

## Diaplektische Gläser in den Breccien des Ries von Nördlingen als Anzeichen für Stoßwellenmetamorphose

W. v. ENGELHARDT, J. ARNDT, D. STÖFFLER, W. F. MÜLLER, H. JEZIORKOWSKI  
Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Tübingen

R. A. GUBSER

Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule  
Zürich

Eingegangen am 1. März 1967

*Abstract.* Two kinds of glasses are to be found in the breccias of the Ries basin both which have been generated by shock wave action on the rocks of the crystalline basement: a) Normal glasses, containing flow structures and vesicles; they are formed by shock waves of high energy which after unloading, leave behind material, the temperature of which is above the melting point. b) Diaplectic glasses without vesicles and flow structures, preserving the grain boundaries, cleavages and twin lamellae of the primary minerals; they are formed by shock waves of lower energy which destroy the crystal lattice but after unloading, leave behind material, the temperature of which is below the melting point. — Measurements have been taken of the density and index of refraction of diaplectic quartz- and plagioclase-glasses. The values obtained proved to be higher than those of the normal glasses and lower than those of the crystalline phases. Diaplectic glasses are distinguishable from normal glasses by their physical properties. They represent intermediate stages of structural order between the crystalline and normal glass phases.

### 1. Diaplektische Gläser und normale Gläser

Wie in allen Kratern, die auf den Einschlag großer Meteoriten zurückgeführt werden, kommen in den Breccien des Ries von Nördlingen optisch isotrope und gegen Röntgenstrahlen amorphe Mineral- und Gesteinsgläser vor.

Eine nähere Untersuchung der Gläser in den Breccien des Ries zeigt, daß sie zwei phänomenologisch und physikalisch gut unterscheidbaren Gruppen angehören, die unter verschiedenen Bedingungen gebildet wurden. Sie sollten daher auch verschieden benannt werden. Auch in anderen sicheren oder wahrscheinlichen Meteoritenkratern kommen diese beiden Glasarten nebeneinander vor.

Die Gläser der einen Gruppe haben wie alle vulkanischen Gläser ein Gefüge, das durch meist schnelle Abkühlung aus einem flüssigen Zustand hervorgegangen ist; sie können deshalb *normale Gläser* genannt werden.

Die Gläser der anderen Gruppe zeigen keine Merkmale eines einstmals flüssigen Zustandes. Sie sind typische Produkte der Stoßwellenmetamorphose. Es wird vorgeschlagen, sie *diaplektische Gläser* zu nennen (von griech. *diaplēssō* = zerschlagen). Diese Bezeichnung wurde zuerst 1966 auf Vorträgen in Greenbelt, Md., USA (v. ENGELHARDT und STÖFFLER; zitiert bei FRENCH) und in Nördlingen (v. ENGELHARDT, zitiert von WEDEPOHL) vorgeschlagen.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Eigenschaften der normalen und der diaplektischen Gläser zusammengestellt, nach denen sie unterschieden werden können.

Auf welche Weise diaplektische und normale Gläser durch die Wirkung von Stoßwellen entstehen können, sei am Beispiel des Quarzes an Hand der von WACKERLE

Tabelle 1. *Eigenschaften normaler und diaplektischer Gläser*

Normale Gläser	Diaplektische Gläser
Fließstrukturen vorhanden (Schlieren, laminaire Anordnung von Blasen und festen Einschlüssen)	Keine Fließstrukturen
Blasen von runder oder elliptischer Gestalt (leer oder von Sekundärbildungen erfüllt) meistens vorhanden	Keine Blasen
Wo freie Oberflächen vorkommen, ist die Gestalt durch die Oberflächenspannung einer flüssigen Phase mitbestimmt (keine scharfen Ecken oder Kanten, keine ebene Begrenzung). Von der Morphologie der Minerale, aus denen das Glas entstand, ist nichts mehr erhalten	Morphologische Züge der Kristallart, aus welcher das Glas entstand, sind erhalten, wie z. B.: Korngrenzen, Spaltflächen, Zwillingsgrenzen. Das Glas bildet eine Pseudomorphose nach dem primären kristallinen Mineral
Keine Übergangsglieder zwischen kristalliner Phase und normalem Glas	Brechungsindex und Dichte diaplektischer Gläser liegen in einem Bereich zwischen denjenigen der kristallinen Phase und denen des normalen Glases
—	Diaplektische Quarzgläser enthalten Hochdruckmodifikationen des $\text{SiO}_2$ (Coesit, Stishovit)

