

DK 666.1.031.13:532.5:666.1.036.4:666.15.036.4:666.11.019.138:666.11.019.234

Einige technische Gesichtspunkte zur Herstellung von Tafelglas nach dem Ziehverfahren.

VON BERNARD LONG, Paris.

(Mitteilung aus der Forschungs- und techn. Entwicklungsstelle BOUSSOIS-GLAVER-DELOG.)

(Eingegangen am 8. Juni 1957.)

An Hand von drei französischen Patenten wird eine allgemeine Untersuchung folgender Probleme durchgeführt:

a: Blasen im Glas, die nach der Läuterung entstanden sind, b: Fehler auf der Oberfläche der Glasplatten, die von ungleichmäßiger Temperaturverteilung in den Oberflächenzonen des Glasflusses herrühren, der in die Arbeitswanne geht, c: Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit. Die Untersuchungen zeigen Grundlagen für neue Lösungen dieser drei Probleme.

Einleitung.

Bei der Herstellung von Tafelglas nach dem Ziehverfahren hat man große Schwierigkeiten, die stets steigenden Qualitätsansprüche der Verbraucher hinsichtlich Fehlerfreiheit des Glases, Ebenheit und gleichmäßiger Dicke der Scheiben zu befriedigen. Zur Zeit kann man sogar sagen, daß der Wettbewerb zwischen den Fabrikanten, was die Qualität der Erzeugnisse betrifft, im wesentlichen bestimmt wird durch das, was man die „Optik“ der Scheiben nennt.

Andererseits kann man sich nicht der Tatsache verschließen, daß die längere Zeit recht günstige Absatzlage einem gewissen, wenn auch noch nicht sehr scharfen Preisdruck bei vergleichbaren Glasqualitäten gewichen ist, der den Fabrikanten schon seit einigen Jahren zu denken gibt. So kommt es, daß beim Tafelglas die Produktionsgeschwindigkeit, die sich in der von einem bestimmten Ofen erzielten Schmelzleistung ausdrückt, drauf und dran ist, ein beherrschender Faktor in der Fabrikation zu werden.

Wie schon aus dem Titel zu entnehmen ist, sollen in der vorliegenden Arbeit keineswegs alle Probleme diskutiert werden, die beim Ziehen von Tafelglas auftreten, sondern lediglich einige technische Fragen behandelt werden, die sich aus dieser speziellen Verarbeitungsart des Glases ergeben.

Im einzelnen sollen untersucht werden:

- a) Die Bildung von Blasen im Glasbad nach der Läuterung,
- b) die Unebenheiten der Oberfläche, die auf ungleichmäßige Temperaturverteilung im Glasbad zurückzuführen sind,
- c) die Vergrößerung der Ziehgeschwindigkeit bei einer Scheibe bestimmter Dicke.

1. Die Blasen.

Der Umstand, daß Blasen im Glas mit diesem ausgezogen werden, stellt eine recht lästige Beeinträchtigung der Qualität von gezogenem Tafelglas dar. Es ist allgemein bekannt, daß eine kugelförmige Blase von der Größe des Bruchteils eines Millimeters bei einem gewalzten und polierten Glas unbemerkt bleibt, während sie bei gezogenem Glas dadurch, daß sie beim Ziehprozeß abgeplattet und auf einige Millimeter Länge ausgezogen wird, einen recht merklichen Fehler darstellt.

Dieses Handikap, das die Gestaltänderung der Blasen mit sich bringt, wiegt dabei noch schwerer, als es im ersten Augenblick erscheint, wenn man bedenkt, daß außer den Blasen, die aus der Schmelze selbst stammen und die an und für sich nicht sehr zahlreich sind, gezogenes Glas noch weitere Blasen enthält, die in Guß- und

Walzglas nicht auftreten. Es sind das die Blasen, die sich an der Berührungsstelle mit dem feuerfesten Material bilden bei der zusätzlichen Kühlung um etwa 200° C, wie sie erforderlich ist, um die Viskosität so zu erhöhen (10⁴–10⁵ Poisen), daß vernünftige Ziehbedingungen erzielt werden.

