

Herr Dr. Polivka nahm folgendermaßen Stellung zu dieser Zuschrift: „Ich schlage vor, die Festigkeitswerte für größere Glastafeln in jedem einzelnen Fall an Hand von kleinen Versuchstafeln $10 \times 15 \text{ cm}^2$ zu bestimmen. Für den Fall, daß diese einfachen und wenig kostspieligen Proben nicht durchgeführt werden, empfehle ich, bestimmte Näherungswerte für diese Abmessungen als Ausgangswerte für die Berechnung der Biegefestigkeit einer beliebig großen Tafel anzunehmen. Es ist mir wohl bekannt, daß die Biegefestigkeit bei bearbeiteten Oberflächen infolge der Kerbwirkung vermindert wird; da es sich jedoch um Ausgangswerte handelt, die durch

die Größe und Dicke der Glastafeln stark herabgesetzt werden, so ist ein kleinerer Unterschied bei den angenommenen Werten ohne große Bedeutung. Bei der Festsetzung dieser Näherungswerte habe ich mich an die Ergebnisse der von E. Albrecht⁴⁾ durchgeführten Versuche gehalten, nach welchen die Mittelwerte der Bruchlast bei rechteckigen, allseits aufliegenden Glasplatten folgende Zahlen ergaben: Spiegelglas A = 500, Spiegelglas B = 402, Maschinenglas M = 377 kg.“

Schriftl.
4) E. Albrecht: „Festigkeitsversuche mit Spiegel- und Maschinenglas“, Glastechn. Ber., 11 (1933), S. 58 bis 63.

DK 666.1.004.6 : 666.1.031.157 : 666.1.037.8

Das „Blasen“ des Glases bei der Weiterverarbeitung vor der Flamme.

Von J. Enß*).

(Eingegangen 15. Mai 1936.)

Ursachen und Erscheinungsformen des „Blasens“.

Das „Blasen“ des Glases kann je nach der Zusammensetzung des Glases verschiedene Ursachen haben. Gläser, die leichtflüchtige Bestandteile, wie z. B. B_2O_3 , enthalten, „blasen“ in der Hauptsache infolge der Verdampfung des Bortrioxids, wie von Thomas nachgewiesen werden konnte. Da dieses bekanntlich besonders bei Zutritt von Wasserdampf flüchtig ist — in obigem Fall stammt letzterer aus der Flamme —, wurde versucht, ob man mit einer reinen CO-Flamme das Verdampfen des Bortrioxids und damit das Blasen weitgehend vermeiden kann. Diese Gläser blasen indessen auch mit reiner CO-Flamme. Eine ähnliche Ursache hat m. E. auch das Blasen von äußerst hochschmelzenden borsäure- und alkalifreien Gläsern. Hier verdampfen bei der hohen Flammentemperatur wahrscheinlich die Glasoxyde SiO_2 usw. Darauf deutet die Art des Blasens hin. Es bildet sich genau wie bei den B_2O_3 -haltigen Gläsern eine Art Schaum; die Gläser blättern gewissermaßen ab. Indessen fehlt noch der Nachweis, daß dies wirklich so ist.

Sieht man aber von den B_2O_3 -haltigen und von den alkalifreien, hochschmelzenden Gläsern ab, so hat das Blasen des Glases bei der Weiterverarbeitung vor der Flamme einen anderen Grund. Die Erscheinung ist auch eine ganz andere. Es bilden sich nämlich richtige Blasen, die bei Erkalten des Glases erhalten bleiben, und in jeder Blase ist Gas enthalten. Nur von dieser letzten Art des Blasens soll im folgenden die Rede sein.

Dieses Blasen ist nicht auf Schmelzfehler zurückzuführen. Schmilzt man Glas aus reinen Oxyden, also ohne Bestandteile, die in der Schmelze Gase entbinden, so bläst ein solches Glas bei Weiterverarbeitung vor der Flamme

auch; ebenso blies ein Glas, das vorher rd. 1 Stunde lang bei einem Vakuum von 160 mm Hg und 1600°C gehalten wurde (dieses Glas wird sonst bei 1450°C geschmolzen und geläutert).

Versuche zur Vermeidung des Blasens.

