Sehen

Anatomie

Die Augen des Kaninchens sind seitlich am Kopf angeordnet. Die Pupille bildet die Öffnung des Auges und reguliert normalerweise den Lichteinfall (Adaptation). Kaninchen ist diese Möglichkeit nur sehr eingeschränkt bis gar nicht gegeben. Die Pigmentierung der Iris bestimmt die Augenfarbe. Der Innenraum des Augapfels enthält den Glaskörper (*Corpus vitreum*) sowie die Linse (Lens) und wird in zwei Hohlräume, die Augenkammern geteilt, die Flüssigkeit (Kammerwasser) enthalten. Über die Pupille stehen beide Kammern in Verbindung. Das, durch die Pupille, eindringende Licht fällt durch das Innere auf das Nervengewebe der Netzhaut und projeziert dort ein Bild. Den frontalen Abschluss zum vorderen Auge bildet die Hornhaut, die in Verbindung mit der Kammerflüssigkeit einen wichtigen Beitrag zum „Scharfsehen“ durch die Brechung des Lichts liefert.



Abb. 1: Auge des KaninchensIn Abbildung 1 ist schematisch der Aufbau des Auges von Kaninchen abgebildet. Die Darstellung entspricht für einige Fakten nicht solchen, wie man sie in der Literatur für das menschliche Auge findet. Der Schnitt in der Skizze führt durch die Mitte des Auges. Normalerweise wäre dann die Nickhaut beim Kaninchen nur ansatzweise zu sehen, weil sie sich nicht mittig unter dem Auge, sondern im rechten Auge bei ca. 225° und im linken bei ca. 135° befindet. Sie ist also in Richtung nach innen zur Nase hin angeordnet. Dieses zusätzliche Lid wird in Gefahrensituationen wie auch z. B. bei potentieller Verschmutzung über die Hornhaut gezogen und dient somit dem Schutz des sehr großen Auges.

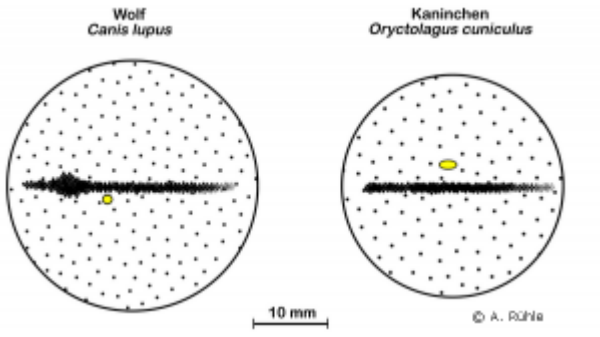


Abb. 2: Schematische Karten der Ganglienzellverteilung im Vergleich für Wolf und Kaninchen; nach Peichl, 1997; blinder Fleck „gelb“ dargestelltDas Kaninchen verfügt nicht über eine „Sehgrube“ (Fovea centralis) wie zum Beispiel Menschen und manche Primaten[1)]. Dabei handelt es sich um eine kleine Vertiefung im Zentrum des „Gelben Flecks“, dem Ort des schärfsten Sehens, der nur Zapfen enthält. Bei Kaninchen bildet der Bereich des schärfsten Sehens eher eine horizontale Linie, was ihrer Lebensweise und dem zu beobachtenden Horizont dienlich ist. Dort findet sich eine Anhäufung von Ganglienzellen. Dieser Bereich wird beim Kaninchen durch eine horizontale Linie auf der Netzhaut gebildet, also einem Band mit einer hohen Nervenzelldichte[2)3)]. Räuber brauchen dagegen einen punktförmigen Bereich, um das zu jagende Objekt fixieren zu können. Der „Blinde Fleck“ ist der Bereich, in dem der Sehnerv in das Auge hineinragt. Beim Kaninchen liegt er Gegensatz zu anderen Säugern nicht im unteren, sondern im oberen Bereich der Retina, wodurch er auf den Boden gerichtet ist. Dies ist eine Anpassung an Feinde aus der Luft, also einem uneingeschränkten Blick nach oben[4)].



