27 Die Hohlglasproduktion:

27.1 Entwicklung:

27.1.1 Manuelle Verfahren

*	Sand- oder Tonkerntechnik	1500 v.Chr.Geb.
*	Mundblasverfahren	um Chr.Geb.

27.1.2 Maschinelle Verfahren

*	Pressen	
	Handpressen	1830
	Maschinpressen	
*	Pressen und Blasen	
	halbautomatisch	1873
	vollautomatisch	
*	Blasen	
	Preß- Blasverfahren	
	Saug- Blasverfahren	1905
	Speiser- Blasverfahren (Blas- Blasverfahren)	
*	Absenken	
*	Schleudern = Schleudergußverfahren	1915

27.1.3 Betriebsorganisation:

Bei den manuellen und teilmanuellen Glasherstellungsverfahren, wie

* Mundblasverfahren
* Handpressen
* Absenken
* Schleudern

werden keine große Glasmengen pro Tag verarbeitet. Es genügt daher zur Glasschmelze ein Hafenofen- oder ein Tageswannenbetrieb.

In Glashütten mit maschinellen Produktionsverfahren wie,

* Maschinpressen
* Preß- Blasverfahren
* Saug- Blasverfahren
* Speiser- Blasverfahren (Blas- Blasverfahren)

werden große Glasmengen pro Tag verarbeitet. Es ist der Einsatz von kontinuierlichen Wannen erforderlich.

27.2 Manuelle Verfahrenstechniken

27.2.1 Sand- oder Tonkerntechnik

Diese erste Hohlglasherstellungstechnik wird der Zeit von 1600 bis 1100 vor Christi Geburt zugeschrieben.

Das zähflüssige Glas wurde über einen Kern aus Sand oder Ton geformt. Nach Erstarrung und Kühlung des Glases wurde der Kern aus dem Glaskörper herausgelöst. Zentrum dieser Herstellungstechnik war Ägypten.

Abbildung: Sand- oder Tonkerntechnik.

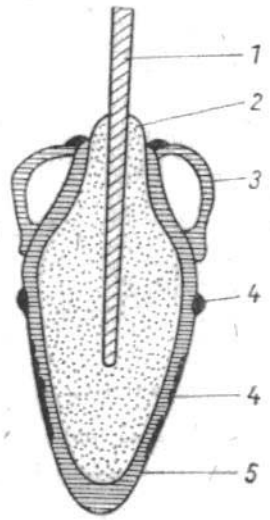


Bild 1.3. Sandkerntechnik (schematische Darstellung)
1 Metallstab, *2* Sandkern, *3* angesetzte Glashenkel, *4* Glasfadenein- und -auflage-dekor, *5* Glasschicht

Bild 1.4. Sandkerngefäß aus dunkelblau-violettem Glas, Ägypten, Tell elAmarna, 1350 v. u. Z. (Staatliche Museen zu Berlin)

27.2.2 Mundblasverfahren

Die Glasmacherpfeife wurde etwa 100 vor Christi Geburt im Raum Syrien erfunden. Mit dieser Erfindung wurde es möglich, im Zusammenhang verbesserter Schmelzmethoden, Hohlkörper aus Glas zu blasen.

Das Mundblasverfahren ist heute noch üblich und wird vielfach eingesetzt.

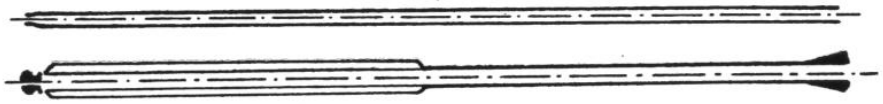
Man unterscheidet folgende Techniken:

* "Freies Formen" (ohne Zuhilfenahme einer Einblasform)
* "Blasen in Formen".

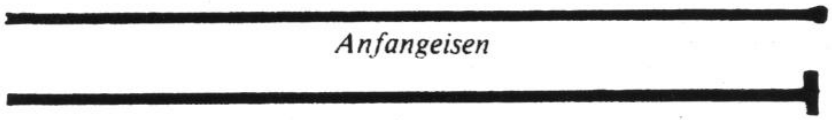
Arbeiter: Glasmacher; Teamarbeit, ein Team besteht aus:
* Anfänger = Kölbelmacher
* Formeneinblaser
* Stuhlarbeiter
* 1 oder 2 Gehilfen

Werkzeug:
* Glasmacherpfeife
* Hefteisen
* Marbelplatte
* Wall- oder Wulgerholz
* versch. Zangen und Scheren
* verschiedene Lehren
* Formen; Vorform, Fertigform
* Werkbank

Abbildung: Werkzeuge der Glasmacher.

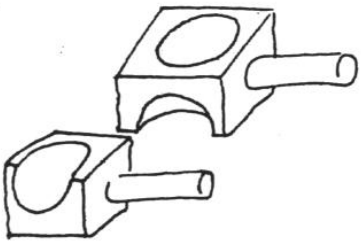


Glasmacherpfeifen

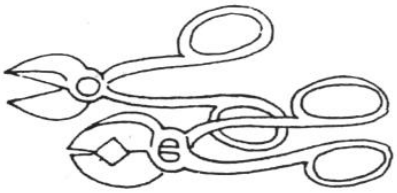


Anfangeisen

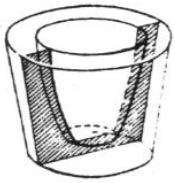
Hefteisen



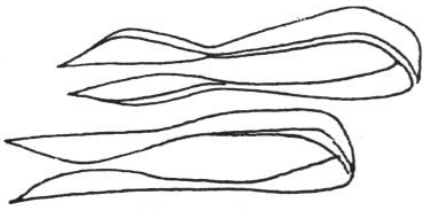
Wulgerhölzer



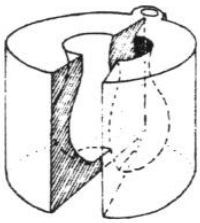
Schneidescheren



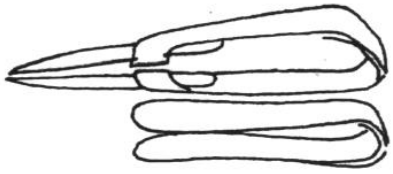
Einteilige Form



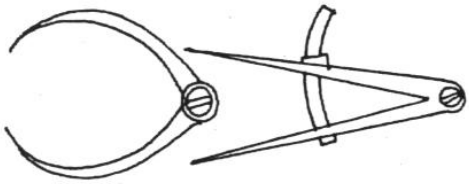
Formscheren



Mehrteilige Form

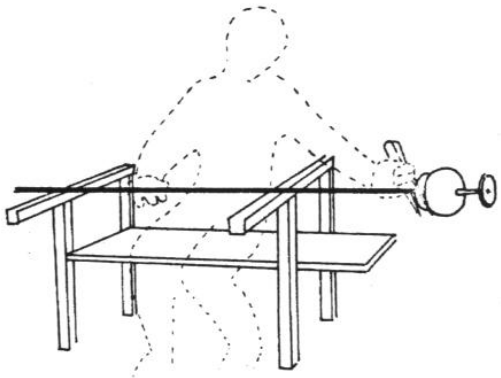


Zangen



Zirkel

Schablone



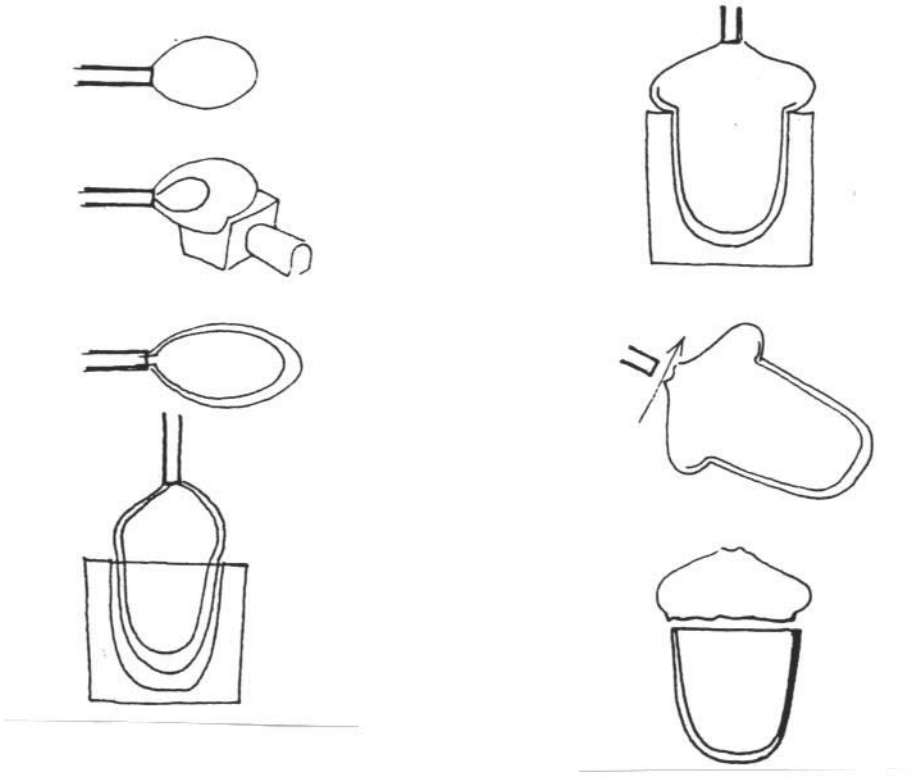
Glasmacherbank

27.2.2.1 Beschreibung des Herstellungsablaufes:

Beispiel: Becher

Der Anfänger entnimmt mit der Glasmacherpfeife dem Glasschmelzgefäß einen Posten Glas.
Dieser Glasposten wird auf der Marbelplatte durch Stellen und Drehen der Glasmacherpfeife vorgeformt.
Anschließend wird durch die Glasmacherpfeife Luft in den Posten eingeblasen. Dadurch ensteht ein Hohlkörper = Kölbel oder Külbel.
Der Anfänger läßt das Kölbel abkühlen und damit formstabil werden und hängt die Glasmacherpfeife mit dem Kölbel auf einem Ständer ab.
Der Einbläser übernimmt die Glasmacherpfeife samt Kölbel und übersticht das Kölbel im Glasschmelzgefäß mit Glas. Dieser Posten wird mit dem wassergetränkten Wall- oder Wulgerholz vorgeformt. Von dieser Tätigkeit ist die Dicke und Form der Glaswandung abhängig.
Der vorgeformte Glasposten wird in die wassergetränkte Form eigeführt und dann in die Form eingeblasen. Zwischen Glasoberfläche und Formoberfläche bildet sich Wasserdampf, dadurch erhält die Glasoberfläche die Feuerpolitur.
Nach Erstarrung des Glaskörpers wird dieser von der Glasmacherpfeife abgesprengt und dem Kühlofen zugeführt.
Nach der Kühlung wird die Kappe vom Glaskörper abgesprengt. Dies geschieht durch Anritzen und ringförmiges Erhitzen des Glases.
Anschließend wird der Mundrand geschliffen und randverschmolzen.

Abbildung: Arbeitsgänge bei der Herstellung eines mundgeblasenen Bechers.

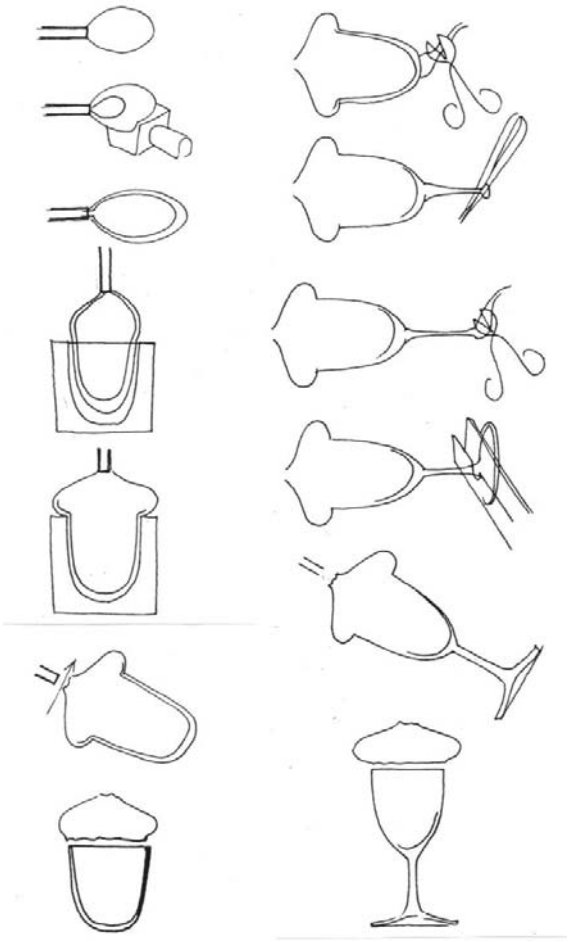


27.2.2.2 Beispiel: Kelchglas, angesetzter Stiel.

Das Kölbelmachen und das Einblasen der Kelchform erfolgt wie zuvor, bei der Becherherstellung, beschrieben.
Der Stuhlarbeiter übernimmt vom Einbläser die Glasmacherpfeife samt der geformten "Kuppa". Er läßt sich von einem Gehilfen mit dem Hefteisen einen Glasposten bringen, setzt diesen am Boden an, dosiert ihn mit Augenmaß und formt daraus mit Hilfe von Zangen und Lehren den Stiel. Der Gehilfe bringt einen weiteren Glasposten, der wird am Stiel angesetzt und daraus wird, mit Hilfe der Bodenschere, die Bodenplatte ausgeschleudert.
Der Glaskörper wird von der Glasmacherpfeife abgesprengt und dem Kühlofen zugeführt. Das Absprengen der Kappe und die Mundrandbearbeitung erfolgt wie beim Becher.

27.2.2.2 Beispiel: Kelchglas, ausgezogener Stiel.

Bei der Formgebung der Kuppa wird am Boden ein dickerer Glasansatz berücksichtigt. Ein Gehilfe tempert diesen Ansatz in einer Muffel soweit an, daß der Stuhlarbeiter, an der Werkbank, daraus den Stiel ziehen kann.
An den Stiel wird nocheinmal Glas angesetzt und daraus die Bodenplatte geformt. Die weiteren Arbeitsgänge sind wie zuvor beschrieben.



