



Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

MATERIAL M 1: Linsenoptik

1. Beschreibung der Abbildungen

naher Gegenstand: einfallende Lichtstrahlen nicht parallel, Linse abgekugelt, Linse mit kleiner Brennweite
entfernter Gegenstand: einfallende Lichtstrahlen parallel, Linse abgeflacht, Linse mit großer Brennweite

2. Ablauf der Akkomodation

Annäherung des Gegenstandes ans Auge

- » Anspannung des Ziliarmuskels
- » Entspannung der Zonulafasern
- » Zunahme der Linsenkrümmung
- » Scharfe Abbildung des Bildes auf der Netzhaut

Entfernung des Gegenstandes vom Auge

- » Entspannung des Ziliarmuskels
- » Anspannung der Zonulafasern
- » Abnahme der Linsenkrümmung
- » Scharfe Abbildung des Bildes auf der Netzhaut

3. Definitionen

Sphärische Aberration: Parallel einfallende Lichtstrahlen treffen sich hinter der Linse nicht in einem Punkt, da weiter von der optischen Achse entfernte Strahlen stärker gebrochen werden als nahe an der Achse gelegene. Bei Linsen mit kleinen Brennweiten ist dieser Effekt besonders groß.

Chromatische Aberration: Die Bilder unterschiedlicher Wellenlänge entstehen in unterschiedlichen Entfernungen zur Linse. Dies liegt daran, dass kürzere Wellenlängen stärker gebrochen werden als längere. Auch hier ist der Effekt im Randbereich der Linse stärker als in der Nähe der optischen Achse.

Literaturempfehlung:

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/abbildungsfehler-aberrationen> (18.04.2024)



Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

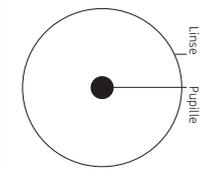
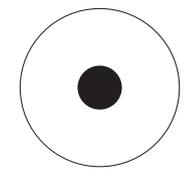
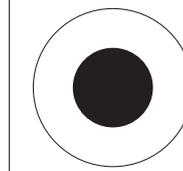
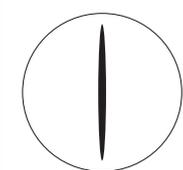
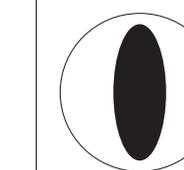
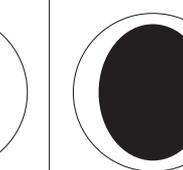
MATERIAL M 2: Verhältnis Auge-Gesicht

Die genauen Ergebnisse variieren mit der Gesichtsform. Generell lässt sich die Aussage aber bestätigen.

MATERIAL M 3: Pupillenform

1. Die Größe der Pupille nimmt mit der Lichtintensität zu. Die Iris regelt über den Pupillenreflex die Größe der Pupille so, dass eine optimale Menge an Licht ins Auge gelangt.
- 2.1. Die Pupille ist ebenfalls schlitzförmig. Sie weist aber eine größere Ausdehnung nach links und rechts auf als in den Fotos zu sehen ist.

2.2.

	Starklicht	Dämmerung	Dunkelheit
Mensch			
Wildkatze			

3. In vertikaler Richtung ist die Öffnung der Pupille bei der Wildkatze immer größer als in horizontaler Richtung. Die Länge variiert in dieser Richtung weniger als bei der menschlichen Pupille. Die Weite in horizontaler Richtung nimmt ähnlich wie bei der Pupille des Menschen mit zunehmender Dunkelheit zu.

Bei maximaler Öffnung der Pupille wird im Verhältnis zum menschlichen Auge ein größerer Teil der Linse von Licht getroffen. Bei runden Pupillen ist immer der Randbereich der Linse abgedeckt. Die sphärische und chromatische Aberration kommt daher bei der Bildentstehung weniger zum Tragen als dies bei einer schlitzförmigen Pupille der Fall ist.

