Die Schmelzpunkte der Mineralien im Lichte neuerer Untersuchungen über das Gasthermometer.

Von

ARTHUR L. DAY und ROBERT B. SOSMAN.¹

Mit 1 Tafel.

Als die Arbeiten des geophysikalischen Laboratoriums aufgenommen wurden, waren Temperaturen oberhalb 1150° niemals genau mit dem Stickstoffthermometer gemessen worden. In der Reichsanstalt war es üblich, die Ablesungen am Thermoelement oberhalb 1150° so zu deuten, daß man zuerst die Kurve: Temperatur—Elektromotorische Kraft des Elementes zwischen 400 und 1150° berechnete und diese dann extrapolierte. Die festen Temperaturen, die gewöhnlich auf Meßvorrichtungen für hohe Temperaturen aufgedruckt werden, wie z. B. bei den direkt zeigenden Galvanometern von Siemens & Halske, sind gewöhnlich aus dieser Extrapolation abgeleitet.

Die absolute Genauigkeit der Skala der Reichsanstalt (400 bis 1150°) schätzte man auf etwa 3° bei 1150°, und der Fehler der Extrapolation oberhalb 1150° mit dem Thermoelement ist sicherlich beim Schmelzpunkt des Platins mindestens zehnmal so groß. Es schien deshalb notwendig, eine neue Untersuchung über die hohen Temperaturen mit dem Gasthermometer zu unternehmen und insbesondere seinen Geltungsbereich eine beträchtliche Strecke über 1150° auszuweiten, um eine feste Basis für die Mineraluntersuchungen in diesem Laboratorium zu erhalten.

Es wurde demnach i. J. 1904 eine derartige Arbeit begonnen, deren endgültige Resultate im vergangenen Jahr veröffentlicht worden sind.² Es war nicht nur möglich, eine größere Genauigkeit zwischen 400 und 1150° zu erhalten, sondern auch die grund-

¹ Aus dem Manuskript ins Deutsche übertragen von I. KOPPEL-Berlin.

² Vorläufige Mitteilung: DAY und CLEMENT, *Am. Journ. Sci.* **26** (1908), 405. Endgültige Mitteilung: DAY und SOSMAN, *Am. Journ. Sci.* **29** (1910), 93 bis 161. — R. B. SOSMAN, *Am. Journ. Sci.* **30** (1910), 1—15.

legenden Messungen bis 1550° auszudehnen, wobei eine Genauigkeit von ungefähr 2° bei dieser Temperatur erreicht wurde.

Inzwischen waren die Temperaturmessungen mit Thermo-
elementen in diesem Laboratorium in der alten Weise bezeichnet
worden durch Extrapolation der Kurve: Temperatur—Thermo-
elektrische Kraft. Die Zahlenergebnisse müssen daher durch die
Differenz zwischen der alten und der neuen Temperaturskala korri-
giert werden, wodurch es erforderlich wird, alle vorhandenen Tem-
peraturangaben aus diesem Laboratorium auf die neue Skala um-
zurechnen. Diese Mitteilung enthält die aus dieser Neuberechnung
sich ergebenden Werte.

1. Schmelz- und Umwandlungspunkte.

Der Schmelzpunkt einer reinen Substanz kann definiert werden
als diejenige Temperatur, bei der Kristalle und Schmelze nebeneinander
im Gleichgewicht bestehen können; ein „Umwandlungspunkt“ als
die Temperatur, bei der zwei verschiedene Kristallformen der Sub-
stanz nebeneinander im Gleichgewicht bestehen können. Nur die
Zuführung oder die Entziehung von Wärme wird das Verschwinden der
einen von den beiden nebeneinander vorhandenen Formen bewirken.
Sowohl Schmelzen wie Umwandlung werden demnach charakterisiert
durch die gleichzeitig verlaufende Erscheinungen: Auftreten oder
Verschwinden einer besonderen Kristallstruktur und Auftreten oder
Verschwinden einer Wärmemenge.

