

Zur Schallfraktographie kleiner Bruchgeschwindigkeiten in Glas

K. PETER

Physikalisches Laboratorium, Mosbach *
(Z. Naturforsch. **20 a**, 168 [1965]; eingegangen am 8. Januar 1965)

Die Frage, bis zu welchen Dimensionen herab der Bruch kontinuierlich voranschreitet, kann mit dem Schallmarkierungsverfahren nach KERKHOF und Mitarbeitern prinzipiell gelöst werden. Das Gebiet sehr kleiner Bruchgeschwindigkeiten wurde mit dieser Methode bisher jedoch noch nicht untersucht. Der kleinste in den Arbeiten¹ anzutreffende Linienabstand λ_B der Schalllinien liegt um $30\ \mu\text{m}$, was bei einer Schallfrequenz von 1 MHz eine Bruchgeschwindigkeit von 30 m/s ergibt. Um noch engere Linienabstände zu erfassen, muß geklärt werden, welche Auflösung der Schalllinien optisch erreichbar ist.

Dazu wurden schallmodulierte Glasbruchflächen mit möglichst hoher Liniendichte hergestellt: Die langsamen Bruchgeschwindigkeiten wurden durch Wärmespannungen erzeugt. Die Beschallung in der aus Fensterglas bestehenden Probe erfolgte mit 1 MHz- bzw. 19 kHz-Transversalwellen.

Bei lichtmikroskopischer Beobachtung der so erhaltenen Bruchfläche empfehlen sich bei der Art des Objektes Schlierenblenden zur Kontrasterhöhung. Man erreicht damit im Auflicht eine Linienauflösung bis nahe an die Grenze des lichtmikroskopischen Auflösungsvermögens (Abb. 1 **).

Bei elektronenmikroskopischer Beobachtung entscheidet die Güte des Präparationsverfahrens über die Auflösung. Mit Simultanbedampfungsabdrücken (Schwermetall und Kohle) kann man Kristallstufen im Abstand $50\ \text{\AA}$ trennen; bis zu etwa $20\ \text{\AA}$ herunter kamen BACHMANN und HAYEK² durch ein Dekorationsverfahren. Beim amorphen Glas sind derartige Werte schon durch

die von außen aufgeprägte Art der Linienherzeugung nicht zu erwarten. Das übliche Beschattungsverfahren (Beschattungswinkel 20°) der Präparation erlaubt aber immerhin, Schalllinien im Abstand $\lambda_B \approx 250\ \text{\AA}$ zu trennen (Abb. 2). Beim Zustandekommen dieser Aufnahme handelt es sich nicht mehr um eine geometrische Beschattung, die die Linientrennung ermöglicht. Höchstwahrscheinlich liegt ein Dekorationseffekt ähnlich wie in² vor.

Die Welligkeit der sinusförmig modulierten Bruchfläche (Profilkoordinaten x, y) ist durch Schalldruckamplitude σ und eigentliche Zugspannung p gegeben¹: Wegen

$$y_{\max} = \frac{\sigma}{p} \cdot \frac{\lambda_B}{2\pi}$$

ist die Welligkeit, definiert durch $W = 2 y_{\max} / \lambda_B$ somit $W = \sigma / \pi p$. Die Auswertung von Interferenzaufnahmen (Abb. 3) der mit 1 MHz schallmodulierten Bruchfläche ergibt nun für den Bereich $8\ \mu\text{m} < \lambda_B < 140\ \mu\text{m}$ nur geringfügige Schwankungen der Welligkeit:

$$5 \cdot 10^{-3} < W < 10^{-2} \quad (\text{d. h. } \arctg y'_{\max} \approx 2^\circ),$$

ohne daß eine Abhängigkeit $W = W(\lambda_B)$ zu erkennen ist. Interferometrische Messungen für $\lambda_B < 8\ \mu\text{m}$ ließen sich nur mit wachsender Ungenauigkeit durchführen. Anzeichen für ein Ansteigen von W mit abnehmendem λ_B waren jedoch nicht festzustellen, so daß die Annahme nahe liegt, auch bei sehr kleinen λ_B ist W günstigenfalls 10^{-2} . Dies führt bei $\lambda_B = 250\ \text{\AA}$ (Abb. 2) zu einer Unebenheit $2 y_{\max} = 2,5\ \text{\AA}$. Das entspricht gerade etwa der Kantenlänge eines SiO_4 -Tetraeders, die man für Glas als Mindesthöhe einer Rauigkeit betrachten könnte. Eine bessere Schalllinienauflösung als $250\ \text{\AA}$ ist danach erst zu erwarten, wenn $W > 10^{-2}$. Dazu wären stärkere Schallsender nötig, als heute zur Verfügung stehen.

Ich danke den Wirtschaftsministerien des Bundes und des Landes Baden-Württemberg für ihre Unterstützung.

* V 103/65, angeschlossen der AIF.

¹ F. KERKHOF, Tagungsbuch über die mechanischen Eigenschaften des Glases, Symposium Florenz 799 (1961) (s. dort auch weitere Literatur).

² L. BACHMANN u. K. HAYEK, Naturwiss. **49**, 154 [1962].

** Abb. 1 bis 3 auf Tafel S. 156 b.

BERICHTIGUNG

Zu W. KUTZELNIGG, Über die Symmetrie-Eigenschaften der reduzierten Dichtematrizen und der natürlichen Spin-Orbitale und Spin-Geminale (der natürlichen Ein- und Zweielektronenfunktionen), Band **18 a**, 1058 [1963].

1. In der drittletzten Zeile von S. 1058, rechts, muß es heißen: 2-Fermionensystems (statt n -Fermionensystems).

2. Die in dieser Arbeit verwendeten spinfreien Dichtematrizen P_1 und P_2 sind anders normiert als bei McWEENY (l. c.).

3. In den beiden Gln. (28) sind die rechten Seiten durch 2 zu dividieren.

Nachdruck — auch auszugsweise — nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet

Verantwortlich für den Inhalt: A. KLEMM

Satz und Druck: Konrad Triltsch, Würzburg



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.