Diese Blasen und die Möglichkeit ihrer Beseitigung sollen nun hier betrachtet werden.

Es läßt sich nicht bestreiten, daß sich im schon geläuterten Glas bei der Berührung mit feuerfestem Material Blasen bilden, normalerweise bei Temperaturen unter 1250° C.

Was immer auch die physikalischen und chemischen Ursachen dieser Blasenbildung sein mögen, es scheint jedenfalls unmöglich zu sein, sie durch die Wahl eines geeigneten feuerfesten Materials auszuschalten. Einige Feuerfestmaterialien, die elektrothermisch hergestellt waren und nur sehr wenig Verunreinigungen aufwiesen, haben zwar zunächst zu großen Hoffnungen Anlaß gegeben, sich dann aber doch als nicht einwandfrei herausgestellt.

Man weiß weiter, daß andere Materialien, die elektrothermisch oder nach den üblichen keramischen Verfahren hergestellt wurden, durch den Herstellungsgang reduzierende und andere Verunreinigungen aufnehmen, die den Erzeuger von Ziehglas häufig zwingen können, die Produktion stillzulegen.

Sofern überhaupt, ist deshalb das Problem, ein Testverfahren zu finden, das gestattet, feuerfeste Materialien daraufhin zu prüfen, ob sie mit einem bestimmten Glas Blasen bilden oder nicht, erst noch zu lösen.

Die Sache wird zudem dadurch kompliziert, daß die Struktur der feuerfesten Steine, besonders die Verteilung der Poren, der Verunreinigungen und die Art der Kristalltextur innerhalb der Masse beträchtlich variieren kann. So ist es eine den Technikern wohlbekannte Tatsache, daß z. B. ein feuerfestes Material zu Beginn einer Ofenreise eine viel stärkere Blasenbildung zeigen kann als später, aber auch das Umgekehrte kann der Fall sein.

Angesichts derartiger unberechenbarer Umstände wird man sich Maßnahmen überlegen, die gestatten, das blasige Glas, das an den Wänden der Verbindungs Kanäle entlang von der Läuterzone zur Ziehkammer strömt, auszuschleiden, bevor es sich mit dem unmittelbar zur Ziehkammer fließenden Glas vereinigt.

Solche Maßnahmen werden einem nahegelegt, wenn man die Strömung des Glases an den Wänden dieser Verbindungs Kanäle untersucht. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung findet man z. B. im französischen Patent Nr. 1 115 986: Verbesserungen bei der Herstellung von Glas.

In Bild 1 ist durch Pfeile die Richtung der Konvektionsströmung in der Umgebung der Längswand eines Kanals angegeben, an der entlang fortschreitend eine Temperaturabnahme von etwa 1250 bis auf 1050° C vor sich geht.

Bild 1a (links) gibt die in Frage stehenden Strömungen im Querschnitt wieder, Bild 1b (rechts), wie sie sich im Längsschnitt des Ofeninneren zeigen.

Es ist dabei angenommen, daß die Seitenwand aus feuerfesten Steinen besteht, die einen bestimmten Prozentsatz an Verunreinigungen enthalten, so daß diese Steine eine schwarze Strahlung zwischen 1100 und 1200° C stark absorbieren; derartige Verunreinigungen sind im wesentlichen die Oxyde des Eisens, zu denen gewöhnlich noch Graphit und, sofern es sich um elektroschmolzene Steine auf Mullitbasis handelt, noch Karbide kommen.

Das erwähnte Patent weist nun darauf hin, daß sich auf der Wanderung von der Läuterzone zur Ziehkammer das Glas, das sich auf der Oberfläche der Schmelze befindet, quer zur Mittelachse auf die Mauer hin bewegt und dann an den Mauern entlang von der Oberfläche zur Tiefe absteigt. Bei Klargläsern, wie etwa Fensterglas, hört diese Abwärtsbewegung in einer Ruhezone auf, die in einem gewissen Abstand unter der Oberfläche gelegen ist. Wie man sieht, befindet sich diese Ruhezone in der gleichen Höhe wie die Zone höchster Temperatur, wie sie sich in jedem Glasbad nach dem Verlassen der Läuterungszone durch die starke Abstrahlung zum Deckengewölbe bildet.

