TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Fakultät für Bauingenieurwesen
Institut für Hochbau & Technologie

KOMPETENZ

...und umfassende Kompetenz vermitteln

GLAS UND GLASBAUSTOFFE 2012

LVA-Nr. 206.145

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch
Vorlesung, 2012S

Forschungsbereich für Hochbaukonstruktion und Gebäudeerhaltung
CBC – Center of Building Construction and Rehabilitation
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. A. Kolbitsch
Karlsplatz 13, A-1040 Wien, Austria

GLAS UND GLASBAUSTOFFE

Grundlagen
Herstellung
Glasarten
Aufbauten
Bemessung
Befestigungen

Ausgabe Juni 2012

Trotz großer Sorgfalt bei der Erstellung der Unterlagen kann nicht ausgeschlossen werden, dass Fehler in den Angaben zur Bemessung oder zu den Belastungsannahmen, etc. vorliegen. Es kann daher keine Haftung für die Anwendung der Bemessungsangaben und der Berechnungsformeln übernommen werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einführung	1
1.1.	Charakteristik des Werkstoffes Glas und seiner Oberflächenstruktur	1
1.2.	Anwendungen von Glaswerkstoffen	1
1.3.	Glas in der Baukonstruktion	2
2.	Formale Grundlagen	2
3.	Abriss zur Geschichte der Glasverwendung	2
3.1.	Glasprodukte	2
3.2.	Entwicklung der Fassadentechnik	4
3.3.	Römische Antike, erste Ansätze im Fassadenbau	5
3.4.	Erstes Zeitalter der Glasarchitektur	5
3.5.	Erste Moderne des Glasfassadenbaus	5
3.6.	Zweite Moderne des Glasfassadenbaus	7
3.7.	Zweite Moderne des Glasfassadenbaus	7
4.	Glasarten – Definitionen und Begriffe	8
4.2.	Herstellungsverfahren	9
4.3.	Wärmebehandlung von Glas	14
4.4.	Kategorisierung von Flachglas in sicherheitstechnischer Hinsicht	14
5.	Konstruktionsregeln (Auszug)	31
5.1.	Grundsätze beim Entwurf von Glaskonstruktionen	32
5.2.	Einwirkungen	35
6.	Entwurf und Bemessung von Glaskonstruktionen	39
6.1.	Werkstoffkennwerte	40
6.2.	Strukturanalyse und statische Modellierung	40
6.3.	Bruchmechanische Betrachtungen	41
6.4.	Aktuelle Normvorgaben und Richtlinien zur Glasbemessung	52
7.	Aspekte zur Stabilitätsuntersuchung von Glaselementen	61
7.1.	Übersicht und Einführung	61
7.2.	Einflussfaktoren auf das Stabilitätsverhalten	61
7.3.	Knicken von Glasstäben und -schwertern	62
7.4.	Kippen von Glasträgern	63
7.5.	Beulen von Glasfeldern	64
8.	Befestigungen von Glaselementen im Bauwesen	65
8.1.	Übersicht zu den Befestigungsmöglichkeiten	65
8.2.	Linienförmige Lagerung	65
8.3.	Structural Sealant Glazing	66
8.4.	Klammerbefestigung	67
8.5.	Punktförmig gelagerte Verglasungen und Sonderkonstruktionen	67
8.6.	Literaturhinweise	69

1. Einführung

1.1. Charakteristik des Werkstoffes Glas und seiner Oberflächenstruktur

Die Bezeichnung „Glas“ stammt vom germanischen Wort ***glasa*** (das Glänzende, das Schimmernde), das auch zur Bezeichnung von Bernstein verwendet wurde. Glas ist ein amorpher[1] nichtkristalliner Feststoff. Thermodynamisch betrachtet stellt Glas eine unterkühlte („gefrorene“) Flüssigkeit (Schmelze) dar. Die Rohstoffe zur Glaserzeugung sind Quarzsand, Kalk und Soda.

Bei der Erstarrung der Schmelze zum Glas können sich zwar Kristallkeime bilden, für einen Kristallisationsprozess bleibt jedoch nicht genügend Zeit.

Glas zeichnet sich dadurch aus, dass es keinen festen Schmelzpunkt hat und bei sinkender Temperatur zunehmende Zähigkeit aufweist. (Der Übergangsbereich zwischen Schmelze und Feststoff liegt bei vielen Glasarten um die 600°C.)

