

Physik und Medizin: Augenärztliche Verfahren im Physikunterricht

1. Einleitung

Der Besuch beim Augenarzt ist für Schülerinnen und Schüler ein interessantes Erlebnis. In einem vorangegangenen Artikel [1] wurde bereits am Beispiel des Augenspiegels gezeigt, auf welche Weise sich das Interesse an augenärztlichen Untersuchungsmethoden gewinnbringend für den Physikunterricht einsetzen lässt. Im vorliegenden Aufsatz soll nun ein weiteres Untersuchungsverfahren vorgestellt werden: die *Skiaskopie* oder Schattenprobe (griech. *skiá* = Schatten, *skopé* = Beobachtung). Es handelt sich dabei um ein Verfahren zur *objektiven Refraktionsbestimmung*. Das bedeutet, dass die Sehschärfe des Patienten ermittelt wird, ohne auf seinen subjektiven Schärfeeindruck beim Betrachten eines Testbildes zurückgreifen zu müssen. Dies ist vor allem hilfreich bei Kindern oder Personen, mit denen sich der Arzt nicht verständigen kann.

Bei der Skiaskopie wird über einen Augenspiegel Licht in das untersuchte Auge geworfen. Dieses Licht wird an der Netzhaut reflektiert und wirkt als sekundäre Lichtquelle. Aus der Gestalt der Reflexe kann der Arzt oder die Ärztin die Sehschärfe des Auges beurteilen. Man sieht nämlich beim Schwenken des Augenspiegels bestimmte Leuchterscheinungen. Entweder leuchtet die ganze Pupille rot auf oder ein Lichtband läuft durch die Pupille. Dies kann gleich- oder gegensinnig zur Spiegelbewegung erfolgen. Aus der Beurteilung dieser Erscheinungen kann man sagen, ob Kurz-, Weit- oder Normalsichtigkeit vorliegt. In diesem Artikel soll gezeigt werden, wie diese Erscheinungen zustandekommen, wie sie mit der Sehschärfe des Patienten zusammenhängen und wie man mit einfachen Experimenten die Skiaskopie im Unterricht nachvollziehen kann.

Gemessen an anderen in der Schule üblicherweise behandelten Inhalten aus der geometrischen Optik ist die Skiaskopie relativ kompliziert. Wir schlagen daher eine Vorgehensweise in mehreren Teilschritten vor, die das Verständnis erleichtern soll:

1. *Beleuchtung der Netzhaut.* Die Beleuchtung der Netzhaut über den Augenspiegel dient nur dazu, um das Licht ins Auge zu bringen. Für das Prinzip der Skiaskopie ist diese Stufe von geringer Bedeutung. Wir betrachten daher im folgenden nur den beleuchteten Fleck auf der Netzhaut und fassen ihn als sekundäre Lichtquelle auf.
2. *Statische Beurteilung der optischen Erscheinungen in der Pupille.* Hier liegt der in optischer und diagnostischer Hinsicht eigentlich interessante Punkt der Skiaskopie. Indem der Arzt auf die Pupille des Patienten schaut und überprüft, ob die Pupille als Ganzes rot aufleuchtet oder nicht, kann er schon beurteilen, ob Normal- oder Fehlsichtigkeit vorliegt.
3. *Schwenken des Augenspiegels.* Schwenkt der Arzt den Augenspiegel, kann er zusätzlich noch ermitteln, ob Kurz- oder Weitsichtigkeit vorliegt und durch Vorsetzen von zusätzlichen Korrektionslinsen die zur Korrektur des Sehfehlers nötige Dioptrienzahl feststellen.

