

# Das Auge der Wildkatze

## Eine Anpassung an das Leben einer Jägerin

Setzt die Dämmerung ein, ist die Zeit der Wildkatze gekommen. Sie macht sich im Nationalpark Hunsrück-Hochwald auf die Jagd. Zu ihrer bevorzugten Beute gehören hier Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*), Rötelmaus (*Myodes glareolus*) und Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*). Bei der Jagd schleicht sich die Katze an ihre Beute an oder lauert ihr z. B. an ihren Wohneingängen auf, springt sie an und packt sie.

Meist erfolgt die Jagd in der Dämmerung oder in der Nacht, was die Wildkatze bei ihrer Orientierung vor besondere Herausforderungen stellt. Denn zu dieser Tageszeit steht nur wenig bzw. kein Licht zur Verfügung. Aber nicht nur nachts, sondern auch am Tag ist die Wildkatze aktiv. Ihr Auge muss also sowohl tagsüber als auch nachts möglichst effektiv arbeiten, um eine optimale Orientierung und einen guten Jagderfolg gewährleisten zu können.

Verschiedene physiologische Anpassungen ermöglichen es der Wildkatze, die dargestellten Herausforderungen an ihr Auge zu meistern. Welche diese sind und wie sie der Katze ihren Alltag erleichtern, erfahren sie an den unterschiedlichen Stationen des Stationenlernens.

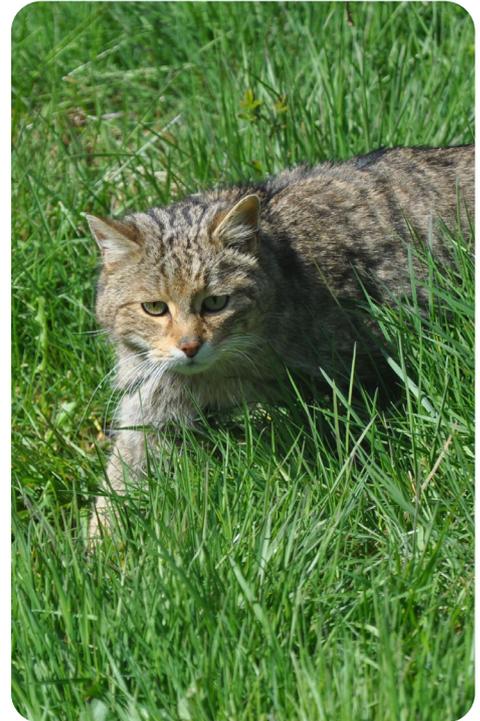


Abbildung 1: Jagende Wildkatze  
Bild: Konrad Funk

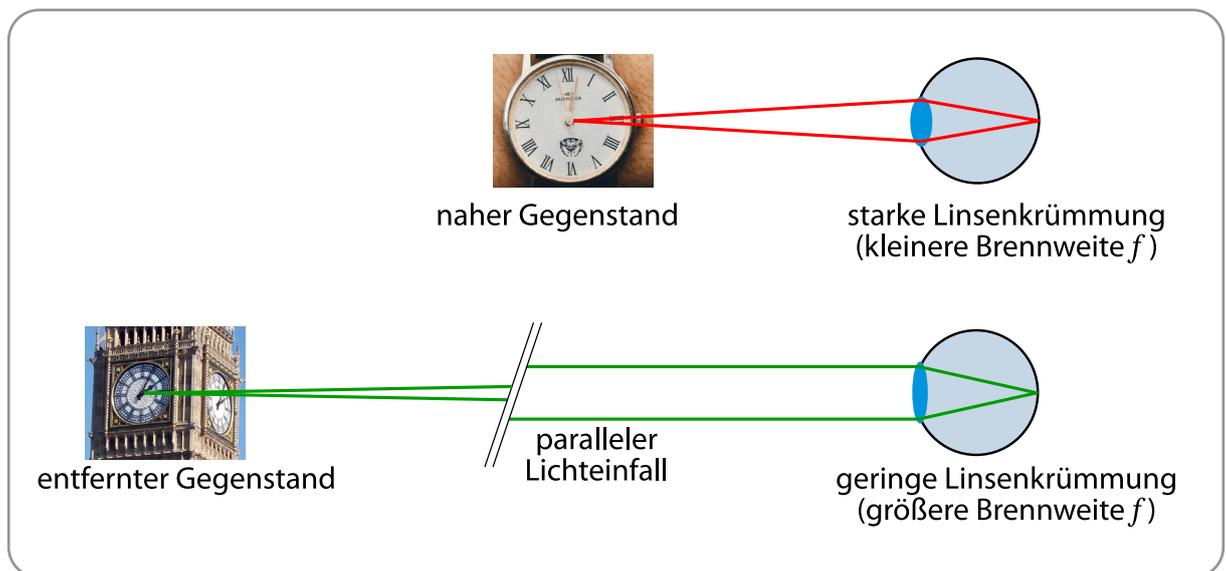
### Aufgaben:

