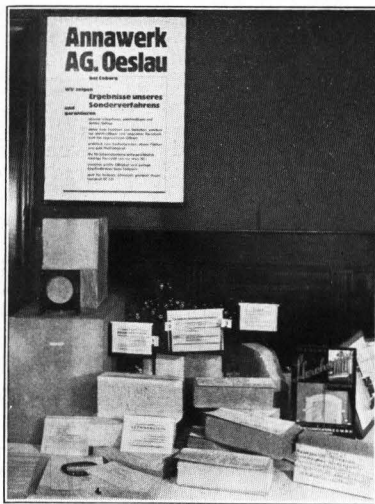


drei verschiedene Heizöltypen in den Handel gebracht, um allen Betriebsverhältnissen gerecht zu werden. Die Oelarten unterscheiden sich hauptsächlich durch den Klarpunkt, der bei dem kältebeständigen Oel bis auf -10° heruntergedrückt ist. Verwendung finden diese Oele in fast allen Industriezweigen, u. a. der Glasindustrie. Außer den Heizölen wurde ein Steinkohlenteer-Treiböl ausgestellt, das mit Rücksicht auf seine Bestimmung besondere Eigenschaften besitzt.

Es sei bemerkt, daß es sich bei allen Steinkohlenteerölen um rein deutsche Erzeugnisse handelt. Es gelangten kurz gefaßte Broschüren über Steinkohlenteeröl und seine Verwendung in Oelfeuerungen zur Verteilung, welche den Interessenten auch weiterhin von den genannten Gesellschaften auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.

Die Firma Annawerk A.-G. vorm. J. R. Geith, Oeslau bei Coburg, welche demnächst auf ein 75jähriges Bestehen zurückblickt, zeigte eine Reihe ihrer Erzeugnisse für Glasschmelzen, die seit etwa zwei Jahren nach neuer Methode unter dem Kennwort „Sonderverfahren“ hergestellt werden. Es wurden Wannensteine gezeigt, die peinlich exakt und ebenflächig sind und auf der Bruchfläche, selbst unter der Lupe, keine Hohlstellen oder andere das Eindringen des Glasschmelzflusses fördernde Lockerungen des Gefüges zeigen. Die Porosität wird mit nur 20% angegeben, trotzdem aber große Zähigkeit



Ausstellungsstand der Firma Annawerk A.-G., Oeslau b. Coburg.

und geringe Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel beim Antempfern des Ofens garantiert. Mit diesem neuen Sonderverfahren, nach dem auch Glashäfen, Schwimringe, Schwimbrücken usw. hergestellt werden, und mit dem man sich von dem althergebrachten fast ganz freimacht, ist das Wannensteinproblem zweifellos einen bedeutenden Schritt vorwärts gekommen.

Besonderes Interesse fanden auch noch Brennersteine AFx und COR III, die ebenfalls nach dem Sonderverfahren hergestellt waren. Von den ersteren

sah man einige (sehr dichte) Steine, die 35 und 70 mal hochoverhitzt und dann in fließendem, kaltem Wasser abgeschreckt waren. Es wird hier somit tatsächlich unter Beweis gestellt, daß es gelungen ist, zwei gegensätzliche Eigenschaften, nämlich größte Dichte, die bei Schamottesteinen allgemein Sprödigkeit des Materials im Gefolge hat, einerseits und Zähigkeit, die Voraussetzung der Temperaturwechselbeständigkeit, andererseits, in glücklicher Weise in einem Fabrikat zu vereinigen.

Der gezeigte COR III-Stein wird als Korundprodukt mit über 50% Al_2O_3 und einer Feuerfestigkeit von SK. 36 geschildert und eignet sich infolge seines auch in höchster Hitze konstantbleibenden Volumens für ölgeheizte Auftreibtrommeln, Brennerdüsen, Büten usw.