experimentell bestimmten Hugoniot-Kurve erläutert. Sie ist in Abb. 1 wiedergegeben und stellt die spezifischen Volumina des bei verschiedenen Stoßwellendrucke komprimierten Quarzes dar. Die Knicke bei A und B rühren von Phasenänderungen her. Bei A (144 kbar) hört unter den Bedingungen der Stoßwelle das Existenzgebiet des Quarzes auf. Das Kurvenstück jenseits B (Drucke über 383 kbar) ist wahrscheinlich dem Stishovit oder einer amorphen Phase mit Stishovit-Koordination zuzuordnen (MCQUEEN, FRITZ, MARSH). Bei der Kompression durch die Stoßwelle tritt eine Erwärmung auf, die der Volumenarbeit entspricht. Bei der schnellen, adiabatischen Entlastung erfolgt zwar eine Abkühlung, es bleibt jedoch nach dem Durchgang der Stoßwelle eine erhöhte Resttemperatur erhalten. Unter der Annahme konstanter spezifischer Wärme ( $c_p$ ) und einer Grüneisenkonstante von  $\gamma = 0,653$  hat WACKERLE die in der Abb. 1 dargestellten Stoßwellentemperaturen ( $T_H$ ) und Resttemperaturen ( $T_A$ ) für verschiedene Stoßwellendrucke berechnet.

Normale Gläser mit Fließstrukturen und Blasen können durch Stoßwellen nur gebildet werden, wenn die Resttemperatur so hoch ist, daß das Material nach dem Durchgang der Stoßwelle als flüssige Schmelze zurückbleibt. Diaplektische Gläser entstehen dagegen dann, wenn die Stoßwelle genügend Energie enthält, um das Kristallgitter zu zerstören, die Resttemperatur jedoch nicht dazu ausreicht, um dieses Material in geschmolzenem Zustand zu erhalten. Diaplektische Gläser werden also durch niedrigere Stoßwellendrucke erzeugt als normale Gläser. Die Beobachtungen, die über die Wirkung von Stoßwellen auf Quarz und Feldspäte vorliegen, bestätigen diese Vorstellungen:

DE CARLI und JAMIESON erhielten aus kristallinem Quarz durch Stoßwellendrucke von etwas über 600 kbar ein normales Quarzglas (Dichte und Lichtbrechung wie

geschmolzener Quarz); bei 360 kbar entstand eine amorphe Phase, bei 170 kbar blieb der Quarz kristallin. WACKERLE bekam normales Quarzglas aus Quarz durch Stoßwellen von 500 kbar, während bei 250 kbar die Quarzstruktur erhalten blieb.

MILTON und DE CARLI erhielten aus einem Bytownit (80% An;  $n_y=1,573$ ) bei 600—800 kbar Stoßwellendruck ( $T_H=1700—2100^\circ\text{C}$ ;  $T_A=1300—1700^\circ\text{C}$ ) normales Bytownitglas ( $n=1,557$ ) mit Blasen und Fließstrukturen. Bei 250—350 kbar ( $T_H=200—300^\circ\text{C}$ ;  $T_A=200—250^\circ\text{C}$ ) entstand ein diaplektisches Glas mit einer Lichtbrechung von  $n=1,562$ .

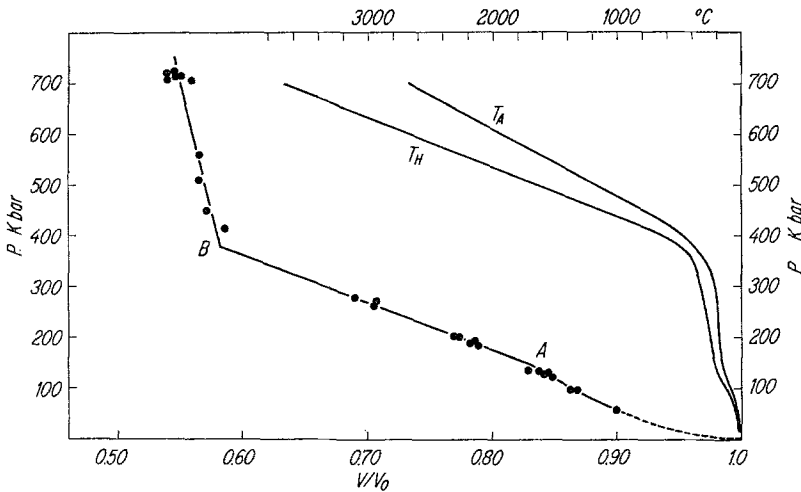


Abb. 1. Kompression von Quarz durch Stoßwellen (Hugoniot-Kurve) nach WACKERLE.  $V$  Komprimiertes Volumen;  $V_0$  Volumen bei Atmosphärendruck;  $P$  Druck in der Stoßwelle

In eigenen Versuchen, über die an anderem Orte ausführlich berichtet werden soll, wurde durch die Wirkung einer ebenen Stoßwelle von etwa 360 kbar auf Granit diaplektisches Quarzglas und diaplektisches Orthoklasglas ( $n=1,490 \dots 1,497$ ) erzeugt.

