

## Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Ueber die mittlere spezifische Wärme von Quarz und Quarzglas in drei verschiedenen Temperaturbereichen.

Von **Karl Schulz** in Berlin.

Mit 2 Textfiguren.

### I.

Die spezifische Wärme des Quarzes ist bereits Gegenstand mehrerer Untersuchungen gewesen. Einen Überblick über die bisher erhaltenen Werte der mittleren spezifischen Wärme  $c$  des Minerals in verschiedenen Temperaturintervallen gibt Tabelle 1 (p. 482/483) in chronologischer Anordnung.

Die wahre spezifische Wärme  $\gamma_t$  des Quarzes hat zuerst M. PIONCHON<sup>1</sup> bestimmt. Er wandte die Mischungsmethode an. Nach seinen Ergebnissen ist für Werte von  $t$  zwischen 0 und 400°:

$$\gamma_t = 0,1737 + 0,000394 t - 0,00000027 t^2$$

und für Werte von  $t$  zwischen 400 und etwa 1200°:  $\gamma_t$  konstant gleich 0,305.

Vor kurzem ermittelte W. NERNST<sup>2</sup> mit Hilfe seiner neuen Versuchsanordnung<sup>3</sup> die Molekularwärme des Minerals bei tiefen Temperaturen. Seine Resultate sind in Tab. 2 angeführt.

**Tabelle 2.**

Quarz. (Fundort?) W. NERNST 1911.

Temperatur T in absoluter Zählung	Molekularwärme M. W.
25,8°	0,416
28,75	0,520
31,2	0,527
36,1	0,794
84,3	3,03
89,0	3,25
92,6	3,39

Über die spezifische Wärme des Quarzglasess liegen nur wenige Untersuchungen vor.

<sup>1</sup> M. PIONCHON, Compt. rend. 106. p. 1344. 1888.

<sup>2</sup> W. NERNST, Ann. d. Phys. [4.] 36. p. 395. 1911.

<sup>3</sup> beschrieben a. a. O.

Tabelle 1. Mittlere spezifische Wärme c des Quarzes.

Autor	c	zwischen	Bemerkungen
F. E. NEUMANN <sup>1</sup> . . . . .	0,1883	Zimmertemp. u. 100°	Mischungsmethode
V. REGNAULT <sup>2</sup> . . . . .	0,19132	13 u. 99	" "
H. KOPP <sup>3</sup> . . . . .	0,186 bis 0,190	20 u. 50	Bergkristall (Grünsel)
J. JOLY <sup>4</sup> . . . . .	0,18800 0,18828 0,18827 0,18780	12 u. 100 13,1 " " 11,8 " " 16,5 " 99	Kondensationsmethode 10 kleine klare Kristalle Rauchquarz klare, durchsichtige Kristalle " " "
A. BARTOLI <sup>5</sup> . . . . .	0,191 0,241 0,308 0,316	23 u. 100 28 " 312 29 " 417 30 " 530	Mischungsmethode
R. ULRICH <sup>6</sup> . . . . .	0,1909	14 bis 21 u. 98	Mischungsmethode " Quarzsand aus der Nürnberger Gegend"
R. WEBER <sup>7</sup> . . . . .	0,1754 + 0,0004 t	nicht angegeben	Mischungsmethode
W. P. WHITE <sup>8</sup> . . . . .	0,1840 ( ) 0,1851 ( ) 0,2372 ( ) 0,2368 ( )	0 u. 100 " " 500	Mischungsmethode in sehr vollkommener Versuchs- anordnung

W. P. WHITE <sup>8</sup> . . . .	0 u. 700	Mischungsmethode in sehr vollkommener Versuchs- anordnung
0,2559 )	900	
0,2556 )		
0,2597 )	1100	
0,2594 )		
0,2643 )		
0,2646 )		
P. LASCHTSCHENKO <sup>9</sup> . . .	Zimmertemp. u. 200 <sup>9</sup>	Mischungsmethode
	256	
	300	
	345	
	405	
	455	
	495	
	550	
	580	
	600	
	650	
	700	
	755	
	800	
	892	