Auf dem Stand der Annawerk A.-G. wurden dann schließlich auch noch die bekannten und in der Wärmetechnik bewährten Sterchamol-Isoliersteine der Sterchamolwerke, G. m. b. H. in Dortmund gezeigt, und zwar die hauptsächlichsten für die Glasindustrie in Frage kommenden Marken.

Die Deutsche Ton- u. Steinzeug-Werke A.-G., Berlin-Charlottenburg, zeigte das Sondererzeugnis ihres Schamottewerkes Bad Freienwalde (Oder), den DTS-Edelmullitstein (DRP angemeldet). Es handelt sich hierbei um ein hochwertiges, höchstfeuerbeständiges Qualitätsmaterial völliger Homogenität nach der Formel $3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$, also mit einem Tonerdegehalt von über 72%. Dieses Material dürfte insbesondere in der Glasindustrie großem Interesse begegnen, weil es den im Glaswannenbetrieb auftretenden Beanspruchungen besonders angepaßt ist. — Seit langem wird erstrebt, die Mikrostruktur keramischer Massen so zu gestalten, daß die Kristallite kleine Abmessungen und dichteste Packung bei Freiheit von Glas zeigen. Der DTS-Edelmullit erfüllt diese Ansprüche. Die Mikrostruktur der Steine zeigt ein vollkommen dichtes Gefüge; das Material besteht ausschließlich aus Mikrolithen, zwischen denen sich irgendwelche glasige Umbildung nicht nachweisen läßt. — Bei einer Feuerbeständigkeit von SK. 39, einem Erweichungsbeginn von rd. 1600° bei $2 kg/m^2$ Belastung, einem Erweichungsbereich von 200° und einer Wasseraufnahme von 2% weist dieser temperaturwechselbeständige Stein eine Kaltdruckfestigkeit von $1500 kg/cm^2$ auf.

Auf der Schau waren außer dem Glaswannenstein eine Anzahl Normalsteine aus DTS-Edelmullit ausgestellt, wie sie an hochbeanspruchten Stellen in der sonstigen Industrie und in Hochleistungskesseln Verwendung finden. Hierfür werden die an sich mikrokristallin mit gleicher Homogenität hergestellten Steine etwas porös ausgeführt, um der an diesen Verwendungsstellen in erhöhtem Maße auftretenden Forderung nach Temperaturwechselbeständigkeit Rechnung zu tragen durch Erreichung der ungewöhnlich hohen Abschreckziffer von über 60 nach Din-Norm.

Spezifische Wärme von Flaschengläsern.

Von H. E. Schwiete und H. Wagner.

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

(Eingegangen 6. November 1931.)

Bedeutung der spezifischen Wärmen von Gläsern für die Glasindustrie. — Bisher bekannte Werte. — Wahre und mittlere spezifische Wärme. — Messung der mittleren spezifischen Wärmen dreier Flaschengläser (Verfahren, Apparatur, untersuchte Substanzen). — Ergebnisse. — Anwendungsbeispiel. — Zusammenfassung.

Einleitung.

Im Anschluß an eine größere Untersuchung über die spezifischen Wärmen von Silikaten, welche der eine von uns ausgeführt hat¹⁾, haben

¹⁾ H. Wagner, Dissertation (erscheint demnächst).

wir es unternommen, die spezifischen Wärmen einiger technisch wichtigen Gläser und deren Temperaturverlauf zu bestimmen. Ueberblickt man die bisher über dieses Gebiet erschienene Literatur, so findet man, daß nur wenige Daten über die spezifischen Wärmen technischer Gläser vorliegen; äußerst spärlich aber

sind die Angaben über die Temperaturabhängigkeit dieser Konstante. Nur von einem einzigen technischen Glase, einem weichen Röhrglas, sind die spezifischen Wärmen bis zu hohen Temperaturen durch die Messungen von W. P. White²⁾ bekannt. Dementsprechend spärlich sind auch die darüber handelnden Abschnitte in den uns vorliegenden Handbüchern über Glas. So nimmt im Dralle-Keppeler („Die Glasfabrikation“, 2. Aufl., München und Berlin 1926) das Kapitel „Spezifische Wärmen“ nur eine halbe Seite, in dem neuerdings erschienenen Buch von H. Thiene („Das Glas“, Jena 1931) zwei Seiten ein, obwohl an beiden Stellen nachdrücklich auf die Wichtigkeit hingewiesen wird, welche der Kenntnis der spezifischen Wärme der Gläser zukommt.