1. Sammeln sie zunächst in Stichworten innerhalb ihrer Gruppe die Informationen, welche sie über das Auge der Wildkatze besitzen. Prüfen sie im Gespräch mit den Gruppenmitgliedern, welche Eigenschaften des Wildkatzenauges, die ihnen bekannt sind, dem Tier einen guten Jagderfolg ermöglichen.
2. Durchlaufen sie das Stationenlernen und ergänzen sie dabei fortlaufend ihre anfangs erstellte Stichwortsammlung. Mit \* gekennzeichnete Aufgaben sind fakultativ.
3. Fertigen sie zum Schluss auf der Grundlage der Stichworte eine Präsentation in dem mit der Lehrkraft vereinbarten Format an. Aus dieser soll hervorgehen, wie die physiologischen Eigenschaften des Wildkatzenauges mit der Lebensweise der Wildkatze verknüpft sind.

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 1: Linsenoptik

Bei der Linse im Auge der Wildkatze handelt es sich um eine sogenannte bikonvexe Linse, welche als Sammellinse fungiert. Durch Akkomodation wird ihre Form so angepasst, dass Gegenstände in der jeweiligen betrachteten Ebene scharf auf der Netzhaut abgebildet werden.



**Abbildung 2:** Die Linse im menschlichen Auge bei Nah- und Fernsicht  
Grafik: © Joachim-Herz-Stiftung. [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de), reproduced with permission

### Aufgaben:

1. Vergleichen sie die Abbildungen zur Einstellung des Auges bei Nah- und Fernsicht.
2. Stellen sie auf dieser Grundlage den Vorgang der Akkomodation dar. Berücksichtigen sie dabei auch die physiologischen Abläufe, welche zur Formveränderung der Linse führen. Sollten ihnen diese nicht bekannt sein, informieren sie sich hierüber in der einschlägigen Literatur.
3. Manche Eigenschaften optischer Linsen führen dazu, dass es zu unscharfen Abbildungen auf der Netzhaut kommt, sogenannte Aberrationen. Normalerweise bündelt eine Linse das einfallende Licht an einem Punkt und es kommt zu einer scharfen Abbildung auf einem optischen Schirm - im Falle des Auges auf der Netzhaut. Zwei zentrale Faktoren, welche zu einer unscharfen Abbildung des Bildes auf der Netzhaut führen, sind die sphärische und die chromatische Aberration. Recherchieren sie, was man jeweils darunter versteht. Ergänzen sie ihre Darstellung durch geeignete Skizzen.

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 2: Verhältnis Auge-Gesicht

Typische Kennzeichen nachtaktiver Tiere sind deren große Augen. Sie nehmen im Verhältnis zum Rest des Kopfes einen sehr großen Teil des Gesichtes ein. Besonders ausgeprägt ist dies zum Beispiel bei den als Buschbabys bekannten afrikanischen Galagos aus der Familie der *Galagonidae*.