In der üblichen Kategorisierung der Ingenieurwerkstoffe, speziell der Werkstoffe des Bauwesens ist Glas der Gruppe „anorganisch-mineralisch“, und dabei der Untergruppe „künstlich hergestellt“ zuzuordnen.

Tab. 1 Einteilung der Werkstoffe des Bauwesens, nach [19]

Einteilung nach chemischer Zusammensetzung	Einteilung nach Herkunft oder Herstellung	Exemplarische Beispiele
anorganisch, mineralisch	natürlich	Lehm, Naturstein, Sand, Kies
	künstlich hergestellt	**Glas**, keramische Baustoffe, Zement, Beton
metallisch	natürlich	-
	künstlich hergestellt	Eisen, Stahl, Aluminium, Blei Zink, Titan
organisch	natürlich	Holz, Bambus, Schilf, Naturfasern,
	nünstlich hergestellt	Kunststoffe, Gummi, Reaktionsharze

Die im Allgemeinen wichtigste Eigenschaft von Glas ist die optische Durchsichtigkeit. Die optischen Eigenschaften sind so vielfältig wie die Anzahl der Gläser. Neben klaren Gläsern, die in einem breiten Frequenzband für Licht durchlässig sind, kann man durch Zugabe von speziellen Materialien zur Schmelze die Durchlässigkeit einzelner Frequenzbereiche blockieren.

Zum Beispiel können optisch klare Gläser für infrarotes Licht undurchdringbar gemacht, und so die Wärmestrahlung blockiert werden. Die bekannteste (und seit jeher eingesetzte) Steuerung der Durchlässigkeit ist dabei die Färbung. Es können damit unterschiedliche Farben erzielt werden. Andererseits gibt es undurchsichtiges Glas, das schon aufgrund seiner Hauptkomponenten oder der Zugabe von Trübungsmitteln opak ist.

Im Verbund mit metallischen Werkstoffen oder Kunststoffen entsteht eine sehr breite Produktpalette für kreative Anwendungen im Bauwesen.

1.2. Anwendungen von Glaswerkstoffen

Bereits um 1500 v.Chr. wurde Glas in Ägypten als Werkstoff zur Herstellung von Gefäßen und von Schmuck genutzt.

Aktuell werden Glaswerkstoffe in unterschiedlichsten Verarbeitungen im technischen Umfeld eingesetzt, wobei in den meisten Fällen die Transparenz, die chemische Beständigkeit und die kostengünstige Verarbeitung für den Einsatz bestimmend sind.
Das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten reicht dabei vom Flachglas im Bauwesen und in der Fahrzeugindustrie bis zu vielfältigen Nutzungen in optischen Bereichen. Dazu zählt ua die Verwendung von Glasfasern aus ultrareinem Kieselglas zur Nachrichtenübermittlung oder der Einsatz spezieller Phosphatgläser als aktives Medium von Festkörperlasern.

Auch bei der Erschließung regenerativer Energiequellen spielen Glasbauteile eine wichtige Rolle. So wird in solarthermischen Anlagen Lichtstrahlung mit Parabolspiegeln gebündelt und die entstehende Wärme zur Stromerzeugung genutzt.

Glaskeramikelemente werden sowohl in innovativen technischen Bereichen als auch in Massenprodukten, wie Glaskeramik-Herdplatten eingesetzt.

Bioaktive Glaswerkstoffe für den Einsatz in der Medizintechnik zeichnen sich durch eine spezifische Oberflächenreaktion aus, bei der ein der Knochensubstanz ähnliches Interface gebildet wird.

Diese Grenzschicht ermöglicht eine feste Verbindung zwischen synthetischen Biowerkstoffen einerseits und harten oder weichen biogenen Geweben andererseits.

[1] *amorph* (aus dem Griechischen): gestaltlos

Eine weitere industriell besonders wichtige Anwendung ist die Einbindung von hochfesten Glasfasern in Verbundwerkstoffen. So werden zB Kunststoffe wie Polypropylen durch die Einbindung von Glasfasern besonders hart und extrem widerstandsfähig.

Derartige Glasfaserverbundwerkstoffe werden in der Fahrzeugindustrie, bei diversen Industriegütern als Gerätegehäuse sowie in der Elektrotechnik eingesetzt. Dabei ist einschränkend festzuhalten, dass die Oberflächen glasfaserverstärkter Produkte nicht die mechanischen Eigenschaften von Mineraloberflächen erreichen, jedoch den Vorteil aufweisen, eingefärbt werden zu können.

