4. Zerreißapparatur für dünne Glasfäden.

Die bekannte Abhängigkeit der Festigkeitsbefunde von der Belastungsgeschwindigkeit[6]), d. h. Last pro Querschnitts- und Zeiteinheit, verlangt, daß die Lastzunahme für Festigkeitsversuche an dünnen Glasfäden mit ihrem sehr kleinen Querschnitt sehr langsam von statten geht, wenn die Belastungsgeschwindigkeit für „normale" Stäbchen und dünne Glasfäden gleich, und damit die Ergebnisse vergleichbar sein sollen. Um dieser Bedingung bei dünnen Fäden besser entsprechen zu können, außerdem, um das unter Umständen für dünne, längere Fäden schädliche Schwingen des Belastungszylinders im Wasser zu vermeiden, wurde hierfür eine besondere Apparatur entwickelt, die im Bild 3 betriebsfertig und in Bild 7 mit konstruktiven Einzelheiten wiedergegeben ist. Die Versuchsfäden wurden dabei so hergestellt, daß „normale" Glasstäbchen mit Knöpfen versehen und dann unter Erhitzen in der Mitte auf die gewünschte Dicke ausgezogen wurden[7]). (Schematisches Bild 5b.)

Nach Bild 7 trägt die auf einer größeren Grundplatte (1) befestigte Säule (2) eine Querplatte (3), an der über einen verschiebbaren Halter (4) der Versuchsfaden (V) in einer Schlitzfassung (5) als Festpunkt hängt. Die Zugbeanspruchung wird bei dieser Apparatur durch Federspannung unmittelbar übertragen, wobei die auswechselbare Stahlfeder (6) aus zwei entgegengesetzt gewickelten Teilen besteht, so daß Torsion ausgeschlossen ist. An der Millimeterskala mit Nonius (7) kann nach vorheriger Eichung die Zuglast abgelesen werden. Die Federspannung erfolgt durch Motorantrieb, Schneckengetriebe und verschiedene Uebersetzungen (Bild 3) und ermöglicht die Untersuchung der Zerreißfestigkeit in Abhängigkeit von der Belastungsgeschwindigkeit. Die weiteren Einzelteile der Apparatur dienen dem automatischen Anhalten der Belastungssteigerung im Augenblick des Zerreißens und der Entlastung der Feder.

Ein am Halter (4) zu befestigender Ofen (8) mit Thermoelement (9) erlaubt auch hier die Ermittlung der Zerreißfestigkeit bei höherer und durch Unterschieben eines Gefäßes u. a. mit flüssiger Luft bei Tieftemperatur. Ebenso kann natürlich die Zerreißfestigkeit in einem beliebigen Medium untersucht werden.

Bezüglich der Meßgenauigkeit des Einzelwertes gilt das gleiche wie für „normale" Stäbchen. Die Streuung der Festigkeitswerte an dünnen Glasfäden ist wesentlich größer als für „normale" Stäbchen und beträgt bis $\pm 50\%$ und mehr. Für möglichst geringe Streuung ist im übrigen die Innehaltung der für „normale" Stäbchen angegebenen Bedingungen notwendig.

5. Zusammenfassung.

Es werden zwei Vorrichtungen zur Bestimmung der Zerreißfestigkeit von „normalen" Glasstäben und von Glasfäden beschrieben. Die Vorrichtungen ermöglichen eine knick-, stoß- und erschütterungsfreie, sowie stetige Beanspruchung des Versuchskörpers. Die Meßgenauigkeit des Einzelwertes läßt sich leicht unter $\pm 1\%$ halten und beeinflußt damit die Genauigkeit des Mittelwertes einer Reihe von Einzelwerten praktisch nicht, deren Streuung bei den „normalen" Glasstäbchen etwa $\pm 10\%$ und bei Glasfäden $\pm 50\%$ und mehr beträgt. (12 307)

Besonderer Dank für Entwicklung und Bau der Apparaturen gebührt Herrn Institutsmechaniker Hermann Strauß.

A. Smekal, a. a. O.) sind für kurze und lange Stäbchen nahezu gleich. Der Wert dieses Befundes wird jedoch eingeschränkt durch die damit verbundene unvollständige Erfassung der gesamten Versuchsdaten, indem unter den gegebenen Versuchsbedingungen durch Zerreißfestigkeitswerte mit Spiegeln $< 5\%$ bei langen Stäbchen zwar nur wenige Prozente, bei kurzen Stäbchen jedoch 50 bis 90% aller Werte für die Ermittlung einer reduzierten Zerreißfestigkeit ausscheiden und so ihre wirkliche Feststellung damit zumindest wesentlich erschwert wird. Auf Einzelheiten zu diesen Befunden soll hier nicht eingegangen werden.

