



Abb. 9. Freiflugverhalten einer Zinnprobe nach Beschleunigung mittels Donarit (a) und Comp. B. (b).

Die mitgerissenen Filzfasern sind blank (Abb. 7 rechts); sie sind insbesondere nicht mit einer glänzenden Metallschicht überzogen wie in den Versuchen mit Zinn und Blei, bei denen Comp. B als Sprengstoff verwendet wurde.

Tabelle 2. Zusammenfassung der Ergebnisse

Probenmaterial	Al, Cu, Glas	Pb, Sn, H <sub>2</sub> O(+CsCl)	Pb, Sn
Sprengstoff	Comp. B	Comp. B	Donarit 3
äußere Form der beschleunigten Masse	flache Schale	hohlkegelförmig	flache Schale
Aufgliederung (Struktur) der beschleunigten Masse	einzelne, scharf begrenzte Bruchstücke, ringförmig angeordnet	diffuse Massenverteilung, Schlieren in Flugrichtung	einzelne, scharf begrenzte Bruchstücke, ringförmig angeordnet
Größe der aufgefangenen Partikel (Hauptmasse)	> 100 μm	< 5 μm *)	~10 bis 30 μm
Form der aufgefangenen Partikel	unregelmäßig	viele Kristalle *) (Mikrodendriten)	unregelmäßig
Beschaffenheit mitgerissener Fasern	blanke Oberfläche	mit Metall überzogen *)	blanke Oberfläche
Daraus folgender Aggregatzustand	fest	flüssig	fest

\*) H<sub>2</sub>O(+CsCl) ausgenommen

## Literatur

- [1] J. J. Gilman, Appl. Mech. Rev. 21, 767 [1968].
- [2] K. H. Schramm, Dynamisches Verhalten von Metallen unter Stoßwellenbelastung. Bericht zum Forschungsauftrag T 0260/92610/91643 für das Bundesministerium der Verteidigung, Oktober 1970.
- [3] W. Band, J. Geophys. Res. 65, 965 [1960].
- [4] R. G. McQueen u. S. P. Marsb, J. Appl. Phys. 31, 1253 [1960].
- [5] M. van Thiel, Compendium of Shock Wave Data. UCRL-Report 50108, Livermore, California, Vol. 1 and 2 [1966].
- [6] L. V. Al'tshuler, S. B. Kormer, M. I. Brazhnik, L. A. Vladimirov, M. P. Speranskaya u. A. I. Funtikov, Soviet. Phys. JETP 11, 766 [1960].
- [7] P. C. Lysne, R. R. Boade, C. M. Percival u. O. E. Jones, J. Appl. Phys. 40, 3786 [1969].

## 5. Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse der Sprengversuche sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Hiernach treten in all den Fällen, bei denen nach der Theorie die Materialprobe auch nach dem Stoßwellendurchgang im festen Zustand sein sollte, dieselben — für den festen Zustand charakteristischen — Kennzeichen auf. Dasselbe gilt entsprechend für diejenigen Versuche, bei denen das Auftreten des flüssigen Zustands erwartet wird. Angesichts dieser Konsistenz aller Einzelergebnisse erscheinen die in Tabelle 2 unten angegebenen Folgerungen für den jeweils vorliegenden Aggregatzustand zwangsläufig. Im einzelnen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Bei den Metallen Aluminium und Kupfer, aber auch bei Glas, ist die bei Stoßbelastung durch Sprengstoff erzeugte Wärme so gering, daß die Temperatur unterhalb des Schmelzpunkts bleibt. Nur bei den niedrigschmelzenden und gleichzeitig relativ kompressiblen Metallen Blei oder Zinn liegt die stoßbelastete Probe nach Druckentlastung im flüssigen Zustand vor, und auch dies nur bei Anwendung hochenergetischer Sprengstoffe.