Bekannt sind die spezifischen Wärmen einiger technischen Gläser bei Zimmertemperatur, auch macht sich in diesem Temperaturgebiet ein Mangel an Zahlenangaben weniger fühlbar, weil von allen Glaseigenschaften die spezifische Wärme sich am besten additiv aus der Zusammensetzung der Gläser berechnen läßt. Nach Winkelmann und Schott kann man die spezifische Wärme bei Zimmertemperatur hinreichend genau berechnen nach der Formel

$$c_p = \frac{p_1 \cdot k_1 + p_2 \cdot k_2 + p_3 \cdot k_3 \dots}{p_1 + p_2 + p_3 \dots};$$

hierbei bedeuten

$k_1, k_2 \dots$ die spezifischen Wärmen der Bestandteile,

$p_1, p_2 \dots$ die Gewichtsmengen der Bestandteile im Glase.

Die Kenntnis der spezifischen Wärmen der Gläser bis zu hohen Temperaturen hat aus verschiedenen Gründen besonderes Interesse. Ist der Temperaturverlauf der spezifischen Wärme bekannt, so können einmal gewisse Aussagen über den Energieinhalt und damit auch über die Konstitution des glasigen Zustandes gemacht werden; zum anderen Mal kann diejenige Wärmemenge berechnet werden, die eine gegebene Glasmenge von bestimmter Temperatur enthält. Diese Wärmemenge ist ein Hauptfaktor bei der Aufstellung der Wärmebilanzen von Glasöfen, und ihre Kenntnis hat somit ein grundlegendes technisches Interesse. Neben dieser direkten Anwendung ist die Kenntnis der spezifischen Wärmen auch noch für andere, von ihr abhängige, Größen wichtig. Beispielsweise haben Winkelmann und Schott³⁾ für die Berechnung der Wärmefestigkeit eine experimentell gut bestätigte Formel abgeleitet, in der

²⁾ W. P. White, Amer. J. Sci., Bd. 28, Jg. 1909, S. 334. Derselbe, J. Chem. Soc., Bd. 116, Jg. 1919, S. 133.

³⁾ Winkelmann und Schott, Ann. d. Phys. u. Chem., Bd. 51, Jg. 1894, S. 730. — S. a. V. H. Stott, J. Soc. Glass Techn., 8. Jg. 1924, S. 139–148. (Ref. Glastechn. Ber., 3. Jg. 1925/26, S. 97–98.)

neben anderen Größen auch die spezifische Wärme vorkommt.

Man unterscheidet wahre und mittlere spezifische Wärmen. Die mittlere spezifische Wärme wird wie folgt definiert: Bezeichnet man mit i die Wärmekapazität der Einheit der Masse eines Körpers zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 , so ist die mittlere spezifische Wärme $\bar{c} = \frac{i}{T_2 - T_1}$. Die wahre spezifische Wärme c bei einer bestimmten Temperatur ist definiert als $c = \frac{di}{dT}$. Integriert man, so wird $i = \int c \cdot dT$, und indem man das bestimmte Integral setzt ($i = \int_{T_1}^{T_2} c \cdot dT$), folgt als Beziehung zwischen mittlerer und wahrer spezifischer Wärme

$$\bar{c} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} c \cdot dT}{T_2 - T_1}.$$

Die wahre spezifische Wärme ist von allgemeinem Interesse. Kennt man ihre Temperaturfunktion, so zeigen sich Phasenänderungen deutlich durch Unstetigkeiten im Temperaturverlauf an, und Wärmehalte zwischen zwei beliebigen Temperaturen können ohne weiteres durch Integration erhalten werden. Es ist daher zu verstehen, daß besondere Anstrengungen zur experimentellen Ermittlung der wahren spezifischen Wärmen gemacht worden sind. Einen Erfolg hat man nur bei gut leitenden Körpern gehabt, und auch dann sind die Messungen auf Temperaturen bis etwa 500° C beschränkt geblieben⁴⁾.

