

Die Sinnesleistungen der Eulen – Sehen: Eine Zusammenfassung nach neueren Ergebnissen

von Laura Hausmann

Eulen (Strigiformes) fallen durch ihre großen, frontal stehenden und parallel nach vorn gerichteten Augen auf (Abb. 1). Es ist also nahe liegend anzunehmen, dass sie auch ein gutes Sehvermögen haben. Aber was heißt das: „gutes Sehen“? Grundsätzlich kann man den Sehvorgang in zwei Bereiche unterteilen: die *Optik*, also die physikalischen Eigenschaften des Auges, und das *visuelle System*, sprich die Verarbeitung auf Ebene der Sinnes- und Nervenzellen. In der Natur sollte, um die Fitness einer Spezies zu gewährleisten, die Leistung eines Sinnessystems an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst sein, in denen das Tier lebt. Für eine Eule als dämmerungsaktiver Jäger heißt das, sie muss schwaches Licht gut nutzen können, denn je mehr Sinnesinformationen zusätzlich zu ihrem hochfeinen Gehör die Eule zur Verfügung hat, desto sicherer kann sie den Aufenthaltsort eines Beutetieres bestimmen und desto wahrscheinlicher ist ein Jagderfolg.

Bei den meisten Tierarten steigt die Länge des Auges linear mit dem Körpergewicht an (HOWLAND et al. 2004). Die Augenlänge der Eule dagegen weicht in Relation zum Körpergewicht etwa um den Faktor zwei vom Mittelwert ab. Mit anderen Worten: im Verhältnis zum Körpergewicht sind die Eulenaugen fast doppelt so groß, als man das von ihrem Gewicht her erwarten würde.

Die Augen selbst sind von trichterförmigen Knochenringen eingefasst, den so genannten Skleralringen (Abb. 2A). Der Augapfel ist dadurch länglich – gut für Fernsicht – aber auch recht unflexibel. Beinahe froschartig stehen die Augen hervor, ein guter Teil liegt also eigentlich außerhalb des Schädels. Dadurch „spart“ die Eule Gewicht, das aus einem größeren Schädel und einem kugelförmigen Auge resultieren würde, ohne je-



Abb. 1: Portrait einer Schleiereule. Sehr gut zu erkennen sind die frontal stehenden Augen und der namensgebende Gesichtsschleier, der Geräusche wie ein Trichter sammelt, verstärkt und zu den Ohrkanälen leitet.

Abbildung aus HARMENING 2008.

doch Einschränkungen der optischen Qualität hinnehmen zu müssen. Denn der Knochenring zwingt das Auge in eine tubuläre Form (Abb. 2B), so als wäre von einem runden Auge ein Teil abgeschnitten, was Gewicht spart. Gleichzeitig bleiben jedoch Öffnungswinkel und retinale Bildgröße konstant, was für eine lichtstarke scharfe Abbildung bedeutsam ist.

Anders als z. B. der Mensch kann die Eule ihre Augen kaum, nur um ca. 1° im Schädel bewegen (DU LAC & KNUDSEN 1990). Der Augenhintergrund („postorbitaler Bereich“) ist bei den Eulen ebenso wie bei vielen Primaten durch ein Knochenseptum von den Kiefermuskeln getrennt (MENEGAZ & KIRK 2009), damit diese nicht mit den großen Augäpfeln interferieren und sie so möglicherweise schädigen können. Vermutlich ist dadurch die Entwicklung der großen, frontal stehenden Augen möglich gewesen, die bei den Eulen wahrscheinlich eine Anpassung an nächtliches Sehen darstellt (MENEGAZ & KIRK 2009). Der Konvergenzwinkel der Augen beträgt ca. 62° , somit sind die Eulenaugen recht stark nach außen gedreht. Die visuelle Achse, also die „Sichtachse“, zeigt

dagegen nach vorne, parallel zum Schnabel (Abb. 2A).

Wie erreicht nun ein dämmerungsaktiver Jäger ein gutes Sehvermögen? Wie man das von Kameras kennt, sollte zunächst die Qualität der Optik stimmen. Hier gilt es, einerseits eine geringe Lichtstärke ausnutzen zu können, wofür eine große Linsenöffnung vorteilhaft ist. Dadurch kann viel Licht auf die Netzhaut fallen. Der Nachteil aber ist die dadurch bedingte große Streuung des Lichts, die wiederum für eine geringere Schärfe der Abbildung sorgt. Wir kennen das Problem ebenfalls: bei schlechter Beleuchtung sehen wir unschärfer als bei hellem Tageslicht und die Pupille weitet sich entsprechend der Lichtverhältnisse mehr oder weniger stark.

Die axiale Länge der Augen von Schleiereulen ist mit 18,5 mm, ebenso wie die des Waldkauzes (*Strix aluco*) mit 28,5 mm, sehr groß (SCHAEFFEL & WAGNER 1996, sowie Abb. 2B), selbst verglichen mit dem Menschen (24 mm). Die Eule erreicht auf diese Weise große Abbildungen auf der Netzhaut und das bei *gleichzeitig* hoher Helligkeit (SCHAEFFEL & WAGNER 1996). Zwar ist dies eine „kostenintensive“ Optimierung; sie zahlt sich aber aus, da große Netzhautabbildungen auch eine höhere Konvergenz von Photorezeptoren und damit ein hohes Auflösungsvermögen erlauben (MARTIN 1982). Mit einer hohen Rezeptordichte wird eine Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses besonders bei schwachen Lichtverhältnissen erreicht.

Dazu sorgen die hohe „Gleichmäßigkeit“ von Linse und Hornhaut dafür, dass in der retinalen Abbildung kaum Verzerrungen auftreten (HARMENING et al 2007b).

Solche Optimierungen treten häufig bei dämmerungs- und nachtaktiven

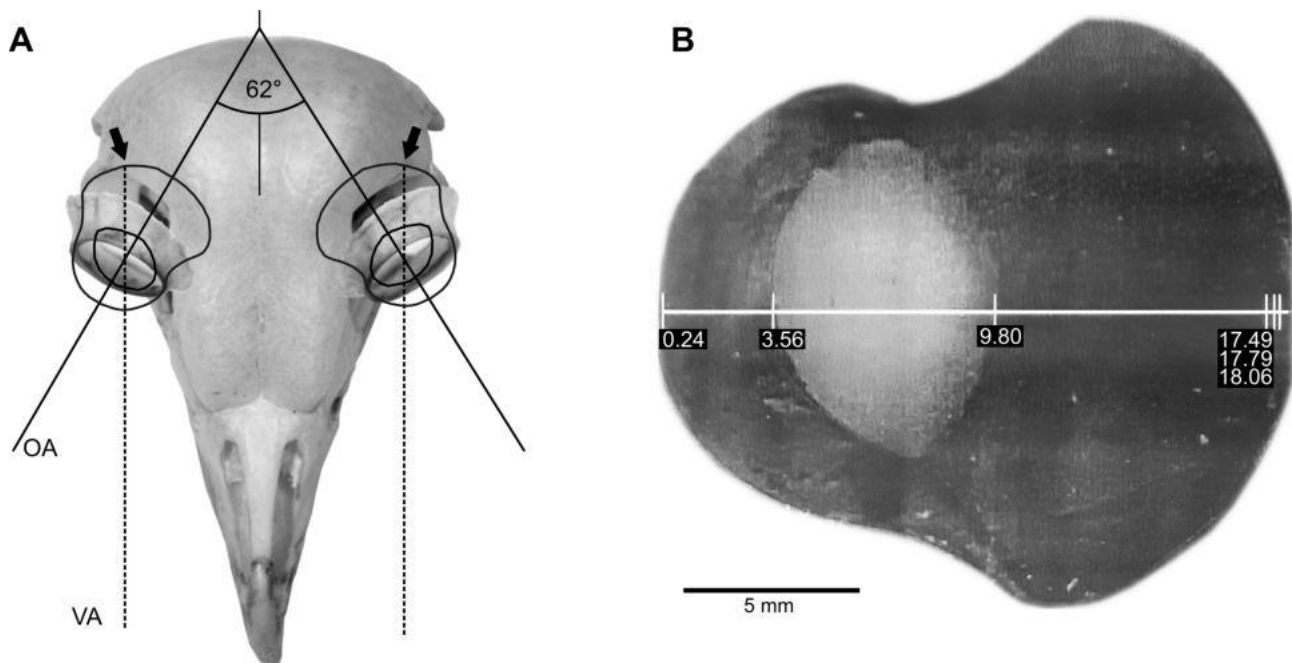


Abbildung 2: A) Die Lage der Augen im Schädel der Schleiereule ist in der Aufsicht gezeigt. OA = optische Achse, VA = visuelle Achse. Der Konvergenzwinkel der Augen beträgt ca. 62°, die Augen sind also im Vergleich zum Menschen stark nach außen gedreht. Das in B) vergrößerte dargestellte Auge wird vom Skleralring in eine konische Form gezwungen. Die hell schattierte Fläche in der Mitte ist die Linse. Die Abstände zur Vorderkante des Auges (weiße Zahlen in Millimetern) verdeutlichen die große Länge des Augapfels sowie die Verhältnisse der einzelnen Bestandteile des Auges zueinander. Abbildung aus HARMENING 2008.

Beutegreifern auf – das Verhältnis der Bildhelligkeit zur Größe der retinalen Abbildung solcher Arten ist besser als bei tagaktiven Spezies – und scheinen eine Anpassung an die geringe Lichtstärke zu sein (MARTIN 1982).