2. Schmelzintervalle.

Die angegebene Definition bezieht sich auf reine Verbin-
dungen; wenn das Material ein Gemisch oder eine feste Lösung
ist, so hat es keinen Schmelzpunkt sondern ein Schmelzintervall mit
theoretisch) bestimmten Temperaturgrenzen. Die sogenannten Schmelz-
intervalle von langsam schmelzenden Verbindungen¹ (Quarz, Albit,

¹ TAMMANN, *Zeitschr. phys. Chem.* 68 (1909), 257 und neuerdings DITTLER,
Z. anorg. Chem. 69 (1911), 273, haben verschiedene Schmelzpunktsbestimmungen
aus diesem Laboratorium einer Kritik unterzogen, insbesondere die Messungen an
Anorthit und Diopsid, die wegen ungenügender Kontrolle des Ofens und Über-
hitzung zu hoch sein sollten. Diese Kritik wird wahrscheinlich verursacht durch
ein Mißverständnis bei der Betrachtung 1. der Erscheinungen beim Schmelzen
eines Silikats und 2. der Ergebnisse unserer Messungen. Wenn eine Substanz sich
immer unterkühlt, bevor sie kristallisiert, so wird die Temperatur der Kristal-
lisation mit der Geschwindigkeit der Abkühlung wechseln, d. h. sie wird eine

Orthoklas) müssen sorgfältig unterschieden werden von den „Schmelzintervallen“ der Gemische (Kalk-Natriumfeldspate, unreine natür-

Zufallstemperatur sein, die von den Bedingungen des Versuches abhängt, und keine für die Substanz charakteristische physikalische Konstante darstellt. Wenn dieselbe Substanz so langsam schmilzt, daß sie leicht beim Schmelzen überhitzt werden kann, so wird die Temperatur der vollständigen Verflüssigung mit der Erhitzungsgeschwindigkeit wechseln und sie ist dann gleichfalls eine Zufallstemperatur, die nur von den Bedingungen des Versuches abhängt. Reiner Quarz, Albit und Orthoklas sind solche Substanzen und ohne Zweifel kann man davon noch mehr finden. Die Temperatur-Zeitkurve ist keine zuverlässige Methode zur Bestimmung der Temperatur der Zustandsänderung eines solchen Stoffes.

Wenn andererseits die Substanz dieselbe konstante Schmelztemperatur bei sehr verschiedenen Erhitzungsgeschwindigkeiten liefert, so ist die Schmelztemperatur eine physikalische Konstante, die für die Substanz charakteristisch ist und nicht von den Bedingungen des Versuches abhängt. Diopsid und Anorthit sind solche Stoffe, und die veröffentlichten Schmelzpunkte von reinem Anorthit und Diopsid, gegen die sich die Kritik richtete, sind auf diese Weise erhalten. (Siehe Literaturnachweis 1, 4, 32, 44, 46.)

Wenn behauptet wird, wie dies neuerdings DITTLER tut, daß das Thermoclement nicht die wahre Temperatur des Minerals zu irgend einer Zeit während des Erhitzens angibt, oder daß die Energieänderung des Systemes nicht gleichzeitig mit dem Verschwinden der Kristallstruktur erfolgt, so ist ein experimenteller Beweis hierfür leicht mit dem „Abschreckungssofen“ zu erhalten, durch den sich die Frage ohne jeden Zweifel lösen läßt.

Nehmen wir an, daß der Schmelzpunkt von Diopsid z. B. in der oben beschriebenen Weise bei 1391° beobachtet wurde. Man bringt nun einen Teil (2 g) der kristallisierten Beschickung in einen Abschreckungssofen, erhitzt ihn langsam auf 1388° und hält die Temperatur bei diesem Punkt 1 Stunde lang konstant oder so lange, bis es nicht weiter fraglich sein kann, daß das Thermoclement und alle Teile der Beschickung dieselbe Temperatur besitzen. Dann entfernt man den Boden des Ofens und läßt den Tiegel mit dem Diopsid plötzlich in ein Gefäß mit Quecksilber fallen, wodurch die Masse fast augenblicklich abgekühlt wird, ohne daß Gelegenheit zu irgend einer weiteren Änderung gegeben ist. Findet man die Kristallstruktur des Diopsides bei der Prüfung unverändert, so liegt 1388° unterhalb der Schmelztemperatur. Man bringt nun dasselbe Material noch einmal in den Ofen, erhitzt auf 1396° , hält diese Temperatur hinreichend lange Zeit konstant und läßt die Beschickung wieder schnell wie vorher in das Quecksilber hinein fallen. Wenn der Diopsid jetzt als klares Glas erscheint, so müssen Zustandsänderung und alle dazu gehörigen Erscheinungen zwischen 1388° und 1396° erfolgt sein.

