

## Aus der Forschungsarbeit der Amateurastronomen und Volkssternwarten

### METEORSCHALL

Von ANDRÉ KNÖFEL, Potsdam

Mit 5 Abbildungen

#### Einleitung

Tritt ein Körper in die Erdatmosphäre ein, werden wir Zeugen einer Erscheinung, die als Meteor bezeichnet wird. Sehr häufig sind Meteore mit scheinbaren Helligkeiten von  $+5^m$  bis  $+6^m$ . Sind sie heller als  $-3^m$ , sprechen wir von Feuerkugeln oder Boliden, die aber sehr viel seltener auftreten (etwa ein Meteor von 750 erreicht  $-4^m$  [1]).

Neben der Leuchterscheinung entstehen beim Eintritt des Meteoroiden in dichtere Luftschichten auch Schallwellen (Abb. 1). Da die Schallwellen in größeren Höhen entstehen, und die zwischen dem Ursprungsort und dem Beobachter liegende Luftschicht

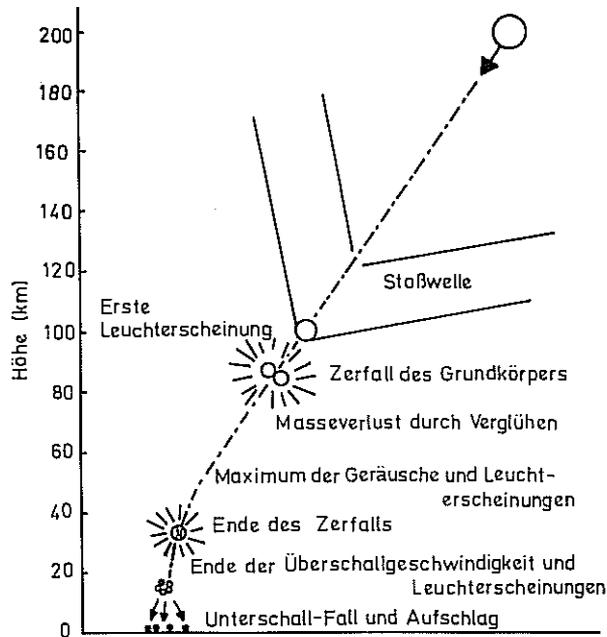


Abb. 1 Weg eines Meteoroiden in der Atmosphäre (nach [3] und [11])

nicht homogen ist, kann es zu ungewöhnlichen Schallwahrnehmungen kommen. Um jedoch überhaupt Schallwellen wahrnehmen zu können, sind Objekte von Feuerkugelhelligkeit erforderlich.

Dieser Beitrag wendet sich vor allem an die Beobachter, die sich nicht speziell mit Meteorbeobachtungen beschäftigen, weil Feuerkugeln sehr unverhofft auftreten und nicht immer von Meteorbeobachtern gesehen werden.

### Beobachtungsmethoden des Meteorschalls

Schallerscheinungen bei Meteoren sind relativ selten [2], da sie nur bei helleren Objekten auftreten. ReVelle gibt in [3] einen unteren Grenzwert mit  $-8^m$  an.

Die Registrierung von Meteorschall kann mit Hilfe spezieller Empfangsstationen realisiert werden. Dazu werden Mikrofone (sog. „microbarographs“, Abb. 2), die auf der Frequenz von 1 Hz (nach [4]) arbeiten ( $\lambda/2 \approx 150$  m), benutzt. Die Mikrofone sind auf einer bestimmten Fläche verteilt, so daß nach dem Laufzeitverfahren Richtung und Entfernung des Meteors ermittelt werden können [5] (Abb. 3). Dabei ist zu beachten, daß die Basis zwischen den Mikrofonen mindestens  $\lambda/2$  beträgt. Werden mehrere Stationen zu einem Beobachtungsnetz zusammengeschaltet, läßt sich unter Umständen sogar der eventuelle Aufschlagpunkt bestimmen, obwohl das Meteor nie optisch erfaßt wurde (z. B. bei Tagesmeteoren). Solche Beobachtungsnetze sind aus den USA und Kanada bekannt (Smithsonian Prairie Fireball Network, Meteorite Observation and Recovery Program, Canadian Prairie Camera Network). Die Stationsabstände sollten bei solchen Projekten bei 100 km liegen. Die Auswertung der Beobachtungen einer Feuerkugel vom 22. April 1975 (in [6]) zeigte die dabei auftretenden Schwierigkeiten. Dort lagen die Stationen von Boulder und Fraser nur 40 km auseinander, so daß zwar die Richtung des (theoretischen) Aufschlagpunktes mit einem Fehler von  $2^\circ$ – $3^\circ$  bestimmt werden konnte, die Entfernung allerdings einen Fehler von 50 km aufwies!

