



# ORNITHOLOGISCHER ANZEIGER

Zeitschrift bayerischer und baden-württembergischer Ornithologen

Band 50 – Heft 1

Juli 2011

*Ornithol. Anz.*, 50: 1–25

## Wühlmäuse (*Arvicolinae*) als bevorzugte Beute des Uhus *Bubo bubo* während der Jungenaufzucht in Bayern

Andreas Schweiger und Ludwig Lipp

Voles (*Arvicolinae*) as preferred prey of Bavarian Eagle Owls *Bubo bubo* (L.) during the nestling period.

A sufficient choice of prey with adequate size is quoted in numerous surveys about feeding ecology of the Eurasian Eagle Owl as one of the most important factors allowing the survival of a successful population. On the other hand a high proportion of small animals in the diet is regarded as an indicator of malnutrition, and a threat to the successful maintenance of the greatest European Owl.

Examination of prey items, mainly from the breeding season, over 33 years (1976–2008), in three Bavarian subpopulations of the Eagle Owl reveals a very different and conflicting pattern.

Uni- and multivariate statistical evaluation were based on a quantification of food diversity, favoured size of prey and percentage proportion of particular prey items in the diet of fledging Eagle Owls.

The results from this survey show a clear preference of Bavarian Eagle Owls for voles (*Arvicolinae*). The diversity of prey actually declines with increasing proportion of voles. An increasing amount of major prey like waterfowl leads to a greater prey diversity. Even so, comparison between Bavarian sub-populations of Eagle Owl shows both considerable regional differences and clear temporal differences and changes in prey spectrum, caused e.g. by changes in landuse.

In general Bavarian Eagle Owls take small mammals in large quantities while rearing their young. Larger prey items are presumed to increase in importance when voles are scarce or when food requirements increase towards fledging.

**Key words:** Wühlmäuse, voles, *Arvicolinae*, Uhu, Eagle Owl, *Bubo bubo*, Nahrungswahl, diversity of prey

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schweiger (Schwerpunkt Statistische Auswertung), Adalbert-Stifter-Str. 22, D-82494 Krün

E-Mail: andreas.schweiger@o2online.de

Dipl.-Ing. (FH) Ludwig Lipp (Initiation; Schwerpunkt Diskussion), Römerstr. 19, D-87648 Aitrang

E-Mail: ludwig.lipp@yahoo.de

## Einleitung

Neben feldornithologischen Untersuchungen ist bei den Eulen schon seit den 1930er Jahren die Bestimmung der Nahrung populär (Uttendörfer 1939, März 1940). Dies ist sicherlich darin begründet, dass die Determination von Wirbeltieren anhand der in Gewöllen zurückbleibenden, gut erhaltenen Knochenteile relativ einfach ist. Nachdem einige Jahrzehnte vor allem die allgemeine Zusammensetzung der Uhubeute in verschiedenen geografischen Regionen im Fokus der Wissenschaft stand (z. B. Schweizer Alpen: Wagner & Springer 1970, Niederösterreich: Frey 1973, Spanien: Hiraldo et al. 1975 und Donázar 1987), ist seit mehreren Jahren der Schutz frei lebender Uhupopulationen in den Blickpunkt gerückt. Unter diesem Aspekt gewinnen nahrungsökologische Untersuchungen an Bedeutung. Der Erhalt und die weitere Ausbreitung des bis vor wenigen Jahrzehnten in weiten Teilen Mitteleuropas ausgestorbenen Uhus kann vor allem über die Kenntnis seiner Ernährung und daraus resultierender Schutzmaßnahmen unterstützt werden.

In diesem Zusammenhang hat Dalbeck (2005) Beutelisten von verschiedenen Uhurevieren in der Eifel ausgewertet. Seine Ergebnisse zeigen, dass klimatische Faktoren die Nahrungszusammensetzung und den Reproduktionserfolg beeinflussen. Dagegen war zwischen der Nahrungswahl und der Kondition der Jungtiere sowie dem Reproduktionserfolg kein deutlicher Zusammenhang nachzuweisen. Nur die Anzahl an Wildkaninchen und Feldmäusen in den untersuchten Gewöllen korrelierte bei der Auswertung schwach positiv mit der Anzahl an Jungtieren.

Auch in Bayern ist der Uhu seit längerer Zeit Objekt intensiver Untersuchungen. Bezzel (1976) gewährt Einblicke in die Ernährung bayerischer Uhupopulationen. In Bezzel & Schöpf (1986) wird die Situation der bayerischen Uhus im vergangenen Jahrhundert diskutiert und methodische Hilfestellung zu deren Erfassung gegeben.

Im Rahmen des Artenhilfsprogramms Uhu des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) werden gezielt Daten zur Fortpflanzungsbiologie und Nahrungswahl des Uhus während der Brut und Jungenaufzucht gesammelt. Das LfU hat den Autoren Auszüge der Daten im Rahmen dieser Arbeit dankenswerterweise zur Auswertung überlassen.