Abb. 3: Anordnung der Augen beim Wildkaninchen, Links: von der Seite, Mitte: von vorn, Rechts: von hintenDie Anordnung der Augen und die damit verbundene Sehleistung sind typisch für Fluchttiere, die ein großes Gebiet überwachen müssen. Bei Raubtieren sind die Augen für ein besseres räumliches Sehen vorn am Kopf und eng beieinander angeordnet. Dies ermöglicht ihnen die präzise Jagd durch die Fixierung des Objektes. Die Augen des Kaninchens liegen dagegen seitlich (lateral) am Kopf und treten weit aus der Augenhöhle (Orbita) hervor. Dadurch verfügen die Tiere über ein sehr weites Gesichtsfeld. Jedes Auge für sich erfasst einen Winkel von 170,5° zusätzlich erfassen beide Augen gemeinsam nach vorn 10° und nach hinten 9° - somit gibt es praktisch keinen blinden Bereich bzw. toten Winkel[5)]. Mit anderen Worten: das Wildkaninchen kann, ohne den Kopf zu bewegen, auch sehen, was hinter ihm passiert. Blinde Bereiche, in denen das Kaninchen nichts zu sehen vermag, existieren nur direkt von vor der Nase abwärts unter seinem Körper bis aufwärts kurz hinter dem Nacken.

