

Sehen Wildtiere besser oder schlechter als wir Menschen? Die Antwort ist: „Sowohl als auch“. Denn obwohl sie hinsichtlich Farbwahrnehmung und Sehschärfe zum Teil nicht mit uns konkurrieren können, sind sie uns nicht nur bei der Orientierung in der Dunkelheit weit überlegen.

Ich sehe was,

◀ Um zu verdeutlichen, wie Wildtiere Farben sehen, haben wir unsere Musterjäger in **Rot**, **Blau** und **Grün** gekleidet.

was du nicht siehst...



Rot Die meisten Säugetiere sehen die für uns Menschen signalfarbene Farbe schwarz.



Blau Diese Art ist von Schalenwild bei Tageslicht sehr gut wahrzunehmen.



Grün Haarwild einen Rezeptor für Grün hat, sieht es diese Farbe anders als der Mensch.

Blind wie ein Maulwurf oder Augen wie ein Adler – gerne nutzen wir diese Redewendungen, um den Gesichtssinn unserer Mitmenschen zu umschreiben. Zu sich geben sie einen Eindruck davon, wie unterschiedlich das Sehvermögen im Tierreich ausgeprägt ist. Dabei besitzen alle Wirbeltiere die gleiche optische Ausstattung: so genannte Linsenaugen, die aus Hornhaut, Regenbogenhaut, Linse, Glaskörper und Netzhaut bestehen (siehe Abb. S. 9).

Linsen und Strahlen

Der Sehvorgang beginnt damit, dass Sonnenlicht auf Objekte fällt und von diesen teilweise absorbiert und teilweise reflektiert wird. Die Lichtstrahlen, die reflektiert werden, treffen auf das Auge, werden von der Linse und Hornhaut gebrochen und schließlich von

den Sinneszellen an der Netzhaut (Retina) aufgenommen. In Ruhestellung ist das Auge der Säugetiere so eingestellt, dass ferne Gegenstände scharf abgebildet werden. Nähert sich das betrachtete Objekt dem Auge, ändert sich der Einfallswinkel der von ihm reflektierten Lichtstrahlen. Dadurch verschiebt sich sein Abbild im Auge, das Bild wird unscharf. Um dies auszugleichen, können Land lebende Säugetiere die Form der Linse und damit deren Brechkraft (Angabe in Dioptrien) über Muskeln so verändern, dass das Bild scharf bleibt. Dieser Vorgang heißt Akkomodation. Lediglich wie stark die Brechkraft der Linse verändert werden kann, ist bei den einzelnen Arten unterschiedlich. Während Hunde (Canidae) und Katzen (Felidae) nur wenig akkomodieren können und damit gut in der Ferne sehen, entspricht beispielsweise die Brechkraft der Linse im

Waschbärenauge mit rund 14 Dioptrien der des menschlichen Auges. Waschbären sehen also in der Ferne und in der Nähe gut und können damit die Arbeit ihrer Vorderpfoten außerhalb des Wassers kontrollieren. Kaninchen können die Brechkraft ihrer Augenlinsen hingegen gar nicht verändern.

Stäbchen und Zapfen

Damit die von einem Objekt reflektierten Lichtstrahlen ein Bild erzeugen können, müssen sie aufgenommen und in ein für das Gehirn verständliches Signal übersetzt werden. Dies ist die Aufgabe der so genannten Lichtrezeptoren und nachgeschalteter Nervenzellen in der Netzhaut des Auges. In den Lichtrezeptoren befinden sich Farbstoffe (Sehpigmente), die durch die Aufnahme von Lichtenergie chemisch verändert werden. Diese Reaktion der Sehpigmente löst in den Nervenzellen Erregungen aus, die dann an das Gehirn weiter-

geleitet werden und dort Bilder entstehen lassen.

