Blitz und Donner : Gewitter - physikalisch betrachtet

Autor(en): **Nussbaum, Hanns**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **8 (1953)**

Heft 4

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-653873

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Blitz und Donner

Gewitter — physikalisch betrachtet

Von Ing. Hanns Nußbaum

DK 551.594.22

Mit dem Beginn der warmen Jahreszeit wird der Luftraum über uns zum Spielplatz mächtiger elektrischer Entladungen. Gewitter ziehen herauf und brennen im wolkenverhangenen Dunkel unserer Wohnstätten ein prächtig-schauerliches Feuerwerk ab. Flammende Blitze fachen den Himmel zu gespenstisch fahler Glut an, und das zornige Rollen des Donners klingt wie das Grollen eines strafenden Gottes. Kein Wunder, wenn die Menschen einer früheren Epoche den grell herniederzuckenden Blitz entsetzlich fürchteten und einen Gott erfanden, der ihn zürnend gegen Gute und Böse schleuderte.

Der Blitz ist als Brandstifter, blindwütiger Zerstörer und Mörder unschuldiger Menschen verschrien. Bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts wurde der Blitz, nach einer Erklärung des griechischen Philosophen *Aristoteles*, für eine Entzündung brennbarer Dünste gehalten. Der Knall der Explosion sollte sich als Donner ausbreiten. Heute wissen wir: Der Blitz ist ein elektrischer Funke.

Zum erstenmal sprach diesen Satz im Jahre 1700 der Engländer *Wall* aus. Es gelang ihm nämlich, ein großes Stück Bernstein so stark elektrisch zu machen, daß ein starker, bläulicher, laut knisternder Funke auf einen seiner Finger übersprang. Wall schloß kühn: Elektrischer Funke ist Blitz — Geräusch ist Donner.

Dieser Behauptung schloß sich 1746 der Leipziger Professor *Winckler* an. Er schrieb: „Der Blitz ist vom elektrischen Funken nicht dem Wesen nach, sondern dem Grade nach verschieden." Der bekannte amerikanische Naturforscher *Benjamin Franklin* schaltete sich erst 1750 in die Debatte um die Natur des Blitzes ein, spielte aber gleichzeitig auf die Möglichkeit eines Blitzschutzes an. In einem Brief an *Collinson* führte er aus: „Wenn die Gewitter wirklich elektrisch sind, könnten dann nicht die Häuser, Kirchen, Schiffe usw. durch Aufrichtung hoher, zugespitzter Eisenstangen vor dem Blitzschlage geschützt werden? Vom Fuße einer solchen Eisenstange müßte ein Metalldraht an der Außenseite des Hauses herab in die Erde oder an der Seite des Schiffes herab ins Wasser gehen." Vorerst wurde aber immer noch vermutet, daß der Blitz ein elektrischer Funke sei.

Den experimentellen Nachweis für die Richtigkeit dieser Vermutungen erbrachte im Jahre 1752, also fast vor genau 200 Jahren, der Franzose *D'Alibard*. Er stellte in Marly la Ville, einer Ortschaft nahe bei Paris, eine 40 Fuß hohe Eisenstange auf, die durch ein Holzgerüst gegen die Erde isoliert war. Als am 10. Mai eine Gewitterwolke über die Stange, die als „elektrische Stange" bezeichnet wurde, hinwegzog, wurde sie so stark elektrisch, daß man zentimeterlange Funken aus ihr ziehen konnte. Einen ähnlichen Versuch machte acht Tage später *Delor* in Paris mit einer 99 Fuß hohen „elektrischen Stange". Im Juni des gleichen Jahres führte *Franklin* seinen berühmten Drachenversuch durch.

Mit diesen Experimenten war der Beweis erbracht, daß der Blitz ein elektrischer Funke ist. Die Versuche *D'Alibards*, *Delors* und *Franklins* wurden nun häufig wiederholt, doch liefen sie nicht immer so glimpflich ab, wie eben berichtet wurde. Der Petersburger *Richman* wurde 1753 bei solchen Versuchen mit einer „elektrischen Stange" getötet, als eine Wolke über sein Haus hinwegzog.

In diesem Zusammenhang sind auch manche Sätze der Heiligen Schrift interessant, die sich in den Büchern *Mose* finden.

