

2 Werkstoff Glas

2.1 Historische Entwicklung des Flachglases

Was vor ca. 7000 Jahren als Zufallsfund begann, entwickelte sich im Laufe der Zeit zu einem Hightech-Produkt – dem Werkstoff Glas.

Wurden zuerst Schmuckgegenstände und Hohlgläser hergestellt, konnte durch die Weiterentwicklung der Herstelltechniken für Glas auch Flachglas produziert werden. Die historische Entwicklung bis hin zu heutigen Fertigungsverfahren wird an den wichtigsten Verfahren aufgezeigt.

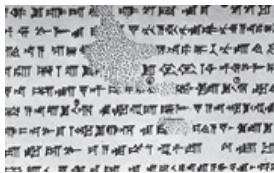
Frühzeit und Antike



Über die Ursprünge der Glasherstellung gibt es bis heute keine gesicherten Erkenntnisse. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann man davon ausgehen, dass die Herstellung von Glas erstmals Töpfern oder Schmieden an den Ufern der großen nordafrikanischen Natron- und Kaliseen gelang. Beide Handwerkszweige benötigten hohe Temperaturen für Ihre Brenn- und Schmelzarbeiten. Es entstand zunächst eine Glasur auf Keramiken. Bei den Ägyptern kann man aufgrund der Funde von Glasperlen von einer ersten Glasproduktion sprechen. Ab der Mitte des 2. Jahrtausends v. Chr. finden sich auch Ringe und kleinere Figuren, zu deren Herstellung Schalen als Gussformen dienten. Eine der ersten Herstellungstechniken für Hohlglas war die sog. Sandkern-technik. Dabei wird ein tonhaltiger Sandkern – eine Negativform – an

einem Stab in die Glasschmelze getaucht und gedreht, sodass ein dicker „Glasfaden“ aufgenommen wird. Die Masse rollt man dann auf einer Platte aus, bis die gewünschte Form entsteht und der Kern nach dem Abkühlen entfernt werden kann. Durch mehrmaliges Drehen und Eintauchen des Kerns in die Schmelzmasse konnte die Wanddicke der Gefäße variiert werden. Es wurden u. a. kleine Gläser und Vasen hergestellt. Im Inneren solcher Gläser finden sich häufig Abdrücke von Stoffen oder Bändern, die den Sand- oder Tonkern zusammengehalten haben. Ein wesentliches Merkmal dieser Hohlgefäße ist die raue Innenfläche.

Das älteste schriftlich überlieferte Glasrezept



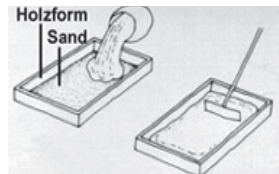
Das älteste überlieferte Rezept für das Glasmachen fand man in der Tontafelbibliothek des assyrischen Königs Assurbanipal in Ninive. Es ist in Keilschrift verfasst und hat folgenden Wortlaut: „Nimm 60 Teile Sand, 180 Teile Asche aus Meerespflanzen, 5 Teile Kreide und du erhältst Glas.“ In diesem Rezept sind auch die heute noch verwendeten Rohstoffe aufgeführt.

Die Glasmacherpeife

Um 200 v. Chr. wird durch syrische Handwerker in der Gegend von Sidon die Glasmacherpeife erfunden. Damit war es erstmals möglich, dünnwandige Hohlgefäße herzustellen. Dabei nimmt der Glasbläser mit einem etwa eineinhalb Meter langen Blasrohr einen

Clumpen zähflüssiges Glas aus der Schmelze auf und bläst diesen zu einer dünnwandigen Kugel.