Andererseits ist auch eine Vertikalströmung vorhanden, die vom Boden ausgehend den Seitenwänden entlang aufsteigt. Das Zusammentreffen der aufsteigenden mit der von der Oberfläche absteigenden Strömung erzeugt dann die erwähnte Ruhezone, in der sich dann sämtliche Blasen ansammeln, die vom feuerfesten Material herrühren.

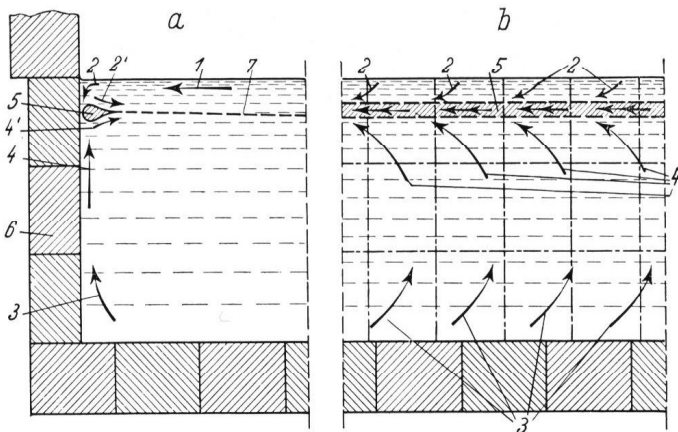


Bild 1. Strömung entlang den Seitenwänden in einer Glasschmelzwanne nach der Läuterung.

In Bild 1a setzt sich die Oberflächenströmung (1) in der absteigenden Strömung (2) fort, während die von dem Boden stammende Strömung (3) ihre Fortsetzung in der aufsteigenden Strömung (4) findet. Die Strömungen (2) und (4) kompensieren sich dann in der Ruhezone (5).

In Bild 1b sind die Pfeile (2) und (4) geneigt entsprechend der Flußrichtung des Glases von rechts nach links in die Arbeitswanne hinein.

Die Pfeile (3) sind gekrümmt, wobei das Bogeninnere nach oben gerichtet ist, während die Pfeile (4), die

sich daran anschließen, mit ihrer Innenkrümmung nach unten zeigen.

Die Ruhezone (5) ist ein Sammelbereich für Blasen, die aus den Kontaktstellen der Glasschmelze mit dem Feuerfestmaterial der Seitenmauer (6) stammen. Die Ströme 2' und 4', die die Fortsetzung der Strömung (2) und (4) bilden, ziehen die Blasen normalerweise auf die Mitte des Bades hin weg, wobei etwa die durch die gestrichelte Linie (7) angedeutete Richtung eingehalten wird, die zugleich die Lage der höchsten Temperatur angibt. Aufsteigende Stromlinien, die von dieser Schicht

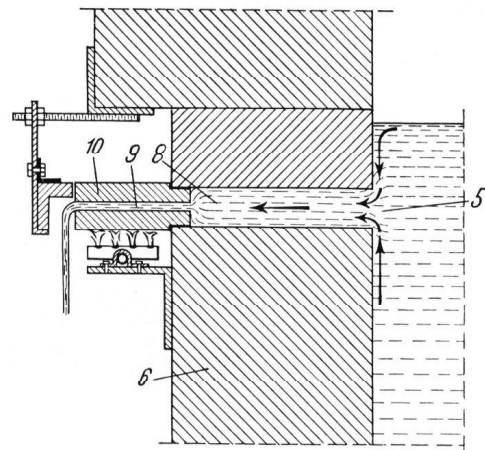


Bild 2. Vorrichtung zum Abziehen von blasigem Glas aus dem Ofen.

ausgehen, verteilen dann die Blasen. Das Patent empfiehlt nun, das blasige Glas der Zone (5) (Bild 2) durch in die Seitenwände (6) eingelassene Kanäle (8) aus dem Ofen abzuführen. Diese Abzugskanäle für die Blasen sind in regelmäßigen Abständen in den Seitenwänden angebracht und münden in die Kanäle (9) der Verschlusssteine (10). Diese Steine können durch Reihenbrenner mit Gas beheizt werden.