Bislang wird von vielen Autoren angenommen, dass ein hoher Anteil großer Beutetiere in der Nahrung ein erfolgreiches Brutrevier erkennen lässt (Görner & Knobloch 1978, Knobloch 1979, Donázar 1987). Ein hoher Anteil kleiner Beutetiere gilt dahingegen als Zeichen für einen Mangel an „geeigneten“, größeren Beutetieren (Donázar 1987). Dalbeck (2005) vermutet im Gegensatz dazu einen positiven Zusammenhang zwischen vermehrtem Feldmausvorkommen und der Anzahl sowie der Fitness ausgeflogener Jungvögel, kann diesen in seinen Untersuchungen aber nicht sicher statistisch nachweisen. Auch andere Kenner der Art vermuten einen Zusammenhang zwischen erfolgreichen Brutjahren des Prädatoren und dem vermehrten Vorkommen von Feldmäusen in seinem Jagdrevier (M. Römhild, mündl. Mitt.).

In dieser Arbeit wird eine Methode zur Auswertung von Beutelisten vorgestellt, die über die Nahrungsdiversität, das mittlere Gesamtgewicht der Beuteaufsammlungen sowie die Individuenanteile der einzelnen Arten bevorzugte Beutetiere identifiziert. Mit den hier angewandten Methoden soll geklärt werden, inwieweit der Uhu in Bayern während der Jungenaufzucht bevorzugt Kleinsäuger (v. a. Wühlmäuse) jagt.

## Material und Methoden

**Untersuchungsgebiete.** Die zur Auswertung verwendeten Daten zur Nahrungswahl des Uhus in Bayern stammen hierbei zum größten Teil aus drei Gebieten.

Die Daten zu den Flächenanteilen stammen aus [www.regionalstatistik.de](http://www.regionalstatistik.de); Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung – Stichtag 31.12.2008 – und landwirtschaftliche Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Kulturarten – Erhebungsjahr 2007 –, regionale Tiefe: Landkreise und kreisfreie Städte.

**Mittlerer Lech** (Lkr. WM, LL, 550-800 m ü. NN, Ackerland 14 %, Dauergrünland 35 %, Waldfläche 29 %, Gewässerfläche 5 % (inkl. Ammersee)): Ein Großteil der Fläche besteht aus den Lebensräumen Wald, Offenland und Gewässer (v. a. Staustufen des Lechs). Die steilen Hänge entlang des Lechs sind meist mit Mischwald bewachsen; sonstige Waldbestände werden meist von Fichten geprägt. In den umgebenden Moränengebieten herrscht Grünlandnutzung mit eingestreutem Ackerbau vor; im

nördlichen Teilbereich nimmt der Ackerbau deutlich zu. Die Brutplätze in diesem Untersuchungsgebiet liegen zumeist entlang der steilen Talhänge des dort tief eingeschnittenen Lechs. Eine detaillierte Beschreibung dieser Population bietet von Lossow (2010).

**Werdenfeller Land** (Lkr. GAP, WM, 650 – ca. 1200 m ü. NN, Ackerland 2 %, Dauergrünland 46 %, Waldfläche 40 %, Gewässerfläche 3 %): Die hier betrachtete Uhopopulation kommt im Bereich der auslaufenden Nördlichen Kalkalpen vor. Die Berghänge sind weitgehend mit (Berg-) Mischwald bewachsen, wobei im Übergang zwischen Talböden und den steileren Hängen auch Fichtenmonokulturen angepflanzt wurden. Die Talböden werden fast ausschließlich grünlandwirtschaftlich genutzt. Es sind natürliche Seen und kleinere Stauseen vorhanden, die größten Gewässer in der Nähe von Brutplätzen sind die Flüsse Isar, Loisach und Ammer. Die Brutplätze befinden sich v. a. in Felswänden und -nischen der Nördlichen Kalkalpen.

**Südlicher Frankenjura** (Lkr. EI, ND, WUG, 400-550 m ü. NN, Ackerland 40 %, Dauergrünland 15 %, Waldfläche 33 %, Gewässerfläche 2 %): Im nördlichsten Untersuchungsgebiet bilden Buchen und Fichten die Hauptbaumarten in den anthropogen stark beeinflussten Waldbeständen. Im Offenland wird vor allem Ackerbau und Grünlandwirtschaft betrieben. Gewässer liegen in Form von Bächen und kleineren Flüssen vor. Die Brutbereiche des Uhus finden sich in Steinbrüchen und in den Felswänden der Juragesteine.

**Sonstige:** Die Daten dieser Reviere stammen aus einzelnen Aufsammlungen im südlichen Bayern (Lkr. TÖL) und aus Unterfranken.

**Bestimmung der Beutetiere und Datenaufbereitung.** Die Aufsammlungen „Lech“ aus den Jahren 2004-2007 wurden weitgehend von den Autoren bestimmt. Dazu wurden die Federn und Knochen getrennt determiniert und die Ergebnisse hinterher zusammengeführt. Die Federn wurden mit einer Federsammlung verglichen und meist bis auf Artniveau (v. a. größere Vögel ab Drosselgröße) oder höhere taxonomische Ebenen (Kleinvögel) bestimmt. Anhand einer Knochensammlung und Fachliteratur (Boye 1981, März 1987) konnten auch die Knochen größtenteils den einzelnen Arten zugeordnet werden. Vögel lassen sich relativ ein-

fach anhand der Form der Extremitätenknochen determinieren. Säugetiere können sehr gut anhand ihrer Kiefer, Zähne und Schädelknochen bestimmt werden. Bei größeren Säugern ist auch eine Bestimmung mittels der Extremitätenknochen möglich. Um Doppelzählungen bei den determinierten Beutetieren, vor allem bei den Kleinnagern zu vermeiden, wurden die jeweiligen Extremitätenknochen nach Körperseite sortiert und aus der maximalen Anzahl an gleichen Knochen die Individuenanzahl ermittelt. Nur im Einzelfall, zum Beispiel bei deutlichen Größenunterschieden der Extremitätenknochen (meist bei Beutetieren mit größerem Habitus), oder bei altersbedingten Unterschieden wurde von dieser Methode abgewichen.

