

Glas Lexikon ABC Express-Glaserei

Glas

Dieser Artikel behandelt den Feststoff Glas.

Unter Glas (von germanisch *glasa* das Glänzende, Schimmernde, auch für Bernstein) versteht man eine Schmelze, die ohne Kristallisation erstarrt ist, also einen amorphen Feststoff. Materialien, die man im Alltagsleben als Glas bezeichnet (z.B. Trink- und Fenstergläser, Fernsehscheiben und Glühlampen) sind nur ein Ausschnitt aus der Vielfalt der Gläser.

1. Eigenschaften

Glas ist eine ohne wesentliche Kristallbildung erstarrte Schmelze und damit eine amorphe Substanz. Thermodynamisch wird Glas als gefrorene, unterkühlte Flüssigkeit bezeichnet. Diese Definition gilt für alle Substanzen, die geschmolzen und entsprechend schnell abgekühlt werden. Das bedeutet, dass sich bei der Erstarrung der Schmelze zum Glas zwar Kristallkeime bilden, für den Kristallisationsprozess jedoch nicht genügend Zeit verbleibt. Das erstarrende Glas ist schnell zu fest, um noch eine Kristallbildung zu erlauben. Die Transformationstemperatur, also jener Übergangsbereich zwischen Schmelze und Feststoff, liegt bei vielen Glasarten um 600° C.

Trotz des nicht definierten Schmelzpunkts ist Glas ein Festkörper. Auch wenn es sich unter langzeitiger Krafteinwirkung verformt, dürfte man es nicht als flüssig bezeichnen. Die langsame Verformung unter einer konstanten Kraft tritt auch in kristallinen Festkörpern auf und wird als Kriechen bezeichnet. Berichte von fließenden Kirchenfenstern lassen sich nicht bestätigen und die Idee des flüssigen Glases scheint auf eine Falschübersetzung zurückzugehen. (en)

Kohlenwasserstoffverbindungen wie Plexiglas sind kein Glas, sondern ein Kunststoff. Kunststoffe besitzen organische Verbindungen, selbst Silikone sind mit organischen Resten abgesättigt und als mehr oder weniger ausdifferenzierte Ketten strukturiert.

Die im allgemeinen Sprachgebrauch bedeutungstragende Eigenschaft von Glas ist die Durchsichtigkeit. Die optischen Eigenschaften sind so vielfältig wie die Anzahl der Gläser. Neben klaren Gläsern, die in einem breiten Band für Licht durchlässig sind, kann man durch Zugabe von speziellen Materialien zur Schmelze die Durchlässigkeit blockieren. Zum Beispiel kann man optisch klare Gläser für Infrarotes Licht undurchdringbar machen, die Wärmestrahlung ist blockiert. Die bekannteste Steuerung der Durchlässigkeit ist die Färbung. Es können die verschiedensten Farben erzielt werden. Andererseits gibt es undurchsichtiges Glas, das schon aufgrund seiner Hauptkomponenten oder der Zugabe von Trübungsmitteln opak ist.

Gebrauchsglas hat eine Dichte von ca. 2,5 g/cm³. Die mechanischen Eigenschaften variieren sehr stark. Die Zerbrechlichkeit von Glas ist sprichwörtlich. Die Bruchfestigkeit wird stark von der Abkühlgeschwindigkeit bestimmt. Glas ist weitgehend resistent gegen Chemikalien. Eine Ausnahme ist Flusssäure, sie löst das Siliziumdioxid und wandelt es zu Hexafluorokieselsäure. Im Allgemeinen hat Glas einen hohen elektrischen Widerstand.

2. Zusammensetzung

Glas kann viele Komponente haben. Diese werden nach ihrer Funktion in Netzworkebildner, Netzworkewandler und Zwischenoxyde (auch Stabilisatoren genannt) unterschieden. Netzworkebildner bilden das (unregelmäßige) Grundgerüst, zu Ihnen zählen z.B. SiO, BO, PO sowie als nichtoxydische Verbindungen AsSund BeF.