Eulen fixieren visuelle und akustische Objekte durch Drehbewegungen des Kopfes (z.B. OHAYON et al. 2006). Diese Sakkaden erreichen eindrucksvolle Geschwindigkeiten von bis zu 800°/s, zudem zeigen Eulen sie bereits als präzise Reaktion auf Geräusche, die gerade einmal 50-75 ms andauern (KONISHI 1971, KNUDSEN & KONISHI 1978, DULAC & KNUDSEN 1990, MASINO & KNUDSEN 1990). Damit liegt die Geschwindigkeit der Kopfbewegungen der Eule im Bereich dessen, was man bei den sakkadischen Augenbewegungen von Menschen beobachtet, die bei ca. 700°/s liegen.

Durch geradlinige Seitwärtsbewegungen (Pendelbewegungen) des Kopfes können Eulen zusätzlich eine Bewegungsparallaxe erzeugen, also durch die relative Bewegung des Objektes im Sichtfeld dessen Entfernung besser abschätzen.

Zur exakten Einstellung des Auges auf die Entfernung eines Objektes muss das Tier akkommodieren, also den Krümmungsgrad von Linse und Hornhaut so ändern, dass sich die

Lichtstrahlen genau auf der Netzhaut bündeln. Anderenfalls wäre die Abbildung unscharf. Ganz ähnlich, wie es sich bei kurz- oder weitsichtigen Menschen verhält, bei denen eine geringere Krümmungsfähigkeit oder ein zu langer bzw. kurzer Augapfel eine scharfe Abbildung von Objekten auf der Netzhaut verhindert. Die Schleiereule kann nicht nur durch Änderung des Krümmungsgrades der Linse besonders gut für unterschiedliche Entfernungen akkommodieren, sondern zusätzlich – wie viele andere Vögel auch – durch eine schnelle Kompression der Hornhaut (HOWLAND et al. 1991; JONES et al. 2007). Die Eule besitzt also als wichtige Voraussetzung eine sehr gute optische Qualität des Auges. Diese allein genügt allerdings noch nicht, um für „gutes Sehen“ zu sorgen. Entscheidend ist auch, wie die Verarbeitung des Bildes durch das Gehirn erfolgt, also auf der Ebene der Netzhaut und der darüber liegenden Prozessierungsstufen.

Sind Eulen also die perfekten nächtlichen Jäger? Mitnichten – zumindest für die amerikanische Schleiereule (*Tyto alba pratincola*) gilt die Annahme nicht, sie besitzt neben der exzellenten Optik auch eine entsprechend gute visuelle Auflösung. Im Vergleich zu anderen Vögeln ist sie mit einem Auflösungsvermögen von

ca. 7,5 Winkelminuten (= Bogenminuten) eher am unteren Ende der Skala angesiedelt (HARMENING 2009). Eine Bogenminute entspricht dem sechzigsten Teil eines Grads, ein Grad wiederum etwa einer Daumenbreite, wenn der Daumen auf Armeslänge ausgestreckt wird. Andere dämmerungs- und nachtaktive Spezies wie der Waldkauz (*Strix aluco*) erreichen ca. 3 Bogenminuten, damit unter vergleichbaren Bedingungen etwas besser als der Bartkauz mit 4-5 Bogenminuten (MARTIN & GORDON 1974), während der Mensch mit bis zu 30 Winkelsekunden etwa 10x besser ist. Zu beachten ist hierbei, dass das Auflösungsvermögen auch von der Beleuchtungsstärke (Luminanz) abhängt, so dass diese bei Vergleichen berücksichtigt werden sollte. Idealerweise vergleichen Studien die Leistung verschiedener Spezies (meist mit dem Menschen als Referenz) im selben Versuchsaufbau. So erreichten Menschen in einem Diskriminationsexperiment 0.8 Bogenminuten (BLOUGH 1971), im selben Versuch getestete Tauben dagegen je nach Individuum 1-4 Bogenminuten, was sie etwas „besser“ macht als Schleiereulen oder Bartkäuse.

Damit liegen Eulen zwar stets unter dem Auflösungsvermögen des Menschen; da die Auflösung mit abneh-

mender Lichtstärke aber weniger stark abnimmt, besitzen sie relativ betrachtet immer noch eine gute Sensitivität, können also auch unter sehr schwachen Lichtverhältnissen (skotopisches Sehen = SW-Sehen bei sehr geringer Helligkeit) noch etwas erkennen. Es scheint also so zu sein, dass Eulen zwar ein ausreichendes Auflösungsvermögen für skotopische Sehbedingungen besitzen, aber eher eine Optimierung hin zu hoher Sensitivität auf Kosten einer hohen Auflösung erfolgt ist.

Experimente mit Schleiereulen zeigten, dass diese Tiere erstaunlicherweise den seitlichen Versatz von zwei übereinander liegenden Strichen korrekt als Verschiebung nach links bzw. rechts erkennen, selbst wenn der Versatz *kleiner* ist als der Abstand zweier Stäbchenzellen auf der Retina (HARMENING et al. 2007) – normalerweise der limitierende Faktor für das visuelle Auflösungsvermögen. Dieses Phänomen tritt auch beim Menschen auf und wird als Hypergenauigkeit bezeichnet. Die Schwelle für das Erkennen eines seitlichen Versatzes – die sogenannte Nonius-Sehschärfe – liegt für Schleiereulen bei etwa 1,2 Bogenminuten. Zum Vergleich: der Mensch erreicht 1-5 Bogensekunden, also den sechzigsten Teil einer Bogenminute (LEVI et al. 1985). Vergleichsdaten für andere Vogelarten fehlen.

Möglich ist die Hypergenauigkeit vermutlich dadurch, dass eben nicht nur die einzelne Sinneszelle zur Verfügung steht, sondern zahlreiche, miteinander verschaltete Retinazellen in jedem der beiden Augen, deren Information integriert werden kann. Das heißt, die Zusammenarbeit vieler Sinneszellen ermöglicht eine höhere Auflösung als jede einzelne Zelle hätte.

Wie ist es nun möglich, trotz der zweidimensionalen Netzhaut einen dreidimensionalen Seheindruck (Stereosehen) zu erzeugen? Wird ein dreidimensionales Objekt betrachtet, wird jeder Punkt auf der Netzhaut beider Augen abgebildet (Abb. 3). Bedingt durch den Augenabstand erfolgt die Abbildung jedoch auf leicht unterschiedlichen Positionen der Netzhaut, den sogenannten Korrespondenzpunkten. Wie im Vergleich der schwarzen und grauen Pfeile in Abb. 3 deutlich wird, ist der Abstand der korrespondierenden Punktpaare

von deren Abstand am Objekt abhängig. Aus diesem Abstand kann die Objekttiefe berechnet werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings ein Überlappen der Gesichtsfelder beider Augen (sowie eine Konvergenz der Informationen aus beiden Augen in höheren Gehirnbereichen), da jeder Punkt des Objektes für die „3D-Verrechnung“ auf *beiden* Netzhäuten abgebildet werden muss.

Die frontale Ausrichtung der Augen und die Überlappung beider Gesichtsfelder gehen zu Lasten der *Größe* des Gesichtsfeldes. Diese Kosten leisten sich die Eulen, da sie als Jäger weniger die Umgebung im Auge behalten müssen als ein potenzielles Beutetier.

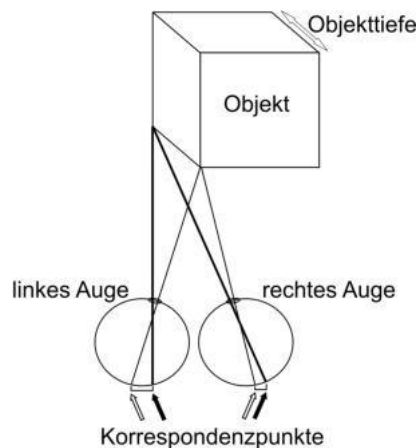


Abb. 3: Für die Abbildung eines Objektes auf der Netzhaut beim Stereosehen ist eine Überlappung des jeweiligen Sichtfeldes beider Augen notwendig. Dadurch wird jeder Punkt eines Objektes auf beiden Retinae abgebildet, aber durch den Augenabstand auf leicht unterschiedlichen Punkten der Netzhaut, den Korrespondenzpunkten. Die Information über die abgebildeten Objektpunkte aus jedem der beiden Augen kann vom Gehirn verrechnet und aus dem Versatz der Korrespondenzpunkte in den Eindruck einer bestimmten Objektiefe „übersetzt“ werden.

In Verhaltensexperimenten wurde gezeigt, dass Eulen tatsächlich Tiefensehen (Stereopsis) besitzen (VAN DER WILLIGEN et al. 1998). Dem rechten und linken Auge der Eulen wurden getrennt sogenannte Stereogramme gezeigt. Das sind Punktmuster mit unterschiedlichem Versatz, die erst in der Kombination der Informationen beider Augen ein dreidimensionales Bild ergeben, nach dem Prinzip, auf dem auch die bekannten „Magisches Auge“-Bilder beruhen. Die Aufgabe der Versuchstiere war es, zu erkennen, ob das so entstandene Objekt eine Erhebung oder eine

Vertiefung war. Nur dann, wenn die Eulen über Stereopsis verfügen, können sie eine solche Aufgabe korrekt lösen.

Was ist nun mit anderen Vögeln? Wie so häufig, stellen Eulen eine Ausnahme dar. Auch andere Vogelarten haben Binokularität, z.B. der Buntfalke (*Falco sparverius*) (FOX et al. 1977), jedoch ist der sich überlappende Teil des Sichtfeldes bei den allermeisten Vögeln extrem schmal und dient vermutlich eher dazu, beim Fliegen einen Teil des Sichtfeldes in Richtung der Flugachse zu halten, um so die Position relativ zu anderen Objekten berechnen zu können (MARTIN 2009).