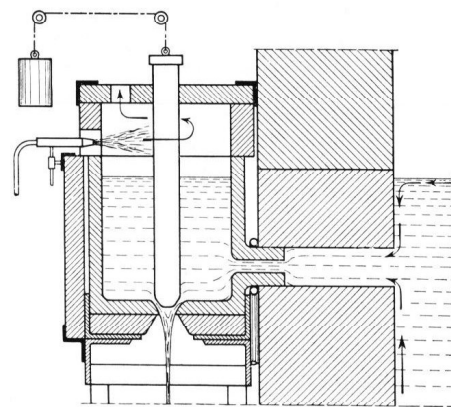


Bild 3. Regelvorrichtung zum Abziehen von blasigem Glas.

Sofern man es mit einer Klarglasschmelze mit einer Badtiefe von 120–150 cm zu tun hat, sind die Abzugskanäle für die Blasen dabei etwa 20 cm unterhalb der Oberfläche angebracht.

Das französische Patent Nr. 1 115 988 sieht auch vor, das Blasenglas in Zwischenkammern außerhalb des Ofens abfließen zu lassen. Jede solche Kammer ist mit einer Vorrichtung versehen, die gestattet, die abfließende Menge an blasigem Glas zu regeln, dessen Gesamtanteil dadurch sehr niedrig wird (Bild 3).

2. Oberflächenfehler.

In diesem Abschnitt sollen Oberflächenfehler, die durch die Einwirkung der Atmosphäre auf die Oberfläche der Schmelze und des Blattfußes entstehen, nicht behandelt werden.

Es steht jedoch außer Zweifel, daß Oberflächenfehler auch dadurch entstehen können, daß im Glasbad eine ungleichmäßige Temperaturverteilung herrscht, die sich auf die Badoberfläche hin auswirkt.

Diese Schwankungen werden im allgemeinen durch den konvektiven Wärmeaustausch in der Lage zwischen der Zone höchster Temperatur und der Oberfläche des Bades ausgelöst. Dieser Austausch verursacht im Innern

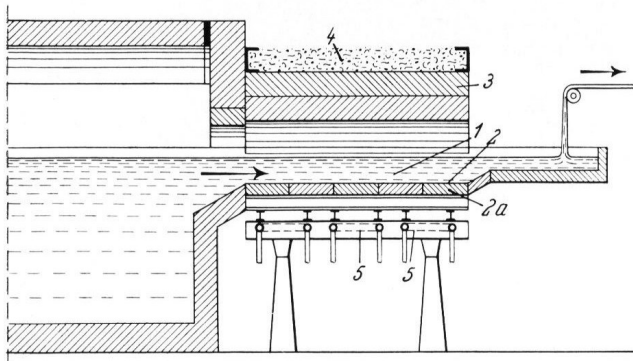


Bild 4. Axialer Längsschnitt einer Kammer zur Umkehr des Temperaturgradienten.

und auch an der Oberfläche des Glasbades sehr jähe örtliche Temperaturänderungen, die sich im Verlauf des Ziehprozesses in Unregelmäßigkeiten der Dicke der erhaltenen Scheiben umsetzen, d. h. in Unebenheiten der Oberfläche.