[5]) Zur Abhängigkeit der Festigkeit von Quarzfäden von der Länge siehe O. Reinkober, Phys. Z., **32** (1931), S. 243 (Ref. Glastechn. Ber., **15** (1937), S. 292).

[6]) Siehe z. B. A. Smekal, a. a. O.

[7]) E. Rexer, Z. techn. Physik, erscheint 1938.

DK 539.4.013 : 539.4.014.11 : 539.41 : 666.11 (042)

Zur Frage der Gestaltfestigkeit von Glas.

Von A. Thum, Darmstadt.

(Vortrag, gehalten auf der 21. Glastechnischen Tagung, Berlin, 16. Februar 1938.)

Zuvor seien einige allgemeine Gedanken bezügl. der neueren Anschauungen über die Festigkeit und insbesondere die Gestaltfestigkeit vorausgeschickt. In den letzten Jahren hat sich ein tiefgreifender Wandel in unseren Anschauungen über die Festigkeit der Konstruktionen, insbesondere der metallischen Konstruktionen, vollzogen. Während man früher glaubte, daß die Festigkeit, die man an einfachen zylindrischen Metallstäben gefunden hat, maßgebend für die Festigkeit der Konstruktionen, insbesondere der zu der Ueberzeugung gelangt, daß man diese Festigkeitswerte nicht ohne weiteres auf eine Konstruktion beliebiger Gestalt übertragen darf. Man hat gefunden, daß die Festigkeit nicht nur stoffbedingt, sondern in hervorragendem Maße auch form- und gestaltbedingt ist. Diese neue Erkenntnis hat man besonders durch Beobachtung des Festigkeitsverhaltens bei veränderlichen Beanspruchungen und namentlich bei stoßartigen Beanspruchungen gewonnen.

Der Werkstoff hat also keine in allen Anwendungsfällen unveränderlichen Festigkeitseigenschaften, wie man bis vor kurzem meistens voraussetzte. Sein Verhalten wird nicht nur durch seinen inneren Aufbau, die Art seines Atomgitters, die Größe und Art der Kristallverbände bedingt, sondern auch durch seine äußere geometrische Form, in der man ihn anwendet. Mit veränderter Form ändert sich die Größe und Verteilung der Spannungen, durch die äußere Form kann das Auftreten zusätzlicher Spannungen auch in Raumrichtungen, in denen kein Kraftangriff erfolgt, bedingt sein. Die bisher meist untersuchte Form war die des zylindrischen Stabes. Sie ist aber nur eine von den unzähligen durchaus gleichberechtigten Formen und zeichnet sich durch nichts vor den anderen aus, als daß hier ein sehr einfacher Sonderfall vorliegt, der jedoch in der Praxis fast nie vorkommt. Trotzdem werden die Prüfungen an einfachen zylindrischen Probestäben auch weiterhin wichtig bleiben, da sie eine Aussage über den Gesundheitszustand und die Gleichmäßigkeit eines Werkstoffes machen; aber sie sind nicht ausreichend, denn der

äußerst wichtige Faktor der Gestaltgebung wird nicht erfaßt. Neben die einfachen Festigkeitsversuche müssen also noch Prüfungen treten, die den Einfluß der Form aufzeigen.

Die Festigkeit der Werkstoffe ist vor allem sehr stark größenabhängig. Ein zylindrischer Stahlstab von 100 mm Durchmesser hat eine viel geringere spez. Festigkeit, gemessen in kg/cm², als ein solcher von 10 mm und gar ein drahtförmiger von 0,1 mm Durchmesser. Dazu kommt noch ein weiterer ganz neuer Gesichtspunkt. Die Festigkeit ist nicht nur werkstoff- und gestaltbedingt, sondern auch zeitabhängig. Namentlich bei veränderlicher Beanspruchung finden wir, daß wir bei kurzzeitiger Belastungsdauer dem Werkstoff eine viel größere Beanspruchung zumuten dürfen, als wenn wir ihn sehr lange, d. h. im Grenzfalle unendlich lang beanspruchen.