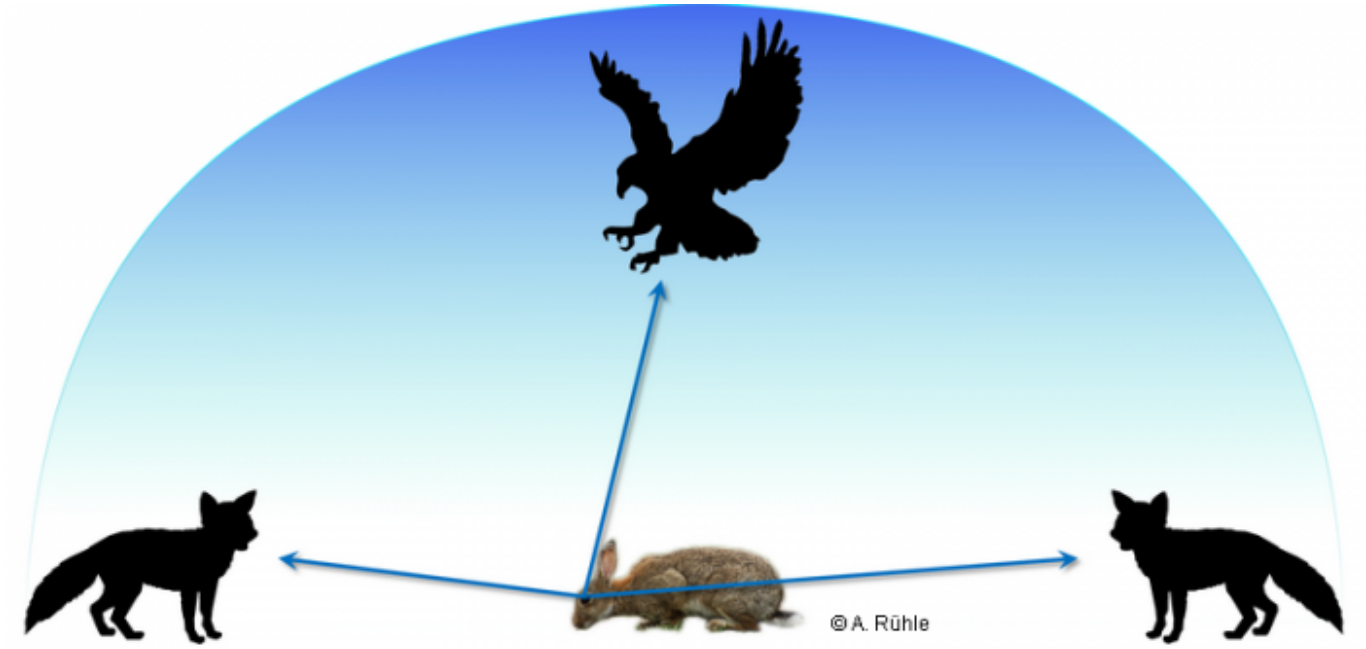


Abb. 4: Die Anordnung der Augen beim Wildkaninchen ermöglicht die Wahrnehmung potentieller Feinde

Die folgenden Bilder zeigen die Sicht des Kaninchens beim Fressen (links), im Stand (Mitte) und die gleiche Szene aus Sicht des Menschens mit einer Körpergröße von 170 cm (rechts).



Abb. 5: Sicht des Kaninchens links) beim Fressen; Mitte) im Stand; rechts) Mensch (170 cm groß)

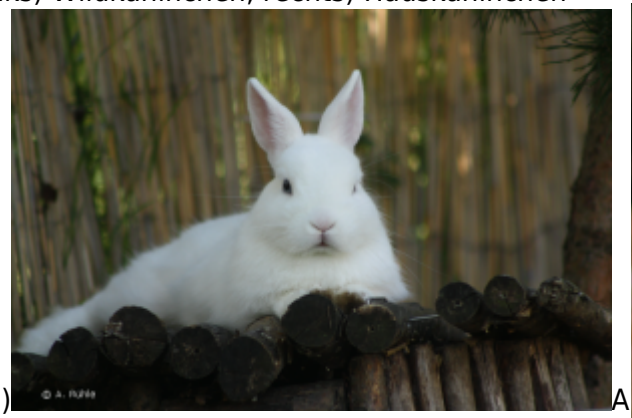
Abb. 6: links) Wildkaninchen, rechts) Hauskaninchen (Hermelin)

Abb. 7: Hauskaninchen (Hermelin)Die Entnahme des Wildkaninchens aus der Natur und seine Domestizierung hat eine Reihe körperlicher Veränderungen mit sich gebracht. In einer Untersuchung wurde z. B. festgestellt, dass das Gewicht des Auges von Hauskaninchen im Vergleich zum Wildkaninchen um 21% geringer war.[6)] Vor allem der Überlebenskampf mit einer ständigen Kontrolle seiner Umwelt hat beim Hauskaninchen zu einer Reihe von Modifikationen geführt, die sich auch auf das Gehirn auswirkten, welches bei gleich großen Tieren bei Wildkaninchen um 22% größer war.

Je nach Rasse und Kopfform stehen die Augen nicht so weit aus der Augenhöhle hervor, was den Sehraum grundsätzlich einschränkt. Bei einigen Rassen spielt auch das Fell am Kopf diesbezüglich eine Rolle. Abbildung 6 zeigt ein Wildkaninchen im Vergleich zu einem Hermelin-Kaninchen jweils von hinten. Dem Hermelin ist der Blick nach hinten versperrt, weil seine Augen kleiner sind und nicht so weit aus der Augenhöhle stehen wie beim Wildkaninchen. Die Abbildung 7 zeigt das gleiche Hermelin-Kaninchen von vorn.

Die Beeinträchtigung des ursprünglichen Sehraums der Wildkaninchen betrifft mehr oder wenige alle Hauskaninchen - ob Steh- oder Hängeohr.Abb. 8: Widderkaninchen



Sehleistung, Sehfeld und Sehraum

Die Anpassung an unterschiedliche Lichtverhältnisse wird normalerweise durch die reflektorische Erweiterung oder Verengung der Pupillen reguliert (Adaption). Beim Kaninchen ist diese Möglichkeit sehr stark eingeschränkt. Bei grellem Licht sieht es aus diesem Grund relativ schlecht, in der Dämmerung bzw. in hellen Nächten dagegen sehr gut.