Die römische Zeit



Römische Scheibengrößen von 20 x 20 cm bis 70 x 100 cm

Während der Zeit der Römer wurde Flachglas in der Guss- und Strecktechnik hergestellt, obwohl das Zylinderstreckverfahren schon bekannt war. Dazu wurde die zähflüssige Glasmasse auf eine glatte, mit Sand bestreute Unterlage mit seitlichem Abschluss gegossen und möglichst eben ausgebreitet. Die geformte, noch plastische Glasmasse wurde dann mit Hilfe von Eisenzangen auseinandergezogen. Funde zeigen, dass dieses Glas bläulich grün und nicht besonders transparent war. Die Größe dieser Scheiben lag bei ca. 30 cm x 50 cm bei einer Dicke zwischen 3 mm und 6 mm. Der Einbau erfolgte rahmenlos bzw. in Bronze- oder Holzrahmen.

Das Mittelalter

Im frühen Mittelalter stellten die Germanen überall dort, wo die Römer sich zurückgezogen hatten, Glas her, das nahtlos an die schon germanisierte, spätantike Formensprache anschließt. Man geht heute davon aus, dass für das fränkische Glas noch vorhandene römische Gläser recycelt wurden.

Seit dem Mittelalter sind die beiden wichtigsten Herstellungsverfahren für Flachglas das Zylinderstreck- (1. Jh. n. Chr.) und das Mondglasverfahren (14. Jh. n. Chr.).

Bei beiden Techniken wird zunächst ein Posten zähflüssiger Glasmasse mit der Glasmacherpfeife entnommen und zu einem kugelförmigen Hohlkörper geblasen.

Zylindertechnik:



Durch Blasen, Schwenken und Formen in einem Hobel (Struktur Wannenförmig) wird diese Kugel zu einem dünnwandigen Zylinder. Anschließend werden die Enden entfernt und der Zylinder nach dem Kühlen der Länge nach aufgeschnitten. Im „Streckofen“ wird der Zylinder erhitzt und zu einer flachen Scheibe geglättet. Die Zylinderlänge liegt bei ca. 90 cm bei Echtantikglas und bei 1,20 m bei Neuantikglas, da hier das „Anblasen“ mit Druckluft erfolgt. Der Durchmesser liegt bei ca. 30 cm.

Mondtechnik:

An diesen kugelförmigen Hohlkörper wird dann auf der gegenüberliegenden Seite der Glasmacherpfeife ein Heftisen angesetzt. Danach wird die Glasmacherpfeife abgesprengt. Durch das Entfernen der Glasmacherpfeife entsteht eine Öffnung, die durch ein heißes Eisen aufgeweitet wird. Die nun vorhandene weit offene Scha-



lenform wird erneut erhitzt und anschließend mit dem Heftisen in einer Halterung schnell und gleichmäßig gedreht/geschleudert. Die beim Schleudervorgang auftretenden Zentrifugalkräfte formen die Schale zu einer ebenen, glatten, runden Scheibe. Im Gegensatz zum Zylinderstreckverfahren ermöglicht das Mondglasverfahren durch die feuerpolierte Oberfläche eine ebenere, reinere und glänzendere Oberfläche. Durch diese Technik wurden Glasplatten von ca. 1,20 m Durchmesser erzeugt. Anschließend wurden die Scheiben um die Mitte zu einem Rechteck geschnitten. Diese fanden Verwendung als z. B. Kirchenglas mit Bleieinfassungen. Das Mittelstück mit der Anschlussstelle des Schleuderstabs heißt Butze und wurde für Butzenscheiben von 10 cm bis 15 cm Durchmesser verwendet.

Diese beiden handwerklich geprägten Verfahren wurden durch die Tafelglas- und Spiegelglasherstellungsverfahren abgelöst, die bis in die 1960er Jahre eingesetzt wurden.

Venedig

Die Stadt Venedig ist zwischen dem 15. und dem 17. Jahrhundert führend in der Herstellung von gläsernen Schalen, Trinkgefäßen und Spiegeln (mit Zinn und Quecksilber beschichtete Glas tafeln). Der Erfolg des venezianischen Glases beruht auf seiner außergewöhnlichen Reinheit und Farblosigkeit.