- <sup>1</sup> F. E. NEUMANN, Pogg. Ann. d. Phys. **23**, p. 1. 1831. Gesammelt. Werke. **2**, p. 1. 1906.  
<sup>2</sup> V. REGNAULT [Ann. de chim. et de phys. Ser. III. **1**, p. 129. 1841], Pogg. Ann. d. Phys. **53**, p. 60. 1841.  
<sup>3</sup> H. KOPP, Liebigs Ann. **3**, Suppl.-Bd. 1864 u. 1865.  
<sup>4</sup> J. JOLY, Proc. Roy. Soc. London. **41**, p. 250. 1887.  
<sup>5</sup> A. BARTOLI, Rivista min. e. crist. **12**, p. 56. 1892. Bull. Acad. Giönia. Catania fasc. 15. 1890, fasc. 17. 1891.  
<sup>6</sup> R. ULRICH, E. WOLLENY, Forsch. a. d. Gebiet d. Agrikulturphys. **17**, p. 1. 1894.  
<sup>7</sup> R. WEBER, Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel. **23**, 1894—1895. Sitz. v. 28. III. 1895.  
<sup>8</sup> W. P. WHITE, Americ. Journ. of Sc. **28**, p. 334. 1909.  
<sup>9</sup> P. LASCHTSCHENKO, Journ. russ. phys. chem. Ges. **42**, p. 1604. 1910.

C. DIETERICI<sup>1</sup> erhielt mit dem BUNSEN'schen Eiskalorimeter (aus insgesamt 10 Versuchen) für Erhitzungstemperaturen  $t$  zwischen 100 und  $303^{\circ}$  die mittlere spezifische Wärme  $c$  zwischen 0 und  $t^{\circ}$ :

$$c = 0,16791 + 0,0001750 t - 0,0000001025 t^2;$$

und die wahre spezifische Wärme  $\gamma_t$ :

$$\gamma_t = 0,16791 + 0,000350 t - 0,0000003075 t^2.$$

J. HEINRICH<sup>2</sup> berechnete aus 50 Versuchen mit dem BUNSEN'schen Eiskalorimeter die mittlere spezifische Wärme  $c$  zwischen 0 und  $t^{\circ}$  ( $t \geq 320^{\circ}$ ):<sup>3</sup>

$$c = 0,171466 + 0,0001416 t.$$

Mit derselben Versuchsanordnung, die für die Versuche mit Quarz verwandt wurde, und in demselben Zusammenhange hat W. NERNST<sup>4</sup> auch die Molekularwärme von Quarzglas bei tiefen Temperaturen bestimmt. Seine Werte gibt Tab. 3 an:

**Tabelle 3.**

Quarzglas. W. NERNST 1911.

Temperatur T in absoluter Zählung	Molekularwärme M. W.
26,25 <sup>o</sup>	0,637
29,4	0,644
35,2	0,844
42,6	1,33
84,0	3,14

Zeichnet man nach den Versuchsergebnissen W. NERNST's (Tab. 2, 3) die Kurve für die Abhängigkeit der unter gleichen Bedingungen ermittelten Molekularwärmen von Quarz und Quarzglas von der Temperatur (Fig. 1), so ergibt sich, daß diese Kurve für Quarzglas oberhalb der entsprechenden für Quarz verläuft. Da nun die Molekularwärmen sich nur durch einen konstanten Faktor von den wahren spezifischen Wärmen unterscheiden, so liegt auch bei tiefen Temperaturen die Kurve für die Abhängigkeit der wahren spezifischen Wärme des Quarzglases von der Temperatur oberhalb der

<sup>1</sup> C. DIETERICI, Ann. d. Phys. [4.] **16**. p. 600. 1905.

<sup>2</sup> J. HEINRICH, Inaug.-Diss. Bonn. 1906. p 37.

