



Faszination Licht – Regenbogen und Co.

Bei der Beobachtung des Himmels kann jeder von uns Zeuge fesselnder Naturerscheinungen werden. Ob Sonnenauf- oder -untergang, Gewitterwolke oder Regenbogen, der Blick zum Himmel bietet oft ein beeindruckendes Wechselspiel an Farben. Wie entstehen derartige Phänomene? Ursachen sind die Wechselwirkungen des Lichtes mit den unterschiedlichsten Partikeln in der Erdatmosphäre.

Bodennahe flüssige und feste Schwebestoffe in der Luft (Aerosole) als auch die Luftmoleküle selbst bewirken mehr oder minder starke Streuungen des Lichts. An Luftmolekülen ist beispielsweise zu beobachten, dass der blaue Anteil des Lichts am stärksten gestreut wird, das rote Licht dagegen kaum. Hier liegen die Ursachen für das Himmelsblau und die Entstehung von Morgen- und Abendröte.

Im DLR_School_Lab Neustrelitz können faszinierende – durch Lichtstreuung verursachte – Phänomene erforscht werden. Ausgehend von Experimenten zur Strahlenoptik wird z. B. untersucht, wie sich das Licht beim Durchgang durch die Erdatmosphäre verhält, wie die Farberlegung im Regentropfen erfolgt und welche Effekte Eiskristalle in der Atmosphäre hervorrufen.



© k-h-photo

Haupt- (unten) und Nebenregenbogen

Licht bestimmt unser Leben

Es gibt nur sehr wenige Dinge, die für alle Kulturkreise und für fast alle menschlichen Betätigungsfelder von so großer Bedeutung sind wie der „Stoff“ **Licht**. Die Auseinandersetzung mit dem Thema Licht spielt sowohl in den verschiedenen Religionen eine Rolle als auch in der Kunst und Literatur – und natürlich auch in den modernen Naturwissenschaften und in unserem Alltag insgesamt. Abgesehen davon, dass das Licht wie die Luft und das Wasser eine entscheidende Grundlage für alles Leben auf der Erde darstellt, gibt es heute viele Anwendungen, die auf der Nutzung von Licht basieren: So eröffnen z. B. Lasertechniken in der Medizin völlig neue und schonende Wege, komplizierte Operationen durchzuführen. Glasfaserkabel durchziehen die Länder und gewährleisten dank der Informationsübertragung mittels Licht schnelle Internetverbindungen. Und auch für eine umweltfreundliche Energieversorgung ist das Sonnenlicht von immer größer werdender Bedeutung.

Es ist also kein Wunder, dass in der Physik die Frage nach der Natur des Lichts mit zu den wichtigsten Fragen überhaupt gehört. Um ihre Beantwortung haben sich viele namhafte Forscher, unter ihnen Isaac Newton, Christiaan Huygens und Albert Einstein, bemüht und sind dabei auf ein verwirrendes Problem gestoßen: Licht kann als Welle, aber auch als Teilchenstrom beschrieben werden. Welches der damit verbundenen Modelle ein beobachtetes Phänomen plausibel beschreiben kann, ist von den konkreten Bedingungen abhängig. Für die Sinnhaftigkeit beider Modelle gibt es vielfältige experimentelle Belege.

Im Streulabor des DLR_School_Lab Neustrelitz können interessierte Schülerinnen und Schüler herausfinden, unter welchen Bedingungen sich Licht wie ein Strom von Teilchen oder wie eine Welle verhält und welche Phänomene bei der Wechselwirkung von Licht mit Regentropfen, Eiskristallen oder Staub in unserer Erdatmosphäre zu beobachten sind.

Regenbögen und sog. Aureolen (Lichtkränze) um Sonne oder Mond sind wohl die bekanntesten und dank ihrer Farbenpracht auch die faszinierendsten Lichterscheinungen. Doch wie entstehen

die Farben überhaupt? Und warum ist ein Regenbogen in unseren Breiten nicht zur Mittagszeit zu sehen? Mit Hilfe der Vorstellung des Lichts als Teilchenstrom werden im Streulabor Antworten darauf gegeben. Dagegen kann die Frage, warum ein Regenbogen nur durch eines der beiden Brillengläser einer 3D-Brille aus dem Kino zu sehen ist, nur mit der Wellennatur des Lichts beantwortet werden. Auch hierzu hält das Streulabor Experimente bereit.