**Abbildung 3:** Frontalansicht Senegal-Galago (*Galago senegalensis*)  
Bild: Petr Hamernik - Zoo Praha, CC BY-SA 4.0



Betrachtet man sich das Gesicht einer Wildkatze, so fällt auch hier auf, dass im Verhältnis zum gesamten Gesicht die Augen bei der Wildkatze einen großen Anteil einnehmen. Menschen dagegen sind vorwiegend tagaktiv und deren Anteil der Augen am Gesichtsbereich ist geringer.



**Abbildung 4:** Frontalansicht einer Wildkatze (*Felis silvestris*)  
Bild: Konrad Funk

### Aufgaben:

Überprüfen sie diese Aussage, indem sie das Verhältnis Auge/Gesamtgesicht zwischen einer Wildkatze und ihrem eigenen Gesicht vergleichen.

Als Vorlage für die Wildkatze kann das Foto links dienen, als Beispiel eines Menschen können sie ihr eigenes Gesicht als Selfie verwenden.

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 3: Pupillenform

Die Menge des ins Auge einfallenden Lichtes wird durch die Größe der Pupille geregelt. Diese wird mit Hilfe von Muskeln in der Iris verändert, dem *Musculus sphincter pupillae* und dem *Musculus dilatator pupillae*. Bei nachtaktiven Tieren ist es erforderlich, dass in der Dämmerung und nachts viel Licht ins Auge fällt, damit sie sich auch bei schlechten Lichtverhältnissen noch orientieren können. Denn unter diesen Umständen gehen sie auch auf die Jagd und müssen ihre Beute erkennen können.

Wenn die Form der Wildkatzenpupille betrachtet wird, so fällt auf, dass diese eine so genannte Schlitzpupille besitzt. Das heißt, sie weist - wie der Name schon sagt - eine schlitzartige Form auf und ist nicht rund, wie wir dies von Menschen gewohnt sind.

### Aufgaben:

1. Legen sie einen Spiegel bereit und schließen sie für ca. eine Minute die Augen. Beobachten sie mit Hilfe des Spiegels, was mit ihren Pupillen geschieht, wenn sie die Augen wieder öffnen. Wiederholen sie den Versuch bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Alternativ hierzu können auch mit Hilfe der Videofunktion des Handys Aufnahmen angefertigt und ausgewertet werden. Deuten sie ihre Beobachtungen.
2. Folgende Abbildung zeigt das Auge einer Wildkatze bei sehr hellen und mittleren Lichtverhältnissen.



**Abbildung 5:** Pupillenform bei sehr hellen und mittleren Lichtverhältnissen  
Bild 1: Pixabay, Pixel-mixer  
Bild 2: Konrad Funk

- 2.1. Leiten sie auf der Grundlage der Versuche unter 1. her, wie die Pupille der Wildkatze bei sehr schwachen Lichtverhältnissen geformt ist.

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 3: Pupillenform

2.2. Zeichnen sie nach dem in der beiliegenden Tabelle vorgegebenen Schema den Bereich der Linse ein, welcher bei Starklicht, Dämmerung und Dunkelheit beschienen wird. Dieser Bereich entspricht der Pupillenöffnung. Gehen sie davon aus, dass die Linse immer größer ist als die Pupille.



	Starklicht	Dämmerung	Dunkelheit
Mensch			
Wildkatze			

Tabelle 1: Pupillenform von Mensch und Wildkatze (*Felis silvestris*) bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen

3. Beschreiben sie die Unterschiede, die sich hier zeigen und diskutieren sie Vor- und Nachteile, welche sich daraus ergeben. Berücksichtigen sie dabei auch die in MATERIAL M 1 angesprochenen Abbildungsfehler, welche sich bei optischen Linsen ergeben.

Anmerkung: Diese Aufgabe kann erst nach Bearbeitung des MATERIALS M 1 angefertigt werden.