2. Schülerexperimente zur „statischen“ Skiaskopie

Wir betrachten zunächst Punkt 2, also eine statische Situation, in der die sekundäre Lichtquelle (der beleuchtete Fleck auf der Netzhaut) nicht bewegt wird. Es liegt die in Abb. 1 gezeigte einfache Anordnung vor: Das von der sekundären Lichtquelle auf der Patientennetzhaut ausgehende Lichtbündel wird von der Linse des Patientenauges gebrochen. Das Arztauge betrachtet das von der Patientenpupille ausgehende Licht. Das Patientenauge soll entspannt sein (was bei der Untersuchung nicht einfach zu erreichen ist) und das Arztauge soll sich in großer Entfernung vom Patientenauge befinden und auf die Patientenpupille fokussiert sein.



Abb. 1: Das vom normalsichtigen Patientenaug ausgehende Lichtbündel fällt ins Arztauge (das auf die Patientenpupille fokussiert ist).

Patientenaug

Arztauge

Die interessante Frage ist nun: Was sieht das Arztauge? Diese Frage lässt sich mit einem einfachen Experiment beantworten, in dem das Modell des Patientenauges aufs Äußerte reduziert ist. Es besteht nur aus einer Linse (z. B. $f=100\text{ mm}$) und einer Lichtquelle, die den beleuchteten Fleck auf der Netzhaut darstellt. Als besonders geeignet hat sich eine rote Leuchtdiode erwiesen, mit der man einen der Realität entsprechenden Farbeindruck erzielen kann. Auch eine Taschenlampe mit einer aufgeklebten Lochmaske aus Pappe ist geeignet. Der Versuchsaufbau ist so einfach, dass man das Experiment leicht als Schülerexperiment durchführen kann.

a) normalsichtiges Auge

Die Lichtquelle wird zunächst in die (deutlich sichtbar markierte) Brennebene der Linse gesetzt. Aus großem Abstand betrachtet man die Linse. Man sieht sie als Ganzes hell aufleuchten. In die Situation des Arztes zurück übertragen heißt das, dass der Arzt die Patientenpupille als Ganzes erleuchtet sieht.

Man kann diese Beobachtung einfach erklären. In Abb. 1 ist die Situation dargestellt. Da die Lichtquelle sich in der Brennebene der Linse befindet, verläßt das von der Lichtquelle ausgehende Licht die Linse als paralleles Bündel. Das Arztauge sieht Licht von jedem Punkt der Patientenpupille (der Linse) ausgehen: sie erscheint hell.

Was kann der Arzt aus seiner Beobachtung schließen? Er muss den umgekehrten Weg gehen wie wir in unserem Experiment. Er kann die Position der Lichtquelle (und damit der Netzhaut) nicht kennen. Aus der als Ganzem aufleuchtenden Patientenpupille schließt er auf ein paralleles Lichtbündel zurück. Das bedeutet aber, dass sich die Netzhaut in der Brennebene der Linse befindet, dass das Auge also normalsichtig ist (sofern die Augenlinse des Patienten tatsächlich entspannt ist).

b) fehlsichtiges Auge

Als nächstes simulieren wir ein weitsichtiges Auge. Die Netzhaut liegt in diesem Fall vor der Brennebene der Linse. Wir rücken also im Experiment die Lichtquelle ein Stück in Richtung Linse. Das sich ergebende Lichtbündel ist in Abb. 2 gezeigt. Nach Verlassen der Patientenlinse ist es divergent. Nicht alles davon fällt ins Arztauge. Nur das Licht aus dem schattierten Bereich gelangt ins Arztauge. Das bedeutet, dass der Arzt nicht alle Teile der Pupille auf-

leuchten sieht. Nur der zentrale (schattierte) Bereich der Pupille ist hell. Daran kann der Arzt erkennen, dass es sich um ein fehlsichtiges Auge handelt.

