

zu erfassen, und die die Hoffnung hegte, alles im Menschlichen überhaupt erst voll erklären zu können.

Ueber diese Goethesche Wesensart, wie sie sich auch in den Ideen der Urpflanze (Metamorphosenlehre), des Urtieres usw. ausspricht, hat uns Schiller in dem Brief an Goethe vom 23. August 1794 gut aufgeklärt. Schiller schildert hier Goethe — ihm selber und uns — als einen Menschen, der die ganze Natur zusammenfaßt, um über das Einzelne Licht zu bekommen. In der „Allheit“ der Erscheinungsarten sucht er den Erklärungsgrund für das „Individuum“ auf. Den Menschen schafft er gewissermaßen genetisch aus den Materialien des ganzen Naturgebäudes in seiner Erkenntnis nach, und durch dieses Nacherschaffen will er in die „verborgene Technik aller Natur“, ja in sich selber eindringen.

Die Aeüßerungen eines solchen Wesens, wie Schiller es uns geschildert, sind natürlich sehr schwer in zustimmender oder gar in ablehnender Weise zu behandeln. Hier sollte auch nicht eine volle Erklärung der Licht-, Seh- und Farbenlehre gegeben werden, sondern eben ein Versuch, diese Goethesche Leistung, nachdem er selbst 100 Jahre tot, wieder ins heutige Leben für unsere Erkenntnis, für unser Gefühl, für unseren Willen hereinzuführen.

Die Zeit, in der wir heute stehen, brachte für viele Menschen auf vielen Gebieten Neues und oft größte Ueberraschungen. Ich bin davon überzeugt, daß es „an der Zeit“ ist und vieles aufgehen muß, was vor hundert und mehr Jahren durch den deutschen Idealismus für unser Vaterland, für Politik, Wissenschaft und Kunst gesät wurde. Es liegt an uns, durch den guten Willen diese Keime aufzusuchen, an ihrer Pflege selber zu erstarken, um dadurch dem gewachsen zu sein, was als neue Anforderungen an uns kommen muß.

#### Zusammenfassung.

Diese Ausführungen können zusammengefaßt werden in der Bitte, daß im Zusammen-

wirken von Physikern, Chemikern, Mathematikern und Künstlern eine solche Haltung, Sprache und gemeinsames Wollen, herausgebracht werde, in der dann eine Licht- und Farbenlehre erkannt und erwirkt werden könnte, die sich in der gesamten menschlichen Wesensart als ein richtiger Weg, als eine umfassende Wahrheit und Lebendigkeit spiegeln würde.

(7403)

Nachwort der Schriftleitung: Eines der Ziele der DGG bei Gründung ihres Fachausschusses IV (Glasveredelung) war, zu der heute allseitig erstrebten Zusammenarbeit und gegenseitigen Befruchtung von Wissenschaftlern, Technikern und Künstlern beizutragen. Im vorliegenden Aufsatz unterzieht sich der Vorsitzende des FA IV der Mühe, sich mit einem physikalischen Problem auseinanderzusetzen und dabei die Forderungen des Künstlers anzumelden. Aus seinen Fragen, Anklagen und Zielsetzungen kann eine fruchtbare Aussprache zwischen dem Künstler und dem Naturwissenschaftler entstehen. Auch der letztere wird sich ja mit den Gedankengängen des ersteren, z. B. mit seiner Forderung nach einer für den Augenschein anschaulichen an Stelle der mathematisch-abstrakten Farbenlehre, beschäftigen müssen. Er muß dies selbst da, wo er eine exakt-wissenschaftliche Beweisführung vermißt; schwerlich kann man vom gefühlsbetonten Künstler mathematische Schärfe und Methodik verlangen. Ueber sachliche Meinungsverschiedenheiten hinweg wird den Wissenschaftler der Anspruch des Künstlers anregen, bei der Lösung des Problems der Farbenlehre seinen Standpunkt und seine Ideen darlegen zu dürfen, und vielleicht noch mehr die Erkenntnis, daß bewiesene und festgegründete naturwissenschaftliche Gesetze auch heute nicht überall als verpflichtend anerkannt werden.