Von den Lichtrezeptoren existieren zwei unterschiedliche Typen: die Stäbchen und die Zapfen. Stäbchen enthalten viel mehr Sehpigmente und sind damit bis zu 1000-fach empfindlicher für Licht als Zapfen. Sie eignen sich deshalb gut für das Sehen in der Dämmerung. Allerdings können mit Stäbchen keine Farben unterschieden werden, das von ihnen entworfene Bild ist schwarzweiß. Darauf basiert sicher auch das Sprichwort: „Nachts sind alle Katzen grau.“

Die Zapfen benötigen hingegen höhere Lichtintensitäten. Sie arbeiten erst bei Tageslicht optimal und ermöglichen durch unterschiedliche Sehpigmente auch die Wahrnehmung von Farben. Prinzipiell ist der Anteil der Stäbchen in der Retina deutlich höher als der der Zapfen. Bei den Schalenwildarten stellen die lichtempfindlichen Stäbchen so-

gar über 90 Prozent der Rezeptoren. Neben anderen Anpassungen an ein Leben in der Dämmerung – wie eine im Vergleich zum Menschen bis zu neunmal größere Pupillenöffnung – bewirkt dieser hohe Anteil an lichtempfindlichen Stäbchen, dass Schalenwild im Dunkeln bis zu 100-mal besser sehen kann als wir Menschen.

Die Zahl der farbentüchtigen Zapfen wiederum hängt zusätzlich davon ab, ob ein Tier tag- oder nachtaktiv ist: Wildarten, die überwiegend bei Tag oder in der Dämmerung aktiv sind, haben mehr Zapfen als überwiegend nachtaktive.

Grüne Welt der Tiere

Wie viele Farben eine Tierart unterscheiden kann, hängt davon ab, wie viele unterschiedliche Zapfentypen und Sehpigmente sie besitzt. Während wir Menschen drei verschiedene Zapfentypen (Blau-, Grün- und Rotzapfen) besitzen und damit die Regenbogenfarben von Violett bis Rot wahrnehmen können, haben die meisten untersuchten Schalenwildarten, Räuber und Nager nur zwei verschiedene Zapfentypen: einen Rezeptor für kurzwelliges Licht von Ultraviolett (UV) bis Blau sowie

einen Rezeptor für den grünen bis gelben Farbbereich. Ein Rezeptor für Rot fehlt den meisten Säugetierarten. Deshalb können sie das für uns Menschen extrem auffallende Orange von Warnkleidung und andere Rottöne nicht wahrnehmen (siehe Abbildungen). Experten beschreiben das Farbempfinden dieser Arten gerne mit dem Farbsehvermögen eines rotblinden Menschen, der grüne, gelbe und rote Farbtöne als grün bis gelb bezeichnet.

Der Nachweis, ob eine Tierart tatsächlich Farben sehen kann, ist nur in aufwändigen Verhaltensversuchen zu erbringen, die bislang nur für einige Arten vorliegen. Gerald Jacobs, Professor am Institut für Neurowissenschaften der kalifornischen Universität Santa Barbara, geht jedoch von einem fließenden Übergang der Farbtüchtigkeit vom sehr guten Farbensinn der Primaten über ein robustes, zweifarbiges Farbsehen der meisten Säugerarten bis hin zu einem relativ bescheidenen Farbunterscheidungsvermögen nachtaktiver Tiere aus.

Da die für das Dämmerungssehen verantwortlichen Stäbchen auf die Lichtenergie, die von blauen bis grünen Farbtönen ausgeht, besonders empfindlich reagieren, erscheinen den Schalenwildarten diese Farben, und darunter fällt auch der jählich grüne Lodenmantel, in der Dunkelheit besonders hell. Weniger auffällig sind hingegen hellere Grün- und Erdtöne, Rot wird als sehr dunkel empfunden. Inzwischen sicher nachgewiesen ist auch die Empfindlichkeit der Stäbchen für UV-Strahlen. Deshalb ist die Diskussion um Aufheller in Waschmitteln, die in Verdacht stehen, Kleidung im UV-Bereich leuchten zu lassen, durchaus berechtigt.

Anders sind die Verhältnisse bei tagaktiven Vögeln: Da diese bis zu vier verschiedene Farbsehzapfen besitzen, ist ihr Farbsehvermögen besser ausgeprägt als das des Menschen. Besonders sen-

sibel reagieren Vögel auf Rot und Ultraviolett. Turmfalken finden Mäuse beispielsweise über deren Urinspuren, die ultraviolette Licht reflektieren.