2. Mose 40: „34. Da bedeckte die Wolke die Hütte des Stifts und die Herrlichkeit des Herrn füllete die Wohnung." — „35. Und Mose konnte nicht in die Hütte des Stifts gehen, weil die Wolke darauf blieb und die Herrlichkeit des Herrn die Wohnung füllete." — „37. Wenn sich aber die Wolke nicht aufhob, so zogen sie nicht, bis an den Tag, da sie sich aufhob."

Moses kannte also ganz genau die Wirkung einer Gewitterwolke auf die Bundeslade, wenn

er auch die wahren Vorgänge, die sie so gefährlich machten, nicht erkennen konnte. Er wußte nur, daß es lebensgefährlich war, sich der Bundeslade zu nähern, wenn eine Wolke über sie hinwegzog. Es ist hier nicht der Platz, auf die elektrischen Erscheinungen um die Bundeslade näher einzugehen, doch die Vernichtung der Rotte Korah und der Tod der Söhne Aarons, Nadab und Abihu erfolgte ebenfalls durch die Bundeslade. Es heißt: 3. Mose 10: „Und die Söhne Aarons, Nadab und Abihu nahmen ein jeglicher seinen Napf und taten Feuer darein und legten Feuerwerk darauf und brachten das fremde Feuer vor den Herrn, das er ihnen nicht geboten hatte." — „2. Da fuhr ein Feuer aus von dem Herrn und verzehrte sie, daß sie starben vor dem Herrn."

Man unterscheidet Linien-, Flächen-, Perlenschnur- und Kugelblitze. In der Regel tritt bei Gewittern der zickzackförmige Linienblitz auf. Er geht von Wolke zu Wolke oder von einer Wolke zur Erde, in welchem Falle von einem „Blitzschlag" gesprochen wird. Der Blitzschlag ist kein hochfrequenter Vorgang, sondern eine unipolare Stoßentladung, ein ganz kurzer Gleichstromstoß. Die elektrischen Entladungen beim Linienblitz erfolgen in einem engen Strompfad, der ruckweise erschlossen wird. Jede Teilstrecke hat eine Länge von 10 bis 300 m. So oft das vorausschießende Kopfbüschel eine solche zurückgelegt hat, macht es eine Pause (zirka 50 Millionstel Sekunden), um auf Nachschub weiterer Elektrizitätsmengen zu warten. Dann erst fühlt der Blitzkopf weiter vor, wobei oft Entladungszweige ausgebildet werden, die in freier Luft endigen. Blitze, die vor dem Erreichen des Erdbodens erlöschen, sind lichtschwach und nur manchmal wahrnehmbar (Wetterleuchten). Es folgt ihnen kein Donner.

Die erste Entladung, die sogenannte „Vorentladung", kommt in einer Wolke oder auf dem Erdboden ans Ziel, ohne Schaden anzurichten. Sie schafft einen elektrisch gut leitenden Korridor, ein „Leitband" (Durchmesser 0,5 bis 1 m), für die nachfolgende Hauptentladung und Teilentladungen. Die Hauptentladung (Pfeil) setzt mit einer Stromstärke von 10.000 bis 200.000 Ampere ein und bildet den eigentlichen Blitz. Gewöhnlich geht die Vorentladung von der Wolke zur Erde und die erste Hauptentladung von der Erde zur Wolke (Gegenentladung, Rückentladung). Alle Teilentladungen folgen rasch hintereinander. Manchmal sind es vier bis fünf, doch hat man auch schon 40 gezählt. Der Höchststrom einer Hauptentladung nimmt normalerweise in der Zeit von ungefähr 0,00005 Sekunden auf die Hälfte ab (kalter Blitz). Bricht der Stromfluß jedoch nur schleppend zusammen, so daß eine höhere Stromstärke längere Zeit bestehen bleibt, so sagt man, der Blitz hat einen „Stromschwanz" (heißer Blitz). Heiße Blitze sind sehr zündfreudig.