Netzworkewandler werden in das vom Netzworkebildner gebildete Gerüst eingebaut. Hiezu gehören die Oxide der Alkalien wie NaO und KO. Zwischenoxyde wie AlO, MgO, PbO etc. können als Netzworkebildner und -wandler fungieren. Allerdings sind sie nicht alleine zur Glasbildung fähig.

2.1. Einstellung der Glaseigenschaften

weitere Zuschlagstoffe sind u.a.:

- andere Flussmittel zur Verminderung des Schmelzpunkts
- Zinkoxid
- Thallium

- zur Veränderung des Brechungsindex
- Bariumoxid
- Blei (absorbiert auch Strahlung)
- Cer wird für Glas verwendet, das Infrarotstrahlung absorbiert.
- Boroxid verändert als Zusatz die thermischen Eigenschaften.
- Aluminiumoxid erhöht die Bruchfestigkeit
- Trübungsmittel
- Zinndioxid
- Calciumphosphat
- Fluorid für Opalglas
- Zirkonoxid

2.2. Glasfärbung und Entfärbung

Die meisten Glassorten werden mit weiteren Zusatzstoffen produziert, um bestimmte Eigenschaften, wie ihre Färbung zu beeinflussen. Für die Glasfärbung, beziehungsweise für die Entfärbung von Gläsern, die durch Verunreinigungen ihrer Rohstoffe verursacht sind, werden vor allem Metalloxide verwendet. Grundsätzlich verwendet man zur Beseitigung von Farbstichen die komplementäre Farbe. Entfärbemittel werden Glasmacherseifen genannt.

- Eisenoxide: Färben je nach Wertigkeit des Eisenions grün-blaugrün oder gelb und in Verbindung mit Braunstein gelb sowie braun-schwarz.
- Kupferoxide: zweiwertiges Kupfer färbt blau, einwertiges färbt rot, daraus ergibt sich das so genannte Kupferrubinglas.
- Chromoxid: Wird in Verbindung mit Eisenoxid oder allein für die Grünfärbung verwendet.
- Uranoxid: Ergibt eine sehr feine Gelb- oder Grünfärbung (sog. "Annagelb" oder "Annagrün"-Glas) mit grüner Fluoreszenz unter dem UV-Licht. Solche Gläser wurden vor allem in der Zeit des Jugendstils hergestellt. In England und Amerika ist diese Glassorte auch als "uranium glass" oder "vaseline glass" bekannt.
- Kobaltoxid: färbt intensiv blau und wird auch für die Entfärbung verwendet.
- Nickeloxid: violett, rötlich auch für die Graufärbung und zur Entfärbung
- Manganoxid (Braunstein) als Glasmacherseife zur Entfernung des Grünstichs
- Selenoxid: färbt rosa und rot, die rosa Färbung wird als "Rosalin" bezeichnet, während die rote als Selenrubin bezeichnet wird.
- Silber: ergibt feines Silbergelb
- Gold: Wird erst in Königswasser aufgelöst und färbt rubinrot, eine der teuersten Glasfärbungen.

3. Einteilung der Gläser

Nach Art der Genese: Neben künstlichen finden sich auch natürliche Gläser: Obsidian ist vulkanischen Ursprungs, Tektide entstehen durch Meteoriteneinschlag, Fulgurite entstehen bei Blitzeinschlag und Maskelynit, das in Meteoriten gefunden wird und extraterrestrischen Ursprungs ist. Diese Gläser entstehen aus dem Schmelzen von Sanden oder durch Schockwellen. Ein Kristallgitter kann hierdurch seine Struktur verlieren und ein amorpher Körper werden. Dies ist diaplektisches Glas.

