

Spielwiese

# Tropfen säubern Blätter

H. JOACHIM SCHLICHTING

*Nach einem Regenschauer kann man beobachten, dass die Blätter mancher Pflanzen nicht nur trocken, sondern auch auffällig sauber erscheinen. Warum das so ist, verraten Tropfen, die sich auf den Blättern gehalten haben.*

Nach einem Regenguss erscheint uns die Natur wieder farbig und frisch. Das ist nicht nur eine subjektive Empfindung, sondern hat mit der reinigenden Wirkung des Regenwassers auf Boden und Pflanzen zu tun. Zum einen werden Farben von Steinen und der Erde intensiver (Physik in unserer Zeit **2005**, 36 (1), 47), zum anderen entledigen sich die Blätter zahlreicher Pflanzen ihres Staubbelauges. Insbesondere in der Zeit des Pollenfluges kann dieser beträchtlich sein.

Wie das auf die Blattoberfläche auftreffende Regenwasser die Blätter reinigt, verraten uns Tropfen, die in stabilen Lagen auf dem Blatt liegen geblieben sind (Abbildung 1 links). Auf der höchsten Stelle der Tropfen sieht man deutlich eine kleine, zu einer kreisförmigen Fläche zusammengezogene Staubschicht (Abbildung 1 rechts). Ein Schatten des Staubkreises auf der Blattoberfläche zeigt, dass es sich nicht etwa um eine Spiegelung der Sonne handelt. Diese ist an der linken Seite des Tropfens zu sehen. Wenn Wassertropfen vom Blatt herabrollen, nehmen sie den Staub mit und säubern die Oberfläche. Wie aber kommt es zu diesen

kompakten Ansammlungen von Staubpartikeln auf den Wassertropfen?

Ohne auf mikroskopische Mechanismen einzugehen, kann man rein thermodynamisch folgendermaßen argumentieren: Viele Blätter sind zumindest teilweise Wasser abweisend. Das heißt, die Grenzflächenenergie zwischen Wasser und Luft ist geringer als die zwischen Blattoberfläche und Wasser. Da aufgrund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik irreversible Vorgänge unter Dissipation von Energie (Entropieerzeugung) ablaufen, zieht sich das Wasser zu einzelnen Tropfen zusammen. Durch die damit einhergehende Verkleinerung von Grenzflächenenergie kann nämlich Energie dissipiert werden.

Mit der Tropfengröße wächst auch die Gewichtskraft, so dass die meisten der so entstehenden Tropfen vom Blatt herunterrollen. Die maximale Dissipation bei diesem Vorgang würde bei kugelförmigen Tropfen erreicht: Dann wären die Grenzfläche und damit die Grenzflächenenergie so klein wie möglich und die infolgedessen dissipierte Energie so groß wie möglich. Kleinere Tropfen nähern sich dieser Idealform weitgehend an. Die Form größerer Tropfen ist ein Kompromiss zwischen dem Bestreben, einerseits durch die Kugelform Grenzflächenenergie zu verringern und andererseits durch die schwerkraftbedingte Abflachung der Tropfen potentielle Energie zu dissipieren.

Wenn die Regentropfen auf die Blätter auftreffen, kommt das Wasser nicht nur mit der Blattoberfläche in Berührung, sondern auch mit Staub, im vorliegenden Fall vor allem mit



**Abb. 1** Tropfen auf der Oberfläche eines Maiglöckchenblattes. Ein vergrößerter Ausschnitt zeigt die auf der höchsten Stelle des Tropfens auf eine Kreisfläche zusammengezogenen Staubeilchen.

leichtem Blütenstaub. Zur Ausbildung einer gemeinsamen Oberfläche zwischen Staubteilchen und Wasser ist meist weniger Grenzflächenenergie nötig als zwischen Luft und Wasser. Anders gesagt: Die benetzende Oberfläche der kleinen Staubteilchen führt dazu, dass der Staub an dem Wassertropfen haftet.

Aber warum sammeln sich die Staubteilchen an einer Stelle und das auch noch in kreisförmiger Anordnung, und warum auch noch auf der höchsten Stelle der Tropfen? Müsste der Staub nicht unter Dissipation von potentieller Energie die tiefste Stelle einnehmen?

Auch diese Fragen lassen sich mit Hilfe des Prinzips der Maximierung der Energiedissipation erklären, die mit der Minimierung der Grenzflächenenergie einhergeht. Mit einem kleinen Freihandexperiment lässt sich dieser Vorgang veranschaulichen [1]. Ein Glas wird vorsichtig mit Wasser gefüllt, bis es sich zu einem konkaven Berg aufwölbt (Abbildung 2). Setzt man jetzt kleine Styroporkügelchen (die den Staub auf den Tropfen repräsentieren sollen) auf die Wasseroberfläche, so bewegen sie sich alle zur höchsten Stelle des Wasserberges und bilden dort ein kompaktes Floß.