An überragenden Stellen des Erdbodens entstehen bei der Annäherung des Blitzkopfes häufig Entladungen, die vom Erdboden aus nach oben wachsen. Bei weiter Weglänge schießen diese „Gegenentladungen" (Rückentladungen) genau so ruckweise vor, wie die von einer Wolke kommenden, zur Erde gehenden Entladungen. Es ist auch möglich, daß die nach oben schlagenden Gegenentladungen den Hauptteil eines Blitzes ausmachen.

Auf dem flachen Land stellen die von Kirchtürmen, Hochspannungsmasten und sonstigen erhöhten Punkten ausgehenden Entladungen ab und zu eine Verbindung mit einem nach unten gehenden Blitzkopf her. Da Gegenentladung und Blitzkopf gewöhnlich nicht in einer Geraden liegen, schlägt der Blitz einen Haken; die Blitzbahn zeigt einen scharfen Winkel (Fangentladung).

Das Kopfbüschel der Vorentladung bewegt sich, wie schon geschildert wurde, ungleichförmig. Obwohl die einzelnen Teilstrecken mit einer Geschwindigkeit von 10.000 km/sec zurückgelegt werden, beträgt die mittlere Geschwindigkeit nur ungefähr 150 km/sec.

Haupt- und Gegenentladung verlaufen mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Es wurden gemessen:

Geschwindigkeit einer Teilentladung Wolke—Erde	2.000 km/sec
Geschwindigkeit einer Gegenentladung	20.000 km/sec

Mit einer Spannung von 10 bis 1000 Millionen Volt überbrückt der feurige Strahl oft eine Strecke von mehreren Kilometern. In Abessinien hat *D'Abbadie* auf trigonometrischem Wege Bahnlängen bis zu 6762 m beobachtet. Die größte, von *Frank* gemessene, waagrechte Blitzbahn hat eine Länge von 40 km.

Wo der Blitz einschlägt, setzt er seine elektrische Energie zum größten Teil in Wärmeenergie um. Neben den thermischen Wirkungen (Wärmewirkungen) zeitigt der Blitz dieselben Folgeerscheinungen wie jeder andere Stromfluß, also elektrodynamische (Kraftwirkungen) und elektrochemische (galvanische).