Blendenregulierung

Die Regenbogenhaut (Iris) dient bei allen Wirbeltieren zur schnellen Anpassung des Auges an rasch wechselnde Lichtbedingungen. Sie begrenzt die Pupille, also den Bereich des Auges, durch den das Licht einfällt. Ring- und Längsmuskeln in der Iris ermöglichen es den Säugetieren, die Größe der Pupille und damit die Menge des einfallenden Lichts zu verändern. Ähnlich wie beim Fotoapparat nimmt die ins Auge einfallende Lichtmenge mit der Verengung der Pupille ab, die Tie-



Vor dem Hintergrund der Landschaft stehen für Wildtiere vor allem blaue Kleidungsstücke heraus. Die für uns Weste (li.) hat nahezu den gleichen Farbton wie die Mäusstoppeln, die für uns leuchtend grüne Weste (re.) verschwindet fast mit der Umgebung.

fenschärfe hingegen steigt. Dabei hat die Natur zwei Strategien der Pupillenverengung entwickelt: Menschen, Schwarzwild, der Wolf oder Großkatzen verengen ihre Sehöffnung ringförmig. Zahlreiche Schalenwildarten, kleine Hundartige wie der Fuchs und kleine Katzenartige wie die Wildkatze haben eine andere Möglichkeit entwickelt: Bei diesen Arten verengt sich die Pupille zu einem schmalen Schlitz. Warum gerade kleine Vertreter

Hunde- und Katzenartigen Schlitzpupillen ausgebildet haben und ihre großen Verwandten mit ähnlicher Lebensweise nicht, haben Sinnesphysiologen bislang nicht herausgefunden. Fest steht nur, dass es sich bei Arten mit Schlitzpupillen um dämmerungsaktive Tiere mit hochempfindlichen Augen handelt, die farbtüchtig sind. Da eine runde Pupille nicht so stark verengt werden kann wie eine schlitzförmige, könnte diese Erfindung dem Schutz der empfindlichen Augen bei Tageslicht dienen. Darüber hinaus verhilft die vertikal stehende Schlitz-



pupille von Fuchs und Wildkatze

den Räubern zu einer erhöhten Abbildungsqualität im Raum, was für ein punktgenaues Zupacken sehr wichtig ist.

Feinde am Horizont

Wie scharf ein Tier sehen kann, hängt auch davon ab, wie dicht die Rezeptorzellen auf der Netzhaut angeordnet sind.

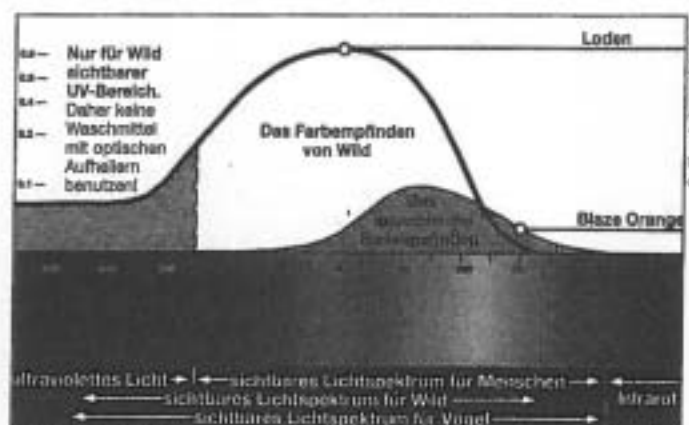
Bei allen bisher untersuchten Wildarten befindet sich im zentralen Bereich der Netzhaut eine Insel mit hoher Nervenzelldichte (Area centralis). Dieses Areal entspricht dem Bereich des schärfsten Sehens und dient den Tieren zum beidäugigen Fixieren von Objekten. Zahlreiche Haarwildarten besitzen zusätzlich ein schmales Band hoher Nervenzelldichte, das sich horizontal über die Retina erstreckt und eine weitere Zone guten Sehvermögens darstellt (siehe Grafik S. 9 oben).