Die optische Qualität des Eulen-Auges ist sehr hoch, wie wir oben gesehen haben, wohingegen sie mit dem visuellen Auflösungsvermögen je nach Spezies gleich oder etwas schlechter liegt als bei anderen Vogel- und Wirbeltierarten: die Katze beispielsweise erreicht 5 Bogenminuten (JACOBSON et al. 1976). Insgesamt kann man sagen, dass die an Dämmerungs- und Nachtaktivität angepassten Eulenspezies in ihren optischen Leistungen eher mit anderen nachtaktiven Tierarten vergleichbar sind als mit tagaktiven, näher verwandten Arten. Mit anderen Worten: die Lebensweise „diktiert“ die Leistungen der Sinnesysteme.

Literatur

- BLOUGH PM 1971: The visual acuity of the pigeon for distant targets. J Exp Analysis Behav. 15: 57-67
- DU LAC S & KNUDSEN EI 1990: Neural maps of head movement vector and speed in the optic tectum of the barn owl. J Neurophysiol. 63: 131-146
- FOX R, LEHMKUHLE S W & BUSH RC 1977: Stereopsis in the falcon. Science 197: 79-81
- HARMENING WM, GÖBBELS K & WAGNER H 2007a: Vernier acuity in barn owls. Vision Res. 47: 1020-1026
- HARMENING WM, VOBIG MA, WALTER P & WAGNER H 2007b: Ocular aberrations in barn owl eyes. Vision Res 47: 2934-2942
- HARMENING WM 2008 Fundamentals of spatial vision in the barn owl: Ocular aberrations, grating acuity, contrast sensitivity, and vernier acuity. Dissertation, RWTH Aachen.

Erhältlich über www.bio2.rwth-aachen.de/users/wolf/html/publications.htm

HOWLAND HC, HOWLAND MJ, SCHMID K & PETTIGREW JD 1991: Restricted range of ocular accommodation in barn owls (Aves, Tytonidae). J Comp Physiol A 168: 299–303

HOWLAND HC, MEROLA S & BASARAB JR 2004: The allometry and scaling of the size of vertebrate eyes. Vision Res 44: 2043–2065

JACOBSON SG, FRANKLIN KBJ & McDONALD WI 1976: Visual Acuity of the Cat. Vision Res 16: 1141–1143

JONES MP, PIERCE KE JR, WARD D 2007: Avian Vision: A Review of Form and Function with Special Consideration to Birds of Prey. J Exotic Pet Med 16: 69–87. doi: 10.1053/j.jepm.2007.03.012

LEVI DM, KLEIN SA & AITSEBAOMO AP 1985: Vernier acuity, crowding

and cortical magnification. Vision Res 25: 963–977

MARTIN GR & GORDON IE 1974: Visual acuity in the tawny owl (*Strix aluco*). Vision Res 14: 1393–1397

MARTIN GR 1982: An owl's eye; schematic optics and visual performance in *Strix aluco* L. J Comp Physiol 145: 341–349

MARTIN GR 2009: What is binocular vision for? A birds' eye view. J Vision 9: 1–19, <http://journalofvision.org/9/11/14/>, doi:10.1167/9.11.14

MASINO T & KNUDSEN EI 1990: Horizontal and vertical components of head movement are controlled by distinct neural circuits in the barn owl. Nature 345: 434–437

MENEGAZ RA & KIRK EC 2009: Septa and processes: convergent evolution of the orbit in haplorhine primates and strigiform birds. J Hum Evol 57: 672–687

OHAYON S, VAN DER WILLIGEN RF, WAGNER H, KATSMAN I & RIVLIN E 2006: On the barn owls visual pre-attack behavior: I. structure of head movements and motion patterns. J Comp Physiol A 192: 927–940

SCHAEFFEL F & WAGNER H 1996: Emmetropization and optical development of the eye of the barn owl (*Tyto alba*). J Comp Physiol A 178: 491–498

VAN DER WILLIGEN RF, FROST BJ & WAGNER H 1998: Stereoscopic depth perception in the owl. Neuroreport 6: 1233–1237

Anschrift der Autorin:

Dr. Laura Hausmann
Institut für Biologie II
(Zoologie/Tierphysiologie)
RWTH Aachen
Kopernikusstraße 16
52056 Aachen
E-Mail: laura@bio2.rwth-aachen.de

Einblicke in die Sinnesleistungen der Eulen – Hören, wo die Beute ist: eine Literaturübersicht

von Laura Hausmann

Das Leben eines Lemmings kann sehr kurz sein – selbst dann, wenn er sich unter einer Lage Schnee für sicher verborgen hält. Einen Feind zumindest hält das nicht ab: Eulen sind sogar in der Lage, unter dem Schnee befindliche Beutetiere zu schlagen. Die hierfür notwendige Sinnesleistung ist atemberaubend. Nicht nur sind die von der Beute produzierten Geräusche extrem leise und zusätzlich durch die Schneedecke gedämpft, sie werden auch von Störgeräuschen wie Wind oder Blätterrascheln überdeckt.

Ein Mensch würde das Scharren eines Lemmings vermutlich nicht einmal dann hören, wenn er direkt über ihm stünde. Eine Eule jedoch kann viele Meter entfernt auf einem Ast sitzen, ihre Beute orten, auf dem Flug Bäume und andere Hindernisse umrunden, ohne das Beutetier aus den Augen bzw. Ohren zu verlieren, und es zielsicher greifen. Sehr eindrucksvoll demonstriert dies beispielsweise der Bartkauz (*Strix nebulosa*) in einer sehenswerten Dokumentation der BBC. Wie macht die Eule das? Zum einen besitzen viele Eulenarten einen Ge-

sichtsschleier, also einen Kranz aus dichten, steifen Federn, der als „Sammeltrichter“ für Schall dient und ihn um ein Vielfaches verstärkt zu den Ohrkanälen leitet (bis zu 20 dB, COLES & GUPPY 1988, VON CAMPENHAUSEN & WAGNER 2006). Dadurch erreichen Eulen Hörschwellen von bis zu -18.5 dB (europäische Schleiereule, DYSON et al. 1998), hören also noch achtmal geringere Schalldrücke als der Mensch sie wahrnehmen kann. Doch was nützt der beste Verstärker, wenn die Störgeräusche der Umgebung mitverstärkt werden? Dieses Problem vermindern Eulen, weil durch die Form und Anordnung von Schleier, Ohren und Augen eine Art „sensorischer Fokus“ im zentralen Gesichtsfeld entsteht. Wenn sie diesen auf eine Geräuschquelle – eine raschelnde Maus zum Beispiel – richten, werden deren Geräusche in höherem Maße verstärkt als die Umgebungsgeräusche. Zudem können die Kopffedern unspezifisches Umgebungsrauschen herausfiltern, ganz ähnlich, wie auch die Filmindustrie Mikrofon-Fellwindschutz benutzt, um Rauschen zu mindern.

Um die Peilung in der Vertikalen zu verbessern, haben insbesondere dämmerungs- und nachtaktive Eulenarten im Bereich der Ohren Asymmetrien entwickelt. Bei Habichts-, Bart- und Rauhfußkauz betreffen diese sogar den knöchernen Schädel. Ein Ohreingang liegt etwas höher als der andere, wodurch sich die Richtung, für die das jeweilige Ohr am empfindlichsten ist, unterscheidet. Bei anderen Eulen wie Waldkauz und Waldohreule ist zwar der knöcherne Schädel symmetrisch, am Ohreingang sind jedoch asymmetrische Hautfalten ausgebildet. Bei der Schleiereule bilden diese Hautfalten eine Röhre, deren Ausgänge verschieden ausgerichtet sind (MEBS & SCHERZINGER 2000). Der linke liegt etwas höher am Kopf als der rechte und ist leicht schräg nach unten gerichtet. Durch zusätzliche Hautlappen ist das linke Ohr für Schall von unten sensibel, während das rechte empfindlicher für Schall von oben ist (Abb. 1). Diese Unterschiede werden auch im Gehirn in einer Art Landkarte im Mittelhirn der Schleiereule repräsentiert, in der akustische Informationen mit Infor-

mationen aus dem Sehsystem kombiniert werden (KNUDSEN 1981). Anhand dieser Karte kann die Eule die Position einer Geräuschquelle genau bestimmen. Wegen der asymmetrischen Ohranordnung kann die Eule aus den Lautstärkeunterschieden berechnen, in welcher Höhe eine Schallquelle liegt, somit also sowohl den horizontalen als auch den vertikalen Winkel bestimmen.

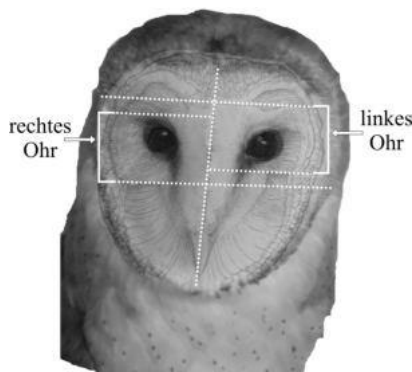


Abbildung 1: Ohrasymmetrie bei der Schleiereule. Um zu zeigen, dass das linke Ohr der Eule etwas höher am Kopf liegt als das rechte, wurde ein Eulenfoto mit einer Schemazeichnung der Ohren und Ohrklappen überlagert (nach KNUDSEN 1981). Die beiden Pfeile demonstrieren die Lage des jeweiligen Ohres in unterschiedlichen vertikalen Ebenen.

Ein weiteres Problem stellt sich der jagenden Eule: da sie recht groß ist, braucht sie auch entsprechend tragfähige Flügel. Deren Fläche ist bei der Schleiereule im Vergleich zu denen einer etwa gleich schweren Taube weitaus größer (BACHMANN et al. 2007). Dadurch muss die Eule seltener mit den Flügeln schlagen – jeder Flügelschlag bedeutet Geräuschproduktion, abgesehen von den energetischen Kosten. Fehlen geräuschmindernde Anpassungen des Flügels, zum Beispiel wie bei einer Taube (BACHMANN et al. 2007), ist der Flügelschlag alles andere als lautlos. Das weiß jeder, der schon mal einen auffliegenden Taubenschwarm gehört hat.

