

DK 532.5 : 539.219.1 : 666.1.033.3 : 666.17

Studien über die Strömungsvorgänge bei der vollautomatischen Glasverarbeitung zu Flaschen im Feeder-Prozeß mit der Owens Bottle Co.-Maschine.

Von W. Eitel.

(Mitteilung aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Berlin-Dahlem.)

(Aus einem Vortrage bei der 17. Glastechnischen Tagung, Berlin, 16. XI. 1933.)

Stufen der Fertigstellung von Flaschen im Tropfspeiser-Verfahren und in der Owens Bottle Co.-Maschine. — Wirkung des rotierenden Treibers. — Einfluss des Schnitt-Vorganges auf die Glasströmungen im Kübel. — Strukturanalyse an Einzelschnitten und orientierten Serienschliffen von Kübeln und Fertigflaschen. — Besondere Gestaltung der Strömungen an Schnitten an der Mündung der Flaschen. — Blasenzüge im Halsstück der Flaschen, entstanden durch Zerrungen und Entgasung. — Zusammenfassung.

Aufgabe und Verfahren.

Nach früheren Studien über die Strömungsvorgänge bei der Herstellung von Flaschen nach dem Saugprozeß von Owens*) sowie nach dem Feeder-Lynch-Prozeß**) wurde nunmehr die Struktur von Flaschen nach dem Owens Bottle Co.-Verfahren untersucht. Dies geschieht am zweckmäßigsten an optischen Feinschnitten durch die charakteristischen Teile der Fertigflasche und vor allen Dingen auch der verschiedenen Vorstufen zu dieser; die Untersuchung verfolgt dabei nach der Schlierenmethode***) das Strömungsbild im Einzelnen, und durch zweckmäßige Zusammensetzung dieser Details gelangt man zu einem abschließenden Gesamtbild im Raume. Erst aus diesem lassen sich die sichersten Schlüsse über etwaige Möglichkeiten zur Verbesserung des Herstellungsverfahrens ziehen.

Besonderheiten des Owens Bottle Co.-Verfahrens.

In erster Linie ist es notwendig, an Hand der durch den Vollautomaten bedingten Einzelprozesse in der Maschine selbst die Vorstufen zur Fertigflasche genau nach ihrem Strömungsbild zu kennzeichnen. Es ist daher unumgänglich, auch die Einzelvorgänge von der Wanne bis zum Ausstoßen des Schmelzlings aus dem Feeder zu verfolgen.

Zunächst ist maßgebend für die besondere Betrachtung der vorliegenden Flaschenherstellungsart, daß ein Feeder nach dem Tropfspeiser-Prinzip („gob-feeder“) vorhanden ist, im speziellen ein Feeder der Owens Bottle Co., welcher dem Rankinschen Feeder ähnlich arbeitet. Die Konstruktion des Feeders und seine Arbeitsweise erhellt nach den Ausführungen von A. Wendler†) über den Rankin-Speiser. Von diesem unterscheidet sich derjenige der Owens Bottle Co., Toledo, wesentlich dadurch, daß der Treiber während eines Hin- und Herganges eine Drehung um 360° um seine Längsachse erfährt. Das Glas strömt aus der eigentlichen

Wanne in einen Vorherd, an dessen Stirnwand der Speiser eingebaut ist. Die stark herausragende Form des Vorherdes bringt naturgemäß nicht geringe Abkühlungen des Glases mit sich, so daß erhebliche Zähigkeitsunterschiede in einzelnen Schlierenpaketen auftreten können, welche nach bekannten Prinzipien für die Qualität der Produkte nachteilig sind. Es ist daher in erster Linie Sorge zu tragen, daß das Glas möglichst konzentrisch zur Auslaßöffnung des Speisers fließt und dabei durchgerührt wird. Der Speiser der Owens Bottle Co. erreicht dies durch die erwähnte Drehung des Treibers während des Auf- und Niederganges, wie im Rankin-Feeder ein Zylinder um den Treiber gedreht wird. Gerade diese Drehbewegungen sind also für die Struktureigentümlichkeiten der Schmelzlinge, der Kübel und der Fertigflaschen wesentlich.

Partialströmungen, Ausbrennen und Mittelschlieren.

