Expertenaufgaben: Das Auge als optisches System

Zusatzaufgaben für Schnelle – Transfer, Knobeln, Forschen

Zusatzaufgaben für Schnelle: Diese Aufgaben sind anspruchsvoller als das Arbeitsblatt und gehören zum selben Thema (Auge und Sehen). Du darfst sie bearbeiten, wenn du mit dem Basis-Arbeitsblatt fertig bist. Es gibt oft mehrere Lösungswege. Begründe deine Antworten ausführlich und nutze Fachbegriffe.

1 Knobelaufgabe Katzenauge: Katzen sehen auch bei sehr wenig Licht gut, haben aber eine schlitzförmige Pupille, die sich stark verengen kann. Hinter der Netzhaut liegt außerdem eine reflektierende Schicht (Tapetum lucidum), die der Grund dafür ist, dass Katzenaugen im Scheinwerferlicht leuchten. Erkläre, welchen Vorteil diese Schicht bei Dämmerung bietet. Überlege, warum die Pupille der Katze sich trotzdem sehr stark verengen können muss.

2 Transfer Fotoapparat: Vergleiche das Auge mit einer einfachen Kamera. Ordne mindestens vier Bauteile der Kamera (z. B. Objektiv, Blende, Sensor/Film, Gehäuse, Autofokus) passenden Teilen des Auges zu. Nenne außerdem einen wichtigen Unterschied: Wie wird bei der Kamera meist die Schärfe auf unterschiedliche Entfernungen eingestellt, und wie beim Auge?

3 Forscheraufgabe Blinder Fleck: Beschreibe einen einfachen Versuch, mit dem man seinen eigenen blinden Fleck nachweisen kann (z. B. mit einem Kreuz und einem Punkt auf Papier, ein Auge geschlossen). Erkläre, warum man im Alltag den blinden Fleck nicht bemerkt. Nenne mindestens zwei Gründe.

4 Rechenknobelei: Die Brechkraft einer Linse wird in Dioptrien angegeben (D = 1 / f, wobei f die Brennweite in Metern ist). Ein normalsichtiges Auge hat in der Ferne eine Gesamtbrechkraft von etwa 60 dpt. a) Berechne die ungefähre Brennweite des Auges in Millimetern. b) Beim Blick auf ein Buch in 25 cm Entfernung erhöht sich die Brechkraft um etwa 4 dpt. Berechne die neue Brennweite. c) Erkläre, welches Bauteil diese Änderung verursacht und warum die Fähigkeit dazu im Alter nachlässt.

5 Ein Mensch ist kurzsichtig. Er nimmt seine Brille ab und möchte ein sehr kleines Insekt aus der Nähe scharf betrachten. Warum gelingt ihm das oft besser als einem Normalsichtigen?

- ☐ Weil seine Linse sich stärker wölben kann als bei Normalsichtigen
- ☐ Weil sein Nahpunkt näher am Auge liegt, er also Gegenstände aus geringerer Entfernung noch scharf sehen kann
- ☐ Weil seine Netzhaut mehr Zapfen besitzt
- ☐ Weil seine Pupille bei Nähe größer wird

6 Beurteile die Aussagen. Kreuze jeweils an, ob sie wahr oder falsch sind.

	richtig	falsch
Bei Dämmerung sehen wir kaum Farben, weil dann hauptsächlich die Stäbchen aktiv sind.	☐	☐
Die Stelle des schärfsten Sehens (gelber Fleck) enthält überwiegend Stäbchen.	☐	☐
Ein Vogel mit sehr hoher Zapfendichte in der Netzhaut kann Einzelheiten in der Ferne besonders gut erkennen.	☐	☐
Wenn man vom Hellen in einen dunklen Raum kommt, sieht man sofort genauso gut wie bei Helligkeit.	☐	☐

7 Bewerten und Begründen: Ein Hersteller wirbt: 'Unsere Nachtsichtbrille macht die Nacht zum Tag, und Sie sehen alles in leuchtenden Farben!' Beurteile diese Aussage kritisch. Beziehe dich dabei auf die Sinneszellen der Netzhaut und auf die Dunkeladaptation. Nenne außerdem einen Grund, warum Piloten oder Autofahrer nach dem Blick in helles Licht kurzzeitig schlechter sehen.