Bei schlitzförmigen Pupillen wird im Dunkeln ein größerer Teil der Linse beleuchtet. Der Vorteil, welcher sich dadurch bei Wildkatzen ergibt, wird in Material M4 näher betrachtet. Bei Ihnen sorgt die größere Öffnung dafür, dass die chromatische Aberration, ein Linsenfehler, ausgeglichen werden kann.

Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

MATERIAL M 4: Multifokale Linsen

1. Das grüne Licht wird im zentralen Bereich der Linse genau auf die Netzhaut projiziert, im weiter außen gelegenen Bereich wird das Licht so gebrochen, dass es auf einen Punkt hinter der Netzhaut trifft. Im mittleren Bereich wird das rote Licht, im äußeren Bereich das violette Licht so gebrochen, dass es genau auf die Netzhaut gelangt.

Durch diese Art der Linse werden die Effekte der chromatischen Aberration etwas ausgeglichen, weil für jede Wellenlänge ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht. Bei der Verarbeitung dieser Bilder im Gehirn entsteht somit ein scharfes Abbild des betrachteten Gegenstandes bzw. Lebewesens.

2. Wäre eine multifokale Linse mit einer runden Pupille gekoppelt, so würden bei hellen Lichtverhältnissen immer die Bilder des roten und violetten Anteils des vom betrachteten Körper ausgehenden Lichtes unscharf auf der Netzhaut abgebildet. Denn der äußere Bereich der Linse, welcher für die scharfe Abbildung dieser Wellenlängen verantwortlich ist, würde unter diesen Lichtverhältnissen durch die Iris abgedeckt. Dadurch würde das Bild unscharf erscheinen.
3. Großkatzen, wie zum Beispiel Löwen, jagen vorwiegend tagsüber. Dadurch muss die Pupillengröße so reguliert werden, dass möglichst wenig Licht ins Auge fällt, um die Netzhaut vor Zerstörung durch zu starken Lichteinfall zu schützen. In solchen Situationen wird die Pupille so klein, dass der Randbereich der Linse verdeckt wird. Bei monofokalen Linsen führt dies zu einer Erhöhung der Bildschärfe. Denn dadurch wird die sphärische Aberration verringert. Die Wahrscheinlichkeit für einen guten Jagderfolg ist somit bei guter körperlicher Verfassung hoch.

Bei runden Pupillen mit multifokalen Linsen würde allerdings ein unscharfes Bild auf der Netzhaut entstehen, weil ja der Randbereich der Linse abgedeckt würde. Dadurch würden Lichtstrahlen aus dem blauen und roten Spektralbereich nicht mehr direkt auf die Netzhaut projiziert und es entstünde ein unscharfes Bild. Dies würde den Jagderfolg reduzieren und würde evolutionär betrachtet, einen Selektionsnachteil darstellen.



Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

MATERIAL M 5: Tapetum lucidum

1. Die Zellen des Tapetums sind regelmäßig angeordnet. Sie bilden Cluster mit gleichmäßig nebeneinanderliegenden Zellen. Ergänzung: aus anderen Aufnahmen geht hervor, dass die Zellen parallel zueinander liegen.
2. Durch die Reflexion gelangt das Licht zwei Mal zu den in der Dämmerung aktiven Stäbchen: einmal beim Weg von außen auf die Netzhaut und einmal von der Netzhaut nach draußen. Dadurch werden die Stäbchen zwei Mal erregt, sodass es leichter zu einer überschweligen Reizung kommen kann. Somit ist eine Orientierung auch bei schlechten Lichtverhältnissen möglich. Allerdings wird hierbei durch Streuung die Schärfe des Bildes reduziert, was den Vorteil der doppelten Ausnutzung des Lichtes etwas verringert.



Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

MATERIAL M 6: Dreidimensionales Sehen

1. Das monokulare Sehfeld des Kaninchens an der Seite des Kopfes ist wesentlich größer als das der Katze. Es umfasst fast den gesamten seitlichen Bereich. Lediglich ein Sehen nach hinten ist nicht möglich. Dafür ist der Bereich des binokularen Sehens nach vorne wesentlich geringer als bei der Wildkatze. Dreidimensionales Sehen ist also nur in einem kleinen Bereich direkt vor der Nase möglich.