Kaninchen fehlt die Möglichkeit der „Akkomodation“. Damit ist die Einstellung der Sehschärfe auf Objekte in verschiedenen Entfernungen gemeint, auch „fokussieren“ genannt. Normalerweise wird diese durch die Ziliarmuskeln gewährleistet. Diese sind nur sschwach vorhanden.

Die Sehleistung ist eine individuelle Eigenschaft, das heißt, dass in einer Population Tiere mit sehr guten oder weniger guten Sehleistungen existieren können.

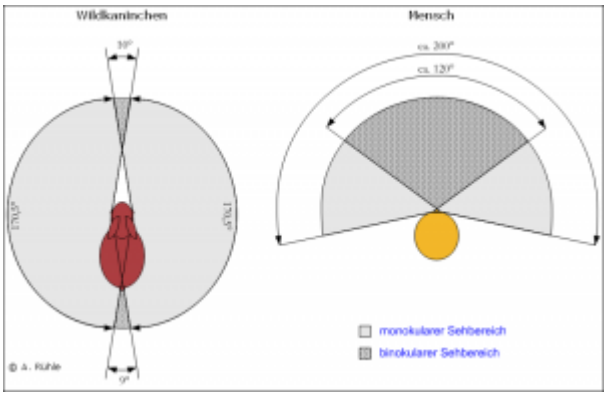
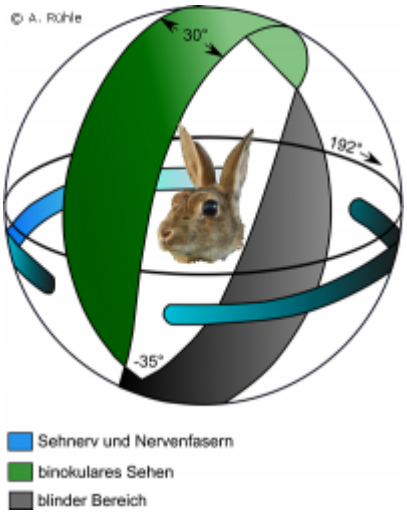


Abb. 6: Sehfeld des Wildkaninchens; nach Leicht, 1979 im Vergleich zum MenschenDas binokulare Sehen, also die Tiefenwahrnehmung und somit ein räumliches, stereoskopisches Sehen, ist beim Kaninchen sehr eingeschränkt, weil die Augen seitlich am Schädel sitzen. Nur nach vorn, oben und hinten in einem relativ nahen Bereich kann jeweils ein Bild dreidimensional erfasst werden.

In Abbildung 7 ist der Sehraum des Kaninchens dargestellt. Alles, was weiß ist, sieht das Kaninchen monokular, also jeweils nur mit einem Auge. Der grüne Bereich ist der des binokularen, also räumlichen Sehens und schwarz ist der blinde Bereich dargestellt, der dem Blick des Kaninchens verborgen bleibt. Blau kennzeichnet den Bereich, der durch den Sehnerv und den von ihm ausgehenden Nervenzellen eingeschränkt ist[7]. Abb. 7: Sehraum des Wildkaninchens, nach Hughes, 1972



Die Sehschärfe (Visus, Minimum separabile) von Säugetieren ist unabhängig von der Augengröße und beim Kaninchen vergleichsweise schlecht. Im Vergleich zum Menschen ist sie zwanzigmal geringer. Definiert wird sie als das Auflösungsvermögen, zwei Sehobjekte gerade noch als getrennt wahrnehmen zu können. Als Einheit dient die Bogen bzw. Winkelminute als sechzigster Teil eines Winkelgrades. Die Auflösung von 1' (= eine Bogenminute) entspricht einer Ortsauflösung von ca. 1,5 mm bei 5 m Abstand. Je kleiner die Sehschärfe, desto besser ist sie. Beim Menschen wird die Sehschärfe anhand von Normtafeln im Sehtest geprüft, bei Tieren dienen Verhaltensstudien für ihre Bestimmung.