Bei der Untersuchung der Frage, warum einige Arten diese streifenförmige

Area besitzen und andere nicht, stießen Wissenschaftler schließlich auf einen engen Zusammenhang mit der Lebensweise dieser Arten. So ist für (zeitweise) Offenlandbewohner der Horizont ein wichtiges Element des Sehfelds, denn im offenen Gelände tauchen für das Tier wichtige Objekte wie Beute oder Fressfeinde (mit Ausnah-

me von Greifvögeln) grundsätzlich zuerst dort auf. Deshalb müssen sie diesen Ausschnitt der Landschaft besonders gut „im Auge behalten“. Dass sie dies auch tatsächlich tun, zeigen beispielsweise Gemsen und Steinböcke, die am Hang eine solche Kopfhaltung einnehmen, dass die „Horizontlinie“ in ihren Lichtern parallel zur Horizontlinie des Geländes verläuft. Bewegungen des Hauptes, zum Beispiel beim Äsen, gleicht Rotwild durch einen beweglichen Augapfel aus, so dass die Pupille unabhängig von der Kopfhaltung immer parallel zum Horizont ist. Außer Muffelwild,



▲ | Im Vergleich zum Menschen (grau unterlegt) reagieren zahlreiche Wildtiere auf blaugrüne Farbtöne sehr empfindlich. Viele Arten können sogar UV-Strahlen wahrnehmen, dafür sehen sie kein Rot.

Grafik verändert nach [?]



Gemsen und Steinwild besitzen Reh-, Rot-, Dam- und Sikawild, Schwarzwild, Kaninchen, Hasen und der Wolf einen solch streifenförmigen Bereich des schärfsten Sehens. Beim Rotfuchs ist ein solcher Bereich nur schwach ausgebildet.

Unterstützt wird diese „Erfindung“ der Horizontlinie bei den genannten Wiederkäuern durch eine querovale Pupille. Diese entwirft nach der Wor-

phie, dass die Wildschafe Feinde bereits auf 1000 Meter eräugen können. Auch das Damwild ist für seine gute „Fernsicht“ bekannt.

Und damit Cerviden und Boviden auf der oft rasanten Flucht vor Feinden nicht über Wurzeln oder Unebenheiten des Bodens stolpern, besitzen sie zusätzlich noch einen weiteren Bereich höherer Sehschärfe direkt oberhalb der Area centralis. Damit wird der Boden vor-

wahrnehmung weit hinter dem des Menschen zurückbleibt, ist vor allem das Dämmerungssehen und ihre Fähigkeit, Bewegungen wahrzunehmen, hoch entwickelt. Und diese Erfahrung hat sicher schon so mancher Jäger gemacht, der sich trotz günstiger Windrichtung, Tarnkleidung und leisestem Anpirschen durch den Griff zu Fernglas oder Waffe verraten hat. Egon Wagenknecht be-

he, Hirsche, aber auch Sauen den regungslos in ihrer Nähe verharrenden Jäger bei günstigem Wind fast „umgelaufen“ haben.

Für die Fähigkeit, kleinste Bewegungen auch in etlicher Entfernung wahrzunehmen, sind bewegungsempfindliche Nervenzellen in den Randbereichen der Netzhaut verantwortlich. Diese können zwar keine Objektdetails unterscheiden, dafür reagieren sie



◀ **Trotz guter Deckung in dichter Vegetation heben sich exponierte Hautpartien wie der Ellbogen hell von der Umgebung ab. Für Wildtieraugen noch „leuchtender“ wirkt das vermeintlich dezent hellgrüne Hemd.**

ten von Dr. Leo Peichl vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/M. ein deutlicheres Bild von weit entfernten Objekten als eine vertikale Schlitzpupille dies täte. So beschreibt Dr. Holger Piegert in seiner Muffelwildmonogra-

dem Tier detailgetreu auf der Netzhaut abgebildet.

Nur nicht bewegte

Auch wenn das Sehvermögen der meisten Säugetierarten bezüglich Schärfe und Farb-

schreibt in seiner Rotwildmonographie, dass bereits der Lidschlag des Jägers genügt, um Hirsche in einer Entfernung von über 50 Metern abspringen zu lassen. Im Gegensatz dazu gibt es zahlreiche Berichte darüber, wie Re-

bereits auf kleinste Positionswechsel. Den evolutionären Grund dafür, dass diese Zellen gerade an den Randbereichen der Netzhaut vorkommen, sieht Dr. Leo Peichl darin, dass mit Ausnahme versteckt lauender Raubtiere biologisch interessante Objekte (Feinde oder Beute) immer erst am Rand des Gesichtsfeldes auftauchen und sich bewegen.