Das widerspricht natürlich der Intuition, wonach jeder schwere Körper den tiefsten Ort aufsucht. Dieses Verhalten lässt sich aber leicht mit Hilfe der obigen energetischen Argumentation verständlich machen: Wasser benetzt eine schwimmende Styroporkugel und zieht sich unter Ausbildung eines konkaven Meniskus an ihr hoch. Dadurch nehmen zwar die Wasseroberfläche und damit die Grenzflächenenergie zwischen Wasser und Luft zu. Gleichzeitig wächst aber die Grenzfläche zwischen Styropor und Wasser, zu deren Ausbildung weniger Energie nötig ist. Daher kommt es insgesamt zu einer Dissipation von Energie.

Durch das Hochsteigen des Wassers an der Styroporkugel wird diese ein wenig tiefer ins Wasser „gezogen“, als es dem Kräftegleichgewicht zwischen Gewicht- und Auftriebskraft entsprechen würde. Die rückwirkende Kraft der Oberfläche wird deshalb geringfügig aus der Senkrechten verschoben. Bei einer geneigten Oberfläche wird die Kugel daher in Richtung auf die höchste Stelle „gedrückt“. Aus demselben Grund wird die Kugel von dem konkaven, aufsteigenden Meniskus einer zweiten Kugel angezogen. Dies erklärt die dicht gedrängte Ansammlung der Kugeln an der höchsten Stelle.

Man kann die Situation anschaulich gesehen mit einem schwimmenden Ball vergleichen, den man tiefer ins Wasser drückt. Wenn die Kraft infolge des Drückens nur etwas aus der Senkrechten abweicht, entwischt der Ball zur Seite, um eine höhere Lage einzunehmen. Die Übertragung auf die Situation der winzigen Blütenstaubpartikel auf den Wassertropfen liegt auf der Hand, wenn man davon ausgeht, dass sich jedes Staubpartikel wie eine Styroporkugel verhält.

Der reinigende Effekt durch das „Einsammeln“ von Blütenstaubpartikeln durch die vom Blatt herunterrollenden Tropfen ist am stärksten bei Pflanzen ausgeprägt, die von Wasser nur wenig benetzt werden. Da die Lotuspflanze diesen Effekt besonders eindrucksvoll zeigt, spricht man auch



**Abb. 2** Auf einer konvex aufgewölbten Wasseroberfläche driften Styroporkügelchen zur Mitte und bilden ein Kugelfloß.

vom Lotuseffekt [2]. Er wird in den letzten Jahren häufig als Paradebeispiel für die Bionik genannt. Der Lotuseffekt hat seine Ursache in einer besonderen Oberflächenstruktur der Pflanzen, was man technisch zu imitieren versucht. Bekannt sind Oberflächenbeschichtungen wie Autolacke, die bei einem Regenguss nicht verschmutzen, sondern sich selbst reinigen.

Die unterschiedliche Wirkung von Regentropfen auf verschiedene Geschöpfe fand bereits Lichtenberg bemerkenswert: „Es regnete so stark, daß alle Schweine rein und alle Menschen dreckig wurden.“

### Zusammenfassung

Wassertropfen auf Pflanzenblättern befreien die Oberfläche von Staub. Das ist als Lotuseffekt bekannt. Auf liegenbleibenden Tropfen sammeln sich die Staubteilchen an der höchsten Stelle in Form eines kleinen runden Floßes. Dieser Vorgang lässt sich im Rahmen der klassischen Thermodynamik als Ergebnis der Maximierung der Energiedissipation erklären, was auf eine Minimierung der Grenzflächenenergie hinausläuft.

### Stichworte

Lotuseffekt, Selbstreinigung, Bionik.

### Literatur

- [1] H. J. Schlichting, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule **2006**, 55 (2), 2.
- [2] W. Barthlott et al., Biologie in unserer Zeit **2004**, 34 (5), 290.

### Der Autor

Hans-Joachim Schlichting ist Inhaber des Lehrstuhls für Didaktik der Physik an der Universität Münster und Mitbegründer der Rubrik „Spielwiese“.

### Anschrift

Prof. Dr. Hans Joachim Schlichting, Institut für Didaktik der Physik, Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Straße 10, 48149 Münster. schlichting@uni-muenster.de