Tabelle: Augengröße und Sehschärfe (als Maximum separabile) von Säugetieren, Auszug nach Peichl, 1997[8]

Spezies	**Augengröße, in mm**	**Sehschärfe, in Bogenminuten**
Mensch	24,0	1'
Pferd	40,0	2,6'
Hund	19,0	5'
Katze	22,0	7-10'
Ziege	26,0	10'
Rothirsch	36,0	11'

Spezies	Augengröße, in mm	Sehschärfe, in Bogenminuten
Kaninchen	18,0	20'
Ratte (pigmentiert	6,5	20'
Ratte (Albino)	6,5	40'

Wie bereits erwähnt, bildet die Stelle des schärfsten Sehens und der höchsten Farbempfindlichkeit bei Menschen und einigen Primaten die „Sehgrube“ (*Fovea centralis*), eine Einsenkung im Zenrum des „Gelben Flecks“. Kaninchen fehlt diese Fovea[9)]. Sie folgen Bewegungen von Objekten nicht unbedingt mit den Augen, auf die sie auch nicht „scharfstellen“ können, sondern erfassen ein „Gesamtnetzhautbild“, in dem Bewegungen z. B. als Gefahr wahrgenommen werden. Zudem helfen bewegungsempfindlicher Nervenzellen in den Randbereichen der Netzhaut bei der Erkennung kleinster Bewegungen. Nach Hughes, 1971[10)] spielen im Vergleich zur Katze und zum Affen beim Kaninchen eher die Bewegung als die Konturextraktion die Hauptrolle bei der Unterscheidung von Figur und Hintergrund. Die „hyperkomplexen“ Eigenschaften einiger Einheiten im Kaninchenkortex stellen sicher, dass sie das Vorhandensein von sich bewegenden Reizen nur innerhalb eines bestimmten Winkelgrößenbereichs und einer bestimmten Region des visuellen Raums signalisieren.

Beobachtungen von Wildkaninchen zeigen das sehr deutlich: wenn sie Bewegungen in größerer Entfernung wahrnehmen, verharren sie. Es sind aber keine Kopfbewegungen erkennbar, die darauf hinweisen, dass das Kaninchen versuchen würde, dass Objekt besser „ins Auge zu fassen“ und darauf zu fokussieren. Es bleibt einfach nur aufmerksam sitzen und wartet, ob sich in dem zweidimensionalen Bild, welches es mit jedem Auge von seiner Umgebung erfasst, etwas bewegt. Die einzigen Körperreaktionen sind die sichtbare Anspannung und Bewegungen der Ohren, die wie Radarantennen unabhängig voneinander in verschiedene Richtungen gedreht werden, um zusätzlich Geräusche aufzunehmen. Dem Menschen, der seine Umgebung dreidimensional, also räumlich in Breite, Höhe und Tiefe wahrnimmt, fällt es sicher schwer sich vorzustellen, wie Kaninchen sehen. Vielleicht hilft ein Vergleich: man stelle sich vor, das linke Auge sieht eine Postkarte mit Natur und das rechte Auge ebenfalls, aber mit etwas anderer Natur und Umgebung. Man kann nicht feststellen, wie weit ein Objekt im Vergleich zu anderen entfernt ist. Etwas Ungewöhnliches bemerkt man also erst dann, wenn es sich auf dem jeweiligen Bild einer dieser beiden Postkarten bewegt. Deshalb sitzt auch das Kaninchen ruhig da und wartet nach der ersten Wahrnehmung einer Störung durch Bewegung erst einmal ab, ob sich diese durch weitere Bewegungen bestätigt. Ist diese sehr auffällig und nah, wird sofort mit Flucht reagiert, da sich Entfernung und Geschwindigkeit auf Grund der fehlenden Möglichkeit der Akkomodation nicht registrieren lassen.