Für Gläser und kristallisierte Silikate besteht zur Zeit keine Aussicht, die wahren spezifischen Wärmen bei hohen Temperaturen experimentell zu ermitteln.

Wie im folgenden gezeigt wird, ist die Kenntnis der wahren spezifischen Wärmen in allen den Fällen, wo es sich, wie bei der Aufstellung von Wärmebilanzen von Glasöfen, um Wärmehalte handelt, nicht erforderlich, wenn die mittleren spezifischen Wärmen bekannt sind. Zur Berechnung von Wärmehalten hat man nämlich zwei Möglichkeiten. Entweder man mißt die mittleren spezifischen Wärmen zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 und erhält für die Wärmekapazität $i = \bar{c} (T_2 - T_1)$, oder man kennt die wahre spezifische Wärme als Temperaturfunktion und erhält $i = \int_{T_1}^{T_2} c \cdot dT$.

Diese beiden Wege zur Ermittlung von Wärmehalten sind gleichwertig. Es folgt daraus die Tatsache, daß bei einer entsprechenden Kenntnis der mittleren spezifischen Wärme eine

⁴⁾ Seekamp, Z. anorg. allgem. Chem., Bd. 195, Jg. 1931, S. 345; siehe auch Perrier und Roux, Memoires de la Société Vaudoise des Sciences naturelles, Jg. 1923, Nr. 3.

vollkommen exakte Berechnung von Wärmehalten möglich ist. Da sich die mittleren spezifischen Wärmen sehr genau auch bei hohen Temperaturen experimentell bestimmen lassen, ist der Praxis mit deren Kenntnis ein wertvolles Zahlenmaterial gegeben.

Die im Folgenden beschriebenen Bestimmungen von mittleren spezifischen Wärmen an drei Gläsern vom Typus des Flaschenglases sind im Hinblick darauf ausgeführt worden, daß neben anderen Faktoren (wie der Wärmeleitfähigkeit oder den Strahlungsverlusten) den mittleren spezifischen Wärmen eine fundamentale Bedeutung für die Kenntnis wärmewirtschaftlicher Faktoren zukommt.

Meßverfahren.

Die mittleren spezifischen Wärmen wurden mit Hilfe eines modifizierten Mischungskalorimeters ermittelt, wie es im Prinzip bereits bekannt und mit bestem Erfolg verwendet worden ist⁵⁾. Ein zur Aufnahme der hocherhitzten Substanz dienender Kupferblock gibt die von der Substanz aufgenommene Wärme an die im Kalorimeter befindliche Flüssigkeit ab, deren Temperaturerhöhung dann gemessen wird. Aus der Temperaturerhöhung ΔT des Kalorimeters und der Temperaturabnahme $\Delta \vartheta$ der Substanz wird die mittlere spezifische Wärme \bar{c} ermittelt zu
$$\bar{c} = \frac{W \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta \vartheta}$$
, wobei mit W der Wasserwert des Kalorimeters, mit m die Masse der verwendeten Substanz bezeichnet wird. Bei der Berechnung des Wertes \bar{c} kommt infolge der Verwendung von μg Platin als Aufnahmegefäß für die Substanz noch ein Korrektionsglied hinzu. Beträgt die mittlere spezifische Wärme des Platins⁶⁾ für das Temperaturintervall, um das sich die hocherhitzte Substanz abgekühlt hat, γ , so wird

$$\bar{c} = \frac{W \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta \vartheta} - \frac{\mu \gamma}{m}$$

Dieses \bar{c} bedeutet die mittlere spezifische Wärme der Substanz von der jeweiligen Kalorimetertemperatur bis zur Temperatur der hocherhitzten Substanz. Da beide Temperaturen, wenn auch nur um ein Weniges, von Messung zu Messung verschieden sind, wurden die durch den Versuch direkt ermittelten Werte durch Interpolation auf mittlere spezifische Wärmen von

⁵⁾ Neumann, Z. anorg. allgem. Chem., Bd. 145, Jg. 1925, S. 209 ff.