Beträchtliche Wärmewirkungen treten an Stellen hohen Widerstandes auf. Nach dem

Gesetz von Joule errechnet sich die Wärmeentwicklung in der Blitzbahn zu

$$Q = 0{,}24\ I^2\ R\ t\ [\text{k/cal}] \ldots\ldots\ldots (1)$$

oder bei zeitlich veränderlichem Stromfluß zu

$$Q = 0{,}24\ i^2\ R\ dt\ [\text{k/cal}] \ldots\ldots\ldots (2)$$

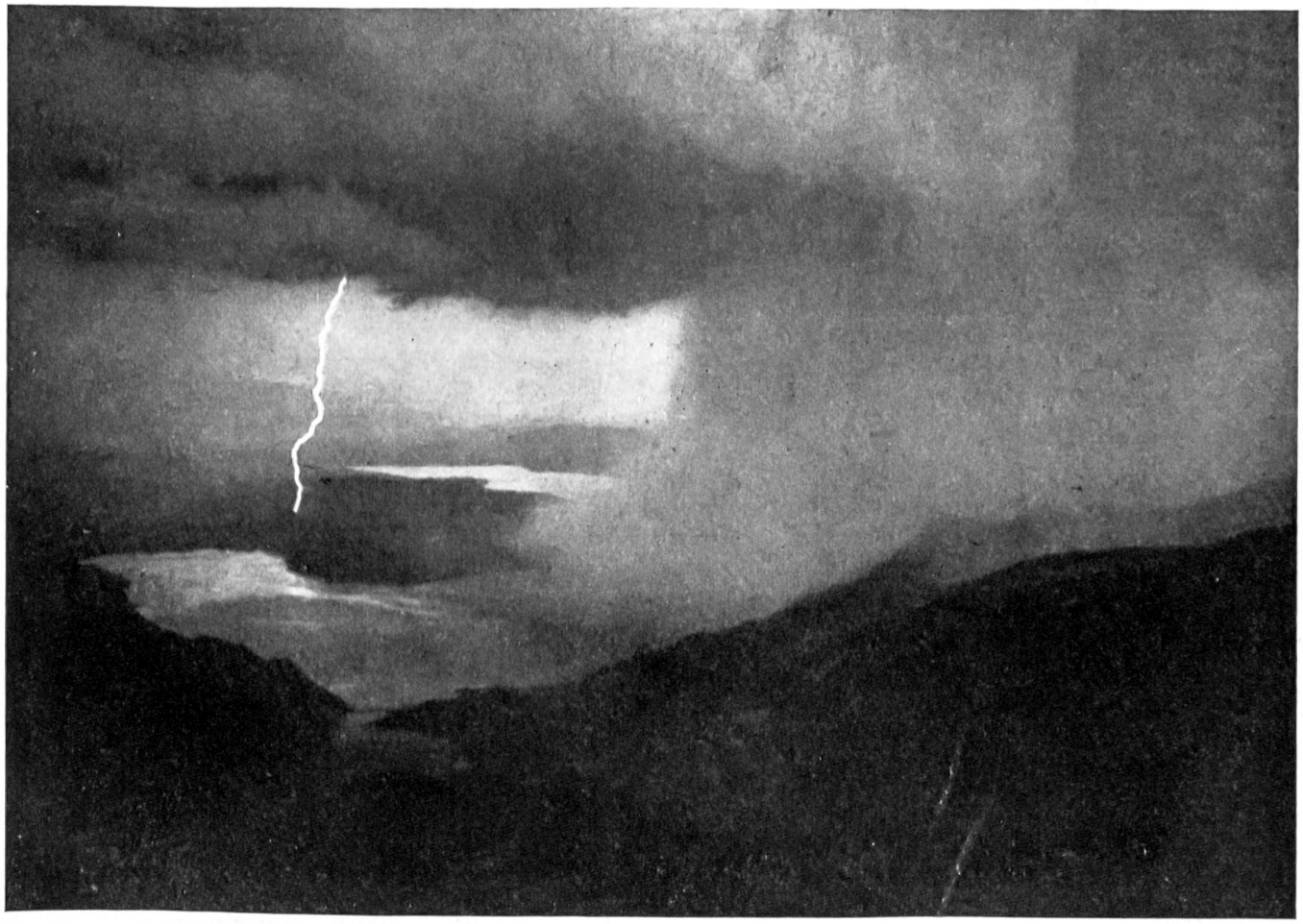
(Q = Wärmemenge in Kilokalorien, I und i = Stromstärke in Ampere, R = Widerstand in Ohm, t = Zeit in Sekunden.)

Die in der Blitzbahn freigemachte Wärme entflammt brennbare Stoffe und schmilzt oder verdampft unbrennbare. Gesteine werden oberflächlich verglast und abgesprengte Teile zu kleinen Perlen zerschmolzen. Blitze, die in losen Sand einschlagen, erzeugen sogenannte Blitzröhren. Diese verlaufen senkrecht nach unten und bestehen aus einer Schicht verglasten Sandes von oft mehr als ½ m Länge und 8 bis 20 mm Durchmesser.

Der Blitz geht scheinbar seltsame Wege. In Wirklichkeit jedoch folgt er einem ehernen Naturgesetz, das für ihn und seinesgleichen vorgeschrieben ist: Er verfolgt den Weg des geringsten elektrischen Widerstandes. Mit absoluter Sicherheit findet er diesen, und die Bocksprünge, die er dabei manchmal aufführen muß, zeigen an, daß ein Umweg von Vorteil sein kann.

Die von einem Blitz erzeugte Wärme wird zuweilen direkt in Kraft umgesetzt. Bäume werden gespalten, alte Baumstrünke zerfetzt, Mauern zersplittert. Die Strombahn des Blitzes durch die genannten Gegenstände wird durch die eigenen magnetischen Feldlinien zu einem dünnen Kanal verengt. Alle Feuchtigkeit in dem engen Schlauch wird plötzlich auf eine Temperatur von mehreren tausend Graden gebracht. Hochgespannte Dämpfe entstehen und erzeugen auf kleinem Raum einen Überdruck von vielen Atmosphären. Einen Ausweg aus der Enge ihres Gefängnisses suchend, zersprengen sie mit Macht alle Hindernisse zur Freiheit.