Um ein sichtbares Ergebnis von diesem besonderen Fall zu liefern, wurde dieser Versuch in unserem Laboratorium sowohl mit chemisch reinem Diopsid wie auch mit chemisch reinem Anorthit ausgeführt, und es wurden Photographien der Stoffe, wie sie nach Entfernung aus dem Ofen erschienen, aufgenommen, welche in den Figg. 1—4 (Tafel I) dargestellt sind. Diese Photo-

liche Mineralien). Die ersteren schmelzen und werden amorph nur sehr langsam, aber ihr Schmelzintervall ist ein zeitliches, während das Schmelzintervall von Gemischen ein Temperaturintervall ist. Der reine Natriumfeldspat (Albit) schmilzt vollständig, wenn man ihn eine hinreichend lange Zeit etwas über seinen Schmelzpunkt erhitzt; wenn man dagegen ein Gemisch auf eine Temperatur innerhalb ihres Schmelzintervalles bringt, so tritt nur teilweise Schmelzung ein unter Ausbildung eines Gleichgewichtes, und es bleiben unbegrenzte Zeit kristallinische und flüssige Teile nebeneinander bestehen.

Die Erstarrungspunkte und -intervalle der Silikate sind — abweichend von den Metallen — nicht so genau bestimmbar wie die Schmelzpunkte und -intervalle wegen der Neigung jener Stoffe zur Unterkühlung. Der Grad der Unterkühlung wechselt in weitem Umfang und wird von zahlreichen zufälligen Bedingungen beeinflusst. Die Unterkühlung beläuft sich unter gewissen Bedingungen nur auf $1-2^{\circ}$, oder sie kann bei demselben Stoff unter anderen Verhältnissen so groß werden, daß man das Material bei gewöhnlicher Temperatur als Glas erhält, das unbegrenzte Zeit in amorphem Zustand bleibt.

3. Die wichtigsten Temperaturbestimmungen im geophysikalischen Laboratorium, 1905–1910.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Fixtemperaturen, die in den letzten fünf Jahren in diesem Laboratorium bestimmt wurden, bezogen auf die neue Temperaturskala, zusammengestellt. Es sind dies keine neuen Bestimmungen. Die ursprünglichen mit dem Thermoelement oder auf optischem Wege erhaltenen Daten sind einfach auf die Skala von DAY und SOSMAN vom Jahre 1910 umgerechnet worden.

Alle thermoelektrischen Messungen in diesem Laboratorium wurden früher ausgewertet durch Berechnung einer Kurve der Form $e = a + bt + ct^2$, aus den Schmelzpunkten von Zink, Silber und Kupfer, und durch Benutzung dieser Kurve für die Extrapolation, wie seit der Veröffentlichung der Arbeit von HOLBORN und DAY i. J. 1899 allgemein gebräuchlich war. Gelegentlich wurde auch eine Funktion der Form $t = a + be + ce^2$ benutzt.

graphien geben nebst den beigegeführten Daten den absoluten Beweis dafür, daß der Schmelzpunkt des Diopsids zwischen 1388° und 1396° liegt, und daß der Schmelzpunkt des Anorthits zwischen 1547° und 1561° — nach der neuen Skala des Stickstoffthermometers — fällt.

Die Kurve $e = f(t)$ gibt Temperaturwerte, die bei 1500° etwa um 16° zu niedrig sind, und die Kurve $t = f(e)$ gibt Werte, die bei 1500° etwa um 33° zu niedrig sind. Bei 1100° beträgt die Korrektur nur 1.5° , so daß die Temperaturen bis 1100° praktisch unverändert bleiben.

Die Angaben von SHEPHERD und RANKIN über die binären Systeme von Tonerde mit Kieselsäure. Kalk und Magnesia sind bereits umgerechnet in der deutschen Übersetzung der betreffenden Mitteilung.¹ Die Neuberechnung der anderen Daten wird hier zum erstenmal mitgeteilt.