Für die Auswertung im Bezug auf die erbeuteten Vögel wurden die erhaltenen Individuenzahlen aus der Bestimmung der Federn mit denen der Knochen verglichen und als Beutetieranzahl für das betrachtete Taxon der jeweils größere Wert herangezogen. Somit wird das Problem von Doppelzählungen bei den determinierten Vögeln weitestgehend umgangen. Bei den Säugetieren erfolgte die Bestimmung soweit möglich bis auf Artniveau. War dies nicht möglich, wurden die nicht näher determinierbaren Individuen dem nächst höherem Taxon (z. B. Gattung) zugeordnet. Eine detaillierte Beschreibung der angewandten Methode findet sich in Wagner & Springer (1970) und Frey (1973).

Mit den Rohdaten anderer Jahre und Reviere wurde gleichartig verfahren. Diese Beutereste wurden weitgehend von H.-J. Fünfstück, S. Olschewski und M. Römhild bestimmt.

Für die Auswertungen fanden Daten aus Aufsammlungen Anwendung, welche vornehmlich in den Sommer- und Herbstmonaten (Mai bis September) des jeweiligen Jahres getätigt wurden. Nur ausnahmsweise (vereinzelt im Südlichen Frankenjura) erfolgten Aufsammlungen in den Frühjahrsmonaten Januar bis April. Somit stammen die erhobenen Daten vor allem aus der Fortpflanzungs- und Jungenaufzuchtzeit der Uhus. Unter dem Begriff Aufsammlung wird hierbei die Gesamtheit der Beutereste verstanden, welche bei einem Besuch der Brutnische im direkten Umfeld des Nestplatzes vorgefunden werden. Dabei wurden sowohl Erstaufsammlungen, d. h. die erste Aufsammlung von Beutetieren an einem Brutplatz als auch Aufsammlungen in den Folgejahren in die Analy-

sen aufgenommen. Aufgesammelt wurden die Nahrungsreste in unmittelbarer Umgebung des Brutplatzes von Angestellten, Zivildienstleistenden, Praktikanten und sonstigen Mitarbeitern (beispielsweise im Rahmen eines freiwilligen ökologischen Jahres) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, staatliche Vogelschutzwerke Garmisch-Partenkirchen für die Bereiche Werdenfeller Land und mittlerer Lech sowie von M. Römhild für den Südlichen Frankenjura. Zur Auswertung wurden nur Aufsammlungen herangezogen, für welche mindestens 28 Beutetiere nachgewiesen werden konnten (s. a. statistische Auswertung). Hierbei wurde ein Kompromiss zwischen der Anzahl an verwendbaren Aufsammlungen und der Repräsentativität der Aufsammlungen geschlossen.

**Statistische Auswertung.** Nach der Bestimmung der Nahrungsreste im Labor und der Aufbereitung der Rohdaten mit einem Tabellenkalkulationsprogramm wurde zur statistischen Datenauswertung das Softwarepaket *R* (Version 2.10.1, R Development Core Team 2009) zusammen mit den Zusatzpaketen *ecodist* (Version 1.2.3, Goslee & Urban 2007), *labdsv* (Version 1.4-1, Roberts 2010a) und *optpart* (Version 2.0-1, Roberts 2010b) verwendet.

Berechnungen von anderen Autoren, z. B. Dalbeck (2005), zur Nahrungsökologie des Uhus basieren auf Aufsammlungen mit einer Mindestindividuenzahl von 45. Aufgrund nachfolgender Erläuterungen wurden für die hier

durchgeführten Auswertungen nur Nahrungsaufsammlungen mit mindestens 28 nachgewiesenen Beutetieren verwendet, sodass insgesamt  $N = 82$  Aufsammlungen für die Auswertungen zur Verfügung standen (Tab. 1).

Da Nahrungsaufsammlungen mit einer nur geringen Anzahl an determinierten Individuen in den meisten Fällen die Realität nur sehr schlecht bzw. überhaupt nicht widerspiegeln, soll mit dem Festlegen einer Mindeststichprobengröße die Aussagekraft der Ergebnisse gewährleistet werden. Darüber hinaus besteht für die meisten Berechnungsindizes und Distanzmaße vor allem bei sehr geringen Individuenzahlen der betrachteten Aufsammlungen eine ausgeprägte Stichprobenabhängigkeit, welche zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen würde (vgl. Wolda 1981). Auch dieser Sachverhalt kann durch das Festlegen einer Mindestindividuenanzahl pro Aufsammlung deutlich entkräftet bzw. ausgeschlossen werden.