Wesentlich seltener als der Regenbogen sind in unseren Breiten der 22°-Halo und die Nebensonnen zu beobachten. Dabei handelt es sich um einen hellen,



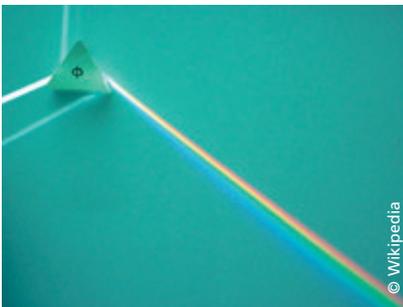
© DLR

Gegenlichtaufnahme eines 22°-Halos mit Nebensonnen über dem DLR-Gelände in Neustrelitz

weißen Ring um die Sonne mit starken Aufhellungen an deren rechter und linker Seite. Warum dazu Eisteilchen in der Luft notwendig sind und welche Form diese haben müssen, um einen solchen Ring zu erzeugen, wird mittels eines weiteren spannenden Experiments beantwortet.

Die Experimente

Im Streulabor des DLR_School_Lab können faszinierende, durch Lichtstreuung verursachte Phänomene anschaulich untersucht werden. Viele dieser Erscheinungen beruhen darauf, dass das sichtbare weiße Sonnenlicht ein Gemisch aus Licht vieler Einzelfarben ist. Ihre Wellenlängen liegen ca. zwischen 380 nm für blaues und 780 nm für rotes Licht. Von der Farbvielfalt kann man sich leicht mit Hilfe eines Prismas überzeugen. An ihm wird das einfallende weiße Licht einer Glühlampe oder der Sonne durch Brechung an den Grenzflächen zwischen Luft und Glas in seine Anteile zerlegt. Einige dieser Farben lassen sich bereits



Lichtbrechung und -reflexion am Prisma

bei gutem Wetter im Freien beobachten: Die Morgen- und die Abendröte beim Sonnenauf- bzw. Sonnenuntergang sowie tagsüber das Himmelsblau. Diese Erscheinungen werden durch die Streuung des Sonnenlichts auf seinem Weg durch die Erdatmosphäre an den kleinen Luftmolekülen verursacht (Rayleigh-Streuung). Derselbe Mechanismus ist auch für die Polarisierung des Himmelslichts verantwortlich. Schaut man z. B. durch einen linearen Polarisationsfilter unter einem Winkel von ca. 90° zur Sonne in den Himmel, so kann man durch Drehen des Filters deutlich einen Wechsel von hell und dunkel beobachten. Es wird vermutet, dass bereits die Wikinger vor mehr als 1.000 Jahren die Kenntnis dieses Effekts nutzten, um bei schlechter Sicht ihre Schiffe auf dem Nordatlantik sicher zu navigieren. Mit Hilfe ihres „Sonnensteins“ – ein doppelbrechender Kristall als Polarisationsfilter – konnten sie selbst bei Nebel die Richtung zur Sonne bestimmen. Ein einfaches Experiment stellt diese Situationen im Streulabor nach. Als „Sonne“ dient hier eine Weißlichtlampe, und die Atmosphäre wird durch eine mit



Farben und Wellenlängen des sichtbaren Lichts

Wasser und etwas Milchpulver gefüllte pneumatische Wanne simuliert. Auf diese Weise kann sich jeder sein eigenes stimmungsvolles „Abendrot“ schaffen. Gleichzeitig lässt sich die lineare Polarisierung des seitlich zur ursprünglichen Ausbreitungsrichtung gestreuten Lichts untersuchen. Interessierte Schüler können mit verschiedenfarbigem Laserlicht die Eindringtiefen desselben im getrübbten Wasser untersuchen und so den Ursachen für das Zustandekommen der Morgen- und Abendröte sowie des Himmelsblaus näher kommen.

Häufig ist jedoch der Himmel nicht klar, sondern wolkenverhangen. Unter welchen Bedingungen ist dann ein Regenbogen zu sehen? Im Streulabor lassen sich mit Hilfe einer Wassersprühflasche und einer Lampe die Voraussetzungen für dessen Erscheinen untersuchen. Es ist sogar möglich, einen einzelnen „Wassertropfen“ – dargestellt durch eine Glasgugel – herauszugreifen und die Verhältnisse im Detail zu studieren. Und auch beim Regenbogen lassen sich Polarisationsphänomene beobachten. Ein einfache



Versuchsaufbau zum Regenbogen

cher Versuch zur Untersuchung von an Glasscheiben reflektiertem Licht mittels eines Polarisationsfilters gibt Aufschluss über diesen Effekt.