Die Schmelzpunkte, die die Basis für die jetzt geltende Skala bilden, sind folgende:

Zink	418.2°
Antimon	629.2
Silber	960.0
Gold	1062.4
Kupfer	1082.6
Diopsid	1391
Palladium	1549
Anorthit	1550
Platinum	1755

In der ersten Spalte von Tabelle 1 findet sich der Name des Minerals, in der zweiten seine Molekularformel, in der dritten die Umwandlung oder die Reaktion, die bei der in der vierten Spalte angegebenen Temperatur stattfindet; die beiden letzten Spalten enthalten den Namen des Beobachters und den Literaturnachweis. Die Nummern sind die der veröffentlichten Liste der Arbeiten aus diesem Laboratorium und die Zitate sind am Schlusse dieser Arbeit gegeben.

Eine Anzahl von Schmelz- und Umwandlungstemperaturen wurden nur angenähert bestimmt wegen der Trägheit oder der Langsamkeit der Änderung. Diese sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

¹ *Z. anorg. Chem.* **68** (1910), 370—420.

Tabelle 1.

Die wichtigsten Temperaturbestimmungen aus dem Geophysikalischen Laboratorium 1905—1910.

Substanz	Formel	Umwandlung	Temp.	Beobachter	Literaturnachweis
Quarz	SiO_2	α - in β -, und umgekehrt	575	Wright und Larsen	39, 64 (1909/10)
Aluminiumsilikat, (Sillimanit)	Al_2SiO_5	Schmelzen	1816	Shepherd u. Rankin	41, 65 (1909/10)
α -Magnesiummetasilikat	MgSiO_3	„	1554	Allen, Wright u. Clement	13 (1906)
„	„	„	1557	Allen und White	32 (1909)
α -Calciummetasilikat, (Pseudowollastonit)	CaSiO_3	„	1540	„	6 (1906)
α -Calciumorthosilikat	Ca_2SiO_4	„	2130	Day und Shepherd	8, 11 u. 19 (1906/7)
Eutektikum v. α -Calciummetasilikat und Cristobalit	CaSiO_3 77 $\frac{0}{10}$ ¹ SiO_2 23 $\frac{0}{10}$ ¹	„	1426	„	„
Eutektikum v. α -Calciummetasilikat u. α -Calciumorthosilikat	CaSiO_3 66 $\frac{0}{10}$ Ca_2SiO_4 34 $\frac{0}{10}$	„	1440	„	„
Eutektikum von α -Calciumorthosilikat und Kalk	Ca_2SiO_4 93 $\frac{0}{10}$ CaO 7 $\frac{0}{10}$	„	2065	„	„
Tricalciumaluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	Dissoziation in CaO u. Schmelze	1537	Shepherd u. Rankin	41, 65 (1909/10)
5 : 3 Verbindung v. Kalk u. Tonerde	$5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$	Schmelzen	1382	„	„
Calciumaluminat	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	„	1592	„	„
3 : 5 Verbindung v. Kalk u. Tonerde	$3\text{CaO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3$	Dissoziation in Al_2O_3 und Schmelze	1700	„	„
Eutektikum	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 9 $\frac{0}{10}$ $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ 91 $\frac{0}{10}$	Schmelzen	1378	„	„