Im hier vorliegenden Fall hätte eine Mindeststichprobengröße von 45 Individuen, wie sie von Dalbeck (2005) verwendet wird, zu einer erheblichen Datenreduktion geführt, was eine statistische Auswertung unverhältnismäßig erschwert bzw. unmöglich gemacht hätte. So wurde die Mindeststichprobengröße basierend auf statistischen Betrachtungen und unter Berücksichtigung der oben genannten Probleme auf ein akzeptables Maß reduziert. Bei der Betrachtung des gesamten verfügbaren Datenmaterials von  $N = 104$  Aufsammlungen für Ge-

**Tab. 1.** Zusammenfassende Übersicht grundlegender Daten der betrachteten Teilgebiete Bayerns (Zeitreihen: Anzahl an Revieren / Aufsammlungen (Werte in Klammern) für welche aus  $i$  unterschiedlichen Jahren Daten vorliegen). – *An overview of fundamental data of the examined subareas within Bavaria (Zeitreihen: Number of territories / prey collections (in brackets) with available data for  $i$  different years).*

	Mittlerer Lech	Werdenfeller Land	Südlicher Frankenjura	Sonstige	Gesamt
Anzahl Aufsammlungen $N$	24	23	30	5	82
Zeitreihen (Reviere/ Aufsammlungen):					
aus 1 Jahr	8 (8)	3 (3)	7 (7)	5 (5)	23 (23)
aus 2 Jahren	5 (10)	2 (4)	2 (4)	-	9 (18)
aus 3 Jahren	2 (6)	1 (3)	-	-	3 (9)
aus 4 Jahren	-	1 (4)	-	-	1 (4)
aus 7 Jahren	-	-	1 (7)	-	1 (7)
aus 9 Jahren	-	1 (9)	-	-	1 (9)
aus 12 Jahren	-	-	1 (12)	-	1 (12)
Gesamtzeitraum	32	25	16	25	33
von Jahr	1976	1977	1993	1979	1976
bis Jahr	2007	2001	2008	2003	2008
Beutetieranzahl $n$	2176	1485	1962	295	5918
Beutetierbiomasse [kg]	636,0	482,5	549,5	94,6	1766,6

samt-Bayern (von  $n = 2$  bis  $n = 220$  determinierter Individuen) zeigte sich hierbei ein deutlicher Sprung in der pro Aufsammlung determinierten Individuenzahl von 23 zu 28 Individuen. Basierend auf diesem Sachverhalt, wurden die Gesamtdaten hinsichtlich der beiden nachfolgend beschriebenen Parameter GM und B einer non-parametrischen ANOVA ( $k = 3$  Gruppen, G1: 2-23 Ind., G2: 28-43 Ind. und G3: 45-220 Ind.) zusammen mit einem A-posteriori-Test für multiple Mittelwertvergleiche unterzogen (näheres zu den Testverfahren siehe unten). Hierbei zeigte sich keine der untersuchten Gruppierungen (Nahrungsbreite B) bzw. die Gruppe an Aufsammlungen bis 23 Individuen (für GM) als signifikant unterschiedlich zu allen anderen Gruppierungen. Sich stützend auf diese Ergebnisse wurden für die nachfolgenden Betrachtungen nur Nahrungsaufsammlungen mit mindestens 28 nachgewiesenen Beutetieren verwendet ( $N = 82$  für gesamt Bayern).

Neben dem (prozentualen) Individuenanteil des jeweiligen Beutetiertaxons fand auch das gewichtete Mittel der Beutetierbiomasse GM [g] (Gleichung 1) sowie die Nahrungsbreite B [-] nach Levins (1968) (Gleichung 2) der jeweiligen Aufsammlung Eingang in die durchgeführten Berechnungen.

$$GM = \frac{1}{n_{ges}} \sum_{i=1}^k n_i \cdot g_i \quad (\text{Gleichung 1})$$

- $n_{ges}$ : Gesamtindividuenzahl der Aufsammlung [-]  
 $n_i$ : nachgewiesene Individuen des Beutetier-Taxons (-Art)  $i$  der Aufsammlung [-]  
 $g_i$ : durchschnittliches Lebendgewicht des Beutetier-Taxons (-Art)  $i$  [g]

Während das gewichtete Mittel der Beutetierbiomassen ein gutes Maß für die jeweils bevorzugte Beutetiergröße beim Nahrungserwerb darstellt, lässt sich die Spezialisierung des Uhus hinsichtlich seiner Nahrungswahl durch die Beziehung nach Levins (1968) näher quantifizieren. Der Wertebereich dieses Diversitätsmaßes reicht von 1 bis  $n$ , wobei geringere Werte auf Spezialisierung und höhere Werte auf einen zunehmenden Generalismus des betrachteten Prädatoren bei der Nahrungswahl hindeuten. Dabei wurden für  $p_i$  taxonomische Gruppen gebildet, die sich größtenteils zwischen Familien- und Tribusebene bewegen.

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2} \quad (\text{Gleichung 2})$$

- $p_i$ : dimensionsloser Individuenanteil der taxonomischen Gruppe  $i$  am Gesamtspektrum [-]

Um die Verteilungseigenschaften, sprich die Breite der Streuung von Einzelwerten der verwendeten Parameter innerhalb einer zu betrachtenden Gruppierung von errechneten Einzelwerten (z. B. regional oder rein statistisch bedingt) quantifizieren und somit die Kollektive untereinander besser vergleichen zu können, wurde der Variationskoeffizient  $cv$  verwendet (Gleichung 3).

$$cv = \frac{s}{|\bar{x}|} \quad (\text{Gleichung 3})$$

- $s$ : Standardabweichung des Daten-Kollektivs  
 $\bar{x}$ : Arithmetischer Mittelwert des Daten-Kollektivs

Dieses Streumaß weist im Gegensatz zu den gängigeren Streuungsparametern wie der Varianz oder der Standardabweichung einen entscheidenden Vorteil auf.

