



HIER BLITZT DER LASER: 1,5 Millionen Volt Spannung lassen die Luft brennen. Das Foto wurde in der Hochspannungshalle der Technischen Universität Berlin aufgenommen. Foto: TU Berlin

## Wünschelrute für den Himmel

Nicht jede Wolke bringt Regen – Berliner Physiker können nun erkennen, ob es für Niederschläge reicht

VON GIDEON HEIMANN

In den vergangenen Tagen ist etwas Regen gefallen – aber für die Pflanzen noch lange nicht genug. Das Wetter lässt sich eben nicht zwingen. Denn Niederschläge können erst dann entstehen, wenn in höheren Luftschichten genügend Feuchtigkeit als Dampf vorhanden ist.

Zwar wird seit gut 50 Jahren versucht, Regen zu machen, indem man die Wolken von Flugzeugen aus mit Silberjodidpulver „impft“. Auch die Hagelflieger in Bayern arbeiten damit: Sie wollen den Niederschlag früh auslösen und damit verhindern, dass die Körner zu groß und schwer werden. Denn ein zu kräftiger Hagelschlag kann ganze Ernten vernichten. All das hat aber nur dann Sinn, wenn die Luft tatsächlich genügend Wasser enthält. Und das konnte man bisher nicht genau einschätzen.

Nun aber haben Meteorologen und Klimaforscher ein neues Instrument, aus der Ferne zu erkunden, ob und wo diese Grundbedingung erfüllt ist. Ludger Wöste, der an der Freien Universität Berlin Physik lehrt, und seinem Kollegen Jean-Pierre Wolf von der Universität Lyon ist es gelungen, ein Verfahren zu entwickeln, das mit Hilfe eines mobilen Hochleistungs-Lasergeräts der Luftfeuchte auf die Spur kommt. Die Feuchtigkeit wird dabei in feine Wassertropfen verwandelt – ganz ähnlich dem Kondensstreifen eines Flugzeugs, erläutert Wöste. Je größer die Menge dieser Testtröpfchen ist, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit, dass es regnet.

Das Lasergerät kann Impulse immenser Leistung abgeben – zwar nur für Bruchteile von Sekunden, aber immerhin: Es sind Billionen Watt für Billiardstel Sekunden. Und das hat erhebliche Auswirkungen auf die

Luft. Denn das Licht des Laserstrahls trägt eine hohe elektromagnetische Feldstärke in sich. „Das muss man sich vorstellen wie die Aufladung in der Luft eines nahenden Gewitters“, sagt der Physiker. Also wenn die Spannung am größten ist – bevor es knallt.

Die Feldstärke wiederum bewirkt, dass sich die Luft, die der Strahl durchheilt, gleichsam wie eine Linse verhält: Der Laserstrahl wird nicht etwa an den Luftteilchen gestreut, wie wir es zum Beispiel vom Taschenlampenlicht oder vom Autoscheinwerfer im Nebel kennen. Er wird, im Gegenteil, noch weiter gebündelt. Damit wächst die Energiedichte im Strahl so stark, dass die Luftteilchen, die sich dort aufhalten, wie beim Blitz auseinander gerissen werden: Elektronen lösen sich aus der Hülle der Atome, sie ionisieren.

Das verringert zwar den Bündelungseffekt wieder. Aber in diesem Hin und Her

bildet der Laserstrahl über größere Entfernungen hinweg fadenförmige Strukturen ionisierter Materie: ein Plasmabündel. Gerade die elektrisch geladenen Teilchen, die Ionen, sind es, die dem Wasser in der Luft „Andockstellen“ bieten: Kondensationskeime, an denen Tropfen wachsen können, eben wie am Silberjodid der „Hagelflieger“.

Ein Testtropfen ist noch kein Regen. Aber könnte man mit dem Verfahren Wolken womöglich gleich richtig „melken“? Im Prinzip: Ja. Und doch ist es unrealistisch, sagt Wöste. Denn dazu müsste man mit dem Laser großräumig verteilen in die Atmosphäre schießen.

Derweil ergeben sich noch ganz andere Möglichkeiten für solche elektrisch leitenden Plasmabündel. Sie könnten in nicht allzu ferner Zukunft als zuverlässige Blitzableiter dienen, um die Gewitter-Entladungen von Flughäfen oder Rechenzentren abzulenken. Denn deren Elektronik ist sehr sensibel und kann von einem dicht nebenan ein-

schlagenden Blitz gestört oder sogar zerstört werden.

Die vom Laserstrahl verursachte Ionisierung der Luft bildet gleichsam einen Elektronen-Kanal, an dem sich auch ein Blitz bequem entlanghangeln könnte – gleichsam ein virtueller Draht in die Wolken. Bislang muss sich diese Entladung mühsam einen eigenen Weg im Zickzack durch die Luft bahnen.

Für den „Regenwächter“ haben die Fachleute sogar schon ein Patent erwirkt – im Namen der Freien Universität, und damit das erste der Uni überhaupt. Möglich wurde das durch eine Änderung des Arbeitnehmer-Erfindergesetzes. Gemeinsam mit der Investitionsbank Berlin haben die Berliner Universitäten eine Gesellschaft für Patentverwertungen gegründet. Seit Oktober 2001 sind insgesamt 15 Erfindungen von FU-Forschern auf den Weg zum Patent gebracht worden.

### Die Kondensation braucht Keime

Regen besteht aus Wasser, das von der Sonnenenergie aus den Meeren, aus Flüssen und Seen sowie zu geringeren Teilen auch aus der bewachsenen Landschaft verdunstet worden ist. Die Luft kann die verdunsteten Wassermoleküle aufnehmen, und zwar anfangs so fein verteilt, dass man sie im Gasgemenge der Atmosphäre gar nicht bemerkt. Noch sind also keine Wolken entstanden. Bei einem großen Angebot an Energie und Wasser nimmt die Verdunstung so lange zu, bis die Luft schließlich gesättigt ist.

Wann diese Aufnahmegrenze der Luft erreicht ist, hängt vom herrschenden Druck und von der Temperatur innerhalb des Systems ab. Aber diese Grenze ist keine wirkliche, das Maß der Aufnahmefähigkeit reicht bis zur „Übersättigung“. Doch um eine Wolke, um gar Regen entstehen zu lassen, muss noch mehr geschehen.

Die Wassermoleküle müssen die Gelegenheit bekommen, sich zu Tröpfchen zusammenzuschließen. Das ist nicht so einfach. Denn wenn sie in der Atmosphäre weit voneinander verteilt sind, handelt es

sich – elektrochemisch gesehen – um Einzelgänger. Die Moleküle aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen sind so ausgeglichen, dass sie kein elektrochemisches Potenzial haben, an wässrigen Nachbarn anzukoppeln.

Soll es Regen geben, brauchen die Moleküle etwas, was sich zwischen sie setzt: Kondensationskeime. Das können Spurenstoffe in der Luft sein, feinste Partikel wie zum Beispiel Staub. Im Fall des Lasergeräts sind es elektrische Ladungsträger, ionisierte Bestandteile der Luft. **gih**