Es ist unvermeidlich, daß durch die Abkühlung des Glases im Vorherd komplizierte Partialströmungen auftreten, deren Beherrschung nur schwer durch Zusatz-Heizungen u. dgl. gelingen kann; es ist auch nicht möglich, ohne ein gesondertes Studium dieser Erscheinungen an Ort und Stelle Sicheres auszusagen, inwieweit solche Partialströmungen die Inhomogenität des Glases im gesamten Fertigungsprozeß bedingen. Daß sie aber vorhanden sind, ist keine Frage. Infolge der laminaren Strömungen der z. B. an Tonerde verschieden stark angereicherten Schlierenpakete wird auch das Rühren des Treibers nicht mehr zu einer Homogenisierung führen können. In der Tat zeigen alle Schmelzlinge, welche zur Untersuchung vorgelegt wurden (s. Bild 1), die höchst charakteristischen Tonerde-Schlieren, die von den Wandungen des Speisers und vom Treiber selbst herrühren. Vor allen Dingen aber ist kennzeichnend, daß die auf „Kohlegelb“ (Eisensulfid) beruhende Braunfärbung des Glases oft durch Ausbrennen zerstört erscheint, und zwar besonders typisch in der Seele der Schmelzlinge usw. als ausgeprägte „Mittelschlieren“¹⁾. Diese rührt unzweifelhaft her von einer Ober-

*) W. Eitel, Glastechn. Ber., 10 (1932), H. 9, S. 469—477; 32 Abb.

**) W. Eitel, Glastechn. Ber., 11 (1933), H. 6, S. 201—205; 9 Abb.

***) W. Eitel, Glastechn. Ber., 10 (1932), H. 3, S. 121—125; 4 Abb.

†) A. Wendler: „Maschinelle Glasverarbeitung“ (Leipzig 1929), S. 185—192.

¹⁾ In der Aussprache wies Herr Dr. Jebsen-Marwedel auf die Möglichkeit hin, den „Ausbrand“ des gelbbraun gefärbten Sulfidglases auf eine Reaktion des Sulfids mit sulfathaltigem Glas zurückzuführen. Dieser Deutungsmöglichkeit kann ich mich nur anschließen.

flächenschicht des Glases, die mit der oxydierenden Ofenatmosphäre in Berührung stand und von dem Treiber mitgenommen und in das innere Stück der Posten usw. hineingestoßen wird. Gleichzeitig ist diese ausgebrannte Mittelschliere besonders stark mit Tonerde beladen, welche durch die zähe Auflösungsschicht an der Oberfläche des Treibers selbst in das Glas kommt. Diese Mittelschliere ist daher besonders leicht zur Orientierung in allen Schmelzlingen, Kübeln und Fertigflaschen zu verwenden; sie bildet bei den ersteren die Seele des Glaskörpers.

Schnittspuren an den Schmelzlingen.

Ein weiteres, besonders wesentliches Symptom, welches durch die Funktionen des Speisers bedingt wird, ist der Vorgang der Schnittbildung zwecks Herstellung der genau dosierten Schmelzlinge. Die an der Unterseite des Speisers befindlichen, durch Druckluftmotor betätigten Schnittmesser wirken zweiseitig, so daß eine kurze scharfe Schnittspur am Glasposten entstehen sollte. Der Schnittvorgang ist notwendigerweise verbunden mit einer merklichen Temperaturabschreckung des Glases an den Schnittstellen, so daß die durch die Scherung zusammengeschobenen Schlierenpakete auch durch den weiteren Formungsprozeß hindurch erhalten bleiben können. Es war zunächst festzustellen, wie weit diese Schnittstellen tatsächlich im Gefüge der

Schmelzlinge usw. sich erkennen ließen. Die Erlangung geeigneter Proben macht erhebliche Schwierigkeiten, wenn das Glas wie im vorliegenden Falle sehr dünnflüssig den Feeder verläßt, also dieser heiß geht, oder das Glas stärker alkalisch eingestellt ist. Unverformt konnte kein Schmelzling aufgefangen werden. Es ist indessen auch ziemlich unerheblich, ob der aus dem Feeder kommende Posten in seiner ursprünglichen Gestalt erhalten bleibt oder etwas verlaufen ist: die Schnittstellen prägen sich in Deutlichkeit aus, wenn Serienschliffe durch die die Schnittstellen enthaltenden oberen und unteren Teile des Schmelzlings gelegt werden. Die kennzeichnenden Zusammenschiebungen an der Schnittstelle sind darin deutlich zu erkennen. Ähnliche Erscheinungen einer Verwischung der Schnittstruktur erhält man, wenn absichtlich die Viskosität des Glases an der Oberfläche durch Zusatzbrenner verringert wird, die nach Wegklappen der Scherenblätter den Stumpf des Schmelzlings im Feeder bei zurückgezogenem Treiber anheizen.

Schlieren-Beobachtungen an den Kübeln der einzelnen Formungsstadien.