8 Forscherfrage zum Pupillenreflex: Wenn man mit einer Taschenlampe in nur ein Auge leuchtet, verengen sich normalerweise beide Pupillen (konsensuelle Lichtreaktion). Formuliere eine begründete Hypothese, wie das möglich ist. Welche Schlüsse könnte eine Ärztin ziehen, wenn sich bei Beleuchtung des rechten Auges keine der beiden Pupillen verengt, bei Beleuchtung des linken Auges aber beide?

9 Experte: Erkläre, warum man mit einem winzigen Loch in einem Stück Karton (Lochblende, z. B. mit einer Nadel gestochen) direkt vor dem Auge auch ohne Brille einen weiter entfernten Text (z. B. an der Tafel oder auf einem Schild) schärfer lesen kann, wenn man kurzsichtig ist. Welchen Preis zahlt man dafür? Nutze dein Wissen über Pupille und Lichtstrahlen.

Lösungen

Expertenaufgaben: Das Auge als optisches System · Biologie · Klasse 9

Für dich als Lehrkraft: leichtere Fassung in einer Minute

QR scannen oder lehreule.de/anpassen/das-menschliche-auge-klasse-9 öffnen: kostenloses Konto, dann schreibt Lehreule die leichtere Fassung mit Hilfen — oder Zusatzaufgaben für Schnelle, eine Word-Datei, einen QR-Code für die Klasse.

Aufgabe 1: Die reflektierende Schicht wirft Licht, das ungenutzt durch die Netzhaut getreten ist, noch einmal zurück durch die Netzhaut. Dadurch haben die Lichtsinneszellen eine zweite Chance, das Licht aufzunehmen, und auch schwaches Licht reicht für einen Seheindruck. Die Katze sieht in der Dämmerung besser. Weil das Auge bei Dunkelheit so lichtempfindlich ist, würde helles Tageslicht die Netzhaut stark überreizen oder schädigen. Deshalb muss sich die Pupille bei Helligkeit sehr stark verengen, um die einfallende Lichtmenge zu begrenzen. Die weite Pupille bei Dämmerung lässt dagegen möglichst viel Licht herein. Der Schlitz erlaubt eine besonders starke Verengung und damit einen großen Regelbereich der Lichtmenge.

Aufgabe 2: Objektiv: Hornhaut und Linse (sie bündeln das Licht). Blende: Iris mit Pupille (regelt die Lichtmenge). Sensor oder Film: Netzhaut mit Lichtsinneszellen (nimmt das Bild auf). Gehäuse: Lederhaut bzw. Augapfel; innen kleidet die dunkle Aderhaut (mit Pigmentschicht) das Auge aus und verhindert Streulicht. Autofokus: Ziliarmuskel mit Linse und Reflexsteuerung durch das Gehirn. Unterschied: Bei einer Kamera wird die Schärfe meist durch Verschieben des Objektivs verändert, sodass sich der Abstand zwischen Linse und Sensor ändert. Beim Auge bleibt der Abstand zwischen Linse und Netzhaut gleich. Stattdessen verändert der Ziliarmuskel die Wölbung und damit die Brechkraft der Linse (Akkommodation).

Aufgabe 3: Versuch: Auf ein Blatt zeichnet man mit etwa 8 bis 10 cm Abstand links ein Kreuz und rechts einen Punkt. Man hält das Blatt etwa armlang, schließt das linke Auge und fixiert mit dem rechten Auge das Kreuz. Nun bewegt man das Blatt langsam auf das Gesicht zu. Bei einem bestimmten Abstand verschwindet der Punkt, weil sein Bild auf die Austrittsstelle des Sehnervs fällt, wo keine Lichtsinneszellen liegen. Im Alltag bemerkt man den blinden Fleck nicht, weil (1) die blinden Flecken beider Augen an unterschiedlichen Stellen des Gesichtsfeldes liegen und das andere Auge die Lücke ausgleicht, (2) das Gehirn die fehlende Stelle aus der Umgebung ergänzt, (3) die Augen ständig kleine Bewegungen machen und so Lücken ausgleichen.