Gegenüber den Wärmewirkungen des Blitzschlages und den damit verbundenen indirekten Kraftwirkungen treten die direkten Kraftwirkungen in der Regel sehr zurück. Größere Kraftwirkungen treten nur dort auf, wo zwei oder mehrere Blitzbahnen so nahe nebeneinander verlaufen, daß sich ihre magnetischen Feldlinien schneiden. Nach dem Ampereschen



Eine besonders gelungene Aufnahme einer Gewitterfront mit Blitzschlag (Vierwaldstätter See/Bürgenstock)
(Photo Pfeifer, Luzern)

Gesetz beträgt die Kraft, die zwei stromdurchflossene Leiter aufeinander ausüben:

$$P = \mu_0 \frac{I_1 I_2 l_1 l_2}{2 \pi r} [\mathrm{N}] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

(P = Kraft in Newton, μ_0 = Permeabilität des leeren Raumes = $1{,}25602 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\mathrm{V/sec}}{\mathrm{A/m}}\right]$ I_1 = Stromstärke des ersten Leiters in Ampere, I_2 = Stromstärke des zweiten Leiters in Ampere, l_1 = Länge des ersten Stromleiters in Metern, l_2 = Länge des zweiten Stromkreises in Metern, r = Entfernung der Stromleiter in Metern.)

Die elektrochemischen Wirkungen des Blitzschlages sind wegen der kurzen Dauer des Stromflusses vernachlässigbar. Der Luftsauerstoff (O_2) wird in Ozon umgewandelt (O_3); weiterhin entsteht aus Stickstoff Stickstoffoxyd (NO), das durch weitere Oxydation sofort in Stickstoffdioxyd (NO_2) übergeht. Durch den Regen gelangt es in den Erdboden, wo es durch Aufnahme von Wasser zu Salpeter- und salpetriger Säure umgeformt wird, deren Salze für die Pflanzen wichtig sind.

Manche Landschaften sind besonders blitzgefährdet. Hochgelegene Plateaulandschaften stehen dabei an der Spitze. Der Schaden, den die Landwirtschaft allein jährlich durch Blitzschläge erleidet, beträgt viele Millionen Franken, nur in Mitteleuropa. Ein unnötiger Verlust an Volksvermögen, wenn man bedenkt, daß der Blitzableiter bereits seinen 200. Geburtstag gefeiert hat.

Bezogen auf den ganzen Erdball flammen jahraus und jahrein in jeder Sekunde durchschnittlich mehr als 100 Blitze auf. 16 Millionen Gewitter verdunkeln jedes Jahr die verschiedensten Gebiete der Erde und verschwenden wahllos ihre elektrische Energie, weshalb oft die Frage aufgeworfen wird, warum man den Blitz nicht einfängt und ihm seine gewaltige Energie ablistet, da er ja doch mit imponierenden technischen Daten aufwartet. Der stärkste, bisher registrierte Blitz weist eine Stromstärke von 345.000 A auf (Universität Pittsburg).

Ein Durchschnittsblitz gibt zu Protokoll:

Spannung:	1.000,000.000 V
Stromstärke:	20.000 A
Zeit:	0,001 sec

Die Leistung N dieses Blitzes beträgt, nach der bekannten Formel

$$N = U\,I\,[\mathrm{W}] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$1.000{,}000.000 \times 20.000 = 20{,}000.000{,}000.000$ [W] $= 20.000{,}000.000$ [kW] $= 20{,}000.000$ [MW].

(W = Watt, kW = Kilowatt, MW = Megawatt; 1 MW = 1000 kW = 1,000.000 W.)

Nun bezahlen wir aber dem E-Werk nicht die gelieferte elektrische Leistung, sondern die uns zur Verfügung gestellte elektrische Arbeit. Diese ist aber nicht, wie die Leistung, das Produkt aus Spannung und Stromstärke (Formel 4), sondern das Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit.

$$A = U\,I\,t\,[\mathrm{W/sec}] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

(A in Wattsekunden, U in Volt, I in Ampere, t in Sekunden.)

Unser Blitz leistet daher eine Arbeit von $1.000{,}000.000 \times 20.000 \times 0{,}001 = 20.000{,}000.000$ Wattsekunden.