Es ist vielleicht angebracht, darauf hinzuweisen, daß der konvektive Wärmeaustausch in dem zur Arbeits-

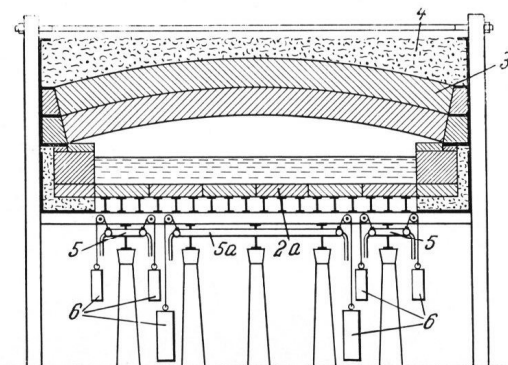


Bild 5. Querschnitt einer Kammer zur Umkehr des Temperaturgradienten.

wanne ziehenden Glasstrom besonders lebhaft ist, da hier das Glas an der Oberfläche eine niedrigere Temperatur hat (und dementsprechend eine größere Dichte) als die tieferen Lagen; das Glas mit der höchsten Temperatur befindet sich dabei in etwa 15–20 cm Tiefe.

Um diesen Austausch herabzusetzen, gilt es, die Temperatursprünge zwischen der Oberfläche und der Lage höchster Temperatur zu verringern oder, genauer ausgedrückt, den Temperaturgradienten zwischen diesen beiden Zonen zu verkleinern. So, wie die Dinge jedoch liegen, läßt sich dieser Gradient aber nicht völlig ausschalten, so daß praktisch nur übrigbleibt, sein Vor-

zeichen umzukehren, d. h. Maßnahmen zu treffen derart, daß die Oberfläche des Glasbades sich auf höherer Temperatur befindet als die darunterliegenden Zonen.

Im französischen Patent Nr. 1112152 wird eine ähnliche Lösung angewendet und, im Hinblick auf seine Weiterverarbeitung nach dem Ziehverfahren, ein Wärmeausgleichsprozeß im Glas vorgeschlagen, der darin besteht, den Glasfluß durch eine Kammer verhältnismäßig geringer Tiefe zu leiten, in der die Wärmeableitung nach oben durch das Mauerwerk des Wannengewölbes und die Seitenwände praktisch unterdrückt ist, gleichzeitig jedoch die Wärmeableitung durch den Boden, über den sich der Fluß hinweg bewegt, verhältnismäßig stark zu erleichtern.

Dazu wird in dem Patent vorgeschlagen,

1. die Dicke der Bodensteine in dieser Kammer, in der der Temperaturgradient modifiziert werden soll, herabzusetzen,
2. die Wärmeverluste durch Strahlung am Boden der Kammer durch Wasserumlaufkühlung zu regulieren.

Bild 4 zeigt im Längsschnitt eine solche Kammer zur Modifizierung des Temperaturgradienten für Fälle, in denen man das Glas aus einem Bad geringer Tiefe zieht, z. B. nach dem Libbey-Owens-Verfahren.

Die Kammer (1) zur Umkehrung des Temperaturgradienten hat einen Boden (2), der aus feuerfesten Steinen (2a) geringerer Dicke besteht als diejenigen der Seitenwände. Man kann sich beispielsweise mit einer Dicke von 15 cm begnügen, statt mit der üblichen von etwa 30 cm.

Das Gewölbe der Kammer ist durch die Steine (3) und das wärmeisolierende Material (4) thermisch sehr gut isoliert. In Bild 5, das die Kammer im Querschnitt zeigt, sieht man die Wasserumlaufkühler (5), deren Höhe und Neigung durch die Gegengewichte (6) geregelt werden kann, um so die Abkühlungsverluste durch den Boden dosieren zu können.

3. Die Ziehgeschwindigkeit.

Wie bereits oben erwähnt, beschäftigt die Frage der Produktionsgeschwindigkeit mehr und mehr die Ziehglas-Fabrikanten, da diese ohne Zweifel den Herstellungspreis bestimmt.