Nach dem Abfallen des Postens aus dem Feeder gelangt dieser in die eigentliche Maschine, die nach dem Prinzip der Owens Bottle Co. in acht Stufen arbeitet. Wir gehen bezüglich der mechanisch-technologischen Einzelheiten des Fertigungs-Verfahrens aus von

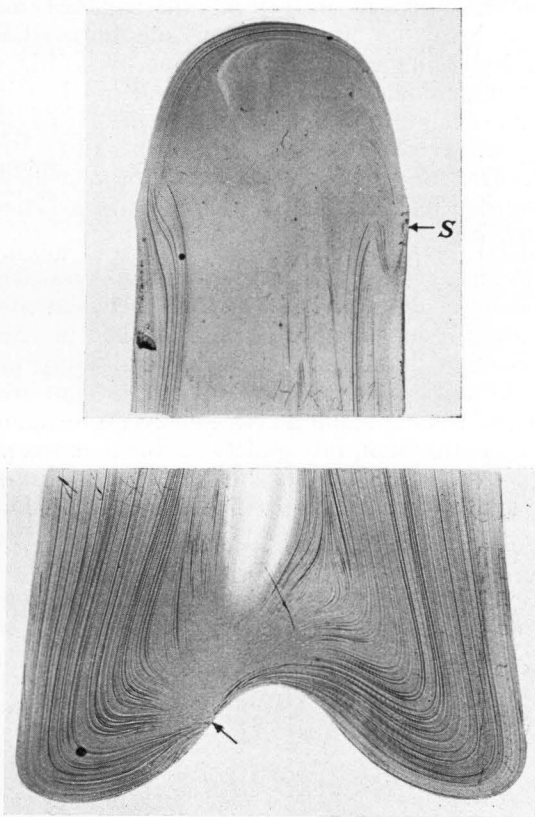


Bild 1. Längsschnitt durch ein Kübel im ersten Vorform-Stadium, Bodenform aufgesetzt. Typische Schnittstelle im Kopfteil. — Mittelschliere.

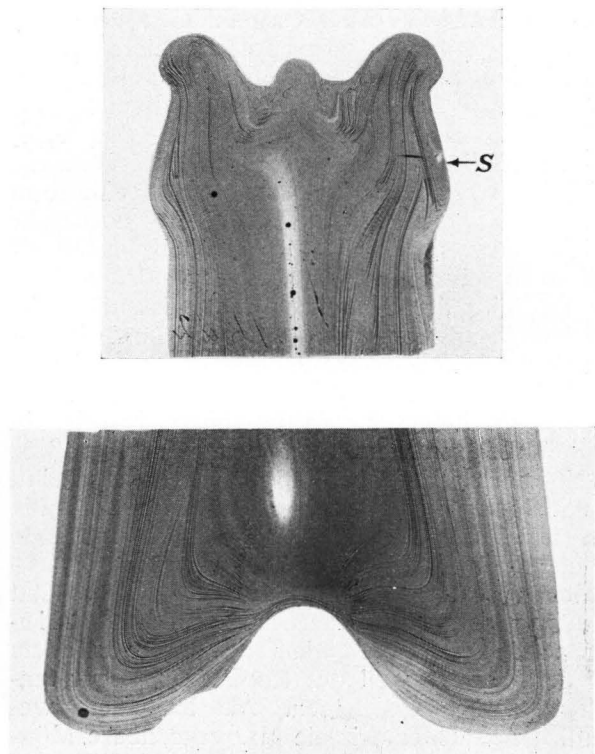


Bild 2. Längsschnitt durch ein Kübel im zweiten Vorform-Stadium, Bodenform aufgesetzt, Mündungsdorn zurückgezogen, aber noch nicht vorgeblasen. Typische Schnittstelle am Boden, parallel zum Schnitt orientiert. — Mittelschliere.

der Schilderung von A. Wendler††), besonders mit Bezug auf die automatische Graham-Maschine.

Im Stadium I fällt der Posten aus dem Speiser in die aufrecht stehende Vorform, welche noch geschlossen ist, und in deren Kopfform der Dorn eingeführt ist. Das Glas füllt die Vorform noch nicht genau aus; es wird infolgedessen nötig, durch den besonderen Teil eines aufgesetzten Druckkolbens mit Boden-Vorform es in das Kopfformstück hineinzutreiben. In diesem Stadium, noch ehe die Druckluft aus dem Druckkolbenteil in das Bodenstück der Vorform eingedrungen war, gelang es, einen Glasposten abzufangen, dessen Schlibbild in Bild 1 vorliegt. Gezeigt ist hier das Schlierengefüge in dem Kopfformteil, noch ehe das Glas gegen den Dorn und um ihn herum gepreßt wurde, und im Bodenstück, auf welches nur eben die Bodenvorform aufgesetzt worden war, die Druckluft zum Einpressen des Glases aber noch nicht gewirkt hatte. Am Kopfstück ist besonders auffallend die Schnittstelle, deren seitliche Lagerung ebenfalls zu bemerken ist. Die Mittelschliere ist im Kopfteil weniger ausgeprägt als im Bodenteil, welcher ebenfalls eine deutliche Schnittspur trägt; auch diese ist etwas seitlich verlagert.