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 4: Multifokale Linsen

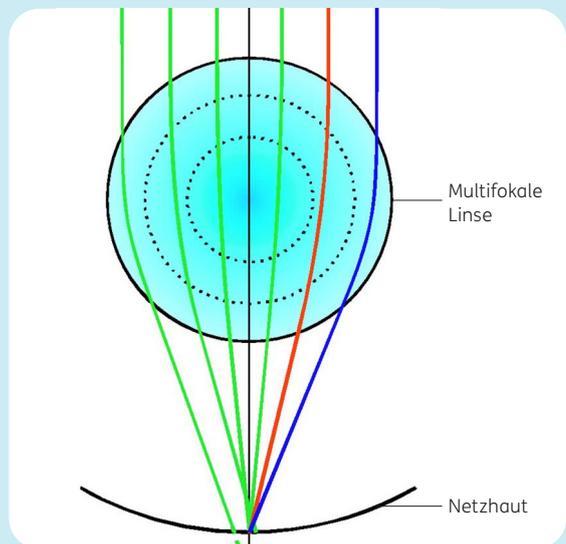
Es hat sich gezeigt, dass dämmerungsaktive Tiere häufig Linsen mit kurzer Brennweite besitzen. Dies führt dazu, dass aufgrund von damit verbundenen Abbildungsfehlern das Bild auf der Netzhaut unscharf abgebildet wird. Denn solche so genannten Aberrationen sind dafür verantwortlich, dass sich nicht alle von einem Bildpunkt ausgehenden Lichtstrahlen, die auf das Auge treffen, genau in einem Brennpunkt treffen, sondern in einem Bereich um den Brennpunkt herum.

Um diesen Effekt etwas auszugleichen, können Augen dämmerungsaktiver Tiere so genannte multifokale Linsen aufweisen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass die Proteinstruktur der Linse in konzentrischen Ringen variiert. Das hat zur Folge, dass das Licht unterschiedlicher Wellenlänge jeweils unterschiedlich gebrochen wird und damit die Abbildungsfehler zumindest teilweise ausgeglichen werden können. Untersuchungen von Tim Malmström und Ronald H. Kröger<sup>1</sup> haben gezeigt, dass auch das Auge der Wildkatze eine multifokale Linse aufweist.

### Aufgaben:

1. Beschreiben sie die Lichtbrechung der Spektralfarben rot, blau und grün an einer multifokalen Linse und vergleichen sie diese mit der Lichtbrechung an einer monofokalen Linse, wie sie z. B. im menschlichen Auge vorliegt. Erläutern sie auf dieser Grundlage, wie eine multifokale Linse zur Verbesserung der Bildqualität auf der Netzhaut von dämmerungsaktiven Tieren beiträgt.

**Abbildung 6:** Lichtbrechung an multifokalen Linsen  
In Anlehnung an: Tim Malmström,  
Ronald H. Kröger, 2006, S. 19

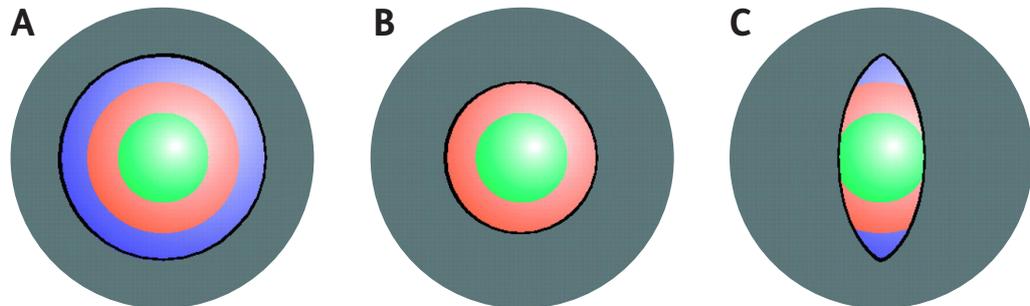


<sup>1</sup> Tim Malmström, Ronald H. Kröger (2006). Pupil shapes and lens optics in the eyes of terrestrial vertebrates. The Journal of Experimental Biologie 209, S. 18 - 25, <https://doi.org/10.1242/jeb.01959>