Aus diesen Befunden kann man ableiten, daß sich bei Stoßwellendrücken in einem Bereich, der zwischen 250 und 500 kbar liegt, aus Quarz und Feldspat diaplektische Gläser bilden, während Stoßwellendrücke über 500 kbar so hohe Resttemperaturen hervorrufen, daß aus Quarz und Feldspat normale Gläser entstehen. Die genauen Grenzen für die Entstehung diaplektischer und normaler Gläser aus den verschiedenen Mineralen müssen durch weitere Experimente festgelegt werden. Versuche in dieser Richtung sind im Gange.

MILTON und DE CARLI zeigten, daß das von TSCHERMAK (1872) im Meteoriten von Shergotty gefundene und Maskelynit benannte Labradoritglas ein diaplektisches Glas ist. TSCHERMAK (1883) hatte erkannt, daß der Maskelynit aus kristallinem Plagioklas entstanden ist.

Die diaplektischen Feldspatgläser in den Kristallineinschlüssen der Riesbreccien sind schon von älteren Forschern beobachtet worden. So beschrieb v. GÜMBEL Feldspatgläser und teilte drei chemische Analysen mit, aus denen hervorgeht, daß es sich um Labradoritglas (65—70% An) handelt. OBERDORFER erkannte, daß

die Verglasung der Feldspäte unter Wahrung der äußeren Form und Erhaltung der Spaltrisse vor sich ging. Er nahm zwar Wärme als Ursache an, betonte aber, daß eine wirkliche Umschmelzung nicht stattgefunden haben kann. NATHAN beobachtete, daß die Isotropisierung der Plagioklase eines Diorits unter Volumvermehrung vor sich gegangen ist.

OBERDORFER beschrieb auch Gläser, die aus Quarzkörnern unter Wahrung der äußeren Form entstanden. Daß solch blasenfreies Quarzglas ( $n=1,46$ ) in den Gesteinseinschlüssen des Suevit durch die Wirkung von Stoßwellen ohne eigentliches Schmelzen gebildet wurde, haben als erste SHOEMAKER und CHAO erkannt. Gemäß der Einteilung der an den kristallinen Einschlüssen des Suevit zu beobachtenden Stoßwellenmetamorphose in 4 Stufen zunehmender Intensität nach STÖFFLER sind diaplektische Quarz- und Feldspatgläser für die Metamorphosestufe II charakteristisch. Die dunklen Minerale (Biotit, Hornblende) bewahren in dieser Stufe noch ihre kristalline Natur. In der nächsthöheren Stufe III beginnt die Bildung normaler Gläser aus Feldspat. Zur Metamorphosestufe IV werden schließlich die Produkte höchster Stoßwellenmetamorphose gerechnet, die aus normalen Mineral- und Gesteinsgläsern mit einigen Resten kristalliner Komponenten bestehen.

Übergänge zwischen diaplektischen und normalen Gläsern dürften selten vorkommen. Es ist aber denkbar, daß beim Einschlag sehr großer Meteoriten langdauernde Stoßwellen entstehen, die Gläser mit Fließstrukturen erzeugen, auch wenn die Resttemperatur den Schmelzpunkt nicht erreichte. Solche Gläser werden aber keine Blasen enthalten.

Über Petrographie und Chemismus der vor allem in Form glasiger Bomben (Fladen, Flädle) im Ries vorkommenden normalen Gesteinsgläser soll demnächst in einer besonderen Arbeit ausführlich berichtet werden. Im folgenden werden einige Ergebnisse der Untersuchung diaplektischer Quarz- und Plagioklasgläser mitgeteilt.

## 2. Physikalische Eigenschaften der diaplektischen Gläser

### a) Diaplektisches Quarzglas

Aus einem Bruchstück eines Biotitgneises aus dem Suevit von Aufhausen, dessen Quarze und Plagioklase vollständig isotropisiert sind, wurden durch Zerkleinern und Auslesen unter dem Mikroskop 20 reine Körner eines diaplektischen Quarzglases von etwa 0,2—0,3 mm Durchmesser gewonnen.