Aufgabe 4: a) f = 1 / 60 dpt = 0,0167 m, also etwa 16,7 mm. Das passt ungefähr zum Abstand zwischen Linse und Netzhaut. b) Neue Brechkraft: 64 dpt, also f = 1 / 64 m = 0,0156 m, etwa 15,6 mm. Die Brennweite wird kürzer, weil die Brechkraft steigt. c) Die Änderung verursacht die Linse, deren Wölbung der Ziliarmuskel durch Zusammenziehen verändert (Akkommodation). Mit zunehmendem Alter wird die Linse weniger elastisch und härter. Sie nimmt auch bei nachlassendem Zug der Linsenbänder (Zonulafasern) kaum noch eine rundere Form an. Dadurch sinkt die Akkommodationsfähigkeit, und nahe Gegenstände werden unscharf (Alterssichtigkeit). Eine Lesebrille mit Sammellinsen gleicht das aus.

Aufgabe 5: Weil sein Nahpunkt näher am Auge liegt, er also Gegenstände aus geringerer Entfernung noch scharf sehen kann

Aufgabe 6: Bei Dämmerung sehen wir kaum Farben, weil dann hauptsächlich die Stäbchen aktiv sind. → **richtig**
Die Stelle des schärfsten Sehens (gelber Fleck) enthält überwiegend Stäbchen. → **falsch**
Ein Vogel mit sehr hoher Zapfendichte in der Netzhaut kann Einzelheiten in der Ferne besonders gut erkennen. → **richtig**
Wenn man vom Hellen in einen dunklen Raum kommt, sieht man sofort genauso gut wie bei Helligkeit. → **falsch**

Aufgabe 7: Bei sehr wenig Licht arbeiten hauptsächlich die Stäbchen, die nur Hell-Dunkel-Unterschiede, aber keine Farben unterscheiden. Die Zapfen für das Farbensehen benötigen mehr Licht. Echte Farbwahrnehmung in der Nacht ist mit den Sinneszellen des Auges daher nicht möglich. Eine Brille kann das Restlicht verstärken oder Infrarotlicht sichtbar machen, die Farben im Bild sind dann aber künstlich erzeugt oder berechnet und entsprechen nicht dem natürlichen Farbeindruck. Die Werbung ist also übertrieben. Außerdem braucht das Auge Zeit zur Dunkeladaptation, weil sich die Pupille weitet und die Empfindlichkeit der Stäbchen langsam steigt (bis etwa 30 Minuten). Nach dem Blick in helles Licht sind die Sinneszellen kurzzeitig geblendet, und die Pupille ist noch eng und muss sich erst wieder weiten. Dadurch gelangt wenig Licht ins Auge, und das Sehen verschlechtert sich vorübergehend.

Aufgabe 8: Hypothese: Die Signale von jedem Auge werden im Gehirn auf beide Seiten verteilt. Der Sehnerv jedes Auges ist über Nervenbahnen mit dem Gehirn verbunden, wo die Information an die Steuerzentren für beide Augen weitergegeben wird. Von dort laufen Nerven zu den Irismuskeln beider Augen. Deshalb reagieren beide Pupillen gleichzeitig. Schluss der Ärztin: Wenn bei Beleuchtung des linken Auges beide Pupillen reagieren, funktionieren das linke Auge, die Verarbeitung im Gehirn und die Nerven zu beiden Irismuskeln. Wenn bei Beleuchtung des rechten Auges keine Reaktion erfolgt, liegt die Störung vermutlich im Bereich des rechten Auges bzw. seines Sehnervs: Das Lichtsignal des rechten Auges kommt nicht im Gehirn an. Das rechte Auge (Netzhaut oder Sehnerv) könnte also geschädigt sein.

Aufgabe 9: Die Lochblende lässt nur einen sehr schmalen Strahlenkegel durch die Mitte der Linse ins Auge. Randstrahlen, die bei einem unscharfen Bild am stärksten zur Unschärfe beitragen, werden ausgeblendet. Dadurch wird der Unschärfekreis auf der Netzhaut sehr klein, und das Bild erscheint scharf (ähnlich wie eine sehr kleine Pupille oder Blende bei einer Kamera, die die Schärfentiefe vergrößert). Der Preis: Es gelangt nur sehr wenig Licht ins Auge, das Bild wird deutlich dunkler. Außerdem ist das Gesichtsfeld stark eingeengt, man sieht nur einen kleinen Ausschnitt. Bei sehr kleinen Löchern kommt zusätzlich Beugung des Lichts hinzu, wodurch die Schärfe wieder abnimmt.