

erlegten Spannungen, ist qualitativ leicht zu beobachten bei der Zerstörung von Sekuritglas, bei welchem die Bruchgeschwindigkeit in den druckgespannten Außenschichten, wie an Hand der nicht durchgehenden Risse oder Brüche leicht erkennbar ist, gehemmt ist<sup>16)</sup>. Wenn wir also zunächst noch keine Aussagen über die absolute Größe der Bruchausbreitungsgeschwindigkeit bei diesen Beanspruchungen machen können, so scheint doch ihre Abhängigkeit von der Beanspruchung belegt zu sein. Dieses Ergebnis braucht mit jenem von Schardin und Struth<sup>17)</sup> über die Konstanz der Bruchausbreitungsgeschwindigkeit nicht im Widerspruch zu sein, da diese Versuche bei einer besonderen, charakteristischen Beanspruchung ausgeführt sind.

Wenn wir die Gültigkeit der Konstanz und des Wertes der Schardinschen Bruchausbreitungsgeschwindigkeit auch z. B. für den Detonationsbruch voraussetzen, so heißt dies, daß die durch das Aufbrechen von Kerbstellen entstehende Ausbreitung von elastischen Störwellen mit verschiedener Geschwindigkeit im Bereich von 2600 bis 3000 m/s erfolgt, d. h. mit ähnlicher Geschwindigkeit wie sie nach Schardin und Struth<sup>18)</sup> für das Auftreten sekundärer, selbständiger Bruchzentren maßgeblich ist. Es sei hier darauf hingewiesen, daß diese Geschwindigkeit auch weitgehend mit der errechneten Geschwindigkeit der Ausbreitung von Transversalwellen im Glase übereinstimmt; unter Berücksichtigung der Poissonschen Konstante ergibt sich diese ebenfalls für solche Gläser zu rund 3000 m/s, im Gegensatz zu jener von Longitudinalwellen, für die sich ein Wert von etwa 5000 m/s errechnet.

Weitere ins einzelne gehende Aussagen z. B. auch über die genauen Vorgänge bei verschiedener Bean-

<sup>16)</sup> A. Smekal, a. a. O.

<sup>17)</sup> H. Schardin u. W. Struth, a. a. O.

<sup>18)</sup> H. Schardin u. W. Struth, a. a. O.

spruchung sollen hier nicht versucht werden, da hierzu die Abhängigkeit des Kurvenverlaufes von der Beanspruchung, besonders auch von deren Geschwindigkeit noch eingehender zu untersuchen sein wird.

#### Zusammenfassung.

Bei geeigneten Beobachtungsverhältnissen findet man außer der bekannten Grobstruktur der Bruchfläche bei Gläsern: Spiegel, rauhe und Furchungsfläche häufig noch eine Feinstruktur, die ihren Ausdruck in a) Geradenbüscheln und b) eine „wellige“ Struktur der Bruchfläche verursachenden Kurvenscharen erhält. Die Kurvenscharen sind an das Vorhandensein größerer Fehlstellen geknüpft und werden dementsprechend nicht immer beobachtet. Ihr Verlauf hängt, wie die Beobachtung der Geradenbüschel als Richtung maximaler Spannungsänderung während des Bruches anzeigt, mit den Spannungsverteilungen dabei zusammen; diese sind ihrerseits von dem Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Störungen zur Bruchausbreitungsgeschwindigkeit bestimmt. Der Verlauf der Kurven bietet damit Hinweise auf die Art der Beanspruchung des Bruches sowie auf das Verhalten der Bruchgeschwindigkeit unter verschiedener Beanspruchung.

Für die Maßzahl der Spiegelgröße wird auf Grund der Ergebnisse die gesamte Fläche: Spiegel plus rauhe Fläche bis zur Begrenzungslinie durch die gefurchte Fläche, d. h. das Gebiet der Primäranrißbrüchebene, vorgeschlagen.

Herrn Professor Dr. H. Pose und Herrn Dr. H. Hennicke danke ich für manche Hinweise und Besprechungen herzlichst. Der Osram G. m. b. H. Komm.-Ges., Werk Weißwasser, und besonders Herrn Dr. M. Thomas danke ich für das freundlichst zur Verfügung gestellte Glasmaterial. (13 190)

DK 621.642.3 : 656.17 (042)

## Glasinnenbehälter für elektrische Heißwasserspeicher.

Von Fritz Gloth, Berlin.

