

Fensterkreuze mit Licht gemalt

Hans Joachim Schlichting und Volkhard Nordmeier

Bei tief stehender Sonne tauchen manchmal merkwürdige kreuzförmige Spiegelungen auf Hauswänden oder auf dem Pflaster auf.
Sie gibt es erst seit Einführung der Doppelglasfenster.

Spiegelungen des Sonnenlichts an Fensterscheiben hat jeder schon einmal gesehen. In manchen Fällen entwirft die Sonne ein mehr oder weniger getreues Abbild eines Fensters auf dem Pflaster oder einer gegenüber liegenden Häuserwand (Abbildung 1, links). Hin und wieder kann man aber auch neben den erwarteten Reflexen merkwürdig strukturierte Lichtflecke entdecken, die eine ovale oder kreisrunde Form annehmen können (Abbildung 1, rechts). In diesen Fällen lässt sich nicht so einfach erklären, wie sie zu stehen kommen.

Die schönsten Spiegelungen stellen ein helles Lichtkreuz innerhalb eines viel lichtschwächeren Kreises mit einem hellen Rand dar. Dies deutet auf eine fokussierende oder defokussierende Wirkung der spiegelnden Scheiben hin. Das kann aber nur dann der Fall sein, wenn die Oberfläche der Scheiben gekrümmt ist. Wie kann eine solche Verformung entstehen?

Bei einer rechteckig eingespannten Scheibe, die unter Druck gerät, ergibt sich aus geometrischen Gründen eine ausgeprägte Einbuchtung längs der Diagonalen der Scheibe. Dies lässt sich auf einfache Weise nachvollziehen, wenn man beispielsweise eine in einem Bilderrahmen fest eingespannte Overheadfolie durch Druck oder Zug belastet (Abbildung 2). Eine derart verformte Scheibe reflektiert das auftreffende Licht an den konvexen Krümmungsabschnitten divergierend und an den konkaven Krümmungsabschnitten konvergierend. Die Scheibe fokussiert demnach an den inneren Flanken der diagonalen Täler das Licht und defokussiert es an dessen äußeren Rändern (Abbildung 3). Das zu beobachtende diagonale Lichtkreuz bedeutet demnach, dass die gegenüber liegende Häuser-



Abb. 1. Links: Einfache Reflexe der tiefstehenden Sonne an Fensterscheiben; Rechts: Deformierte Reflexe, bei denen ein zentrales helles Kreuz im Innern eines lichtschwächeren Kreises erscheint.

wand gerade in der Brennebene der gekrümmten Scheibe liegt. Wie aber kommt es zu der ovalen oder kreisförmigen, durch einen hellen Rand begrenzten Lichtform?

Zur Beantwortung dieser Frage machen wir uns zunächst klar, wie die Lichtreflexe an einer Einbuchtung aussehen, wenn die Scheibe von der Rückseite bestrahlt wird. Konkave Bereiche werden zu konvexen, und umgekehrt vertauschen fokussierende und defokussierende Bereiche ihre Rolle. Deswegen muss an einer derartigen, längs der Diagonalen der Scheiben verlaufenden Ausbuchtung reflektiertes Licht wiederum im geeigneten Abstand ein Oval oder eine Kreisform mit hellen Rändern hervorrufen, wie er bei den Reflexen beobachtet wird.

Daher liegt die Vermutung nahe, dass sich insgesamt die Wirkungen zweier Scheiben überlagern, von denen die eine in der Diagonalen konvex und die andere konkav verformt ist. Zu einem solchen Phänomen kommt es automatisch, wenn das Licht von einer Doppelglasscheibe ausgeht, die einen Teil des Lichtes an der äußeren und einen Teil an der inneren Scheibe reflektiert, sofern die Scheiben entgegengesetzt gewölbt sind.

Derartige Verhältnisse treten auf, wenn die luftdicht abgedichteten Scheiben in ihrem Innern einen Über- oder Unterdruck aufweisen. Es führt zu einer Ausbuchtung oder Einbuchtung der Scheiben. Vorausgesetzt, die beiden Scheiben sind gleich (insbesondere von gleicher Dicke), so ist in beiden Fällen

derselbe Effekt zu beobachten, weil dann – abgesehen davon, dass die Scheiben an der Reflexion mit vertauschten Rollen beteiligt sind – äquivalente Krümmungsverhältnisse und damit die selben optischen Bedingungen vorliegen.

Sowohl für den Überdruck als auch für den Unterdruck lassen sich Argumente finden. Da man die Phänomene besonders bei tief stehender Sonne, also morgens und abends, beobachtet, lässt sich eine Deformation der Scheiben sowohl durch einen abkühlungsbedingten Unterdruck als auch einen aufheizungsbedingten Überdruck erklären. Welcher der beiden Fälle tatsächlich vorliegt, könnte man vielleicht herausfinden, indem man gegen eine der Scheiben drückt und feststellt, wie sich die Struktur der Reflexe dadurch verändert. Vermutlich stehen die Scheiben herstellungsbedingt unter einem gewissen Unterdruck.