Glasoberflächen können gegenwärtig durch nanotechnisch erzeugte Beschichtungen multifunktionale Eigenschaften erhalten.

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Gläsern hat in den letzten Jahren vor allem die Anwendung der Lasertechnik im mikroskaligen Bereich an Bedeutung gewonnen. Durch den Einsatz verschiedener Strahlquellentypen sind fast alle Gläser bearbeitbar. Es können Mikroformen erzeugt, aber auch kleine Bohrungen bis hin zu Mikrokanälen hergestellt werden.

Ein weiterer, in dieser Zusammenstellung nur am Rande behandelter Aspekt betrifft die Fassung von Glasflächen, im kunstgeschichtlichen Kontext die Glasmalerei, die ab dem Mittelalter den Sakralbau wesentlich beeinflusste.

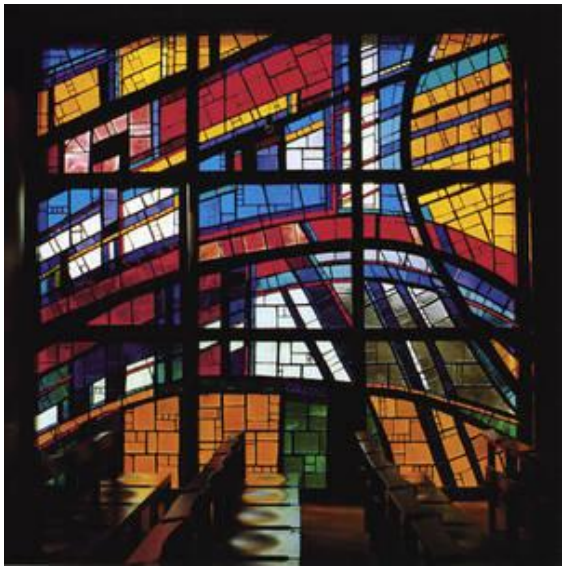

Abb. 1: Modernes Kirchenfenster (R. Kolbitsch).

1.3. Glas in der Baukonstruktion

Glaskonstruktionen werden im Bauwesen zunehmend nicht nur im Fassadenbereich als transparente oder transluzente Elemente eingesetzt, sondern finden auch als tragende Bauteile Verwendung. Da die Berechnung von tragenden Glasbauteilen nunmehr auch in Österreich nach dem, den Eurocodes zugrundeliegenden semiprobabilistischen System erfolgt, können derartige Bauteile wie die übrigen tragenden Bauelemente nach den bekannten Bemessungsregeln berechnet werden.

2. Formale Grundlagen

Die Verwendung von Glas im konstruktiven Bereich wird einerseits in den Bauvorschriften geregelt, wobei in Österreich die harmonisierten technischen Vorgaben in den OIB-Richtlinien geregelt sind. Die anzuwendenden Normen sind in Anhang B zusammengestellt.

Es ist festzuhalten, dass innerhalb der letzten zehn Jahre international eine weitgehende Umstellung vom deterministischen auf das semiprobabilistische Sicherheitskonzept erfolgte.

3. Abriss zur Geschichte der Glasverwendung

3.1. Glasprodukte

Es wird angenommen[2], dass Glas erstmals vor etwa 9000 Jahren hergestellt wurde, wobei das Hauptproblem im hohen Schmelzpunkt von SiO_2 (1500 bis 1700°C) und in der noch höheren Temperatur für den „Glasungszustand“ (etwa 2000°C) lag.

Durch die Zugabe von Hilfsstoffen war es möglich, einen tieferen Schmelzpunkt zu erreichen. Die so hergestellte zähplastische Glasmasse konnte anschließend mechanisch bearbeitet werden

> *„Nimm 60 Teile Sand, 180 Teile Asche aus Meerespflanzen, 5 Teile Kreide - und du erhältst Glas".*[3]

Eine entsprechnde Anleitung zur Glasherstellung ist in der Tontalfelbibliothek von Königs Assurbanipal (700 v. Chr.) enthalten und gilt als die älteste schriftliche Rezeptur zur Glasherstellung.

Wissenschaftliche Funde belegen, dass die Ägyper schon vor ca. 5500 Jahren Glas herstellen konnten.

[2] Quelle: www.glas-und-mehr.de
[3] Quelle elcuore.de