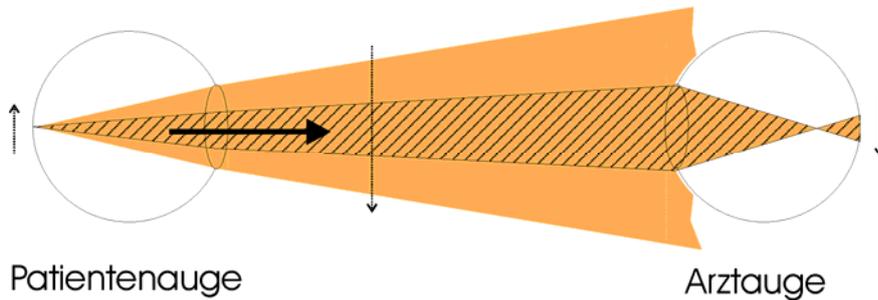


Abb. 2: Beim weitsichtigen Auge ergibt sich ein divergentes Lichtbündel. Nur der schattiert gezeichnete Teil des Lichts fällt ins Arztauge.

Ganz Analoges geschieht beim kurzsichtigen Auge. Um es zu simulieren, müssen wir die Lichtquelle in die andere Richtung verschieben. Das Lichtbündel konvergiert nun an einem bestimmten Punkt vor dem Arztauge und divergiert anschließend wieder (Abb. 3). Auch hier fällt nur das Licht aus dem schattierten Bereich ins Arztauge. Der Arzt sieht wieder nur einen Teil der Pupille aufleuchten.

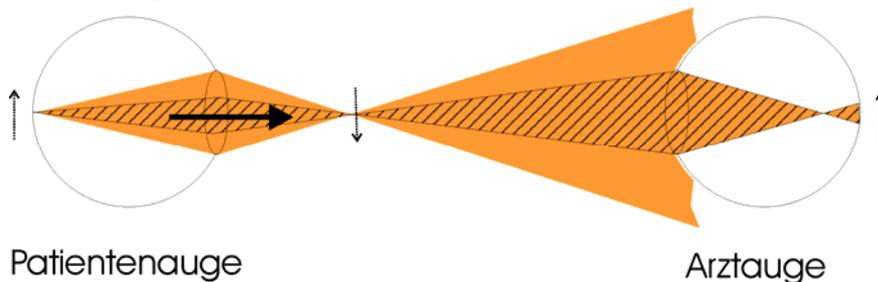


Abb. 3: Verlauf des Lichtbündels beim kurzsichtigen Auge. Auch hier fällt nur der schattiert gezeichnete Teil des Lichts ins Arztauge.

3. Durchführung der eigentlichen Skiaskopie

Wie bereits erwähnt wird bei der eigentlichen Skiaskopie der Augenspiegel geschwenkt und die sich ergebenden Leuchterscheinungen im Patientenaugen beurteilt. Dies hat den Vorteil, dass man nicht nur feststellen kann, ob Fehlsichtigkeit vorliegt, sondern auch, ob es sich um Kurz- oder Weitsichtigkeit handelt. Mit dem oben geschilderten einfachen Schülerexperiment kann man auch dies untersuchen. Man bewegt dazu die Lichtquelle „auf der Netzhaut“, d. h. senkrecht zur Linse hin und her und beobachtet die Leuchterscheinungen auf der Linse.

a) Weitsichtigkeit = Mitläufigkeit

Bei einem weitsichtigen Auge wandere die Lichtquelle auf der „Netzhaut“ nach rechts. Dann wandert der schattierte Bereich in Abb. 2, d. h. der ins Arztauge fallende Teil des Lichts, ebenfalls nach rechts. Die Bewegungsrichtung von Lichtquelle und Leuchterscheinung ist gleichgerichtet. Dies nennt man Mitläufigkeit.

b) Kurzsichtigkeit = Gegenläufigkeit

Analog liest man aus Abb. 3 ab, dass Lichtquelle und Leuchterscheinung sich gegenläufig bewegen. Daran erkennt der Arzt die Kurzsichtigkeit.

c) Normalsichtigkeit = „Flackern“

Ist das Auge normalsichtig wie in Abb. 1, fällt das parallele Lichtbündel nur kurz in das weit entfernte Arztauge. Die Patientenpupille „flackert“ als Ganzes kurz auf. Dieses „Flackern“ versucht der Arzt auch bei Fehlsichtigkeit durch Vorsatz von Korrektionslinsen zu erreichen.