

**7. Ueber die Elasticität und die Härte von
krySTALLisirter, amorpher und wasserhaltiger
Kieselsäure; von F. Auerbach.**

Wie an anderen Orten, so sind auch hier in Jena, und zwar im Glaswerk von Schott u. Gen. Versuche angestellt worden, durch Schmelzung im elektrischen Ofen grössere homogene Stücke isotropen Quarzes herzustellen; man kann solche Stücke gewissermaassen als eine neue Glassorte, bestehend aus reiner Kieselsäure, ansehen.

Es war von Interesse dieses Material in Bezug auf seine elastischen Eigenschaften zu untersuchen und mit natürlichem Bergkrystall zu vergleichen. Es lag alsdann nahe, noch einen dritten Stoff in den Kreis dieser Vergleichung zu ziehen, nämlich den natürlichen Opal, der ebenfalls amorph ist, sich aber durch einen mehr oder weniger grossen Wassergehalt von den beiden ersten Stoffen unterscheidet. Die Messung erstreckte sich auf den Eindringungsmodul E' und die Härte H ; aus ersterem ist der gewöhnliche Elasticitätsmodul E nach der Formel $E = E'/(1 - \mu^2)$, wo μ die Elasticitätszahl ist, leicht abzuleiten, und zwar auch bei nur roher Kenntnis von μ ziemlich genau, da μ auf den Wert von $1 - \mu^2$ nur schwachen Einfluss hat.

Von den Messungen am Bergkrystall sind [diejenigen, welche sich auf die Hauptaxe als Druckrichtung beziehen, schon früher¹⁾ mitgeteilt; ihr Ergebnis war:

$$E' = 10620 \frac{\text{kg}^*}{\text{qmm}}, \quad H = 308 \frac{\text{kg}^*}{\text{qmm}}.$$

¹⁾ F. Auerbach, Wied. Ann. 58. p. 388. 1896 (für E') und p. 367 (für H).

Diejenigen Messungen am Bergkrystall, bei welchen die Druckrichtung senkrecht zur Hauptaxe lag, die Druckfläche also die Hauptaxe enthielt, sind ebenfalls schon älteren Datums, aber bisher nicht mitgeteilt. Sie wurden mit einer Linse vom Krümmungsradius $\rho = 3$ mm angestellt, bestanden im ganzen aus acht Versuchsreihen, von denen eine hier probeweise mitgeteilt wird (p Druck, d Durchmesser der Druckfläche):

p	d	$\frac{p}{d^2}$	$\frac{p}{d^3}$	Mittel: 235
3,48	0,248	56,6	228	
5,43	0,281	68,8	245	
7,39	0,316	74,0	234	
9,35	0,342	80,0	234	
11,3	0,365	84,4	232	

und lieferten schliesslich folgende Werte:

E'		H	
8388	8658	235	219
8784	8460	222	238
8676	8568	216	249
8712	8280		
$E' = 8566$		$H = 230$	

Von amorphem Quarz konnte ich aus dem mir von Hrn. Schott freundlichst überlassenen Material eine Planplatte und zwei Linsen, $\rho = 5$ und $\rho = 2$, herstellen lassen. Es waren tadellose Präparate, mit Ausnahme einiger kleiner, aber in genügender Entfernung von der Oberfläche gelegener Bläschen. Die Einzelwerte sind hier etwas grösseren Schwankungen unterworfen als beim natürlichen Bergkrystall. Als Probereihe diene die folgende, auf $\rho = 5$ bezügliche:

p	d	$\frac{p'}{d^2}$	$\frac{p}{d^3}$	Mittel: 117
2,23	0,267	31,3	118	
3,48	0,300	38,7	129	
8,38	0,411	49,6	121	
13,3	0,485	56,6	117	
16,4	0,541	56,0	104	
19,4	0,556	62,7	113	

Das Endergebnis ist folgendes:

E'		H	
$\varrho = 5$	$\varrho = 2$	$\varrho = 5$	$\varrho = 2$
7020	6912	222	227
6780	7272	214	228
6720	7128	217	221
7200	6912	204	230
6780	7056	236	227
6900		219	
$E' = 6970$		$H = 223$	