Wietzel, Z. anorg. allgem. Chem., Bd. 116, Jg. 1921, S. 76 ff.

Wagner, a. a. O. (Fußnote 1.)

⁶⁾ W. P. White, Amer. J. Sc., [4], Bd. 47, Jg. 1919, S. 1 ff.

Die mittleren spezifischen Wärmen des Platins sind von W. P. White mit sehr großer Genauigkeit bestimmt und zu unseren Berechnungen verwendet worden. (Siehe auch A. Magnus, Ann. d. Phys., [4], Bd. 48, Jg. 1915, S. 983.)

18° C bis zu geraden Hunderten Grad Celsius umgerechnet, und so ein Vergleich der erhaltenen Werte ermöglicht.

Apparatur.

Die zu den Messungen verwendete Apparatur besteht aus zwei Hauptteilen: Ofen und Kalorimeter.

Bei Temperaturen bis zu 700° C wurde zur Erhitzung der Substanz ein mit Cekasdraht außengewickelter Widerstands-ofen benutzt, der zur Erreichung einer möglichst langen Zone im Ofen, innerhalb deren kein oder praktisch kein Temperaturgefälle nach den Enden zu auftritt, mit einem Silberrohr ausgekleidet ist. Bei Temperaturen über 700° bis 1300° C verwendeten wir einen innengewickelten Platin-Widerstands-ofen, dessen heißeste Zone etwa in der Mitte des Ofens liegt und bei einer Länge von 3 cm ein Temperaturgefälle nach den Enden dieser Zone von nur etwa 1° C aufweist. Die Ofentemperaturen wurden durch ein von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüftes Platin-Platin-Rhodium-Thermoelement angezeigt, dessen EMK nach der Kompensationsmethode mit Hilfe eines Kompensationsapparates von O. Wolff, Berlin, ermittelt wurde.

Die Temperaturerhöhung des Kalorimeters wurde durch ein Kupfer-Konstantan-Thermoelement gemessen. Die Aenderung der EMK des Thermoelementes zeigte ein Spiegelgalvanometer an, dessen Empfindlichkeit so verändert wurde, daß einem Zehntel (genau ablesbarem) Skalenteil der Spiegelgalvanometerskala eine (der Aenderung der EMK des Thermoelementes proportionale) Temperaturänderung von 0,0001 bis 0,0002° C entsprach. Die Korrektion wegen des Wärmeaustausches des Kalorimeters mit der Umgebung erfolgte nach der Regnault-Pfaunderschen Methode⁷⁾. Der Wasserwert des Kalorimeters wurde auf elektrischem Wege durch Entwicklung Joulescher Wärme bestimmt: $W = \frac{e \cdot i \cdot t \cdot 0,239}{\Delta T}$, wobei e (= Anzahl Volt) und i (= Anzahl Ampère) mittels Präzisionsinstrumenten, t (= Anzahl Sekunden) mittels Stoppuhr gemessen wurden, und ΔT die Temperaturerhöhung des Kalorimeters bedeutet.

Vorbereitung und Analyse der drei untersuchten Gläser.

Die untersuchten Gläser (Analysen s. in Tafel 1) wurden zerstoßen, und ein Material in einer Korngröße von etwa 2 mm \varnothing ausgesiebt und zur Messung verwandt. Zu diesem Zwecke wurde die Substanz in Platintiegelchen eingefüllt und auf die entsprechenden Temperaturen im Ofen erhitzt.