(Vortrag, gehalten bei den Sitzungen des Fachausschusses III der DGG am 28. 2. 1939\*.)

(Eingegangen am 7. Juni 1939.)

Ueber die Verwendung des Austauschstoffes Glas für Rohrleitungen und Heißwasserspeicher wurde bereits in dem Heft 1 der „Glastechnischen Berichte“ 1937 ein Beitrag gebracht.\*\* Im nachstehenden werden noch einmal kurz die Entwicklungsstufen von Glasspeichern geschildert und der weitere Verlauf der Untersuchungen und Erfahrungen dargelegt.

Elektro-Heißwasserspeicher (Bild 1) wurden des aggressiven Wassers wegen mit Innenbehältern aus verzinnem Kupfer hergestellt. Die Anschlußrohre, Füllstutzen und Ueberlaufrohr wurden bei den Speichern meist durch den unten angebrachten Flansch, welcher auch die Heizkörper und den Temperaturregler trägt, geführt. Die Anzapfung zur Entnahme von heißem Wasser des oberen Drittels auf dem Ablaufwege wurde, um einen sogenannten Wärmekurzschluß — d. h. Verbindung von heißen Metallteilen des Innenbehälters und dem von der Außenluft umgebenen Mantel — zu vermeiden, bei Kupferspeichern vielfach ebenfalls als Standrohr durch den Heizflansch geführt. Das Belüftungsrohr hat den Zweck, einerseits durch Luftzutritt an der höchsten Stelle des Speichers ein Nachlaufen von heißem Wasser zu vermeiden, zum anderen aber auch das Auftreten eines Unterdruckes zu verhindern. Die Empfindlichkeit solcher Speicher gegen Unterdruck, beispielsweise durch eine an dem Ueberlauf-

rohr hängende Wassersäule von 1,5 m, d. s. 0,15 at Unterdruck, war so groß, daß solche Innenbehälter (Bild 2) durch die Atmosphäre einfach zusammengedrückt wurden.

Bei der Verwendung von Innenbehältern aus Glas wurde zuerst in Anlehnung an den Kupferspeicher eine zylindrische Form (Bild 3) gewählt. Die Schwierigkeiten, eine die Druckbeanspruchung aushaltende Wandstärke herzustellen, veranlaßte das Glaswerk, eine Form zu wählen, bei der ein weicher Uebergang zum Hals und Boden des Gefäßes erreicht wurde (Bild 4). Gleichzeitig wurde aber auch bei diesen Behältern ein kleiner Domansatz angeblasen, in den die höchste Stelle des Ueberlaufrohres hineinragt, um eine möglichst geringe Nach-

\* Vgl. Glastechn. Ber., 17 (1939), H. 5, S. 167.

\*\* Siehe H. Muthreich, Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 18—21; vgl. hierzu auch K. Wiegand, ebenda, S. 207 bis 219.

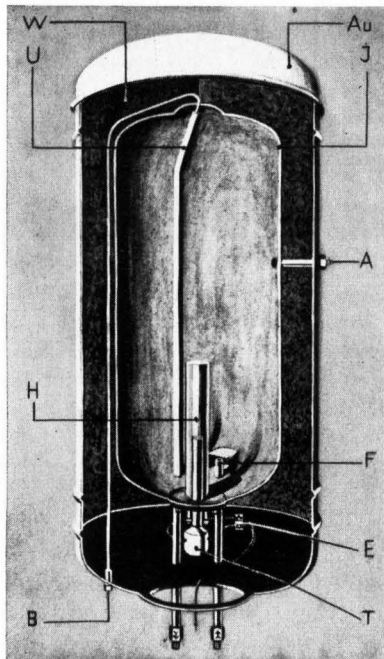


Bild 1. Elektro-Heißwasserspeicher.