Augen wie ein Adler

Höchste Perfektion in puncto Sehschärfe und Bewegungssehen erreichen hingegen die Augen der tagaktiven Greif-

vögel. Die Nervenzeldichte und damit das Auflösungsvermögen ist bei ihnen etwa doppelt so hoch wie beim Menschen. Eine weitere Besonderheit des Vogelauges ist der Besitz von mindestens zwei Feldern hoher Sehzeldichte pro Auge: Eines ist nach vorn ausgerichtet und ermöglicht scharfes binokulares Sehen. Ein zweites ist zur Seite gerichtet und dient wahrscheinlich der Orientierung im

reiche mit hoher Sehzeldichte sind nach Aussage von Dr. Leo Peichl wie konische Gruben ausgebildet und wirken so wie Zerstreuungslinsen, die ein vergrößertes Bild entwerfen. Damit kann der Falke eine Maus schon auf 1500 Meter Entfernung erkennen.

Als Anpassung an ihre zum Teil sehr hohe Fluggeschwindigkeit besitzen die Augen der Greifvögel außerdem ein sehr viel höheres zeitliches Auflösungsvermögen als beispielsweise der Mensch: 80 Bilder pro Sekunde können Greife als Einzelereignisse wahrnehmen, beim Menschen liegt diese Frequenz bei etwa 20 bis 30 Bildern pro Sekunde.

Restlichtverstärker

Und noch eine „Erfindung“ erleichtert dämmerungs- und nachtaktiven Wildtieren die Orientierung in der Dunkelheit: das Tapetum lucidum, das für das nächtliche Leuchten der Augen vieler Arten verantwortlich ist. Eine hinter der Netzhaut liegende Zellschicht reflektiert das durch die Retina fallende Licht und erhöht damit die Lichtausbeute der Rezeptorzellen. Dieser „Restlichtverstärker“ kommt mit Ausnahme des Schwarzwildes bei allen Schalenwild- und Raubwildarten vor. Da das Tapetum die Lichtstrahlen jedoch nicht nur reflektiert, sondern auch streut, erkaufen sich die entsprechenden Tierarten die höhere Lichtausbeute durch ein (auch tagsüber) unschärferes Bild. Dennoch scheint der Vorteil dieser Entwicklung zu überwiegen, denn wie zellbiologische Untersuchungen belegen, haben sich die reflektierenden Zellschichten von Huftieren und Räubern in der Evolution sogar völlig unabhängig voneinander entwickelt.

Weshalb Schweine als einzige Paarhufer, aber auch Kaninchen und Hasen kein solches Tapetum besitzen, darüber rätselt die Wissenschaft noch. Dr. Leo Peichl jedenfalls vermutet, dass diesen Arten möglicherweise eine andere, bislang unbekannte Erfindung