Man wird einwenden, daß die Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit dazu führen wird, daß die Planparallelität und Ebenheit der Flächen stark in Mitleidenschaft gezogen werden und damit die „Optik“ der Scheiben beeinträchtigt wird. In der Tat ist der Gegensatz von Qualität und Quantität gerade auf dem Gebiet des gezogenen Tafelglases besonders scharf gewesen, doch kann man nicht leugnen, daß die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte auf dem Gebiet des Ausgleichs der Wärmebilanz beim Ziehverfahren diesen Gegensatz stark vermindert haben.

Die geeigneten Maßnahmen zur Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit sind von den Ziehglas-Technikern jedoch lange Zeit nicht erkannt worden.

So hat man sich lange damit zufrieden gegeben, am Blattfuß immer stärkere Kühler anzubringen, ohne sich recht darüber im klaren zu sein, daß das Problem nicht nur darin bestand, die Kalorien abzuführen, sondern diese Wärmeabfuhr in den Oberflächenlagen in bestimmter Weise zu nuancieren.

Zugegeben, es wurden durch geschickte Kombinationen ganz beachtliche Resultate erzielt, aber erst die Analyse der Ziehbedingungen am Blattfuß hat es ermöglicht, entsprechende Effekte zu erreichen und die Ziehgeschwindigkeit beträchtlich zu erhöhen.

Die verfestigten „Glashäute“ an der Oberfläche des Ziehades spielen sicher eine wesentliche Rolle, aber der entscheidende Faktor für die Produktionsgeschwindigkeit ist der Viskositätsgradient, der in den Oberflächenschichten zu beiden Seiten des Blattfußes herrscht.

Von dieser Vorstellung ausgehend schlägt das französische Patent Nr. 1050922 vom 16. 2. 1952 eine Prozedur vor, die im wesentlichen darin besteht, dem Blattfuß eine „Haut“ hoher Viskosität zu verschaffen, während das Glas, das sich im Innern dieses Fußes befindet, eine verhältnismäßig niedrige Viskosität behält.

Unter diesen Voraussetzungen kann die hochviskose „Haut“ unter Anwendung einer bestimmten gegebenen Kraft mit sehr viel größerer Schnelligkeit von dem darunterliegenden Glas abgezogen und der Entstehungsstelle der Glasscheibe zugeführt werden.

Das Ergebnis ist eine höhere Ziehgeschwindigkeit von Tafelglas bestimmter Dicke, ein Resultat, das jedoch nur dann in vollem Ausmaß erzielt wird, wenn man das niedrigviskose Glas, das im Blattfuß mit hochgezogen wird, in einer bestimmten Höhe über dem Glasspiegel plötzlich verfestigt, um den gegenläufigen Einfluß der Schwerkraft auszuschalten.

Eine erhöhte Viskosität der „Haut“ zu erzeugen, während die darunterliegenden Schichten eine verhältnismäßig geringe Viskosität haben, heißt nun mit anderen Worten nichts anderes, als in den Oberflächenschichten einen hohen Viskositätsgradienten zu erzeugen, bevor sie in den Blattfuß eintreten. Auf Grund des Patentes kann man dies auf folgende Weise erreichen:

- a) entweder durch Abkühlung mit Hilfe einer erzwungenen Konvektion; d. h. man muß einen lebhaften Gasstrom niedrigerer Temperatur auf die Oberfläche des Bades richten,
- b) oder diese Abkühlung durch die unmittelbare Einwirkung eines festen Körpers erzeugen, der eine niedrigere Temperatur hat als die Badoberfläche.

Bild 6 zeigt ein Schema der in dem erwähnten Patent vorgeschlagenen Prozedur. Mit Hilfe von zwei Kühlorganen (1) erzeugt man am Ansatz des Blattfußes zur Glasbadoberfläche (V) zwei „Häute“ (2), die eine Art Hülle bilden für das darunterliegende Glas (3) niedrigerer Viskosität. Dieses wird, wie die Pfeile es andeuten, durch die relativ geringe Reibung der „Häute“ verhältnismäßig wenig hochgezogen; die „Häute“ können deshalb eine erhöhte Geschwindigkeit erhalten.