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 4: Multifokale Linsen

2. In der folgenden Abbildung stellt der graue Bereich die Iris dar, der farbige Bereich die Pupille mit der dahinter befindlichen Linse. Dabei steht die Farbe jeweils für die Spektralfarbe, die in diesem Bereich der Linse so gebrochen wird, dass ihr Licht hinter der Linse durch den Brennpunkt verläuft. Es werden eine runde Pupille bei schwachem Lichteinfall (A), eine runde Pupille bei starkem Lichteinfall (B) und eine schlitzförmige Pupille bei schwachem Lichteinfall (C) verglichen. Analysieren sie, weshalb eine multifokale Linse immer mit einer schlitzförmigen Pupille einhergeht.



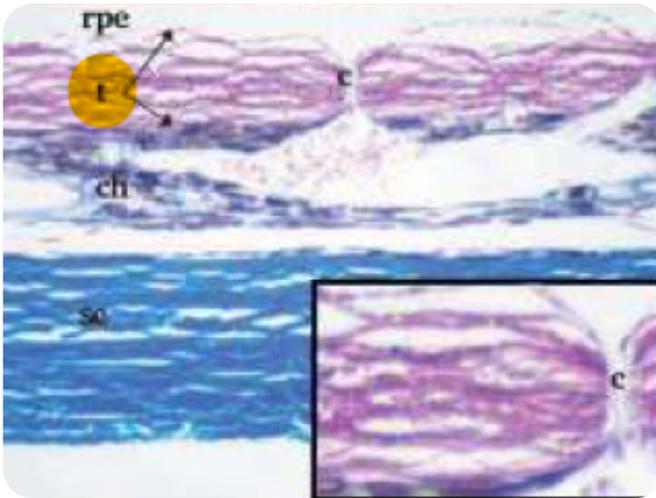
**Abbildung 7:** Bedeutung der Pupillenform für die Nutzung einer multifokalen Linse  
Grafik: Tim Malmström, Ronald H. Kröger, 2006, S. 19

- 3.\* (fakultativ) Forschungen haben gezeigt, dass Großkatzen, z. B. Löwen, im Gegensatz zu den meisten Kleinkatzen, zu welchen auch die Wildkatze gehört, runde Pupillen und monofokale Linsen aufweisen, obwohl sie zur gleichen Familie gehören. Entwickeln Sie eine Hypothese, wieso sich dies evolutionär so entwickelt haben könnte.

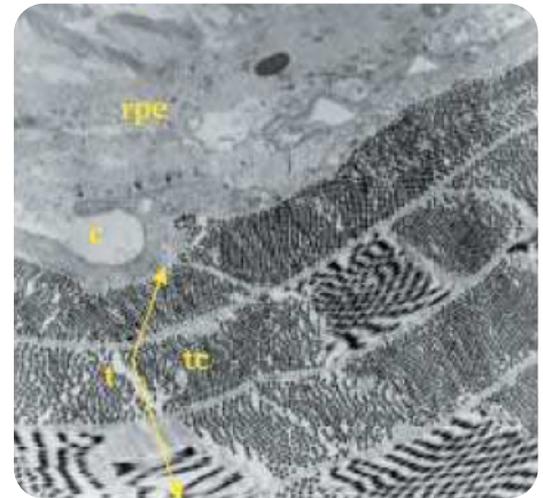
# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 5: Tapetum lucidum

Trifft Licht in der Dämmerung oder bei Dunkelheit in die Augen einer Katze, so leuchten diese hell auf. Grund hierfür ist ein dreieckiger Bereich im oberen Teil der Netzhaut, welcher aus stäbchenförmigen Melanocyten besteht. Melanocyten sind Zellen, welche Pigmente enthalten. Sie befinden sich im Auge auf oder in der Aderhaut. Die Zellen enthalten in ihrem Inneren den Farbstoff Riboflavin, welcher dafür sorgt, dass das auf die Zellen einfallende Licht reflektiert wird. Diese Schicht wird als Tapetum lucidum bezeichnet.



