

Spielwiese

Farbige Schattensäume im Wasser

H. JOACHIM SCHLICHTING

Schatten und Schmutz können in Gewässern zu ästhetisch ansprechenden Farberscheinungen führen, die oft übersehen und erst auf den zweiten Blick verständlich werden.

Der Schattenwurf in Gewässern, wie ihn beispielsweise über das Wasser ragende Zweige hervorrufen, hat schon so manchen Künstler angeregt. So schrieb der britische Schriftsteller und Kunstkritiker John Ruskin vor rund hundert Jahren: „Wann auch immer wir Schatten auf klarem Wasser und in gewissem Maße selbst auf schmutzigem Wasser sehen, ist es nicht wie auf dem Land ein dunkler Schatten, der die sonnige allgemeine Färbung zu einem schwächeren Ton herabdämpft, sondern er ist ein Raum von gänzlich anderer Farbe, der selbst durch seine Fähigkeit zur Reflexion unendlich viele Möglichkeiten der Tiefe und Färbung aufweist und unter Umständen gänzlich verschwindet“ [1].

Betrachtet man Schatten in leicht trübem, aber ruhigem Wasser etwas genauer, so erkennt man manchmal farbige Ränder. Auf der einen Seite des Schattens sind sie bläulich, auf der anderen rotbräunlich (Abbildung 1). Auf den ersten Blick scheint es schwierig zu sagen, auf welcher Seite welche Farbe zu sehen ist.

Der Eindruck von Schatten auf und im Wasser wird wesentlich geprägt von den Erfahrungen, die wir mit Schatten auf der Erdoberfläche oder irgendwelchen Gegenständen haben. Hier sehen wir (abgesehen von den seltenen Situationen räumlicher Schattenphänomene bei Nebel oder Rauch) die Projektion des Schattenwerfenden Objekts auf einer Fläche. Im Unterschied dazu können von der Wasseroberfläche keine Schatten aufgefangen werden, denn Wasser ist durchsichtig. Allenfalls kann man im Falle eines klaren, ruhigen und relativ flachen Gewässers Schatten auf dem Grund sehen. Bewegtes Wasser würde die Schatten durch Überlagerung mit Kaustiken stören, wie wir später noch sehen werden. Um solche Bodenschatten handelt es sich im vorliegenden Fall nicht.

In Abbildung 1 ist das Wasser durch Schwebeteilchen getrübt, und das Sonnenlicht wird an dieser Trübung ge-

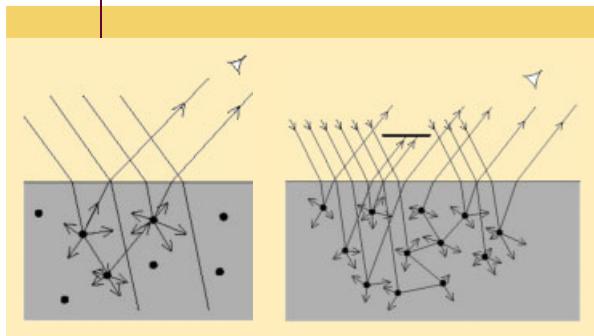


Abb. 1 Der Schatten eines Zweiges in trübem Wasser weist farbige Ränder auf. Die schemenhaften helleren Partien sind keine Schatten, sondern wegen der Trübung des Wassers unscharfe Spiegelungen von Bäumen.

streut, bevor es den Grund erreicht (Abbildung 2 links). Wir sehen also Licht, das an Verunreinigungen im Wasser gestreut wird. In den Schattenbereich von Gegenständen, einschließlich solcher, die auf dem Wasser schwimmen, dringt kein direktes Sonnenlicht. Deswegen kommt von dort auch kein Streulicht (Abbildung 2 rechts). Man sieht also eingebettet in die aufgehelle Umgebung räumliche Schattensäulen. Diese treten besonders deutlich unterhalb von auf dem Wasser schwimmenden Wasserlinsen und kleinen Blättern auf (Abbildung 3).