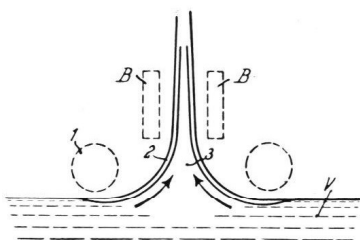


Bild 6. Prinzip des Ziehvorganges bei Ausbildung von zwei Häuten hoher Viskosität am Blattfuß durch erzwungene Konvektion.

Die beiden Brücken B, B, in denen eine Kühlflüssigkeit zirkuliert, haben den Zweck, das herausgezogene Glas zu verfestigen, wenn es in die Ausziehzone kommt, die man den „Gipfel“ des Blattfußes heißen könnte, oder auch den Entstehungsort der eigentlichen Glastafel.

Bild 7 gibt eine Vorrichtung wieder, um die Kühlung nach Art der erzwungenen Konvektion durchzuführen. Sie besteht aus einem Blasrohr (1) und einem Saugrohr (2), die an ein Kühlrohr (3) angeschweißt sind, das mit umlaufendem Wasser gekühlt wird.

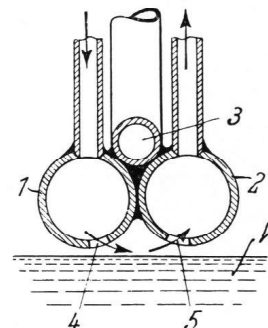


Bild 7. Baueinheit zur Kühlung der Glasbadoberfläche aus einem Blasrohr und einem Saugrohr.

Die auf die Glasbadoberfläche V aufgeblasene Luft tritt dabei aus dem Spalt (4) des Rohres (1) aus und wird durch den Spalt (5) des Rohres (2) wieder abgesaugt.

In Bild 8 sind zwei ähnliche Vorrichtungen wiedergegeben, die jedoch den Blattfuß, der aus der freien Oberfläche (1) des Glasbades V gezogen wird, ganz umschließen.

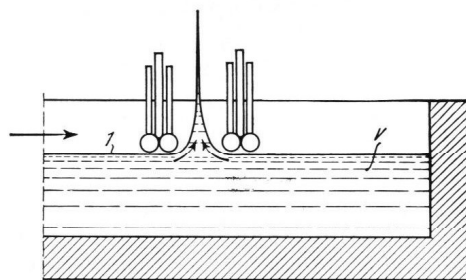


Bild 8. Längsschnitt einer Ziehkammer, die mit zwei Vorrichtungen versehen ist zur Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit durch Abkühlung der Badoberfläche mit Hilfe einer erzwungenen Konvektion.

fläche (1) des Glasbades V gezogen wird, ganz umschließen.

4. Zusammenfassung.

Der vorliegende Aufsatz hat seinen Zweck erfüllt, wenn er beim Leser den Eindruck hinterläßt, daß die Herstellung von Tafelglas nach dem Ziehverfahren noch eine Reihe vielversprechender Aspekte bietet. Das Verfahren hat zwar schon einen hohen Stand erreicht, wenn man jedoch einige Probleme entschlossen anpackt, die bisher vernachlässigt wurden, teils wegen ihrer Schwierigkeit, teils auch lediglich wegen der wirtschaftlichen Hochkonjunktur der letzten Jahre, und bereit ist, entsprechende Mittel einzusetzen, so dürften sich noch manche Verbesserungen erreichen lassen.

Es ist abschließend vielleicht noch angebracht zu betonen, daß man mit Hilfe einiger Verfeinerungen in der Art des thermischen Ausgleichs am Blattfuß etwa durch Methoden, wie sie bei der mechanischen Herstellung von Hohlglas schon lange in Gebrauch sind, bei nicht zu großen Abmessungen eine einwandfreie „Optik“ der gezogenen Tafeln erzielen müßte, so daß sie für die meisten üblichen Zwecke verwendet werden können. (29841)