Wir fordern zu einer regen Aussprache auf!

DK 666.11 : 536.49 : 532.13

## Ueber Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen dünnflüssiger Gläser.

Von A. Tielsch und K. Endell.

(Mitteilung des Laboratoriums für bauwissenschaftliche Technologie der Technischen Hochschule Berlin.)

(Eingegangen 1. März 1934.)

Einleitung. — Versuchsanordnung. — Eichung. — Messungen. — Zusammenfassung.

### Einleitung.

Genaue Messungen der Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen dünnflüssiger Gläser sind verhältnismäßig selten durchgeführt worden. W. H. Wadleigh<sup>1)</sup> berichtet kürzlich über amerikanische optische Gläser. Da derartige Messungen auch für spätere Betrachtungen der Konstitution der Gläser im flüssigen Zustand von Bedeutung sein können, seien nachstehend einige neue Meßergebnisse veröffentlicht.

Die Apparaturen<sup>2)</sup> zur Messung sehr dünnflüssiger Silikatschmelzlösungen (z. B. Eisenhochofenschlacke im Gebiet von 1 bis 50 Poise) sind meist recht kompliziert (Couette-Apparat nach Margules). Im Nachfolgenden wird ge-

<sup>1)</sup> W. H. Wadleigh, Bur. Stand. J. Res., 11 (1933), Nr. 1, S. 65—78. (Ref. Nr. 7883/11a im vorliegend. Heft, S. 94—95.)

<sup>2)</sup> Vgl. W. Eitel, Glastechn. Ber., 3 (1925/26), S. 275—298.

zeigt, wie mit verhältnismäßig einfachen Mitteln hinreichend sicher Vergleichsmessungen durchgeführt werden können, welche die besonders im dünnflüssigen Gebiet oberhalb 1350° auftretenden sehr starken Unterschiede der Zähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur und chemischen Zusammensetzung erkennen lassen.

#### Versuchsordnung.

Bei der Untersuchung von K. Endell, W. Müllensiefen und K. Wagenmann<sup>3)</sup> hatte es sich gezeigt, daß das verwendete Kugelziehviskosimeter nach Dr. Hänlein<sup>4)</sup> Zähigkeitsmessungen unterhalb etwa 70 CGS-Einheiten (Poise) kaum mehr gestattete. Die Ursache hierfür lag in der Uebertragung der Kugelbewegung auf die Ablesevorrichtung durch zwei Rollen. Der Anteil der Rollenreibung an dem zum Ziehen der Kugel notwendigen Uebergewicht wurde bei niedrigen Zähigkeiten zu groß. Die Messungen wurden dadurch ungenau oder unmöglich. Auch der absolute Betrag der Rollenreibung änderte sich mit wechselnder Belastung der Waagschale.

Zur Behebung dieser Mängel hatte bereits W. Müllensiefen vorgeschlagen, die Rollen durch einen Waagebalken zu ersetzen. Für die Untersuchung von Zähigkeiten oberhalb 100 Poise war jedoch die alte Meßvorrichtung noch ausreichend gewesen.

Die vorliegende Aufgabe, die Zähigkeit dünnflüssiger Barytgläser zu messen, machte die Einführung des empfindlicheren Waagebalkens notwendig. Das von W. H. Wadleigh untersuchte „light barium crown“ mit 30,5% BaO zeigte bereits bei 1400° eine Zähigkeit von 57 Poise. Die Zusammensetzung der vorliegenden Gläser ließ zum Teil eine noch größere Dünnflüssigkeit erwarten.

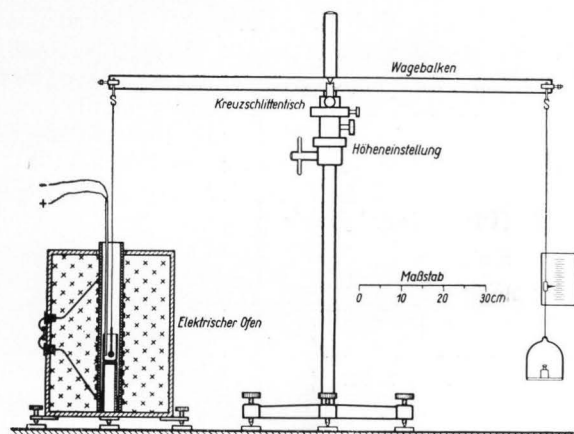


Bild 1. Kugelzieh-Viskosimeter mit Waagebalken für Silikatschmelzen.