17./18. Jahrhundert



Darstellung nach Diderot in der „Encyclopédie“



Im 17. Jahrhundert wird Glas nun nicht mehr nur für Kirchen und Klöster verwendet, sondern auch vermehrt für den Raumabschluss von Schlössern und Stadthäusern. Durch den gestiegenen Glasbedarf wird es notwendig, neue Produktionsverfahren zu entwickeln.

Die bereits bei den Römern zur Anwendung kommende Gusstechnik wurde im 17. Jahrhundert von französischen Glasmachern wieder aufgenommen und weiterentwickelt. Der Inhalt einer Schmelzwanne wird auf eine vorgewärmte Kupferplatte

gegossen und mit einer wassergekühlten Metallwalze zu einer Tafel ausgewalzt. Die Dicke der Glastafel ergibt sich aus der Höhe der seitlichen Einfassschienen. Die zu den vorherigen Verfahren deutlich ebenere Tafel wird anschließend mit Sand und Wasser geschliffen und mit einer Paste aus Eisenoxid poliert. Die sogenannten Grandes glaces waren bis zu 1,20 m x 2 m groß.

20. Jahrhundert

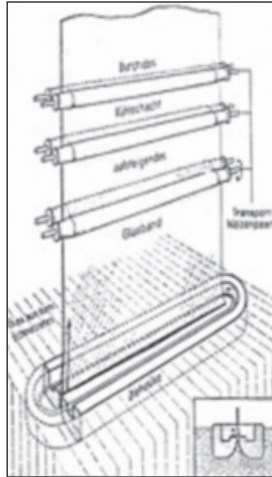
In den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts lösten maschinelle Ziehverfahren das Zylinderblasverfahren allmählich ab.

Glas konnte nun durch die Erfindung der maschinellen Ziehverfahren wirtschaftlich in großen Mengen und deutlich besserer Qualität hergestellt werden.

Um 1900 entwickelte der Amerikaner John H. Lubbers ein mechanisches Verfahren, bei dem das Blasen und Ziehen des Zylinderstreckverfahrens kombiniert wurden. Aus der Schmelzwanne wird ein Zylinder an der Spitze an Pressluft angeschlossen und unter ständigem Nachströmen der vorgewärmten Druckluft langsam senkrecht herausgezogen. Damit konnte man Durchmesser von 80 cm und Längen bis zu 12 m erreichen. Um aber flache Scheiben zu erhalten, musste der Zylinder noch aufgeschnitten und geglättet werden. Das Verfahren war jedoch sehr umständlich, insbesondere bereitete das Umlegen der Zylinder in die Horizontale Schwierigkeiten.

Fourcault Verfahren

Ein weitreichendes Patent sollte 1904 von Emile Fourcault folgen. Das nach ihm benannte Fourcault-Verfahren zur Ziehglasherstellung.



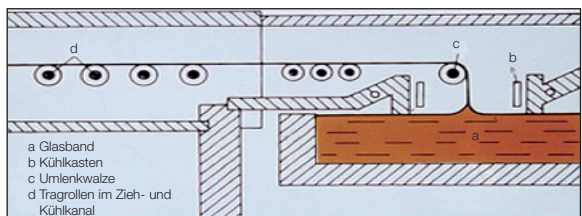
Dabei wird eine auf geschmolzenem Glas schwimmende Ziehöse aus feuerfestem Material (gebrannter Ton) in die Glasmasse eingedrückt. Die zähflüssige Glasmasse quillt dabei durch einen Schlitz und wird anschließend von Fangeisen aufgenommen. Mittels Walzenpaaren wurde es dann in einen 8 m hohen Kühlschacht senkrecht nach oben geführt, an dessen Ende das abgekühlte und entspannte Glas zugeschnitten wurde. Die notwendige Glasdicke wurde durch die Ziehgeschwindigkeit bestimmt. Nachteilig waren die durch das Verfahren bedingten, quer zur Ziehrichtung verlaufenden, sichtbaren Ziehstreifen. Die Kapazität einer Fourcault Anlage lag Ende der 1920er Jahre bei ca. 22.500 m² im Monat.