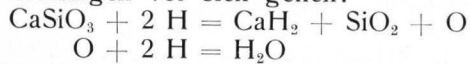
Das Blasen des Glases ist temperaturabhängig. Unter 1000°C und über 1400°C (gemessen mit Thermolement ohne Schutzrohr) entstehen kaum noch Blasen. Diese Temperaturen liegen indessen auch für ein bestimmtes Glas nicht fest, da am Rande der Auftreff-Fläche der Flamme auf das Glas natürlich niedrigere Temperaturen herrschen als in der Mitte dieser Fläche. Jedenfalls sind aber außer der Temperatur noch andere Einflüsse von Wichtigkeit. Man kann durch kleine Umstellung der Flamme häufig das Blasen vermeiden oder doch stark beeinflussen. An einunddemselben Glasgegenstand (am besten einem Hohlglaskörper) kann man z. B. mit derselben Flamme dadurch, daß man den Gegenstand um einige Millimeter vor der Flamme verrückt, Einschmelzungen voller Blasen und andere vollständig frei von Blasen beliebig herstellen.

Um die wahre Natur des Blasens zu erkennen, war es notwendig, den Gasinhalt der Blasen zu untersuchen. Dies geschah nach dem von A. Krogh (1) stammenden mikroskopischen Verfahren, das schon früher vom Verfasser dieser Arbeit für die Untersuchung von Glasblasen umgearbeitet wurde (2). 20 Blasen, die beim Weiterverarbeiten des Glases vor der Flamme entstanden, wurden untersucht. Sie enthielten alle ausnahmslos nur Wasserstoff.

Das Auftreten der Wasserstoffblasen kann man sich vielleicht folgendermaßen erklären. Beim Erhitzen vor der Flamme durchläuft die Glasoberfläche alle Temperaturen von Zimmertemperatur bis über 1000°C nacheinander. Innerhalb dieser Temperaturspanne liegt die günstigste Bildungs- und Zersetzungstemperatur für die Hydride der Alkalien und Erdalkalien, nämlich etwa 300°C bzw. etwa 800°C . Die Hydride bilden sich an und unmittelbar unter der Oberfläche des Glases mit Hilfe des aus der Flamme stammenden Wasserstoffs bei etwa

*) Bem. d. Schriftl.: Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bildeten einen Teil der Ausführungen des Herrn Dr. M. Thomas „Ueber das Verhalten von Gläsern beim Verarbeiten vor der Lampe“ bei dem Internationalen Glas-Kongreß in London, Juli 1936. Wegen der Abmachungen über den Zeitpunkt der Drucklegung der Londoner Vorträge kann der schon am 15. Mai hier eingegangene Aufsatz erst jetzt veröffentlicht werden.

300 °C. Der bei etwa 800 °C wieder abgespaltene Wasserstoff kann aus den unter der Oberfläche des Glases liegenden Hydriden nicht mehr entweichen, da die Oberfläche des Glases in der Flamme flüssig geworden ist; er erscheint als Blase. Die Bildung der Hydride könnte nach den Gleichungen vor sich gehen:



oder $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2 \text{H} = \text{NaH} + \text{NaHSiO}_3$.

Versuche, auf Grund der Hydridhypothese „nichtblasende“ Gläser (aus Oxyden der Elemente, die keine oder die nur schwer Hydride bilden) zu erschmelzen, hatten indessen keinen Erfolg, weil diese Gläser alkali- und erdalkali-frei sein müssen und daher zu hoch schmelzen. Bei solchen Gläsern tritt wahrscheinlich Verdampfung der Bestandteile ein (siehe oben).

Da der Weg auf der Basis der hydridfreien Gläser nicht zum Ziele führte, war es nahelegend, ein wasserstofffreies Heizgas, nämlich Kohlenoxyd, für die Weiterverarbeitung vor der Flamme zu verwenden. Ganz reines Kohlenoxyd (technisches Kohlenoxyd enthält leider immer Wasserstoff und ungesättigte Kohlenwasserstoffe) ohne Zusatz von Sauerstoff gibt tatsächlich bei Temperaturen*), bei denen das Glas sonst stark bläst, keine oder nur wenige und ganz kleine Bläschen, die nicht viel zu bedeuten haben. Setzt man dem Kohlenoxyd aber Sauerstoff zu, so entstehen wieder Blasen. Indessen sind auch diese Blasen viel kleiner als die mit wasserstoffhaltigen Heizgasen hergestellten. Es gelang bisher nur drei dieser sehr kleinen Bläschen einwandfrei zu analysieren. Sie enthielten alle drei nur Sauerstoff.