Im Stadium II wird das Glas in die Kopfform hineingeblasen, so daß diese genau ausgefüllt wird; das Glas legt sich um den Dorn, und dieser wird am Ende des Vorgangs zurückgezogen. In dieser Stufe ist also das Kübel bereits als Massivkörper vorgebildet, so daß alle weiteren Vorgänge beim Aufblasen nur noch „Abwicklungen“ der betreffenden Struktur sein können. Ein in diesem Stadium abgefangenes Kübel zeigt Bild 2 im Schlierenbilde. Das Kopfstück läßt die Umrisse der Form gut erkennen; beim Zurückziehen des Dorns in der Kopfform ist es offenbar unvermeidlich, daß das noch sehr weiche Glas der Seele des Kübels nachfließt und so die eigentliche Auswölbung entstand. Für die Deutung der Strukturen selbst ist diese Erscheinung unwesentlich. Ausgezeichnet ist in Bild 2 die Mittelschliere zu erkennen, welche im Kopfteil sogar mit der Bildung von Blasen verbunden erscheint; die Mittelschliere ist hier in zwei Teile zerschert, von denen der größere Zweig nach links oben abgequetscht erscheint, der kleinere rechts oben aber deutlich in die scharfe Schnittstelle einmündet, die sich am Rande an die Kopfform angelegt hat. Durch das Nachstoßen des unter Druck stehenden Glases hat eine sehr deutliche Stauchung der Schlierenpakete stattgefunden, so daß, vor allem auf dem rechten Teil des Kopfstücks, sogar umgelegte Falten erscheinen. Als besonders wesentlich betrachten wir die klar erkennbare Möglichkeit, daß ein horizontaler Querschnitt unter solchen Verhältnissen durch die Gegend der Schnittstelle hindurch zwei deutlich verschiedene Aeste der Mittelschliere anschneiden kann, welche,

mit einer aufsteigenden Umschlagsfaltung verbunden, zu höchst eigenartigen und verwickelten Strömungsbildern Anlaß geben können, wie wir solche tatsächlich später in Flaschenhälsen festgestellt haben (vgl. Bild 3).

Im Stadium III der Kübelherstellung erfolgt vom Hohlraum aus nach Zurückziehen des Dorns das Vorblasen; gleichzeitig zieht sich der Druckkolben aus der Bodenvorform zurück, und das Kübel erfüllt diese weiter. In diesem Stadium ist zunächst der entscheidende Vorgang das „Abwickeln“ der Struktur des Glases im Kopfstück unter Anlegen an die Vorform. Das Abwickeln selbst kann im Einzelnen nicht verfolgt werden, es dürfte aber in wesentlichen Zügen identisch sein mit den entsprechenden Prozessen beim Aufblasen der Flaschen im Owens-Saug-Verfahren (vgl. Glastechn. Ber., 10 (1932), H. 9, S. 471); es findet nicht nur ein Ausweiten des Hohlraums in horizontaler Richtung statt, sondern eine ganz wesentliche Verlagerung nach der Bodenform hin. Infolgedessen müssen alle derartigen Kübel und auch die fertigen Flaschen nicht weniger deutlich die Abwicklung der Strukturen im oberen Teil von Bild 2 verraten, wie dies weiter unten an Material von Horizontalschnitten im Einzelnen gezeigt wird.

Das fertige Kübel wird nun in der geöffneten Vorform freigelegt und sogleich mit raschem Schwung um 180° um eine horizontale Achse herumgekippt. Bei diesem kräftigen Schwung wird das noch zähflüssige Kübel deutlich „gelängt“ und kommt nun in die Fertigform, in welcher es zunächst noch etwas frei hängt. Der Bodenteil dieser Fertigform schließt sich um den unteren Teil des Kübels (Stadium IV und V).

Im Stadium VI beginnt dann erst das eigentliche Fertigblasen, bei welchem die Aufweitung der langgezogenen Halsform des Kübels zum Bauch der Flasche endgültig erfolgt. In der schon festgewordenen Gestalt des Mundstücks des Kübels ist keine Verformung mehr zu befürchten, infolgedessen findet das endgültige Aufblasen bereits bei geöffneter Kopfform statt (Stadium VII und VIII). Die

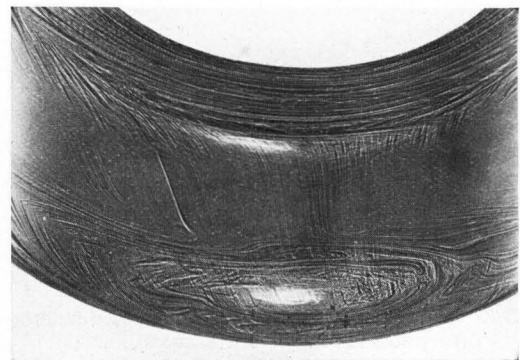


Bild 3. Großaufnahme einer umgeschlagenen Doppelschnittspur (oberer Schnitt).

††) Ebendort, S. 83—89.