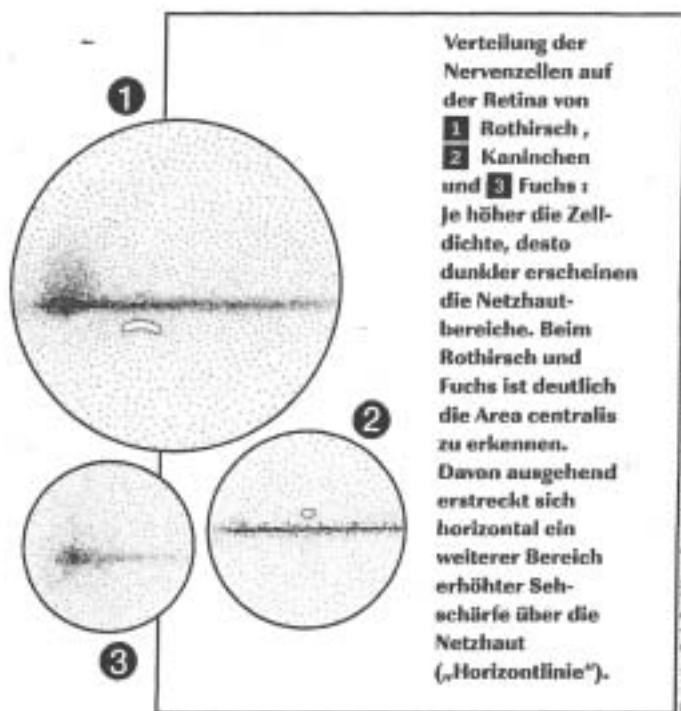
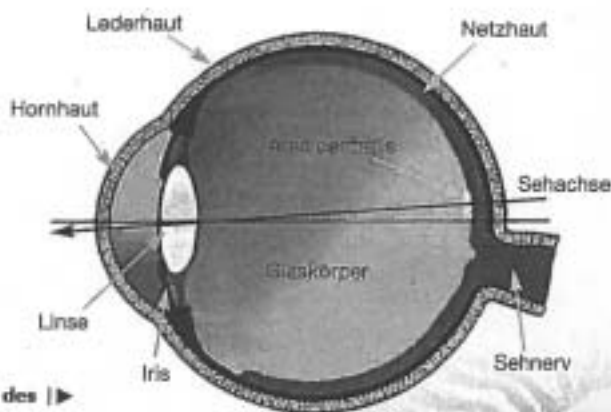


Illustration Dr. L. Peichl vom Institut für Jagdwissenschaften, 2011



Aufbau des Säugetierauges: Hornhaut, Linse und Netzhaut bilden den optischen Apparat.

Quelle: www.lebenaug.de/Wikipedia/Albrecht von Haller

Die quere ovale Pupille vieler „Beutetiere“ (hier: Mufflon) erlaubt den scharfen Blick auf den Horizont.

Die vertikalen Schlitzpupillen von Fuchs und Wildkatze ermöglichen den Räubern gutes räumliches Sehen.

Foto: M. Dreyer | K.-H. Hubner

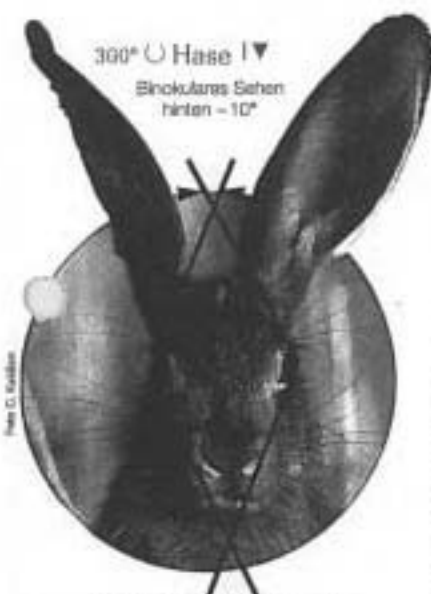


Foto: K.-H. Hubner / Fotostreckensieger.de

Raum während des Flugs. Dazu kommt, dass Vögel mit jedem Auge unabhängig voneinander sehen und auch fixieren können. Anders als bei Säugetieren werden die Bilder der beiden Augen in ihrem Gehirn nämlich nicht zu einem verschmolzen, sondern getrennt voneinander verarbeitet. Mit einem Blickwinkel von jeweils 150 Grad pro Auge können Greife einen sehr großen Ausschnitt ihrer Umwelt überblicken und selbst kleinste Bewegungen aus großer Entfernung wahrnehmen. Dabei hilft den Greifvögeln eine weitere anatomische Raffinesse: Die Be-



▲ | Rotfuchs $\cup 260^\circ$
Binokulares Sehen vorne $\sim 45^\circ$



300° \cup Hase | ▼
Binokulares Sehen
hinten $\sim 10^\circ$

Binokulares Sehen vorne $\sim 10^\circ$



▼ | Reh $\cup 300^\circ$

Binokulares Sehen vorne $\sim 60^\circ$

für besseres Sehen in der Dunkelheit gelungen ist.