27.2.2.3 **Beispiel: Krug**

Die Herstellung des Kölbels und die Grundformgebung des Kruges erfolgt gleich wie beim Becher oder Kelch.

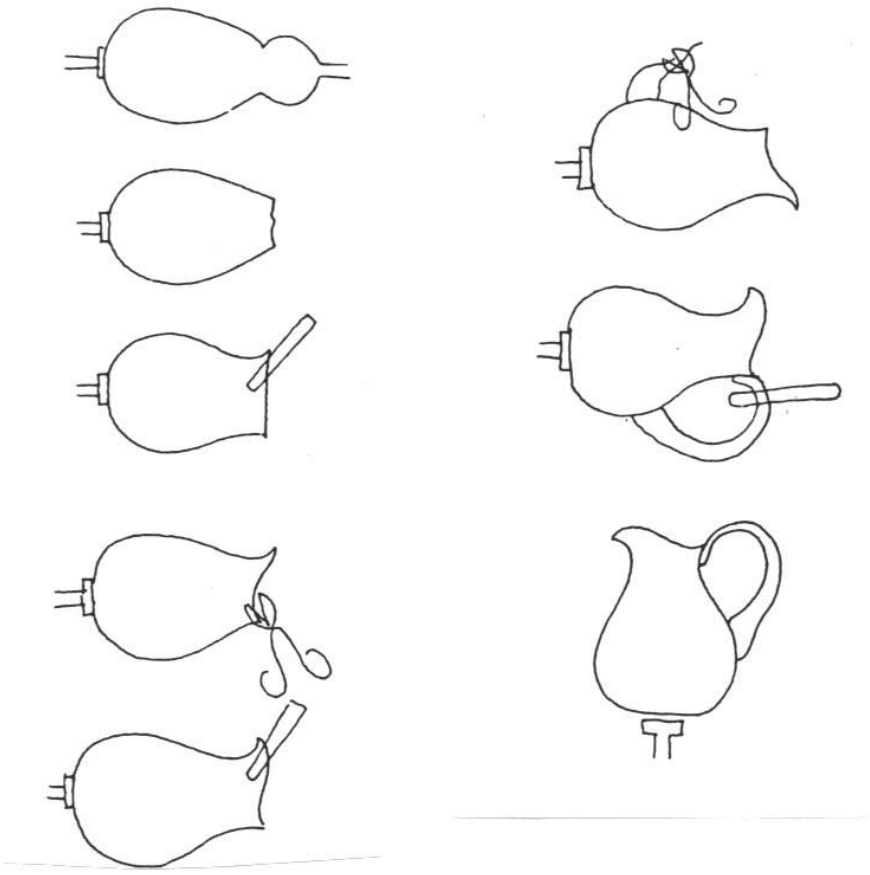
Am Boden des Kruges wird ein Hefteisen angesetzt. Die Glasmacherpfeife mit der Kappe wird abgesprengt.

In einer Muffel wird der obere Rand bis zur Formbarkeit angetempert und dann der Ausguß des Kruges zurechtgeschnitten und geformt.

Ein Glasposten wird angesetzt und daraus der Henkelgeformt.

Der Krug wird dem Kühlofen zugeführt und vom Hefteisen abgesprengt.

Abbildung: Arbeitsgänge bei der Herstellung eines mundgeblasenen Kruges.



27.3 Maschinelle Hohlglasherstellungsverfahren:

Pressen:

27.3.1 Handpressen: seit 1830

Beschreibung des Verfahrens:

Ein Glasposten wird in eine Form geschnitten. Auf die Form wird der Deckring gelegt. Ein Preßstempel drückt zentriert in die Form und quetscht dabei das noch formbare Glas in das freie Volumen.
Der Deckring wird wieder entfernt und das bereits erstarrte Glasprodukt aus der Form gekippt und dem Kühlofen zugeführt.

Handpreßmaschinen: Federkorbpressen
Exzenterpressen
Kniehebelpressen

Abbildung: Arbeitsablauf beim manuellen Pressen:

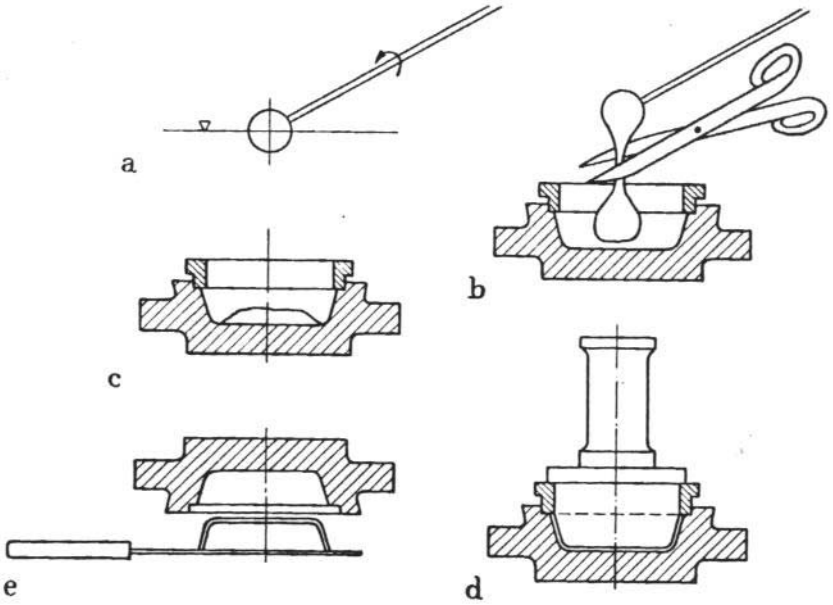


Abb. E 1 a—e. Arbeitsvorgänge beim Pressen von Hand
a Anfangen, b Abschneiden von Hand, c Bewegen der Form zur Preßstation, d Pressen, e Ausschütten der Form

Abbildungen: Federkorbpressen

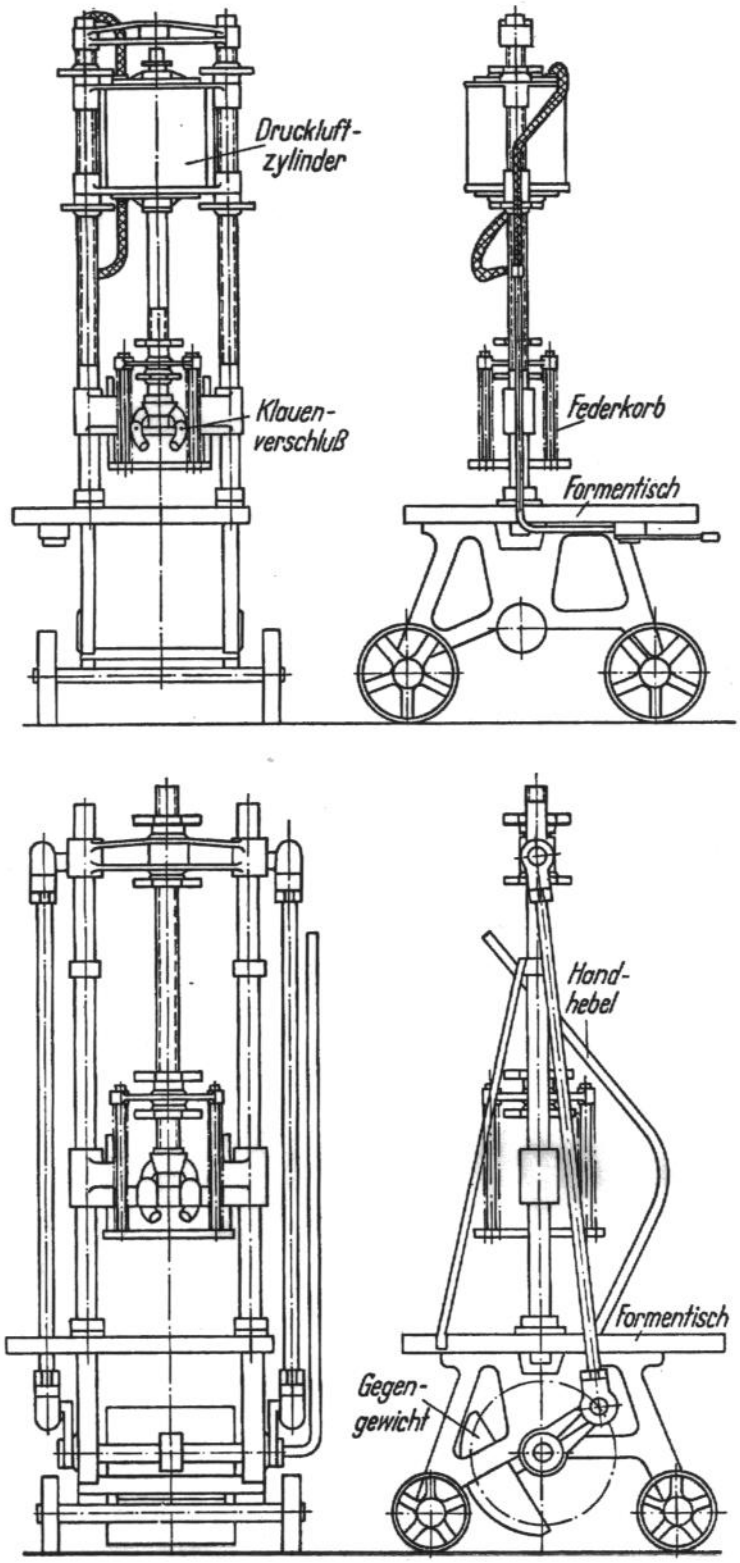


Abb. E 2. Federkorbpressen (Bauart Kutzscher)

27.3.2 Maschinpressen:

Bei diesen Maschinen handelt es sich meist um Drehtische. Auf diese Tische werden die verschiedenen Formensätze montiert. Der Tisch dreht sich in einem wählbaren Takt und durchläuft dabei die verschiedenen Stationen.

Beschreibung eines Arbeitsablaufes:

Station 1: Die Form wird durch einen Speiser mit einem Glasposten beschickt.

Station 2: Hier erfolgt der eigentliche Preßvorgang. Ein pneumatisch oder hydraulisch betriebener Preßstempel drückt das noch formbare Glas in das ausgesparte Volumen.

Stationen 3,4 und event.5: In diesen Stationen erfolgt die Abkühlung des gepreßten Glasproduktes bie zu dessen Formstabilität.

Station 6: Ausstoß des gepreßten Glasproduktes aus der Form. Beförderung des Artikels zur Kühlung.

Die weiteren Stationen dienen der Kühlung der Formteile und der Vorbereitung auf den nächsten Preßvorgang.

Abbildung: Stationen einer Drehtischpresse.

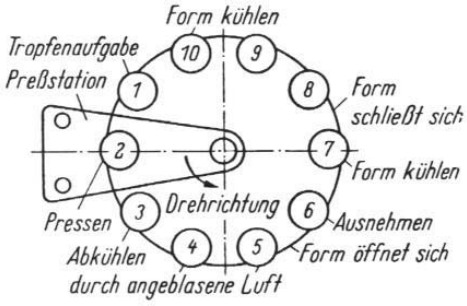
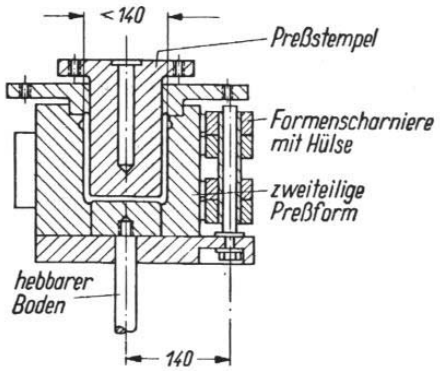


Abb. E 9. Stationen einer Tischpresse mit 10 Formen



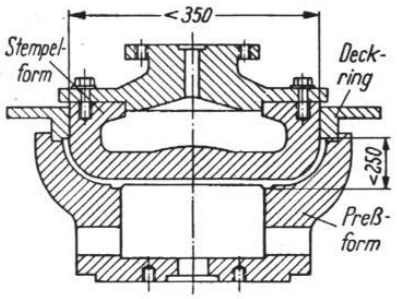


Abb. E 10. Einteilige Preßform für die Herstellung einer Schale (nach Angaben der Firma Pöting, Düsseldorf)

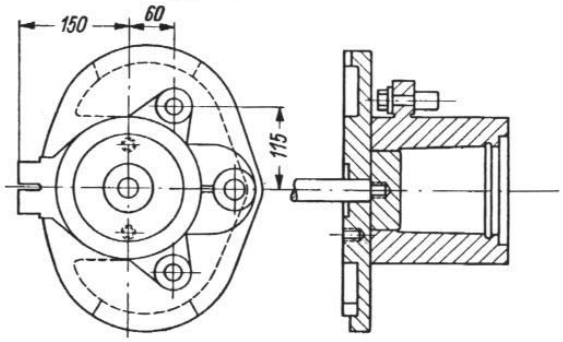


Abb. E 11. Zweiteilige Form für die Herstellung eines Bechers (nach Angaben der Firma Pöting, Düsseldorf)

Erkennungsmerkmale:

* Unverwärmtes Preßglas hat keine feuerpolierten Oberflächen, das Glas ist nicht klar transparent!
Vielfach ist die äußere Glasoberfläche strukturiert!

Gegenmaßnahme: Verwärmen!
Die Oberflächen des Glasartikels werden nach dem Pressvorgang mit einer heißen Flamme beaufschlagt. Dabei bildet sich an der Oberfläche ein Ausgleich, die Glasoberflächen erscheinen annähernd feuerpoliert.

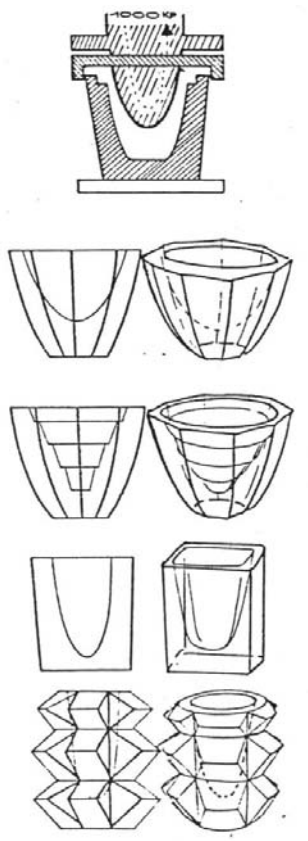
* Abgerundete Kanten
* Verdrängungsringe an der Peripherie

Leistungen:
Die Mengenleistungen einer Preßmaschine sind abhängig von:

* Ausstattung der Maschine
* Abmessungen und Masse des Glasartikels

Beispiel: Salatschüssel, 500 g, - 900 Stk./Std.

