

Juwelen aus Wasser – optische Beobachtungen an Tautropfen

Klaus D. Hinsch

Angewandte Optik, Institut für Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

<mailto:klaus.hinsch@uni-oldenburg.de>

Eine Serie farbintensiver Fotografien an Tautropfen auf Pflanzenblättern im Sonnenlicht wird zum Anlass genommen, an die Mechanismen bei der Entstehung von Regenbögen zu erinnern. Durch unscharf eingestellte Makroaufnahmen wird es möglich, jedem Tröpfchen ein Farbspektrum als Etikett zuzuordnen. Auf wasserabweisenden Blattoberflächen entstehen Taubögen.

1 Einführung

Engagiertes Interesse an der Optik lässt sich oft durch Beobachtung eines beeindruckenden Phänomens motivieren. Erlebnissen in der Natur kommt hier eine besondere Bedeutung zu, wie schon M. Minnaert 1954 in seinem Klassiker über optische Naturerscheinungen feststellte: "...they lead us by natural methods to ask a thousand questions ... and so the omnipresence of the laws of nature is felt as a continually surprising and impressive reality." [1]

Wer an einem taufrischen Sommermorgen den Blick durch eine feuchte Wiese wandern lässt, wird von hier und dort aufblitzenden brillanten Farbpunkten fasziniert. Bei Bewegung des Kopfes lässt sich deren Farbton vom Blau bis zum Rot durchstimmen. Die Art der Entstehung dieser Farben ist kein Geheimnis, handelt es sich doch um den Regenbogeneffekt in Wassertröpfchen (Abb. 2) [2]. Allerdings sind die Tropfen oft unregelmäßig geformt und unterschiedlich groß, so dass das Licht auf jeweils verschiedenen Wegen durch die Tropfen läuft (Abb. 1). Entsprechend variiert die Winkelverteilung des abgestrahlten Lichtes und in das Auge eines entfernten Beobachters fällt jeweils nur eine Farbe (Abb. 3).



Abb. 1 Tautropfen an Gras bei Sonnenbeleuchtung. Über einen kleinen Spiegelpunkt ist die Sonne direkt zu sehen. Das nach Brechung und innerer Reflexion durch den Tropfen gelaufene Licht tritt als intensiver heller Punkt wieder aus.

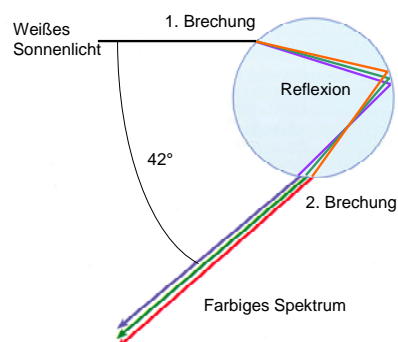


Abb. 2 Entstehung eines Regenbogens. Der von der Farbe abhängige Weg des Sonnenlichtes durch einen kugelförmigen Wassertropfen liefert einen Regenbogenwinkel von 42°. Ähnlich wandert wird das Licht durch einen beliebig geformten Tropfen.

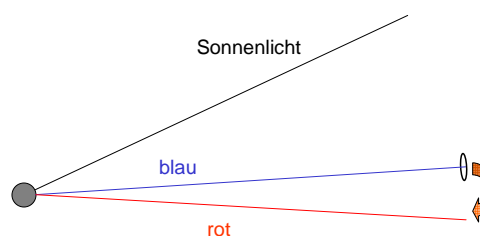


Abb. 3 Verschiedene Farben verlassen den Tropfen in unterschiedlichen Richtungen (Dispersion). Ein entfernter Beobachter in günstiger Position sieht jeweils einen brillanten hellen Punkt, dessen Farbe er bei vorsichtiger Kopfbewegung vom Rot zum Blau verstimmen kann.

2 Defokusmethode

Eine einfache und überraschend eindrucksvolle Methode zur Registrierung der Farbverteilung ist es, den Tropfen aus der Nähe unscharf abzubilden (Abb. 4). Der helle weiße Austrittspunkt auf einem Tropfen verändert sich dann in ein buntes Scheibchen, das die winkelabhängige Farbverteilung wieder gibt – eine Art Etikett für das jeweilige Tröpfchen (Abb. 5). Zunächst verblüffend ist es, dass dabei auch Bilder herauskommen können, die in ihrer Farbreihenfolge umgekehrt sind. Mit dem Strahlengang in Abb. 4 wird aber deutlich, dass die Folge lediglich davon abhängt, ob vor oder hinter die Schärfeebene fokussiert wird.

Viele Scheibchen zeigen unregelmäßige Farbverteilungen, was an komplizierten Formen und Lichtwegen oder Interferenzeffekten liegen könnte.