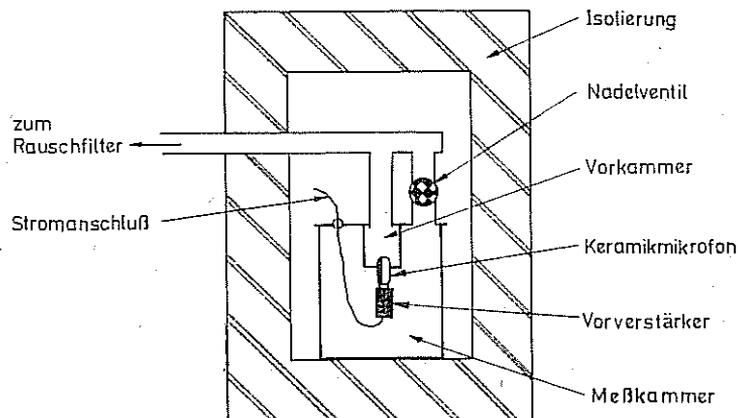


Abb. 2 Aufbau eines Mikrobarographen (nach [4])

Weiterhin können spezielle Barographen die Luftdruckschwankungen von wenigen Hundertstel hPa registrieren bzw. auch die normalen Stationsbarographen der Meteorologischen Stationen die Druckwellen aufzeichnen. Beispielsweise brachte die Feuerkugel EN 021081 vom 2. Oktober 1981 [7] an der Meteorologischen Station Angermünde (Nr. 09291) eine „Druckspitze“, die nicht von anderen natürlichen Schallquellen herrührte.

Eine etwas ungewöhnliche Schallregistrierung ist von der Bovedy-Sprucefield-Feuerkugel vom 25. April 1969 bekannt geworden [8]. Eine Hobby-Ornithologin aus Bangor (Nordirland) nahm mit einem Tonbandgerät Vogelstimmen auf. Dabei kam auch ein donnerartiges Geräusch auf das Band. Sie vermutete, daß dieses Geräusch von einem Gewitter herrührte. Nach Erkundigungen erfuhr sie jedoch, daß an diesem Tag in diesem Gebiet kein Gewitter auftrat. Auch die Vermutung, daß es sich um das Überschallgeräusch einer SNIAS/BAC „Concorde“ handelte (nahe Bangor verläuft ein Luftkorridor), erwies sich als falsch. Daraufhin wurde die Aufnahme interessierten Stellen zu Verfügung gestellt und konnte von Dr. P. M. Millman vom National Research Council in Ottawa (Canada) als Meteorschall der Bovedy-Sprucefield-Feuerkugel identifiziert werden [3].

Die Registrierung von Meteorschall ohne technische Hilfsmittel wird jedoch für den Amateur eher in Frage kommen, da die beschriebenen Geräte (außer dem Tonband) nicht verfügbar sind.

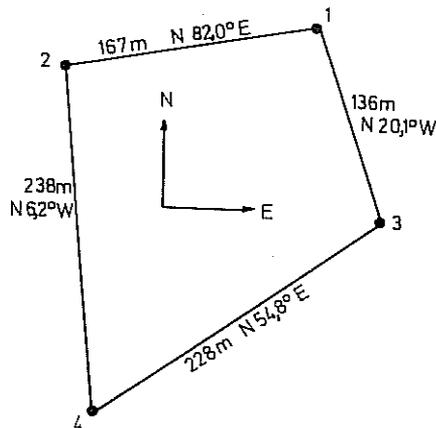


Abb. 3 Beispiel des Aufbaus einer Meteorschall-Empfangsstation mit vier Mikrobarographen (nach [4])

Bei der Beobachtung von Meteorschall ist zu beachten, daß die Gefahr besteht, daß er mit natürlichen oder technischen Schallquellen verwechselt werden kann. Genannt werden muß hier der Donner bei Gewittern, das Geräusch einer Lawine, Vulkanausbrüche, Erdbeben [9], die Geräusche beim Einsatz von Waffen (vor allem Kernwaffen [10]) und der Knall von Flugzeugen beim Passieren der Schallmauer. Bei Beobachtung von Meteorschall sollte deshalb grundsätzlich eingeschätzt werden, ob die auftretenden Geräusche mit der Meteorerscheinung in Verbindung gebracht werden können.