Im Gegensatz zur Standardabweichung  $s$ , welche vom jeweiligen Mittelwert der Daten-Kollektive abhängig ist und somit keinerlei Vergleiche zwischen verschiedenen Datensätzen zulässt, wird die Standardabweichung beim Variationskoeffizienten am zugehörigen arithmetischen Mittelwert relativiert und erlaubt somit den Vergleich von Datenkollektiven mit unterschiedlichen Mittelwerten (Rudolf & Kuhlich 2008).

Um nicht sofort ersichtliche Zusammenhänge zwischen den oben beschriebenen Parametern herauszuarbeiten, wurden die prozentualen Anteile der Beutetiere in den Nahrungsaufsammlungen und die oben beschriebenen Indizes anhand statistischer Tests miteinander verglichen.

Mit Korrelationsanalysen wurden Abhängigkeiten der Nahrungsbreite B mit den prozentualen Anteilen der erbeuteten Tiere und dem gewichteten Mittel der Beutetierbiomassen GM verglichen. Hierbei ergeben sich Informationen, die positive und negative Zusammenhänge zwischen den Parametern anzeigen. Beispiels-

weise können Beutetiere mit zunehmender Nahrungsbreite in ihrem Anteil in den Nahrungsaufsammlungen zunehmende oder abnehmende Tendenzen zeigen.

Zur Ermittlung von Unterschieden in der Zusammensetzung der Beuteaufsammlungen wurden darüber hinaus multivariate Verfahren in Form von Clusteranalysen durchgeführt. Das Ergebnis sind Cluster (Gruppen) von Aufsammlungen die sich untereinander ähnlicher sind als zu anderen, in weiteren, errechneten Clustern zusammengefassten Aufsammlungen. Werden diese Cluster in Bezug auf die Nahrungsbreite  $B$  und das gewichtete Mittel  $GM$  betrachtet, lassen sich die Ergebnisse der Korrelationsanalysen auf diesem multivariaten Weg nochmals überprüfen. Auch lassen sich durch diesen multivariaten Ansatz die ermittelten Gruppierungen auf regionale und zeitlich bedingte Unterschiede untersuchen. Dies wurde im vorliegenden Fall mit Hilfe von Kontingenzanalysen basierend auf den herausgearbeiteten Clustern überprüft.

Außerdem bietet sich bei der Clusteranalyse die Möglichkeit, bestimmte Indicator Species (Indikatorarten) für die betrachteten Cluster heraus zu filtern. Die Ergebnisse dienen bei den hier durchgeführten Untersuchungen wiederum dem Vergleich der über multivariate Methoden (Clusteranalyse) ermittelten Ergebnisse mit den Ergebnissen aus den univariaten Korrelationsanalysen.

Um die bei dieser Betrachtung durchgeführte Datenanalyse vollständig nachvollziehen zu können, werden im Nachfolgenden die angewandten statistischen Methoden für den interessierten Leser näher beschrieben:

Zur Ermittlung von möglichen Zusammenhängen zwischen den oben aufgeführten Parametern ( $B$ ,  $GM$  und prozentuale Individuenanteile) wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Anschließend wurden die gefundenen Zusammenhänge einer Signifikanzprüfung (Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$ ) unterzogen. Neben dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) fanden auch die Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman ( $\rho$ ) bzw. nach Kendall ( $\tau$ ) Anwendung.

Im Gegensatz zum Pearson'schen Korrelationskoeffizienten, für dessen Berechnung relativ hohe Ansprüche an das Datenmaterial gestellt werden (Normalverteilung, linearer Zusammenhang), entfällt dies im Falle der Rang-

korrelationskoeffizienten, bei welchen lediglich ein monotoner Zusammenhang vorausgesetzt wird. Der Wertebereich aller drei Korrelationskoeffizienten bewegt sich zwischen  $-1$  und  $1$ . Je näher sich die errechneten Werte hierbei an einen der Extremwerte annähern, desto stärker ist der Zusammenhang zwischen beiden betrachteten Merkmalen. Ergibt sich aus der Berechnung für den jeweiligen Korrelationskoeffizienten allerdings ein Wert um  $0$ , ist ein Zusammenhang zwischen beiden gegenübergestellten Parametern weitaus weniger wahrscheinlich und wird im Allgemeinen ausgeschlossen. Die Art des Zusammenhangs lässt sich aus dem Vorzeichen des jeweiligen Koeffizienten ableiten. So ergibt sich für positive Zusammenhänge (mit Zunahme eines Parameters nimmt der andere Parameter ebenfalls zu) zwischen den betrachteten Parametern ein positiver Koeffizient, während für negative (gegenläufige) Zusammenhänge der Koeffizient auch einen negativen Wert annimmt.