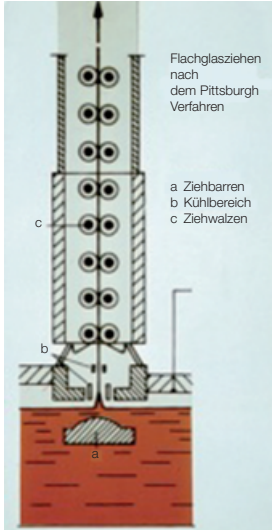
Libbey Owens

Der Amerikaner Irving Colburn lässt 1905 ein vergleichbares Ziehverfahren patentieren, das sogenannte Libbey-Owens-Verfahren.

Hierbei wird das Glas nicht wie bei Fourcault in die Höhe, sondern ohne Ziehöse direkt aus der Glasmasse über eine Biegewalze in die Waagerechte umgelenkt und in einen 60 m langen Kühlkanal spannungsfrei bis auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend zugeschnitten. Mit diesem Verfahren waren Glasdicken von 0,6 mm bis 20 mm möglich, die durch die Ziehgeschwindigkeit bestimmt wurden. Die Breite des Glasbandes betrug 2,5 m.



Pittsburgh



Mit dem Verfahren der Pittsburgh Plate Glass Company, das seit 1928 zur Herstellung von Flachglas verwendet wurde, konnten die Vorteile der beiden zuvor beschriebenen Verfahren kombiniert werden: das Ziehen aus der freien Oberfläche des Libbey-Owens-Verfahrens und die einfache Ziehmaschine des Fourcault-Verfahrens. Charakteristisch für das Pittsburgh-Verfahren ist der in der zähflüssigen Glasmasse vorhandene Ziehbalcken aus feuerfestem Material. Er hat die Aufgabe, die Kühlwirkung der Kühler auf die sich gerade über dem Ziehbalcken befindliche Glasmasse zu beschränken und ein „Auskühlen“ und „Einfrieren“ der tiefer liegenden Glasmasse zu vermeiden. Ein Einschnüren des Glasbandes verhindern, statt der seitlichen Walzen, Haltevorrichtungen in Form hohler Teller. Das Glasband wird ähnlich wie beim Fourcault-Verfahren in einen 10 m

bis 12 m hohen Kühlschacht gezogen.

Die Vorteile des Pittsburgh-Verfahrens liegen in der relativ hohen Ziehgeschwindigkeit bei großen Tafelbreiten und im Vergleich zum Fourcault-Verfahren besseren Glasqualität.

Die Maschinenglasverfahren hatten den gemeinsamen Nachteil, dass Verzerrungen und Welligkeiten auftraten. Die Herstellung höherwertigen Spiegelglases verursachte durch das notwendige Schleifen und Polieren hohe Mehrkosten.

Für die genannten Verfahren wurden zwar im Laufe der Jahre erhebliche Verbesserungen erreicht, dennoch konnten die Nachteile nicht grundsätzlich beseitigt werden. Um den immer stärker zunehmenden Bedarf an hochwertigem Flachglas in jeder Weise zufriedenstellend decken zu können, mussten neue Wege beschritten werden.

Zu Beginn der 1950er Jahre fand die englische Firma Pilkington Brothers die industrielle Lösung: das automatische Floatglas-Herstellungsverfahren. Man entwickelte es, auch von Rückschlägen nicht entmutigt, mit Energie und hohem Kapitaleinsatz bis zur Fabrikationsreife im Jahre 1958.

Diese automatisierte Herstellung vereinte hohe Mengenausbringung, große Scheibenformate und optimale, gleichbleibende Qualität zu einem relativ günstigen Preis.

Damit waren die glastechnischen Voraussetzungen geschaffen, um der klassisch-modernen Architektur zum Durchbruch zu verhelfen.