¹ Die eutektischen Zusammensetzungen sind in Gewichtsprozenten der angeführten Komponenten angegeben.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Substanz	Formel	Umwandlung	Temp.	Beobachter	Literatur- nachweis
Eutektikum	$5 \text{ CaO} \cdot 3 \text{ Al}_2\text{O}_3$ 94 $\frac{0}{10}$ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 6 $\frac{0}{10}$	Schmelzen	1378 ⁰	Shepherd u. Rankin	41, 65 (1909/10)
„	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 73 $\frac{0}{10}$ $3 \text{ CaO} \cdot 5 \text{ Al}_2\text{O}_3$ 27 $\frac{0}{10}$	„	1585	„	„
Magnesium-Cal- ciummetasilikat, (Diopsid)	$\text{MgSiO}_3 \cdot \text{CaSiO}_3$	„	1391 ¹	Day und Sosman	46 (1910)
„	„	„	1391	Allen und White	32 (1906)
Eutektikum v. 2 fest. Lösungen v. Diopsid und α - MgSiO_3 inein- ander	95.5 $\frac{0}{10}$ { 62 $\frac{0}{10}$ Diops. Lös. } 38 $\frac{0}{10}$ MgSiO_3 4.5 $\frac{0}{10}$ { 4 $\frac{0}{10}$ Diops. Lös. } 96 $\frac{0}{10}$ MgSiO_3	„	1385	„	32 (1909)
Eutektikum v. Diop- sid u. α - CaSiO_3	$\text{MgSiO}_3 \cdot \text{CaSiO}_3$ 60 $\frac{0}{10}$ CaSiO_3 40 $\frac{0}{10}$	„	1357	„	„
Calcium-Alumi- niumsilikat (Anorthit)	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ oder $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{Al}_2\text{SiO}_5$	„	1552	Day und Allen	1, 4 (1905)
„	„	„	1550 ¹	Day und Sosman	46 (1910)
Bytownit	$\text{Albit}_1 \text{ Anorthit}_5$	„	1516 ²	Day und Allen	1, 4 (1905)
Labradorit	$\text{Albit}_1 \text{ Anorthit}_2$	„	1477 ²	„	„
Andesin-Labradorit	$\text{Albit}_1 \text{ Anorthit}_1$	„	1430 ²	„	„
Andesin	$\text{Albit}_2 \text{ Anorthit}_1$	„	1375 ²	„	„
Calciumkarbonat	CaCO_3	Dissoziations- druck = 1 Atm.	898	Johnston	56 (1910)
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Schmelzen	741	Day und Allen	1, 4 (1905)
Natriumchlorid	NaCl	„	800	White	44 (1909)
Natriumsulfat	Na_2SO_4	„	884	„	„

¹ Direkter Vergleich mit dem Stickstoffthermometer.² Als isomorphe Gemische von zwei Verbindungen haben diese Stoffe keinen Schmelzpunkt, sondern ein Schmelzintervall. Die Temperaturgrenzen dieses Intervalles sind wahrscheinlich eng und seine Existenz ist völlig verdeckt durch die geringe Geschwindigkeit, womit diese Silikate das Gleichgewicht erreichen. Siehe die eingehende Besprechung in Mitteilung 1 (S. 60 bis 69) oder 4 (S. 40—50).

Tabelle 2.
Angenäherte Temperaturbestimmungen.

Substanz	Formel	Umwandlung	Temp. in °	Beob- achter	Literatur- nachweis
Cristobalit (aus Quarz)	SiO ₂	Schmelzen	ca. 1600	Day und Shepherd	8, 11, 19 (1906/7)
Quarz	SiO ₂	Umwandlung in Cristobalit	über 800	„ Wright u. Larsen	„ 39, 64 (1909/10)
Eutektikum ¹ v. Cri- stobalit u. Sillimanit	SiO ₂ , 80 ⁹ / ₁₀ Al ₂ SiO ₅ , 20 ⁹ / ₁₀	Schmelzen	Etwas unter 1600	Shepherd u. Rankin	41, 65 (1909/10)
Eutektikum v. Co- rund u. Sillimanit	Al ₂ O ₃ , 3 ⁹ / ₁₀ Al ₂ SiO ₅ , 97 ⁹ / ₁₀	„	ca. 1810	„	„
Magnesiummeta- silikat	MgSiO ₃	Umwandlg. α- in β- (Clinoenstatit), und umgekehrt	ca. 1375	Allen u. White	32 (1909)
β-Calciummetasili- kat, (Wollastonit)	CaSiO ₃	Umwandlung in α-CaSiO ₃ (Pseudo- wollastonit) und umgekehrt	1190	„	6, 32 (1906/7)
Calciumorthosilikat	Ca ₂ SiO ₄	Umwandlg. v. α in β und umgekehrt	1420	Day und Shepherd	8, 11, 19 (1906/9)
„	„	Umwandlg. v. β in γ und umgekehrt	675	„	„
Tricalciumsilikat	3 CaO.SiO ₂	Bildg. v. 2 Phasen durch Dissoziation	ca. 1900	Shepherd u. Rankin	61 (1911)
Eutektikum von Spinell u. Periklas	MgO.Al ₂ O ₃ und MgO	Schmelzen	ca. 1950	„	41, 65 (1909/10)
Albit	NaAlSi ₃ O ₈	„	unter 1200 ⁴	Day u. Allen	1, 4 (1905)
Oligoklas-Andesin	Albit ₃ Anorthit ₁	„	1345 ²	„	„
Mikroklin	KAlSi ₃ O ₈	„	unter 1200 ⁴	„	„
Andalusit	Al ₂ SiO ₅	Umwandlung in Sillimanit	1300 und höher ³	Shepherd u. Rankin	41, 65 (1909/10)
Cyanit od. Disthen	„	„	1300 und höher ³	„	„
α'-Magnesiummeta- silikat, (Enstatit)	MgSiO ₃	Umwandlg. aus d. unstab. Form in β- MgSiO ₃ (Klino- enstatit)	1300 ³	Allen, Wright u. Clement	13 (1906)
β'-Magnesiummeta- silikat, monokliner Amphibol ⁵	„	„	1150 und höher ³	„	„
γ'-Magnesiummeta- silikat, rhombischer Amphibol ⁵	„	„	1150 und höher ³	„	„