Zum Begriff der Dauerfestigkeit ist noch der Begriff der Zeitfestigkeit gekommen. Wir machen die Erfahrung, daß es nur in wenig praktischen Fällen eine Dauerfestigkeit gibt, die im Laufe der Zeit keine Minderung erfährt; denn wir müssen im praktischen Betrieb mit einer Reihe von festigkeitsmindernden Einflüssen, Oberflächenverletzungen, Verschleiß, Korrosion usw. rechnen.

Den größten Einfluß auf die Festigkeit unserer Konstruktionen übt die Form und Gestalt aus, in der wir den Werkstoff anwenden. Bei günstiger Formgebung haben wir eine viel größere Festigkeit zu erwarten als bei ungünstiger Form. Nun ist aber die Form nicht in unser Belieben gestellt, sondern sie ist im großen und ganzen durch den konstruktiven Zweck bestimmt. Während wir also an der Großformgebung im allgemeinen nicht viel ändern können, ist es uns möglich, die Festigkeit durch zweckmäßige Kleinformung bedeutend zu verbessern.

Alle unsere Konstruktionen im Maschinen-, Fahrzeug- und Flugzeugbau weisen Formen auf, die von der glatten, geraden Berandung in der Regel stark abweichen. Einfache zylindrische Stäbe oder einfache glatte Rohre usw. kommen nur selten vor. Bei allen unseren Konstruktionen haben wir es mit sogenannter Kerbwirkung im weiteren Sinne, d. h. mit ungleichmäßiger Berandung zu tun. Kerbwirkung liegt vor bei Querschnittsübergängen, bei Ecken, Kanten, Keilnuten, Bohrungen, Richtungsänderung des Querschnitts und damit des Kraftflusses, z. B. beim Uebergang eines zylindrischen Gefäßes in den Boden oder bei der Kröpfung einer Kurbelwelle, ferner namentlich bei Kraftangriffsstellen, Fassungen, Aufpressungen, Schrauben- und Nietverbindungen und dergl. An diesen Kerbstellen treten zu den Beanspruchungen, die wir nach den Regeln der elementaren Festigkeitslehre berechnen, noch starke zusätzliche Beanspruchungen hinzu. Eine große Schwierigkeit liegt bis heute darin, daß wir diese gefährlichen Spannungsspitzen nur in den wenigsten Fällen berechnen können. Nun verhalten sich die verschiedenen Werkstoffe gegenüber solchen Spannungsspitzen sehr verschieden. Sogenannte kerbempfindliche, spröde Werkstoffe können solche Spannungsspitzen nur schlecht ertragen, während kerbunempfindliche zähe Werkstoffe durch solche Spannungsspitzen in ihrer Festigkeit weniger beeinträchtigt werden. Wie verhält sich nun der Werkstoff Glas?

Durch die Entwicklung guter Glassorten, namentlich für Sonderzwecke, gewinnt das Glas immer mehr an Bedeutung. Es wird neuen Verwendungszwecken zugeführt und tritt dadurch in Wettstreit mit anderen Werkstoffen. Gleichzeitig aber wachsen die an das Glas gestellten Anforderungen und, um auf die Dauer wettbewerbsfähig bleiben zu können, müssen auch die ursprünglich weniger beachteten Festigkeitseigenschaften studiert werden, da gerade sie die Verwendungsfähigkeit des Glases stark beschränken.

Während bei Glas systematische Festigkeitsuntersuchungen erst seit kurzem angestellt werden, liegen auf dem Gebiet der Metalle schon seit langer Zeit Erfahrungen vor. Zwar wäre es verfehlt, die am verformungsfähigen Metall gewonnenen Ergebnisse ohne weiteres auf Glas übertragen zu wollen, doch kann der Glasfachmann die Grundzüge der Prüftechnik übernehmen und sich unnötige Entwicklungsarbeit sparen. Der Vereinfachung halber und um Mißverständnisse auszuschließen, würden zweckmäßig die Fachausdrücke aus der metallischen Prüftechnik auch für Glas verwendet.

Grundbedingung für ein hochwertiges Erzeugnis ist natürlich die Verwendung eines guten, zweckentsprechenden Werkstoffes. Andererseits muß aber auch die Gestaltung und Verarbeitung so ausgeführt werden, daß dem Werkstoff keine unnötigen Beanspruchungen zugemutet werden. Dementsprechend kommt es auf 2 Umstände besonders an:

1. auf die Hochzüchtung eines guten Werkstoffes,
2. auf die Entwicklung der besten Form eines Teiles.