**Abbildung 8:** Lichtmikroskopisches Bild eines Ausschnitts aus dem Tapetum einer Katze in Trichrom-Färbung.  
c: Kapillare; rpe: Pigment-Epithel der Netzhaut; t: Tapetum;  
ch: Aderhaut; sc: Lederhaut  
Bild: F. Ollivier, 2004, S. 13



**Abbildung 9:** Elektronenmikroskopische Aufnahme des Tapetums einer Katze.  
rpe: Pigmentschicht; c: Kapillare; t: Tapetum;  
t., Zellen des Tapetums  
Bild: F. Ollivier, 2004, S. 13

### Aufgaben:

1. Beschreiben sie, wie die Zellen des Tapetums angeordnet sind. Was fällt ihnen hierbei auf?
2. Analysieren sie, welchen Vorteil das Tapetum lucidum den Katzen bei der Orientierung in der Dämmerung bietet. Gehen sie dabei davon aus, dass der Aufbau der Netzhaut einer Katze abgesehen von dem Tapetum lucidum prinzipiell genauso gestaltet ist wie der einer menschlichen Netzhaut.
- 3.\* (fakultativ) Im Straßenverkehr finden technische „Katzenaugen“ in Form von Reflektoren Einsatz. Vergleichen sie deren Funktionsweise und Zweck mit dem des physiologischen Katzenauges. Stellen sie hierbei Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus.

# Das Auge der Wildkatze

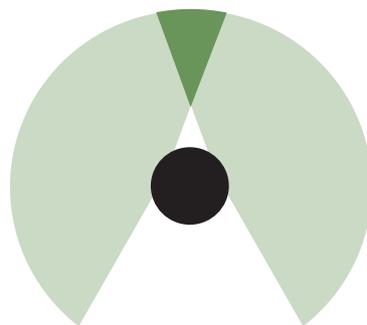
## MATERIAL M 6: Dreidimensionales Sehen

Als Jäger benötigt die Wildkatze die Fähigkeit, den Ort ihres Beuteobjektes genau lokalisieren zu können, um regelmäßig bei der Jagd Erfolg zu haben. Hierzu ist eine gute Orientierung im Raum erforderlich. Dies wird durch nach vorne ausgerichtete Augen der Katze ermöglicht. Denn dadurch ist ein gutes dreidimensionales Sehen gewährleistet.

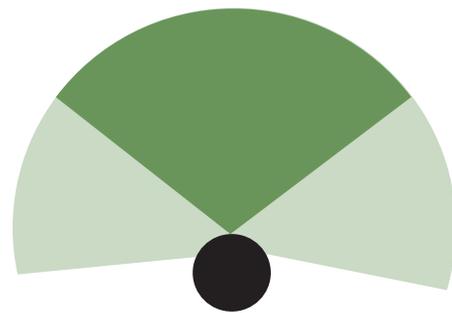
Voraussetzung für dreidimensionales Sehen ist, dass das rechte Auge einen betrachteten Gegenstand unter einem anderen Blickwinkel wahrnimmt als das linke Auge. Dadurch entsteht auf der Netzhaut jeweils ein etwas anderes Bild. Im Gehirn werden dann diese unterschiedlichen Bilder so verrechnet, dass die Lage im Raum bestimmt werden kann.

### Aufgaben:

1. Folgende Abbildungen zeigen jeweils das Sehfeld von Kaninchen und Wildkatze. Dabei ist die hell grün gefärbte Fläche der Bereich, der nur von einem Auge gesehen werden kann und die dunkel grün gefärbte derjenige, welcher von beiden Augen gesehen wird. Erläutern sie, welche Vorteile die Lage der Augen für das jeweilige Tier hat. Berücksichtigen sie hierbei, dass das Kaninchen ein Fluchttier, die Wildkatze dagegen eine Jägerin ist.