<sup>3)</sup> K. Endell, W. Müllensiefen und K. Wagenmann: „Ueber den Einfluß der wichtigsten Schlackenbildner auf die Temperaturviskositätsbeziehungen der Mansfeldschlacke“, Metall und Erz, 30 (1933), S. 425–431. (Ref. demnächst in den „Glastechn. Ber.“.)

<sup>4)</sup> Glastechn. Ber., 11 (1933), S. 161–170.

Die zur Messung dieser Gläser entwickelte Anordnung ist in Bild 1 wiedergegeben.

Der elektrische Ofen ist im wesentlichen unverändert geblieben. Die Platinkugel ist an dem in Spitzen gelagerten linken Gehänge eines langarmigen Waagebalkens befestigt; an dem rechten Gehänge sind die Waagschale und der Zeiger für die Ablesung angebracht. Die Lager für die Mittelschneide des Balkens sind auf einem Kreuzschlittentisch montiert, der eine genaue Einstellung der Kugel im Schmelztiegel ermöglicht. Unter dem Kreuzschlittentisch befindet sich eine Höhenfeineinstellung. Die ganze Anordnung ist an einem schweren Stativ verschiebbar angebracht. Die Arretierung, die eine Feststellung des Waagebalkens in jeder beliebigen Lage ermöglicht, ist aus Gründen der Uebersichtlichkeit nicht eingezeichnet. Der Balken ist so ausbalanciert, daß der Schwerpunkt in der Mittelschneide liegt. Die seitliche Bewegung der Kugel ist bei der Länge des Waagebalkens zu vernachlässigen.

#### Eichung.

Die theoretischen Grundlagen zur Auswertung der Messungen im Kugelziehviskosimeter sind von W. Müllensiefen und K. Endell ausführlich besprochen worden<sup>4)</sup>. Die Zähigkeit errechnete sich nach einer kombinierten Kugel-Zylindergleichung, die (stets gleiche Badtiefe und Ziehstrecke vorausgesetzt) abgekürzt auf die Formel  $\eta = \frac{P}{v} \cdot k$  gebracht werden kann.

Es bedeuten:

$\eta$  = Zähigkeit in CGS-Einheiten (Poise),

$P$  = Uebergewicht in Gramm (wobei der Auftrieb der Kugel und des zylindrischen Stabes in der Schmelze zu berücksichtigen ist),

$v$  = Ziehgeschwindigkeit der Kugel in cm/sec,

$k$  = Konstante, die sich aus den Dimensionen der Platinkugel, des angeschweißten Platinstabes, des Tiegels und der Füllhöhe im Tiegel ergibt.

W. Müllensiefen und K. Endell hatten bei der Eichung ihrer Versuchsanordnung gefunden, daß die Gleichung  $\eta = \frac{P}{v} \cdot k$  mit einer weiteren Konstanten  $k'$  zu multiplizieren sei, wenn man zu absoluten Zähigkeiten gelangen will; also  $\eta_{\text{absol.}} = \frac{P}{v} \cdot k \cdot k'$ . Die Konstante  $k'$  wurde experimentell durch Eichung mit Substanzen bekannter Zähigkeit bestimmt. Sie war eine Funktion des Viskositätsmaßes  $\frac{P}{v}$  und des bei der Messung angewendeten Uebergewichts, das heißt: der Quotient  $\frac{P}{v}$  war (wohl infolge der mit der Belastung veränderlichen Rollenreibung) bei gleichbleibender Zähigkeit nicht konstant.