Eulen legen also nicht nur einen guten Teil der Strecke gleitend zurück, sondern sie haben auch noch zusätzliche Anpassungen entwickelt, die die Geräuschproduktion mindern. Die Federn des Eulenflügels sind auf der Oberseite samtartig, und die Vorderkante der ersten und manchmal auch der zweiten Schwungfeder weisen feine Hakenkämmchen auf (BACHMANN et al. 2007). So kann die Eule nahezu lautlos fliegen, was gleich zwei Vorteile bietet: einerseits

für das eigene Hörvermögen, das nicht durch selbst produzierte Flügelgeräusche beeinträchtigt wird, und zum anderen natürlich auch, weil potenzielle Beutetiere den nahenden Vogel nicht hören können.

Kaum hört die Eule ein Rascheln, dreht sie blitzschnell ihren Kopf dorthin (Sakkade – KNUDSEN et al. 1979). Solche Kopfdreh-Sakkaden erreichen Winkelgeschwindigkeiten von bis zu 800 Grad pro Sekunde (MASINO & KNUDSEN 1990). Da Augen und Ohren im Schädel unbeweglich sind (DULAC & KNUDSEN 1990), entspricht die Position des Kopfes gleichzeitig der des „sensorischen Fokus“.

Daraus ergibt sich wiederum das Problem, dass die Eule die Beute zwar fokussieren und gezielt darauf zufliegen kann, nur entspricht dieser Fokus noch nicht der Position der Krallen, auf die es letzten Endes ja ankommt, um die Beute zu packen. Im letzten Moment vor dem Beuteschlagen bringt daher die Eule ihre Krallen nach vorne (KOLB & SCHNITZLER 1990, PAYNE 1971). Dabei ist das Verhalten je nach Lichtverhältnissen unterschiedlich: Im Dunkeln hält die Eule die Füße und Krallen eher unter dem Körper, um sie beim Beuteschlag nach vorn zu strecken, während sie die Füße im Licht hin- und herpendelt (PAYNE 1971). Möglicherweise wird dies im Dunkeln vermieden, um weniger Interferenz mit dem Gehör zu erzeugen, während die Eule im Licht ja sehen kann, wo die Beute ist. Auch die Fluggeschwindigkeit ist bei Dunkelheit beinahe halbiert, und die Eule fliegt nur noch mit ca. 2,7 m/s statt 3-4 m/s (Schleiereule). Ähnliche Zahlen wurden für den Rauhußkauz beobachtet, der im Licht mit 2,85 m/s und in Dunkelheit mit nur 1,75 m/s fliegt (KOLB & SCHNITZLER 1990), und auch die Waldohreule (*Asio otus*) fliegt im Dunkeln langsamer als im Hellen (ILJITSCHEW 1975).

So sind Eulen in der Lage, selbst kürzeste Geräusche – schon eine Dauer von 50 ms genügt – bis auf wenige Grad genau zu lokalisieren (KNUDSEN et al. 1979, BALA 2007). Wichtig ist hierbei jedoch, dass die Eulen in erster Linie hohe Frequenzen von 5 kHz bis 10 kHz, der Grenze ihres Hörvermögens nutzen, um Geräuschquellen zu lokalisieren (KONISHI 1973). Niedrigere Frequenzen können sie zwar auch noch nutzen, allerdings mit schlechteren Trefferquoten

(SINGHEISER et al. 2010). Der Grund für die bessere Lokalisierbarkeit hoher Frequenzen liegt darin, dass auf der Cochlea (Hörschnecke) der Eule mehr als die Hälfte der verfügbaren Sinneszellen für Frequenzen über 5 kHz zuständig sind (KÖPPL 1997). Sofern einer Eule eine Abfolge solcher kurzer Geräusche oder ein etwas längeres Geräusch zur Verfügung stehen, kann sie sie sogar im Flug über mehrere Meter Entfernung orten (PAYNE 1971, KONISHI 1973, HAUSMANN et al. 2008). Dann allerdings braucht sie für eine wirklich genaue Lokalisation mehrere solcher kurzen Reize während des Anfluges.

Solch eine Folge kurzer Raschelgeräusche entspricht den natürlichen Geräuschen, die Beutetiere beim Umherlaufen auf dem Boden produzieren. Die Eule kann so im Flug nachkorrigieren, ob die Position, aus der das Rascheln kommt, noch mit der ursprünglich anvisierten Position übereinstimmt. Sie ist in der Lage, mit wenigen hundert Millisekunden Reaktionszeit ihre Flugbahn an eine neue Schallposition anzupassen (HAUSMANN et al. 2008). Erst wenn sie die Landephase eingeleitet hat, sind solche Korrekturen nicht mehr möglich.

Eine neuere Studie hat ergeben, dass es insbesondere das Stoppen oder das Einsetzen eines Raschelns ist, was das Abfliegen der Eule zum Beuteschlag auslöst – mit anderen Worten, jeweils eine Änderung (FUX & EILAM 2008). Das ergibt Sinn: Während ein Beutetier im Untergrund raschelt, kann es lokalisiert werden. Mäuse und andere kleine Beutetiere bewegen sich üblicherweise auf dem Boden, um z.B. nach Nahrung zu suchen. Werden sie fündig, halten sie an, um zu schnüffeln oder zu fressen. Es ist daher eine passende Strategie für die Eule, auf das Einsetzen des Geräuschs zu warten, zumal eine Abfolge von kurzen Raschelgeräuschen auch genutzt werden kann, um die Bewegungsrichtung der Beute abzuschätzen.

Stoppt das Rascheln, wird die Beute vermutlich gerade still sitzen und könnte geschlagen werden – jedoch nimmt mit zunehmender Verweildauer die Wahrscheinlichkeit zu, dass die Beute bald wieder loslaufen wird. Während Eulen stationäre Beute mit extrem hoher Sicherheit in über 90 % der Fälle treffen (SHIFFERMAN & EILAM 2004, SINGHEISER et al. 2010), ist ihre Erfolgsquote bei bewegter

Beute deutlich schlechter (SHIFFERMAN & EILAM 2004, HAUSMANN et al. 2008). In einer Studie mit Schleiereulen waren die Tiere lediglich in 50 % (5 von 10) der Versuche in der Lage, ein sich frontal von der Eule fortbewegendes Ziel zu treffen, und das war noch die beste gemessene Leistung (SHIFFERMAN & EILAM 2004). Die Erfolgsrate für seitlich weggezogene Ziele lag sogar bei 0 % (0 von 16 Versuchen).

Interessanterweise nutzen einige Mäusearten wie die Stachelmaus (*Acomys cahirinus*) diese Tatsachen, um der jagenden Eule mit höherer Wahrscheinlichkeit zu entkommen; Voraussetzung ist natürlich, dass sie die Eule bereits gesichtet hat: sie fliehen entweder dann, wenn die Eule gerade losgeflogen ist – dann kann der Jäger zwar die Flugrichtung noch am besten korrigieren, jedoch hat die Maus einen Vorsprung. Oder aber die Maus flieht erst im letzten Moment, bevor die Eule zum Zupacken ansetzt, und dann bevorzugt auf die Eule zu oder seitlich von ihr weg (ILANY & EILAM 2008). In dieser Konstellation ist nämlich die Möglichkeit der Eule zu Korrekturen sehr eingeschränkt (SHIFFERMAN & EILAM 2004, HAUSMANN et al. 2008). Sie müsste, um die Maus doch noch zu fangen, erst umdrehen, während sie einer von ihr weg fliehenden Maus einfach hinterher springen kann – eine im Fall eines fehlgeschlagenen Beutegriffs oft beobachtete Reaktion (PAYNE 1971).

Auch Vögel wie der Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*) fliegen häufig im annähernden 90°-Winkel vor einem Greifvogel davon (KULLBERG et al. 2000), entsprechend dem Winkel, in dem die Trefferquote des Jägers am geringsten ist. Noch schwieriger wird es für Greifvögel, wenn verschiedene Beutetierarten unterschiedliche Strategien verfolgen, wie es sich beispielsweise bei Wühlmäusen und Stachelmäusen beobachten lässt. Während Wühlmäuse vor anfliegenden Schleiereulen entweder fliehen oder regungslos erstarren, flüchten Stachelmäuse in einem Wechsel von abrupten Bewegungen (EDUT & EILAM 2004). Diese adaptiven Verhaltensweisen erfordern ein hohes Maß an Flexibilität von der Eule. Umso faszinierender ist es, dass Eulen dennoch in der Lage sind,

8-10 Mäuse pro Nacht zu erbeuten (KING 1985), in Brutzeiten sogar weitaus mehr.

All diese Anpassungen zeigen, dass die Strategien von Jäger und Beute einer Koevolution unterliegen – ein ständiges Wettrüsten, das die Eulen zu jenen hochspezialisierten Beutegreifern gemacht hat, die wir kennen.