Au — Außenmantel, I — Innenbehälter,  
 W — Wärmeisolation, U — Ueberlaufrohr,  
 H — Heizkörper, B — Belüftungsrohr,  
 T — Temperaturregler, E — Elektrischer  
 Anschluß, F — Füllrohr, A — Anzapfung.

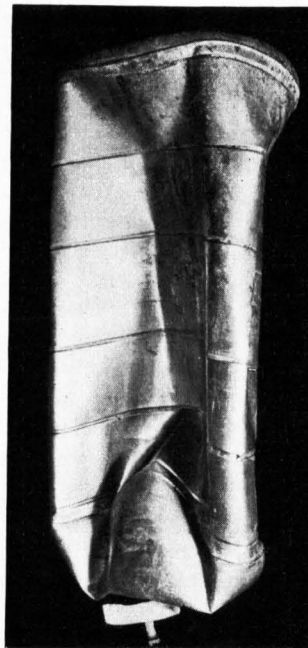


Bild 2.

Durch Unterdruck zerstörter  
 Innenbehälter aus Kupfer.

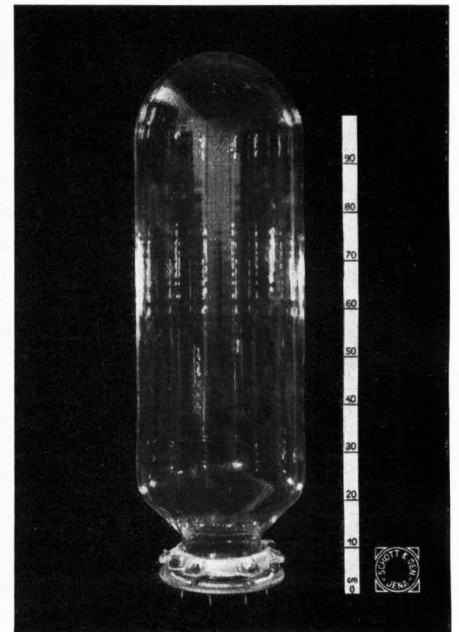


Bild 3.

Innenbehälter aus Glas (alte Form).

laufwassermenge zu erzielen. Die Bedingungen, die beim Bau solcher Speichergefäße gestellt wurden, sind:

1. Prüfdruckfestigkeit nach VDE Din 4902, 3 at Ueberdruck,
2. Temperaturwechselbeständigkeit 150°C.

Diese Bedingungen konnten, wie eine große Anzahl von erfolgreichen Ausführungen bewiesen hat, nicht nur erfüllt, sondern sogar um ein beträchtliches überschritten werden. Das Glaswerk ist heute in der Lage, Glasbehälter zu liefern, die einem Prüfdruck von 4—7 at Ueberdruck selbst bei einer Dauerbeanspruchung ohne weiteres stand-

halten. In diesem Zusammenhang ist noch darauf hinzuweisen, daß in der Temperaturwechselbeständigkeit von 150°C gegenüber dem tatsächlich auftretenden Temperaturgefälle von 85 auf 10 = 75°C eine Sicherheit von 100% liegt.

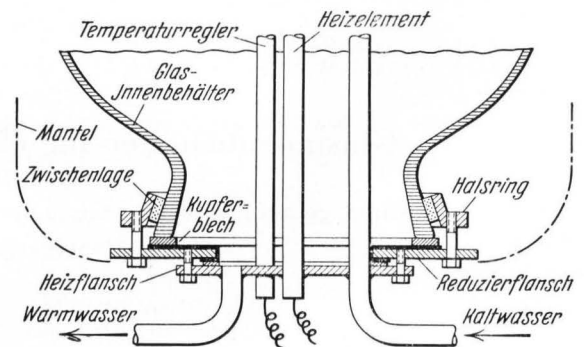


Bild 5. Schnittzeichnung der Heizflanschverbindung.