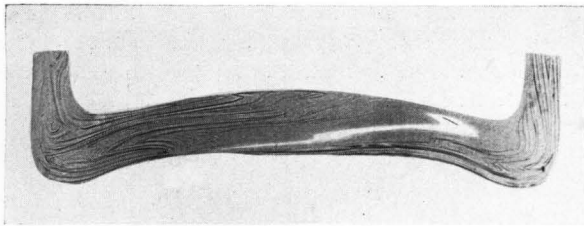


Bild 4. Querschnitt des Bodenstücks der fertigen Flasche, genau an einer Schnittstelle getroffen, fast auf der ganzen Schnittpur entlang, mit ausgebrannter Mittelschliere.

fertige Flasche verbleibt in der geschlossenen Fertigform noch so lange, bis die Formung des nächsten Kübels im Stadium III erreicht ist: es öffnet sich die Fertigform, und die Flasche wird ausgeworfen.

Schlieren-Beobachtungen an fertigen Flaschen.

Für die Beurteilung der ganzen Strömungsverhältnisse in ihrem Einfluß auf das endgültige Gefüge der Flaschen sind allein ausschlaggebend die ersten Stadien der Kübelbildung, denn die nachfolgenden Stadien verändern nur noch die absolute Lage der Schlierenpakete zu einander, nicht mehr die relative. Leider ist die Entnahme von Schmelzlingen und Kübelvorstadien doch so schwierig, daß zum eingehenderen Studium der vorkommenden Störungen und der ihnen zugrundeliegenden Gefügebilder wieder hauptsächlich auf fertige Flaschen zurückgegriffen werden mußte. Zur Verfügung standen eine Reihe Flaschen verschiedener Jahrgänge, von welchen als charakteristischste Teile die Böden und die Hälse, ganz besonders die Teile nahe der Mündung gewählt wurden. Nach Möglichkeit wurden die Schliffe als Horizontal- oder Querschnitte gegen die Nähte der Fertigform bzw. der Kopfform orientiert, obwohl naturgemäß es noch wichtiger sein muß, sie auch gegen die Spuren der Schnittlinien am Schmelzling zu orientieren. Dies gelang jedoch mit Sicherheit nur in den Fällen, in welchen durch eine lichtere Färbung des Glases die Stellen erkannt werden konnten, an denen die ausgebrannte Mittelschliere an die Oberfläche der Flaschen gelangte.

In erster Linie sind Bodenstücke zum Studium der verschiedenen Merkmale der Glasströmungen geeignet, da an der Mehrzahl der Flaschen die breite Mittelschliere vom oberen Teil des Schmelzlings ausgezeichnet erhalten bleibt, und die Schnittstellen an ihrem Ende gelegen sind. Man erkennt im Boden solcher Flaschen die Gegend der Schnittstelle dann ohne weiteres als heller gefärbte Flecken im Glase. Dieses Orientierungsmittel gestattet trotzdem noch nicht mit Sicherheit eine Verfolgung der Schnittpur auf ihrer ganzen Länge, da durch die Drehbewegung des Treibers die Mittelschliere sich nicht genau achsial in dem Glasposten aus dem Feeder anordnet, sondern etwas schraubenförmig verdreht wird und nachträglich beim Aufblasen noch weiter unregelmäßig seit-

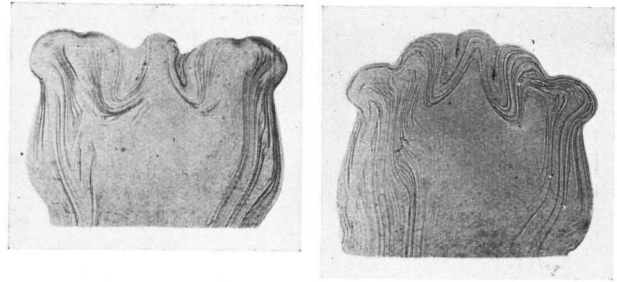


Bild 5a und b. Köpfe der Kübel aus der Vorform. „Verknetete Struktur“.

lich verdrückt werden kann. Bild 4 zeigt ein typisches Beispiel für derartige Mittelschlieren mit mehr oder minder genau getroffenen Schnittstellen. Es ist unter allen Umständen deutlich wahrzunehmen, wie die Mittelschliere hier stets von einer kräftigen Tonerde-Schliere begleitet ist, welche unter gekreuzten Nicols deutlich erkennbare permanente Spannungen erzeugt. Die stark einseitig gelagerten Schnittstellen bedeuten daher entschieden Stellen vermehrter Bruchgefahr für die Flaschen. Im übrigen zeigt das Bild deutlich noch die Auswirkung des „Längens“ der Kübel im Stadium IV und des Blasens im Stadium VI/VII in den mannigfach gestauchten Faltensystemen, die durch Uebereinanderschieben verschiedener Schlierenpakete zustandekommen (besonders schön im linken Teil des Bildes 4).