Literatur

BACHMANN T, KLÄN S, BAUMGARTNER W, KLAAS M, SCHRÖDER W & WAGNER H 2007: Morphometric characterisation of wing feathers of the barn owl *Tyto alba pratincola* and the pigeon *Columba livia*. *Front Zool* 4: 23. doi: 1186/1742-9994-4-23

BALA AD, SPITZER MW & TAKAHASHI TT 2007: Auditory spatial acuity approximates the resolving power of space-specific neurons. *PloS ONE* 2: e675

COLES RB & GUPPY A 1988: Directional hearing in the barn owl (*Tyto alba*). *J Comp Physiol A* 163: 117-133

DU LAC S & KNUDSEN EI 1990: Neural maps of head movement vector and speed in the optic tectum of the barn owl. *J Neurophysiol* 63: 131-146

DYSON ML, KLUMP GM & GAUGER B 1998: Absolute hearing thresholds and critical masking rations in the European barn owl: a comparison with other owls. *J Comp Physiol A* 182: 695-702

EDUT S & EILAM D 2004: Protean behavior under barn-owl attack: voles alternate between freezing and fleeing and spiny mice flee in alternating patterns. *Behav Brain Res* 155: 207-216

FUX M & EILAM D 2009: The trigger for barn owl (*Tyto alba*) attack is the onset of stopping or progressing of the prey. *Behav Proc* 81: 140-143. doi: 10.1016/j.beproc.2009.01.009

HAUSMANN L, PLACHTA DTT, SINGHEISER M, BRILL S & WAGNER H 2008: In-flight corrections in free-flying barn owls (*Tyto alba*). *J Exp Biol* 211: 2976-2988. doi: 10.1242/jeb.020057

ILANY A & EILAM D 2008: Wait before running for your life: defensive tactics of spiny mice (*Acomys cahirinus*) in evading barn owl (*Tyto alba*) attack. *Behav Ecol Sociobiol* 62: 923-933. doi: 10.1007/s00265-007-0516-x

ILJITSCHEW VD 1975: Die Ortung bei den Vögeln. Adaptationsmechanismen der passiven Ortung der Eulen. Wissenschaftsverlag, Moskau.

KING CM 1985: Interactions between woodland rodents and their predators. *Symp zool Soc London* 55: 219-247

KOLB KH & SCHNITZLER HU 1990: Zum Beutefangverhalten des Rauhaufkauzes (*Aegolius funereus*) bei Licht und Dunkelheit. *Vogel und Umwelt* 6: 5-8

KÖPPL C 1997: Phase locking to high frequencies in the auditory nerve and cochlear nucleus magnocellularis of the barn owl, *Tyto alba*. *J Neurosci* 17: 3312-3321

KNUDSEN EI, BLASDEL GG & KONISHI M 1979: Sound localization by the barn owl measured with the search coil technique. *J Comp Physiol* 133: 1-11

KNUDSEN EI 1981: Auditory and visual maps of space in the optic tectum of the owl. *J Neurosci* 2: 1177-1194

KONISHI M 1973: How the Owl Tracks Its Prey. *Am Sci* 61: 414-424

KULLBERG C, JACKOBSSON S & FRANSO T 2000: High migratory fuel impair predator evasion in sedge warblers. *AUK* 117: 1034-1038.

MASINO T & KNUDSEN EI 1990: Horizontal and vertical components of head movement are controlled by distinct neural circuits in the barn owl. *Nature* 345: 434-437

MEBS T & SCHERZINGER W 2000: Die Eulen Europas. Franckh-Kosmos Stuttgart

PAYNE RS 1971: Acoustic Location of Prey by Barn Owls (*Tyto alba*). *J Exp Biol* 54: 535-573

SHIFFERMAN E & EILAM D 2004: Movement and direction of movement of a simulated prey affect the success rate in barn owl *Tyto alba* attack. *J Avian Biol* 35: 111-116

SINGHEISER M, PLACHTA DTT, BRILL S, BREMEN P, VAN DER WILLIGEN R & WAGNER H 2010: Target-approaching behavior of barn owls (*Tyto alba*): influence of sound frequency. *J Comp Physiol A* 196: 227-240

VON CAMPENHAUSEN M & WAGNER H 2006: Influence of the facial ruff on the sound-receiving characteristics of the barn owl's ears. *J Comp Physiol A* 192: 1073-1082

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Laura Hausmann
Universitätsklinikum Aachen
Neurologie
Pauwelsstraße 30
D-52074 Aachen
E-Mail: Lhausmann@ukaachen.de

Eulenverfolgung und Schutzprämien für den Uhu in früherer Zeit

von Martin Lindner

Es ist allgemein bekannt, dass bis Anfang des 20. Jahrhunderts Prämien für den Abschuss von Uhus und anderem so genannten „Raubzeug“ gezahlt wurden (z.B. LOOFT 2005). Diese Raubzeug-Bekämpfung war sehr massiv und auch lukrativ. So schreiben MARTENS & REISER (2010): „Aufgrund der Höhe der Jagdprämien konnte das Jagdpersonal sich etwa ein Drittel seines Einkommens durch den Abschuss von ‚Eulen und Raubvögeln‘ verdienen.“ Die Bestände des Uhus und einiger Greifvogelarten haben diese Bekämpfungsmaßnahmen in großen Teilen West- und Mitteleuropas nicht überlebt. Die Eulen, mit Ausnahme des Uhus, wurden im Deutschen Reich erst 1888 mit dem „Gesetz betreffend den Schutz der Vögel“ unter Schutz gestellt (STUBBE & STUBBE 2005). Es sei daran erinnert, dass der Uhu erst von der Nazi-Regierung 1935 unter Totalschutz kam. Vorher gab es diesen Schutz nur in einigen Teilen des Deutschen Reiches bzw. nur zu bestimmten Zeiten.

Neben Uhus fielen diesen Abschussprämien bis Mitte des 19. Jahrhunderts auch viele andere Eulen zum Opfer. In Schleswig-Holstein wurden von 1782 bis 1848 15.491 Eulenfänge und 91 Uhufänge bei den Ämtern wegen der Abschussprämien abgeliefert (LOOFT 2005). Es ist zu vermuten, dass hauptsächlich Schleiereulen und Steinkäuze dieser Vernichtungssorgie zum Opfer fielen, da diese Arten teils nah bei Menschen brüten und damals weit verbreitet gewesen sein dürften. Neben den Prämien wurden Eulen auch wegen der früheren üblichen Art des Aberglaubens getötet (CORDES 1999). So berichtet TÜCKING 1875: „Pfingsten trugen die Kinder im Herzogtum Westfalen früher eine todte Eule umher und sammelten Speck und Eier zu Pfannkuchen, wobei sie folgenden Reim hersangen:...“ PRÜMER berichtete 1909 über die Grafschaft Mark, den Hellweg und die Soester Börde (Teile Südwestfalens): „Einen eigenartigen Schmuck der Niendüör (großes Tennentor) bildeten bisweilen ange-nagelte Eulen und Raubvögel.“ Für die angrenzenden Bereiche des heuti-

gen Hessen schreibt PRÜMER: „An die Scheunentüren wurden Eulen und Habichte genagelt, zum Schutz des Viehes vor Hexen und Bezauberung.“ Auch diesem Aberglauben dürften hauptsächlich Schleiereulen und Steinkäuze zum Opfer gefallen sein.

Es sollte nicht vergessen werden, dass inzwischen in Deutschland die Verfolgung von Beutegreifern, darunter insbesondere des Uhus, bereits wieder häufiger wird (z.B. LINDNER 2006).

Dass es aber auch so genannte Schutz- und Hegeprämien gab, ist hingegen weitgehend unbekannt. Unser ehemaliges Mitglied HENRY MAKOWSKI, der früher durch seine ZDF-Serie „Paradiese aus Menschenhand“ sehr bekannt war, stellte der AG Eulen im Frühjahr 2010 den im Folgenden abgedruckten Text von PFEIFFER (1930) zur Verfügung:

„Für Freunde des Natur- und Heimatschutzes, welche die in Württemberg seit mehreren Jahren mit großen Mühen und Kosten durchgeführten Versuche zur Wiedereinbürgerung und Erhaltung des Uhus durch Aussetzung ostpreußischer Tiere kennen, sei mitgeteilt: Man hört in diesem Frühjahr seit etwa 14 Tagen bis jetzt an fünf verschiedenen Stellen der schwäbischen Alb den Paarungsruf des Uhus, der zweifellos an diesen Plätzen zum Horsten schreiten will. Dabei ist es besonders interessant, zu erfahren, dass sich die Mehrzahl der in den letzten Jahren ausgesetzten, nunmehr fortpflanzungsfähig gewordenen Tiere in diejenigen Gegenden zurückgezogen hat, in denen sich *Bubo maximus* am längsten im Schwabenlande halten können, bis ihn schnöde Geldgier jahraus, jahrein seiner Jungen beraubte und bis auch fast der letzte Vertreter dieses stolzen Bewohners der schwäbischen Alb vor etwa 20 Jahren dem Geld zum Opfer gefallen war. Möge es dem über ganz Württemberg verbreiteten Uhuschutz gelingen, in diesem Frühjahr einige Bruten hochzubringen! Und mögen die von Freunden unserer Sache ausgesetzten hohen Prämien (100 RM [Reichsmark] für jede auskommende Brut dem

Revierjäger und 20 RM bis 50 RM jedem, der einen Uhufrevler zur Anzeige bringt) diesen Zweck erreichen helfen.“

Dieser Text war Anlass, mich einmal genauer mit diesem Thema zu befassen und Recherchen zu betreiben.

Bereits im Jahr 1916 – „wie früher, so auch in diesem Jahr“ – lobten die „Blätter für Naturschutz und Heimatpflege“ Schutz- und Hegeprämien für seltene Arten der Fauna und Flora aus (BENECKE 1916). Forstpersonal und Jäger, aber auch andere Personen erhielten z.B. 20 RM, wenn in ihrem Gebiet z.B. ein Uhu paar erfolgreich brütete. Neben Schutzprämien für seltene Vögel (3-20 RM) gab es solche auch für Säugetiere (nur Fischotter [20 RM] und Dachs [3 RM] werden erwähnt), ferner werden ohne nähere Einzelheiten seltene Pflanzen und Bäume aufgeführt. Prämien sollte es auch für damals und teils auch heute noch häufige Arten wie Mäusebussard, Eisvogel, Bachamsel und Großer Würger geben. Für Elsterbruten in der Nähe von Gehöften sollten 3 RM gezahlt werden. Über den Umfang teilt BENECKE nur mit: „Schutzprämien in Höhe von einigen hundert Mark.“ Besonders bemerkenswert ist, dass BENECKE schreibt: „Wir treiben also nicht in einem bestimmten Gebiete praktischen Naturschutz, sondern überall, auch in uns befreundeten Ländern, wie bisher z.B. Österreich, darauf kommt es an.“ - in Text also mitten aus dem Ersten Weltkrieg!