Abbildungen: Beispiele von Preßglasartike



27.4 Maschingeblasenes Hohlglas

Die Preßverfahren haben den Nachteil, daß Unterschneidungen im Hohlraum des Artikels nicht möglich sind. Der Preßstempel muß ja nach dem Preßvorgang aus der Form geführt werden können.

Entwicklung der Maschinblasverfahren:

Preß- Blasverfahren:	halbautomatisch	seit 1873
	vollautomatisch	seit Anf.20.Jhdt.
Saug- Blasverfahren:	erstes Patent 1904, Owens,	
Speiser- Blasverfahren:	seit 1910, Lynch, USA	

27.4.1 Preß- Blasverfahren:

Verfahrensbeschreibung:

1. Beschickung der Vorform mit einem Glasposten mittels Speiser (feeder).
2. Pressen des Külbels.
3. Öffnen und Wegschwenken der Vorform, das Külbel hängt am Halsring.
4. Umschließen des Külbels von der Fertigform.
5. Ausblasen des Külbels zur Fertigform.
6. Kühlung des Glasproduktes in der Form bis zur Formstabilität.
7. Öffnen und Wegschwenken der Fertigform.
8. Entnahme des Glasproduktes und Weiterleitung zum Kühlband.

Leistungen:
Die Leistung einer Preßblasmaschine sind abhängig von der Bauart der Maschine sowie von den Abmessungen und der Masse des Glasproduktes.

Beispiel: Preß- Blasmaschine Mod. Lynch JPM mit 12 Stationen
max. 58 Stk./Minute.

Erkennungsmerkmale:
Innenoberfläche des Hohlkörpers feuerpoliert.
Außenoberfläche annähernd feuerpoliert; abhängig von der Oberflächenqualität der Form und von der Trennmittelzuführung.
Bei feststehenden Fertigformen -> Formnähte!
Bei rotierenden Fertigformen -> keine Formnähte!

Abbildung: Verfahrensablauf bei einer Preß- Blasmaschine

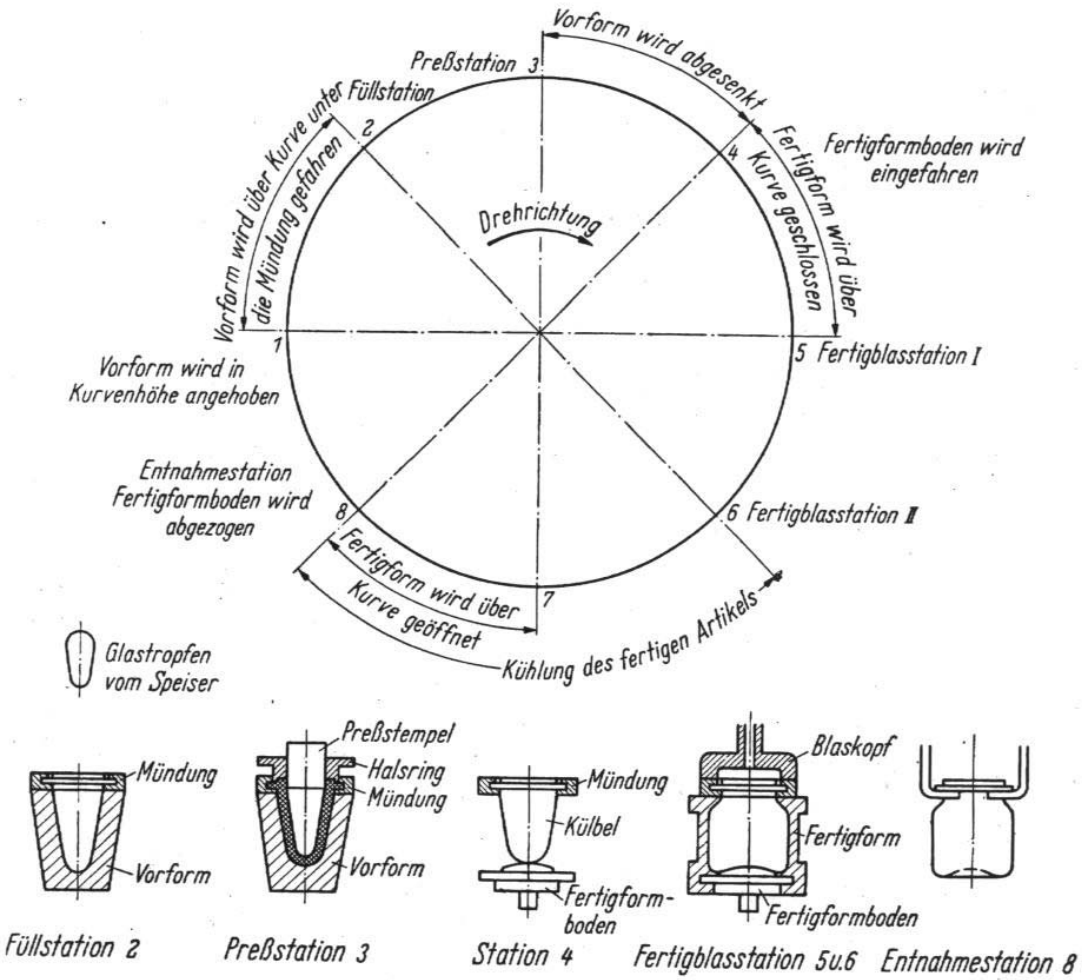


Abb. E 15. Arbeitsschema einer Preß-Blasmaschine (Pöting PB II B)

27.4.2 Saug- Blasverfahren:

Verfahrenbeschreibung:

1. Ansaugen eines Glaspostens durch Eintauchen der Vorform in eine Drehwanne.
2. Hochheben der Vorform, Abtrennen des Restglases mit einem Messer und Schließen . der Vorform.
3. Blasen des Külbels.
4. Öffnen und Wegschwenken der Vorform.
5. Umschließen des Külbels durch die Fertigform.
6. Ausblasen des Külbels zur Fertigform.
7. Kühlung des Produktes zur Formstabilität.
8. Öffnen und Wegschwenken der Fertigform.
9. Entnahme des Produktes und Weiterleitung zur Kühlung.

Abbildungen: Arbeitsweise einer Saug- Blasmaschine

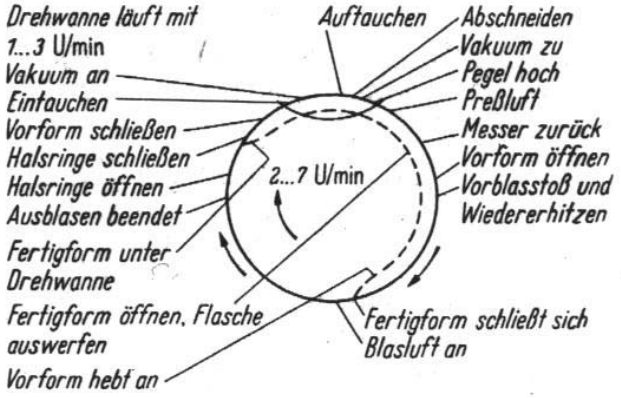


Abb. E 29
Arbeitsschema der Owens-Saug-Blasmaschine

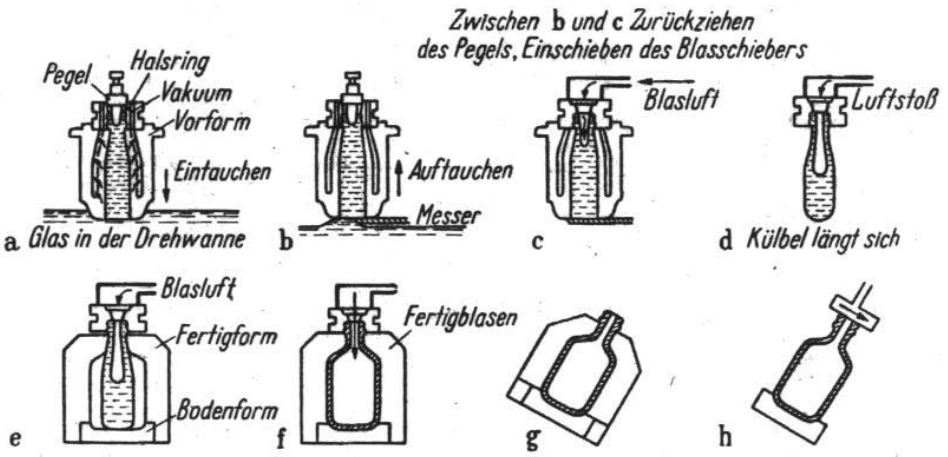


Abb. E 28 a—h. Arbeitsweise der Owens-Saug-Blasmaschine

Leistung:
Die Leistung einer Saug- Blas- Maschine sind abhängig von:

* Ausstattung und Bauweise der Maschine
* Abmessungen und Masse des Artikels

Beispiel: Owens Maschine mit 10 Stationen
Flasche 7/10 l, 700 g, 47 500 Stk./täglich

Erkennungsmerkmale:

Glasoberfläche im Hohlraum: feuerpoliert
Glasoberfläche außen: annähernd feuerpoliert
Vermeidung von Formnähten durch rotierende Fertigform.

27.4.3 Speiser- Blasverfahren oder Blas- Blasverfahren:

Verfahrensbeschreibung:

1. Ein Glasposten wird von einem Speiser produziert und in einem Leitungssystem der . Vorform zugeführt.
2. Mit Preßluft wird der Glasposten in die Vorform eingedrückt.
3. Die Vorform wird oben geschlossen und von unten wird anschließend Preßluft . eingeblasen. = Külbel.
4. Die Vorform wird geöffnet und weggeschwenkt.
5. Das frei hängende Külbel wird um 180° geschwenkt.
6. Die Fertigform umschließt das Külbel.
7. Mit Druckluft wird das Külbel zur Fertigform ausgeblasen.
8. Kühlung des Produktes in der Form bis zur Formstabilität.
9. Die Fertigform wird geöffnet, das Glasprodukt entnommen und zur Kühlung . weitergeleitet.

Abbildung: Arbeitsweise einer Speiser- Blasmaschine

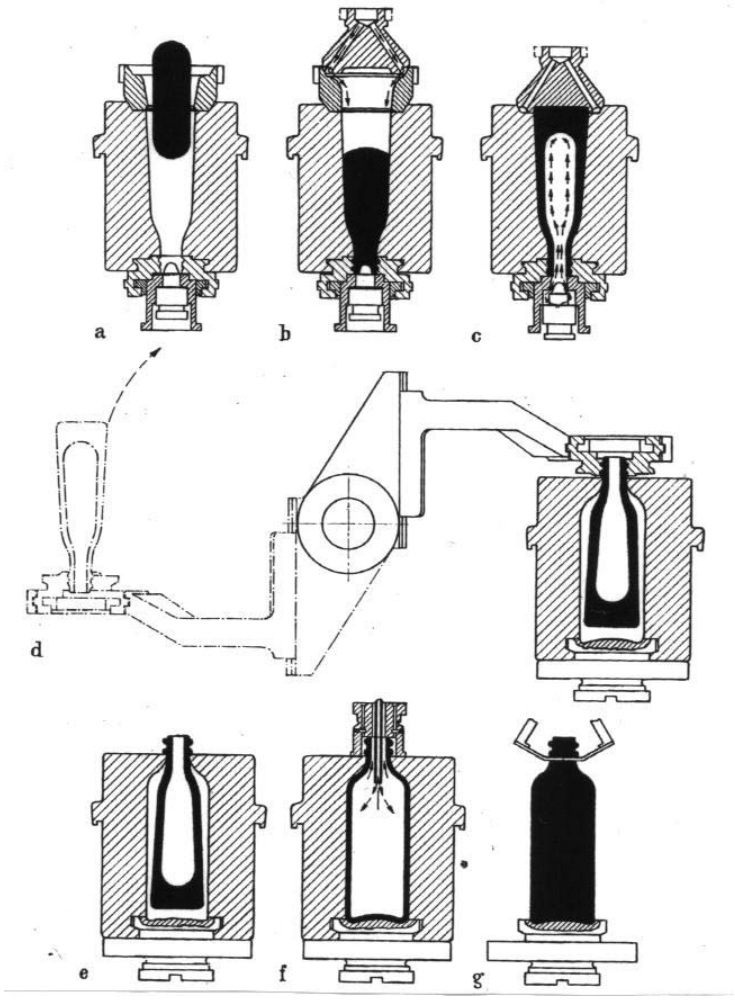


Abbildung: Speiser- Blasverfahren.