<sup>3</sup> Sowohl DIETERICI als auch HEINRICH sprechen in ihrer Arbeit nur von Quarz; es ist jedoch unzweifelhaft Quarzglas („von Heraeus!“) gemeint.

<sup>4</sup> W. NERNST, a. a. O.

entsprechenden für Quarz, d. h. für gleiche tiefe Temperaturen hat die Differenz der wahren spezifischen Wärme von Quarzglas und Quarz das positive Vorzeichen. Eine ähnliche Beziehung habe ich früher bei Bleimetasilikat, Adular, Mikroklin, Spodumen<sup>1</sup> und Gadolinit<sup>2</sup> festgestellt, bei denen die Differenz

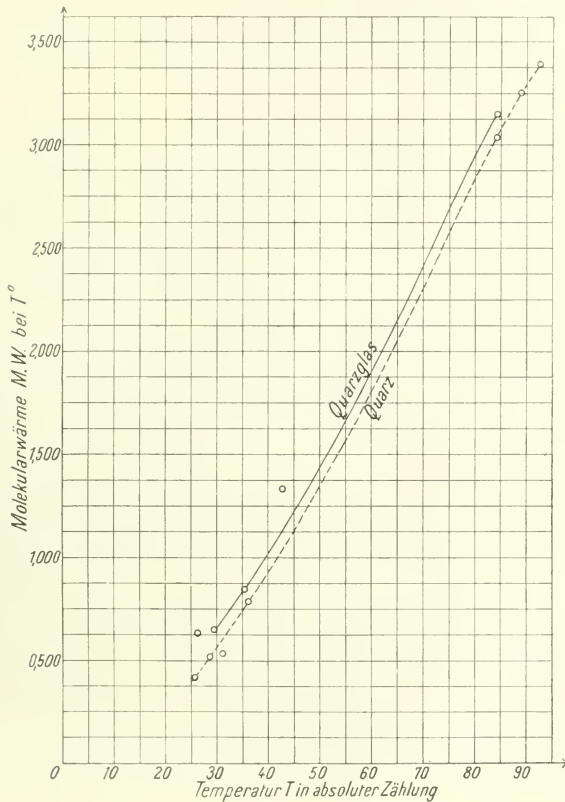


Fig. 1.

Abhängigkeit der Molekularwärme M.W. von Quarzglas und Quarz von der Temperatur T nach W. NERNST 1911.

der unter gleichen Bedingungen gemessenen mittleren spezifischen Wärme zwischen 20 und 100° im amorphen und im kristallisierten Zustande das positive Vorzeichen aufweist.

Von Interesse ist wegen des Verhaltens der genannten Stoffe die Frage nach dem Vorzeichen dieser Differenz für Quarzglas und Quarz

<sup>1</sup> K. SCHULZ, Dies. Centralbl. 1911, p. 632.

<sup>2</sup> K. SCHULZ, Dies. Centralbl. 1912, p. 393.

im Temperaturbereich 20—100°. Zu ihrer Lösung erscheinen die angeführten bisherigen Messungen wenig geeignet, da sie von verschiedenen Autoren und auch nicht mit derselben Meßgenauigkeit ausgeführt sind. Ich habe versucht, die mittleren spezifischen Wärmen von Quarzglas und Quarz zwischen 20 und 100°, 20 und 250° und 20 und 410° unter gleichen Bedingungen zu ermitteln, um das Vorzeichen der Differenz entsprechender Beträge festzustellen und die Abhängigkeit des Zahlenwertes dieser Differenz von der Erhitzungstemperatur der Substanz zu prüfen.

## II.

Für die Messungen im Intervall 20—100° wurden benutzt: Quarz von Marmarosch in kleinen Kristallen, von Heraeus geliefertes Quarzglas, Quarz von Minas geraes und daraus hergestelltes Quarzglas in Bruchstücken von Schrotkorn- bis Erbsengröße. Zu den übrigen Versuchen wurden nur Quarz von Minas geraes und sein Glas verwendet, welche von demselben sehr reinen Kristall dieses Vorkommens stammten.