Bei Haustieren entspricht die Hornhautform nie dem eines regulären Kugelsegments, weshalb der „Astigmatismus“ beim Kaninchen normal, aber nicht klinisch ist. Er beträgt ca. 0,5 1,0 Dioptrien[11)]. Diese Besonderheit der visuellen Wahrnehmung stellt einen Abbildungsfehler bzw. eine „Refraktionsanomalie“ dar. Das Wort bedeutet übersetzt „Punktlosigkeit“ und meint, dass die von einer Lichtquelle auf eine Linse einfallenden Strahlen auf Grund der nicht rotationssymmetrischen Brechkraft von Hornhaut und Linse nicht exakt auf einen Brennpunkt gebündelt werden, sondern als Punktreihe bzw. Strich abgebildet werden. Ursachen sind eine angeborene oder erworbene asphärische Hornhaut- oder Linsenfläche. Gegenstände der Umgebung werden also unscharf abgebildet.

Über die Sehleistung, insbesondere der Fehlsichtigkeit, ist man sich unter Experten bis heute nicht richtig einig. De Graauw, et al., 1978[12)] stellten z. B. fest, das Kaninchen in lateraler (seitlicher) Richtung leicht weitsichtig sind und nach vorn im Nahbereich stark kurzsichtig. Hughes, et al., 1978[13)] bezweifelten diese und stellte seinerseits unter anderem fest, dass das Auge des Kaninchens in der Lage wäre, den Astigmatismus auszugleichen. Wenig später bestätigten aber De Graauw, et al., 1980[14)] ihre ursprüngliche Feststellung der Kurzsichtigkeit im frontalen Sichtbereich in einem neuen

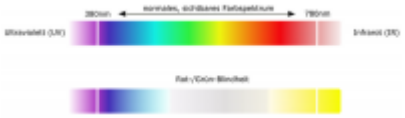
Versuch. Beobachtungen von Kaninchen lassen durchaus auf eine Fehlsichtigkeit für den frontalen Bereich schließen. Sie sind gute Springer und Kletterer. Erhöhte Flächen erklimmen sie recht einfach. Offenbar können sie nach vorn oben recht gut abschätzen, wie weit entfernt sich ein Objekt befindet. Andererseits scheinen sie sich in umgekehrter Richtung sehr unsicher zu sein. Man könnte meinen, sie trauen sich nicht, aus selbst relativ geringen Höhen herabzuspringen oder zu klettern. Erst wenn der Weg vertraut ist, werden sie sicherer.

Der Tränen-Nasen-Kanal, der dem Ableiten der Tränenflüssigkeit dient, hat nur eine Öffnung und befindet sich im Augenwinkel, der in der Nähe der Nase liegt.

Farbsehen

Kaninchen verfügen über blau- und grünsensitive Zäpfchen auf der Netzhaut des Auges. Dieser Blau-Grün-Dichromatismus ist eine Anpassung an die Lichtverhältnisse in der Dämmerung und Nacht. Da Wildkaninchen vorwiegend dämmerungs- und nachtaktiv sind, ist ein gutes Farbsehen auch nicht nötig - sie nehmen dafür Grautöne besser wahr. Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut des Auges sind Fotorezeptoren, die Lichtsignale aus der Außenwelt in Signale umwandelt, welche das Gehirn verarbeiten kann. Die Stäbchen sind hauptsächlich für das Sehen in der Dämmerung und bei Nacht wichtig, während die Zapfen (Rezeptoren) nur bei Helligkeit funktionieren und der Farbwahrnehmung dienen. Außerdem ermöglichen sie die Kontrastunterscheidung und somit räumliche Auflösung. Da den Kaninchen die rotsensitiven Zäpfchen fehlen, ist also die Farbwahrnehmung, wie der gesunde Mensch sie kennt, eingeschränkt. Das hat zur Folge, dass sie Rot schlecht bis gar nicht von Grün unterscheiden können. Beides sind für sie einfach verschiedene Grün/Gelbtöne, denn nur die grünen und blauen Zapfen werden bei Lichteinfall angeregt - sie sind gewissermaßen „rotgrünblind“, da Rot und Grün als eine Farbe wahrgenommen wird. Damit sind sie Menschen mit Protanopie vergleichbar (Rot-Grün-Blindheit, bei der aber die Zapfen für das Wahrnehmen von Rot das Iodopsin für Grün enthalten).