In den Halsteilen der Fertigflaschen ist die Struktur nicht immer leicht zu deuten, da die Möglichkeit der Ausbildung „verkneteter“ Stauchungsstrukturen hier ungleich größer erscheint. Bild 5 zeigt noch zwei deutliche Beispiele von Kopfstücken von Kübeln aus Stadium II, die durch das Einpressen in die Kopfform besonders stark verknetet wurden. Die Schnittstellen sind hier nicht zu erkennen; sie liegen offenbar stark geneigt gegen die Schliffebene. Werden derartig verknetete Strukturen nunmehr durch Aufblasen in Stadium III und VI weiterhin „abgewickelt“, so entstehen sehr komplizierte Bildungen, die auf Längsschliffen durch Flaschenhälse erkannt werden können, aber nur schwer räumlich zu deuten sind. Man erkennt im wesentlichen darin mehrfach umgelegte Faltungssysteme, aber keine deutlichen Schnittstellen.

Es war infolgedessen zweckmäßiger, zur Methode der serienmäßigen Horizontalschliffe überzugehen. Besonders schön lassen solche an den Strukturen erkennen, daß nicht nur eine deutliche Wicklung (Verdrehung) der Schlierenpakete und Falten um die Längsachse des Kübels und der Fertigflasche herauskommt, sondern vor allem auch eine schraubenförmig ansteigende Feinstruktur dieser Schlieren mitsamt ihren sehr komplizierten Stauchungserscheinungen. Diese sind eine eindeutige Folge der Aufblase- wie der Abwicklungsvorgänge in dem oben berührten Sinne.

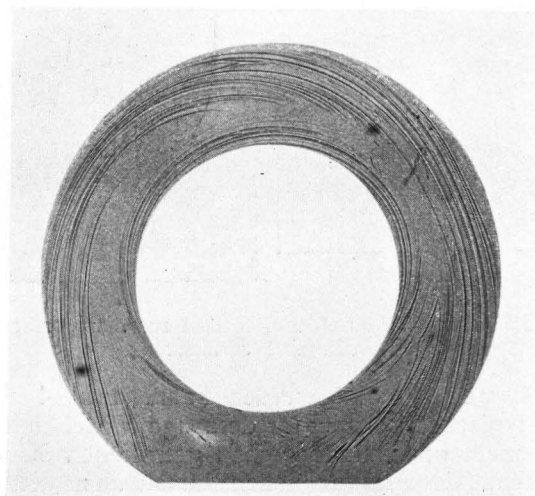


Bild 6. Querschnitt durch Flaschenmündung (lose abgeplatztes Stück).

Deutliche „Wickelstruktur“, etwas oberhalb der Schnittstelle getroffen, mit ausgebrannter Mittelschliere (etwas schräge getroffen).

Die Wickelstruktur der Schlierenpakete wurde ganz besonders schön erkannt in einer Reihe von Schliffen, die in nächster Nähe des Mündungsstückes hergestellt wurden. Zum Studium dieser Erscheinungen dienten Mündungsringe, welche direkt als abgesprungene Ringe übermittelt worden waren. Fast alle diese Bruchringe ließen die Stellen erkennen, von welchen der Bruch ausgegangen war; die zugehörigen Schliffe, von denen Bild 6 ein charakteristisches Beispiel zeigt, wiesen stets mit eindeutiger Sicherheit auf die Ausbildung starker Schlierenhäufungen an Schnittstellen hin, in deren Nähe auch die Bruchstellen lagen. Die Schnittstellen verraten sofort das Auftreten deutlicher Mittelschlieren mit tonerdereicher Seele, und die Ringe zeigen überaus typisch die Wickelstruktur, wie sie von Anfang an aus dem Posten am Feeder durch die Bewegung des Treibers abzuleiten ist. Lediglich die Stauchungen beim Aufblasen des Külbels lagern sich noch über diese Struktur. Bei der starken Asymmetrie der Erscheinungen ist wiederum die einseitige Lage der mit erheblichen Inhomogenitäten verbundenen Schnittstelle die Hauptursache der gefahrbringenden Spannungen, die auch durch sorgfältiges Kühlen nicht mehr zu entfernen und sogar noch im Schliff deutlich zu erkennen sind.

