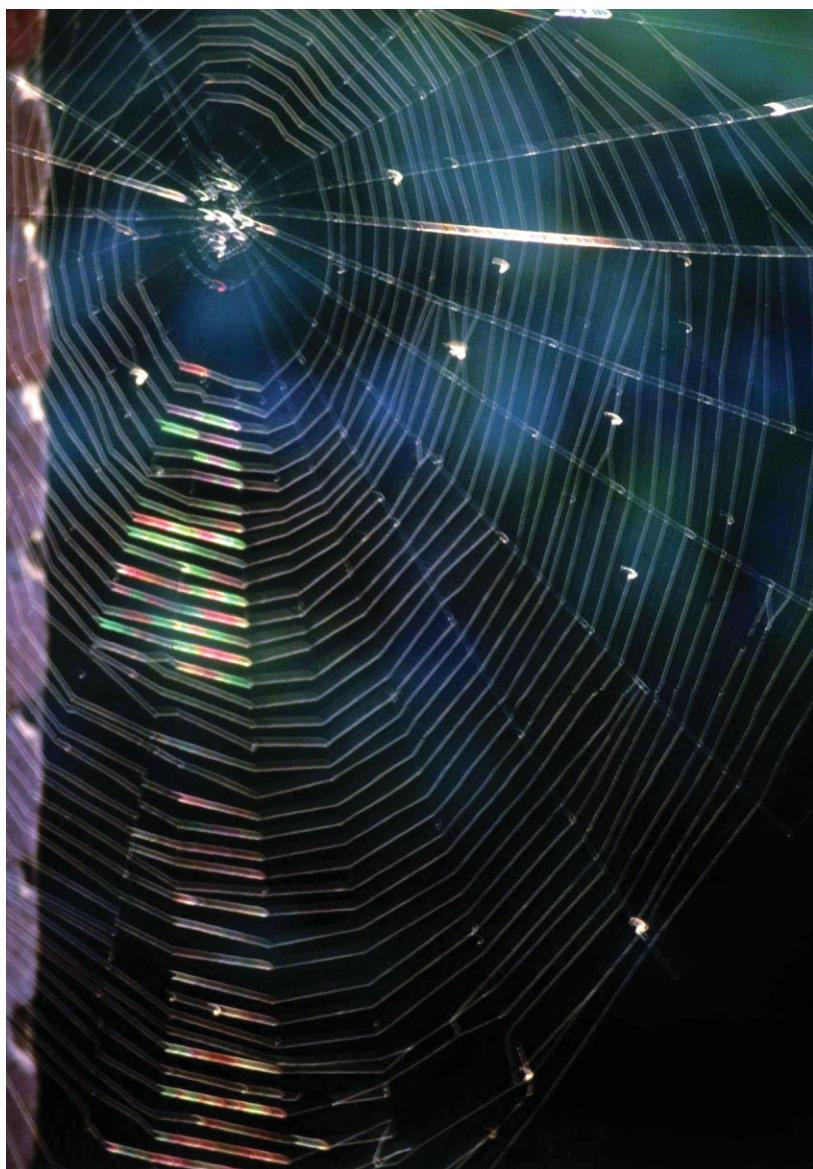


SPIELWIESE

Farbenspiel im Spinnennetz

H. JOACHIM SCHLICHTING

Schaut man in einem flachen Winkel gegen die Sonne auf ein Spinnennetz, so kann man die Spinnweben in leuchtenden, metallisch glänzenden und je nach Blickrichtung changierenden Farben aufflammen sehen. Die Natur zeigt an diesem Phänomen einmal mehr, dass sie in der farblichen Ausgestaltung der Welt nicht auf Pigmente allein angewiesen ist.



Spinnnetze sind normalerweise je nach den Lichtverhältnissen mehr oder weniger hellgrau pigmentiert und beeindrucken vor allem durch ihre ästhetische Form. Im Streiflicht der Sonne aber demonstriert die Natur, dass sie neben der Pigmentierung auch noch andere Möglichkeiten zur farblichen Gestaltung hat. Besonders vor einem dunklen Hintergrund erstrahlen ganze Partien des Netzes in metallisch glänzendem Rot, Grün und Blau (Abbildung 1). Die Farben laufen mit jeder Kopfbewegung über das Netz, lassen neue Bereiche in leuchtenden Farben aufflammen, während andere wieder ins Dunkel zurückfallen. Die Farben lassen sich besonders gut erkennen, wenn die Fotos leicht unscharf sind, was im vorliegenden Fall durch ein leichtes Vibrieren des Spinnnetzes entstanden ist.

Dieses Phänomen birgt jedoch ein physikalisches Rätsel in sich. Auf den ersten Blick würde man es wohl auf ähnliche Weise erklären wie einen Regenbogen. Aber die Spinnenfäden sind nur einige Mikrometer dünn und damit fast zwei Größenordnungen kleiner als Regentropfen. Außerdem hat man beim Regenbogen die Sonne im Rücken und blickt auf eine Tröpfchenwand, in der das Sonnenlicht gebrochen und farblich zerlegt ins Auge reflektiert wird. Das hier beschriebene Farbenspiel im Spinnennetz sieht man jedoch fast gegen die Sonne blickend im Streiflicht.