Insgesamt stellen die experimentellen Ergebnisse eine qualitative Bestätigung der theoretischen Vorstellungen über die Aufheizung des Materials beim Stoßwellendurchgang dar. Dies besagt, daß der bei Stoßbelastung mittels Sprengstoffen auftretende Temperaturanstieg bei den meisten Metallen (z. B. Kupfer, Aluminium und Stahl) nicht mehr als wenige hundert Grad beträgt, selbst wenn noch eine zusätzliche Erwärmung durch Verformungsarbeit auftritt. Nur unter speziellen Bedingungen mit großer Reibungswärme können höhere Temperaturen auftreten [29], doch ist die hohe Temperatur dann auf eine dünne Oberflächenschicht begrenzt.

- [8] M. H. Rice, R. G. McQueen u. J. M. Walsh, Solid State Physics 6, 1 [1958].
- [9] L. Knopoff, in: R. S. Bradley (ed.), High Pressure Physics and Chemistry, Vol. 1. London — New York 1963, S. 227 ff.
- [10] Y. B. Zel'dovich u. Y. P. Raizer, Physics of Shock Waves and High-Temperature Hydrodynamic Phenomena, Vol. 1. New York — London 1967.
- [11] S. B. Kormer, A. I. Funtikov, V. D. Urlin u. A. N. Kolesnikova, Soviet Phys. JETP 15, 477 [1962].
- [12] B. M. Butcher u. C. H. Karnes, J. Appl. Phys. 40, 2967 [1969].
- [13] P. C. Lysne, J. Appl. Phys. 41, 351 [1970].
- [14] D. J. O'Keefe, J. Geophys. Res. 75, 1947 [1970].
- [15] K. Hornung, K. W. Michel, J. Chem. Phys. (im Druck).
- [16] Ph. de Beaumont u. J. Leygonie, Fifth Symp. on Detonation, Pasadena/Calif., 18—21 August 1970.

- [17] Siehe z. B.: J. J. Gilvarry, Phys. Rev. 102, 308 [1956]; 102, 317 [1956]; 102, 325 [1956].
- [18] E. A. Kraut u. G. C. Kennedy, Phys. Rev. 151, 668 [1966].
- [19] G. C. Kennedy u. N. S. Vaidya, J. Geophys. Res. 75, 1019 [1970].
- [20] S. B. Kormer, M. V. Sinitsyn, G. A. Kirilov u. V. D. Urlin, Soviet Phys. JETP 21, 689 [1965].
- [21] J. M. Walsb, M. H. Rice, R. G. McQueen u. F. L. Yarger, Phys. Rev. 108, 196 [1957].
- [22] L. M. Libby u. F. J. Thomas, J. Phys. Chem. Solids 30, 1237 [1969].
- [23] J. Wackerle, J. Appl. Phys. 33, 922 [1962].
- [24] M. H. Rice u. J. M. Walsb, J. Chem. Phys. 26, 824 [1957].
- [25] S. B. Kormer, K. B. Yushko u. G. K. Krisbkevich, Soviet Phys. JETP 27, 879 [1968].
- [26] R. W. Pohl, Mechanik, Akustik und Wärmelehre, Berlin — Göttingen — Heidelberg — New York: Springer-Verlag 1964; 16. Aufl., S. 285.
- [27] R. H. Cole, Underwater Explosions. New York: Dover Publications Inc., 1965; S. 262.
- [28] Wasag-Chemie, Gewerbliche Sprengstoffe und Sprengzubehör für den Anwendungsbereich Erz- und Salzbergbau, Steine und Erden, Seismik.
- [29] G. Weibrauch, Vortrag K 32, Frühjahrstagung der DPG, Fachauschuß Kurzzeitphysik, Ulm 1971.

Anschrift: Dr. W. Geiger, Dr. G. Honcia, A. Rühl und W. Wolf, Battelle-Institut e. V., 6 Frankfurt/M. 90, Am Römerhof 35.

Manuskripteingang 23. 12. 1971 [T 97]