Nach Art des Chemismus: Neben Kalk-Natron-Glas, das dem gewöhnlichen Gebrauchsglas entspricht, gibt es Quarzglas aus reinem SiO₂, Bleiglas für z.B. feinen Kristallgläsern und Fernsehtrichter. Das Blei im Glas schirmt die elektromagnetische Strahlung ab. Wasserglas ist wasserlöslich. Borosilikatglas ist insbesondere chemisch resistent und wird bei Laborgeräten, Kochgeschirr aber auch optischen Gläser verwendet. Borphosphatglas (Bortrioxid, Phosphorpentoxid) und Alumosilikatgläser mit Al₂O₃ sind weitere Spezialgläser. Zu der Gruppe der nichtoxidischen Gläser gehören u.a. Fluoridgläser, z.B. ZrF₂ - BaF₂ - AlF₃ und Chalkogenidgläser mit z.B. As₂Te₃ oder GeSe₂ in der Infraroptik. Als Sonderfall in dieser Einordnung muß man Glaskeramik begreifen. Es wird als Glas produziert, durch die Wärmenachbehandlung wird teilweise Rekristallisierung erzielt. So ist es strenggenommen kein Glas mehr, sondern ein Glas-Kristall Mischkörper. Glaskeramik besteht aus SiO₂, Al₂O₃ und Lithiumoxid.

Nach der Grundform des Produkts und dem Produktionsverfahren: Die Glasindustrie wird gewöhnlich in Hohlglas-, Flachglas-, und Spezialglasherstellung gegliedert. Hohlglas bezeichnet Flaschen und Konservengläser. Diese Massenprodukte werden maschinell geblasen. Höherwertige Produkte werden gepreßt. Hierzu gehören Glasbausteine und Trinkgläser. Für Glühbirnen ist ein besonderes Produktionsverfahren notwendig, ebenso für Rohrglas. Flachglas wird je nach Produktionsverfahren Floatglas oder Walzglas genannt. Das Grundprodukt ist ein Glasscheibe. Endprodukte sind z.B. Automobilglas, Spiegel, Temperglas, Verbundglas. Faserglas umfaßt Glasfaserkabel, Glaswolle und findet auch Anwendung bei glasfaserverstärkter Kunststoffen. Optische Gläser sind Linsen für Mikroskope und Ferngläser. Mundgeblasene Gläser existieren praktisch nur noch im Kunstgewerbe, sowie bei kostspieligen Vasen und Weingläser.

Nach ihren hergebrachten Handelsnamen: Antikglas, Diatretglas, Flintglas (Bleiglas als optisches Glas), Hyalithglas (opakes Glas, im 19. Jht. benutzt für Tafel- und Pharmaglas), Kronglas (optisches Glas), Kryolithglas (opakes, weißes Fluoridglas)

Nach ihren Markennamen als Gattungsbegriff: Ceran (Glaskeramik für z.B. Kochfelder), Jenaer Glas (hitzebeständiges Borosilikatglas) beide von Schott und Pyrex (Borosilikatglas) von Corning im angelsächsischen Sprachraum ein Synonym zu Jenaer Glas.

4. Produktionsprozess

4.1. Gemenge

Für die Herstellung von Kalk-Natron-Glas, das ca. 90% der produzierten Glasmenge ausmacht, werden folgende Rohstoffe eingesetzt:

Quarzsand als fast reiner SiO₂-Träger zur Netzwerkbildung. Wichtig ist, daß der Sand einen geringen (<0.05%) Anteil an Fe₂O₃ besitzt, da sonst bei Weißglas störende Grünfärbungen auftreten.

Soda, Dolomit, Feldspat, Kalk (noch auszuführen)

Altglas oder Eigenscherven aus dem Produktionsbruch werden ebenfalls dem Gemenge wiederaufgegeben. Altglas aus dem Glasrecycling allerdings nur in der Behälterglasindustrie, wo ihr Anteil bis über 90% betragen kann. Neben eingespartem Rohstoff macht sich dies im geringeren Energieverbrauch bemerkbar, da Scherven leichter schmelzen als das Gemenge.