Ein besonders eindrucksvolles Bild der Schnittspuren vermittelte in erheblich vergrößertem Maßstabe das Bild 3, worin ein Schnitt einer Serie aus dem Hals einer Flasche wiedergegeben ist. Die betreffende Flasche weist ein ganz besonders verwickelter System von Stauchungen auf, welches sich vorzugsweise auf das Schlierenpaket in der Nähe der Schnittstelle und der diametral gegenüberliegenden Gegend konzentriert. Neben der deutlichen Wickelstruktur ist aber hier der Nachweis einer doppelten Mittelschliere wesentlich, deren kurzer Flü-

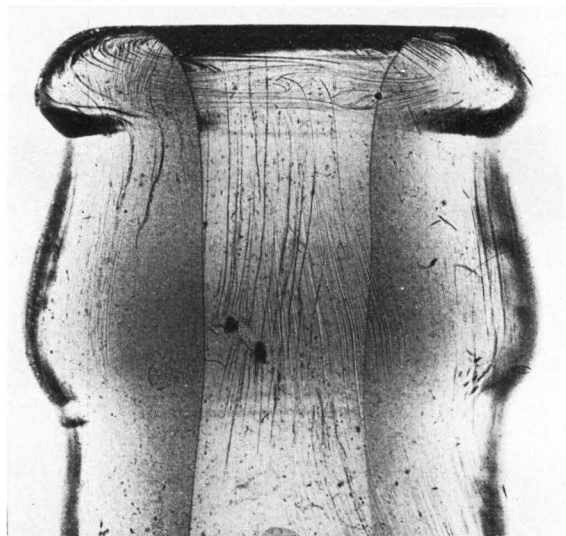


Bild 7. Mündungsstück, in Xylol eingebettet, zeigt die typischen Stauchungsschlieren am obersten Teil, sowie die perlschnurartig mit Gasblasen besetzten Zerrungssysteme und die Schnittstelle.

gel in der Schnittstelle einmündet, deren erheblich längerer aber nur eben angeschnitten ist, und zwar in dem hellen Fleck oben in Bild 3, dann aber offenbar erst wieder in den tieferen Teilen des Külbels zu finden ist. Die Verhältnisse entsprechen also völlig den bei Bild 2 erwähnten. Die Gefahr für den Bestand der Flasche liegt hier offensichtlich in der Anhäufung stärkerer Inhomogenitäten in beiden Flügeln der Mittelschliere, und zwar nun ganz auf einer Seite des Flaschenhalses. In den unteren Teilen des Halses, wesentlich unterhalb des Austritts der Schnittspur, ist das Gefüge weit weniger inhomogen.

Blasenzüge und Ausscheidungen im Halsstück.

Zum Schluß sei noch auf eine auffallende Erscheinung hingewiesen, die bei dem vorliegenden Untersuchungsmaterial an ausgesprochen sulfid-gefärbtem Glase allein beobachtet werden konnte.

Im Halsstück der Flaschen (Bild 7) zeigen sich oft makroskopisch auffallende Blasenzüge, die wie dunkle Schlieren etwa in Richtung der Naht der Kopfform verlaufen. Es stellt sich bei Herstellung von Querschliffen heraus, daß die Blasenzüge in die Gegend der Schnittspur hinein verlaufen. Bei näherer Prüfung der Schliffe ergibt sich, daß die Blasenzüge am äußeren Rande jeweils radial angeordnet verlaufen und in die Schnittspur einmünden. Es unterliegt nach dieser Verteilung der Blasenzüge kaum einem Zweifel, daß diese mit der Schnittbildung eng zusammenhängen. Am wahrscheinlichsten haben sie sich auf radialen Zerrstellen gebildet, als gaserfüllte Blasen, die durch das Abwickeln der zäheren Teile der Schnittspur gegen die Wandung der Hauptform hin entstanden. Die streng lokal bedingte Anordnung der Blasenzüge, senkrecht zu der Wan-

derung der Kopfform, ist kaum anders zu erklären. Zudem beobachtet man noch im Querschnitt, daß eine ganz eigenartige, rund um die ganze Peripherie des Ringes verlaufende Zone feinsten, schwarz erscheinender Ausscheidungen im Glase sich ausbildete. Auch diese streng lokal bedingte Erscheinung hat zweifellos ihre Ursache im Formungsprozeß, und zwar in dem Stadium der Anpressung des Glases in der Kopfform (II) und dem nachfolgenden Vorblasen (IV). Die auffallende Regelmäßigkeit, mit welcher gerade dieses System von Ausscheidungen senkrecht zu dem System der Zerrspannungen im Glase und der durch sie entstandenen Blasen verläuft, ist nur durch die Art der Formgebung zu erklären. Die chemische Natur der Ausscheidungen selbst ist in den peripherischen Partien nur sehr schwer anzugeben; sie sind so fein, daß selbst bei starken Vergrößerungen nicht einmal sicher die Frage zu

entscheiden ist, ob es sich um feinste feste Ausscheidungen etwa von Metalloxyden (Zunder von den Formen u. dgl.) oder um feinste gaserfüllte Hohlräume von mehr oder weniger flacher Form handelt, was wahrscheinlicher ist.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend ist aus allen Strukturbildern von Schmelzlingen, Kübeln und Flaschen zu schließen, daß die Eigenart des Feederprozesses durch rotierenden Treiber und Scherenschnitt kennzeichnende Glasströmungen verursacht, welche eine asymmetrische Anordnung stofflicher und physikalischer Inhomogenitäten mit sich bringen. Der Vorgang der Strukturentwicklung ist durchaus zwangsläufig und kann bei der gegebenen mechanischen Anordnung nicht wesentlich abgeändert werden. Diese Tatsache ist eine neue Bestätigung gleicher Erkenntnisse aus dem Feeder-Lynch-Verfahren und dem Owens-Saugprozeß. (8578)

DK 539.211 : 666.15 : 666.163

Unterscheidung des Flachglases hinsichtlich Herstellungsart und Nachbearbeitung durch Schleifen und Polieren.