In Bromoform-Dimethylformamid-Mischungen wurde nach der Schwebemethode festgestellt, daß die Dichte dieser Körner im Bereich von 2,22 bis 2,26 streut. Für die optischen Untersuchungen wurden je 3—5 Körner folgender Dichte isoliert: 2,2611—2,2578—2,2397—2,2192 ( $\pm 0,0002$ ).

Die Lichtbrechung ( $\text{Na}_D$ -Linie) von 5 Körnern dieser Dichtestufen wurde nach der Immersionsmethode (Immersionsflüssigkeit:  $\alpha$ -Monobromnaphthalin + Butyl-diglykol) durch Variation der Temperatur der Flüssigkeit mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,0002$  gemessen.

Die gemessenen Werte der Dichte und der Lichtbrechung diaplektischer Quarzgläser sind zusammen mit den Werten für synthetisches  $\text{SiO}_2$ -Glas und für die kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen in der Tabelle 2 zusammengestellt und in den Abb. 2 und 3 graphisch aufgetragen.

Tabelle 2. Dichte, Lichtbrechung, Molrefraktion und Sauerstoff-Ionenrefraktion von normalem und diaplektischem  $\text{SiO}_2$ -Glas und von den kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen

	Dichte g/cm <sup>3</sup>	Licht- brechung	Mol- refraktion cm <sup>3</sup>	Ionenrefraktion des Sauerstoffs cm <sup>3</sup>
		$n$		
Normales $\text{SiO}_2$ -Glas (Suprasil, Fa. Heraeus)	2,1996	1,4585	7,461	3,680
Diaplektisches $\text{SiO}_2$ -Glas (Nördlinger Ries)	2,2192	1,4600	7,416	3,658
	2,2192	1,4608	7,427	3,663
	2,2397	1,4615	7,368	3,634
	2,2578	1,4631	7,332	3,616
	2,2611	1,4635	7,326	3,613
		$\bar{n}$		
Melanophlogit	1,99	1,425	7,721	3,810
$\alpha$ -Tridymit	2,26	1,475	7,485	3,692
$\alpha$ -Cristobalit	2,33	1,485	7,397	3,648
Keatit	2,50	1,517	7,272	3,586
$\alpha$ -Quarz	2,65	1,545	7,164	3,532
Coesit	2,93	1,595	6,968	3,484
Stishovit	4,28	1,812	6,067	3,033

$\bar{n}$  = mittlere Lichtbrechung.

Die Lichtbrechung der kristallinen Phasen des  $\text{SiO}_2$  nimmt bekanntlich mit der Dichte nach einer einheitlichen Funktion kontinuierlich zu. Diese weicht von der für eine konstante Molrefraktion (für das  $\text{SiO}_2$ -Glas) berechneten Funktion ab. Für die diaplektischen Gläser gilt wiederum eine andere Beziehung zwischen Dichte und Lichtbrechung. Es ist wahrscheinlich, daß die Reihe der diaplektischen Gläser über noch näher zu untersuchende Zwischenglieder bis zum  $\alpha$ -Quarz reicht. Die durch Stoßwellen geringeren Druckes mechanisch (vor allem plastisch) deformierten Quarze mit kristallographisch orientierten sog. planaren Elementen (planar features) haben niedrigere Lichtbrechung und Doppelbrechung als normaler Quarz (BUNCH u. COHEN, im Druck; v. ENGELHARDT, HÖRZ u. STÖFFLER, im Druck; CHAO, 1967). Über die Eigenschaften dieser Vorstufen diaplektischer Gläser, die in den Riesbreccien häufig vorkommen, wird in Kürze eine besondere Untersuchung vorgelegt werden.

Aus Dichte und Lichtbrechung wurden die Molrefraktionen berechnet (Tabelle 2; Abb. 2 u. 3). Dabei wurden für die kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen mittlere Werte der Lichtbrechung eingesetzt. Auch in den Werten der Molrefraktion kommt die besondere Natur der diaplektischen Gläser zum Ausdruck: Erstens sind die Molrefraktionen der diaplektischen Gläser niedriger als die des normalen  $\text{SiO}_2$ -Glases. Zweitens nimmt die Molrefraktion der diaplektischen Gläser nach einer anderen Funktion mit der Dichte ab als die der bisher bekannten  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen (Abb. 2 u. 3).