Dem E-Werk ist die Arbeitseinheit 1 Wattsekunde viel zu klein; es benutzt die größere, 1 Kilowattstunde (kWh).

$$1\ \mathrm{kWh} = 3{,}600.000\ [\mathrm{W/sec}] \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Die Zahl 20.000,000.000 muß also durch 3,600.000 dividiert werden, um die vom Blitz geleistete Arbeit in Kilowattstunden zu erhalten. Als Resultat erscheint die nicht sonderlich imponierende Zahl 5555. Bei einem Strompreis von S 0,50 für eine Kilowattstunde müßten wir für den Blitz dennoch S 2777.80.— bezahlen.

Die Blitzenergie läßt sich wirtschaftlich nicht verwerten. Im Jahre 1927 versuchte man, die atmosphärische Elektrizität zur Erzeugung von Hochspannung auszunutzen. Die Versuchsanlage wurde auf dem 1700 m hohen Monte Generoso bei Lugano, für kernphysikalische Untersuchungen, errichtet. Sie lieferte Spannungen von 4 bis 16 Millionen Volt, wobei an der Spitzenfunkenstrecke Schlagweiten von über 18 m erzielt wurden. Während eines Gewitters erfolgten die Entladungen in regelmäßigen Abständen von etwa einer Sekunde. Die Anlage verhielt sich sehr launisch und wurde 1931 wieder aufgelassen, da inzwischen andere Methoden zur Erzeugung hoher Spannungen bekannt wurden. Zur Messung der Höchststromstärke (Scheitelstromstärke) des Blitzes verwendet man genormte Stahlstäbchen, die durch den Blitzstrom magnetisch werden. Der Abstand Blitzableiterseil—Stäbchen beträgt 200 mm. Die während eines Stromflusses durch das Seil entstehenden magnetischen Feldlinien bilden konzentrische Kreise um das Seil, deren Richtungssinn durch die Korkzieherregel von Maxwell gekennzeichnet ist. Die Stäbchenachse ist an einem der gedachten Kreise die Tangente. Die vom Stromfluß durch das Seil, das als

geradliniger Leiter angesehen werden kann, erzeugte magnetische Feldstärke beträgt:

$$H = 1{,}26 \frac{I}{2 \pi r} \text{ [Oersted]} \ldots\ldots\ (7)$$

(H in Oersted, I in Ampere, r in Zentimetern.)

Die Stäbchen zeigen nicht nur die Höchststromstärke eines Blitzschlages an, sondern auch die Richtung des Stromflusses durch das Seil. Es zeigte sich, daß bei sehr hohen Gebäuden oder im Gebirge die aufwärts schlagenden Entladungen vorherrschend sind. — In Österreich stehen 600, in Schweden 10.000 und in Deutschland 100.000 Meßstäbchen in Verwendung.

Seltene Blitzarten sind der Kugel- und der Perlenschnurblitz. Der Kugelblitz wird als Feuerkugel beschrieben, die langsam vom Himmel herunterschwebt, dann einen Abhang oder ein Dach hinuntergleitet und schließlich unter ohrenbetäubendem Krachen explodiert. Es fehlt und fehlte nicht an Versuchen, die Natur des Kugelblitzes zu entschleiern, doch handelte es sich bei allen Deutungsversuchen durchweg um Vermutungen. Es wird z. B. angenommen, daß die beiden Blitzarten an einem Entladungskanal längerer Dauer entstehen, in dem eine kleine Stromstärke längere Zeit fließt. Diese Annahme deckt sich mit der Entdeckung von Blitzentladungen langsamer Art („verzögerte Entladungen"). An Stellen hoher Stromdichte bilden sich Leuchtmassen aus, die entlang der Entladungsbahn wandern. Da der Entladungsweg wenig oder gar nicht leuchtet, bietet sich dem Beschauer nur die leuchtende, schwebende Masse — der Kugelblitz — dar. Ähnlich soll es sich beim Perlenschnurblitz verhalten, der an einigen Stellen der kontinuierlichen Entladungsbahn stark leuchtende Massen ausbildet. Flächenblitze sind Reflexerscheinungen an Wolken.