Abb. 11: Normales Farbsehen und Rot-Grün-Blindheit



Der Mensch verfügt über drei Typen von Zapfen: Blau-, Grün- und Rotrezeptoren. Werden alle drei Zapfenarten gleich stark angeregt, entsteht die Wahrnehmung weiß, wird keine angeregt, schwarz. Durch die unterschiedliche Anregung entsteht somit die Wahrnehmung der verschiedenen Farben. Manche Tiere verfügen über eine vierte Zapfenart, mit der ultraviolettes Licht wahrgenommen werden kann. Fast alle Vögel unterscheiden auf diese Art sehr schnell reife von unreifen Früchten. Andere Tiere wiederum wie z.B. Delfine oder Nachtaffen verfügen nur über einen Zapfentyp, der sie verschiedene Grautöne wahrnehmen lässt. Dafür sind aber bei ihnen die Stäbchen sehr gut entwickelt, was ihnen ein gutes Sehen in der Dunkelheit ermöglicht.

1) , 9)
Brecher, G. A. 1936. Optisch ausgelöste Augen-und Körperreflexe am Kaninchen. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology. 1936, Bd. 23, 3, S. 374-390
2)
Davis, F. A. 1929. The anatomy and histology of the eye and orbit of the rabbit. Transactions of the American Ophthalmological Society. 1929, 27, S. 400-441
3)
Junker, E. 2004. Ich sehe was, was du nicht siehst. Die Pirsch. 2004, 2, S. 4-10

[4], [8]
Peichl, L. 1997. Die Augen der Säugetiere: Unterschiedliche Blicke in die Welt. Biologie in unserer Zeit. 1997, Bd. 27, 2, S. 96-105
[5]
Leicht, W. H. 1979. Wildkaninchen. In: Leicht, W. H. Tiere der offenen Kulturlandschaft. Teil 1. Feldhase, Wildkaninchen ((Ethologie einheimischer Säugetiere / [W. H. Leicht]; 1). ISBN 3-494-00937-6. S. 101-168
[6]
Müller, E. 1919. Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildkaninchen. Berlin : Zool. Inst. der Königl. Landwirtsch. Hochschule, 1919. Dissertation
[7]
Hughes, A. 1972. A schematic eye for the rabbit. Vision research. 1972, Bd. 12, 1, S. 123-138
[10]
Hughes, A. 1971. Topographical relationships between the anatomy and physiology of the rabbit visual system. Documenta Ophthalmologica, 30(1), 33-159
[11]
Wiesner, E. und Ribbeck, R. 2000. Lexikon der Veterinärmedizin. Stuttgart : Enke im Hippokrates Verlag GmbH, 2000. ISBN 3-7773-1459-5
[12]
De Graauw, J. G. und Van Hof, M. W. 1978. Relation between behavior and eye-refraction in the rabbit. Physiology & Behavior. 1978, Bd. 12, 2, S. 257-259
[13]
Hughes, A. und Vaney, D. I. 1978. The refractive state of the rabbit eye: variation with eccentricity and correction for oblique astigmatism. Vision research. 1978, Bd. 18, 10, S. 1351-1355
[14]
De Graauw, J. G. und Van Hof, M. W. 1980. Frontal myopia in the rabbit. Behaviourai Brain Research. 1980, 1, S. 339-341

From:
http://www.wikikanin.de/ - **Wikikanin**

Permanent link:
http://www.wikikanin.de/doku.php?id=sinne:sehen&rev=1695581406

Last update: **2023/09/24 20:50**