

■ Kugelblitz ohne Plasma?

Seit dem Altertum gibt es Berichte über rätselhafte Kugelblitze. In einfachen elektrischen Experimenten mit Silizium-Wafern ist es nun gelungen, sehr ähnliche Phänomene zu erzeugen.

Blitze gehören zu den energiereichsten Prozessen in der Atmosphäre und können enormen Schaden anrichten. Gleichzeitig sind sie allgegenwärtig und extrem häufig: Weltweit treffen pro Sekunde im Mittel rund 45 Blitze auf die Erdoberfläche. Wie sich die Spannung in der Wolke aufbaut und wie der Blitz ausgelöst wird, gehört zu den vielen noch ungeklärten Fragen. Im Gegensatz zu diesen gewöhnlichen Blitzen haben die meisten Menschen noch nie einen Kugelblitz gesehen, und abgesehen von mitunter auftretenden kleinen Brandlöchern hinterlassen diese auch keine Schäden. Dennoch sind Kugelblitze sicherlich das bekannteste Rätsel unter den elektrischen Phänomenen in der Atmosphäre, und kein Publikum eines öffentlichen Vortrages wird von dannen ziehen, ohne danach gefragt zu haben. Das ist eigenartig, denn dieses Phänomen ist so selten, dass es beinahe der Sphäre der UFOs zuzuordnen ist. Die Phantasie des Publikums wird wohl angeregt durch die Tatsache, dass der Kugelblitz in der unmittelbaren Umgebung von Menschen auftritt und sich noch immer der wissenschaftlichen Erforschung und Reproduktion zu entziehen scheint.

Seit dem Altertum haben Augenzeugen von Kugelblitzen berichtet. Die zusammengetragenen Berichte ergeben folgendes Bild hinsichtlich der beobachteten Größen, Farben und Lebensdauern: Kugelblitze weisen Durchmesser zwischen 2 cm und 2 m auf, am häufigsten 5 bis 50 cm. Die Lebensdauer liegt meist zwischen 1 und 4 Sekunden, aber es sind auch schon Dauern von über 2 Minuten beobachtet worden [1]. Kugelblitze treten meist bei Gewittern auf, aber auch in der Nähe von Starkstrom-Anlagen. Die gesamte undurchsichtige Kugel glüht homogen und verändert ihr Aussehen bis zum Erlöschen oder Explodieren nicht. Sie treibt nicht aufwärts wie heiße Luft, sondern



Kugelblitze sorgen gleichermaßen für Faszination und Schrecken, wie diese Darstellung aus einem populärwissenschaftlichen Buch von 1886 zeigt.

rollt oder schwebt in überwiegend waagrechter Richtung. Am meisten überrascht aber, dass Kugelblitze sich auch durch kleine Löcher, Glasfenster und Metallflächen zu bewegen scheinen.

Im Labor ist es bislang nicht gelungen, einen Kugelblitz unter Gewitter ähnlichen Bedingungen zu erzeugen: Entweder wird die Kugel künstlich z. B. durch Mikrowellenstrahlung, deren Anwesenheit im Gewitter nicht zu erwarten ist, stabilisiert oder sie zerfällt viel zu schnell. Dies hat sich nun durch die einfachen Experimente einer Gruppe brasilianischer Physiker geändert [2]: Dabei liegt ein Silizium-Wafer auf einer Stahlplatte, die als geerdete Elektrode dient. Eine zweite stabförmige Elektrode aus Wolfram oder Graphit mit 4 mm Durchmesser, an der eine Spannung von 20 bis 25 V anliegt, wird mit der Hand erst an die Siliziumscheibe herangeführt und dann 1 bis 2 mm weggezogen. Dabei entsteht eine Bogenentladung, die in glühende Fragmente aufreißt. Während des Vorgangs, der zunächst an Schweißen erinnert, fließen Ströme von 100 bis 140 A. Die herausgeworfenen Fragmente wandeln sich nun in glühende

Bälle von 1 bis 4 cm Durchmesser. Sie rollen über den Boden mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 30 cm/s, also langsamer als Schrittgeschwindigkeit, springen mitunter, teilen sich zuweilen, scheinen sich in einem Fall durch die viel kleinere Lücke unter einem elektrischen Kabel durchzuzwängen und zerfallen nach höchstens 8 Sekunden (Abb. rechts).¹⁾ Durch das Heraussprühen des Siliziums wird der ursprünglich glatte Wafer porös.