#### Klassifikation des Meteorschalls nach Annett

C. H. Annett stellte in [11] eine durch Auswertung von Schallwahrnehmungen bei Feuerkugelbeobachtungen erstellte Klassifikation des Meteorschalls vor (Tab. 1). Mit Hilfe dieser Klassifikation lassen sich bekannte Meteorfälle einordnen, wie z. B. das Tunguska-Ereignis, das nach Tab. 1 die Bezeichnung „IV C ab“ tragen würde. Das spektakulärste Meteor [7] in unserer Zeit auf dem Gebiet der DDR, EN 021081, wird als „I b“ klassifiziert.

Tabelle 1 System zur Klassifikation von Meteorschall [11]

Klasse, Bezeichnung	Beschreibung	Bemerkungen
Typ I „sonic boom“	scharfer Knall oder Explosion nach Meteorbeobachtung (wie Überschallknall), nachfolgend an tiefes Rumpeln erinnernder Donner, langsam verhallend. a: Beschreibung eines Beobachters b: Registrierung durch Mikrobarographen oder anderes Gerät	große Meteore können ein Klappern von Türen, Fenstern und Geschürren erzeugen. Der Schall kann einige Minuten nach der Erscheinung hörbar sein. Die Beziehung zur Meteorerscheinung muß deutlich sein und nicht von Flugzeugen oder Gewitter ausgehen.
Typ II „electroponic noise“ oder anormale Geräusche	Knallendes, raschelndes, pfeifendes oder zischendes Geräusch bei gleichzeitiger visueller Beobachtung der Feuerkugel	meist laut, manchmal kann der Schall gleichzeitig mit dem Wahrnehmen der Feuerkugel registriert werden und kann länger hörbar sein, als die Feuerkugel sichtbar ist.
Typ III „fracture noises“ oder unterbrochene Geräusche	Detonationen, „Geschützfeuer“, ohne nachfolgendes Rumpeln A: Beobachtung eines leuchtenden Fragments des Hauptkörpers, das sich während des Fluges löst B: Spaltung des Grundkörpers am Ende der Flugbahn, die leuchtenden Teile vergühen vollständig	Verzögerungen zu den begleitenden visuellen Erscheinungen. Typ III A kann während des Fluges und Typ III B am Ende der Meteorbahn bestimmt werden. Oft tritt hier das Phänomen der „Zone des Schweigens“ (silent zone) auf (beim Vergleich mehrerer Beobachtungen beachten)
Typ IV „impact noises“ oder End- oder Aufschlaggeräusche	A: summendes oder pfeifendes Geräusch (wie ein Bienenschwarm) B: dumpfe, dröhnende oder gedämpfte Explosionen begleiten die visuellen Effekte C: Heftige Luftstöße, intensive seismische Störungen a: Bericht eines Beobachters b: Registrierung durch Seismographen c: Registrierung durch Mikrobarographen	ein kleiner Teil nichtleuchtender Fragmente fällt zum Boden (in der Nähe des Beobachters) ein größerer Teil von Fragmenten als bei Typ IV A fällt zu Boden, keine Entstehung von Kratern  selten, bei großen Meteoriten mit hoher Endgeschwindigkeit, Veränderungen auf der Erdoberfläche (Krater, Zerstörungen der Vegetation)
<p>Beispiel: Ein Beobachter sieht ein helles Meteor mit drei hellen Blitzen entlang der Bahn und einen hellen Endblitz mit Spaltung des Meteors. Einige Sekunden später hört er einen lauten Knall, dann Stille. Minuten später hört er drei scharfe Explosionen und ein einige Sekunden andauerndes Rumpeln. Nach dem vorgestellten System würde diese Erscheinung die Bezeichnung „III AB“ tragen. Das Tunguska-Ereignis trägt die Bezeichnung „IV Cab“</p>		

Eine ungewöhnliche Schallwahrnehmung wird bei der Klassifikation von Annett beim Typ II beschrieben: der „electrophonic noise“. Ein gleichzeitiges Wahrnehmen von Schall und optischer Erscheinung erscheint auf dem ersten Blick unmöglich. Beim Eintritt des Meteoriten kommt es jedoch vor, daß sehr niederfrequente elektromagnetische Wellen (VLF-Wellen) erzeugt werden, die dann im Prinzip mit Lichtgeschwindigkeit weitergeleitet werden. Die entstehenden VLF-Wellen von 4 bis 8 kHz liegen frequenzmäßig im Bereich des menschlichen Gehörs. Es ist möglich, daß diese VLF-Wellen beim Auftreffen auf metallische oder dielektrische Objekte diese in Schwingungen versetzen und Schallwellen erzeugen. Daß diese Erscheinung des „electrophonic noise“ nicht auf einer Täuschung beruht, belegen mehrere Beobachtungen verschiedener Beobachter (zitiert in [11]).

#### Die Zone des Schweigens

Der anormale Schall bzw. die Zone des Schweigens wurde zur Wende zum 20. Jahrhundert bei großen Explosionen entdeckt. Der Schall war bis zu einer Entfernung von 30 bis 50 km hörbar, setzte zwischen 50 und 110 km aus (Zone des Schweigens) und war dann von 110 bis 190 km wieder hörbar. Die Erklärung für diese Erscheinung bietet eine erwärmte Schicht in 50 km Höhe (Stratopause), an der sich infolge der durch Erwärmung veränderten Luftdichteverhältnisse der Schall bricht.

Die Zone des Schweigens beim Meteorschall beruht auf demselben Prinzip, nur daß dafür eine erwärmte Schicht in nur wenigen hundert Metern Höhe verantwortlich gemacht werden kann (Abb. 4). Die dazu notwendigen Temperaturverläufe entstehen bei Hochdruckwetterlagen durch Ausstrahlung am Boden (Inversionen).

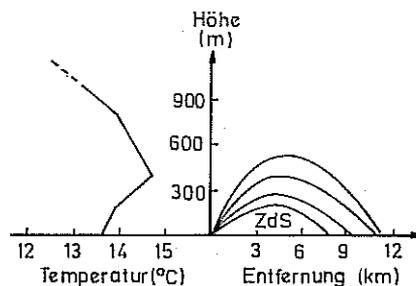


Abb. 4 Erklärung der „Zone des Schweigens“. Nähere Erläuterungen im Text (nach [11])

#### Widersprüchliche Schallwahrnehmungen

In der Literatur treten Beispiele auf, daß sich die Beobachter von Meteorschall einer Erscheinung zum Teil erheblich widersprachen. Berichtete Beobachter A von einem Rumpeln, mehreren Explosionen und einem lauten Knall, wollte Beobachter B erst Explosionen mit einem abschließenden lauten Knall und nachfolgenden Rumpeln gehört haben. Beobachter C hörte sogar erst einen Knall mit nachfolgenden Explosionen und nach einer längeren Pause ein Rumpeln. So widersprüchlich diese Angaben auch sind, haben die Beobachter ein und dieselbe Erscheinung in unserem Beispiel exakt beschrieben. Der Grund dafür ist im unterschiedlichen Abstand der Beobachter zur Meteorbahn und deren Lage zur Bahn zu suchen (Abb. 5). Aber auch die Temperaturverteilung in der Atmosphäre (Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Temperatur) hat einen nicht geringen Einfluß [12].

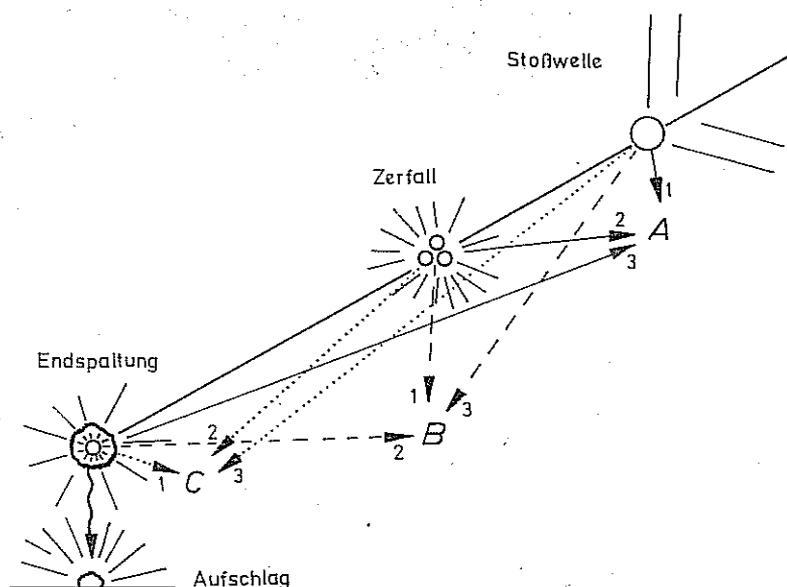


Abb. 5 Abhängigkeit des Eintreffens der Geräusche vom Standpunkt des Beobachters. Ziffern geben die Reihenfolge des Eintreffens der Geräusche an. Nähere Erläuterungen im Text (nach [11])

