

## LASERINDUZIERTE PLASMEN

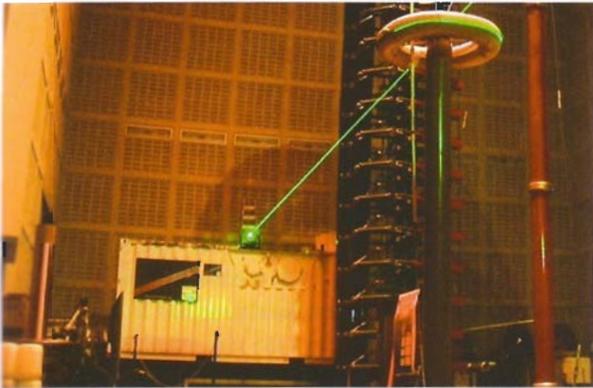
## Laserstrahlen als Blitzableiter

*Mit ultrakurzen Laserpulsen können meterlange Plasmen erzeugt werden, die die Luft elektrisch leitend machen. Dies hat zur Idee eines Laser-Blitzableiters geführt.*

Die Idee, laserinduzierte Plasmen als Blitzableiter zu verwenden, wird schon seit einigen Jahrzehnten diskutiert. Bis vor wenigen Jahren waren jedoch nur CO<sub>2</sub>-Laser in der Lage, genügend Intensität zu liefern, um die Luftmoleküle zu ionisieren. Darüber hinaus muss der Strahl stark fokussiert werden, so dass das er-

zeugte Plasma nur begrenzte Ausma-  
ße hat. Zusammen mit dem enormen Energiebedarf ist der Einsatz dieses Lasertyps bei Gewittern deshalb wenig Erfolg versprechend.

Plasma hat nun aber seinerseits Auswirkungen auf die Brechzahl und wirkt der Selbstfokussierung entgegen: Der Strahl weitet sich wieder auf. Durch das Wechselspiel dieser beiden Prozesse kann der Plasmakanal Längen von bis zu einigen hundert Metern erreichen. Um Plasmakanäle in dieser Größenordnung zu



«Abb. 1 Das Teramobile in der Hochspannungshalle. Auf der rechten Seite sind Teile des Hochspannungsgenerators und der Elektroden zu sehen.

«Abb. 2 Eine freie (oben) und eine lasergeführte Entladung bei einem Elektrodenabstand von zwei Metern.

zeugte Plasma nur begrenzte Ausma-  
ße hat. Zusammen mit dem enormen Energiebedarf ist der Einsatz dieses Lasertyps bei Gewittern deshalb wenig Erfolg versprechend.

Einen anderen Ansatz ermöglicht die Verwendung von ultrakurzen Laserpulsen. Ab einer gewissen Laserleistung tritt hier eine Selbstfokussierung auf. Sie ist ein Effekt der nichtlinearen Optik, bei der die Brechzahl der Luft abhängig von der Lichtintensität wird. Über den Strahlquerschnitt gesehen, ist diese bei Laserlicht im Allgemeinen gaußförmig verteilt. Das heißt die Brechzahl in Achsennähe wird größer als am Rand. Der Effekt wirkt also ähnlich wie eine Sammellinse, so dass sich der Laserpuls bei seiner Fortpflanzung selbst zusammenzieht.

Da hierdurch die Intensität wächst, wird im Zentralbereich der Grenzwert für Multi-Photonen-Ionisierung erreicht. Das resultierende

erzeugen, verwenden wir das „Teramobile“ [1], ein mobiles Femtosekunden-Terawatt-System, das als deutsch-französisches Gemeinschaftsprojekt betrieben wird (Abbildung 1). Der in dieser Form weltweit einzigartige Laser ist mitsamt dem Detektionsraum in einem umgebauten Schiffscontainer untergebracht. Er liefert Pulse mit einer Dauer von 100 fs bei einer Frequenz von 10 Hz. Die erzeugte Spitzenleistung von 4 TW ist etwa so groß wie der in der gleichen Zeit von allen Kraftwerken der Erde erzeugte Strom!

Grundsätzlich lassen sich beim Betrieb zwei Effekte beobachten. Zum einen wird die Entladung entlang des Plasmakanals geführt, wie man sie als gerade Linie zwischen den beiden Elektroden in Abbildung 2 erkennen kann. Der Plasmakanal bietet der Entladung aber nicht nur einen Pfad an, sondern setzt auch die Spannungswerte für die Durchschlags-

entladung herab. Dadurch werden Blitze induziert. Die Werte sind typischerweise um 30 % niedriger als ohne Laser.

Um zu einem Einsatz als Blitzableiter zu kommen, muss man auch die Einflüsse des realen Wetters berücksichtigen. Wir haben deshalb kürzlich im Labor untersucht, wie der Mechanismus unter Regenbedingungen funktioniert [2], indem wir eine dichte Wasserwolke zwischen die Elektroden sprühten. Es zeigte sich, dass die Wahrscheinlichkeit, eine Entladung zu induzieren, zwar geringfügig reduziert wird. Dies lässt sich leicht mit einer höheren Puls-

frequenz des Lasers kompensieren. In naher Zukunft werden deutlich höhere Wiederholraten möglich sein.

Wegen der Wechselwirkung des Strahls mit den Tröpfchen hatte man erwartet, dass die Balance zwischen Selbstfokussierung und Plasma leicht gestört wird. Wir beobachteten jedoch, dass die Plasmakanäle stabil blieben [3]. Dichte Regenwolken bedeuten also kein Hindernis für das Konzept eines Laserplasmas als Blitzableiter.

Weitere Experimente werden sich nun darauf konzentrieren, wie das Plasma weiter stabilisiert werden kann, da ein Blitz, verglichen mit der Plasmadynamik, nur relativ langsam fortschreitet.

- [1] J. Kasparian et al., *Science* **2003**, *301*, 61.
- [2] R. Ackermann et al., *Appl. Phys. Lett.* **2004**, *85*, 5781.
- [3] F. Courvoisier et al., *Appl. Phys. Lett.* **2003**, *83*, 213.

Roland Ackermann,  
Universität Claude Bernard, Lyon