Zur Untersuchung der mittleren spezifischen Wärme zwischen 20 und 100° diente die Mischungsmethode in der früher beschriebenen Form<sup>1</sup>. Die Bestimmung der mittleren spezifischen Wärme in dem Intervall 20—250° und 20—410° erfolgte bis auf die Erhitzung der Substanzen mit denselben Apparaten. Als Erhitzungsvorrichtung für die Temperaturen oberhalb 100° wurde ein vertikal gestellter Platinwiderstandsofen von Heraeus benutzt, dessen inneres Rohr an seinem oberen Ende durch einen „Tassenverschluß“ aus Messing mit Sandfüllung abgedichtet war, den ein Chamotterohr mit zwei engen Durchbohrungen für die Drähte eines zum Heizraum führenden Thermoelementes durchsetzte. Zur Aufnahme der Substanz diente eine am unteren Ende des Chamotterohres in der halben Höhe des Ofenrohres befestigte, ca. 10 cm lange Platintube, deren untere Öffnung durch einen losen Platindeckel verschlossen werden konnte, auf dem die Stoffe bei der Erhitzung lagen. Mit einem dünnen Platindraht war dieser Deckel lose am Thermoelement aufgehängt, so daß ein kurzer Zug an diesem genügte, um die Befestigung aufzuheben und den Deckel mit der erhitzten Substanz ins Kalorimeter fallen zu lassen. Nach jedem Versuch wurde durch Wägung festgestellt, wieviel Platindraht mit dem Deckel ins Kalorimeter gelangt war und der Wasserwert der gesamten Platinmenge berechnet. Die mittlere spezifische Wärme des Platins im Versuchsintervall konnte wegen seiner geringen Menge bei großer Oberfläche nicht experimentell bestimmt werden; sie mußte durch Interpolation aus folgenden Daten ermittelt werden.

<sup>1</sup> K. SCHULZ, Dies. Centralbl. 1911, p. 632.

Mittlere spezifische Wärme  $c$  des Platins.

	$c$		zwischen
VIOLLE <sup>1</sup> . . . . .	0,0323	} Mittel	0 und 100°
BUNSEN <sup>2</sup> . . . . .	0,03234		0,0323
WHITE <sup>3</sup> . . . . .	0,03348	} Mittel	0 „ 500
	0,03355		

Hieraus ergibt sich als mittlere spezifische Wärme für Platin zwischen 0 und 250° 0,0328; zwischen 0 und 410° 0,0332.

Zur Messung der Erhitzungstemperatur diente ein Thermo-  
element aus Kupfer-Konstantan in Verbindung mit einem mit Volt-  
und Temperaturskala versehenen Millivoltmeter. Zur Prüfung des  
Thermoelementes wurde die Schmelztemperatur von reinem Blei  
festgestellt und durch Vergleich mit der wahren Schmelztemperatur  
des Metalles (326,9<sup>4</sup>) die zu berücksichtigende Korrektur ermittelt.

Bei den Versuchen ließ sich eine etwa 10 Min. lang konstant  
bleibende Temperatur in dem Heizraum des elektrischen Ofens da-  
durch erzielen, daß der Apparat beim Beginn der Erhitzung mit  
einer Stromstärke von empirisch ermittelter Intensität beschickt  
wurde, die zur Erreichung der gewünschten Temperatur gerade  
ausreichte, wenn man den Ofen sich selbst überließ.

Die Daten der einzelnen Versuche sind in Tab. 4 zusammen-  
gestellt.