4.2. Schmelze

Das Gemenge wird einer Glasschmelzwanne aufgegeben. Bei Temperaturen von ca. 1480 °C schmilzt es allmählich und wird durch Bewegungen im Glasbad homogenisiert. Bei kontinuierlich arbeitenden Öfen, die im industriellen Maßstab ausschließlich Verwendung finden, fließt das Glas weiter von der Schmelzwanne (mit Schmelz- und Läuterbereich) über den Durchfluß (Hohlglas) bzw. die Einschnürung (Flachglas) in die Arbeitswanne. Bei geringeren Temperaturen beruhigt sich die Schmelze und fließt weiter zum Punkt der Glasentnahme. Bei der Produktion von Hohlglas sind dies die Speiser oder Feeder. Hier werden Tropfen in darunter stehende Glasmaschinen geleitet. Bei Flachglas fließt das Glas über die Lippe in das Floatbad.

4.3. Formgebung

Je nach Produkt wird Glas unterschiedlich geformt. Dabei unterscheidet man vor allem Gläser, die gepresst, geblasen, gedüst, gesponnen oder gewalzt werden.

- Hohlglas wird in mehreren Verfahren durch Pressen, Blasen, Saugen und Kombinationen dieser Techniken hergestellt. Hier dominiert die IS-Maschine, die im Blas-Blas-Verfahren arbeitet. Für höherwertige Tafelware kommen Press-Blas-Verfahren zum Einsatz, die Karusellförmig arbeiten.
- Glasfasern werden durch Spinnen im so genannten TEL-Verfahren produziert.
- Flachglas wird im Floatverfahren hergestellt oder gewalzt.
- Rohrglas

4.4. Kühlung

Hohlglasproduktion: Die Konservengläser kommen aus dem Kühlöfen.

4.5. Veredelung

- durch chemische und physikalische Gasphasenabscheidung können feinste Metallbeschichtungen aufgebracht werden. Die meisten Fenster- und Autogläser werden mit für Infrarotlicht undurchlässigen Beschichtungen versehen. Die Wärmestrahlung wird hierdurch geblockt und Aufheizungen der Innenräume durch Sonneneinstrahlung gemindert, gleichzeitig die Wärmeverluste im Winter reduziert, ohne tigen.
- Eine andere Beschichtungstechnik verhindert die Verschmutzung und unterstützt die Selbstreinigung von Fensterglas. Eine äußere, hydrophile Beschichtung mit Titandioxyd verhindert die Tröpfchenbildung des Regenwassers, da es deren Oberflächenspannung herabsetzt. Regenwasser kann gleichmäßig an der Scheibe ablaufen und Schmutzpartikel mitziehen. Zusätzlich kann durch eine UV-Licht absorbierende Beschichtung die Entstehung aktiven Sauerstoffs ermöglicht werden, der organische Verbindungen zersetzt.
- Auch sind Verspiegelungen möglich
- Bei optischen Geräten werden reflektionsmindernde Schichten eingesetzt. Glas lässt sich auch schleifen, so dass optische Linsen für Brillen und verschiedene optische Geräte damit hergestellt werden können.
- Durch nachträgliches Sandstrahlen ein Milchglaseffekt zu erzielen, so dass das Glas nur noch durchscheinend aber nicht mehr durchsichtig ist
- Ein Farbauftrag ist im keramischen Siebdruck möglich.
- Durch exaktes Tempern eines auf Lithium-, Aluminium- und Siliciumoxid gefertigten Glases kann gezielt eine Rekristallisation herbeigeführt werden. Der Werkstoff ist nun kein Glas mehr, sondern eine Glaskeramik mit äußerst geringer Wärmedehnung. Diese findet Anwendung z.B. bei Kochfeldern und Spiegelteleskopen.