— Als Fluchttier ist das Kaninchen darauf angewiesen, möglichst früh einen Jäger zu erblicken, sodass das große Sehfeld, welches fast einen Rundumblick ermöglicht, ihm eine schnelle Flucht ermöglicht. Eine Orientierung im Raum bei der Flucht wird durch den binokular gesehenen Bereich vor dem Kopf gewährleistet.

— Als Jägerin muss die Wildkatze die Lage ihrer Beute im Raum genau bestimmen können. Der große Bereich, in dem binokulares Sehen vorliegt, unterstützt die Katze hierbei. Sie kann den Aufenthalt ihrer Beute in einem großen Bereich genau bestimmen, was ihr auch bei der Verfolgung von dieser zu Gute kommt. Der Bereich an der Seite des Körpers kann nicht so gut eingesehen werden wie bei dem Kaninchen. Die Bedrohung von der Seite ist für die Katze aber auch geringer als für das Kaninchen, zumal die Katze sehr hoch in der Nahrungskette angesiedelt ist und Prädatoren seltener sind als dies bei Kaninchen der Fall ist..

- 2.1. Der Daumen befindet sich bei der Betrachtung mit beiden Augen genau auf dem betrachteten Punkt. Betrachtet man ihn nur mit dem rechten Auge, so scheint er sich links von diesem Punkt zu befinden und bei der Betrachtung mit dem linken Auge rechts davon. Dies hängt damit zusammen, dass die Augen sich an unterschiedlichen Stellen des Gesichts befinden und damit unterschiedliche Sehbereiche aufweisen. Wird ein Gegenstand mit beiden Augen betrachtet, so verrechnet das Gehirn die unterschiedlichen Bilder und es entsteht ein dreidimensionales Bild.
- 2.2. Der gesamte Sehbereich umfasst ca. einen Winkel von 200°, wobei jedes Auge jeweils ca. einen Winkel von 180° abdeckt. Der Bereich, in welchem binokulares Sehen gewährleistet ist, beträgt ca. 120°. Hier ist dann zweidimensionales Sehen möglich.



Lösungsblatt: Das Auge der Wildkatze

MATERIAL M 7: Lichtsinneszellen bei Katzen

1. Ein Verhältnis von Stäbchen zu Zapfen von 63:1 bedeutet, dass die Zahl der Stäbchen die der Zapfen bei weitem übersteigt. Stäbchen sind für das Hell-Dunkel-Sehen von Lebewesen zuständig und sind daher besonders für das Sehen bei schlechten Lichtverhältnissen geeignet. Die Wildkatze jagt vor allem in der Dämmerung, welche sich durch Schwachlicht auszeichnet. Eine hohe Zahl an Stäbchen ermöglicht es ihr daher, Beute auch bei schlechten Lichtverhältnissen noch gut erkennen zu können. Allerdings geht eine Verringerung der Bildschärfe mit einem größeren Verhältnis Stäbchen zu Zapfen einher. Dies ist aber bei der relativ großen Größe der Beute (v. a. Mäuse) weniger von Bedeutung für den Jagderfolg.
2. Im Vergleich zum menschlichen Auge können Katzen Farben im grünen Bereich weniger gut wahrnehmen, da für diesen keine Zapfen zur Verfügung stehen. Farben im blauen und gelb/roten Bereich können dagegen gesehen werden.
3. Da das menschliche Auge einen weiteren Zapfentyp besitzt, welcher im grünen Bereich sein Absorptionsmaximum aufweist, kann auch dieser Farbbereich gut wahrgenommen werden. Insgesamt kann das menschliche Augen Farben von violett bis rot wahrnehmen. Die Mischfarben entstehen durch unterschiedlich starke Anregung der drei Zapfentypen.

Hinweis:

Unter folgendem Link wird fotografisch simuliert, wie Katzen die Welt wahrnehmen. Hierbei wird sehr schön deutlich, wie sehr sich die Tiefenschärfe und auch die Farbwahrnehmung von den menschlichen unterscheiden:

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/foto-experiment-so-sehen-katzen-die-welt-a-928383.html>
(18.04.2024)