Anmerkungen zu Tabelle 2:

¹ Die eutektischen Zusammensetzungen sind in Gewichtsprozenten der angeführten Verbindungen angegeben.

² Siehe unter ² S. 7 (Tab. 1).

³ Diese Temperaturen unterscheiden sich von den anderen der Tabelle dadurch, daß sie nicht feste physikalische Punkte sind. Die Änderung erfolgt aus einer instabilen in eine stabile Form und ist nicht umkehrbar. Die Zahlen bezeichnen nur die Temperaturen, bei der die Umwandlung schnell genug verläuft, um in verhältnismäßig kurzer Zeit beobachtet werden zu können.

⁴ Der reinste natürliche Albit zeigte Spuren von Schmelzen, wenn er einige Minuten auf 1200° erhitzt wurde und auch bei vierstündigem Erhitzen auf 1100°. Kleine Mengen gewisser Verunreinigungen können jedoch den Schmelzpunkt beträchtlich erniedrigen, während andere ihn erhöhen. Schmelzpunktsbestimmungen an chemisch reinem Albit oder Orthoklas sind nicht ausgeführt worden. Man kann deswegen höchstens sagen, daß der Schmelzpunkt wahrscheinlich unter 1200° liegt. Beim Mikroklin liegen die Verhältnisse ähnlich.

⁵ Diese beiden Mineralien sind von verschiedenen Autoren Kupferit genannt worden.

Literaturnachweis.

1. Isomorphismus und thermische Eigenschaften der Feldspate. I. Thermische Unters. v. ARTHUR L. DAY und E. T. ALLEN. II. Optische Unters. v. J. P. IDDINGS, mit einer Einleitung von GEORGE F. BECKER. Publikation Nr. 31, Carnegie Institution of Washington (1905).

4. Der Isomorphismus und die thermischen Eigenschaften der Feldspate. ARTHUR L. DAY und E. T. ALLEN, *Zeitschr. phys. Chem.* 54 (1905), 1—54.

6. Wollastonit und Pseudo-Wollastonit, polymorphe Formen des Calciummetasilikats. E. T. ALLEN und W. P. WHITE, Mit optischen Unters. v. FRED. EUGENE WRIGHT, *Amer. Journ. Sci.* [4] 21 (1906), 89—108.

7. Quarzglas. ARTHUR L. DAY und E. S. SHEPHERD *Science*, N. S. 23, No. 591 (1906), p. 670—672.

8. Die Kalk-Kieselsäurereihe der Mineralien. ARTHUR L. DAY und E. S. SHEPHERD, *Journ. Amer. Chem. Soc.* 28 (1906), 1089—1114.

11. Die Kalk-Kieselsäurereihe der Mineralien. ARTHUR L. DAY und E. S. SHEPHERD, m. opt. Unters. v. FRED. EUGENE WRIGHT, *Amer. Journ. Sci.* [4] 22 (1906), 265—302.

13. Mineralien der Zusammensetzung $MgSiO_3$. Ein Fall von Tetramorphismus. E. T. ALLEN, FRED. EUGENE WRIGHT und J. K. CLEMENT, *Amer. Journ. Sci.* [4] 22 (1906), 385—438.