Kaninchen



Wildkatze

Abbildung 10: Sehfeld von Kaninchen und Wildkatze  
Bild: eigene Darstellung

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 6: Dreidimensionales Sehen

2. Auch wir Menschen besitzen die Fähigkeit, dreidimensional sehen zu können. Dies kann mit folgenden Versuchen verdeutlicht werden.

2.1. Strecken sie einen Arm senkrecht aus und fixieren sie ihren Daumen. Achten sie dabei darauf, dass eine markante Stelle im Hintergrund zu sehen ist. Gut geeignet ist zum Beispiel die Ecke eines Raumes. Schließen sie nun zuerst das rechte und dann das linke Auge und betrachten sie dabei weiterhin den Daumen. Beschreiben und deuten sie ihre Beobachtung.

2.2. Der folgende Versuch liefert die Möglichkeit, das Sehfeld des menschlichen Auges abzuschätzen. Führen sie ihn in Zweierteams aus. Sie benötigen als Arbeitsmaterial eine Schnur, Kreide, ein Geodreieck und eine Karteikarte an einem Stiel (z. B. Schaschlikstab).

Suchen sie sich einen geeigneten Platz und zeichnen sie mit Kreide einen Kreis mit ca. 70 cm Durchmesser und markieren sie den Mittelpunkt. Stellen sie sich nun auf diese Markierung. Fixieren sie dann einen Punkt genau geradeaus vor ihnen und markieren sie diese Stelle, damit das Auge sich leichter auf diese Stelle konzentrieren kann. Gut geeignet ist beispielsweise eine Stelle vor einer Wand oder der Tafel. Schließen sie jetzt ein Auge durch Abdecken mit einer Hand.

Dann bewegt die zweite Person die Karteikarte entlang des Kreises. Sobald die Karteikarte von der ersten Person erkannt wird, sagt diese „Stopp!“. Der Winkel zwischen der Verlängerung der Nase und dem Ort der Karteikarte wird notiert. Nun wird die Karteikarte von der anderen Seite des Auges entlang des Kreises bewegt und wieder der erhaltene Winkel bestimmt. Wiederholen sie diesen Versuch mit dem zweiten Auge. Schätzen sie aufgrund Ihrer Messergebnisse den Bereich ab, in welchem zweidimensionales Sehen möglich ist.

2.3.\* (fakultativ) Analysieren sie, welche Auswirkung starkes Schielen auf die Fähigkeit, dreidimensional zu sehen, hat. Beschreiben sie an Beispielen, welche Schwierigkeiten sich im Alltag ergeben können