Es ist eigentlich zu vermuten, dass diese Prämien von 1915 bis Anfang der 1920er-Jahre, wegen Krieg und Nachkriegschaos ausgesetzt wurden. Da BENECKE schreibt „wie früher“, dürften diese Prämien aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg stammen. Anträge auf diese Prämien sollten schriftlich an Herrn BENECKE in Berlin gesandt werden. Die Texte von 1930 (s.o.), 1926 (s.u.) und 1927 (s.u.) zeigen, dass dieses Prämien-system in den 1920er-Jahren wieder aufgenommen wurde.

Im März 1926 schreibt KOPP, ein Regierungsrat aus Stuttgart-Cannstatt, im „Nachrichtenblatt für Naturdenkmalpflege“ der „Staatlichen

Stelle für Naturdenkmalpflege in Preußen“ erneut etwas über „Raubvogelprämien“. „Um so mehr ist es anzuerkennen, wenn der größte deutsche Vogelschutzverein, der Bund für Vogelschutz e. V. in Stuttgart, dazu übergegangen ist, seinen Schutz auch auf solche Raubvögel auszu-dehnen, die nicht nützlich im alten Sinne sind, deren idealer Nutzen aber darin besteht, dass sie eine Zierde der Landschaft, ein letzter Rest von Urwüchsigkeit in unserer geknechteten Natur sind.“ Ferner: „In Württemberg beschränkt auf Arten, die teils schon als Naturdenkmäler anzusehen, teils nicht mehr weit davon entfernt sind, in Preußen unter Dr. WEGNERS verdienstvoller Leitung ausgedehnt auf alle Raubvögel.“ Die Schutzprämien wurden als eine Art Werbemittel gesehen. Es wurde ausgeführt: „Jeder der Prämienempfänger erhält deshalb nach etwaigen Rückfragen ein Anerkennungsschreiben und einige Flugblätter des Dürerbunds („Schutz den Raubvögeln“ von BRAEB und die „Erhaltung unserer einheimischen Tierwelt“ von LÖNS) oder eine andere Naturschutzschrift.“ Über den Umfang ist zu lesen: „Wie weit die Prämienzahlung ausgedehnt werden soll, ist eine reine Geldfrage. Am nötigsten und wohl auch auf die Dauer finanziell allein tragbar ist die Prämierung von nur wirklich gefährdeten Raubvögeln, so dass also Eulen (außer Uhu), Turmfalken, Mäusebus-sarde und Sperber weniger in Betracht kommen.“ KOPP berichtet über die Auszahlung von Prämien von 5 bis 30 RM in Berlin und benachbarten Gebieten 1925 im Umfang von 466 RM, ferner für 1924 und 1925 in Württemberg von 200 RM. In Berlin bzw. Umgebung gab es Prämien für Bruten von 11 Mal Waldohreule, 9 Mal Waldkauz und 3 Mal Schleiereule; in Württemberg 4 Mal für Uhus. JUNG schreibt 1927: „Eine Anregung aus Stuttgart ist darum sehr zu begrüßen, die besagt, dass der Vogelschutzverein zum Schutze der Raubvögel Prämien aussetzt für jeden neu entdeckten Horst, in dem ein Pärchen Eier legt und die Brut auch flügge wird. In Frage kommen die großen Raubvogelarten Deutschlands. Es wird ferner eine bestimmte Schonzeit für bestimmte Arten gefordert, die bei den seltenen Arten das ganze Jahr

währen soll, bei anderen etliche Monate im Jahr. Es wäre zu begrüßen, wenn von dieser Anregung auch in Westfalen reger Gebrauch gemacht würde.“ Dieser Artikel aus meiner sauerländischen Heimat zeigt, dass die Schutzprämien im Reich durchaus wahrgenommen wurden. Nach ROCKENBAUCH (1998) wurden die Schutzprämien des Bund für Vogelschutz von 1924 bis 1943 und dann wieder in den 1950er- und 1960er-Jahren gezahlt.

Leider sind mir genauere Einzelheiten über die Schutzprämien nicht bekannt. Vielleicht können Leser noch weitere Fakten mitteilen.

Zusammenfassung

Bei der in früheren Jahrhunderten „normalen“ Bekämpfung von Beutegreifern wurden auch Eulen massiv verfolgt. Z.B. wurden in Schleswig-Holstein von 1782 bis 1848 15.491 Eulenfänge und 91 Uhufänge wegen Abschussprämien abgeliefert. Auf Grund von Aberglauben wurden zudem bis ins 19. Jahrhundert Eulen an Scheunentüren genagelt. Erst 1888 kam es zur Unter-Schutz-Stellung der Eulenarten (ohne Uhu). 1935 folgte dann der Uhu.

In den Jahren um 1916 und wieder von 1924 bis 1943 gab es Prämien für erfolgreiche Bruten von Uhus und anderen Vogelarten. Leider ist der Wissensstand über diese Prämien sehr lückenhaft.

Summary

LINDNER, M: Owl persecution and reward payments for Eagle Owls in earlier times.

In earlier centuries, the "normal" campaign to eradicate birds of prey also involved a massive persecution of owls. In the State of Schleswig-Holstein, for example, 91 Eagle Owl legs and 15,491 "other owl legs" were sent in to the authorities as evidence for the payment of bounty money. Moreover, due to superstition, the corpses of killed owls were nailed to barn doors until well into the 19th century. It was not until 1888 that owl species (excluding Eagle Owl) were afforded protection. In 1935 the Eagle Owl was also placed on the protected species list. In the years around 1916, and again between 1924 and 1943, conserva-

tion societies paid out rewards for the successful breeding of Eagle Owls and some other bird species. Unfortunately, little information is available about these reward payments.

Literatur

- BENECKE W 1916: Schutz- und Hege-Prämien der „Blätter“. Blätter Naturschutz Heimatpflege 2: 5-6
- CORDES WF 1999: Die Eule als Abwehrzauber im sauerländischen Brauchtum. Sauerland 32/1: 20-21
- JUNG H 1927: Die Bedrohung unseres Wild- und Vogelbestandes. Heimat - Monatsblatt für die Geschichte des märkischen und kölnischen Sauerlandes (Beilage zur Westdeutschen Volkszeitung) 10/4: 30-31
- KOPP A 1926: Raubvogelprämien. Nachrichtenblatt f. Naturdenkmalpflege 3: 649-652
- LINDNER M 2006: Aktuelles zum Uhu. Eulen-Rundblick 55/56: 40-46
- LOOFT V 2005: Das Vorkommen des Uhus (*Bubo bubo*) in Schleswig-Holstein im 18. und 19. Jahrhundert bis zu seiner Ausrottung. Corax 20: 97-100
- MARTENS HD & REISER K-H 2010: Der Uhu Schleswig-Holstein. Der Falke 57: 70-75
- PFEIFFER 1930: Wiedereinbürgerung und Erhaltung des Uhus in Württemberg. Naturschutz – Illustrierte Monatsschrift für alle Freunde der deutschen Heimat 11: 290
- PRÜMER K 1909: Unsere Westfälische Heimat und ihre Nachbargebiete. Leipzig
- ROCKENBAUCH D 1998: Der Wanderfalken in Deutschland und umliegenden Gebieten. Bd. 1. Ludwigsburg
- STUBBE M & STUBBE A 2005: Greifvögel zwischen Schutz, Nutzung und Verfolgung. Beiträge z. Jagd- u. Wildforschung Bd. 30: 77-94
- TÜCKING K 1875: Volkslied. Blätter zur näheren Kunde Westfalens 1/1: 28

Anschrift des Verfassers:

Martin Lindner
Parkstr. 21
59846 Sundern
falkmart@t-online.de

Forschungsprojekt: Rodentizidrückstände in Nicht-Zielarten

von Alexandra Esther, Detlef Schenke & Jens Jacob

Einleitung

Die Bekämpfung von Nagern mit Rodentiziden ist mancherorts unerlässlich und in bestimmten Bereichen gesetzlich vorgeschrieben (z.B. nach der Schweinehygieneverordnung). Dafür kommen häufig antikoagulante Rodentizide, also blutgerinnungshemmende Stoffe, zum Einsatz. Die Mittel gelten als vorteilhaft, weil die verzögert einsetzende Wirkung die Entwicklung von Köderscheu vermindert. Außerdem steht Vitamin K1 als Gegenmittel bei nicht beabsichtigter Vergiftung zur Verfügung.

Ungeachtet der Vorteile sind antikoagulante Rodentizide jedoch gegen alle Warmblüter wirksam und können somit auch Nicht-Zielarten gefährden. Neben direkten Vergiftungen kann es zu Sekundärvergiftungen kommen, wenn vergiftete Beutetiere aufgenommen werden. Sekundärvergiftungen wurden bei z.B. Waldkäuzen (*Strix aluco*) (WALKER et al. 2008), Mäusebussarden (*Buteo buteo*) und Füchsen (*Vulpes vulpes*) (BERNY et al. 1997) festgestellt. Eine aktuell von WALKER et al. (2010) veröffentlichte Studie zeigt, dass in England 2008/09 in mehr als 80% der untersuchten Schleiereulen (*Tyto alba*), Turmfalken (*Falco tinnunculus*) und Rotmilane (*Milvus milvus*) Rückstände von Antikoagulanzen zu finden waren. Häufig wurden Bromadiolon und Difenacoum nachgewiesen, meist jedoch weit unter der tödlich wirkenden Dosis.