Von Dr. F. H. Zschacke, Glastechnisches Laboratorium der Technischen Hochschule Berlin.
(Vortrag bei der 17. Glastechnischen Tagung, Berlin, 16. XI. 1933.)

Grundzüge der verschiedenen Verfahren zur Herstellung des Flachglases. — Unterscheidung der nach den verschiedenen Verfahren hergestellten Glastafeln an großen Tafeln. — Schwierigkeiten und Grenzen dieser Unterscheidungsmöglichkeit. — Durch Anätzen des Glases mit verdünnter Flußsäure-Schwefelsäure wird eine Aetzstruktur erhalten, welche erkennen läßt, ob das Glas eine nachträgliche Oberflächenbehandlung erhalten hat, und wenn dies nicht der Fall ist, nach welchem Verfahren es hergestellt wurde. — Mikroskopische Untersuchung der Aetzstruktur des geschliffenen und polierten Glases. — Bei nachbehandelter Oberfläche erlaubt die Beobachtung der Schlierenstruktur die Trennung in gezogenes und gewalztes Glas. — Zusammenfassung.

Die Verfahren zur Herstellung des Flachglases.

Unter dem Namen Flachglas wird Tafelglas, Fensterglas und Spiegelglas zusammengefaßt, unabhängig von der Herstellungsart dieser Gläser. Vor der Einführung der maschinellen Arbeitsweise im Gebiete des Tafel- und Fensterglases gab es nur zwei grundsätzlich verschiedene Herstellungsarten des Flachglases, nämlich Ausblasen einer Walze mit nachfolgendem Strecken zu einer dünnen Tafel (vom Mondglasverfahren sei hier abgesehen), und Auswalzen des Glases zu einer dicken Tafel, die gegebenenfalls geschliffen und poliert wurde. Da es nicht möglich war, das geblasene und gestreckte Fensterglas über eine bestimmte Dicke hinaus herzustellen, während andererseits der Walzvorgang es nicht gestattete, das Spiegelglas unter einer bestimmten Stärke auszuwalzen, war, abgesehen von den optischen Eigenschaften der Glasoberfläche, bereits in der Dicke das Unterscheidungsmerkmal für beide Glassorten gegeben.

Diese Unterschiede wurden verwischt, als es gelang, mit Hilfe der maschinellen Arbeitsweisen die Stärke der geblasenen Walze oder des gezogenen Glasbandes immer mehr zu erhöhen und durch Verbesserung des Walzverfahrens die gewalzten Tafeln immer dünner auszuwalzen. Es ist daher heute nicht mehr möglich, aus der

Stärke der Tafel auf das Herstellungsverfahren zu schließen. Das Eindringen der Maschine in das Gebiet des Fensterglases führte fast gleichzeitig zu vier verschiedenen, in der Praxis ausgeübten Arbeitsweisen (abgesehen von einigen anderen, bisher nur mehr oder weniger theoretisch entwickelten Verfahren): dem Lubbers-Verfahren (das Verfahren nach Sievert sei nur erwähnt), dem Fourcault-Verfahren, dem Colburn- oder Libbey-Owens-Verfahren und dem Pittsburgh-Verfahren. Von diesen ist das Lubbers-Verfahren bereits wieder verschwunden und das Pittsburgh-Verfahren noch nicht zu völlig befriedigendem Arbeiten entwickelt.

Die Arbeitsweisen der Verfahren zur Flachglasherstellung unter Berücksichtigung der die Glasoberfläche beeinflussenden Faktoren sind folgende:

1. Bei dem Fensterglas nach dem Mundblasverfahren wird zunächst eine Walze an der Glasmacherpfeife ausgeblasen, diese Walze nach Absprengen von der Pfeife in der Längsrichtung aufgesprengt und dann mit einem Bügelholz auf einer Steinunterlage glatt gebügelt, die mit feinem Gips- oder Kalkpulver bestreut ist. Vom Streckstein wird sie dann auf einen Wagen geschoben, auf dem sie durch den Kühlkanal gefördert wird.

2. Das halbautomatische Verfahren nach Lubbers zieht auf mechanischem Wege eine Walze aus einem kleinen Trog senkrecht in die Höhe. Diese Walze wird auf einem Schaff abgelegt, hier in