Eine Erklärung für diesen Befund ist schwierig. Man könnte sich den Vorgang etwa so erklären: Der beim Verbrennen des CO zu CO₂ freiwerdende atomare Sauerstoff dringt infolge seines verhältnismäßig geringen Atomgewichts (kleines Atomgewicht = großes Effusionsvermögen) oberflächlich in das heiße, aber noch

*) Man erhält mit reinem CO-Gas, ohne direkten Zusatz von Luft oder Sauerstoff, genügend hohe Temperaturen, wenn man einen Schweißbrenner benutzt.

festes Glas ein (festes Glas ist bekanntlich in heißem Zustand — wenigstens ist dies festgestellt bei Wasserstoff — für Gase bis zu einem gewissen Grade durchlässig); die Oberfläche wird flüssig, und der unter die Oberfläche eingedrungene Sauerstoff erscheint als Blase. Diese Erklärung könnte man u. U. auch für die wasserstoffhaltigen Bläschen annehmen.

Es gibt, wie aus obigem hervorgeht, also keine praktische Möglichkeit, durch Aenderung der Zusammensetzung des Heizgases das Blasen gänzlich zu vermeiden. Reines Kohlenoxyd dürfte zu teuer sein; außerdem bleiben damit die Blasen auch nicht völlig aus, da ja auch atomarer Sauerstoff entsteht, wenn man reines Kohlenoxyd an der Luft verbrennt.

Will man das Blasen vollständig vermeiden (die hochschmelzenden Gläser und die Gläser mit leicht verdampfenden Bestandteilen bilden auch hier natürlich eine Ausnahme), so muß man die Gläser durch elektrische Beheizung verformen. Erhitzt man normale Gläser elektrisch auf die Temperatur, bei der sie sonst vor der Flamme stark blasen, so bleiben sie vollständig frei von Blasen.

Es bestehen bereits Patente darüber, Glas durch elektrische Beheizung weiter zu verarbeiten; neu ist im obigen Fall der Gedanke, das Blasen des Glases durch elektrische Beheizung bei der Weiterverarbeitung zu vermeiden.

Zusammenfassung.

Die Ursache des „Blasens“ des Glases bei der Weiterverarbeitung vor der Lampe wird festgestellt. Der Aufsatz enthält ferner Versuche zur Erklärung des Auftretens von Wasserstoff oder Sauerstoff in den Blasen und zeigt schließlich einen Weg, um das Blasen gänzlich zu vermeiden.

Schrifttum.

- (1) A. Krogh: „Methods of microphysical gas analysis“. Skand. Arch. Physical, **25** (1911), S. 188; „Composition of air in tracheal system of insects“, ebenda, **29** (1913), S. 29.
- (2) J. Enß: „Analyse des Gasinhalts von Glasblasen“. Sprechsaal Keramik usw., **66** (1933), Nr. 39, S. 662–666. (Ref. Glastechn. Ber., **11** (1933), S. 424.) (10 689)

DK 658.003.1 : 666.1/2(045)

Der Wirkungsgrad des Industriebetriebes.

Von Dr. B. Kindt, Weißwasser.

(Eingegangen 9. Juni 1936.)

Vorbemerkung der Schriftleitung: Das Zusammenspiel von Technik und Wirtschaft in einem Glashüttenbetrieb ist so vielseitig, daß es schwer fällt, es kalkulatorisch auf einen Nenner zu bringen. Keine Berechnungsart vermag völlig zuverlässige Werte zu geben. Immerhin wird der „Wirkungsgrad“ nach den Gedankengängen des Verfassers vielfach zur Rechtfertigung der technischen Leitung einer Glashütte wertvolle Dienste als eine Art Kennziffer des Betriebes leisten können. — Wir stellen den beachtenswerten Aufsatz zur Aussprache.

Die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes wird vielfach allein auf Grund der Gewinn- und Verlustrechnung beurteilt. Die Entwicklung im Laufe des Geschäftsjahres wird regelmäßig überprüft durch monatliche Zwi-

schensabschlüsse oder Wirtschaftsberichte. Alle diese Angaben sind zusammengestellt unter rein kaufmännischen Gesichtspunkten, unter Benutzung kaufmännischer Buchhaltungs- und Abrechnungsverfahren. Ein Betrieb, der mit Ge-