In Tabelle 4 bedeutet:

- W Das Gewicht der Wassermenge im Kalorimeter in Gramm, vermehrt  
um den Wasserwert des Kalorimeters, des Rührers und des Thermo-  
meters.
- G Das Gewicht der angewandten Substanz in Gramm.
- m Das Gewicht des Platindeckels und des Platindrahtes, die beim  
Versuche mit der Substanz ins Kalorimeter gefallen sind, (nur bei  
Erhitzungstemperaturen über 100°).
- ρ Die Temperatur im Heizraum des Erhitzungsapparates (für Er-  
hitzungstemperaturen von ca. 100° ein NEUMANN'scher Hahn, für  
höhere Temperaturen ein elektrischer Platinwiderstandsofen von  
Heraeus).
- τ Die mit Rücksicht auf den herausragenden Faden und auf die Ände-  
rung des Wärmeaustausches während des Versuches korrigierte  
Mischungstemperatur, die das Wasser im Kalorimeter durch das  
Einbringen der erhitzten Substanz erreicht.
- t Die mit Rücksicht auf den herausragenden Faden und den Wärme-  
austausch vor dem Versuche korrigierte Temperatur, die das Wasser  
im Kalorimeter beim Einbringen der erhitzten Substanz besitzt.

<sup>1</sup> J. VIOLLE, Compt. rend. 85. p. 543. 1877.

<sup>2</sup> R. BUNSEN, Wied. Ann. 31. p. 1. 1887.

<sup>3</sup> W. P. WHITE, Americ. Journ. of Sc. 28. p. 334. 1909.

<sup>4</sup> W. GUERTLER, Metallographie. 1. Heft 1. p. 70. Berlin 1909.

Tabelle 4. Versuchsdaten.

	W	G	m	$\varphi$	$\tau$	t	c	M
I.	636,40	29,965	—	100,22	20,068	19,361	0,1873	} 0,1875
	636,00	29,980	—	99,86	21,664	20,972	0,1877	
II.	627,12	25,250	—	100,28	19,748	19,146	0,1857	} 0,1860
	625,62	25,252	—	100,48	21,453	20,859	0,1862	
III.	593,69	28,368	—	99,94	19,697	18,980	0,1870	} 0,1871
	592,55	28,332	—	99,56	21,540	20,842	0,1871	
	620,65	10,938	1,138	248	19,310	18,459	0,2077	
	625,13	11,033	1,130	248	19,262	18,399	0,2095	
IV.	629,32	5,108	1,119	410	19,761	19,025	0,2252	} 0,2253
	623,73	4,947	1,116	409	20,073	19,353	0,2254	
IV.	483,06	24,831	—	99,75	20,184	19,425	0,1856	} 0,1855
	483,69	24,865	—	100,60	20,533	19,770	0,1854	
	626,29	9,871	1,113	249	19,611	18,855	0,2054	
	623,56	9,864	1,113	249	19,623	18,864	0,2054	
IV.	620,78	4,654	1,113	411	20,290	19,623	0,2198	} 0,2204
	620,73	5,451	1,113	414	20,466	19,679	0,2210	



- c Die berechnete mittlere spezifische Wärme.  
 M Der Mittelwert von c aus je zwei Versuchen.  
 I. Quarz, Marmarosch.  
 II. Quarzglas, geliefert von Heraeus.  
 III. Quarz, Minas geraes.  
 IV. Quarzglas, hergestellt aus Quarz, Minas geraes.

## III.

Um für das Quarzglas außer der mittleren spezifischen Wärme noch zwei andere Konstanten festzustellen, wurden bestimmt der Brechungsexponent für Natriumlicht und das spezifische Gewicht bei Zimmertemperatur für die beiden verwendeten Gläser.

Zur Ermittlung des Brechungsexponenten diente ein Totalreflektometer nach ABBE-CZAPSKI, dessen Vertikalteilkreis 20'' abzulesen gestattet. Die Justierung des Instrumentes wurde durch Untersuchung von Platten mit bekannten Brechungsexponenten (Quarz und Glas) geprüft; als Zwischenmedium diente  $\alpha$ -Monobromnaphthalin. Es ergab sich:

## Brechungsexponent für Natriumlicht.

Quarzglas, geliefert von Heraeus 1,4589.

Quarzglas, hergestellt aus Quarz von Minas geraes, 1,4584.