Quellen:

- [1] Schittich, Staib, Balkow, Schuler, Sobek: Glasbau Atlas, 2006- 2. Auflage, Verlag DETAIL EDITION
- [2] www.wikipedia.de, 04. Januar 2010
- [3] M. Aigner, Fachschule für Glasbautechnik, Vilshofen a. d. Donau: Skript zur Glasgeschichte, (nicht veröffentlicht)

2.2 Der Herstellungsprozess von Floatglas

Float heißt auf Deutsch soviel wie „obenauf schwimmen oder treiben“, und damit ist auch das eigentliche Prinzip dieses Verfahrens charakterisiert.

Beim Floatverfahren bewegt sich ein endloses Glasband aus der Schmelzwanne auf ein Zinnbad. Dort schwimmt es auf der Oberfläche des geschmolzenen Metalls und breitet sich aus.

Infolge der Oberflächenspannung der Glasschmelze und der planen Oberfläche des Zinnbades bildet sich auf natürliche Weise ein absolutes planparalleles Glasband.

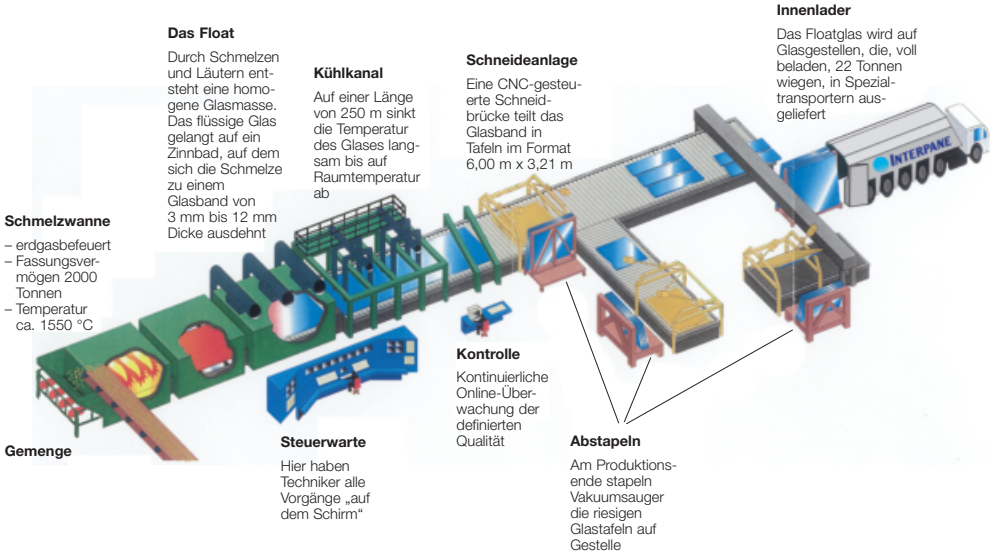
Der Herstellungsprozess gliedert sich in:

- Schmelzen des Glasgemenges mit anschließendem Läutern
- Formgeben des Glases
- Abkühlen des Glases
- Schneiden und Abstapeln

Das untenstehende Bild zeigt schematisch die Floatglasproduktion im Werk Seingbouse.

Floatglas ist das Ausgangsprodukt für praktisch alle veredelten Glasprodukte, wie z. B. beschichtetes Glas, Isolierglas, Einscheiben- und Verbund-sicherheitsglas.

Die technischen Eigenschaften von Floatglas sind in EN 572 festgelegt.



Das Gemenge setzt sich zusammen aus:

- 60 % Quarzsand
- 20 % Kalk und Dolomit als Stabilisatoren
- 20 % Soda und Sulfat als Flussmittel.

Diesem Rohstoffgemenge werden zudem rund ein Viertel Glasscherben beigemischt. Dadurch werden die Schmelztemperatur deutlich gesenkt und Energie gespart.