Berechnet man unter der Annahme eines konstanten Wertes von 0,1 cm<sup>3</sup> für die Ionenrefraktion des  $\text{Si}^{4+}$  aus den Molrefraktionen die Ionenrefraktionen des Sauerstoffs, so erhält man die in der Tabelle 2 verzeichneten Werte. Die Ionenrefraktion, d. h. die Polarisierbarkeit des Sauerstoffs, ist in den diaplektischen Gläsern

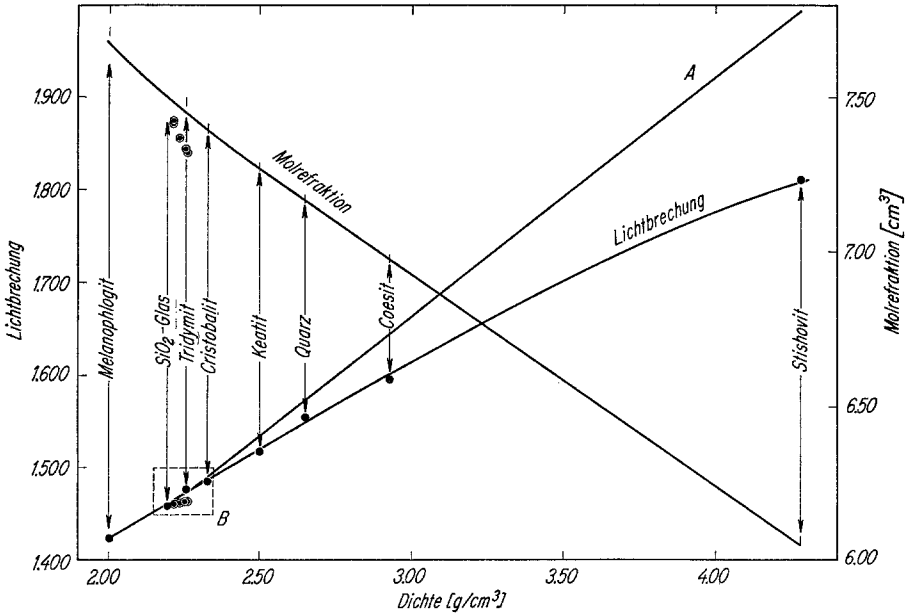


Abb. 2. Lichtbrechung und Molrefraktion von  $\text{SiO}_2$ -Phasen als Funktion der Dichte. *A* Berechnete Abhängigkeit der Lichtbrechung von der Dichte bei konstanter Molrefraktion von 7,461 (Wert für normales  $\text{SiO}_2$ -Glas); *B* Diaplektische Quarzgläser

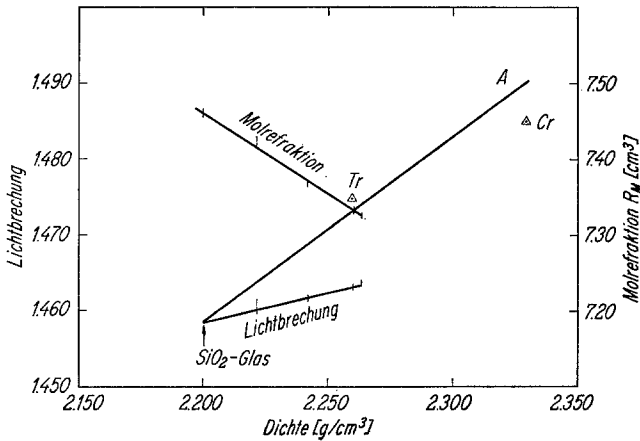


Abb. 3. Lichtbrechung und Molrefraktion von diaplektischen Quarzgläsern als Funktion der Dichte. Gestrichelter Ausschnitt aus Abb. 2. *A* Berechnete Abhängigkeit der Lichtbrechung von der Dichte bei konstanter Molrefraktion von 7,461 (Wert für normales  $\text{SiO}_2$ -Glas) *Cr* Lichtbrechung von  $\alpha$ -Cristobalit; *Tr* Lichtbrechung von  $\alpha$ -Tridymit

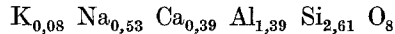
kleiner als im normalen  $\text{SiO}_2$ -Glas. Sie nähert sich dem Wert für  $\alpha$ -Quarz. In den diaplektischen Gläsern ist die Nahordnung offensichtlich in stärkerem Maße erhalten geblieben als im normalen  $\text{SiO}_2$ -Glas. Darauf weisen Beobachtungen von BUNCH und COHEN hin, die an  $\alpha$ -Quarz, der durch Stoßwellen stark beansprucht

worden war, Veränderungen des Infrarot-Absorptionsspektrums feststellten. Eigene Untersuchungen sind geplant.