Die Feststellung des spezifischen Gewichtes geschah nach der Schwebemethode an kleinen homogenen Stücken in einem Gemisch von Acetylentetrabromid und Benzol. Damit nicht Temperaturunterschiede in der Flüssigkeit das Auftreten störender Strömungen hervorriefen und um eine konstante Versuchstemperatur zu erzielen, war das Gefäß mit der Schwebeflüssigkeit während des Versuches in einem Wasserthermostaten von Zimmertemperatur aufgestellt. Die Messung des spezifischen Gewichtes der Flüssigkeit, in welcher der Versuchskörper schwebte, wurde mit einer Mohr-Westphalschen Wage vorgenommen. Die Ergebnisse sind folgende:

## Spezifisches Gewicht d

Quarzglas, geliefert von Heraeus,  $d = 2,21$  (2,209) bei 20,4<sup>0</sup>.

Quarzglas, hergestellt aus Quarz von Minas geraes,  $d = 2,21$  (2,28) bei 20,5<sup>0</sup>.

## IV.

In Tab. 5 sind die Versuchsergebnisse und die daraus berechneten Beträge der Differenzen der für gleiche Temperaturbereiche festgestellten mittleren spezifischen Wärmen angegeben. In Fig. 2 ist die Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme des Quarzes von Minas geraes und des aus ihm hergestellten Quarzglases von der Erhitzungstemperatur dargestellt.

Aus Tab. 5 und Fig. 2 ist folgendes zu entnehmen.

Die Differenz der mittleren spezifischen Wärme des Quarzglases und des Quarzes zwischen 20 und 100<sup>0</sup> hat im

Tabelle 5. Mittlere spezifische Wärme  $c$ .

Stoff	$c$ zwischen 20 und 100°	Differenz	$c$ zwischen 20 und 250°	Differenz	$c$ zwischen 20 und 410°	Differenz
Quarzglas, geliefert von Heraeus Brechungsexponent für Natrimlicht: $n_D = 1,4589$						
Spezifisches Gewicht bei 20,4° 2,21 . . .	0,1860	-0,0015				
Quarz, Marmorosch . . . . .	0,1875					
Quarzglas, hergestellt aus Quarz von Minas geraes Brechungsexponent für Natrimlicht: $n_D = 1,4584$						
Spezifisches Gewicht bei 20,5° 2,21 . . .	0,1855	-0,0016	0,2054	-0,0032	0,2204	-0,0019
Quarz, Minas geraes . . . . .	0,1871		0,2086		0,2253	

Gegensatz zu dem entsprechenden Wert für die früher untersuchten Stoffe (Bleimetasilikat, Adular, Mikroklin, Spodumen und Gadolinit) stets das negative Vorzeichen. In den Meßbereichen 20 bis 250° und 20—410° sind jene Differenzen gleichfalls negativ und ihr Zahlenwert steigt proportional mit der Erhitzungstemperatur.

Die Kurve der Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme des Quarzes von der Erhitzungstemperatur verläuft im Versuchsintervall oberhalb der entsprechenden

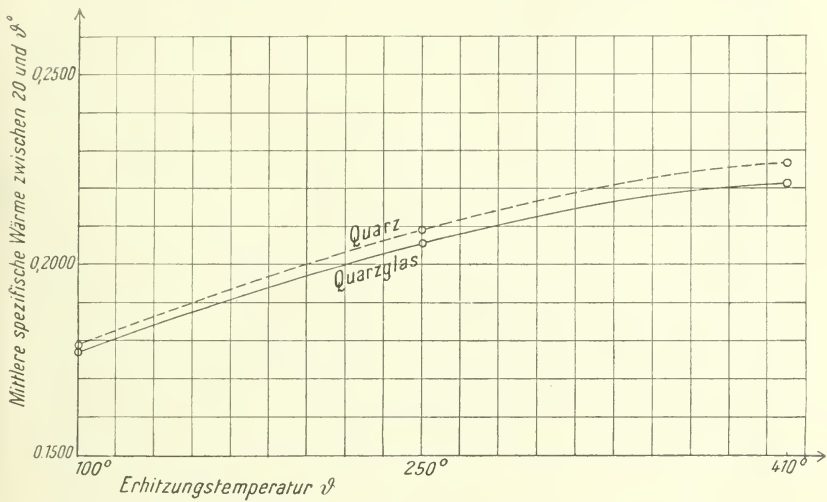


Fig. 2.

Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme von Quarz, Minas geraes, und daraus hergestelltem Quarzglas von der Erhitzungstemperatur  $\theta$ .

Kurve des Quarzglases, was nach den Ergebnissen W. NERNST's im Gegensatz zu dem Verhalten der wahren spezifischen Wärme dieser Stoffe bei tiefen Temperaturen steht.

Der Verlauf der Kurven für die Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme beider Körper für Erhitzungstemperaturen zwischen 100° und 410° macht es wahrscheinlich, daß sie sich für eine unterhalb 100° liegende Erhitzungstemperatur schneiden, wofür auch das Verhalten ihrer wahren spezifischen Wärmen bei tiefen Temperaturen zu sprechen scheint.

Abermals hat mich Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. TH. LIEBISCH durch die freundliche Hergabe des Untersuchungsmaterials und der Apparate für die vorliegenden Untersuchungen in dem ihm unterstellten Institut zu großem Danke verpflichtet.

Berlin N. 4, Min.-petr. Institut der Universität, 12. Juli 1912.

das in der neueren petrographischen Literatur gesammelt ist, soweit es sich um Gesteine einheitlicher, langsamer und abgeschlossener Entstehung handelt. Von den seltenen Ausnahmen erwiesen sich solche, die ich nachprüfen konnte, als zu Unrecht bestehend.

Demnach scheint mir für den Einwand des Herrn R. BRAUNS kein triftiger Grund vorzuliegen.

---

## Besprechungen.

---

C. Doelter: Handbuch der Mineralchemie. 1. 5. Liefg. Dresden und Leipzig bei Theodor Steinkopff. 1912. p. 641—800. Mit vielen Abbildungen und Tabellen.

Diese Lieferung enthält die Fortsetzung der Silikatschmelzen vom Herausgeber, deren Betrachtung in der vorhergehenden Lieferung schon begonnen hatte. Speziell ist behandelt der Schmelzpunkt und seine Bestimmung, die Heizmikroskope, allgemeines über Temperaturmessungen und Pyrometer, Resultate der Schmelzpunktsbestimmungen, Sinterung, Einfluß des Drucks auf den Schmelzpunkt der Silikate, Unterkühlung, Kristallisationsgeschwindigkeit, Kristallisationsvermögen der Silikate, spezifische Wärme der Silikate, Schmelzwärme, Allgemeines über elektrolytische Dissoziation der Silikatschmelzen, Leitfähigkeit fester Silikate, Viskosität der Silikatschmelzen, Allgemeines über die Schmelzpunkte von Mischungen mehrerer Komponenten, Schmelzpunktkurven einfach zusammengesetzter Silikate, ternäre Systeme, Schmelzkurven von komplexen Silikaten, ternäre Systeme bei Mineralien, natürliche Eutektika, die Schmelzpunkte isomorpher Mischungen, Anwendung der Phasenlehre auf die Eruptivgesteine, Struktur der Eruptivgesteine, Differentiation. Die Betrachtung der Silikatschmelzen wird in der folgenden Lieferung von demselben Verfasser noch weiter fortgesetzt und zum Abschluß gebracht werden.

Max Bauer.

---

## Personalia.

Ernannt: Dr. L. Milch, a. o. Professor für Mineralogie in Greifswald zum Ordinarius daselbst.

Gestorben: Dr. Rud. Hoernes, Professor für Geologie und Paläontologie, in Graz.

---

## Druckfehlerberichtigung.

Dies. Centralbl. 1912 p. 489 Zeile 12 v. u. lies (2,208) statt (2,28).

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [1912](#)

Autor(en)/Author(s): Schulz Karl

Artikel/Article: [Ueber die mittlere spezifische Wärme von Quarz und Quarzglas in drei verschiedenen Temperaturbereichen. 481-491](#)