Was endlich den Opal betrifft, so wurde aus einigen zur Verfügung stehenden ungarischen Stücken ein besonders schönes und reines ausgewählt und zur Herstellung einer kleinen planparallelen Platte und zweier Linsen benutzt; leider misslang die eine der letzteren, und es konnte nur die andere, mit $\varrho = 5$, zur Messung verwendet werden. Der Wassergehalt wurde durch wiederholtes Glühen nachträglich bestimmt (und zwar bei etwa derselben Feuchtigkeit, die während der Versuche geherrscht hatte) und zu 9,7 Proc. gefunden.

Die Zahlen sind, wie die folgende Probereihe erkennen lässt, sehr regelmässig:

p	d	$\frac{p}{d^2}$	$\frac{p}{d^3}$	Mittel: 63,8
2,22	0,326	20,9	64,2	
3,48	0,383	23,8	62,3	
5,44	0,441	28,0	63,7	
8,38	0,507	32,6	64,3	
10,34	0,544	34,9	64,1	

Das Endergebnis ist folgendes:

E'			H		
3828	3930	3920	114	109	115
$E' = 3893$			$H = 113$		

Vergleicht man jetzt die Zahlen für Bergkrystall mit der Druckrichtung in der Axe ($B \parallel$) für Bergkrystall mit der Druckrichtung senkrecht zur Axe ($B \perp$), für Bergkrystall im Mittel aus diesen beiden Extremen (B'), für amorphen Quarz (Q) und für Opal (Op), so erhält man folgende Uebersicht:

	$E' \left(\frac{\text{kg}^*}{\text{qmm}} \right)$	$H \left(\frac{\text{kg}^*}{\text{qmm}} \right)$	$E' (\%)$	$H (\%)$	$\frac{100 H}{E'}$
$B \parallel$	10620	308	110	114	2,9
$B \perp$	8566	230	90	86	2,7
B'	9593	269	100	100	2,8
Q	6970	223	72	83	3,2
Op	3893	113	40	42	2,9

Beide Grössen, E' und H , sind in dieser Tabelle ausser in ihren absoluten Werten auch noch in Procenten ihrer Werte für B' angegeben, und man sieht, dass beide Grössen, E' und H , ziemlich proportional verlaufen; dasselbe zeigt sich auch in der letzten Columnne, in welcher angegeben ist, wieviel Procent die Härte vom Eindringungsmodul (also annähernd auch vom Elasticitätsmodul E) ausmacht.

Ueberraschend ist dagegen: 1. dass sowohl die Elasticität wie die Härte des amorphen Quarzes kleiner ist als der kleinste ihrer Werte für Bergkrystall (bei der Elasticität sehr beträchtlich, bei der Härte nur eben noch etwas kleiner), und 2. dass Elasticität und Härte des Opals, selbst im Vergleich mit amorphem Quarz, sehr klein, nämlich nicht viel mehr als halb so gross sind. Die erstere Thatsache hängt vielleicht damit zusammen, dass sich der Quarz beim Schmelzen und amorphen Erstarren ausdehnt, so zwar, dass seine Dichte, wie eigens ausgeführte Bestimmungen an den Versuchspräparaten ergaben, im natürlichen Zustande 2,68, im amorphen hingegen nur 2,23 beträgt, im letzteren Zustande also nur 83 Proc. von ersterem; und dieses Verhältniss stimmt mit dem Härteverhältniss genau, mit dem der Elasticitäten einigermaassen überein. Die geringe Elasticität und Härte des Opals andererseits hängt zweifellos mit seinem Wassergehalte zusammen, und es ist anzunehmen, dass sie, und zwar in starkem Maasse, desto geringer ausfällt, je grösser der Wassergehalt ist; Versuche, dies an Stücken anderen Wassergehaltes nachzuweisen, waren vorbereitet, sind aber an der Beschaffenheit der Stücke gescheitert.

Jena, Juli 1900.

(Eingegangen 17. Juli 1900.)