*b) Diaplektisches Plagioklasglas*

Das untersuchte Material entstammt einem Plagioklasamphibolit aus dem Suevit von Bollstadt, dessen Plagioklas in isotropisiertem Zustand vorliegt.

An einem Anschliff dieses Gesteins wurden mit Hilfe der Elektronenmikrosonde an 28 Körnern die Kalium- und Calcium-Gehalte bestimmt. Aus dem arithmetischen Mittelwert ergibt sich folgende Plagioklaszusammensetzung (Schwankung des An-Gehaltes:  $\pm 4$  Gew. %):



(Molekulargewicht 269,84).

Für die Dichte- und Lichtbrechungsbestimmungen wurden aus der mechanisch zerkleinerten Probe reine Körner unter dem Mikroskop ausgelesen.

Auch die diaplektischen Plagioklasgläser zeigen einen weiten Streubereich der Dichte. Nach der Schwebemethode wurde in Bromoform-Dimethylformamid-Mischungen an 180 Einzelkörnern die in Abb. 4 dargestellte Häufigkeitsverteilung der Dichte festgestellt. 10 für diese Dichteverteilung repräsentative Körner wurden für die Bestimmungen der Lichtbrechung ausgewählt. Meßmethode und Meßgenauigkeit entsprechen den im vorhergehenden Abschnitt erwähnten.

In der Tabelle 3 und in der Abb. 5 sind die gemessenen Werte von Dichte und Lichtbrechung für die diaplektischen Gläser sowie für ein normales Glas und für einen Plagioklaskristall derselben mittleren Zusammensetzung dargestellt.

Tabelle 3. *Dichte, Lichtbrechung, Molrefraktion und Sauerstoff-Ionenrefraktion von normalem\* und diaplektischem Plagioklasglas und kristallinem Plagioklas\*\* gleicher Zusammensetzung*

	Dichte g/cm <sup>3</sup>	Licht- brechung <i>n</i>	Mol- refraktion cm <sup>3</sup>	Ionenrefraktion des Sauerstoffs cm <sup>3</sup>
Normales Plagioklasglas*	2,431 (extrapoliert)	1,522	33,85	4,05
Diaplektisches Plagioklasglas (Nördlinger Ries)	2,4482	1,5232	33,681	4,028
	2,4572	1,5238	33,590	4,017
	2,4768	1,5251	33,474	4,002
	2,4814	1,5260	33,374	3,990
	2,4925	1,5270	33,280	3,978
	2,5077	1,5281	33,132	3,959
	2,5134	1,5289	33,106	3,956
	2,5250	1,5296	32,990	3,942
	2,5400	1,5311	32,873	3,931
	2,5571	1,5326	32,730	3,909
Kristalliner Plagioklas**	2,654	$\bar{n}$ 1,550	32,390	3,867

\* Lichtbrechung von FOSTER (1955). Die entsprechende Dichte wurde durch Extrapolation aus der Kurve der Lichtbrechung der Abb. 5 gewonnen.

\*\* Dichte und mittlere Lichtbrechung nach TRÖGER (1959).

Wie im Falle der diaplektischen Quarzgläser sind Dichte und Lichtbrechung der diaplektischen Plagioklasgläser höher als diejenigen des normalen Plagioklasglases und niedriger als die der kristallinen Phase der gleichen Zusammensetzung. Für die Lichtbrechung haben dies BUNCH und COHEN zum ersten Mal festgestellt.

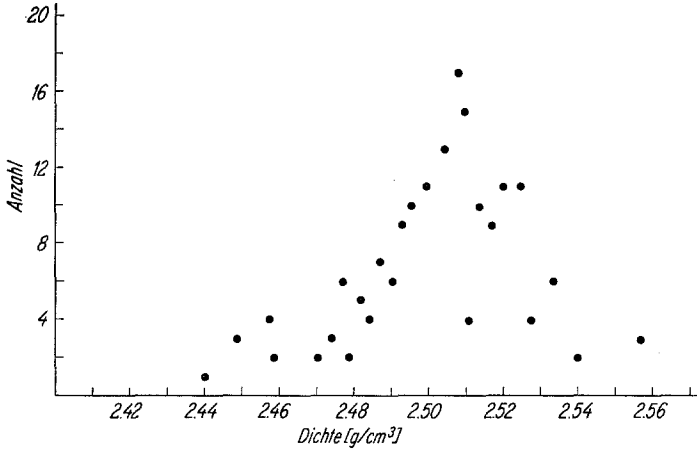


Abb. 4. Häufigkeitsverteilung der Dichte von diaplektischen Plagioklasgläsern (180 Körner)