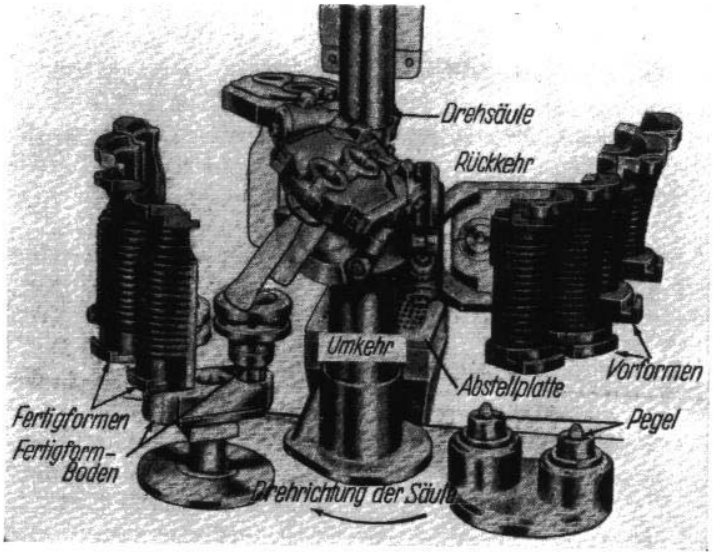
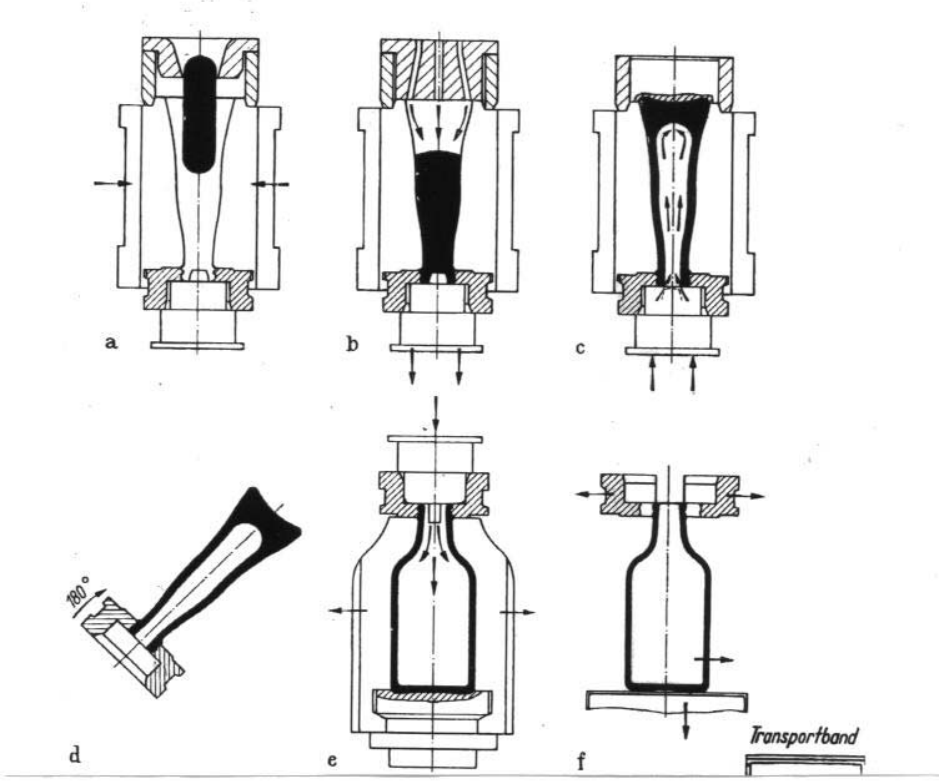


Abb. E 87
Arbeitsweise der Lynch-44-Maschine beim Blas-Blasverfahren (Schwenken des Külbels)



Leistung:
Abhängig von:
* Ausstattung und Bauweise der Maschine
* Abmessungen und Masse des Glasartikels

Beispiel: Lynch 16B, 8 Stationen
Coca Cola Flasche, 200 ml, 397g 66 Stk./min.

27.4.4 Bandmaschine von Corning: “Glühbirnenblasmaschine”

Verfahrensbeschreibung:

Aus einer kontinuierlichen Wanne fließt das Glas durch eine kleine Öffnung, vertikal nach unten.
Der ausfließende Glasstrang wird von einem Walzenpaar erfaßt und zu einem Glasband geformt. Bei dieser Formgebung erhält das Glasband in regelmäßigen Abstand Einbuchtungen.
Dieses Glasband wird in die Horizontale umgelenkt und gleitet auf ein Förderband mit Ausnehmungen im Bereich der Einbuchtungen des Glasbandes.
Exakt über diese Stellen werden Blasköpfe geführt. Durch Schwerkraft und durch Unterstützung mit Blasluft entsteht das Kölbel.
Das Kölbel wird von einer rotierenden und mit Trennmittel besprühten Fertigform umschlossen und mittels Druckluft zur “Glühbirnenform” ausgeblasen.
Der fertig geformte Glasartikel wird in einen Kühlofen geführt und anschließend zur Komplettierung weitergeleitet.

Erkennungsmerkmale: Feuerpolierte Glasoberflächen.

Leistungen:

Produktionszeit für den Glasartikel:	ca. 10 – 12 sec./Stk.
Produktionszeit inclusive Kühlung:	ca. 8 – 12 min./Stk.

Abbildung: Bandmaschine von Corning. (Glühbirnen- Blasmaschine)

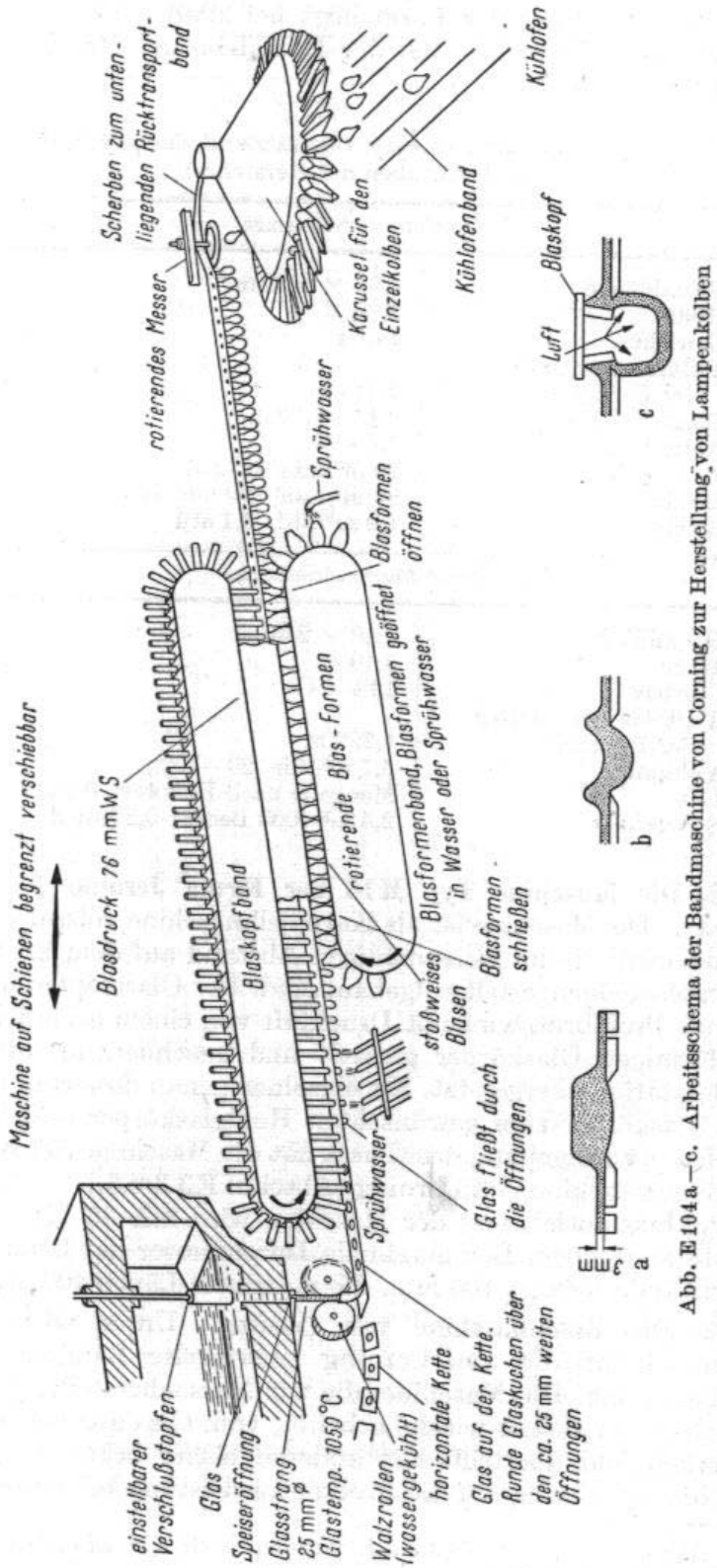


Abb. E 104 a—c. Arbeitsschema der Bandmaschine von Corning zur Herstellung von Lampenkolben

27.4 Abgesenktes Hohlglas:

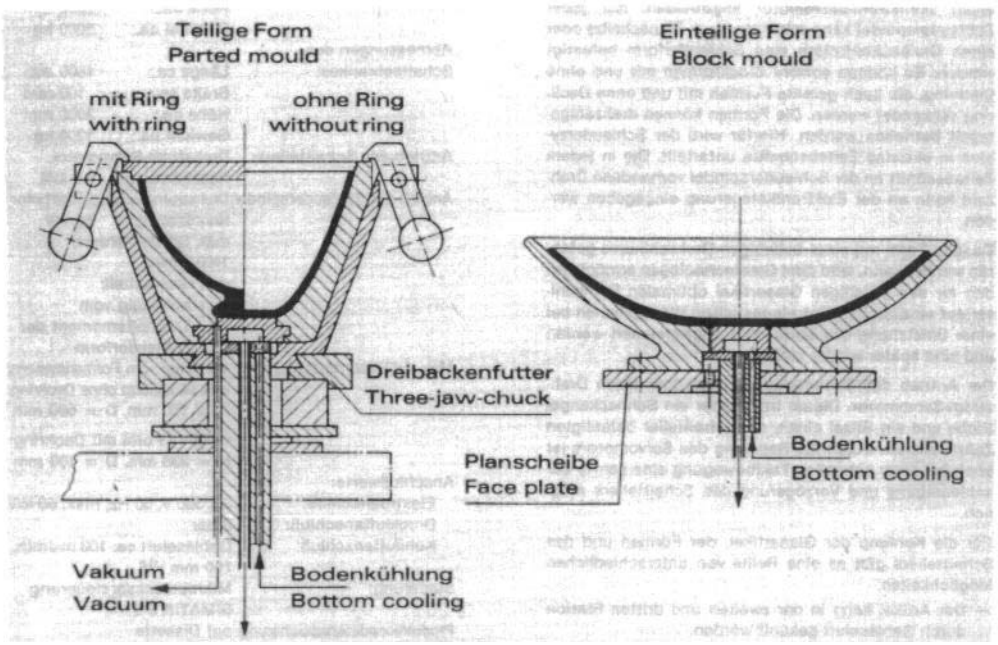
Verfahrensbeschreibung:
Glas wird auf auf eine Platte gegossen und verteilt sich innerhalb eines Ringes. Dieser Ring wird auf der Platte bewegt. Damit wird das Ankleben des Glases auf der Unterlage verhindert. Am Ring jedoch soll das Glas kleben.
Der Ring wird dann mit dem Glas über eine Form gestülpt. Das noch formbare Glas sinkt in die Form.
Nach Erstarrung des Glases wird es aus der Form gekippt und vom Ring gelöst.
Das Produkt wird dem Kühlofen zugeführt.

Abbildung: Schema der Absenktechnik

27.6 Geschleudertes Hohlglas:

Verfahrensbeschreibung:
Glas wird in eine Form geschnitten. Die Form ist auf einer Drehachse montiert und wird nach der Beschickung mit Glas, in Rotation gebracht.
Durch die Zentrifugalkraft verteilt sich das noch formbare Glas vom Zentrum bis zum Formenrand.
Nach Erstarren des Glases wird die Rotation zum Stillstand gebracht, das Produkt aus der Form gehoben und der Kühlung zugeführt.

Abbildung: Schema der "Schleudertechnik"



27.7 Hüttentechnische Hohlglasbeaerbeitung:

27.7.1 Ziertechniken.

27.7.1.1 **Überfangglas:**
Das Kölbel wird mit einer weiteren Glassorte überstochen. Diese Glassorte wird durch Wulgern über das Kölbel verteilt und anschließend zur Fertigform ausgeblasen.
Innenüberfang
Außenüberfang
Mehrfachüberfang

27.7.1.2 **Optisches Glas:**
Das angetemperte Kölbel wird in eine rippen- oder warzenförmige Vorform kurz eingeblasen. Dort, wo der Rippen- oder Warzenkontakt gegeben ist bleibt die Glaswandung im Vergleich zu den kontaktlosen Bereichen etwas dicker.
Anschließend wird der nocheinmal angetemperte Glasposten in der Fertigform fertig geblasen. Die Glasdicken gleichen sich nicht mehr aus, optische Störungen bleiben sichtbar.

27.7.1.3 **Faden- oder Tropfenauflagen:**
Auf den Glasposten wird ein Glasfaden aufgewickelt oder es werden einzelne Glastropfen aufgebracht.

27.7.1.4 **“nugget glass”:**
Auf einer Metallplatte werden vorbereitete, meist farbige Glasteilchen (“nuggets”) aufgelegt. Durch Überwälzen mit dem Kölbel werden die “nuggets” auf das Kölbel aufgenommen. Das gesamte Kölbel wird noch einmal angetempert, gewulgert und dann zur gewünschten Form ausgeblasen.

27.7.1.5 **“millefiori” (Tausendblumen) – Glas:**
Ähnlich der “nuggetglass”- Technik. Die vorbereiteten Glasteilchen sind Teile von aus verschiedenfarbigen Glasstäben oder Glasstreifen gefertigten Glasstangen.

27.7.2 Glasrandbearbeitung:

27.7.2.1 **Heißabtrennung, Randverschmolzen**.
Die Abtrennung der Blaskappe erfolgt durch Abschmelzen. Der Glaskörper rotiert hängend an einer Achse. Auf einer einstellbaren Höhe wird eine spitze, heiße Flamme an den Glaskörper geführt und das Glas entlang des Umfangs zum Schmelzen gebracht. Die Kappe fällt ab. Ohne Nacharbeit ist bei diesem Verfahren vielfach die Abtropfstelle erkennbar.

27.7.2.2 **Absprengen der Kappe, Schleifen und Feuerpolieren des Randes:**
Der bereits gekühlte Glasartikel wird an der vorgesehenen Stelle mit einem Diamanten oder Hartmetall, etwa 10 mm lang, angeritzt.
Dieser Glaskörper wird auf eine rotierende Plattform gestellt und zentriert.
An die Höhe des Ritzes wird eine spitze, heiße Gasflamme gerichtet. Dadurch ensteht an der Stelle des Ritzes ein Sprung. Dieser Sprung weitet sich entlang des linear angetemperten Umfanges aus.
Die Kappe wird abgenommen.
Der scharfe Glasrand wird in der Folge mittels Bandschleifmaschine geschliffen.
Das gereinigte Glas wird auf eine rotierende Plattform gestellt und zentriert. Auf den Glasrand wird eine spitze, heiße Flamme angesetzt und der Glasrand verschmolzen.