Vorversuche hatten ergeben, daß bei Anwendung eines Waagebalkens der Quotient  $\frac{P}{v}$

bei gleichbleibender Zähigkeit für jedes verwendete Uebergewicht praktisch unveränderlich war. Die Konstante  $k'$  hing bei der neuen Meßordnung nur noch von dem Quotienten  $\frac{P}{v}$  selbst ab. Hierdurch vereinfachte sich die Auswertung der Zähigkeitsmessungen erheblich. Die Abmessung des Tiegels\*) und der Kugel, die Füllhöhe und Meßstrecke wurden konstant gehalten. Die absolute Zähigkeit errechnete sich dann aus dem angewendeten Uebergewicht  $P$ , der gemessenen Geschwindigkeit  $v$  und der experimentell bestimmten Konstanten  $k' \cdot k = K$  nach der Gleichung

$$\eta_{\text{absol.}} = K \cdot \frac{P}{v}$$

$K$  in Abhängigkeit von  $\frac{P}{v}$  wurde an zwei Substanzen bestimmt:

1. an einem im Osrarn-Viskosimeter und in unserer alten Meßanordnung untersuchten Thüringerglas im Bereich von 50 000 bis 200 Poise.
2. an Rizinusöl<sup>b)</sup> (zwischen 0 und 50° C) im Bereich von 70 bis 1 Poise.

Der Wert für  $K$  steigt von  $K = 5,8$  bei 1 Poise auf  $K = 19,0$  bei 50 000 Poise. Bild 2 veranschaulicht die Genauigkeit der Bestimmung von  $K$  durch die Eichung. Die ausgezogenen Kurven im Bild 2 geben die bekannten Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen für

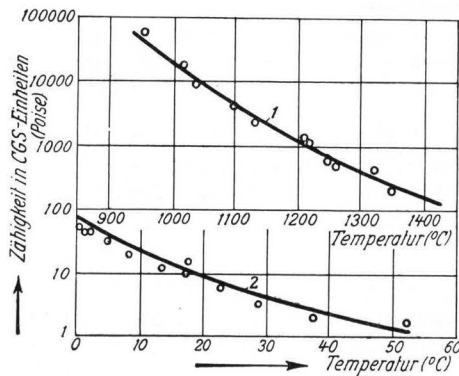


Bild 2. Vergleich der bekannten Zähigkeiten eines Thüringerglases (Kurve 1) und des Rizinusöls (Kurve 2) mit den neuen, durch Kreise dargestellten Werten.

\*) Nach jeder Messung wurde der Platintiegel über einen Stahldorn wieder auf seinen ursprünglichen Durchmesser gebracht.

b) Wien-Harms, Handb. der Experimentalphysik IV, 4, S. 540.

das Thüringerglas (1) und für Rizinusöl (2) wieder. Die Kreise stellen die mit der Waagebalkeneinrichtung gemessenen und nach der Gleichung  $\eta_{\text{absol.}} = K \cdot \frac{P}{v}$  ermittelten Zähigkeitswerte dar.

Die Badtiefe wurde auf 40 mm vermindert. Die Lötstelle des Thermoelements befand sich, durch K-Rohr und Platinschuh vor Glasangriff geschützt, in der Mitte der Ziehstrecke der Kugel. Die Temperaturunterschiede in der Schmelze bei 1400° betragen  $\pm 5^\circ$ .

An jedem Glas wurden je zwei Messungen durchgeführt:

- a) eine Messung bei fallender Temperatur in Zwischenräumen von rd. 100°,
- b) eine Messung bei steigender Temperatur ebenfalls in Zwischenräumen von rd. 100°.

Die Meßpunkte der zweiten Reihe wurden so gewählt, daß sie möglichst zwischen die der ersten Reihe fielen. Die Temperatur-Zähigkeits-Kurve ist also praktisch durch Messungen von 50 zu 50° C bestimmt worden.

Die Reproduzierbarkeit der Zähigkeitsmessungen mittels Waagebalken ist:

- zwischen 100 000 und 200 Poise  $\pm 5\%$
- „ 200 „ 50 „  $\pm 7\%$
- „ 50 „ 20 „  $\pm 10\%$
- „ 10 „ 1 „  $\pm 20\%$ .