Allerdings stellt man sich anfänglich – in Analogie zum gewöhnlichen Schatten – diese ins Wasser ragenden Säulen meist als flächenhafte Projektionen auf die Wasseroberfläche vor, mit zum Teil merkwürdigen Konsequenzen. So könnten Wasserlinsen selbst bei tief stehender Sonne keine derart langen Schatten werfen. Vor allem aber weisen die Schatten der einzelnen Blätter unterschiedliche Richtungen auf, was man von normalen Schatten nicht gewohnt ist. Bei genauerem Hinsehen entdeckt man, dass die einzelnen Schatten alle in Richtung auf den Schatten des Kopfes des Beobachters weisen und bei geeigneter Verteilung

ABB. 2 | STREUUNG



Licht wird an Schwebeteilchen gestreut und gelangt von dort ins Auge des Betrachters (links). Nur aus dem durch einen Schatten werfenden Gegenstand abgeblendeten Bereich (rechts) kommt kein Licht.



Abb. 3 Schwimmende Wasserlinsen blendet nicht beleuchtete Säulen aus dem Lichtstrom heraus. Die Säulen weisen auf den Schattenkopf des Fotografen, der andeutungsweise rechts oben zu sehen ist.

der Wasserlinsen den Eindruck eines den Schattenkopf umgebenden Strahlenkränzes hervorrufen (Abbildung 3).

Die Merkwürdigkeiten verschwinden von selbst, wenn man sich den räumlichen Charakter der Schatten in Form einzelner Säulen bewusst macht, die von den Schattengebern ausgehend in Richtung auf den Antisolarpunkt ins Wasser „eintauchen“. Aufgrund der annähernden Parallelität des Sonnenlichtes sind die Säulen parallel ausgerichtet. Dass sie von der Seite betrachtet auf den Kopfschatten des Beobachters hin zu konvergieren scheinen, ist ein perspektivischer Effekt [2]. Er hat Ähnlichkeit mit dem inversen Phänomen der „Sonnenstrahlen“, die durch das Blätterdach von Bäumen hindurchbrechen und durch Streuung an winzigen Wassertröpfchen sichtbar werden. Diesmal blickt man allerdings zur Sonne, und die Strahlen scheinen in Richtung auf die Sonne zu konvergieren.

Vor diesem Hintergrund lässt sich nunmehr die Herkunft der Farbränder der Schatten leicht erklären. Blickt man schräg durch das Wasser hindurch auf den dunklen Hintergrund der Schattensäulen eines Gegenstandes, so erreicht das Auge Streulicht, das die Trübung in der relativ schmalen Wasserschicht zwischen Wasseroberfläche und Schattensäule hervorruft (Abbildung 4, rechts). Wie bei der Rayleigh-Streuung in der Luft wird von den kleinen Schwebeteilchen vorwiegend das kurzwellige, blaue Licht gestreut. Daher der Eindruck des bläulichen Randes an der dem Beobachter zugewandten Seite der Schattensäulen.

Auf der anderen Seite des Schattens sieht der Beobachter dagegen Licht, das in größeren Tiefen im Wasser gestreut wurde. Denn Streulicht aus geringeren Tiefen wird durch die Schattensäule abgeblendet. Daher liegt das Streulicht von jenseits der Schat-

tensäule einen längeren Weg im Wasser zurück, so dass ihm aufgrund der zahlreichen Streuungen bereits der blaue Anteil fehlt. Der rote Anteil im Streulicht überwiegt und ruft den Eindruck eines rötlichen Randes des Schattens hervor. Auch hier wird man an das atmosphärische Analogon erinnert. Die rötliche Färbung des von der tief stehenden Sonne kommenden Lichts bewirkt der lange Weg durch die Atmosphäre, auf dem ein großer Teil des blauen Lichtes herausgestreut wird.

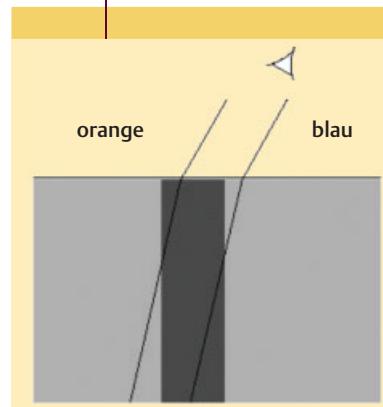
Ohne das Vorhandensein einer Schattensäule würden sich das blaue Streulicht aus geringeren Tiefen und das rote Streulicht aus größeren Tiefen wieder zu dem schmutzigen grauen Licht des ungestörten trüben Wassers addieren.