Neben den einfachen Korrelationen zum Nachweis von Zusammenhängen zwischen den vorgestellten Variablen wurde zudem von Clusteranalysen Gebrauch gemacht. Diese hierarchisch-agglomerativen Klassifikationsverfahren ermöglichen das Herausstellen von sich untereinander relativ ähnlichen Aufsammlungen in Clustern, die zu anderen Clustern relativ unähnlich sind. Zur Quantifizierung der relativen Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der unterschiedlichen Nahrungsaufsammlungen fanden drei verschiedene Ähnlichkeits- bzw. Distanzmaße Anwendung, der Sørensen-Koeffizient, der Bray-Curtis-Koeffizient sowie die Euklidische Distanz. Aus den zur Verfügung stehenden Cluster-Algorithmen wurde unter Berücksichtigung einer minimalen Kettenbildung (chaining) im Cluster-Dendrogramm sowie der Empfehlungen aus der Literatur (Leyer & Wesche 2007) vom group average-Algorithmus (Grundlage: Sørensen- bzw. Bray-Curtis-Koeffizient) sowie von der Wards- (minimum variance-) Methode (Euklidische Distanz) Gebrauch gemacht.

Zur Ermittlung der optimalen Anzahl an zu betrachtenden Clustern im jeweiligen Dendrogramm (größte Aussagekraft) fand eine Indicator Species Analysis nach Dufrêne & Legendre (1997) Anwendung, bei welcher „typische“ Arten, die so genannten „Indicator Species“ für die jeweils gegenübergestellten Cluster ausgegeben werden. Inwieweit eine bestimmte Art

für eine jeweilige Gruppe charakteristisch ist, wird über einen Indikatorwert (indicator value) indiziert und mit einem Permutationstest auf statistische Signifikanz überprüft. Der Indikatorwert IV bewegt sich hierbei zwischen 0 (keine Indikation) und 1 (vollkommene Indikation für eine bestimmte Gruppe). In Anlehnung an McCune et al. (2002) wurde die Signifikanzprüfung der Indikation mit 1000 Permutationen durchgeführt. Des Weiteren wurden nur solche Arten in die Berechnungen mit einbezogen, welche in mindestens 3 Aufsammlungen nachgewiesen werden konnten (vgl. McCune et al. 2002). Die Wahl der optimalen Anzahl an zu berücksichtigenden Clustern erfolgte anschließend über eine graphische Darstellung der durchschnittlichen p-Werte aller betrachteten Indikatorarten bzw. der Anzahl an signifikanten Indikatorarten (Signifikanzniveau  $p = 0,05$ ) pro Anzahl an betrachteten Clustern. Hierbei wurde diejenige Anzahl an Clustern als optimal betrachtet, bei welcher der durchschnittliche p-Wert aller betrachteten Arten ein Minimum bzw. die Anzahl an signifikanten Indikatorarten ein Maximum erreichte. Eine ausführliche Beschreibung dieses Verfahrens kann McCune et al. (2002) entnommen werden. Basierend auf der für das jeweilige Clusterverfahren ermittelten Optimalanzahl an zu betrachtenden Clustern wurden die hieraus hervorgehenden Gruppen mit weiteren statistischen Tests auf Unterschiede untersucht.

Das Vorhandensein von großräumigen bzw. zeitlich bedingten Unterschieden zwischen den jeweils betrachteten Gruppen wurde mithilfe einer Kontingenzanalyse überprüft. Als Maß diente hierbei der korrigierte Kontingenzkoeffizient  $C_{\text{korrr}}$  welcher sich mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson vergleichen lässt und ein Maß für den Zusammenhang zwischen nominalskalierten Variablen darstellt (Köhler et al. 1995).

Weitere Parameter, auf deren Grundlage Unterschiede zwischen den vorab herausgearbeiteten Clustern untersucht wurden, waren der prozentuale Anteil an Kleinnagern (Wühlmäuse und Ratten) am Gesamtnahrungsspektrum sowie die bereits vorgestellten Parameter Nahrungsbreite B und das gewichtete Mittel der Beutetierbiomassen GM.

Die statistische Überprüfung auf Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern auf Grundlage der vorgestellten Parameter erfolgte

über eine einfaktorische, non-parametrische Varianzanalyse in Form des Kruskal-Wallis-(H-) Tests im Zusammenhang mit einem A-posteriori-Verfahren für multiple Mittelwertvergleiche in Form des Tukey HSD-Tests. Im Gegensatz zur herkömmlichen ANOVA entfallen bei dem parameterfreien Verfahren des H-Tests die strengen Anforderungen an das zu analysierende Datenmaterial wie Normalverteilung und Varianzhomogenität. Bei dem angeschlossenen Verfahren für multiple Vergleiche kann auf eine Korrektur des Signifikanzniveaus, wie es beispielweise mithilfe des Bonferroni- bzw. des Bonferroni-Holm-Verfahrens möglich wäre, verzichtet werden, da die Problematik, welche sich beim Testen statistischer Hypothesenfamilien ergibt, bereits im Testverfahren selbst Berücksichtigung findet (Näheres zu den hier angesprochenen Korrekturverfahren findet sich z. B. in Quednau 1992).