19. Die Kalk-Kieselreihe der Mineralien. ARTHUR L. DAY, E. T. ALLEN, E. S. SHEPHERD, W. P. WHITE und FRED. EUGENE WRIGHT, *Tscherm. Min. petr. Mitt.* 26 (1907), 169—232.

32. Diopsid und seine Beziehungen zu Calcium- und Magnesiummetasilikat. E. T. ALLEN und W. P. WHITE; m. opt. Unters. v. FRED. EUGENE WRIGHT und ESER S. LARSEN. *Amer. Journ. Sci.* [4] 27 (1909), 1—47.

39. Quarz als geologisches Thermometer. FRED. EUGENE WRIGHT und ESER S. LARSEN, *Amer. Journ. Sci.* [4] 27 (1909), 421—447.

41. Die binären Systeme von Tonerde m. Kieselsäure, Kalk und Magnesia. E. S. SHEPHERD und G. A. RANKIN; m. opt. Unters. v. FRED. EUGENE WRIGHT, *Amer. Journ. Sci.* [4] **28** (1909), 293—333.

44. Schmelzpunktsbestimmungen. WALTER P. WHITE, *Amer. Journ. Sci.* [4] **28** (1909), 453—473. Schmelzpunktsmethoden bei hohen Temperaturen. WALTER P. WHITE, *Amer. Journ. Sci.* [4] **28** (1909), 474—489. *Z. anorg. Chem.* **69** (1911) 305—352.

46. Das Stickstoffthermometer von Zink bis Palladium. ARTHUR L. DAY und ROBERT B. SOSMAN; m. einer Unters. der Metalle v. EUGENE T. ALLEN, *Amer. Journ. Sci.* [4] **29** (1910), 93—161.

54. Das Platinum-Rhodium Thermoelement von 0—1755°. ROBERT B. SOSMAN, *Amer. Journ. Sci.* [4] **30** (1910), 1—15.

56. Die thermische Dissoziation von Calciumkarbonat. JOHN JOHNSTON, *Journ. Amer. Chem. Soc.* **32** (1910), 938—946.

61. Vorläufiger Bericht über das ternäre System $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$: Unters. über die Konstitution der Portlandzement-Klinker. E. S. SHEPHERD und G. A. RANKIN; nebst opt. Untersuchungen von FRED. EUGENE WRIGHT, *Jour. Ind. and Enq. Chem.* **3** (1911), 211—227. *Z. anorg. Chem.* **71** (1911), 19—64.

64. Quarz als geologisches Thermometer. F. E. WRIGHT und E. S. LARSEN, *Z. anorg. Chem.* **68** (1910), 338—369.

65. Die binären Systeme von Tonerde mit Kieselsäure, Kalk und Magnesia. E. S. SHEPHERD und G. A. RANKIN. Nebst optischen Untersuchungen von F. E. WRIGHT, *Z. anorg. Chem.* **68** (1910), 370—420.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Chemisch reiner Diopsid, Element *R*, 14100 Mikrovolt = 1388°; Zeit: 1 Stunde; gekreuzte Nicols; 250 malige Vergrößerung. Kristallinisch. Die Interferenzfarben zeigen sich in Banden um die Kanten der Kristallfragmente.

Fig. 2. Chemisch reiner Diopsid, Element *R*, 14200 Mikrovolt = 1396°; Zeit: $\frac{1}{4}$ Stunde; photographiert mit gekreuzten Nicols; Vergrößerung 40 fach linear. Glas.

Fig. 3. Chemisch reiner Anorthit, Element *R*, 15950 Mikrovolt = 1547°; Zeit: $\frac{1}{4}$ Stunde; gekreuzte Nicols; Vergrößerung 250 fach linear; kristallinisch, deutliche Zwillingsbildung.

Fig. 4. Chemisch reiner Anorthit, Element *R*, 16100 Mikrovolt = 1561°; Zeit: $\frac{1}{4}$ Stunde; gekreuzte Nicols; 125 fache Vergrößerung, Glas.

Washington, Geophysical Laboratory, Carnegie Institution. März 1911.

Bei der Redaktion eingegangen am 8. April 1911.