Das Phänomen der Blau- und Rotfärbung des Lichtes lässt sich auch bei einem sehr alltäglichen Phänomen beobachten. Betrachtet man den beispielsweise von einer Zigarette aufsteigenden Rauch vor einem dunklem Hintergrund, so sieht man das am Rauch gestreute weiße Licht, das aus anderen Richtungen als der Blickrichtung kommt.

Da an den kleinen Teilchen des Zigarettenrauches vornehmlich blaues Licht gestreut wird, erscheint der Rauch wie der Himmel blau. Vor weißem Hintergrund sieht man hingegen vor allem das von diesem Hintergrund ausgehende weiße Licht, das durch den Rauch hindurchgeht und hauptsächlich durch Streuung in alle anderen Richtungen blaues Licht verliert. Es bleibt daher Licht der Komplementärfarben vor allem das braun erscheinende Rot übrig.

Der ausgeatmete Zigarettenrauch erscheint dagegen weiß. In diesem Fall sind an den Aerosolteilchen Wassertröpfchen kondensiert, so dass die Streuteilchen ähnlich wie bei Wolken sehr groß werden und Mie-Streuung überwiegt.

ABB. 4 | SCHATTENSÄULE



Streulicht aus der Umgebung einer Schattensäule durchquert unterschiedlich lange Wege im Wasser, bevor es unser Auge erreicht. Dies erklärt die unterschiedlichen Farbränder.

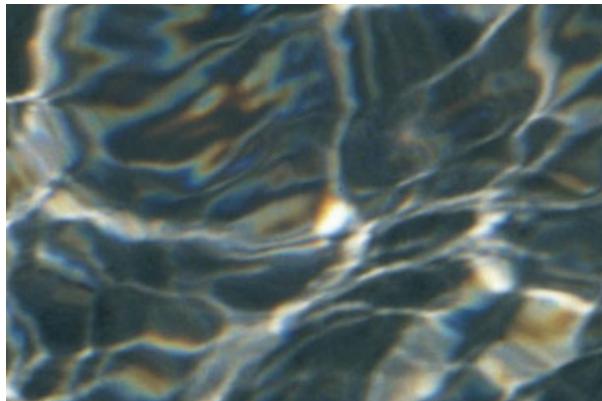


Abb. 5 *Netz aus Licht und Schatten mit Farbrändern, wie man es bei flachen, welligen Gewässern beobachten kann.*

In klarem Wasser kann man unter bestimmten Bedingungen farbige Ränder um Schatten erkennen, die am Boden entstehen. Diese verdanken sie nicht der Streuung an Schwebeteilchen, sondern der Dispersion des Lichtes. Das vom aufgehellten Grund des Gewässers kommende weiße Licht durchdringt auf dem Weg zum Auge des Beobachters schräg die wellige Grenzfläche zwischen Wasser und Luft. Dabei wird es für jede Wellenlänge unterschiedlich stark gebrochen und daher in einzelne Farben zerlegt (Abbildung 5). Auch dieses Phänomen ist schon lange bekannt. Der allgegenwärtige Lichtenberg schrieb dazu, „dass, wo auch nur

Licht hinkommt, da ist immer Reflexion, Inflexion, Refraktion und Koloration beisammen“ [3].

Zusammenfassung

Über die Oberfläche eines trüben Gewässers hängende Zweige erzeugen im Wasser Schattensäulen, die von farbigen Rändern umgeben sind. Diese Farbsäume lassen sich durch Streuung des Lichts an Schwebeteilchen im Wasser erklären. Farbsäume um Schatten, die am Grund von klarem Wasser entstehen, gehen auf die Dispersion von Licht an der Grenzschicht von Luft und Wasser zurück.

Stichworte

Schatten, Schattensäulen, Streuung, Brechung, Dispersion.

Literatur

- [1] J. Ruskin, *Modern Painters*. Vol I., George Allen, London 1900, S. 355.
- [2] H. J. Schlichting, *Physik in unserer Zeit* **2000**, 31 (2), 86.
- [3] G. C. Lichtenberg, *Schriften und Briefe*. Sudelbücher II, Carl Hanser Verlag, München 1975, 468.

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*