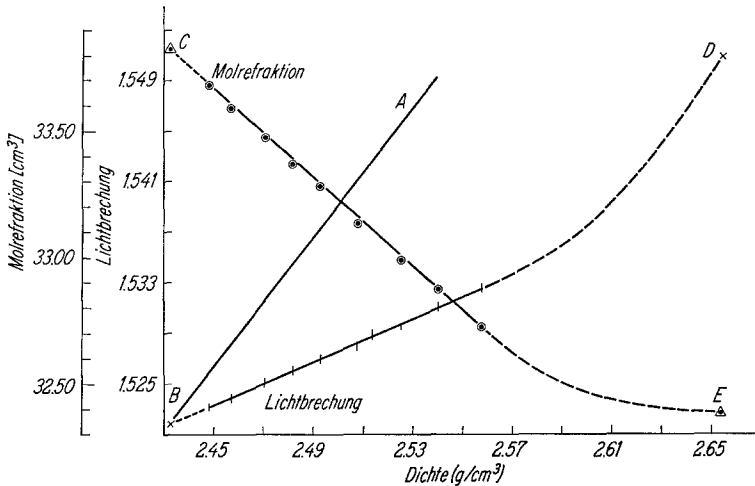


Abb. 5. Lichtbrechung und Molrefraktion von diaplektischen Plagioklasgläsern. A Berechnete Abhängigkeit der Lichtbrechung von der Dichte bei konstanter Molrefraktion von 33,83 (Wert für normales Plagioklasglas). B, C Normales Plagioklasglas; D, E Kristalliner Plagioklas

Die Molrefraktionen und die Ionenrefraktionen des Sauerstoffs sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Sauerstoffrefraktionen wurden unter der Annahme konstanter Ionenrefraktionen von K ( $2,2 \text{ cm}^3$ ), Na ( $0,5 \text{ cm}^3$ ), Ca ( $1,33 \text{ cm}^3$ ), Al ( $0,17 \text{ cm}^3$ ) und Si ( $0,1 \text{ cm}^3$ ) berechnet.

Auch im Falle der diaplektischen Plagioklasgläser ist mit steigender Dichte eine Abnahme der Molrefraktionen zu beobachten, die sich derjenigen der kristallinen Phase nähern. Dasselbe gilt für die Sauerstoff-Ionenrefraktionen. Daraus ergeben



sich für den strukturellen Zustand der diaplektischen Plagioklasgläser analoge Folgerungen, wie sie für diaplektische Quarzgläser ausgeführt wurden.

Auch hier ist mit der Existenz von Übergangsgliedern zu rechnen, die vom ungestörten Plagioklas über mechanisch deformierte Zustände bis zu den diaplektischen Gläsern reichen. Über diese Vorstufen der diaplektischen Plagioklasgläser wird in Kürze berichtet werden.

Messungen der Infrarotabsorption, die voraussichtlich zur weiteren Aufklärung der Strukturverhältnisse dieser Gläser beitragen werden, sind geplant. BUNCH und COHEN haben bereits festgestellt, daß sich kristalline Phase, diaplektisches und normales Glas von gleicher Plagioklaszusammensetzung im Infrarot-Absorptionsspektrum unterscheiden.

### Zusammenfassung

In den Breccien des Ries kommen wie in anderen vermutlichen und sicheren Meteoritenkratern zwei Arten von Gläsern vor, die beide durch die Einwirkung von Stoßwellen auf die Gesteine des kristallinen Untergrundes entstanden sind: a) Normale Mineral- und Gesteinsgläser: Sie zeigen Fließstrukturen und Blasen und sind durch Stoßwellen entstanden, deren Energie so hoch war, daß nach der Druckentlastung eine flüssige Schmelze zurückblieb, die zum Glas erstarrte. b) Diaplektische Mineralgläser: Sie bilden als Pseudomorphosen Korngrenzen, Spaltrisse und Zwillingsgrenzen der primären Minerale ab und zeigen weder Fließstrukturen noch Blasen; sie sind durch Stoßwellen entstanden, deren Energie wohl zur Zerstörung des Kristallgitters, nicht aber dazu ausreichte, um das Material so stark zu erwärmen, daß es nach der Entlastung als Schmelze zurückblieb. — Es werden Werte der Dichte und der Lichtbrechung diaplektischer Quarz- und Andesingläser mitgeteilt. Sie sind höher als die Werte der normalen Gläser und niedriger als die der kristallinen Phasen. Diaplektische Gläser sind daher von normalen Gläsern physikalisch unterschieden und stellen Zwischenzustände der Ordnung zwischen kristallinen Phasen und normalen Gläsern dar.