5. Geschichte der Glasherstellung

5.1. Frühzeit

Natürlich vorkommendes Glas wie Obsidian wurde seit der Steinzeit zur Werkzeugherstellung (Faustkeil) benutzt. das glass wurde zumindest zweimal erfunden einmal als silizium potasium gemenge wohl in mesopotamien wobei sand den silizium liferte und potasium aus pflanzenasche gewonnen wurde und ein zweites mal als silizium natron gemenge wohl in agypten wobei sand mit natron aus dem nord ägyptischen natron see geschmolzen wurde. vor 1550 gab es zumindest in agypten kein glas.(a. kisa köln)

Schon ab 1250 v. Chr. unterhielten die Ägypter u. a. in Quantir östlich des Nildeltas regelrechte Glasmanufakturen. Dort wurden Glasrohlinge in einem zweistufigen Prozess hergestellt. Ein Zwischenglas entstand, welches anschließend zertrümmert wurde. Aus den von Verunreinigungen des ersten Produktionsschrittes befreiten Scherben schmolzen die Ägypter Glasrohlinge von zehn Zentimeter Dicke, die durch Beimischung von Metalloxiden unterschiedlich eingefärbt werden konnten. Archäologische Funde deuten darauf hin, dass die einzelnen Produktionsstätten sich auf die Herstellung jeweils unterschiedlich eingefärbte Gläser spezialisiert hatten. So produzierten beispielsweise die Handwerker in Qintar hauptsächlich rotes Glas,

welches sie durch Beimengung von Kupfer erhielten. Der Vertrieb der Rohlinge an weiterverarbeitende Glaswarenersteller oder Kunsthandwerker erfolgte über Händler. Laut der britischen Archäologin Caroline Jackson waren Glasgegenstände aufgrund des komplizierten Herstellungsverfahrens ein hohes Statussymbol, welches sich nur die ägyptische Elite leisten konnte.

Aus der Bibliothek des assyrischen Königs Assurbanipal ist ein Glasrezept in Keilschrift überliefert, das um 650 v. Chr. entstanden ist: 60 Teile Sand, 180 Teile Asche aus Meerespflanzen und 5 Teile Kreide. aus persien kommt im 4. Jahrhundert v. Chr. erstmals klares farbloses Glas.

Die Römer stellten Diatretgläser her, meist glockenförmige, prunkvolle Trinkgefäße die bis heute wegen ihrer künstlerischen Qualität bewundert werden. Eines der berühmtesten römischen Gläser ist der im Besitz des Britischen Museums befindliche Lykurgosbecher[link] aus dem

4. Jahrhundert an dem eine dreidimensionale figurative Darstellung angebracht ist, die im Gegenlicht rot und im Auflicht opak-gelbgrün erscheint. im ersten Jahrhundert v. Chr. wurde an der östlichen Mittelmeerküste die Glasmacherpfeife erfunden. Die ersten Pfeifen waren Tonröhren, später benutzte man Metallrohre mit denen man größere Gefäße herstellen konnte. Durch die Glasbläserei wurde Glas zur Massenware im ganzen Römischen Reich.

5.2. Mittelalter und Neuzeit

Um die Jahrtausendwende dominierte Venedig die Glasmarkt. Die Insel Murano war das Hauptzentrum der europäischen Glasindustrie. Venezianisches Glas war ein begehrtes Luxusgut.

Kirchenscheiben verbreiten sich in den Kathedralen.

Entgegen der landläufigen Meinung gab es im Deutschland des Mittelalters nicht nur das typische grüne Waldglas, sondern auch farblose Gläser, zum Teil allerdings mit leichtem Farbstich. Im 14. Jahrhundert erfanden italienische Glasmacher das Cristallo, ein farbloses Glas mit besonderem Glanz. In den Anfängen der Herstellung von durchsichtigem Glas wurde das Glas zu so genannten Butzenscheiben geschleudert. Zu Beginn hatten diese Scheiben etwa 10 bis 20 cm Durchmesser. Später wurden dazu gar einige Kilo geschmolzenes Glas am Ende einer Stange schnell gedreht, so dass sich eine Scheibe mit bis zu 1,50 Meter Durchmesser bildete. Daraus wurden dann Glasscheiben geschnitten. Weil die Dicke dieser Scheiben sehr unterschiedlich war und am äußeren Rand zunahm, wurden sie aus statischen Gründen mit dem schwereren Ende nach unten eingesetzt.

