorsicht bei Fassadenbehandlung mit Fluorverbindungen oder beim Spritzen meist fluathaltiger Holzschutzmittel. Silikone verbinden sich unlöslich mit den Silikaten des Glases, daher Vorsicht bei der Imprägnierung von Fassaden. Laugen, z. B. Kalkwasser, können bei längerer Einwirkung die Glasoberfläche anlösen bzw. eintrüben. Bei längerem unsachgemäßem Lagern frisch hergestellter Glasscheiben kann Kondenswasser Erblinden oder farbiges Schillern (Irisieren) der Glasoberfläche hervorrufen (daher Papierzwischenlagen erforderlich). Auch Mineralfarben können zu Fleckenbildung führen. Die Lichtdurchlässigkeit ist vom Spektralbereich der elektromagnetischen Wellen des Lichts, dem Einfallswinkel des Lichts und von der Dicke des Glases abhängig. Flachglas (Fensterglas) ist für die biologisch wirksame UV-Strahlung unterhalb 350 nm undurchlässig, für den sichtbaren Bereich (400 bis 760 nm) beträgt die Durchlässigkeit etwa 90 % und für die langwellige Wärmestrahlung bis 3000 nm etwa 80 %. Die Wärmestrahlung kann durch spezielle Wärmeschutzgläser (siehe Abschn. 6.9.1) bis zu 55 % absorbiert werden.

Zwischen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten und der Temperaturwechselbeständigkeit besteht ein enger Zusammenhang. So besitzen Gläser mit niedrigem Ausdehnungskoeffizienten (z. B. Jenaer Glas mit  $\alpha_T = 3 \cdot 10^{-6}$  (1/K) und Glaskeramik mit  $\alpha_T \approx 0$ ) eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit.

## 6.4 Beschichtung und Oberflächenbehandlung von Glas

### Normen

DIN EN 1096	Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas; Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung; Ausgabe 2012-04 Teil 2: Anforderungen an und Prüfverfahren für Beschichtungen der Klassen A, B und S; Ausgabe 2012-04 Teil 3: Anforderungen an und Prüfverfahren für die Beschichtungen der Klassen C und D; Ausgabe 2012-04 Teil 4: Konformitätsbewertung/Produktnorm; Ausgabe 2012-02 ( <i>Norm-Entwurf</i> ) Teil 5: Prüfverfahren und Klasseneinteilung für das Selbstreinigungsverhalten von beschichteten Glasoberflächen; Ausgabe 2011-06 ( <i>Norm-Entwurf</i> )
-------------	--

Eine **Beschichtung** besteht aus einer oder mehreren dünnen, festen Schichten aus anorganischen Materialien, die mittels verschiedener Beschichtungsverfahren auf die Oberfläche des Glassubstrates aufgebracht werden. Als *Glassubstrat* dürfen Basis-Gläser (z. B. Floatglas, gezogenes Flachglas), spezielle Basis-Gläser (z. B. Borosilicatglas, Glaskeramik), chemisch vorgespanntes Basis-Glas, thermisch vorgespannte Einscheibensicherheitsgläser, Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas zum Einsatz kommen.

Eine Beschichtung kann außen, innen oder im Scheibenzwischenraum aufgebracht werden. Im „On-Line-Verfahren“ wird die Beschichtung während des Herstellprozesses vor dem Schneiden auf die obere, noch heiße Glasoberfläche gebracht und fest mit dem Glas verbunden. Im „Off-Line-Verfahren“ erfolgt die Beschichtung nach der Fertigung der Scheiben beim Hersteller oder Weiterverarbeiter.

Bei den *additiven Beschichtungsverfahren* werden Ein- oder Mehrschichtsysteme (bestehend aus Metallen, Oxiden, Nitriden, Fluoriden, Diamant wie Kohlenstoff oder anderen Verbindungen) mittels chemischer oder physikalischer Verfahren aufgebracht. Bei den *chemischen Beschichtungsverfahren* (nass-chemische Beschichtung, Sol-Gel-Beschichtung, Beschichtung aus der Dampfphase, Sprüh- und Pulverbeschichtung) bilden sich Beschichtungen durch chemische oder pyrolytische Reaktion der Beschichtungsmaterialien (meist Metalloxide) auf der meist heißen Glasoberfläche. Bei den *physikalischen Beschichtungsverfahren* werden die Beschichtungsmaterialien durch Erhitzen verdampft und auf der Glasoberfläche niedergeschlagen oder mittels Katodenerstäubung (Spluttering) im Vakuum auf der Glasoberfläche kondensiert. Eine Kombination der chemischen und physikalischen Prozesse ist ebenfalls möglich.