### Literatur

- BUNCH, T. E., and A. J. COHEN: Shock induced structural disorder in plagioclase and quartz. Conference on shock metamorphism of natural materials, April 14—16, 1966. Greenbelt, Maryland, USA. (Im Druck).
- CHAO, E. C. T.: Some aspects of progressive impact metamorphism. Conference on shock metamorphism of natural materials, April 14—16, 1966. Greenbelt, Maryland, USA. (Im Druck.)
- Ries and the progressive stages of impact metamorphism. Symposium über Meteorite, Tektite und Einschlagskrater, Nördlingen 29. 4.—2. 5. 1966. Fortschr. Mineral. **44**, 139—140 (1967).
- DE CARLI, P. S., and J. C. JAMIESON: Formation of an amorphous form of quartz under shock conditions. J. Chem. Phys. **31**, 1675—1676 (1959).
- ENGELHARDT, W. v., F. HÖRZ, and D. STÖFFLER: Observations on quartz deformation in breccias of West Clearwater Lake (Canada) and the Ries Basin (Germany). Conference on shock metamorphism of natural materials, April 14—16, 1966. Greenbelt, Maryland, USA. (Im Druck).
- , and D. STÖFFLER: Stages of shock metamorphism in crystalline rocks of the Ries basin. Conference on shock metamorphism of natural materials, April 14—16, 1966. Greenbelt, Maryland, USA. (Im Druck).
- FRENCH, B. M.: Shock metamorphism of natural materials. Science **153**, 903—906 (1966).

- FOSTER, W. R.: Simple method for the determination of the plagioclase feldspars. *Am. Mineralogist* **40**, 179—185 (1955).
- GÜMBEL, C. W. v.: Über den Riesvulkan und über vulkanische Erscheinungen im Rieskessel. *Sitz. ber. kgl. bayer. Akad. Wiss. München* **1**, 153—200 (1870).
- MCQUEEN, R. G., J. N. FRITZ, and S. P. MARSH: On the equation of state of stishovite. *J. Geophys. Research* **68**, 2319—2322 (1963).
- MILTON, D. J., and P. S. DE CARLI: Maskelynite: formation by explosive shock. *Science* **140**, 670—671 (1963).
- NATHAN, H.: Geologische Untersuchungen im Ries: Das Gebiet des Blattes Möttingen. *Neues Jahrb. Mineral.* **53**, Beil. Bd. Abt. B, 31—97 (1926).
- OBERDORFER, R.: Die vulkanischen Tuffe des Ries bei Nördlingen. *Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg* **61**, 1—40 (1905).
- SHOEMAKER, E. M., and E. C. T. CHAO: New evidence for the impact origin of the Ries basin, Bavaria, Germany. *J. Geophys. Research* **66**, 3371—3378 (1961).
- STÖFFLER, D.: Anzeichen besonderer, mechanischer Beanspruchung an Mineralien der Kristallineinschlüsse des Suevits (Stoßwellenmetamorphose). *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.* **9—11**, 350—354 (1965).
- Zones of impact metamorphism in the crystalline rocks of the Nördlinger Ries Crater. *Contr. Mineral. and Petrol.* **12**, 15—24 (1966).
- TRÖGER, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil I: Bestimmungstabellen. Stuttgart 1959.
- TSCHERMAK, G.: Die Meteoriten von Shergotty und Gopalpur. *Sitz. ber. Akad. Wiss. Wien* **65**, 122—145 (1872).
- Beitrag zur Klassifikation der Meteoriten. *Sitz. ber. Akad. Wiss. Wien* **88**, 347—371 (1883).
- WACKERLE, J.: Shock wave compression of quartz. *J. Appl. Phys.* **33**, 922—937 (1962).
- WEDEPOHL, K. H.: Symposium über Meteorite, Tektite und Einschlagskrater, Nördlingen 29. 4.—2. 5. 1966. *Fortschr. Mineral.* **44**, 131—133 (1967).

Prof. W. VON ENGELHARDT  
 Mineralogisches Institut der Universität  
 74 Tübingen, Wilhelmstr. 56