Schon die einfachen Grundversuche, wie der besonders von Smekal erforschte Zerreißversuch[1]) zeigen, daß Glas in noch viel größerem Maß auf Kerben anspricht wie Metall, da ihm die Verformungsfähigkeit fehlt. Während bei Metallen auch die Schubspannungen maßgeblich an der Bruchentstehung beteiligt sind, wirken sich beim spröden Glas wesentlich die Normalspannungen aus. Im Kerbgrund entsteht bekanntlich eine Spannungsspitze, die bei Metallen jedoch infolge der mehrdimensionalen Verspannung ein Vielfaches der Zerreißfestigkeit betragen kann, ohne daß ein Bruch eintritt. Bei Glas scheint keine wesentliche Abstützwirkung der hochbeanspruchten Fasern durch danebenliegende niedrig beanspruchte stattzufinden, so daß schon einzelne örtliche Spannungsspitzen zum Bruch führen. Um so mehr muß also bei der Gestaltung und Verarbeitung von Glas darauf gesehen werden, daß keine unnötigen Kerben in zugbeanspruchten Gebieten auftreten, bzw. unvermeidliche Kerben duch Gegenmaßnahmen unschädlich gemacnt werden. Die Kerbgefahr kann jedoch erst dann wirksam bekämpft werden, wenn das Verhalten des Glases gegenüber verschiedenen Beanspruchungen bekannt und der Bruchmechanismus geklärt ist. Dazu dienen zunächst die statischen Versuche an einfachen zylindrischen Probestäben. Auffallend und sehr störend wirkt sich dabei der große Streubereich aus, der häufig die zu untersuchenden Einflüsse auf die Festigkeit, wie Schlieren, Ziehstruktur, Glasfehler, Oberflächenbeschaffenheit, Probeabmessungen usw. überdeckt. Da die starken Streuungen auf gröbere Fehlstellen im Glas beruhen müssen, sollte man ver-

[1]) Vgl. A. Smekal, Glastechn. Ber., **15** (1937), S. 259 bis 270.

suchen, Verfahren zu entwickeln, die diese Fehlstellen ohne Zerstörung des Prüflings schon vorher erkennen lassen, so daß eine schärfere Auswahl getroffen werden könnte. Großzahlversuche sind zunächst unvermeidlich.

Neben den einfachen Beanspruchungen, wie Zug, Druck, Biegung, Verdrehung interessiert auch das Verhalten des Glases gegenüber kombinierten Beanspruchungen, nicht etwa weil derartige Belastungsfälle an einfachen glatten Stäben praktisch sehr häufig vorkämen, sondern weil sie wesentlich zur Klärung von Bruch-Entstehung und -Verlauf beitragen.

Viel größer als bei Metallen ist der Einfluß der Belastungsgeschwindigkeit auf die Festigkeit von Glas. Um so mehr ist daher eine Festlegung der zulässigen größten Belastungsgeschwindigkeit gerechtfertigt, wie sie für Metalle schon seit langem besteht.

Ein weiteres Gebiet, daß bisher noch wenig Beachtung fand, ist die Dauerstandfestigkeit. Zwar scheint sie augenblicklich nicht mehr von großer Bedeutung für das Glas zu sein, da sich zunächst nur wenig Beanstandungen bei langzeitiger Belastung ergaben. Allerdings deuten die Versuche von Borchardt[2]) an verschiedenen auf Innendruck beanspruchten Glasflaschen darauf hin, daß systematische Dauerstandversuche für Glas wertvolle Ergebnisse für den Bruchmechanismus bringen werden. Auch möchte ich bei dieser Frage an Metalle erinnern. Bis vor kurzer Zeit hatte man auch im Maschinen- und Apparatebau der Dauerstandfestigkeit keine wesentliche Bedeutung beigemessen. Sie ist jedoch heute durch die Verwendung immer höherer Temperaturen und Drucke zu einer der brennendsten Fragen für den Fortschritt der gesamten Technik geworden. Das mangelnde Interesse, das ihr früher entgegengebracht wurde, wirkt sich besonders ungünstig aus, da zu diesen Prüfungen lange Versuchszeiten erforderlich sind. Die Untersuchungen können also nicht schnell nachgeholt werden. Dauerstandversuche an verschiedenen Glassorten interessieren bei tiefen und hohen Temperaturen, bei verschiedenen Bearbeitungen und Abmessungen, zunächst an einfach glatten Proben, dann auch an kompliziert gestalteten Teilen.