Nach DIN EN 1096-1 kann der Hersteller des beschichteten Glases die für das Produkt zutreffende *Klasse* angeben. Diese Klasseneinteilung zeigt an, wo das Produkt verwendet werden muss. Beschichtetes Glas kann in die Klassen A, B, C, D und S eingeteilt werden:

- Klasse A: Die beschichtete Oberfläche des Glases kann sowohl zur äußeren als auch zur inneren Seite des Gebäudes orientiert sein.
- Klasse B: Das beschichtete Glas kann als monolithische Verglasung (Einfachglas) verwendet werden, wobei die beschichtete Oberfläche zur Innenseite des Gebäudes weisen muss.
- Klasse C: Das beschichtete Glas darf nur in abgedichteten Glasverbunden (SZR einer Isolierglaseinheit) verwendet werden, wobei die beschichtete Oberfläche dem Zwischenraum des Verbundes zugewandt sein sollte.
- Klasse D: Das beschichtete Glas muss unmittelbar nach der Beschichtung zum abgedichteten Verbund verarbeitet werden, wobei die beschichtete Oberfläche zur Innenseite des Verbundes weist. Beschichtete Gläser der Klasse D sind nicht als monolithisches Glas erhältlich.
- Klasse S: Die beschichtete Oberfläche des Glases kann zur Innen- oder Außenseite des Gebäudes weisen. Gläser der Klasse S können nur für speziell festgelegte Anwendungen (z. B. Schaufensterverglasung) verwendet werden.

DIN EN 1096-2 legt Anforderungen und Prüfverfahren für die Beständigkeit beschichteter Gläser der Klassen A, B und S gegen simulierte Witterungsbedingungen und Abrieb fest. Im

Einzelnen werden die Kondenswasser-, Säure- und Salzwasserbeständigkeit sowie die Abriebfestigkeit überprüft. Anforderungen und Prüfverfahren für die Beständigkeit beschichteter Gläser der Klassen C und D sind in DIN EN 1096-3 festgelegt.

E DIN EN 1096-5 nennt Prüfverfahren zur Beurteilung des *Selbstreinigungsverhaltens* von beschichteten Glasoberflächen. Unter selbstreinigenden Beschichtungen werden Beschichtungen verstanden, die hydrophile oder photokatalytische Funktionen für eine Verbesserung der Sauberkeit des Glases nutzen.

Gebräuchliche Verfahren zur **Oberflächenbehandlung** von Glas sind Emaillierung, Ätzung und Sandstrahlen. Beim Emaillieren wird eine zuvor auf das Glas gebrachte, farbige keramische Schicht in die Oberfläche eingebrannt. Die Emailleschicht lässt sich auch im Sprühverfahren oder als Siebdruck aufbringen. Bei der Ätzung durch Säure oder durch Sandstrahlen wird die Glasoberfläche mattiert und aufgeraut, wobei die Transparenz des Glases mit zunehmender Rauigkeit abnimmt.

## 6.5 Flachglas

### Normen

DIN EN 572	Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas; Teil 1: Definitionen und allgemeine physikalische und mechanischen Eigenschaften; Ausgabe 2012-11 Teil 2: Floatglas; Ausgabe 2012-11 Teil 3: Poliertes Drahtglas; Ausgabe 2012-11 Teil 4: Gezogenes Flachglas; Ausgabe 2012-11 Teil 5: Ornamentglas; Ausgabe 2012-11 Teil 6: Drahtornamentglas; Ausgabe 2012-11 Teil 7: Profilbauglas mit oder ohne Drahteinlage; Ausgabe 2012-11 Teil 8: Liefermaße und Festmaße; Ausgabe 2012-11 Teil 9: Konformitätsbewertung/Produktnorm; Ausgabe 2005-01
DIN 1249-11	Flachglas im Bauwesen; Teil 11: Gaskanten; Begriff, Kantenformen und Ausführung; Ausgabe 1986-09
DIN 1259	Glas; Teil 1: Begriffe für Glasarten und Glasgruppen; Ausgabe 2001-09 Teil 2: Begriffe für Glaserzeugnisse; Ausgabe 2001-09
DIN 11525	Gartenbauglas; Gartenblankglas, Gartenklarglas; Ausgabe 1992-06

### 6.5.1 Floatglas (DIN EN 572-2)

Floatglas (früher: Spiegelglas) wird nach dem Floatverfahren (Abb. 6.2) hergestellt. Dabei wird die Glasschmelze kontinuierlich auf die ebene Fläche eines flüssigen Zinnbades gegossen und bildet dort ein glattes, planparalleles Glasband. Das zähe Glasband wird anschließend in einen Kühlkanal gezogen und kühlt dort langsam und spannungsfrei ab. Ein nachträgliches Schleifen