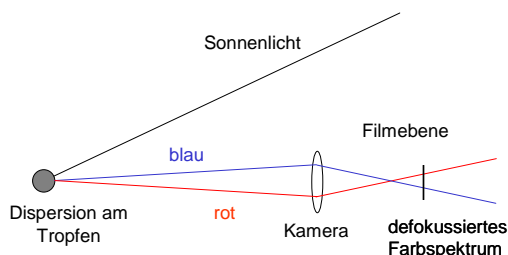


Abb. 4 Während bei scharfer Abbildung des Tropfens alle Farben wieder zusammenfinden und ein weißer Fleck wie in Abb. 1 erscheint, ergibt sich bei gezielt eingestellter Unschärfe innerhalb des Unschärfekreises ein Farbspektrum.



Abb. 5 Mit der Methode der Defokussierung (unscharfe Aufnahme in Makro-Einstellung) gewonnene Farbspektren. Der Abstand der Kamera vom Tropfen war zu klein, um alle Farben in einem Bild zu erfassen. Von Bild zu Bild wurde die Kamera leicht verschoben und so das Spektrum abgefahren.

3 Taubögen auf wasserabweisenden Blättern

Wasserabweisende Blattoberflächen (ein gutes Beispiel ist die Kapuzinerkresse) werden oft von einer dünnen Schicht etwa gleich großer kugelförmiger Tautropfen überzogen, die im Sonnenlicht – so wie ein Schleier von Regentropfen – einen farbigen Taubogen bilden können (Abb. 6). Die Farbwirkung lässt sich in solchem Fall durch leichte Abbildungsunschärfe verstärken. Es sind meist gelbrote und bläuliche Farbtöne vertreten, was sich eventuell mit der Größenverteilung der Tropfen erklären lässt (siehe auch die Farbangaben zum Regenbogen in [1]).



Abb. 6 Viele kleine (Durchmesser um 0,1mm) und einige größere kugelförmige Tröpfchen auf wasserabweisenden Blattflächen (Kapuzinerkresse) wirken im Sonnenlicht wie ein Vorhang von Regentropfen und bilden einen Taubogen.

Mit Hilfe des großen Tröpfchens aus Abb. 6 können grundlegende Zusammenhänge zur Entstehung des Taubogens geprüft werden (Abb. 7). Die Verbindung der Punkte von Reflexion R und austretendem gebrochenen Licht B ist die Projektion der Einfallsebene des Lichtes auf das Blatt und liegt daher senkrecht zur Achse des Taubogens. Dies wird auch durch die Richtung des Tropfenschattens bestätigt, aus dessen Länge sich der Winkel zwischen Lichteinfall und (senkrechter) Beobachtung zu 38° ergibt.

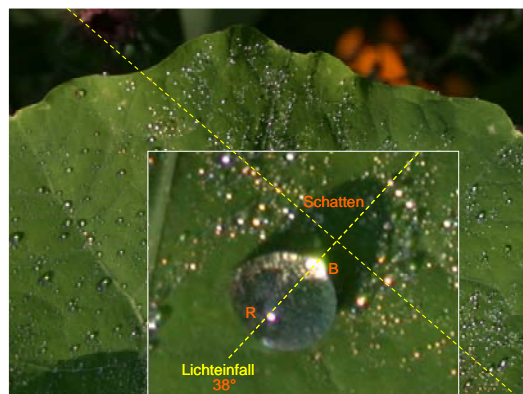


Abb. 7 Die Analyse des Schattenwurfs eines einzelnen größeren Tautropfens bestätigt die senkrecht zur Farbverteilung des Taubogens liegende Dispersionsachse und liefert einen dem Regenbogenwinkel nahe liegenden Taubogenwinkel von 38°.

4 Farbscheibchen an Eiszapfen

Die Dicke ungleichmäßig gewachsener Eiszapfen variiert entlang ihrer Länge, so dass sich wiederholt Bedingungen wie an einem verformten Wassertropfen ergeben. Dies führt zu senkrecht aufgereihten bunten Scheibchen (Abb. 8).

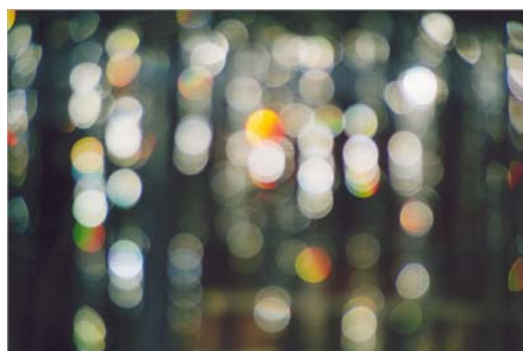


Abb. 8 Eine Girlande von unregelmäßig gewachsenen Eiszapfen an einem Reetdach bietet dem einfallenden Sonnenlicht lokal ähnliche Verhältnisse wie ein verformter Wassertropfen – bei Defokussierung bildet sich ein „Vorhang“ bunter Lichtscheibchen.

Literatur

- [1] M. Minnaert, *The Nature of Light and Colour in the Open Air*. Dover Publications (1954), London.
- [2] M. Vollmer, *Lichtspiele in der Luft - Atmosphärische Optik für Einsteiger*. Spektrum (2006), München.