⁷⁾ Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, Bd. 3, (1907), S. 174 ff.

Tafel 1.
Analysen der drei Flaschengläser.

	I. moselblau %	II. moselgrün %	III. braun %
SiO ₂	64,32	66,10	62,84
Al ₂ O ₃	7,52	6,03	7,08
Fe ₂ O ₃	1,90	1,27	1,22
Mn ₃ O ₄	0,44	1,40	7,06
CaO	12,85	12,20	12,76
MgO	0,53	0,35	0,40
Alkalien	12,44	12,59	8,64

Ergebnisse.

Die Ergebnisse der Messungen, die in Tafel 2 zusammengefaßt sind, stellen Mittelwerte aus zwei oder mehr Messungen für jeden Temperaturpunkt dar. Bis 900° C beträgt die Abweichung vom Mittel weniger als 0,3%, über 900° C weniger als 0,5%. Der absolute Fehler dürfte ± 0,5% keinesfalls überschreiten.

Tafel 2.

Mittlere spezifische Wärmen dreier Flaschengläser von 18° C ab aufwärts.

Temperatur- Intervall von 18° C bis	I. moselblau	II. moselgrün	III. braun
	mittlere spezifische Wärmen		
300° C	0,2238	0,2284	0,2169
500 "	0,2399	0,2400	0,2326
700 "	0,2562	0,2602	0,2520
900 "	0,2707	0,2779	0,2675
1100 " †)	0,2751	0,2798	0,2699
1300 "	0,2880	0,2912	0,2838

†) Entglast.

In Tafel 1 sind die Analysen der drei Gläser angegeben.

Im Bild 1 sind die mittleren spezifischen Wärmen von 18° C ab als Funktion der Temperatur graphisch dargestellt. Die einzelnen Meßpunkte, also die mittleren spezifischen Wärmen für Temperaturen von 300, 500, 700, 900, 1100 und 1300° C, sind geradlinig miteinander ver-

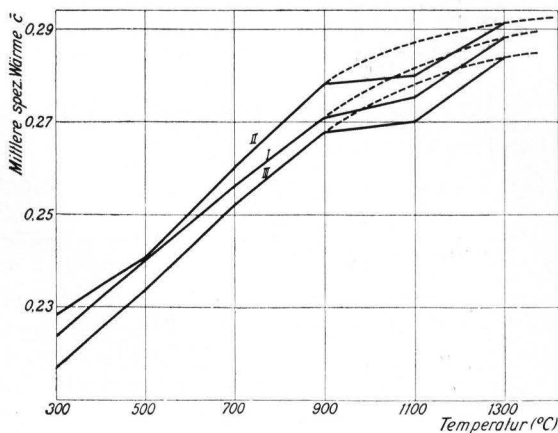


Bild 1. Mittlere spezif. Wärmen der drei Flaschengläser in Abhängigkeit von der Temperatur.

bunden, um hervorzuheben, daß experimentell nur diese Daten ermittelt wurden.

Auswertung und Deutung der Ergebnisse.

Da hier mittlere spezifische Wärmen und nicht wahre als Funktion der Temperatur auftreten, muß man besondere Vorsicht beobachten, wenn man die im Bilde 1 gegebene Kurve auswertet. Sehr augenfällig ist, daß der Meßpunkt bei 1100° C sehr niedrig liegt im Vergleich mit den benachbarten Meßpunkten bei 900 und 1300° C. Der Grund dafür ist die mehr oder weniger starke Entglasung, welche die Glasproben bei dieser Temperatur erlitten.