Auf den Blitz folgt der Donner. Er ist der Knall explodierender Luft. Schon 1830 hat *Rivière* nicht nur die Entladungseigenschaften des Blitzes richtig erkannt, sondern auch den Donner charakterisiert. Er schrieb: „Man sollte den Blitz nicht als einzelnen elektrischen Funken ansehen, sondern als eine Reihe von Funken, in welcher der erste die folgenden verursacht und jeder Funke ein Geräusch veranlaßt. Die Aufeinanderfolge dieser Geräusche bildet den gewöhnlichen Donner."

Die Luft in der Strombahn des Blitzes wird in Bruchteilen von Sekunden auf 10.000 bis 20.000° C erhitzt. Sie dehnt sich plötzlich aus und drängt die angrenzenden Luftschichten explosionsartig auseinander. Die entstehenden Druckwellen werden als Schall wahrgenommen. In der Nähe der Einschlagstelle des Blitzes ist ein scharfer, peitschenartiger Knall zu hören, in größerer Entfernung davon ein „Rollen" oder dumpfes Grollen. Das Rollen des Donners entsteht dadurch, daß die von den einzelnen Punkten der Blitzbahn startenden Schallwellen das Ohr des Beobachters hintereinander erreichen. Der durch den Blitz entstehende, weißglühende Luftschlauch bricht zwar rasch zusammen, doch treffen die Schallwellen, die sich ungefähr mit einer Geschwindigkeit von 340 m/sec (bei 15° C) ausbreiten, um so später ein, je weiter ihr Ausgangspunkt vom Beobachter entfernt ist. Der Widerhall des Donners an den Wolken, Bergen, Dächern usw. ist als dumpfes Grollen zu vernehmen. Obwohl das Krachen des einschlagenden Blitzes eine gewaltige Lufterschütterung auslöst, ist es höchstens in einem Umkreis von 15 bis 20 km hörbar. Durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft werden die Schallwellen stark absorbiert; sie breiten sich nicht nach rein geometrischen Gesetzen aus. Zwischen aufzuckendem Blitz und folgendem Donner vergeht eine gewisse Zeit, die, je nach dem Stand des Beobachters, bis zu 72 Sekunden betragen kann. Aus dieser Zeit t (in Sekunden) und der Schallgeschwindigkeit (340 m/sec) kann die Entfernung — Einschlagstelle des Blitzes—Beobachter — $= E$ berechnet werden. E ist das Produkt aus Schallgeschwindigkeit und Zeit.

$$E = 340\, t \text{ [m]} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (8)$$

Setzt man 340 m $\doteq$ 1/3 [km], so gewinnt man die einfache Formel:

$$E = \frac{t}{3} \text{ [km]} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (9)$$

Das Donnerrollen ist gelegentlich mehr als 50 Sekunden lang zu hören (nicht eingerechnet das Echo, das es an verschiedenen Objekten auslöst). Aus der Dauer des „Rollens" kann man auf die Länge (L) der Blitzbahn schließen. Die Blitzbahn (L) bildet die eine Seite (Kathete) eines ungefähr rechtwinkeligen Dreieckes. Sie ist in ihrer ganzen Länge gleichzeitig der Ausgangspunkt von Schallwellen, von denen die vom Erdboden (Einschlagstelle) kommenden zuerst das Ohr des Beobachters erreichen, die von oben laufenden aber später eintreffen, da sie einen längeren Weg zurückzulegen haben.

Stellt nun die Blitzbahn L eine Kathete des rechtwinkeligen Dreieckes vor, so bildet der Weg E der Schallwellen, von der Einschlagstelle des Blitzes auf dem Erdboden bis zum Beobachter die zweite, während die Hypo-

thenuse H durch den Weg der letzten, von oben eintreffenden Schallwelle dargestellt wird.

Vom Aufzucken des Blitzes an, bis zum Eintreffen der ersten Schallwellen, verstreichen t, bis zum Erlöschen des „Rollens" t_1 Sekunden. Der Weg der zuerst einlangenden Schallwelle (= Länge der Kathete E) beträgt, nach Formel 9, $E = \frac{t}{3}$ [km]; die Länge H der Hypothenuse dagegen (Weg der zuletzt hörbaren Schallwelle) $H = \frac{t_1}{3}$ [km].

Nach dem „Pythagoras" ist daher die Länge der Blitzbahn durch die Gleichung

$$L^2 = H^2 - E^2 \text{ oder } L = \sqrt{H^2 - E^2}$$

festgelegt.