Schon die einfachen Grundversuche zeigen, daß die Festigkeit des Glases durch richtige Verarbeitung wesentlich gesteigert werden kann. So hat man den schädlichen Einfluß der Kerben an Schnittkanten und auf Oberflächen erkannt und konnte ihn durch Feuerpolieren und Aetzen wesentlich mindern. Ein sehr wichtiges Hilfsmittel auch gegen konstruktiv nicht vermeidbare Kerben bildet eine geeignete Vorspannung. Bei dem großen Unterschied zwischen Zug- und Druckfestigkeit müssen sich alle Druckeigenspannungen sehr günstig auswirken, welche die betriebsmäßig überlagerten Zugspannungen abbauen. Ueber die Größe und Verteilung dieser günstigen Wärmespannungen ist jedoch noch sehr wenig bekannt. Auch über den Einfluß der Probeabmessungen liegen nur wenig Ergebnisse vor, die hauptsächlich an Glasplatten gewonnen wurden. Die Frage der Vorspannung interessiert jedoch nicht nur für das Sicherheitsglas, sondern auch für die spinnfähigen Glasfasern. Es ist anzunehmen, daß die große Festigkeitssteigerung mit abnehmender Fadendicke nicht allein auf eine ausgeprägte Ziehstruktur, sondern hauptsächlich auf günstige Druckvorspannungen an der Oberfläche zurückzuführen ist. Planmäßige Untersuchungen über die Vorspannung wären sehr lohnend.

Die Festigkeitsprüfungen sollten sich jedoch nicht nur auf das Gebiet der statischen Beanspruchungen beschränken, sondern auch das Verhalten von Glas bei Dauerbeanspruchung untersuchen.

Die Erfahrungen an Metallen lehren, daß sich ein Werkstoff bei dauernd wechselnder oder schlagartiger Beanspruchung sehr viel ungünstiger verhält als bei statischer Belastung. Die dynamische Prüfmethode ist wesentlich empfindlicher als die statische. Sie hat sich z. B. bei der Prüfung von geschweißten Konstruktionen, die im Betrieb vorwiegend statisch beansprucht werden, außerordentlich fruchtbar erwiesen, da sie viel stärker auf kleine Fehler und ungünstige Eigenspannungen anspricht. Es ist anzunehmen, daß beim spröden Glas der Unterschied noch viel größer sein wird infolge der großen Kerbempfindlichkeit. Bisher wurden Schlagversuche in Form eines Gewaltschlages als Nachahmung der Stoßgefahr an Glas schon häufig ausgeführt. Doch können bei diesen Versuchen nur die Schlagarbeiten, nicht aber die Kräfte angegeben werden. Gleiche Schlagarbeit bedeutet aber keineswegs gleiche Schlagkraft, sondern von großem Einfluß sind Auflager, Fallhöhe, Beschaffenheit des Materials an der Auftreffstelle, Probenform u. a. Auch kann die aufgenommene Schlagenergie, die zum Zertrümmern eines spröden Körpers notwendig ist, nur sehr ungenau ermittelt werden, weil, wie die Versuche von Bartsch zeigen, die Energie der davonfliegenden Teile nicht vernachlässigt werden darf. Für Metalle stellt die Schlagprobe eine äußerst empfindliche Prüfung auf Versprödung, Materialfehler und Gestaltung dar. Auch bei Glas ergaben die Versuche, daß sich Schlieren, Glasfehler und Oberflächenbeschaffenheit stark auswirken. Im Hinblick auf die große Stoßgefahr wäre es zu begrüßen, wenn die bis jetzt noch sehr wenig erforschte Physik des Schlages vervollkommnet würde.

Dauerschlagversuche wurden von Welter[3]) durchgeführt. Danach ist Glas unempfindlich gegen Dauerbeanspruchung unterhalb der Elastizitätsgrenze, bricht dagegen sofort bei ihrer Ueberschreitung. Der Einfluß der Gestaltfestigkeit wurde jedoch noch nicht geprüft.