Die Entglasung führt in bekannter Weise eine Abnahme des Wärmehaltes herbei, der sich in der relativen Abnahme der spezifischen Wärme der teilweise oder vollständig entglasten Produkte gegenüber derjenigen der reinen Gläser ausprägt. Mit zunehmender Temperatur tritt umgekehrt wieder eine Zunahme des Wärmehaltes im Maßstabe der beginnenden Schmelzeffekte ein; die Schmelzwärme der Kristallarten in den Entglasungsprodukten kommt zum Ausdruck in dem Wärmehalt der Substanz. Da es sich bei den vorliegenden Fällen nicht um das Schmelzen einer homogenen Kristallart handelt, sondern verschiedene Kristallarten in wechselnder Menge in den Entglasungsprodukten zum Schmelzen kommen, so ist der Temperaturverlauf der spezifischen Wärmen selbstverständlich nicht eindeutig wie bei einem Einstoffsystem. Eine Schar von Kurven, wie sie im Bild 2 gestrichelt ge-

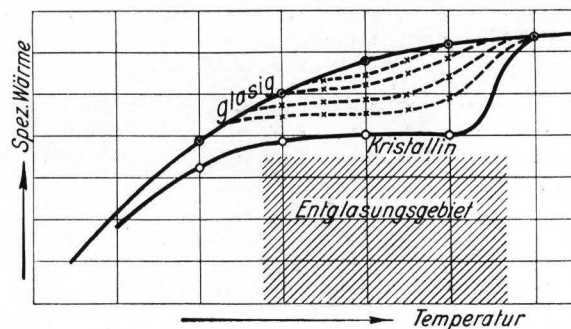


Bild 2. Temperaturabhängigkeit der spezif. Wärme für glasige, für ganz entglaste und für teilweise entglaste Stoffe.

zeichnet sind, entsprechen jeweils einem bestimmten Entglasungsgrad. Dieser, der je nach den Bedingungen der relativen Unterkühlung des Glases, der Erhitzungsdauer usw. verschieden ist, verursacht naturgemäß eine erhebliche Streuung der Kurven im Temperaturgebiet der Entglasungen und des Schmelzens. Das genannte Streuungsgebiet wird abgegrenzt (s. Bild 2) einerseits durch die Kurve, welche den Verlauf der spezifischen Wärme für das vollkommen entglaste Erzeugnis angibt, andererseits durch die Kurve für das vollkommen glasige Erzeugnis. Letztere Kurve hat im vorliegenden Fall die praktisch größere Bedeutung, kann aber experimentell nicht reali-

siert werden, da zur Erreichung der größtmöglichen Konstanz der Temperaturverteilung in der Probe eine Wärmeexposition bis zu zwei Stunden Dauer erforderlich ist, und bei 1100° bereits das Gebiet optimaler Entglasungsbedingungen erreicht ist. Die in Tafel 2 und Bild 1 angegebenen Werte der mittleren spezifischen Wärmen bei 900 und 1300° beziehen sich aber auf vollkommen glasiges Versuchsmaterial, und es kann mit großer Sicherheit angenommen werden, daß der Temperaturverlauf der mittleren spezifischen Wärmen zwischen 900° und 1300° für vollkommen glasiges Material durch das im Bild 1 gestrichelt gezeichnete Kurvenstück dargestellt wird.

Beispiel einer Wärmehaltsberechnung.

Die in der Tafel 2 angegebenen Werte bedeuten mittlere spezifische Wärmen von 18° C ab. Es sind mit diesen Daten für die Aufstellung einer Wärmebilanz diejenigen Werte gegeben, die zu Berechnungen meist direkt verwendet werden können. Soll beispielsweise bestimmt werden, welche Wärmemenge in einer Wanne für je 1 t entnommenen Glases entzogen wird, so ist die Temperatur des abfließenden Glases zu messen, der dieser Temperatur T_2 zugehörige Wert der mittleren spezifischen Wärme \bar{c} aus der Kurve abzulesen, und man erhält

$$i = \bar{c} (T_2 - T_1) \cdot 1.10^6 \text{ cal.}$$

Dabei ist 1 t = 1.10⁶ g gesetzt, während $T_1 = 18$ (Anzahl Grade Celsius Zimmertemperatur, für welche untere Temperaturgrenze ja die mittlere spezifische Wärme ermittelt wurde) zu setzen ist, oder in kcal. ausgedrückt:

$$i = \bar{c} (T_2 - T_1) \cdot 1.10^3 \text{ kcal.}$$

Natürlich ist diese Wärmemenge nicht identisch mit derjenigen, die nötig war, das Glasgemenge zu sintern, zu schmelzen und auf die betreffende Temperatur zu bringen, weil bei

diesem Vorgang latente Wärmen, insbesondere Reaktionswärmen und Dissoziationswärmen, als bedeutsame Faktoren hinzukommen.