28. Das Ziehen von Stäben und Röhren

Entwicklung der Verfahren:

manuell
maschinell

-> Verfahren mit rotierender Pfeife

Danner- Verfahren	1912
Philips- Verfahren	

-> Verfahren mit Düse

Maetz- Schuller	1931
Corning	
Koroljow	
Schapiro	1954
Vello	1929
Hänlein	

28.1 Manuelles Ziehen:

28.1.1 Verfahrensbeschreibung:

Aufnehmen eines Glaspostens auf größere Glasmacherpfeife
-> Vorformen -> Blasen eines Külbels.

Überstechen des Külbels.

Ansetzen eines eines Anfangeisens am Külbel durch den “Schlepper”.
Der Schlepper zieht langsam, der Glasmacher bläst. Es entsteht dadurch ein Glasrohr.

Die Abmessungen des Rohres (Wanddicke und Durchmesser) werden durch die Ziehgeschwindigkeit und durch die einblasende Luftmenge bestimmt.

Die Länge eines “Zuges” erreicht bei ø 40 mm und bei einer Wanddicke von 2 mm ca 15 m. Beim Ziehen von Kapillaren für Thermometer werden bis zu 150 m Zuglänge erreicht.

Abtrennen des Rohres von Pfeife und Anfangeisen.

Kühlung

Abbildung: manuelles Stab- oder Röhrenziehen.
manueller Rohrzug

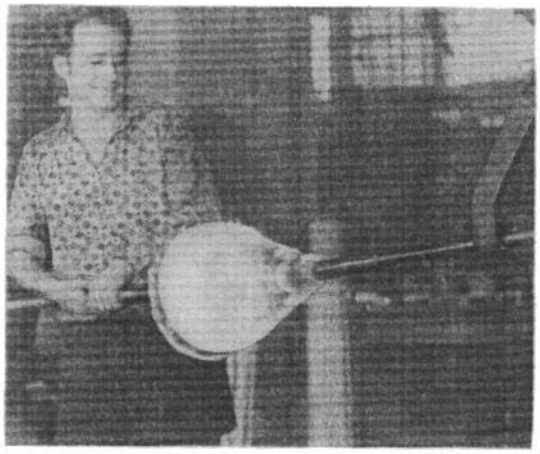


Bild 116. Fertiger Posten

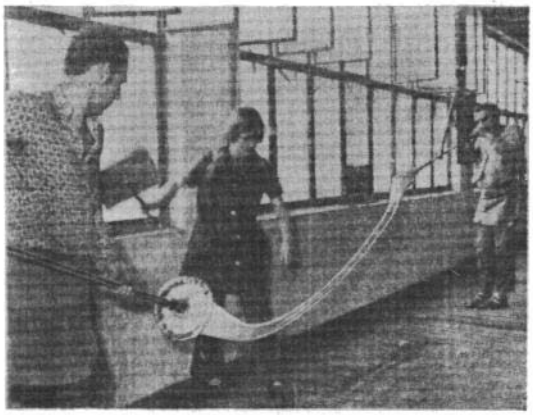


Bild 117. Ausziehen des Postens

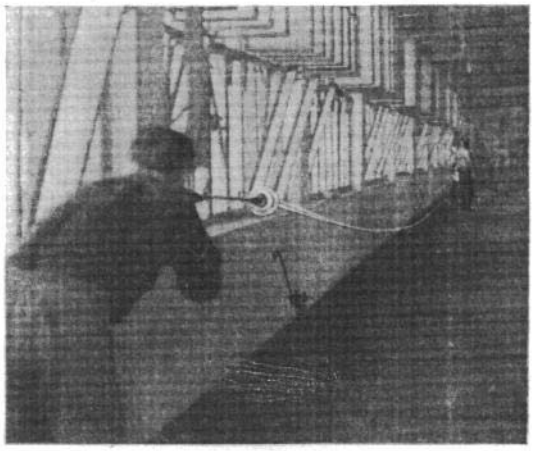


Bild 118. Rohrzug

28.2 Maschinelles Röhrenziehen

28.2.1 Danner- Verfahren:

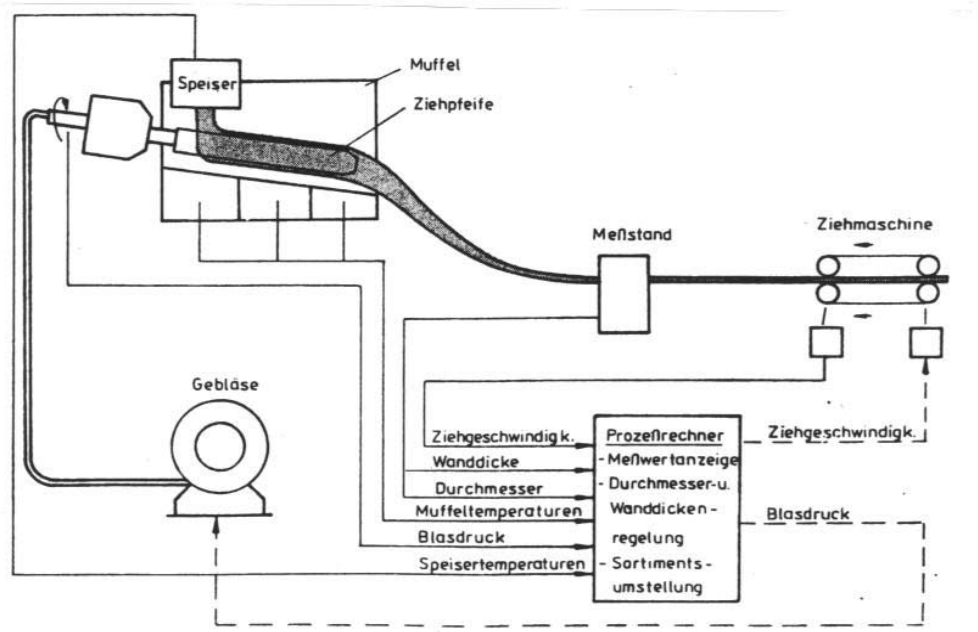
Verfahrensbeschreibung:
Aus einer kontinuierlichen Schmelze fließt Glas auf eine schräg nach unten geneigten und rotierenden Pfeife.
Das Glas wird über die Pfeife abgezogen. Die, durch die Pfeife einströmende Blasluft stützt dabei die Glaswandung.
Das kontinuierlich entstehende Glasrohr wird durch eine Kühlzone geführt und anschließend abgetrennt und abgestapelt.
Die Abmessungen des Rohres wie Durchmesser und Wanddicke sind abhängig von:

* Pfeifendurchmesser
* auffließende Glasmenge
* Glastemperatur
* Drehzahl der Pfeife
* Luftdruck der Blasluft
* Abziehgeschwindigkeit

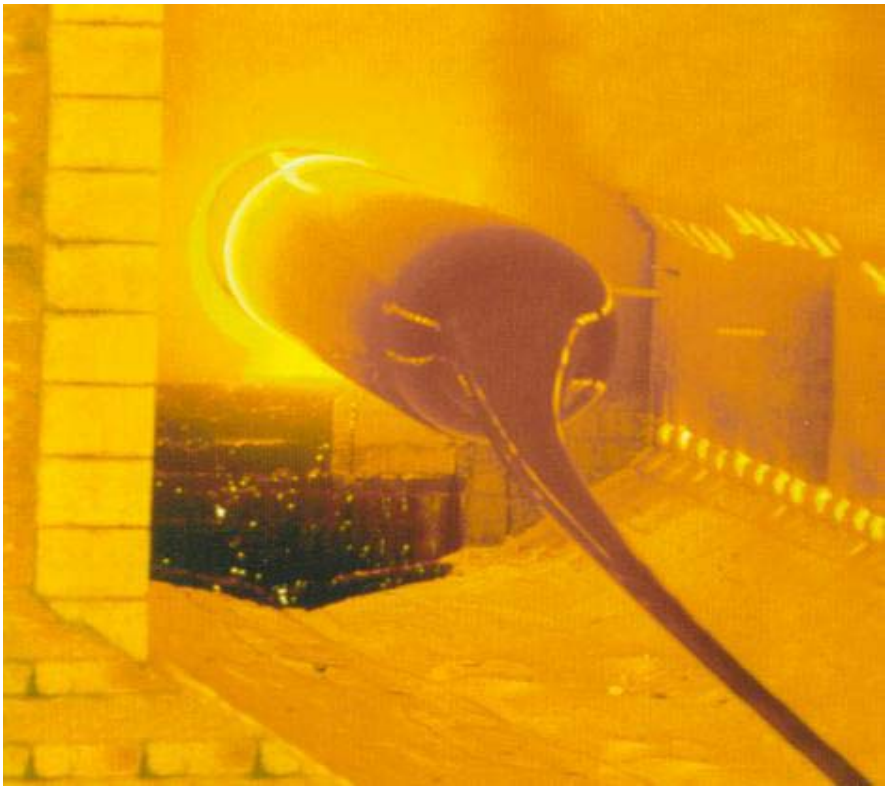
Beispiele:

Außendurch-messer in mm	Wanddicke in mm	Ziehgeschwindigkeit in m/min.
10	0,5	90
11	1,5	30
50	1,3	15

Abbildung: Schema des Dannerverfahrens



Dannerpfeife in Muffel



Display: Steuerungsprotokoll an einer Danner- Rohrziehanlage.

	Soll	Ist	Abweich	Zul. Tol.
Wanddicke (S) in mm	0,8	0,82	0,02	0,03
Außendurchmesser (D) in mm	12,00	12,10	0,10	0,15
Ziehgeschwindigkeit (V) in m/min.	76,00	79,00	3,00	
Blasdruck (P) in mm WS	23,06	25,70		
Temperatur in Muffelzone (T) in °C	816	818		
Durchsatz (M) in t/d	7,67	7,58		

Umstellung der Anlage auf neue Abmessungen von Rohrdurchmesser und Wanddicke!

Formel: V2 =(D1 – S1) * S1 * V1 / (D2 – S2) / S2

Beispiel:
Umstellung von D = 12 mm, S = 0,80 mm, V = 76 m/min. auf D = 19 mm, S = 0,95 mm.
Wie groß ist die erforderliche Ziehgeschwindigkeit?

S1	0,80	0,8
D1	12,00	
V1	76,00	
S2	0,95	
D2	19,00	
V2	39,71	#DIV/0!

28.2.2. Philips- Verfahren:

Ähnlich dem Danner- Verfahren.
Glas fließt aus einer kontinuierlichen Schmelze in eine rotierende Ziehkammer. Von dort wird das Glasrohr abgezogen.

Abbildung: Ziehverfahren, Philips

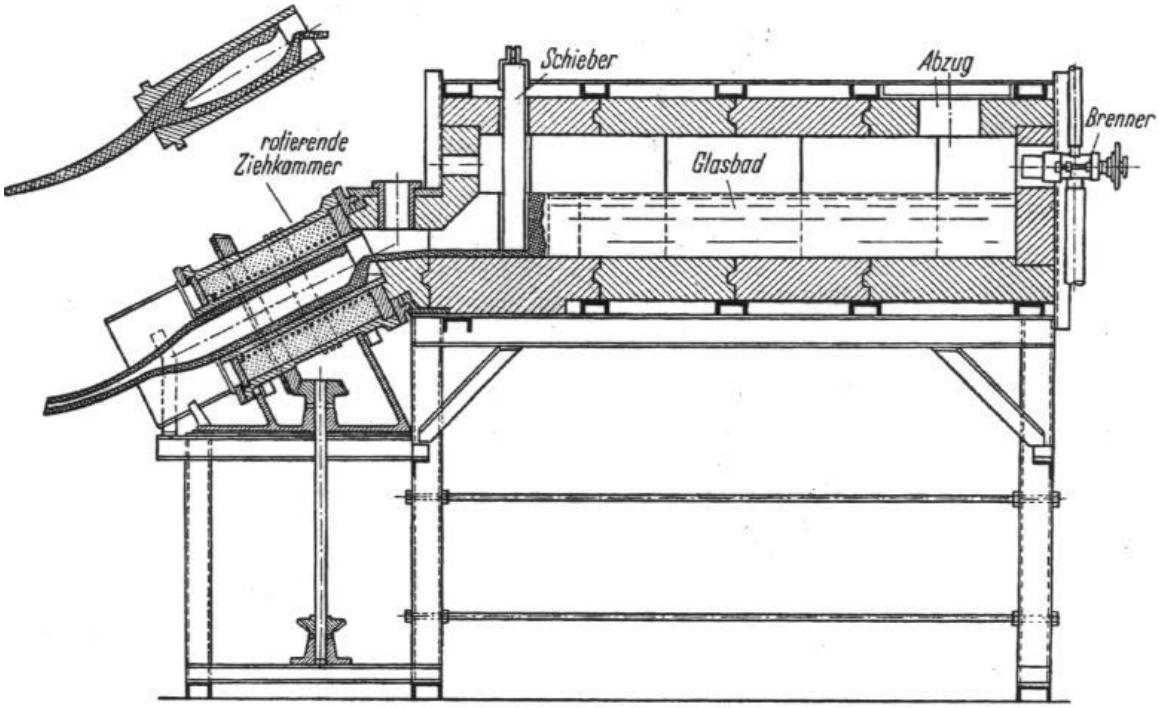


Abb. E 112. Schema der Röhrenziehanlage nach PHILIPS (links oben: Pfeife für Stabziehen)

28.2.3 Maetz- Schullerverfahren; seit 1931

Verfahrensbeschreibung:

Aus einer kontinuierlichen Wanne fließt Glas über einen regulierbaren Zufluß in eine rotierende Schamotteschüssel.
Aus dieser Schüssel wird das Glas vertikal hochgezogen.
Die, durch die Schamotteschüssel einstömende Blasluft stützt die Wandung des Rohres.
Das Glasrohr wird, nach durchlaufen einer Kühlzone, abgelängt und abgestapelt.