Unter Poise 1 wird die Messung, wie an Glycerinwassermischungen festgestellt wurde, zu ungenau für quantitative Angaben. Das Absinken der Zähigkeit unter 1 Poise ist qualitativ aber einwandfrei festzustellen.

**Messungen.**

Mit der beschriebenen Apparatur wurde das Temperatur-Zähigkeitsverhalten von 9 Gläsern, die uns die Firma Jenaer Glaswerk Schott u. Genossen in Jena zur Verfügung stellte, zwischen 850 und 1450° untersucht. Die chemische Zusammensetzung der Gläser zeigt Zahlentafel 1. Die Ergebnisse sind in Bild 3 und 4 in logarithmischem Maßstab dargestellt.

Zahlentafel 1. Chemische Zusammensetzung der untersuchten Gläser.

Lfd. Nr.	15	14	16	17	18	19	20	21	22
Zeichen Schott	24401	23983	24433	23179	23734	S 982	3	2	1
SiO <sub>2</sub> . . . . .	30—35	35—40	35—40	40—45	40—45	45—50	65—70	60—65	70—75
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	15—20	10—15	5—10	5—10	—	5—10	1—5	5—10	10—15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1—5	1—5	1—5	1—5	—	10—15	1—5	10—15	1—5
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O . . . . .	0—1	0—1	0—1	—	5—10	—	10—15	5—10	1—5
CaO . . . . .	—	—	—	—	—	5—10	5—10	5—10	—
BaO . . . . .	40—45	40—45	40—45	40—45	—	10—15	—	—	1—5
ZnO . . . . .	5—10	1—5	5—10	5—10	—	10—15	5—10	—	—
PbO . . . . .	1—5	1—5	—	1—5	50—55	—	—	—	—
Läuterungsmittel . . . . .	0—1	0—1	1—5	0—1	0—1	0—1	0—1	0—1	0—1

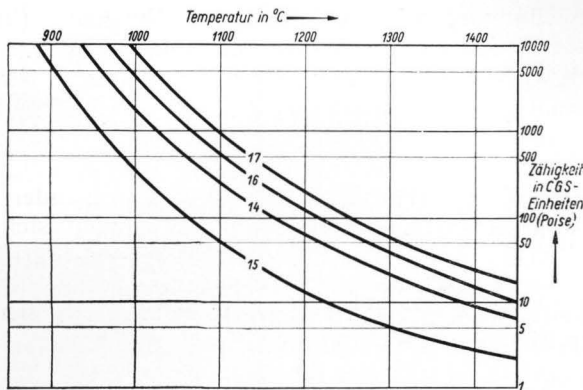


Bild 3. Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen verschiedener Barytgläser (Schott u. Gen., Jena). [Siehe auch Bild 5.]

Bild 3 zeigt die außerordentliche Dünnflüssigkeit der Barytgläser bei 1400°. Sie gleichen in ihrer Viskosität fast den kalkreichen Eisenhochofenschlacken<sup>6)</sup>.

Im Gegensatz zu den Barytgläsern zeigen die im Bild 4 eingezeichneten Gläser auch bei hohen Temperaturen recht hohe Viskositäten. So ist z. B. die Zähigkeit des Glases 22 bei 1400° 700 mal größer als die des Barytglases Nr. 15!

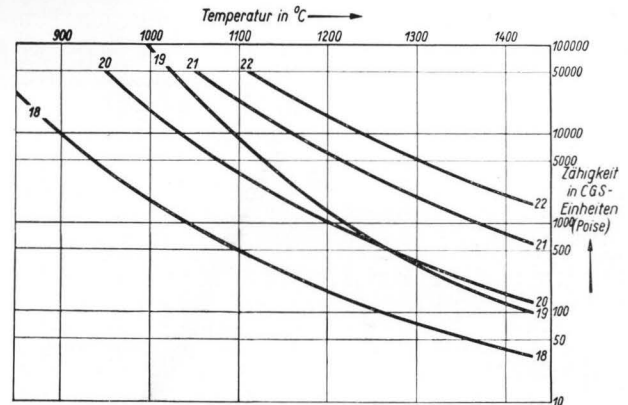


Bild 4. Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen verschiedener Gläser (Schott u. Gen., Jena).