Im Gegensatz zum Schlagversuch ist beim Dauerversuch die jeweils wirkende Kraft bekannt. Bei Dauerversuchen wirkt eine sich stetig verändernde Kraft im schnellen Wechsel auf den Prüfling ein, z. B. abwechselnd Zug und Druck u. a. So lange über die Stoßkraft noch so wenig bekannt ist, sollten zur Ergänzung Dauerversuche durchgeführt werden. Diese interessieren heute besonders im Zusammenhang mit vorgespannten oder mit weicheren Zwischenlagen kombinierten Sicherheitsgläsern und spinnfähigen Glasfasern. Planmäßige Untersuchungen wären bei verschiedenen Abmessungen, Temperaturen und Verarbeitungen zweckvoll. Da bei den feinen Glasfäden mit einer verstärkten Korrosionsgefahr infolge der großen Ober-

[2]) K. H. Borchard, Glastechn. Ber., **13** (1935), S. 52 bis 57, 114—116, 243—244; **15** (1937), S. 99—105.

[3]) G. Welter, Z. Verein Dtsch. Ing., **70** (1926), S. 772 bis 776.

fläche zu rechnen ist, sollten hier auch Korrosionsdauerversuche mitgemacht werden.

Die besonders für Glas wichtigen Abschreckversuche wurden schon häufig durchgeführt und zeigen einen nahen Zusammenhang mit den Festigkeitseigenschaften.

Neben den sehr wichtigen Grundversuchen, die zur Werkstoffentwicklung und -Auswahl dienen, stehen die zur Gestaltung und Bemessung von Erzeugnissen notwendigen Prüfungen, denn die an einfachen Proben gewonnenen Festigkeiten gelten ja nicht für anders gestaltete Teile. So nimmt bekanntlich die Festigkeit von Glasplatten mit zunehmender Größe ab. Beim Zusammenbau mit anderen Teilen wirken sich Einspannung und Auflagerung in einem rechnerisch nicht zu erfassenden Maß aus. Häufig kann über die Spannungsverteilung in kompliziert gestalteten Teilen nichts ausgesagt werden.

Ursprünglich machte man im Maschinenbau vereinfachende Annahmen und setzte die beim einfachen Zerreißversuch gefundenen Festigkeitswerte in die Rechnung ein. Um die Unsicherheit der Rechnung auszugleichen, multiplizierte man mit einer sogen. Sicherheitszahl, d. h. gefährdete Teile wurden einfach stärker bemessen. Nicht selten trat aber der Fall ein, daß nach der Verstärkung die Bruchgefahr sogar noch erhöht wurde. Deshalb ging man immer mehr dazu über, hochbeanspruchte wichtige Teile direkt unter einer möglichst betriebsähnlichen Beanspruchung zu prüfen und solange abzuändern, bis der Teil hielt. Derartige Versuche sind zwar kostspieliger als die einfachen Grundversuche, geben aber sicheren Aufschluß über die Haltbarkeit. Auch in der Glastechnik wird man in gewissen Fällen diese genaue Prüfmethode mit Vorteil anwenden. Es kann nur nützlich sein, wenn Mängel aufgedeckt werden, bevor eine große Zahl von Teilen in den Betrieb kommen und dann beim Versagen den ganzen Werkstoff Glas in Mißkredit bringen.

Als Beispiel, daß die an kleinen Proben ermittelten Festigkeitswerte nicht für eingebaute Teile anderer Abmessungen gelten, sei auf die Versuche von Reis[4]) an Bullaugen hingewiesen. Die Biegefestigkeit von vorgespanntem Glas wurde einerseits an kleinen Proben in Abhängigkeit von der Plattendicke bestimmt und in die aus dem Maschinenbau bekannte Formel für eine allseitig eingespannte, druckbelastete Membran eingesetzt. Andererseits machte jedoch Reis auch Wasserdruckversuche an einer großen eingespannten Sekuritplatte. Hierbei ergab sich für eine bestimmte Plattenstärke ein wesentlich geringerer Berstdruck als nach der Formel berechnet. Die Untersuchungen zeigen deutlich, daß allein der Modellversuch maßgebend ist, unter der Voraussetzung, daß gleiche Abmessungen, Einspannungsverhältnisse und Beanspruchungen wie beim Bullauge am Schiff vorliegen. Durch Rechnung können Einzelheiten niemals genau erfaßt werden.

Natürlich sind Modellversuche nur dann sinnvoll, wenn die Beanspruchung der betriebsmäßigen gleicht. Teile, die starken Temperaturschwankungen im Innern unterworfen sind, dürfen natürlich nicht durch Abschreckung von außen geprüft werden, denn bei verschiedener Oberflächengüte innen und außen müssen die Versuchsergebnisse große Unterschiede zeigen, je nachdem, ob die beim Abschrecken auftretenden Zugspannungen außen oder innen liegen.