- 1688 Herstellen von großen Glasspiegeln in Frankreich. Bernard Pierrot führte den Glasguß bei der Scheibenfertigung ein und bedeutete einen bedeutenden Produktivitätsfortschritt. Dies war die Keimzelle der Fa. Saint Gobain.
- 1764 Nutzung von Natriumsulfat zur Glasherstellung (Glaubersalz)
- 1764 Steinkohlenfeuerung in der Glashütte Minden / Westf.

5.3. Industrialisierung und Automatisierung

Wichtige Ereignisse in der Entwicklung der Glasindustrie

5.3.1. Allgemein

- 1856 Erster Glasofen mit Regenerativfeuerung durch Friedrich Siemens
- 1867 Kontinuierlicher Wannenofen von Friedrich Siemens
- 1882 Ernst Abbé gründet mit Otto Schott in Jena Glaswerke für optische Spezialgläser

5.3.2. Flachglas

Um 1900 entwickelte der Amerikaner John H. Lubbers ein Verfahren zur Zylinderfertigung. Diese konnten einen Durchmesser von 80 cm erreichen und waren bis zu 8 m (!) hoch. Der Zylinder wurde aufgeschnitten und geplättet. Das Verfahren war jedoch sehr umständlich, insbesondere das Umlegen der Zylinder in die Horizontale bereitete Schwierigkeiten.

Eine weitreichendes Patent sollte 1904 von Emile Fourcault folgen. Das nach ihm benannte Fourcault-Verfahren zur Ziehglasherstellung. Das Glas wird im kontinuierlich entnommen. Eine Schamottedüse liegt in der flüssigen Schmelze. Mit dem Hochziehen durch einen Kühlkanal auf ca. 8m Höhe kann es oben zuge schnitten werden. Die Glasdicke ist durch die Ziehgeschwindigkeit einstellbar. Es kam ab 1913 zum Einsatz und bedeutete eine große Verbesserung.

Ein darauf aufbauendes Verfahren ließ der Amerikaner Irving Wightman Colburn 1905 patentieren. Das Glasband wurde zur besseren Handhabung in einen horizontalen Kühlkanal umgeleitet. Mit einer eigenen Fabrik wurde bis 1912 versucht das Verfahren zu beherrschen, blieb aber letztlich erfolglos, so daß Insolvenz angemeldet wurde. Das Patent ging an die Toledo Glass Company. 1917 kam das nunmehr so genannte Libbey-Owens-Verfahren zur industriellen Anwendung. Die Vorteile gegenüber dem Fourcault-Verfahren lagen in der einfacheren Kühlung. Hingegen konnte bei jenem mehrere Ziehmaschinen an einer Glasschmelzwanne arbeiten. Da der Kühllofen in der Länge beliebig lang sein konnte, erreichte dieses Verfahren ungefähr die doppelte Produktionsgeschwindigkeit. In der Folgezeit existierten beide Verfahren parallel. 1928 verbesserte die Plate Glass Company die Vorteile der Verfahren von Fourcault und Colburn; sie erzielte mit dem Pittsburg-Verfahren dadurch eine deutliche Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit.

1919 gelang Max Bicheroux der entscheidende Schritt bei der Gussglasherstellung. Die flüssige Glasmasse wurde dabei zwischen gekühlten Walzen zu einem Glasband geformt, im noch erwärmten Zustand zu Tafeln geschnitten und in Öfen abgekühlt. Mit diesem Verfahren erreichte man die heute noch üblichen Scheibengrößen von 3 x 6 m 1923 Pilkington und Ford: kontinuierliches Walzglas für Automobilglas.

