



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

337. Regenbogen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

arten, welche dem anderen zu der Mischung, die uns als Weiß erscheint, fehlen. Zwei Farben, welche in dieser Art sich zu Weiß ergänzen, nennt man *Ergänzungsfarben* oder *komplementäre Farben*. Indem man das Glaskeilchen allmählich durch die ganze Länge des Spektrums schiebt, werden immer andere Farben zur Seite gelenkt, und die beiden Bilder auf dem Schirm zeigen nach und nach eine ganze Reihe komplementärer Farbenpaare. Man findet auf diese Weise, daß rote und grüne, gelbe und blaue, grünlichgelbe und violette Farbtöne sich gegenseitig zu Weiß ergänzen.

Um für unser Auge den Eindruck des Weißen hervorzubringen, ist übrigens keineswegs das Zusammenwirken aller Farben des Spektrums notwendig, sondern es kann auch durch Vereinigung von nur zwei einfachen Farben Weiß entstehen. Unter den einfachen Farben sind zueinander komplementär Rot und Grünlichblau, Orange und Hellblau, Gelb und Dunkelblau, Grünlichgelb und Violett. Überhaupt findet man für jede Stelle des Spektrums vom roten Ende bis zum Anfange des Grün eine komplementäre Stelle in dem vom Anfang des Blau bis zum violetten Ende reichenden Teile des Spektrums.

Nur das spektrale Grün besitzt keine einfache Komplementärfarbe, sondern eine aus Rot und Violett zusammengesetzte, nämlich Purpurrot.

337. **Regenbogen.** In großartigem Maßstabe wird uns die Farbenzerstreuung vor Augen geführt durch den Regenbogen, welchen man, mit dem Rücken gegen die unverhüllte Sonne gewendet, auf einer gegenüberliegenden regnenden Wolkenwand erblickt. Seine Entstehung wird durch folgenden Ver-

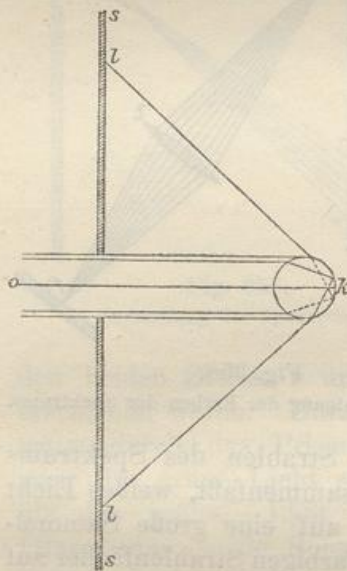


Fig. 359.

Brechung und innere Zurückwerfung in einer Wasserkugel.

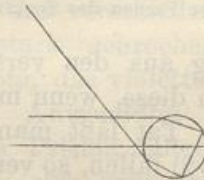


Fig. 360.

Brechung und zweimalige innere Zurückwerfung in einer Wasserkugel.

such erläutert. Auf eine mit Wasser gefüllte Hohlkugel *k* (Fig. 359) von Glas fällt in horizontaler Richtung ein Bündel Sonnenstrahlen, dessen Durchmesser gleich dem der Kugel oder größer ist. Auf einem Schirme *ss*, welcher vor der Kugel aufgestellt und in seiner Mitte zum Durchlassen der einfallenden Strahlen mit einer Öffnung versehen ist, zeigt sich nun rings um diese Öffnung in einem Abstand von ihr, welcher dem der Kugel von dem Schirme etwa gleichkommt, ein farbiger Kreis, sozusagen ein kreisförmig gebogenes Spektrum, dessen Farben konzentrisch angeordnet sind, so daß sich das Rot außen, das Violett innen befindet. Noch weiter von der Mitte des Schirmes entfernt sieht man noch einen zweiten solchen Kreis, dessen bedeutend lichtschwächere Farben aber die umgekehrte Anordnung zeigen, indem hier das Rot am inneren, das

Violett dagegen am äußeren Umfang erscheint. Der erste Kreis entsteht durch Strahlen, welche, nachdem sie in die Wasserkugel eingetreten sind, an deren Hinterfläche zurückgeworfen werden und dann an der Vorderfläche wieder austreten. Bei dieser zweimaligen Brechung und einmaligen inneren Zurückwerfung, wie sie in Fig. 360 angedeutet ist, erleidet jeder Strahl eine Ablenkung aus seiner ursprünglichen Richtung, welche je nach der Entfernung des einfallenden Strahles von dem mittleren Strahl eine andere ist. Unter mittlerem Strahl verstehen wir dabei denjenigen, welcher nach dem Mittelpunkt der Kugel geht; er wird an der Hinterfläche in sich selbst zurückgeworfen und erleidet sonach keine Ablenkung. Entfernt man sich von diesem mittleren Strahl, so nimmt die Ablenkung anfangs zu, bis sie in einer gewissen Entfernung einen größten Wert erreicht; von hier an bis zu den äußersten an der Kugel hinstreifenden Randstrahlen nimmt die Ablenkung wieder ab. Die am stärksten abgelenkten Strahlen, welche auf dem Schirme den Umfang des Farbenkreises treffen, bringen daselbst eine Erleuchtung hervor, welche weitaus größer ist, als die eines Punktes der umschlossenen Kreisfläche. Geht man nämlich von den Strahlen, welche die größte Ablenkung erleiden, zu dem mittleren Strahl oder zu den Randstrahlen über, so ändert sich die Ablenkung zuerst sehr langsam, später aber rasch. Deswegen bleiben die Strahlen, welche den stärksten abgelenkten beim Einfallen benachbart sind, auch nach dem Austritt ihnen beigesellt und verstärken ihre Lichtwirkung; solche Strahlen dagegen, welche an anderen Stellen der Wasserkugel nahe beieinander einfallen, treten nach der zweiten Brechung weit auseinander und bringen deshalb auf dem Schirme keine erhebliche Beleuchtung hervor. Stellt man daher den Versuch mit einfarbigem Lichte an, indem man z. B. die Öffnung des Heliostaten mit einem roten Glas bedeckt, so reduziert sich die Erscheinung auf dem Schirme auf eine schwach beleuchtete Kreisfläche, welche von einer sehr hellen roten Kreislinie umgeben ist. Für die roten Strahlen beträgt die größte Ablenkung (der Winkel zwischen ok und $k\ell$) etwas mehr als 42° . Die übrigen Strahlenarten werden vermöge ihrer größeren Brechbarkeit der Richtung ok der einfallenden Strahlen wieder mehr genähert und erzeugen Kreise, deren Halbmesser in der Reihenfolge der Brechbarkeit immer kleiner sind. Die Ablenkung der violetten Strahlen beträgt etwa 2° weniger als die der roten. Bei Anwendung des weißen Sonnenlichts muß daher jenes kreisförmige Spektrum mit Rot am äußeren Umfange entstehen.

Der zweite farbige Kreis entsteht durch Strahlen, welche so, wie Fig. 360 zeigt, zweimal gebrochen und zweimal nach innen zurückgeworfen wurden. Die kleinste Ablenkung, deren solche Strahlen fähig sind, beträgt etwa 51° , für die roten Strahlen etwas weniger, für die violetten etwas mehr.

Jeder fallende Regentropfen wirkt nun ebenso wie die mit Wasser gefüllte Kugel. Ein Auge O (Fig. 361), welches nach einer der Sonne gegenüberliegenden regnenden Wolke blickt, wird daher das im Innern der Tropfen einmal reflektierte Licht nur von solchen Tropfen in genügender Stärke empfangen, welche von dem der Sonne entgegengesetzten Punkte S des Himmels um einen Winkel von etwa 42° abstehen; die von anderen Tropfen kommenden Strahlen gehen ungesehen am Auge vorbei. Indem die Tropfen AA' , welche die roten Strahlen nach O senden, von dem Punkte S etwas weiter entfernt sind als die Tropfen BB' , von welchen das schwächer abgelenkte violette Licht nach dem Auge geht, erblickt dieses einen um den Gegenpunkt S der Sonne beschriebenen Kreisbogen,

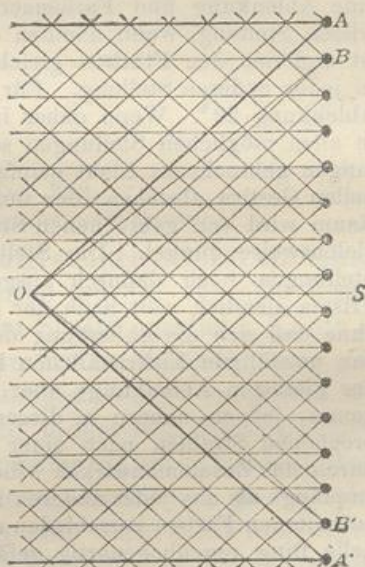


Fig. 361.

Entstehung des Regenbogens.

in welchem die Farben des Spektrums in der Reihenfolge ihrer Brechbarkeit von außen nach innen konzentrisch geordnet sind — den ersten oder Hauptregenbogen. Der viel blässere zweite oder Nebenregenbogen mit entgegengesetzter Farbenfolge ist um einen Winkel von 51° vom Punkte *S* entfernt; er entsteht durch die Strahlen, welche wie in Fig. 360 in den Regentropfen nach zweimaliger Brechung und zweimaliger Zurückwerfung eine möglichst kleine Ablenkung erfahren haben. Der Zwischenraum zwischen beiden Bogen erscheint dunkler als der übrige Teil des Himmels, weil von ihm aus keine Strahlen, welche in den Tropfen ein- oder zweimal zurückgeworfen worden sind, das Auge treffen können.

Die genauere Beobachtung lehrt, daß die Erscheinung des Regenbogens wesentlich verwickelter ist, als der obigen Beschreibung und der einfachen von Descartes (1637) aufgestellten Theorie entspricht. An die prismatische Farbenfolge des Hauptbogens schließen sich oft nach innen zu blässere Bogen in abwechselnden Färbungen an, die sogenannten überzähligen Bogen, und ferner ist die ganze Ausbildung der Farben keineswegs stets die gleiche, sondern verschieden je nach den Umständen. Nach der genauen von Airy (1836) entwickelten Theorie ist die Erscheinung vom Standpunkte der später (353) zu besprechenden Interferenzerscheinungen aus zu behandeln. Dann erklärt sich die Verschiedenheit im Aussehen des Regenbogens aus dem Einfluß, den die Tropfengröße auf die Farbenentwicklung ausübt.

338. **Halo** nennt man den hellen Ring, welcher so häufig den Mond, seltener die Sonne, in einem Abstand von 22° umgibt. Er zeigt die Farben des Regenbogens, welche freilich bei dem Mondring nur blaß und verwaschen erscheinen; die Anordnung der Farben ist jedoch die umgekehrte; das Rot befindet sich innen, das Violett außen. Die Erscheinung tritt ein, wenn der Himmel von leichten Federwölkchen wie mit einem halbdurchsichtigen Schleier überzogen ist, und erklärt sich aus den Wirkungen, welche die feinen Eiskriställchen, aus denen diese Wolken bestehen, auf die Lichtstrahlen ausüben. Die kleinen Eiskristalle haben die Form regelmäßiger sechsseitiger Säulen, so daß je zwei weder benachbarte noch parallele Flächen einen Winkel von 60° miteinander bilden. Durch jedes derartige Flächenpaar erleiden die Lichtstrahlen eine Ablenkung und Farbenzerstreuung wie durch ein Prisma. In einer gewissen Stellung, wenn nämlich der Lichtstrahl zur Kante des Prismas senkrecht ist und mit den Flächen gleiche Winkel bildet, ist die Ablenkung kleiner als in jeder anderen Stellung. Für ein Eisprisma von 60° beträgt nun die kleinste Ablenkung 22° . Wenn daher in der Luft unzählige solcher kleinen Eisprismen in allen möglichen Stellungen schweben, wird das Auge nur aus solchen Richtungen gebrochenes Licht empfangen können, welche um mehr als 22° von dem hellen Gestirn abstehen; der innerhalb des Kreises von 22° Halbmesser gelegene Raum wird von gebrochenen Strahlen nicht erleuchtet und erscheint daher vergleichsweise dunkel. Die Stellung der kleinsten Ablenkung ist vor anderen Stellungen noch dadurch ausgezeichnet, daß ein in dieser Lage befindliches Prisma ziemlich weit nach der einen oder anderen Seite gedreht werden kann, ohne daß sich die Ablenkung der gebrochenen Strahlen merklich ändert. Unter den unzähligen Eiskriställchen befinden sich gewiß viele genau in der Stellung der kleinsten Ablenkung; aber eine noch weit größere Anzahl wird zwar nicht genau, jedoch nahezu in dieser Stellung sein. Diese wie jene lenken die gebrochenen Strahlen nach einer einzigen Richtung, aus welcher nun das Auge durch das Zusammenwirken sehr vieler Strahlen einen lebhafteren Lichteindruck empfängt als aus jeder anderen Richtung. Da die verschiedenen im weißen Licht enthaltenen Farben verschieden stark gebrochen werden, so ist der so entstandene helle Ring regenbogenartig gefärbt, und zwar befindet sich das am wenigsten abgelenkte Rot an seinem inneren Rand. Indem die Eiskristalle, der Schwere gehorchend, langsam herabsinken, stellen sie sich bei ruhiger Luft mit ihrer Längsrichtung lotrecht, weil sie in dieser Lage den kleinsten Luftwiderstand erfahren. In mit Eiskristallen erfüllter ruhiger Luft werden daher lotrecht gestellte in vorwiegender Zahl vorhanden sein. Der Ring zeigt daher häufig an den beiden Punkten seines Umfangs, welche ihr Licht von lotrecht gestellten Prismen