Da aber $H = \frac{t_1}{3}$ [km] und $E = \frac{t}{3}$ [km] ist, gilt auch:

$$L = \frac{t_1^2}{9} - \frac{t^2}{9} = \frac{1}{3}\sqrt{t_1^2 - t^2} \text{ [km]} \ldots (10)$$

Diese Formel liefert nur ungefähre Resultate. Zur exakten Messung der Blitzbahn sind andere Methoden gebräuchlich.

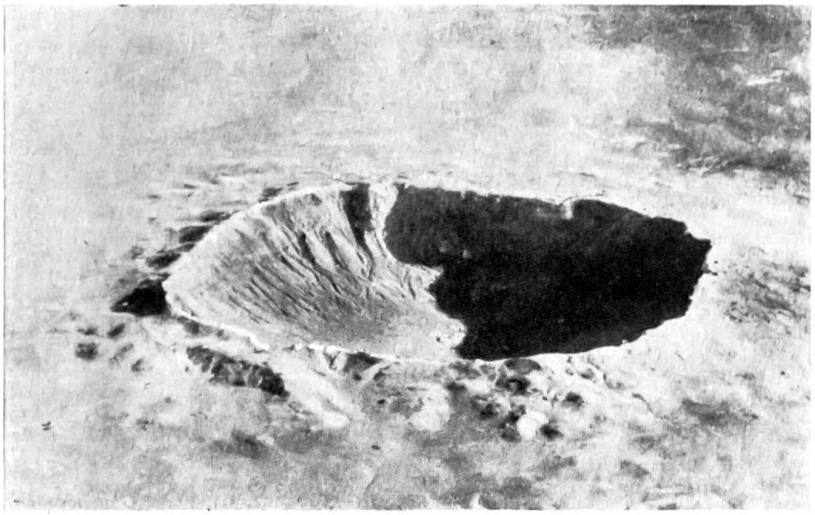
Außenseiter unter den Sternen

Meteore und ihre Herkunft

Von Gerhard Schindler

DK 523.5+551.311.5

Am 30. Juni 1908 verzeichneten die Luftdruckschreiber in London plötzliche Anstiege und gleich darauf wieder Barometerfall, wie es mitunter bei heftigen Gewittern vorkommt. Die Wetterlage paßte allerdings nicht zu solchen Erscheinungen, so daß man zunächst vor einem Rätsel stand. Nicht viel anders erging es verschiedenen Erdbebenwarten. In Jena, in Tiflis und in Taschkent hatten die Seismographen Ausschläge am gleichen Tage ergeben. Vergebens wartete man aber auf Katastrophenmeldungen. Jahre vergingen, die seltsamen Aufzeichnungen der verschiedenen empfindlichen Apparate waren allmählich vergessen worden. Da, im Jahre 1927, machte eine russische wissenschaftliche Expedition eine furchtbare Entdeckung. Im Gebiet der Taiga, an der Steinigen Tungusta, erwies sich ein Gebiet von etwa 3000 km² ganz schrecklich verwüstet. Ungeheuer viel Wald war regelrecht umgeknickt, und zwar nach allen Seiten hin, als sei die Vernichtung von einem einzigen Zentrum ausgegangen. Man hat später tatsächlich ein Kerngebiet der Zerstörung feststellen können, und noch 120 km von diesem entfernt zeigten sich verheerende Spuren einer unheimlichen Verwüstung. Das Ereignis mußte schon weiter zurückliegen. Nun erinnerte man sich der Aussagen mancher Reisender der Transsibirischen Eisenbahn, die seinerzeit, vor 19 Jahren schon, in einer hellen Mittsommernacht eine überaus schöne Lichterscheinung wahrnahmen; damals, als ihr Zug auf einem kleinen Bahnhof gehalten hatte. Ja, und einige Zeit darauf hatten sie sogar auch einen dumpfen Knall gehört ... Die Untersuchungen bestätigten schließlich Zusammenhänge zwischen jener geheimnisvollen Lichtfontäne und der Luftdruckwelle, die um die halbe Erde gejagt war und dem alten Globus ein leichtes Schaudern über die runzlige Oberfläche laufen ließ.



Der berühmte, große Meteorkrater in Arizona