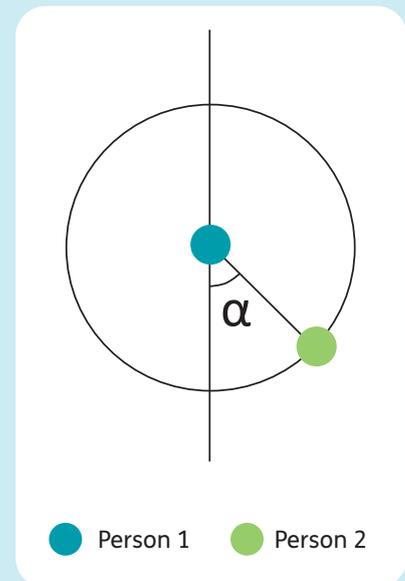


Abbildung 11: Skizze zum Versuchsaufbau  
Bild: eigene Darstellung

# Das Auge der Wildkatze

## MATERIAL M 7: Lichtsinneszellen bei Katzen

Zentral für die optische Wahrnehmung sind auch die Sinneszellen der Netzhaut. Stellt man Vergleiche zwischen der menschlichen und der Netzhaut von Katzen auf, so sind verschiedene Unterschiede zu verzeichnen. Betrachtet man das Verhältnis von Stäbchen zu Zapfen zwischen Menschen und Katzen, so weisen Menschen ein Verhältnis von etwa 20:1 und Katzen eines von etwa 63:1 auf. In Bezug auf die Art der Zapfentypen haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass Katzen zu den Dichromaten zu rechnen sind, d. h. sie weisen nur zwei Zapfentypen mit Absorptionsmaxima im gelben und blauen Bereich auf. Menschen dagegen sind zu den Trichromaten zu zählen und besitzen Zapfen mit Absorptionsmaxima im blauvioletten (420 nm), grünen (534 nm) und roten (564 nm) Bereich.

### Aufgaben:

1. Analysieren sie, inwieweit ein Verhältnis von Stäbchen zu Zapfen von 63:1 für Katzen in Bezug auf ihr Jagdverhalten von Vorteil ist.
2. Stellen sie dar, welche Farben von Katzen wahrgenommen werden können und vergleichen sie dies mit den Möglichkeiten des menschlichen Auges.
- 3.\* (*fakultativ*) Stellen sie mit Hilfe eines Fotos von einem Haus und eines Bildverarbeitungsprogramms an einem Beispiel dar, wie Menschen und Katzen jeweils dieses Haus sehen würden.



# Das Auge der Wildkatze

## QUELLEN

### Abbildungen:

- Abbildung 1: Konrad Funk, nlphh.de\_Konrad\_Funk
- Abbildung 2: Joachim-Herz-Stiftung, <https://www.leifiphysik.de>
- Abbildung 3: Petr Hamerník - Zoo Praha, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68075419>
- Abbildung 4: Konrad Funk, nlphh.de\_Konrad\_Funk
- Abbildung 5: Pixabay, Pixel-mixer; Konrad Funk, nlphh.de\_Konrad\_Funk
- Abbildung 6: Tim Malmström, Ronald H. Kröger (2006): Pupil shapes and lens optics in the eyes of terrestrial vertebrates. The Journal of Experimental Biologie 209, S. 18-25; <https://doi.org/10.1242/jeb.01959>
- Abbildung 7: Tim Malmström, Ronald H. Kröger (2006): Pupil shapes and lens optics in the eyes of terrestrial vertebrates. The Journal of Experimental Biologie 209, S. 18-25; <https://doi.org/10.1242/jeb.01959>
- Abbildung 8: F. J. Ollivier et al. (2004). Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). Veterinary Ophthalmology 2004, 7, 1,11-22; <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2004.00318.x>
- Abbildung 9: F. J. Ollivier et al. (2004). Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). Veterinary Ophthalmology 2004, 7, 1,11-22; <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2004.00318.x>
- Abbildung 10: Nationalpark Hunsrück-Hochwald
- Abbildung 11: Nationalpark Hunsrück-Hochwald

### Texte:

**F.J. Ollivier et al. (2004):** Comparative morphology of the tapetum lucidum(among selected species). Veterinary Ophthalmology 7, 1. S. 11 – 22; <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2004.00318.x>

**M. H. Berstein, D. C. Pease (1958):** Electron Microscopy of the Tapetum Lucidum of the Cat. The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology 5, 1. S. 35 - 54

**Tim Malmström, Ronald H. Kröger (2006):** Pupil shapes and lens optics in the eyes of terrestrial vertebrates. The Journal of Experimental Biologie 209, S. 18-25; <https://doi.org/10.1242/jeb.01959>

**BUND (2019):** Bildung für die Katz – Lehr- und Erfahrungsmaterialien zu Wildkatze und Waldverband. Im Internet unter: [https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/wildkatze/wildkatze\\_umweltbildungspaket\\_fuer\\_die\\_katz.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/wildkatze/wildkatze_umweltbildungspaket_fuer_die_katz.pdf) (Stand: 18.04.2024)