Als Erklärung scheint daher die spektrale Zerlegung des Sonnenlichts durch Beugung an den feinen Webfäden in Frage zu kommen. Die je nach Wellenlänge unterschiedlich stark gebeugten Lichtwellen interferieren und überlagern sich bei gewissen Winkeln destruktiv oder konstruktiv. Das macht sich bei weißem Licht farblich bemerkbar. Wenn beispielsweise in einer bestimmten Richtung der grüne Lichtanteil ausgelöscht wird, dominiert an dieser Stelle die Komplementärfarbe Magenta. Bereiche erstrahlen in jener Richtung grün, in der es zu positiver Interferenz der Wellenlängen des grünen Lichtes kommt.

Robert Greenler von der University of Wisconsin in Milwaukee, USA, hat gemeinsam mit seinem Kollegen Joel Hable diese Erklärung experimentell und quantitativ untermauert [1]. Im Labor beleuchteten sie eine Stelle eines eingespannten Spinnenfadens nacheinander mit Laserlicht der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau und maßen das am Faden gebeugte Licht in einem weiten Winkelbereich aus. Den drei Grundfarben entsprechend erhielten

Abb. 1 Im Streiflicht der Sonne flammen Teile eines Spinnennetzes in kräftigen Farben auf (Foto: Schlichting).

sie drei charakteristische Intensitätsverteilungen. Diese führen in ihrer Überlagerung zu dem gleichen Farbwechsel, wie man ihn bei weißem Sonnenlicht beobachtet, wenn man den Kopf bewegt oder den Betrachtungswinkel verändert (Abbildung 2 a). Unter einem sehr kleinen Winkel zur Lichtquelle von etwa 6° wird die Intensität des grünen Lichts minimal und die des magentafarbenen maximal. Man sieht im Sonnenlicht in dieser Richtung deutlich das Magenta aufflammen. Bei einem etwas größeren Betrachtungswinkel von etwa 11° wird die Intensität des grünen Lichts maximal, während dort Blau und Rot nur sehr schwach ausgeprägt sind. In dieser Richtung sieht man also vor allem Grün. In der Tat dominieren im Spektrum des von der Sonne durchstrahlten Spinnennetzes die Farben Rot und Grün.

Wie die Fotografien zeigen, sieht man jedoch bei gegebener Blickrichtung selten eine Farbe allein. Es mischen an ein und demselben Spinnfaden auch die anderen Farben mit hinein. Dieser Effekt kann dadurch erklärt werden, dass die Dicke der einzelnen Spinnfäden variiert.

Tatsächlich sind die Fäden nicht einfaserig mit kreisförmigen Querschnitt, sondern bestehen aus zwei miteinander verdrillten oder gesponnenen Fasern, die zudem mit einer klebrigen Flüssigkeit benetzt sind. Die Flüssigkeit verdichtet sich in ziemlich konstanten Abständen zu einzelnen Tropfen, die dazu dienen, Beute im Netz festzuhalten. Die Tropfen beeinflussen die Farberscheinung kaum. Auf diese Weise variieren Form und Dicke der Fäden mit etwa konstanter Periode, wodurch es zu einer entsprechenden Verschiebung der Maxima und Minima des interferierenden



Abb. 3 Farbenpracht in einem Spinnennetz, das in Reflexion erscheint (Foto: W. Schneider).

Lichtes und damit einem Wechsel zwischen den einzelnen Farben kommt.

Greenler und Hable haben zudem die gemessenen Kurven für die Farben Grün und Blau mit Ergebnissen einer Computersimulation [2] der Streuung des Lichts an einem transparenten Zylinder mit vergleichbarem Durchmesser und Brechungsindex verglichen. Den Wert des Brechungsindex von 1,4 bis 1,5 erhielten sie durch Anpassung der beiden Kurven (Abbildung 2b).

Wir wollen jedoch nicht verschweigen, dass wir mit dieser Erklärung nicht alle optischen Effekte an Spinnennetzen erfasst haben. Aufmerksame Beobachter können nämlich unter günstigen Bedingungen ein ähnliches Farbenspiel in Reflexion beobachten (Abbildung 3). Dieses Phänomen ist nicht abschließend geklärt. Es liegt aber nahe, dass hier ein Regenbogeneffekt vorliegt.

Stichworte

Spinnfäden, Beugung, Interferenz, Regenbogen.

Zusammenfassung

In Spinnennetzen kann man unter günstigen Bedingungen ein prächtiges Farbenspiel beobachten, das aus physikalischer Sicht hoch interessant ist. Wahrscheinlich hat es seine Ursache in einem Beugungseffekt an den dünnen Spinnfäden und anschließender Interferenz.

Literatur

- [1] R. G. Greenler, J. W. Hable, American Scientist **1989**, 77, 368.
- [2] C. F. Bohren, D. R. Huffman, Wiley, New York 1983.

Der Autor

Hans Joachim Schlichting ist Direktor des Instituts für Didaktik der Physik an der Universität Münster. Seit Jahren schreibt er gemeinsam mit Christian Ucke für unsere Rubrik Spielwiese.

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

< a) Winkelverteilungen der drei Grundfarben von Licht, das an ein und derselben Stelle eines Spinnfadens gebeugt wird. b) Vergleich der Winkelverteilung mit Computersimulationen. Die obere Kurve wurde für die Farben Grün und Blau gemessen, die untere Kurve durch eine Computersimulation ermittelt.

Abb. 2 | INTERFERENZ