Mittlere spezifische Wärmen von 0° C ab aufwärts.

Wie im vorstehenden Fall, werden im allgemeinen die mittleren spezifischen Wärmen von Zimmertemperatur ab interessieren. Für besondere Zwecke sind in der Tafel 3 die mittleren spezifischen Wärmen von 0° C ab angegeben, die nach dem Verfahren von W. P. White⁸⁾ berechnet sind. Hierbei sind die mittleren spezifischen Wärmen von 0 bis 20° C durch Extrapolation zu 0,1880 für Glas I, zu 0,185 für Glas II, zu 0,180 für Glas III ermittelt und zur Umrechnung benutzt worden.

Tafel 3.

Mittlere spezifische Wärmen dreier Flaschengläser von 0° C ab aufwärts.

Temperatur-Intervall von 0° C ab bis	I. moselblau	II. moselgrün	III. braun
	mittlere spezifische Wärmen		
300° C	0,2216	0,2258	0,2147
500 "	0,2377	0,2380	0,2307
700 "	0,2544	0,2583	0,2501
900 "	0,2691	0,2760	0,2657
1100 " †)	0,2737	0,2782	0,2684
1300 "	0,2866	0,2897	0,2823

†) Entglast.

Zusammenfassung.

Es wird: 1. die Beziehung zwischen wahrer und mittlerer spezifischer Wärme erörtert, 2. eine Apparatur zur Messung mittlerer spezifischer Wärmen kurz beschrieben, 3. die mittlere spezifische Wärme dreier Flaschengläser von 300° bis 1300° C ermittelt.

⁸⁾ W. P. White, a. a. O. (Fußnote 6.)

Ueber den endothermen Effekt im Erweichungsbereich von Silikatgläsern.

Von F. Eckert und I. Westermann.

(Mitteilung aus dem Glastechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule Berlin.)

(Eingegangen 24. November 1931.)

Eigenschaften der Gläser im Erweichungsbereich. — Nachweis und Deutung des endothermen Effektes nach Tool. — Neue Hypothese des endothermen Effektes zweiter Art. — Untersuchungen über den Einfluß der Schmelztemperatur, -dauer, der Rohstoffe, der Glaszusammensetzung auf den endothermen Effekt (Arbeitsweise, Untersuchungsmaterial, Ergebnisse). — Diskussion der Ergebnisse.

Eigenschaften der Gläser im Erweichungsbereich nach Tamman.

Die kontinuierliche Aenderung der physikalischen Eigenschaften beim Uebergang vom festen spröden über den viskosen in den flüssigen Zustand ist eine charakteristische Eigenschaft aller amorphen Substanzen, zu denen auch die Gläser gehören, und steht im Gegensatz zur sprungweisen Aenderung der Eigenschaften der kristallinen festen Körper am Schmelzpunkt. Die Silikatgläser, die den engeren technischen Begriff

„Glas“ umfassen, weisen ebenfalls keinen plötzlichen Schmelzpunkt, sondern nur einen mehr oder weniger ausgedehnten Erweichungsbereich auf.

Nach Tamman¹⁾ scheinen die Gläser nach ihrer Entstehung und nach ihrer Beziehung zum Kristallzustand tief unterkühlte Flüssigkeiten zu sein. Arbeiten der letzten Jahre haben ergeben, daß die physikalischen Eigenschaften sol-

¹⁾ G. Tamman, Glastechn. Ber., 7. Jg. 1929/30, S. 445—454.