Die größte Schwierigkeit war, eine einwandfreie Verbindung zwischen dem Glas und Heizflansch zu schaffen. Es sind in der Hauptsache zwei Ausführungsarten bekannt geworden, die sich beide im praktischen Dauerbetrieb bewährt haben. Bei der einen ist der Uebergang von Glas auf Metall unter Verwendung von Kitt vorgenommen worden und zwar wurde der Glashals mit einem Gegenflanschring verkittet (Bild 5 und 6). Gegen diesen Flanschring wird unter Zwischenlage einer Gummidichtung an der abgeschliffenen Kante des Halses der Gegenflansch angeschraubt. Der eigentliche Heizflansch wird in bekannter Weise an diesem Gegenflansch befestigt. Bei der anderen Ausführungsform wurde der Halsring unter Verwendung einer elastischen Zwischenlage direkt auf den konisch erweiterten Hals des Glaskörpers aufgesetzt. An diesen Halsring werden in der gleichen Weise, wie vorherwähnt, die Armaturteile angeschraubt.

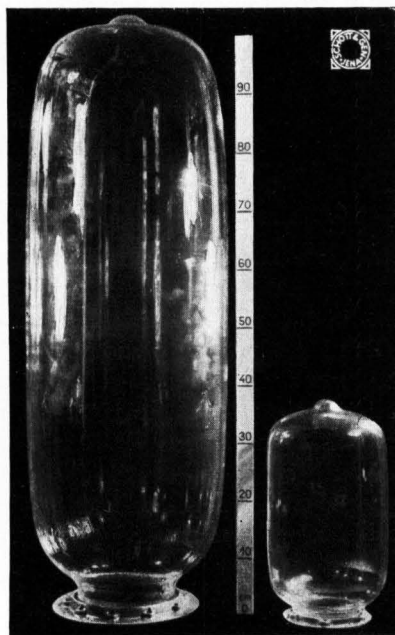


Bild 4. Innenbehälter aus Glas (neue Form).

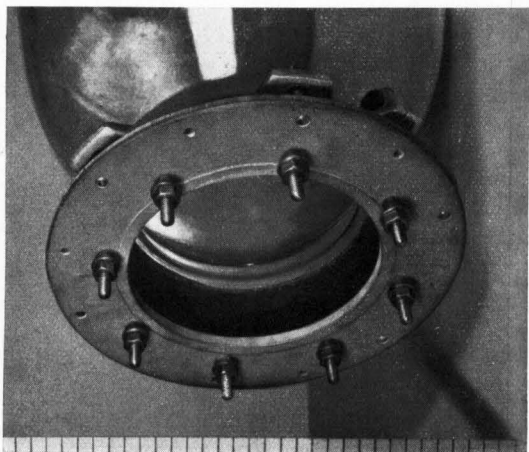


Bild 6. Letzte Ausführung mit geteiltem Halsring und elastischer Zwischenlage.

Des öfteren werden Einwendungen dahingehend gemacht, daß der Transport und die Montage derartiger Behälter zu großen Ausfällen führen, da die Installateure nicht genügend Sorgfalt walten lassen. Dem ist nicht so, denn der Glasbehälter steht gewissermaßen auf dem Gegenflanschring und ist mit dem Mantel fest verbunden. Die eingefüllte Korkisolierung zwischen Innenbehälter und Mantel stellt die beste Verpackungsmasse dar, die es überhaupt gibt. Eine Verletzung durch Stoß ist ebenfalls

kaum zu befürchten. Die einzigen Schwierigkeiten, die tatsächlich schon einmal aufgetreten sind, betreffen die Montage der Anschlußrohre, wenn nämlich diese — wie dies vielfach geschieht — durch Konusverschraubungen angegeschlossen werden und von unten einen Druck auf den Flansch ausüben, d. h. wenn durch falsche Montage gewissermaßen das ganze Behältergewicht + Wasserfüllung auf den Rohrleitungen liegt. In diesem Falle können die Kräfte so groß werden, daß sie zu Verletzungen des Innenbehälters führen.