In Deutschland könnte es zu Rückständen in Nicht-Zielarten kommen, da sowohl die weniger giftigen antikoagulanten Wirkstoffe der 1. Generation (Chlorphacinon, Coumatetralyl und Warfarin) als auch die hoch und höchst potenten Wirkstoffe der 2. Generation Bromadiolon, Brodifacoum, Difenacoum, Difethialon und Flocoumafen als Rodentizid angewendet werden. Diese Wirkstoffe dürfen momentan im Biozidbereich nach EU Richtlinie 98/8/EC (EU1998) in Biozid-Produkten enthalten sein, unterliegen aber zurzeit einem neuen Zulassungsverfahren. Im Pflanzenschutzbereich ist Warfarin als antikoagulantes Rodentizid zur Anwendung im Grünland, Ge-

müse-, Obst und Zierpflanzenbau gegen Schermäuse zugelassen. Bromadiolon und Difenacoum dürfen im Vorratsschutz gegen Hausmäuse und Wanderratten und letzteres auch gegen Hausratten ausgebracht werden (www.bvl.bund.de). Über das mit diesen Anwendungen verbundene Risiko für Nicht-Zielarten fehlen in Deutschland systematische Untersuchungen. Das soll sich durch ein neues Forschungsprojekt des Julius Kühn-Instituts (JKI) nun ändern.

Projektbeschreibung

Das Projekt wird seit November 2010 bis 2013 durch das Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert (FKZ 3710 63 401). Geplant ist die Quantifizierung der Rodentizid-Rückstände entlang des Expositionspfad des Köder-Beute-Räuber und eine großräumige Erfassung von Rodentizid-Rückständen in Nicht-Zielarten.

Die Rückstandsanalytik erfolgt durch das Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz des JKI. Die Proben werden auf Analyten der 1. und 2. Generation durch Flüssigchromatografie-Massenspektrometrie untersucht.

Die notwendige Probensammlung erfolgt durch die Arbeitsgruppe Wirbeltierforschung des JKI Instituts für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst. Für die Rückstandsanalytik entlang des Expositionspfad Köder-Beute-Räuber soll die Erfassung der Anwendungsereignisse und -details auf Bauernhöfen v.a. in Nordrhein-Westfalen erfolgen. Es ist vorgesehen, auf diesen Höfen Gewebeproben von Nagern sowie Kot- und Gewölleproben von dort ansässigen Prädatoren (z.B. Schleiereule und Steinkauz) zu untersuchen.

Für deutschlandweite Aussagen sollen Gewebeproben von terrestrischen Prädatoren (z.B. Füchsen) und Kleinsäugern gesammelt werden. Außerdem ist geplant, von Greifvögeln und Eulen Totfunde einzubeziehen. Für die Probenbereitstellung ist ausdrücklich die Mitarbeit von Greifvogel- und Euleninteressierten erwünscht.

Die eingefrorenen Kadaver sollten jedoch nicht älter als zwei Jahre und zum Zeitpunkt des Fundes und Einfrierens frisch gewesen sein. **Die Kontaktaufnahme zur Klärung von Details kann über die unten genannte Adresse erfolgen.**

Referenzen

BERNY PJ, BURONFOSSE T, BURONFOSSE F, LAMARQUE F & LORGUE G 1997: Field evidence of secondary poisoning of foxes (*Vulpes vulpes*) and buzzards (*Buteo buteo*) by bromadiolone, a 4-year survey. Chemosphere 35:1817–1829.

EU (1998) Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February 1998 concerning the placing of biocidal products on the market. Official Journal L 123:1–63.

WALKER LA, TURK A, LONG SM, WIENBURG CL, BEST J & SHORE RF 2008: Second generation anticoagulant rodenticides in tawny owls (*Strix aluco*) from Great Britain. Sci. Total Environ. 392:93–98.

WALKER LA, LAWLOR AJ, LLEWELLYN NR, PEREIRA MG, POTTER ED, MOLENAAR FM, SAINSBURY AW & SHORE RF 2010: Anticoagulant rodenticides in predatory birds 2007 & 2008: a Predatory Bird Monitoring Scheme (PBMS) report. Centre for Ecology and Hydrology, Lancaster, UK. 19 pp.

Anschriften der Verfasser:

Alexandra Esther, Jens Jacob
Julius-Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Arbeitsgruppe Wirbeltierforschung
Toppheideweg 88, 48161 Münster
Kontakt:
alexandra.esther@jki.bund.de

Detlef Schenke
Julius-Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz
Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin

Waldkäuse *Strix aluco* als Bewohner von Gebäuden - eine Literaturübersicht

von Olaf Olejnik

Wie schon in einer früheren Arbeit (OLEJNIK 2008) aufgezeigt, stellte die Einwanderung des Waldkauzes in den Ortschaftsraum keinen wirklichen Habitatwechsel der Art dar, sondern beruhte vielmehr auf der durch sozioökonomische Prozesse veränderten Landschaftsgestalt des menschlichen Siedlungsraumes im historisch überschaubaren Zeitraum. Durch alte vogelkundliche Nachrichten, Materialien aus Forst-, Land- und Gartenbaukunst sowie graphische und fotografische Dokumentation ist diese Entwicklung hinreichend nachzuvollziehen und in kulturell/wirtschaftlich unterschiedlich gewachsenen Regionen weiter Teile Europas offenbar beliebig wiederholbar. Neben dem Waldkauz findet sich auch global eine ganze Reihe von ursprünglich waldbewohnenden Eulenarten, welche es erfolgreich verstanden, sich in Gärten und Parks mit dem Menschen zu arrangieren (ROBILLER 1986).

Eine tatsächliche, zumindest für den Zeitraum der letzten 200 Jahre belegbare Innovation vollbrachte der Waldkauz im 19. Jahrhundert mit der Erschließung von Gebäuden als Nistplatzreservoir. Die alten, lebensraumbezogenen Trivialnamen, wie Baumkauz, Busch- Stockeule, Holtuhl (NAUMANN 1899, SUOLAHTI 1909) bekunden fast ausschließlich eine Verbundenheit des Vogels mit dem Waldland. Es mutet auch recht unwahrscheinlich an, dass gerade diese auffällige, große Eule von den Altvorden in ihrem unmittelbaren Umfeld nicht bemerkt wurde.

Der Schweizer GESNER kannte Mitte des 16. Jahrhunderts durchaus die Schleiereule (Kircheul) und auch den Uhu als reguläre Bewohner von Ruinen und Kirchen. Zum Waldkauz (Eul/Nachteul) heißt es bei ihm: „Sie verbirgt sich in die Felsen und Höhlen.“ (GESNER 1669, 2. Buch: 193). Die Nutzung von Nischen und Höhlungen im Gestein durch den Kauz, welche als Trittstein zur Etablierung in Massivbauten angesehen werden darf, ist somit seit längerem bekannt oder wurde wenigstens gemutmaßt. In geologisch günstigen Bereichen, wie dem Elbsandsteingebirge etwa, werden solche natürlichen Nistplatzangebote traditionell gern von der

Eule als Brutplätze angenommen (MELDE 1989, AUGST 1997).

Eine Kolonisierung von Gebäuden hätte nun auch von dieser Eule erheblich früher als erst im 19. Jahrhundert einsetzen können. Es finden sich jedoch kaum Nachrichten, die solche Vorgänge abgekoppelt von einem Habitatwandel im Siedlungsraum belegen. Einen sehr seltenen Hinweis auf das Brüten der Art in Gehöften ohne Baumbewuchs in Frankreich liefert GUERIN (in SMEENK 1972).

Neben kirchlichen und militärischen Anlagen standen wohl spätestens zum Ausgang des Mittelalters bäuerliche Gebäude in massiver, und wenn nicht durch Krieg oder Feuer in Mitleidenschaft gezogen, auch dauerhafter Form zur Verfügung. Die darstellende Kunst dieser Epoche liefert durch eine ganze Reihe von Abbildungen dörflicher Gebäudeensembles, welche zumeist als Rahmen einer Handlung dienen, interessante Ansichten damaliger Gegebenheiten. Der Kupferstich „Heimkehr des verloren Sohnes“ (1495) von A. DÜRER zeigt sehr schön den baulichen Charakter und Zustand von Hof- und Stallbauten einer fränkischen Siedlung, inklusive vieler Lüftungsöffnungen in den Speichergebäuden, wie sie von den Eulen gern als Einschlupf angenommen werden. Im niederdeutschen Raum ist besonders „dat Ulenlock“ als mehr oder minder großzügig dimensionierte Belüftungsöffnung alter bäuerlicher Gebäude von dieser Bedeutung gewesen. Mit dem Aufkommen von Ziegeln als erschwingliches Baumaterial verschwanden diese Einflüge aber zunehmend aus den Giebelspitzen, während in Kreuzform ausgelassenen Ziegel in den Giebelwänden der Böden für die Klimatisierung sorgten. In vielen Fällen wurden durch diese Maßnahmen die Einschlüpfen für den Kauz recht eng und unbequem.