#### Hinweise zur Beobachtung

Der Zeitpunkt des Auftretens von Feuerkugeln sollte grundsätzlich mit Sekundengenauigkeit erfolgen. Eventuell auftretende Schallwahrnehmungen sollten ebenfalls so genau angegeben werden, da dadurch Berechnungen der Entfernung möglich sind. Dabei ist darauf zu achten, daß auftretende einzelne Explosionen gesondert bestimmt werden. Bei Geräuschen, die an Rumpeln oder Donnern erinnern, wird eine Anfangs- und Endzeit bestimmt. Außerdem sollte eine Klassifikation (siehe Tab. 1) erfolgen.

Beobachtungen von Feuerkugeln sind für jeden Beobachter immer ein Erlebnis. Doch sollte neben dem Aufzeichnen der Bahn, der Bestimmung von Helligkeit, Farbe, Geschwindigkeit, Nachleuchten usw. darauf geachtet werden, ob noch nachfolgend Geräusche auftreten. Man sollte daher nicht „überkonzentriert“ die Daten notieren und dabei die Umwelt vergessen. Denn erinnern wir uns: bei Typ I ist es möglich, daß eine Schallwahrnehmung erst nach Minuten eintritt! Vor allem in Beobachtungsgruppen sollte darauf geachtet werden, da dort Feuerkugeln (verständlicherweise) lautstark kommentiert und „gefeiert“ werden.

Beobachtungen von Feuerkugeln mit und ohne Schallwahrnehmung sollten möglichst umgehend an folgende Adresse gesandt werden:

Arbeitskreis Meteore  
Neuer Garten 6, DDR-1500 Potsdam

#### Literatur

- [1] ROGGMANS, P.; BETLEM, H.: Handboek Visuele Meteorwaarnemingen. Federation of European Meteor Astronomers 1980.
- [2] RE VELLE, D. O.; WETHERILL, G. W.: Terrestrial Microbarograph „Airwave“ Recordings: the Global Influx Rate of Large Meteoroids. Carnegie Institution Department of Terrestrial Magnetism.

- [3] RE VELLE, D. O.: Studies of sounds from meteors. *Sky Telesc.* **49** (1975) 87—91.
- [4] RE VELLE, D. O.: On meteor-generated infrasound. *J. Geophys. Res.* **81** (1976) 1217—1230.
- [5] MCINTOSH, B. A.; WATSON, M. D.; RE VELLE, D. O.: Infrasound from a radar-observed meteor. *Can. J. Phys.* **54** (1976) 655—662.
- [6] BEDARD, A. J., Jr.; G. E. GREENE: Case study using arrays of infrasonic microphones to detect and locate meteors and meteorites. *J. Acoust. Soc. Amer.* **69** (1981) 1277—1279.
- [7] RENDTEL, J.: EN 021081: eine Feuerkugel über der DDR. *Astron. Raumf.* **20** (1982) 150.
- [8] ÖPIK, E.: The sonic boom of the Boveedy Meteorite. *Irish Astron. J.* **9** (1970) 308—310.
- [9] RE VELLE, D. O.; DELINGER, W. G.: Passive acoustic remote sensing of infrasound of natural origin. In: *International Symposium on Acoustic Remote Sensing of the Atmosphere and Oceans*, June 22—25, 1981. Calgary, Alberta: The University of Calgary.
- [10] RE VELLE, D. O.; WETHERILL, G. W.: Atmospheric wave from large meteors. In: *Meeting of the Acoustical Society of America*. Los Angeles 1980.
- [11] ANNETT, C. H.: Classification and Elucidation of Meteor Acoustics. *Irish Astron. J.* **14** (1980) 199—211.
- [12] GROVES, G. V.: Velocity of a body falling through the atmosphere and the propagation of its shock wave to earth. *J. Atmospher. Terr. Phys.* **10** (1957) 73—83.
- [13] RENDTEL, J.: Anormale Schallausbreitung bei Feuerkugeln. *Astron. Raumfahrt* **22** (1984) 89.

Anschr. d. Verf.: ANDRÉ KNÖTEL, DDR-1500 Potsdam, Anton-Fischer-Ring 96