Bei den hochwertigen Hohlgläsern für die chemische Industrie ist die Gestaltgebung bereits sehr gut durchgearbeitet, was zum Teil auf die Art der Herstellung zurückzuführen ist. Bei der Umstellung von Metall auf Glas ist jedoch zu beachten, daß Glas eine ganz andere Formgebung verlangt als Metall. So konnte man z. B. bei Warmwasserspeichern die Haltbarkeit gegen Innendruck auf das Doppelte steigern, wenn man von der aus dem Metallbau üblichen Zylinderform zur Tropfenform bei Glas überging. Wie die Erfahrungen aus der Praxis und die Forschungsergebnisse zeigen, hat auch bei Glas die Form und Oberflächenbeschaffenheit einen wesentlichen Einfluß. Der Begriff der Gestaltfestigkeit ist also auch hier von großer Bedeutung. Die genaue Erforschung der Festigkeit der Gläser wird diesem Werkstoff zu neuen Verwendungsmöglichkeiten verhelfen, die nur dann einen Fortschritt für die Glasindustrie bedeuten, wenn einwandfreie Erzeugnisse auf den Markt gelangen. (12 210)

[4]) L. von Reis, Glastechn. Ber., **13** (1935), S. 239—243.

Referate.

(Einteilung s. in Heft 1 dieses Jahrgangs, S. 21. — Das Zeichen □ bedeutet, daß die betr. Veröffentlichung in einem der nächsten Hefte der „Glastechn. Ber." besprochen werden wird.) — Die halbfetten Zahlen rechts über jedem Referat bzw. Zitat geben die Einteilung nach der Dezimalklassifikation (DK) an; Näheres s. in Heft 1 des 13. Jg. 1935, S. 16—17, und in den Inhaltsverzeichnissen der letzten Jahrgänge.

1. Geschichte des Glases.

DK 666.1 (43-312.8) (091)

Die Lausitzer Glasindustrie. Kurt Weckerle. Dtsch. Z. f. Wirtschaftskunde, **3** (1938), Nr. 2, S. 134—165, 8 Tab. — Die vorliegende Arbeit vermittelt einen interessanten Einblick in die Entwicklung der Lausitzer Glasindustrie bis in die heutige Zeit. Als ausschlaggebender Standortsfaktor standen und stehen noch heute die Brennstoffe (früher Holz, jetzt Braunkohle) im Vordergrund. Neben den Brennstoffen haben besonders geeignete Sandlager und das Vorhandensein von Kalk die Konzentrierung der Glasindustrie in der Lausitz begünstigt. Eine geschulte Facharbeiterschaft, die im Laufe der Zeit durch einen beträchtlichen Zuzug aus dem Sudetenraum vermehrt worden ist, hat zu dieser Entwicklung nicht unwesentlich beigetragen. — Die Bedeutung der heutigen Lausitzer Glasindustrie — es handelt sich jetzt im Gegensatz zu früher fast ausschließlich um Hohlglasbetriebe — wird am besten durch folgende Zahlen beleuchtet: 40% sämtlicher deutschen Hohlglasarbeiter sind in der Lausitz beschäftigt. 32% aller deutschen Hohlglashütten entfallen auf die Lausitz. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß die vollautomatische Herstellung von Hohlglas in der Lausitz bis heute eine vollkommen untergeordnete Rolle spielt. Otten. (12 340/1)

DK 666.1 (43-315) : 666.7 (43-315) : 83-24

Häger, Adolf: **Die Waldgläsner.** Ein Heimatspiel der Tonstadt Großalmerode auf geschichtlicher Grundlage in 6 Bildern. Großalmerode 1938. Din A 5. 31 S. RM 0.50 geh. (Erhältlich vom Bürgermeisteramt Großalmerode.) — Das Spiel will die Wiederaufrichtung des hessischen Gläsnerbundes 1537 in Almerode auf der Grundlage der Spessartordnung von 1406, die kurze Blütezeit und den Verfall der Waldgläsnerei am Ausgang des 16. Jahrh., und die aus Not erfolgte Umstellung der nicht abgewanderten Almeroder Gläsner auf Tiegelherstellung als Ursprung der Tonindustrie in Großalmerode für die Gegenwart lebendig machen. In