1902 Patent v. William E. Heal auf das Floatverfahren, das auf eine Idee von Henry Bessemer zurückgeht 1959 Die Fa. Pilkington bewältigt als erste die technischen Probleme der Floatglasfertigung. Dieses Prinzip revolutionierte die Flachglasfertigung und wurde in den 1970er Jahren allgemeiner Standard.

5.3.3. Hohlglas

Im frühen 19. Jahrhundert wurden neue mechanische Hilfsmittel zum Blasen der Gläser benutzt. Es wurden Formen benutzt, die ein Relief als Negativ schon aufwiesen. Durch den Blasdruck wird das Glas in die Hohlräume gedrückt und das Werkstück bekommt seine Form. Allerdings ist die Lungenkraft des Glasmachers nicht ausreichend hoch für tiefere Reliefs, so daß mechanische Hilfsmittel eingeführt wurden: Durch Luftpumpen wird genügend Druck erzielt.

Die erste halbautomatische Flaschenblasmaschine vom Briten Alexander Mein 1859 entwickelt.

Ein Meilenstein war die 1903 von Michael Josef Owens eingeführte Owens-Maschine als erste vollautomatische Glasmaschine überhaupt. In einem in der Schmelze eingetauchtem Rohr wird ein Vakuum erzeugt und so die problematische Tropfengröße exakt dosiert. Der Arm schwenkt zurück und drückt den Tropfen die Form. Mit der Umkehrung des Vakuums in Preßluft wird der Tropfen in die Metallform geblasen und das Werkstück erhielt seine endgültige Gestalt. Mit dieser Technik war es möglich zu dieser Zeit enorme Mengen von 4 Flaschen pro Minute zu produzieren. Diese Technik nennt man Saug-Blas-Verfahren.

In der Folgezeit wurden verschiedene konkurrierende Modelle entwickelt. Firmen wie O'Neil, Miller and Lynch fertigten ebenfalls vollautomatische Maschinen.

Auch wurden verschiedene Verbesserungen der Tropfenentnahme realisiert. Die Neuerung war, daß der Glastropfen nicht mehr von oben aus der Schmelze entnommen wurde, sondern die Schmelze durch eine Öffnung im Feeder (Speiser) fließt. Ein Stopfen wird von oben rhythmisch auf- und abbewegt und bestimmt die Durchflußmenge. Unterhalb des Feeders wird von einer rotierenden Schere in das zähe Glas in ge 1924 wird die IS-Maschine von den Namensgebern Ingle und Smith patentiert, die erste industrielle Anwendung folgt wenige Jahre später. Diese Maschine, die die Vorteile des Tropfen-Verfahrens erst richtig nützt arbeitet nach dem Blas-Blas-Verfahren. Ein Tropfen wird in eine Metallform geleitet und vorgeblasen. Der vorgeformte Tropfen wird in eine zweite Form gewenkt, wo das Werkstück fertiggeblasen wird.

Erste Anwendungen des neuen Verfahrens folgten wenige Jahre später. Die erste Maschine von 1927 hatte 4 Stationen: Ein Feeder beschickte eine Maschine und diese konnte parallel 4 Flaschen fertigen. (en)

Das Prinzip des Blas-Blas-Verfahrens ist auch heute noch in der Massenfabrikation gültig. Allerdings fand über die Jahre eine stetige Entwicklung zu größeren, schnelleren und genaueren Maschinen statt. pdf (en)

siehe auch: Industrielle Revolution, Technischer Fortschritt, Technikgeschichte

6. Glaskunst und Kunsthandwerk

Glasmalerei, Tiffany-Glaskunst, Glas auf Mallorca, Glasreich, Glasschleiferei, Glasmacher, Glasbläser.

(Quelle Wikipedia)