Die Temperatur-Viskositäts-Beziehungen der untersuchten vier Barytgläser zwischen 1400° und 1000° sind zur besseren Uebersicht in Bild 5 nochmals in nicht logarithmischem Maßstab dargestellt.

**Zusammenfassung.**

1. Es wird ein einfaches und sicher arbeitendes Kugelziehviskosimeter mit Waagebalken sowie seine Eichung beschrieben. Damit können zwischen 850° und 1450° C Zähigkeiten von 1 bis 100000 Poise gut reproduzierbar gemessen werden.

2. Die Ergebnisse von Zähigkeitsmessungen an neun verschiedenen Gläsern werden mitgeteilt, deren Viskositäten bei 1400° zwischen 2,8 und 2100 Poise liegen.

3. Die Vorrichtung ist besonders geeignet, um in einfacher Weise den Einfluß verschiedener Metalloxyde auf die Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen von Gläsern und Schlacken in einem großen Bereich messend zu verfolgen.

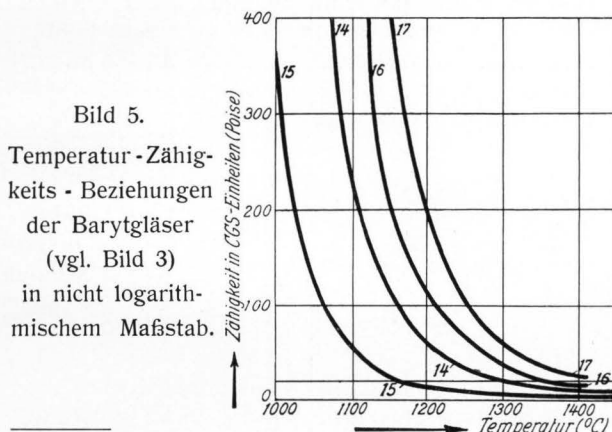


Bild 5. Temperatur-Zähigkeits-Beziehungen der Barytgläser (vgl. Bild 3) in nicht logarithmischem Maßstab.

<sup>6)</sup> K. A. Pohle: „Ueber Verfahren zur Bestimmung der Viskosität von Schlacken“. Mitt. Forschungsinstitut Verein. Stahlwerke Dortmund, 3 (1932), S. 59 bis 80. (Ref. Glastechn. Ber., 11 (1933), Nr. 5, S. 185.)

Die Verfasser danken dem Jenaer Glaswerk Schott u. Genossen in Jena für die freundlich gewährte finanzielle Beihilfe zur Durchführung ihrer Messungen. (8259)

DK 693.9.04 : 624.04

**Neuer Vorschlag für die Berechnung und Bemessung von Glaseisenbeton-Tragwerken.**

Von Ing. Dr. Jar. Polívka, Prag.  
(Eingegangen 23. Oktober 1933.)

Weitere ersprießliche Entwicklung der Glaseisenbeton-Bauweise setzt die Kenntnis von der tatsächlichen Wirkung innerer Kräfte im Verbundkörper und eine genaue Berechnungsart der letzteren voraus. Das vorgeschlagene Berechnungsverfahren wird durch Versuchsergebnisse auf seine Genauigkeit geprüft.

Es ist unbestreitbar, und es wurde durch zahlreiche und mannigfaltige Ausführungen bewiesen, daß der Glaseisenbeton im neuzeitlichen Bauwesen eine sehr bedeutende Rolle spielt, und daß ihm eine noch weitergehende ersprießliche Entwicklung bevorsteht. Ein gewisses Hemmnis in dieser Entwicklung war darin zu erblicken, daß manche Ausführungen im Laufe der Zeit geringe Schäden auf-

wiesen haben, die bei den nicht gründlich Eingeweihten die Befürchtung aufkommen ließen, der Glaseisenbeton in der typischen Ausführungsart, bei welcher die Fliesen aus Kristallglas mit Beton zu einem einheitlichen Verbundkörper gestaltet werden, habe nicht die richtige Eignung. Die Folge davon war, daß man wiederum auf die frühere Ausführungsart, nach welcher das Tragvermögen