Vor allem bei der Auswertung von Nahrungsanalysen aus einem Gebiet, in welchem die einzelnen Reviere über mehrere Jahre immer wieder beprobt werden (repeated measurements) ergibt sich das Problem der Stichprobenabhängigkeit einzelner Aufsammlungen, das als „Nesting“ bezeichnet wird. Da jede Untersuchungseinheit (hier ein einzelnes Revier) mehrfach zur Datengenerierung genutzt wird, sind die so gewonnenen Daten im Allgemeinen nicht mehr voneinander unabhängig. So sind sich Nahrungsreste (Aufsammlungen) des gleichen Uhus wohl in der Regel ähnlicher als die Beutereste verschiedenener Uhus. Dieser Sachverhalt ist bei der Analyse der entsprechenden Daten zu berücksichtigen um eine Ergebnisverfälschung weitestgehend auszuschließen.

Deshalb wurden die einzelnen Aufsammlungen (der unterschiedlichen Jahre) aus den jeweiligen Uhurevieren gemittelt und alle vorab beschriebenen statistischen Verfahren und Tests mit diesen gemittelten Daten durchgerechnet. Die hieraus erhaltenen Ergebnisse (Anzahl an Proben  $N = 38$ ) decken sich zum größten Teil mit den Ergebnissen, welche sich bei der Auswertung der Einzelproben (Aufsammlungen aus unterschiedlichen Jahren des gleichen Reviers,  $N = 82$ ) ergaben und die im Folgenden vorgestellt werden. Da die Nahrungswahl des Uhus wohl deutlichen individuellen Unterschieden der Einzelvögel unterliegt bzw. vom jährlich schwankenden Nahrungsangebot in der Umgebung abhängt und die jeweils be-

trachteten Proben (Aufsammlungen) zumindest in diesem Fall nicht einzelnen Adultvögeln zugeordnet werden können bzw. es fraglich ist, ob die Reviere immer von den selben Brutvögeln besetzt sind, wurden die zur Auswertung herangezogenen Nahrungsaufsammlungen als unabhängige Stichproben betrachtet.

## Ergebnisse

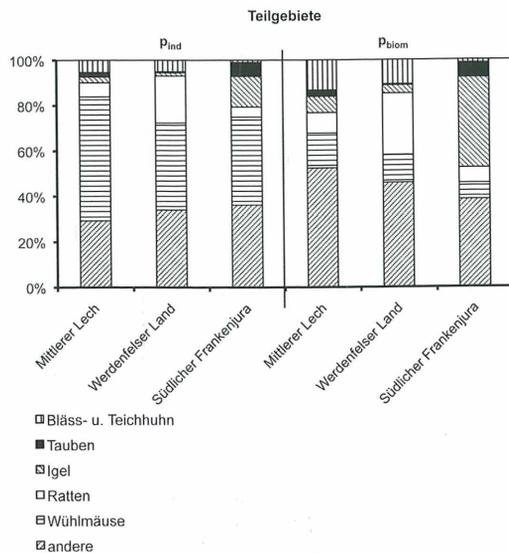
Insgesamt konnten für den betrachteten Gesamtzeitraum von 1976 bis 2008 in Bayern 154 Taxa als Beute des Uhus während der Jungenaufzucht nachgewiesen werden. Davon wurden 124 Taxa bis auf Artniveau bestimmt. Das Nahrungsspektrum umfasst hierbei sowohl Vögel (*Aves*, 88 nachgewiesene Arten) und Säuger (*Mammalia*, 31 Arten) als auch Schlangen (*Squamata*, 1 nachgewiesenes Individuum), Amphibien (*Amphibia*, 5 Arten) und Fische (*Pisces*, 5 Arten). Darunter finden sich Kleinvögel und Mäuse mit einem Lebendgewicht kleiner 25 g bis hin zu Wasservögeln, Kaninchen, Feldhasen und jungen Rotfüchsen mit einem Gewicht über 1000 g.

So scheint der Uhu ein opportunistischer Jäger mit einem breiten Nahrungsspektrum zu sein. Wird die Beutezusammensetzung allerdings genauer betrachtet, so ergibt sich ein differenzierteres Bild.

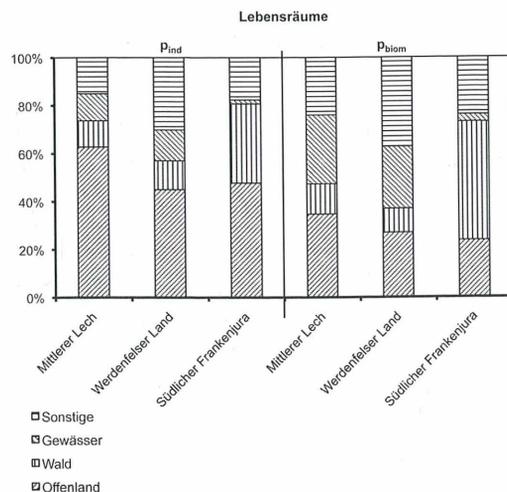
**Beutetiere und deren Lebensräume.** In den Beutelisten treten nur wenige Tierarten (-gruppen) mit mehr als 5 Prozent der Individuen ( $p_{\text{ind}}$ ) oder Biomasseanteile ( $p_{\text{biom}}$ ) auf. Diese sind in Abb. 1 dargestellt. Neben den in der Abbildung aufgeführten Tierarten erreichten folgende Taxa in einzelnen Teilgebieten mehr als 5 Prozent Individuen- oder Biomasseanteile, welche allerdings auf Grund der Übersichtlichkeit nicht in die Abbildung mit aufgenommen wurden: Siebenschläfer *Glis glis*  $p_{\text{ind}} = 5,6\%$  (Südlicher Frankenjura), Stockente *Anas platyrhynchos*  $p_{\text{biom}} = 5,9\%$  (Werdenfelser Land), Mäusebussard *Buteo buteo*  $p_{\text{biom}} = 13,1\%$  und Rabenkrähe *Corvus corone*  $p_{\text{biom}} = 5,9\%$  (Mittlerer Lech).