Produkte:
Glasröhren ø 3 mm bis ø 50 mm
Glasstäbe

Leistung:

abhängig von Durchmesser und Wanddicke;
Beispiel: ø 16 mm, Wanddicke 1,3 mm -> 360 lfm/Std. -> 1,6 t/d

Abbildung: Maetz- Schullerverfahren

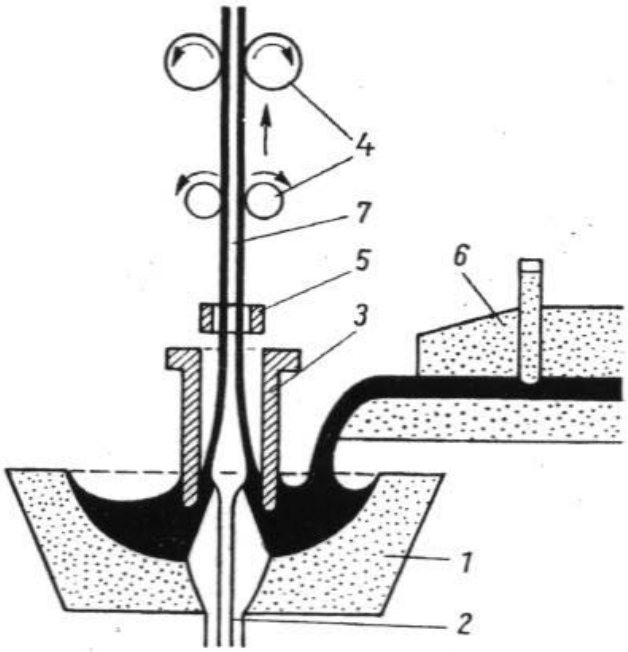


Bild 6.13. Prinzip der Glasherstellung nach SCHULLER
1 Drehschüssel,
2 Düsenkopf,
3 Muffelzylinder,
4 Transportwalzenpaar,
5 Kühlring,
6 Glasschmelzwanne,
7 Glasrohr

28.2.4 Corning- Verfahren seit ca. 1940

Verfahrensbeschreibung:

Glas fließt in einen abgeschlossenen Raum. Am Boden dieses Raumes ragt ein Düsenkopf hervor. Über diesen Düsenkopf wird Glas senkrecht hochgezogen.
Die, aus dem Düsenkopf, austretende Blasluft stützt die Glaswandungen.
Über der Glasaushebestelle ist ein Kühler angebracht, welcher die Glasröhre nach Erreichung der gewünschten Dimensionen formstabil macht.
Beim Hochziehen rotiert das Rohr bzw. der Glasstab.
Das Rohr durchläuft in der Folge eine Kühlzone und wird dann abgetrennt und abgestapelt.

Produkte:
Glasröhren: ø 3 mm bis ø 180 mm, Wanddicken 0,3 mm bis 12 mm.
Glasstäbe: ø bis 50 mm

Produktionsleistung:
Abhängig von Abmessungen und Masse
0,7 t/d bis 6,8 t/d

Abbildung: Rohrziehverfahren im Corningverfahren.
. vertikal nach unten
. vertikal nach oben

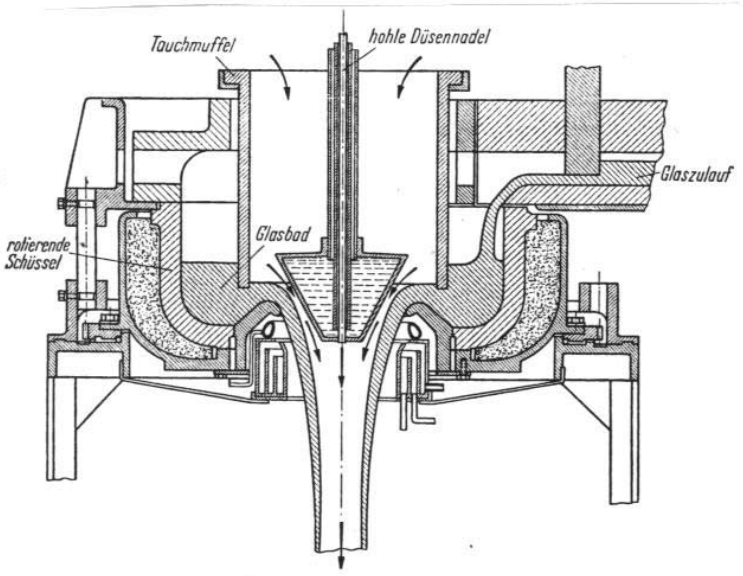


Abb. E 121. Überlaufverfahren der Corning-Glaswerke

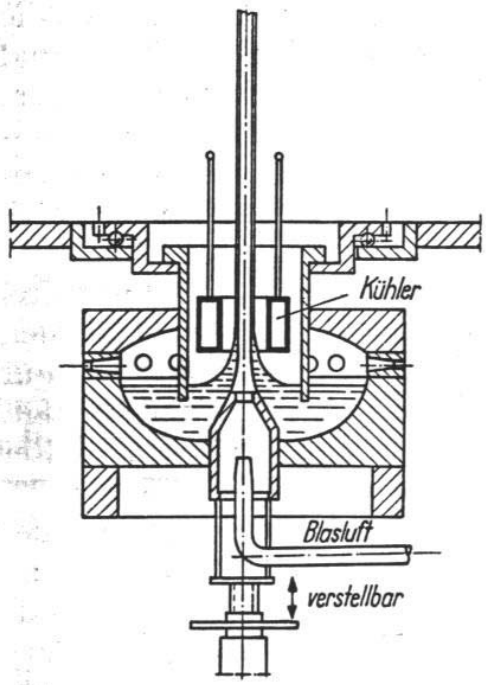


Abb. E 116
Rohrziehverfahren nach Corning

28.2.5 Koroljow- Verfahren

Verfahrensbeschreibung:

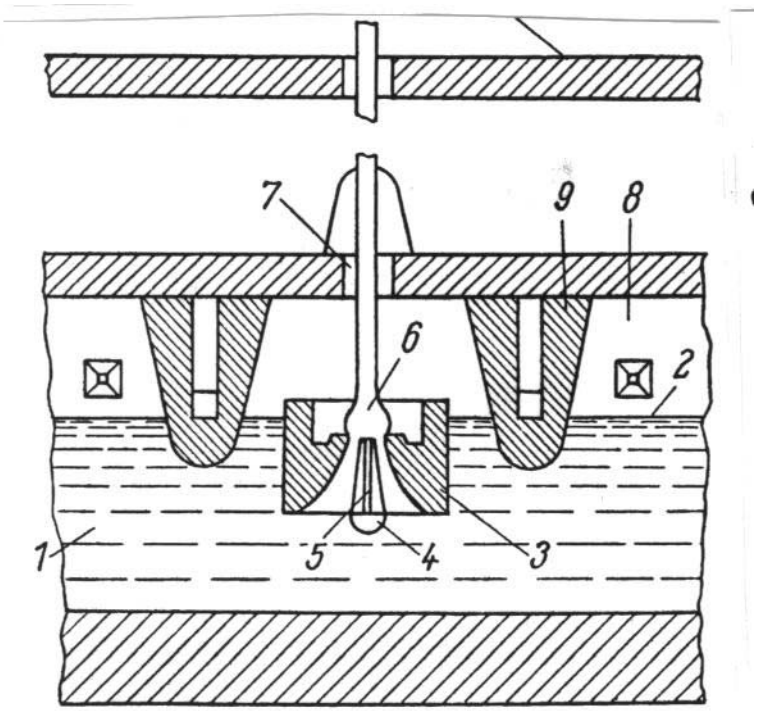
Ähnlich dem Fourcaultverfahren sind im Arbeitsteil einer Wanne Schamottekörper = Ziehdüsen eingebaut.

Das Glas wird über der Ziehdüse abgehoben und vertikal hochgezogen.
Beim Ziehen von Röhren ist ein Ziehkern vorhanden. Durch diesen Ziehkern wird Blasluft geblasen und damit die Glaswandung gestützt.
Beim Ziehen von Stäben fehlt der Ziehkern.
Nach Durchlaufen einer Kühlzone wird das Produkt abgelängt und abgestapelt.

Produkte:
Glasröhren mit max. ø 175 mm

Produktionsgeschwindigkeit:
Glasröhre ø 100 mm -> 25 m/h

Abbildung: Koroljow- Verfahren



28.2.6 Schapiro- Verfahren seit 1954

Verfahrensbeschreibung:

Aus einem Arbeitsteil einer Wanne wird das Glas über einer Luftdüse ausgehoben und vertikal hochgezogen. Die, aus der Düse auströmende Blasluft hat die Aufgabe, die Glaswandung des Rohres zu stützen.

Nach Durchlaufen einer Kühlzone wird das Produkt abgelängt und abgestapelt.

Produkte:
Glasröhren, ø max. ca. 100 mm
Wanddicke max 12 mm

Leistungen:
Glasröhren, ø 100 mm -> Wanddicke 10 mm -> 50 lfm/h

Abbildung: Schapiro- Verfahren

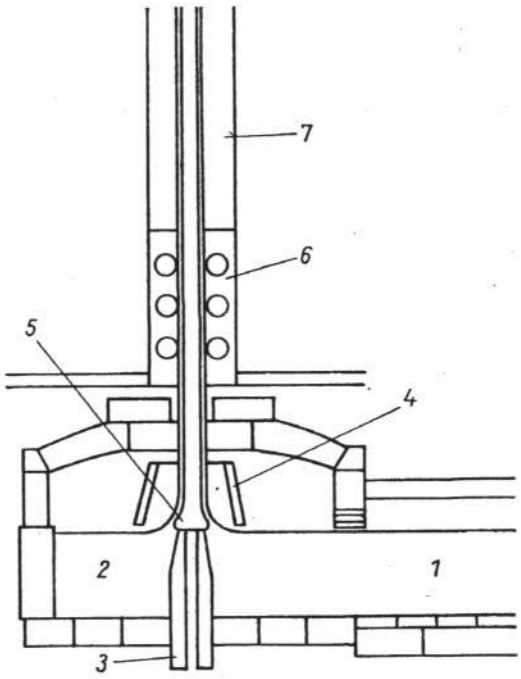


Bild 6.14. Vertikalrohrzug (SCHAPIRO-Verfahren)
1 Kanal, *2* Ziehherd, *3* Düse, *4* Kühler, *5* Zwiebel, *6* Ziehmaschine, *7* Ziehschacht

28.2.7 Vello- Verfahren seit 1929

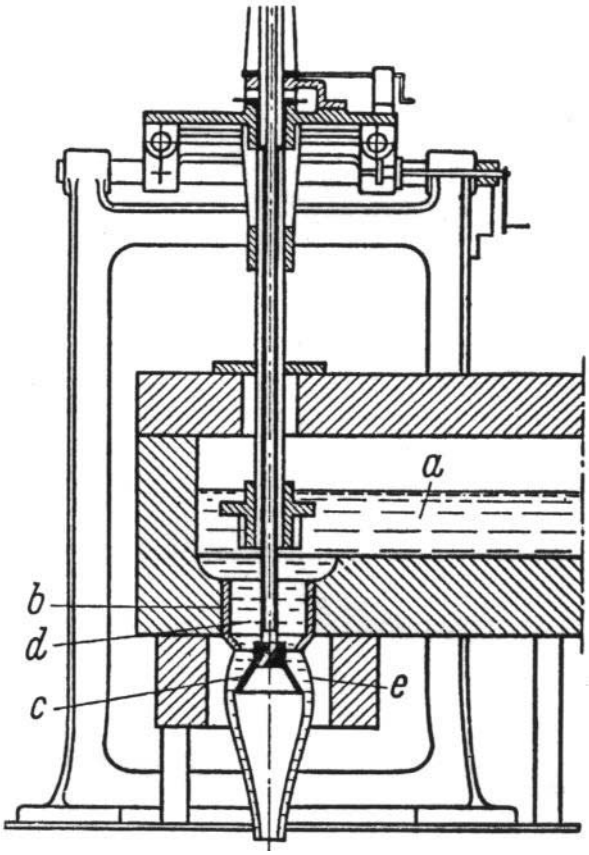
Verfahrensbeschreibung:

Aus dem Arbeitsteil einer Wanne fließt Glas entlang eines rotierenden Rohres nach unten.
Durch das Rohr wird Blasluft zur Stützung der Glaswandung eigeblasen.
Nach einer kurzen vertikalen Ziehrichtung wird die Ziehrichtung in die Horizontale umgelenkt.
Das Rohr durchläuft eine Kühlzone und wird schließlich abgelängt und abgestapelt.
Das Rohr wird drehend gezogen.

Produkte:
Glasröhren, Außendurchmesser max 60 mm
Wanddicke: eher dünnwandig, bevorzugt < 1 mm

Leistungen:
abhängig von den Abmessungen und der Masse des Rohres.

Abbildung: Velloverfahren



28.2.8 Hänlein- Verfahren seit ca. 1940

Verfahrensbeschreibung:

Aus einem elektrisch beheizten Schachtofen wird das Glas senkrecht nach unten, durch eine Düse abgezogen. Die Glaswandung wird durch Preßluft gestützt.

Das Verfahren ist besonders geeignet zum Ziehen von Kieselglas.

Rohrdurchmesser:	3 - 32 mm
Wanddicken:	0,8 - 2 mm

Leistung:

ø 32 mm -> Wanddicke 2 mm	-> 12 lfm/h
ø 3 mm -> Wanddicke 0,8 mm	-> 250 lfm/h

Abbildung: Hänleinverfahren

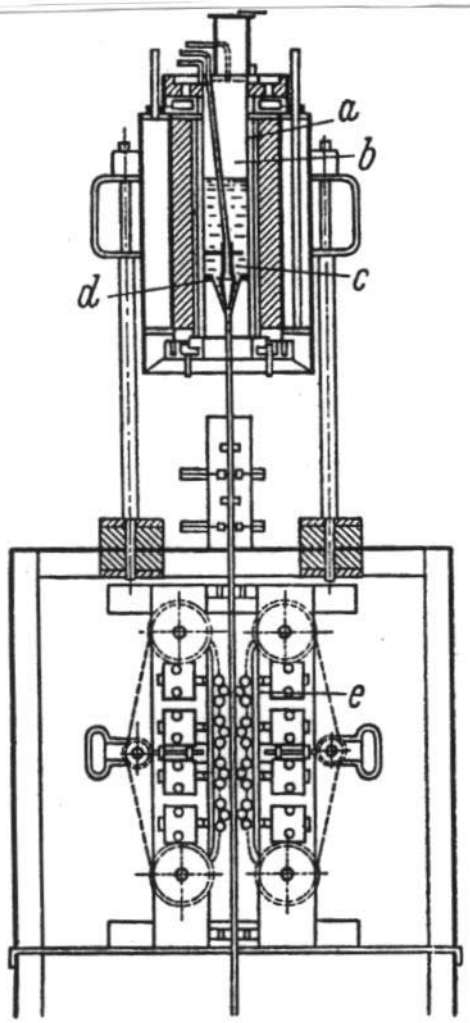


Abb. E 122. Schmelzofen und Ziehmaschine nach W. HÄNLEIN [20, 21]
a Wolframdrähte, *b* Molybdäntiegel, *c* Dorn, *d* Düse, *e* Ziehmaschine

28.3 Blasen, Schleudern und Ziehen von Glasfasern

Glasfäden und Glasfasern werden durch Blasen, Schleudern oder Ziehen hergestellt.