Als wir die Lichtstrukturen zum ersten Mal vor einigen Jahren beobachteten, waren wir erstaunt, sie nicht früher gesehen zu haben. Einer der Gründe dürfte darin liegen, dass die Reflexe nur dann auf gegenüber liegenden Häuserwänden auftreten können, wenn die Sonne relativ niedrig steht und der Straßenverlauf nicht zu stark von der Nord-Süd-Richtung abweicht. Außerdem muss der Abstand der beiden Häuserfronten in etwa so groß sein, dass er der Brennweite der gekrümmten Fensterscheiben entspricht. Aber selbst wenn diese Bedingungen erfüllt sind, nehmen die meisten Menschen diese Reflexe nicht bewusst wahr. Als wir Kollegen unsere „Entdeckung“ in Form von Fotografien demonstrierten, glaubten sie zunächst weder an das natürliche Vorkommen der Lichtstrukturen noch an unsere Erklärung. Sie konnten sich einfach nicht vorstellen, dass wenn die Dinge wirklich so alltäglich (wie die Sonne) sind, sie davon schon vorher hätten Kenntnis erhalten müssen.

Diese Beobachtungen regen natürlich die Phantasie eines Physikers an: Wenn man den Abstand der Häuserfronten voneinander kennt, so müsste es theoretisch möglich sein, daraus die Krümmung der Scheiben zu ermitteln. Weitere Informationen, etwa über die Dicke der Scheiben und den Elastizitätsmodul, ließen sogar Rückschlüsse über den Gasdruck im Innern der Doppelglasscheibe zu. Bei geeigneter Normierung mit Hilfe des äußeren Luftdrucks könnte die Doppelglascheibe als eine Art Dosenbarometer angese-

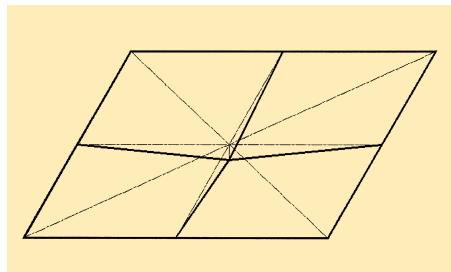


Abb. 2. Belastet man eine in einem Rahmen eingespannte Folie, buchtet sie sich längs der Diagonalen aus.

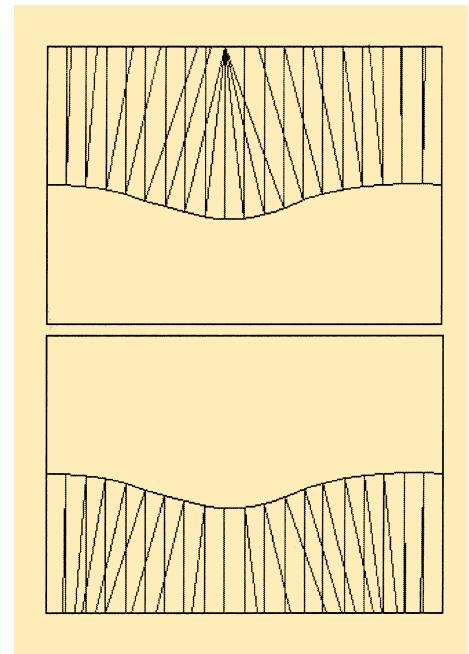


Abb. 3. Überhöhter Querschnitt durch eine deformierte Scheibe. Je nachdem von welcher Seite das Licht auf die Scheibe auftrifft, entstehen fokussierende (oben) oder defokussierende Reflexionen (unten).

hen werden. Mit einem entsprechend geschulten Blick auf die morgendliche oder abendliche Struktur der Reflexe ließe sich der Luftdruck ablesen und eine Wettervorhersage treffen.

Eine experimentelle Demonstration zu diesen Überlegungen ist leicht möglich. Dazu klebt man zwei durch einen rechteckigen Rahmen auf Abstand gehaltene Plexiglasscheiben luftdicht zusammen. Mit einem Stutzen versehen, kann man mittels eines Schlauches Luft in den Zwischenraum hineinblasen oder heraussaugen. Hält man diese Scheibe in den Strahlengang einer geeigneten Lampe, so lässt sich ein Reflex von der Form der Scheibe auf einer Projektionswand entwerfen. Durch gezielte Variation des Luftdrucks ist es möglich, die Scheibe gerade so zu verformen, dass auf der Projektionswand das Lichtkreuz im Lichtkreis erscheint.

Die Autoren



Hans Joachim Schlichting ist Professor an der Universität Münster und ständiger Autor der Rubrik „Spielwiese“.



Volkhard Nordmeier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Münster.

Anschrift

Prof. Dr. Hans Joachim Schlichting, Dr. Volkhard Nordmeier, Institut für Didaktik, Universität Münster, Wilhelm-Klemm-Straße 10, 48149 Münster.