So wie am „Regentropfen“ können Schüler auch an einem einzelnen „Eiskristall“ – ein hexagonales Plexiglasprisma – die Entstehung von Halo-Erscheinungen untersuchen. Zur Erklärung beider Phänomene – Regenbogen und Halo – dienen das Reflexions- und das Brechungsgesetz. Begleitende Experimente zu beiden

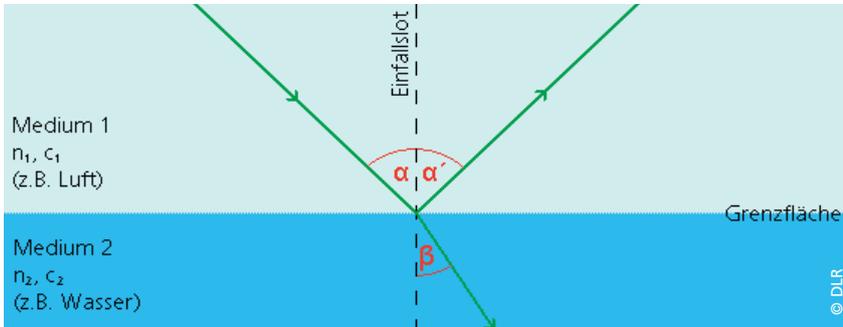
Gesetzen vertiefen das Verständnis für diese grundlegenden Prozesse, die nicht nur für das Zustandekommen zahlreicher atmosphärischer Lichterscheinungen verantwortlich sind.



Versuch zum 22°-Halo

Nach einem Besuch im Streulabor kennen die Schülerinnen und Schüler u. a. Antworten auf Fragen wie diese: Warum sehen Astronauten auf dem Mond nur einen schwarzen und keinen blauen Himmel? Welche Auswirkungen hat der zunehmende Schadstoffeintrag in die Atmosphäre durch den Menschen? Warum ist die Farbverteilung beim Nebenregenbogen entgegengesetzt zu der des Hauptregenbogens?

Glossar



Reflexion und Brechung

Trifft ein Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel α auf die Grenzfläche zweier optisch durchlässiger Medien (z. B. Luft und Wasser), treten Reflexion und vielfach auch Brechung des Lichts auf. Einfallender, reflektierter und gebrochener Lichtstrahl liegen dabei mit dem Einfallslot in derselben Ebene.

Der reflektierte Strahl verlässt die Grenzfläche unter dem Reflexionswinkel α' im ursprünglichen Medium. Es gilt das Reflexionsgesetz:

$$\alpha = \alpha'$$

Im Fall der zusätzlichen Lichtbrechung geht das Licht in das zweite Medium über und verlässt die Grenzfläche dort unter dem Brechungswinkel β . Es gilt das Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

c_1, c_2 : Geschwindigkeiten des Lichts in den optisch durchlässigen Medien 1 und 2; es sind $c_1 < c_0$ und $c_2 < c_0$

$c_0 = 299792458$ m/s:
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

n_1, n_2 : Brechzahlen der optisch durchlässigen Medien 1 und 2; Brechzahlen sind wellenlängenabhängig, für Wasser gilt beispielsweise:

Wellenlängen in nm	Brechzahl n
450 (blau)	1,3394
550 (grün)	1,3344
650 (rot)	1,3312

Polarisation

Die Polarisation einer Lichtwelle beschreibt die Richtung ihrer Schwingung. Bei einer linear polarisierten Welle ist die Richtung der Schwingung konstant.

Rayleigh-Streuung

Benannt nach John William Strutt, 3. Baron Rayleigh, bezeichnet sie die Streuung von Licht (allgemein einer elektromagnetischen Welle) an Teilchen, deren Durchmesser im Vergleich zur Wellenlänge klein sind. Die Rayleigh-Streuung tritt beispielsweise in der Atmosphäre als Effekt der Wechselwirkung von Licht mit Luftmolekülen auf.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Das DLR Neustrelitz

Der DLR-Standort Neustrelitz liegt etwa 100 Kilometer nördlich von Berlin im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Hier arbeiten über 70 Wissenschaftler, Ingenieure und Angestellte.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Standort sind den Themenbereichen satellitengestützte Erdbeobachtung, Navigation und Ionosphärenerkundung zugeordnet und gliedern sich in verschiedene Forschungsprogramme ein.



DLR

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

DLR_School_Lab Neustrelitz
Kalkhorstweg 53
17235 Neustrelitz

Leitung: Dr. Albrecht Weidemann
Telefon: 03981 237 862
oder 03981 480 220
Telefax: 03981 237 783
E-Mail: schoollab-neustrelitz@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab