

KLAUS HÜNIG

Die Umkehr-Brille

Bausatz für eine Prismen-Brille mit Totalreflexion, ideal für zahlreiche spannende Experimente zur optischen Wahrnehmung

Hochwertige Dove-Prismen
aus leichtem PMMA



Auch für Brillenträger
geeignet

AstroMedia

Der Verlag der Wissen schafft

Was ist Sehen?

Diese Frage beschäftigt die Naturforscher schon seit dem alten Griechenland. Leonardo da Vinci kam durch seine Beschäftigung mit optischen Linsen als erster auf den Gedanken, dass durch die Augenlinse das Bild auf dem Augenhintergrund (der Netzhaut) um 180° verdreht sei. Daraus entwickelte sich die Fragestellung, wie dieses „verkehrte“ Bild in der Fortsetzung des Sehprozesses dennoch zu einer richtigen Orientierung im Raum dienen kann.

Der Amerikaner George Stratton experimentierte erstmals 1896 über mehrere Tage mit einem einäugigen Umkehrprisma. Diese grundlegenden Versuche zum Verständnis optischer Wahrnehmung und Orientierung im Raum wurden von einer Reihe Forscher fortgesetzt, besonders weitreichend von Ivor Kohler in Innsbruck.

Die jüngste Untersuchung wurde durch Rolf Reisiger durchgeführt, der seine Umkehrbrille 44 Tage lang ohne Unterbrechung trug. Seine Arbeit kann im Internet nachgelesen werden:



www.restdewelt.de/aktiv/index.php?id=4&detailId=38

Auf den bekannten Online-Videoportalen finden sich außerdem zahlreiche Filme über Experimente mit Umkehrbrillen oder auch archivierte TV-Wissenschaftssendungen.

Für die Grundaussage dieser Versuche spielt es dabei keine Rolle, dass eine mit einfachen Prismen versehene Umkehrbrille nur Oben und Unten oder Rechts und Links vertauschen kann, nicht aber beides zugleich, wie es die Augenlinse mit dem Netzhautbild macht.

Während frühere Zeiten den Sehvorgang oft als etwas Passives und Mechanisches gesehen haben, etwa wie den Vorgang beim Fotografieren, hat sich heute die Erkenntnis durchgesetzt, dass der kameraartige Vorgang im Auge erst durch die höchst komplexe und aktive Seh-Tätigkeiten zum eigentlichen Sehen führt.

Bauanleitung. Bitte jeden Schritt vor Beginn erst ganz durchlesen.

Dieser Bausatz enthält:

- Brillengehäuse mit Schraubringen
- 2 St. OptiMedia Dove-Prisma aus PMMA
- 2 St. Prismenhalterung Ø 50 mm aus MDF
- Sandblatt-Bastelfeile

Was Sie für den Zusammenbau noch benötigen:

- Geo-Dreieck oder ähnliches zur Bestimmung des rechten Winkels
- Rasch härtender 2-Komponenten-Kleber, z.B. Uhu Plus Schnellfest (Verarbeitungszeit 5 Minuten, fest nach 20 Minuten) zum Einkleben der Prismen
- *Optional:* Ein gut deckender schwarzer Lackstift oder ähnliches, um die optisch nicht aktiven Flächen der Prismen abzudecken. Ein normaler schwarzer Filzstift genügt dafür nicht, weil er keine deckenden Pigmente enthält.



ACHTUNG

Machen Sie mit aufgesetzter Brille keine Bewegungen, bei denen Sie stürzen oder sich verletzen könnten. Bei empfindlichen Personen kann eine lange Tragezeit Unwohlsein auslösen.

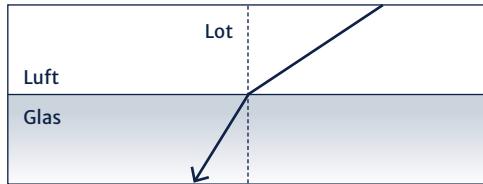
Die Umkehrbrille ist kein Spielzeug. Lassen Sie Kinder damit nicht unbeforscht.

Abschnitt A

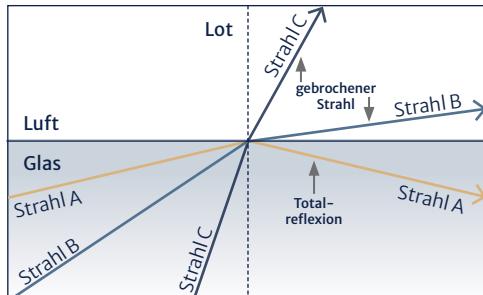
Vorbereitung der Dove-Prismen

Das Dove-Prisma ist ein Reflexionsprisma, d.h. es wird zur Spiegelung ("Reflexion") des Lichtes eingesetzt, nicht zu seiner Brechung. Die Spiegelung erfolgt an seiner größten Fläche durch Totalreflexion. Dieses Phänomen, das ohne eine Verspiegelung mit Silber oder Aluminium auskommt, lässt sich mit dem Brechungsgesetz erklären, das der Niederländer Snellius 1618 erstmals beschrieb:

Trifft ein Lichtstrahl aus einem dünneren Medium (z.B. Luft) auf die Fläche eines dichten Mediums (z.B. Glas), wird er zum Einfallslot hin gebrochen, und umgekehrt beim Übergang von einem dichten in ein dünneres Medium vom Einfallslot weg.

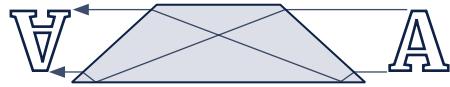


Zur Totalreflexion kommt es, wenn ein Lichtstrahl beim Übergang in das dünneres Medium in einem sehr flachen Winkel auf die Trennfläche auftrifft. Sein Winkel zum Einfallslot kann dann wegen dieses Brechungsgesetzes größer als 90° werden, und das bedeutet, dass er ins dichtere Medium zurückgeworfen (reflektiert) wird. Das wiederholt sich so lange, bis er in einem genügend steilen Winkel auf eine Fläche auftrifft und dann ins dünneres Medium übergehen kann.



Zur Totalreflexion werden oft Prismen mit einem gleichschenklig rechtwinkligen Querschnitt eingesetzt. Die Lichtstrahlen bewegen sich dabei aber nur im unteren Teil des Prismas, die obere Hälfte

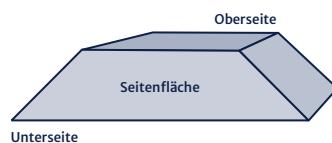
wird eigentlich nicht benötigt. Bei dem für die Totalreflexion optimierten Dove-Prisma ist die Spitze aus diesem Grund weggelassen, daher sein trapezförmiger Querschnitt. Ein Bild, das in eine der beiden schrägen Flächen des Dove-Prismas fällt, wird an der Unterseite gespiegelt und steht deshalb auf dem Kopf, wenn es auf der gegenüber liegenden schrägen Fläche wieder austritt.



Tipp: Da beim Dove-Prisma nur die große Grundfläche und die beiden schrägen Flächen optisch wirksam sind, können Sie es unbesorgt an den beiden sägerauen Seitenflächen anfassen. Berühren Sie die schrägen Flächen und die Grundfläche nach Möglichkeit nicht. Fingerabrüche lassen sich mit einem weichen Tuch und etwas Spülwasser entfernen.

Schritt 1 **Achtung:** Die Kanten und Ecken der Prismen sind produktionsbedingt teilweise sehr scharf. Fahren Sie mit der Sandblatt-Bastelfeile über alle scharfen Kanten und Ecken und flachen diese leicht ab, bis keine Verletzungsgefahr mehr besteht.

Schritt 2 **Optional:** Die optische Leistung insbesondere in heller Umgebung lässt sich verbessern, wenn die drei nicht benötigten Flächen (die Oberseite und die beiden Seitenflächen) lichtdicht abgedeckt werden, z.B. mit einem gut deckenden schwarzen Lackstift. Damit wird das Streulicht im Prisma reduziert.



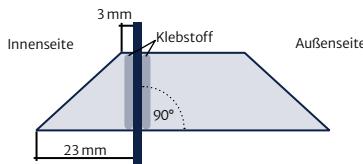
Abschnitt B

Prismen in Halterungen montieren

Die schwarze Seite ist die dem Auge zugewandte Innenseite, die blaue zeigt nach außen.

Schritt 3

Stecken Sie ein Prisma von der blauen Außenseite her in den rechteckigen Ausschnitt einer Halterung, so dass es 23 mm weit auf der schwarzen Innenseite herausragt. Dann sind neben der schrägen Fläche auch noch 3 mm der Prismen-Oberseite zu sehen, und auf der blauen Außenseite ragt es ca. 57 mm weit heraus. Da die Halterung 3 mm stark ist, lässt sich das leicht abschätzen. Prüfen Sie mit dem Geodreieck, ob Prismen-Unterseite und Halterung einen rechten Winkel bilden.



Stecken Sie ein Prisma von der blauen Außenseite her in den rechteckigen Ausschnitt einer Halterung, so dass es 23 mm weit auf der schwarzen Innenseite herausragt. Dann sind neben der schrägen Fläche auch noch 3 mm der Prismen-Oberseite zu sehen, und auf der blauen Außenseite ragt es ca. 57 mm weit heraus. Da die Halterung 3 mm stark ist, lässt sich das leicht abschätzen. Prüfen Sie mit dem Geodreieck, ob Prismen-Unterseite und Halterung einen rechten Winkel bilden.

Tipp: Die Breite der Prismen kann im Zehntelmillimeter geringfügig schwanken. Wenn der Ausschnitt in der Halterung zu klein ist, lässt er sich mit Hilfe der Bastelfeile erweitern. Das Prisma soll aber noch leicht klemmen, so dass sich der eingestellte rechte Winkel beim Anbringen des Klebers nicht verändert. Wenn es zu locker sitzt, können Sie ein Stück Papier o.ä. provisorisch zwischen Oberseite und Halterung klemmen.

Schritt 4

Bringen Sie in den Hohlkanten zwischen den sägerauen Prismenseiten und der Halterung 2-Komponenten-Kleber an, und zwar sowohl auf der Innen- wie auf der Außenseite. Sie können auch an der Oberseite der Prismen Kleber anbringen, nicht aber an der Unterseite. Legen Sie die Prismen vorsichtig auf einer Tischkante ab, solange der Kleber trocknet, so dass die Halterung frei in die Luft ragt. Die eingestellten rechten Winkel dürfen sich nicht verschieben, prüfen Sie sie falls nötig noch einmal nach. Kleber gut abbinden lassen.

Abschnitt C

Prismen in der Brille festschrauben

Die Halterungen mit den darin festgeklebten Prismen werden mit Hilfe der Schraubringe im Klappvisier des Brillengestells befestigt.

Schritt 5

Klappen Sie das Visier des Brillengehäuses auf und legen Sie die Halterungen mit den Prismen von innen so in das Visier, dass die schwarze Seite der Halterung und damit auch das kurze Ende des Prismas zum Auge zeigt, wenn das Visier heruntergeklappt wird. **Tipp:** Falls die kleinen, nach innen weisenden Griffstege der Schraubringe nicht leicht genug an den Prismen vorbei gehen, können sie mit der beiliegenden Bastelfeile etwas gekürzt werden.

Schritt 6

Legen Sie einen Schraubring auf die Prismenhalterung und schrauben Sie ihn fest, bis die Halterung mit dem Prisma fixiert ist. Um es zu verdrehen, muss nur der Schraubring etwas gelockert werden.

Herzlichen Glückwunsch! Ihre Prismen-Brille ist nun fertig. Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim experimentieren!

Tipps zur Benutzung der Umkehrbrille:

Prismen justieren:

Setzen Sie die Brille auf und prüfen Sie, ob die Prismen horizontal identisch ausgerichtet sind. Verändern Sie die Ausrichtung der Prismen so lange um kleine Winkelbeträge, bis die mit beiden Augen sichtbaren Gegenstände zur Deckung kommen und nicht mehr gegeneinander verdreht sind.

Wenn eine Linie von den beiden Augen als horizontal, aber unterschiedlich hoch gesehen wird, so dass die beiden Bilder nicht zur Deckung gebracht werden können, kann das daran liegen, dass die Winkel, unter denen die Prismen in den Halterungen eingeklebt sind, trotz Geo-Dreieck nicht die gleichen 90° haben, oder dass das Klappvisier aus Kunststoff in sich etwas verzogen ist.

Durch ein Gegen-Verziehen lässt sich vorübergehend Abhilfe schaffen. Dauerhaft korrigieren Sie den Fehler, wenn Sie zwischen Visier und Prismenhalterung kleine Stückchen Papier o.ä. anbringen, so dass sich der Winkel des Prismas zum Visier in der gewünschten Richtung verändert.

Experimentieren:

Wichtig: Die Umkehrbrille setzt ihr gewohntes Orientierungsvermögen außer Kraft. Machen Sie deshalb keine Bewegungen mit aufgesetzter Brille, bei denen Sie stürzen und sich verletzen könnten.

Wenn Sie die Effekte der Bildumkehr auf Ihr Orientierungsvermögen untersuchen wollen, sollten sie die Brille mindestens eine Stunde lang tragen. Aber Vorsicht: Bei empfindlichen Personen könnte eine lange Tragezeit Unwohlsein auslösen.

Tipp: An dieser Stelle sei noch einmal die lesenswerte wissenschaftliche Arbeit von Rolf Reisinger erwähnt. Zu finden auf „www.restderwelt.de, Abschnitt Sonstiges, Bildumkehr mit Umkehrbrille“



www.restderwelt.de/aktiv/index.php?id=4&detailId=38

Gerne veröffentlichen wir Ihre Erfahrungsberichte und Vorschläge für weitere Experimente auf unserer Homepage astromedia.de.

Wir freuen uns auf Ihre Nachricht an: service@astromedia.de.

1 Oben-Unten-Spiegelung: Die Prismen sind so gedreht, dass die Grundfläche (die größte Fläche) entweder nach oben oder nach unten zeigt. Finden Sie heraus, welche Einstellung das beste Sichtfeld für Sie ergibt. Versuchen Sie dann z. B., einem Menschen die Hand zu geben, Dinge zu ergreifen, Wasser aus einem Glas zu trinken oder in ein anderes umzugeßen, etwas zu schreiben oder sich im Raum zu orientieren (mit einer stützenden Hilfsperson).



2 Rechts-Links-Spiegelung: Dazu werden die Prismen so gedreht, dass die Schmalseiten unten und oben liegen. Führen Sie hier auch die o.a. Versuche durch und prüfen Sie dabei, in wie weit sich die Fähigkeit zum räumlichen Sehen verändert.



AstroMedia GmbH • Im Wirrigen 30 • 45731 Waltrop

UBR-4280

Für weitere optische Überraschungen

Der Magische Spiegel – Die perfekte 3D-Illusion

Der kleine Frosch, eine Blüte, eine Münze oder ein anderer kleiner Gegenstand sitzt verborgen unten in der Schale und schickt nur sein täuschend echtes 3D-Abbild mittels einer ausgeklügelten Spiegeloptik nach oben. Greift man aber danach, geht der Griff ins Leere.

Bei uns im astromedia.de Onlineshop



AstroMedia 

Der Verlag der Wissen schafft

astromedia.de