28.3.1 Glasfaser- Blasverfahren

28.3.1.1 Düsen- Blasverfahren (Owens- Verfahren)

Herstellungsverfahren nicht spinnbarer Fasern

Verfahrensbeschreibung:

Im Arbeitsteil einer kontinuierlichen Wanne sind im Wannenboden Öffnungen mit eingesetzten, beheizbaren Düsen aus Platin. In diesen Düsen sind Düsennippel mit ø 1,2 mm eingedrückt.

Aus diesen Düsennippeln laufen dünne Glasstrahlen aus welche durch ein Dampfstrahlgebläse dünn ausgezogen und zerfasert werden.

Der mittlere Faserdurchmesser beträgt etwa 5 μ bis 14 μ und die Faserlängen betragen etwa 80 mm bis 100 mm.

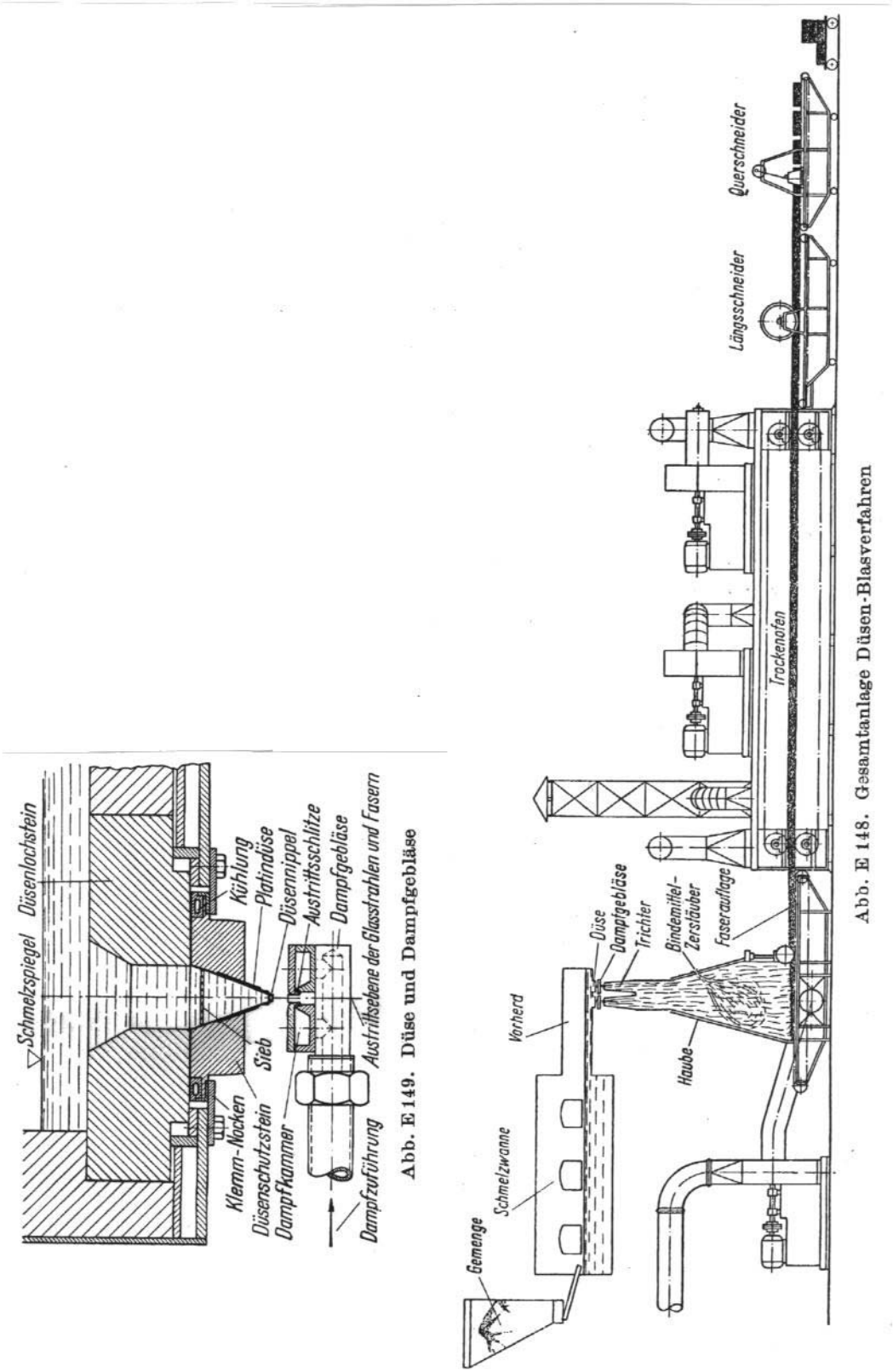
Die Fasern fallen in einen Trichter und werden mittels Unterdruck auf ein Transportband gesaugt. Dabei erfolgt eine Beschichtung der Fasern mit öl oder einem Kunstharzbindemittel.

Auf dem Transportband erfolgt die Durchführung durch einen Trockenofen. Im Trockenofen erfolgt ein Verdichten der beschichteten Faserauflage und das Aushärten des Bindemittels.

Anschließend erfolgt der Zuschnitt der Faserauflage in die Handelsabmessungen.

Leistung einer Anlage:
Abhängig von der Anzahl der Düsen; 4 – 18 Düsen
Tagesleistung: 12 t bis 90 t

Abbildung: Düsen- Blasverfahren (Owens- Verfahren)



28.3.1.2 Düsen- Blasverfahren

Herstellungsverfahren von spinnbaren Glasfasern
Verfahrensbeschreibung:

Eine elektrisch beheizte Platindüse wird mit Glaskugeln oder mit Glasgranulat beschickt. Diese Kugeln bzw. dieses Glasgranulat wird in der Düse geschmolzen. Das hochviskose Glas tritt in der Folge aus den Düsennippeln als dünneGlasstrahlen aus. Die Glasstrahlen werden durch seitlich zugeführte Dampfstrahlen zu Fasern ausgezogen.
Faserlängen 50 mm bis 350 mm
Faserdurchmesser: 8 μ bis 10 μ
Anschließend werden die Fasern mit einem Schmälzmittel besprüht, getrocknet und mittels Unterdruck auf einer drehenden Trommel aufgefangen, annähernd parallel ausgerichtet und zu einem Faden verzogen.
Schlußendlich erfolgt das Aufspulen des Fadens.

Leistung:
Per Düse 1,25 kg/h bis 2,5 kg/h

Abbildung: Düsen- Blasverfahren

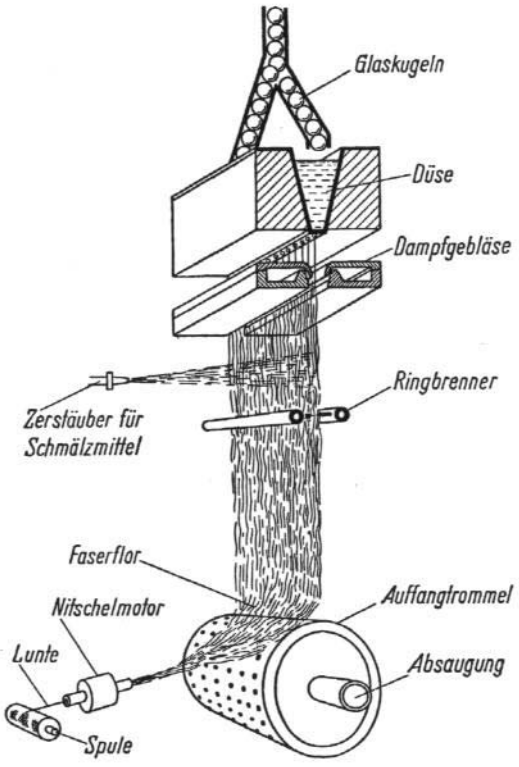


Abb. E 150. Düsen-Blasverfahren

28.3.2 Glasfasern Schleuderverfahren:

28.3.2.1 TEL- Verfahren

Verfahrensbeschreibung:

Im Arbeitsteil einer kontinuierlichen Wanne ist im Wannenboden eine elektrisch beheizbare Düse aus Platin eingebaut.

Das flüssige Glas fließt zunächst in einen Verteiler und dann in einen mit 3000 U/min. rotierenden Schleuderkörper. Der Mantel des Schleuderkörpers weist kleinste Bohrungen auf.

Durch die Zentrifugalkraft wird das flüssige Glas durch die Bohrungen ausgeschleudert und dabei zu Fasern geformt.

Ein weiteres Ausziehen zu dünnen Fasern und ein Umlenken nach unten erfolgt durch die Zuführung eines Gasstromes.

Die Fasern fallen in Form eines Schlauches nach unten und werden dabei mit einem Bindemittel besprüht.

Die Fasern gleiten auf ein Transportband, werden in der Folge verdichtet, getrocknet und schlussendlich in die gewünschten Formate gebracht.

Faserdurchmesser:	6 µ
Faserlängen:	500 mm
Leistung.	250 kg/h

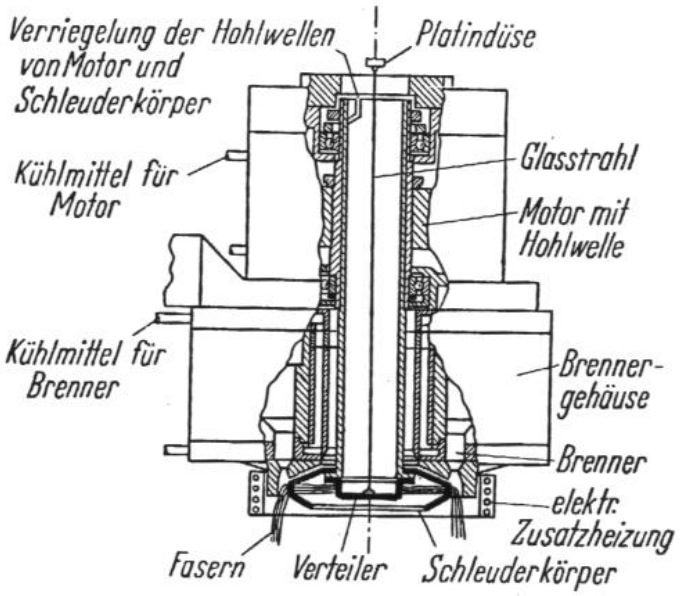


Abb. E 152. TEL-Maschine
(nach Auslegeschrift 1070792)

28.3.3 Glasfasern – Ziehverfahren

28.3.3.1 Stabziehverfahren

Verfahrensbeschreibung:

Ein Glasstab (Halbzeug) wird vertikal gelagert. Das untere Ende des Glasstabes wird mittels Brenner bis zu Erweichungstemperatur angetempert. Es bildet sich ein Glastropfen, der herabfällt und einen Faden hinter sich herzieht. Der Faden wird entlang eines Schmälzpolsters geführt, gleitet auf eine rotierende Trommel, haftet dort an und wird in der Folge auf die Trommel aufgewickelt.
Die Faser wird nach einer Aufwickelbewegung von 240° von einer Messerkante erfasst und auf ein Transportband geführt.

Mittlere Faserlänge:	1500 mm
Faserdurchmesser:	max. 12 µ

Die Fasern können zu Glasfaservlies oder zu Glasfasergarn weiterverarbeitet werden.

Leistung:	6 kg/h

Abbildung: Stabziehverfahren

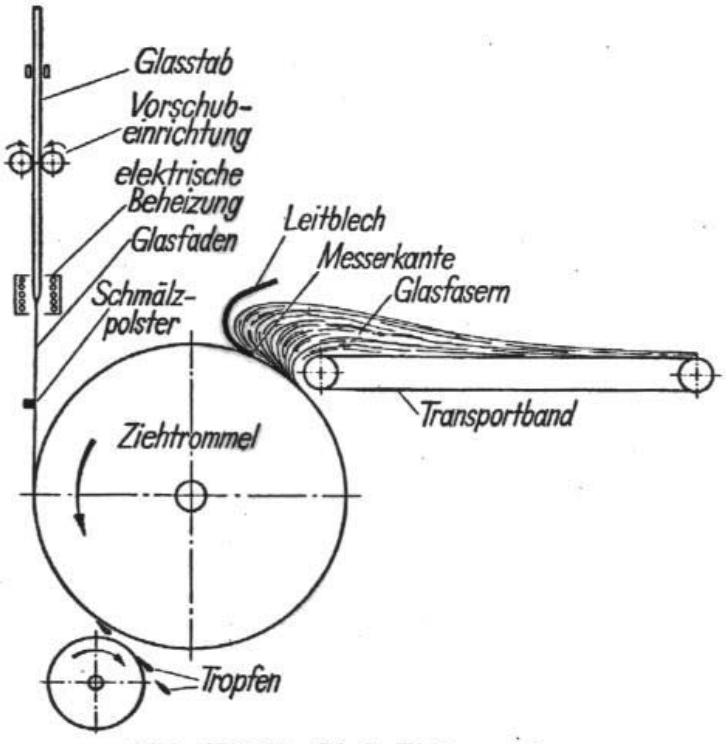


Abb. E 153. Stab-Ziehverfahren

28.3.3.2 Düsen- Ziehverfahren

In einer beheizbaren Düse aus Platin werden Glaskugel geschmolzen. Das geschmolzene Glas tritt aus den Bohrungen der Düse in Form feiner Glasstrahlen aus. Diese Glasfäden werden erfasst, mit einem Schmälzmittel besprüht, zusammengeführt und mittels Fadenführer auf eine Spule aufgewickelt.

Fadendurchmesser:	5 μ bis 6 μ
Fadenlängen:	endlos
Leistung:	0,5 kg/h bis 0,9 kg/h und per Düseneinheit.

Abbildung: Düsenziehverfahren

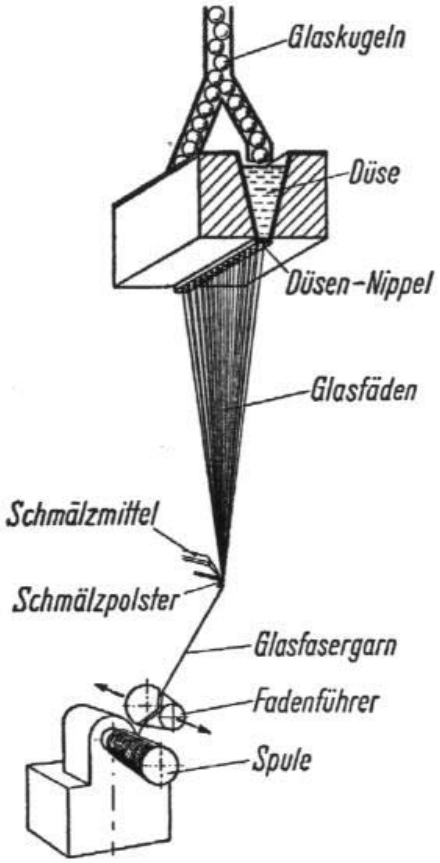


Abb. E 154
Düsen-Ziehverfahren

28.4 **Verwendung von Glasöhren**

Glasröhren stellen zumeist nur ein Halbfertigprodukt dar. Das endgültige Produkt entsteht erst nach einer weiteren Umformung.

Je nach Anwendung werden Glasröhren und Glasstäbe in unterschiedlichster Rohstoffzusammesetzung erzeugt.

In der Folge werden die am häufigsten üblichen Glasröhren bzw. Glasstäbe und deren Anendung aufgelistet.

28.3.1 Glasröhren aus Borsilkatglas:
Umformung durch Glasapparateerzeuger zu techn. Glasapparaturen.
Umformung durch Ampullenblasmaschine zu Ampullen oder pharmaz. Verpackung.
Maschinelle Umformung zu Laborgefäßen

28.3.2 Glasröhren aus Kalknatronglas (AR- Glas)
Umformen zu Neon- Schriftzügen
Umformen zu kleinen Verpackungsfläschchen.
Umformen zu Glasschmuck (Christbaumkugeln)

28.3.3 Glasröhren aus Kieselglas (Quarzglas)
Umformen zu technischen Gerätebestandteilen

28.4 **Verwendung von Glasstäben**

Auch Glasstäbe sind zumeist Halbfertigware.
Je nach Glaszusammensetzung ergeben sich die verschiedensten Anwendungsgebiete wie z.B.:

28.4.1 Glasstäbe aus Borsilikatglas
Anferigung von Glasapparaturen.

28.4.2 Glasstäbe aus Kalknatronglas
Umformung zu Glasfasern
Umformen zu Ziergegenständen

28.4.3 Glasstabe aus Bleiglas, kompatibel zu Fusingglas
Weiterverarbeitung in der Glasverschmelztechnik (Millefiori- Glas)

28.4.4 Glasstäbe Überfang:
Aüßere Glasschicht aus Glas mit niedrigerer Brechzahl.
Innere Glasschicht mit höherer Brechzahl.
Dadurch verbleibt ein an der Querschnittfläche eingeführter Lichtstrahl in der inneren Glasschicht, wird dort weitergeleitet und am anderen Ende, nahezu verlustfrei wieder ausgeführt. (Llichtleiter!)
Weiterverarbeitung zu Lichtleiterfasern, Lichtleiterkabel!

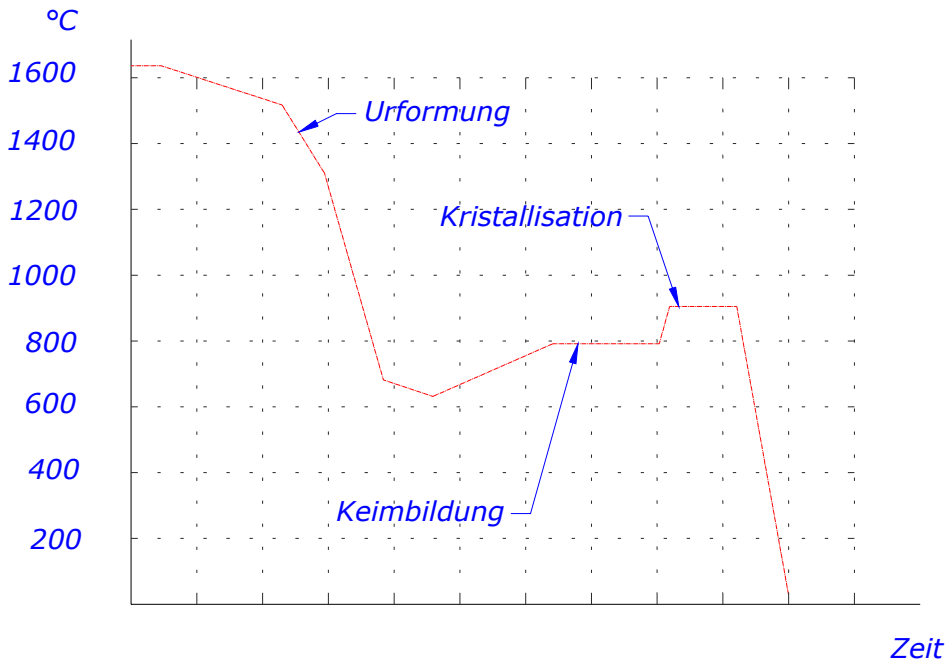
29 Glaskeramik

29.1 Definition:
Als Glaskeramiken werden jene Glasarten bezeichnet, welche durch Zusatz von speziellen Rohstoffzusätzen und durch spezielle Temperaturbehandlung während der Urformung oder auch nach der Urformung, einen Keimbildungsprozess und in der Folge einen Kristallisationsprozess durchmachen.

29.2 Rohstoffzusätze:
Titandioxid (TiO_2)
Zirkoniumdioxid (ZrO_2)

29.3 Temperaturbehandlung:
Nach der Urformung (Pressen, Blasen, Walzen, Gießen, Schleudergießen) wird das Glas auf eine Temperatur gebracht, bei der ein Keimbildungsprozess erfolgt.
Nach erfolgter Keimbildung wird das Glas auf eine Temperatur gebracht, bei der ein kontrolliertes Kristallwachstum erfolgt.

29.3 Abbildung: Temperaturkurve



29.5 Eigenschaften:
Glaskeramiken werden in vielfachen Varianten hergestellt. Je nach Rohstoff- und Zusatzstoffsystem werden folgende relevanten Eigenschaften erzielt:

Bezeichnung	System	Spezielle eigenschaften	Anwendung
Glaskeramik	LiO_2 – Al_2O_3 – SiO_2	Ausdehnungszahl < $10*10^7*K$	Astrospiegel, Kochplatten
Glaskeramik, mechanisch fest	MgO – $A_{l2}O_3$ – SiO_2	Hohe Biegezugfestigkeit, hoher elektrischer Widerstand	Isolatoren, gedruckte Schaltungen
Glaskeramik, Schlacke	CaO – MgO – FeO – Al_2O_3 – SiO_2	Hohe Abriebfestigkeit	Auf Verschleiß beanspruchte Körper
Foto – Glaskeramik	Li_2O_3 – SiO_2	Partiel kristallisierbar und selektiv ätzbar	Bilder und Schriften im Glas
Mech. bearbeitbare Glaskeramik	K_2O/Na_2O_3 – MgO/BaO – Al_2O_3/Fe_2O_3 – SiO_2 - F	Spanabhebend bearbeitbar	Wissenschaftlicher Gerätebau
Bio-Glaaskeramik	CaO – ZnO – SiO_2	Biokompatibel	Prothesen bei Mensch und Tier
Kristallisierende Lötgläser	PbO- ZnO- B_2O_3	Große Festigkeit,	Mikroelektronik, Bauelemente, vakuumdichte Verkapselungen

30 Lichtwellenleiter (LWL)

30.1 Definition

Lichtwellenleiter sind Glasfasern, bestehend aus mindestens zwei unterschiedlichen Glasarten. Der Unterschied besteht in der unterschiedlichen Lichtbrechung. Das Glas in der Mantelschicht hat eine andere Lichtbrechung als das Glas in der Kernschicht.

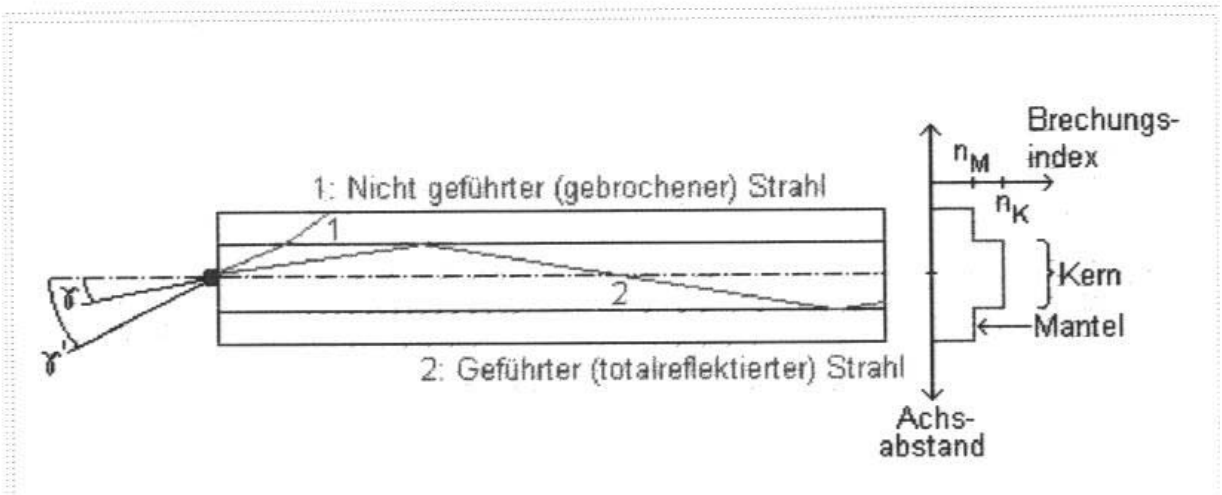
Lässt man einen Lichtstrahl in einem bestimmten Winkel in die Schnittfläche der Faser, so wird dieser Lichtstrahl an der Mantelschicht reflektiert und weitergeleitet.

Dadurch wird die Übertragung von Lichtsignalen (Strahlung) in großer Geschwindigkeit und über große Entfernungen möglich.

30.2 Arten von LWL:

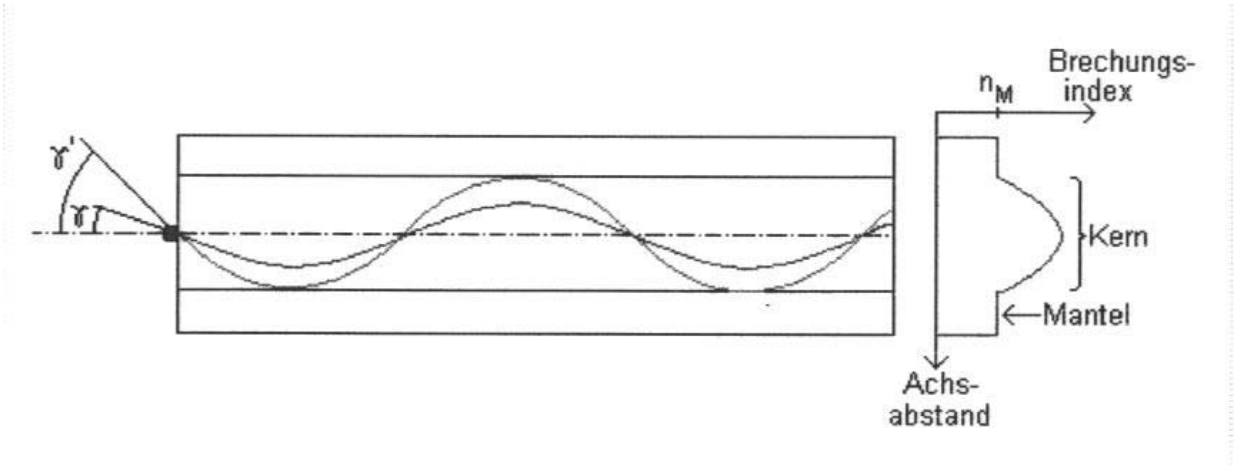
30.2.1 **Multimode- LWL; Stufenprofilfaser**

Typische Abmessungen: Kerndurchmesser ≈ 200 µm
. Manteldurchmesser ≈ 280 µm



30.2.2 **Multimode- LWL, Gradientenfaser**

Typische Abmessungen: Kerndurchmesser ≈ 55 µm
. Manteldurchmesser ≈ 125 µm



30.2.3 **Monomode- LWL**

Im Prinzip auch eine Stufenindexfaser jedoch mit bedeutend geringerem Kerndurchmesser.
Dadurch kann nur ein Wellenmodus gleichzeitig durch die Faser laufen.
Typische Abmessungen: Kerndurchmesser 10 µm
. Manteldurchmesser 125 µm.

30.3 Herstellung der Faser:
Siehe Stabziehverfahren!

30.4 Aufbau von Lichtwellenleitern

von Innen nach Außen:

Glasfaser	ca. 0,1 mm
Polsterschicht	ca. 0,4 mm
Außenhülle	ca. 0,8 mm
Kunststoffgarn zur Zugentlastung	ca. 1,5 mm
Kabelmantel	ca. 2,5 mm

30.5 Anwendung:
Übertragung von Licht (Kaltlicht)
Übertragung von Signalen (Telekommunikation)