Rundumsicht gefragt

Neben der Sehschärfe und der Befähigung, auch im Dunkeln zu sehen, entscheidet vor allem die Fähigkeit, Feinde rechtzeitig zu erkennen oder Beute zielgenau greifen zu können, über den Erfolg einer Art. Dabei ist es für Beutetiere wie Hasen oder Kaninchen wichtig, einen möglichst großen Bereich der Umwelt erfassen zu können, während Beutegreifer Entfernungen schätzen und räumlich sehen können müssen. Eine solche Tiefenwahrnehmung ist nur möglich, wenn Objekte mit beiden Augen (binokular) fixiert werden.

Ob Tiere über ein gutes räumliches Sehvermögen oder über ein großes Gesichtsfeld verfügen, wird über die Position der Augen im Kopf bestimmt. Seitlich am Kopf sitzende Augen liefern ein großes Gesichtsfeld, das teilweise auch den Bereich hinter dem Tier mit einschließt. Dafür ist der Ausschnitt der Umwelt, der von beiden Augen gleichzeitig wahrgenommen wird, relativ klein. Tiere mit nach vorn gerichteten Augen haben hingegen ein wesentlich größeres binokulares Gesichtsfeld (in der Grafik links gelb markiert), dafür sehen sie Bereiche neben oder hinter sich nur schlecht oder gar nicht.

Seitlich stehende Augen finden sich bei nahezu allen Beutetieren (Hasen, Kaninchen, Hirsche, Rehwild, Muffelwild, Federwild ohne Greifvögel), deren Interesse es ist, Beute-

greifer möglichst von allen Seiten zu eräugen, ohne sich durch Bewegungen des Kopfs zu verraten. Das größte Gesichtsfeld von fast 360 Grad haben dabei Kaninchen, Hasen und die Waldschnepfe, deren Augen zu diesem Zweck zusätzlich weit hinten am Kopf sitzen. Der binokulare Sehbereich dieser Arten beträgt dafür nur etwa zehn Grad. Zusätzlich sind die Augen des Kaninchens etwas nach oben gerichtet. Damit erstreckt sich das binokulare Gesichtsfeld der Laputze auch über den Kopf. Ein binokulares Gesichtsfeld, das den Bereich unterhalb des Kopfes oder, genauer gesagt, unterhalb des Schnabels einschließt, besitzen die Reiher, deren Augen zu diesem Zweck schräg nach unten inseriert sind.

Beim Reh-, Rot-, Dam- und Muffelwild erstreckt sich das Gesichtsfeld auf etwa 300 Grad, so dass die scheuen Arten auch Räuber im Rücken wahrnehmen können. Bei alten Muffelwidern beeinträchtigen jedoch oft die Schlauchspitzen die wichtige Rundumsicht, so dass die Tiere versuchen, diese abbrechen.

Das räumliche Sehen beschränkt sich bei den genannten Schalenwildarten auf etwa 60 Grad. Nimmt beispielsweise ein Mufflon einen „Feind“ wahr, dreht er sich diesem direkt zu, um so die Tiefenortung des Objekts vorzunehmen. Erst dann versucht er durch Winden und Aufnahme von Geräuschen weitere Informationen zu sammeln.

Beim Fuchs beträgt das gesamte Gesichtsfeld etwa 260 Grad, räumliches Sehen besitzt er im Winkel von rund 45 Grad. Bei der Katze ist das gesamte Gesichtsfeld auf knapp 190 Grad beschränkt, dafür erfasst sie mit beiden Augen einen Bereich von rund 100 Grad.

Zieht man also alle Facetten des tierischen Sehens in Betracht, wird klar, dass die Frage, ob Wildtiere besser oder schlechter sehen als wir Menschen, nicht einfach zu beantworten ist. Jede Art hat wohl die speziellen Sehleistungen entwickelt, die für ihr Überleben wichtig sind. Außerdem sind noch längst nicht alle Geheimnisse um das faszinierendste Sinnesorgan im Tierreich gelüftet. *Eva Junker*

Bekleidungsfarben im Vergleich (v.l.): Warnjacken in Blau, Orange und Orange, blauer Parka, Realtree-Tarnjacke, gelber „Frissonerz“ und grüner Loden.



Foto: Pfl