Die Erfahrungen mit dem Austauschstoff Glas für den Bau von Heißwasserspeichern sind denkbar günstig. Allein im Bereich der Berliner Elektrizitätsversorgung sind ungefähr 200 Glasspeicher in den Größen von 10 bis 100 l, vorwiegend in der Größe von 80 l, eingebaut. Soweit in Erfahrung gebracht werden konnte, liegt die Störungszahl, d. h. Defekte durch undichte Behälter, nicht über denen der früher verwendeten Kupferspeicher. Beschädigungen, die auf thermische Einwirkungen zurückzuführen sind, konnten nur in einzelnen Fällen festgestellt werden. Untersuchungen an Speichern, in denen kochendes Wasser bereitet wurde, haben ergeben, daß der Kesselsteinanfall bei Kupferspeichern, die wie die Glasspeicher die gleichen Betriebsstunden hatten und mit dem gleichen Wasser betrieben wurden, ungefähr 4—5mal so groß ist. Die Ablagerungen bei Glasspeichern sind schlammähnlicher Art zum Unterschied gegen schuppenförmige Ausscheidungen bei Metallspeichern. (13 146)

DK 666.1.056.5 : 666.295 (045)

## Anwendung der elektrischen Metallspritzpistole in der Glastechnik\*).

Von M. U. Schoop, Zürich.

(Mitteilung aus dem Laboratorium von Dr. M. U. Schoop, Zürich.)

(Eingegangen am 30. 3. 1939.)

### Metallisieren.

Ich habe eine große Anzahl von Versuchsreihen durchgeführt, bei denen es sich darum handelte, Körper aller Art aus Glas oder Quarz zu metallisieren, d. h. mit festhaftenden, gleichmäßigen und homogenen Ueberzügen aus Kupfer, Platin, Nickel usw. zu versehen. Wirtschaftlich und technisch einwandfrei fallen die Ergebnisse besonders aus, wenn man sich der Elektro-Metallisator-Pistole (Bild 1) bedient, welche im wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, daß vermittelt Turbinen und Räderwerk zwei Metalldrähte vorgeschoben werden, welche beim Verlassen der Strahldüse durch Bildung eines kleinen Lichtbogens abgeschmolzen und durch einen konzentrisch zugeführten

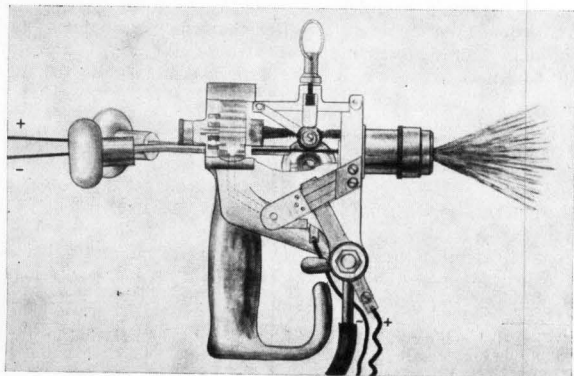


Bild 1. Elektrische Metallspritzpistole.

Preßluftstrom fein zerteilt und aufgeschleudert werden. Da der Lichtbogen außerordentlich heiß ist (4000°), gelangen die Metallteilchen mit vergleichsweise hoher Temperatur auf der zu metallisierenden Oberfläche an, so daß sich bei Metallen mit hoher Wärme-Kapazität (Aluminium) die Teilchen in der Glasoberfläche einbetten bzw. einschmelzen. Wie naheliegend, ist die Haftintensität derartiger Ueberzüge so groß, daß sich ein Trennen von der Oberfläche unter keinen Umständen mehr bewerkstelligen läßt.

Die Stärke der Metallüberzüge kann innerhalb weiter Grenzen veränderlich sein, nämlich von  $\frac{1}{1000}$  mm bis 3 mm und darüber. Wie ohne weiteres verständlich, fällt der Ueberzug um so stärker aus, je länger die Bestrahlung anhält, entsprechend dem Vorgang bei der Elektrolyse.

Es ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß dem Metallisieren von Glaskörpern eine gewisse industrielle Tragweite zukommt, da sich für den Fachmann eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten ergeben.

### Glasieren.

Anlässlich derartiger Versuche, bei welchen der Metalldraht durch einen dünnen Glasstengel ersetzt wurde, erhielt ich an Stelle des erwarteten Strahlkegels aus fein zerteiltem Glas, entsprechend dem Vorgang beim Metallisieren, in wenigen Minuten enorme Mengen feinsten Glas-

\*) Vgl. auch M. U. Schoop u. C. H. Daeschle, Handbuch der Metallspritztechnik. Zürich 1934, Verlag Rascher & Cie.