Die Liste der vom Waldkauz besetzten Bauwerke und Konstruktionen des Menschen ist lang und suggeriert eine außergewöhnliche Flexibilität bei der Auswahl dieser Örtlichkeiten. Zusammenstellungen hierzu finden sich u.a. bei MELDE (1989) und GLUTZ VON BLOTZHEIM & BAUER (1994). UTTENDÖRFER (1939) führt

Taubenschläge, Haus- und Heuböden, Scheunen, Kirchtürme, Jagdhütten und sogar einen abgestellten Eisenbahnwaggon im Wald an. NIETHAMMER (1938) spricht von gelegentlichen Brutplätzen in Gebäuden. BUB (1976: 9) meint später, der Kauz brütet „Heute mehr als früher in Gebäuden“. Man wird aus den Literaturangaben dennoch nicht recht schlau, welche Rolle diese Stellen bezüglich ihres Anteils an den Niststätten für lokale Waldkauzpopulationen tatsächlich spielen können oder ob sie je mehr als lediglich Surrogate darstellten. Doch ist davon auszugehen, dass mit spätestens dem Ende des 19. Jahrhunderts durch bautechnischen Fortschritt, veränderte Architektur, bauphysikalische Erkenntnisse (Energie, Wärme), die Trennung von Wohn- und Arbeitsgebäuden, später Wohn- und Arbeitsgebieten, verbunden mit einer Umnutzung der Wirtschaftsbauten, die Menge der vom Waldkauz nutzbaren Gebäude trotz einer wesentlichen Erhöhung der Bautenzahl im ländlichen Raum, nicht zugenommen hat und in Zukunft sich wohl weiter verringern wird. In wirtschaftlich entkräfteten Regionen dürfte allerdings durch die Aufgabe von Gebäuden und nachlassender Wartung und Instandsetzung Gegenteiliges eintreten.

Der Winteraufenthalt im Ortschaftsmilieu kann für manche „Waldvogelart“ ein erster Schritt in Richtung Verstärkung bedeuten (STEPHAN 1986). Eine wesentliche Rolle bei dieser Bewegung scheint dabei neben einer günstigen Habitatstruktur der temporäre Nahrungsmangel in den umliegenden Landschaften zu spielen. Siedlungsräume können unter winterlichen Extrembedingungen, aufgrund besserer Deckungs- und Beuteverhältnisse letzte Zufluchten für manche Tierart darstellen. Unter den europäischen „Waldeulen“ sind besonders nordische Sperlingskäuse dafür bekannt, die kalte Jahreszeit gern an Ortschaften zu verbringen (UTTENDÖRFER 1939, SCHÖNN 1980, s.o. auch Beitr. ROST). In Russland wurde beobachtet, dass Habichtskäuse um diese Zeit regelmäßig zum Fang von Kleinsäugern, Tauben und Hühnern in den Siedlungen auf-

tauchten (UTTENDÖRFER 1939). Dieser Weg ist also auch für „Kulturflüchter“ mit entsprechender Disposition gangbar, doch nicht bindend in der Endkonsequenz. Zumindest in Sibirien konnte sich der Habichtskauz aber erfolgreich in Parks und größeren Gärten einiger Städte etablieren (MAUERSBERGER 1977).

Auch solche Gründe mögen dazu beigetragen haben, den Waldkauz in die Nähe des Menschen zu locken. Zu Anfang geschahen diese Schritte offenbar recht zaghaft. NAUMANN (1899: 36) schreibt: „In der übrigen Jahreszeit [außerhalb des Sommers] sucht er die hohlen Bäume und Felshöhlen, versteckt sich auch wohl in abgelegenen, alten wüsten Türmen und Ruinen, zuweilen auch, doch selten, in Gebäuden, welche an Gärten [Baumpflanzungen] und Wäldern liegen.“ Eine direkte Verbindung zum Waldland ist hier noch zu erkennen. BREHM (1882: 98) führt Beobachtungen von ALTUM und LIEBE an, die den Kauz als Gebäudebrüter kennen lernten, resümiert aber selbst: „wenn ein Paar einmal einen solchen Wohnsitz erkoren, findet das Beispiel sicherlich Nachahmung.“ Das mag ein Hinweis darauf sein, dass solch eine Brutplatzwahl noch nicht gewöhnlich anzutreffen war. Ähnlich und ergänzend zum entsprechenden Zitat bei OLEJNIK (2008) äußert sich der Bayer JÄCKEL (1891), welcher den Kauz selten in alten Gebäuden und Ruinen fand, ihn allerdings schon mehrfach in Scheunen am Waldrand, in Jagdhütten und auch einzelnen Walddörfern feststellen konnte. In städtischen Anlagen, Alleen und Baumgärten fand er diese Eule noch nicht. Für Kärnten zeichnet KELLER (1890: 46) folgendes Bild: „an sein Wohngebiet macht er keine besonderen Ansprüche, findet sich vielmehr in den Bergwaldungen, Steinhöhlen, Burgruinen, Feldstadeln, Scheunen und selbst auf den Dachböden bewohnter Häuser ganz prächtig zurecht.“ Es spricht also einiges dafür, dass diese Entwicklung in ihrer Initialphase zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts einen Ursprung in verhältnismäßig walddreichen Landschaften hatte und dort dann auch rasch vorankam. In Ostpreußen wurde der Waldkauz in den 1880er-Jahren von HARTERT (1912) noch als eine Art, die nur Wälder und waldartige Gärten und Parks be-

wohnt, beschrieben, während TISCHLER (1914) ihn dort nur wenig später als echten Kulturfolger, der die Nähe des Menschen sucht und gern in Gebäuden (Scheunen) brütet, kennen gelernt hat.

Inwieweit die behördliche Unterschutzstellung der Eulen (außer Uhu!) durch ein Reichsgesetz von 1888 (KLEINSCHMIDT 1934) dem Waldkauz Leben und Ansiedlung erleichterte, muss offen bleiben. Die auf umfangreichen Nahrungsanalysen beruhende Neubewertung einiger Raubvögel als „Nützlinge“ verschaffte *Strix aluco* ein recht positives Image im ausgehenden 19. Jahrhundert. „Am wichtigsten für den Landwirt und Forstmann erscheint unter den einheimischen Eulenarten der Waldkauz (*Strix Aluco*), da derselbe außerordentlich viele Käfer, außerdem auch Maulwürfe und Mäuse vertilgt.“ (WAGNER o. J.: 58). ENGELMANN (1928) beklagt aber noch in den 1920er-Jahren das sinnlose, häufige Abschießen der vergleichsweise zutraulichen Eulenvögel durch Teile der Jägerschaft.

Als die Einwanderung des Kauzes in die Ortschaften verbreitet wahrgenommen wurde, mangelte es auch nicht an Kritik und Befürchtungen von Seiten der Vogelkundler. Man war einerseits besorgt um mögliche Auswirkungen auf die Singvogelfauna der Parks und Gärten (LÖNS in SOFFEL 1922, UTTENDÖRFER 1939 in Bezug auf die Nachtigall), andererseits hatte man auch schon das zum Teil schwierige Verhältnis dieses Kauzes zu kleineren Eulenarten richtig erkannt. Ähnlich wie später HENNICKE (in NAUMANN 1899) äußert sich KELLER (1890: 46): „Indess, wo der Waldkauz nicht häufig vorkommt, möchte ich ihn gerade nicht unbedingt zur Vernichtung verurtheilen, aber noch weniger fiele es mir ein, denselben zu züchten, wo er bis jetzt noch nicht vorhanden ist.“

Trotz seiner bis heute nicht immer guten Reputation gelang es dem Kauz, erfolgreich und großflächig zu einem Kulturfolger im sich wandelnden menschlichen Siedlungsraum zu werden. Die Bedeutung von Gebäudebrutplätzen und -einständen mag hierbei insgesamt gesehen nicht sehr hoch sein, aber zu Beginn der Entwicklung waren Schritte in diese Richtung bedeutsam und wegweisend.

Literatur

- AUGST U 1997: Entwicklung der Eulenbestände im Elbsandsteingebirge. Eulen-Rundblick 45: 33-34
 BREHM AE 1882: Brehms Thierleben, 5, 2. Abteil. Vögel, Leipzig
 ENGELMANN F 1928: Die Raubvögel Europas, Melsungen
 GESNER C 1669: Vollkommenes Vogelbuch, 2. Aufl. 1981 von Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover
 GLUTZ VON BLOTZHEIM UN & BAUER KM 1994: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 9, 2. Aufl., Wiesbaden
 HARTERT E 1912-1921: Die Vögel der paläarktischen Fauna, Bd. 2, Berlin
 JÄCKEL AJ 1891: Systematische Übersicht der Vögel Bayerns, München u. Leipzig
 KLEINSCHMIDT O 1934: Die Raubvögel der Heimat, Leipzig
 KELLER FC 1890: Ornithologia Carinthiae: Die Vögel Kärntens, Klagenfurt
 MAUERSBERGER G 1977: Urania Tierreich. Vögel, 4. Aufl., Leipzig
 MELDE M 1989: Der Waldkauz. N. Brehm-Büch. 564. Wittenberg
 NAUMANN JF 1899: Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas, Hrsg. CR HENNICKE, Bd. 5. Gera-Untermhaus
 NIETHAMMER G (Hrsg.) 1938: Handbuch der deutschen Vogelkunde, Bd. 2, Leipzig
 OLEJNIK O 2008: Vom Waldkauz *Strix aluco* zur Dorfeule. Eulen-Rundblick 58: 26-31
 ROBILLER F (Hrsg.) 1986: Lexikon der Vogelhaltung, Leipzig
 SCHÖNN S 1980: Der Sperlingskauz. N. Brehm-Büch. Bd. 513. Wittenberg
 SMEENK C 1972: Ökologische Vergleiche zwischen Waldkauz *Strix aluco* und Waldohreule *Asio otus*. Ardea 60: 1-71
 SOFFEL K 1922: Vögel Europas, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig
 STEPHAN B 1986: Sind alle Straßentauben verwilderte Haustauben? Der Falke 33: 110-114
 SUOLAHTI H 1909: Die deutschen Vogelnamen, Straßburg
 TISCHLER F 1914: Die Vögel der Provinz Ostpreußen, Berlin
 UTTENDÖRFER O 1939: Die Ernährung der deutschen Raubvögel und Eulen, Melsungen
 WAGNER H (o. J.): Entdeckungsreisen in Wald und Heide, Leipzig

Anschrift des Verfassers:

Olaf Olejnik
 Kruggang 4
 OT Groß Chüden
 29410 Hansestadt Salzwedel

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Eulen-Rundblick](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [61](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Literaturübersichten und Projekte 112-122](#)