Im vergangenen Jahr haben Physiker von der Humboldt-Universität Berlin und dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik ein ähnliches Experiment durchgeführt.²⁾ Sie haben dazu mit einer Spannung von 5 kV und einem 60 A starken Stromstoß von etwa 0,15 Sekunden Dauer Wasser aus einem Tonröhrchen getrieben. Dabei entsteht ein aufsteigender und sich langsam verformender, glühender Ball mit einem Durchmesser von 10 bis 20 cm, der allerdings nur höchstens ein halbe Sekunde existiert.

In beiden Experimenten fließt also ein starker Strom durch feste oder flüssige Materie, die sich zunächst stark erhitzt und durch elektrostatische Aufladung und

1) Filme der Experimente sind unter http://ftp.aip.org/epaps/phys_rev_lett/E-PRLTAO-98-047705 zu finden.

2) www.aip.de/People/honel/german/physik/kugelblitz/index.html, www.ipp.mpg.de/ippcms/de/presse/pi/05_06_pi.html

nachfolgende Abstoßung in die Luft gesprüht wird. Allerdings steigt der „Wasserball“ auf und zerfällt sehr schnell, während der „Siliziumball“ annähernd kugelförmig bleibt, über den Boden rollt und länger besteht. Deshalb kommt er den Charakteristika eines Kugelblitzes näher, wengleich er nicht – wie bei Kugelblitzen häufig beobachtet – waagrecht durch die Luft schwebt.

Warum Silizium? Die brasilianischen Autoren ließen sich offenbar von dem Vorschlag von Abrahamson und Dinniss [3, 4] inspirieren, wonach poröse Netzwerke aus Silizium, ähnlich den Fullerenen (bucky balls), Nanoröhren und Graphen-Lagen aus Kohlenstoff, mit den Kugelblitzen zusammenhängen könnten. Das Licht würde dann durch normale Oxidation des Siliziums entstehen. Dieser Prozess scheint nun erstmals experimentell realisiert zu sein. Der Vorgang muss aber noch genauer charakterisiert werden – z. B. wieviel Silizium hat welches Kugelvolumen gebildet? – und das Experiment kann zweifel-



Die im Labor erzeugten und wenige Zentimeter großen glühenden Kugeln rollen einige Sekunden lang über den Boden, bevor sie erlöschen.¹⁾

los verbessert werden. Bei dieser Art von „Kugelblitz“ spielt das Plasma nur bei der Entstehung der glühenden Kugel eine Rolle, nicht mehr jedoch, wenn sie einmal am Rollen ist.

Ist damit alles klar? Natürlich nicht. Zum Ersten: Woher nimmt die Natur nicht-oxidiertes Silizium für den Kugelblitz? Abrahamson et al. [3, 4] schlagen vor, dass natürliches Siliziumoxid während des elektro-thermischen Ausstrühens durch anwesenden Kohlenstoff reduziert wird. Dieser Teil der Frage fällt dann in die Domäne der Geochemiker. Zum Zweiten sind Kugelblitze auch noch Minuten nach einem Gewitter beobachtet worden, und auch nicht immer in

direkter räumlicher Korrelation mit einem Blitzeinschlag. Wie kommt dann der lokale Strom-Spannungsstoß zustande, der den Kugelblitz erzeugt? Und wie kann schließlich eine glühende Silizium-Kugel das Fenster eines modernen Flugzeugs durchdringen? Das sind Rätsel, die noch gelöst werden müssen.

Ute Ebert

- [1] V. A. Rakov und M. A. Uman, *Lightning*, Cambridge Univ. Press, Cambridge (2003)
- [2] G. Paiva et al., *Phys. Rev. Lett.* **98**, 048501 (2007)
- [3] J. Abrahamson und J. Dinniss, *Nature* **403**, 519 (2000)
- [4] *Phil. Trans. Roy. Soc. A* **360**, 1-155 (2002) [Themenheft über Kugelblitze]

Prof. Dr. Ute Ebert,
Centrum voor Wetenschap en Informatica (CWI) Amsterdam und Technische Universität Eindhoven, Niederlande