Zu erkennen ist, dass die Wühlmäuse hinsichtlich der Individuenanteile in allen Teilgebieten deutlich dominieren ( $p_{\text{ind}} > 38\%$ ). Die Ratten (hauptsächlich Wanderratte *Rattus norvegicus*) ließen sich mit einem Anteil bis  $p_{\text{ind}} = 20,7\%$  nachweisen, der Braunbrustigel *Erinaceus euro-*

*paeus* erreicht bis  $p_{\text{ind}} = 15,1\%$ . Alle weiteren Tierarten (-gruppen) stellen jeweils weniger als  $p_{\text{ind}} = 6,1\%$ .



**Abb. 1.** Eine Auswahl der häufigsten Beutetiere und ihre Individuen- ( $p_{\text{ind}}$ ) und Biomasseanteile ( $p_{\text{biom}}$ ) in den drei betrachteten Teilgebieten Bayerns. – *The most frequent prey species and their proportion as individuals ( $p_{\text{ind}}$ ) and biomass ( $p_{\text{biom}}$ ) in the three examined subareas of Bavaria.*

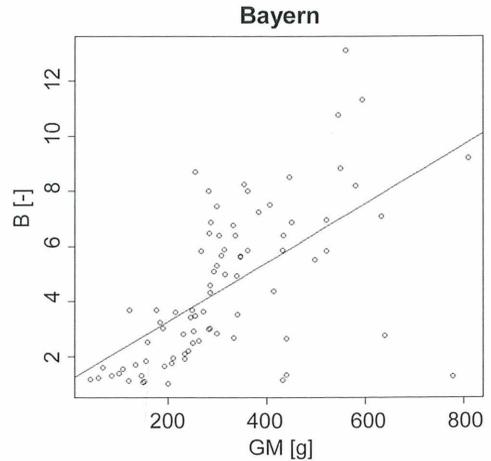


**Abb. 2.** Individuen- ( $p_{\text{ind}}$ ) und Biomasseanteile ( $p_{\text{biom}}$ ) der Beutetiere bezogen auf die Großlebensräume in den drei betrachteten Teilgebieten Bayerns (Sonstige: andere Lebensräume und euryöke Beutetiere). – *Proportion as individuals ( $p_{\text{ind}}$ ) and biomass ( $p_{\text{biom}}$ ) of prey attributable to habitat types in the three examined subareas of Bavaria (Sonstige: other habitats and euryoecious prey species).*

Dahingegen ist der Anteil, den die Wühlmäuse an der Biomasse stellen, weit weniger bedeutend. Allgemein treten einzelne Tierarten (-gruppen) in den Biomasseanteilen kaum hervor. Nur der Braunbrüstigel zeigt sich mit  $p_{\text{biom}} = 39,8\%$  im Südlichen Frankenjura als besonders wichtiger Nahrungslieferant. Im Werdenfelser Land treten die Ratten in ähnlicher Dominanz auf ( $p_{\text{biom}} = 27,0\%$ ). Alle anderen Biomasseanteile der Beutetierarten und -gruppen liegen unter  $p_{\text{biom}} = 15,4\%$ .

Um die bevorzugten Jagdhabitats des Uhus zu ermitteln, wurden den Tierarten die Lebensräume Offenland, Wald, Gewässer oder Sonstige/Eurytop zugeordnet. Die Individuen- und Biomasseanteile der Beute bezüglich der Lebensräume/Jagdhabitats sind in Abb. 2 dargestellt. Die großen Individuenanteile an Offenlandarten lassen sich auf die hohen Anteile der Wühlmäuse als Bewohner des Offenlandes zurückführen. Aufgrund des relativ geringen Lebendgewichts der Wühlmäuse fallen die Biomasseanteile der Offenlandarten dementsprechend niedriger aus. Es fällt auf, dass in den Gebieten Mittlerer Lech und Werdenfelser Land die Individuen- und Biomasseanteile am Lebensraum Gewässer deutlich höher sind als im Südlichen Frankenjura. Dafür sind im Südlichen Frankenjura die Anteile der Beute aus dem Lebensraum Wald höher, was sich auf die Zuordnung des Igels zu diesem Lebensraumtyp zurückführen lässt (vgl. Abb. 1).

**Nahrungsbreite, Beutetiergröße und Individuenanteile der Beutetiere.** Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Nahrungsbreite  $B$  nach Levins (1968) als Diversitätsmaß in Bezug auf die Nahrungswahl des Uhus herangezogen. Die Werte für  $B$  reichen dabei für die einzelnen Aufsammlungen von 1,0 bis 13,1 mit einem Variationskoeffizienten von  $cv_{\text{ges}} = 0,62$  ( $N = 82$ ). Die mittlere



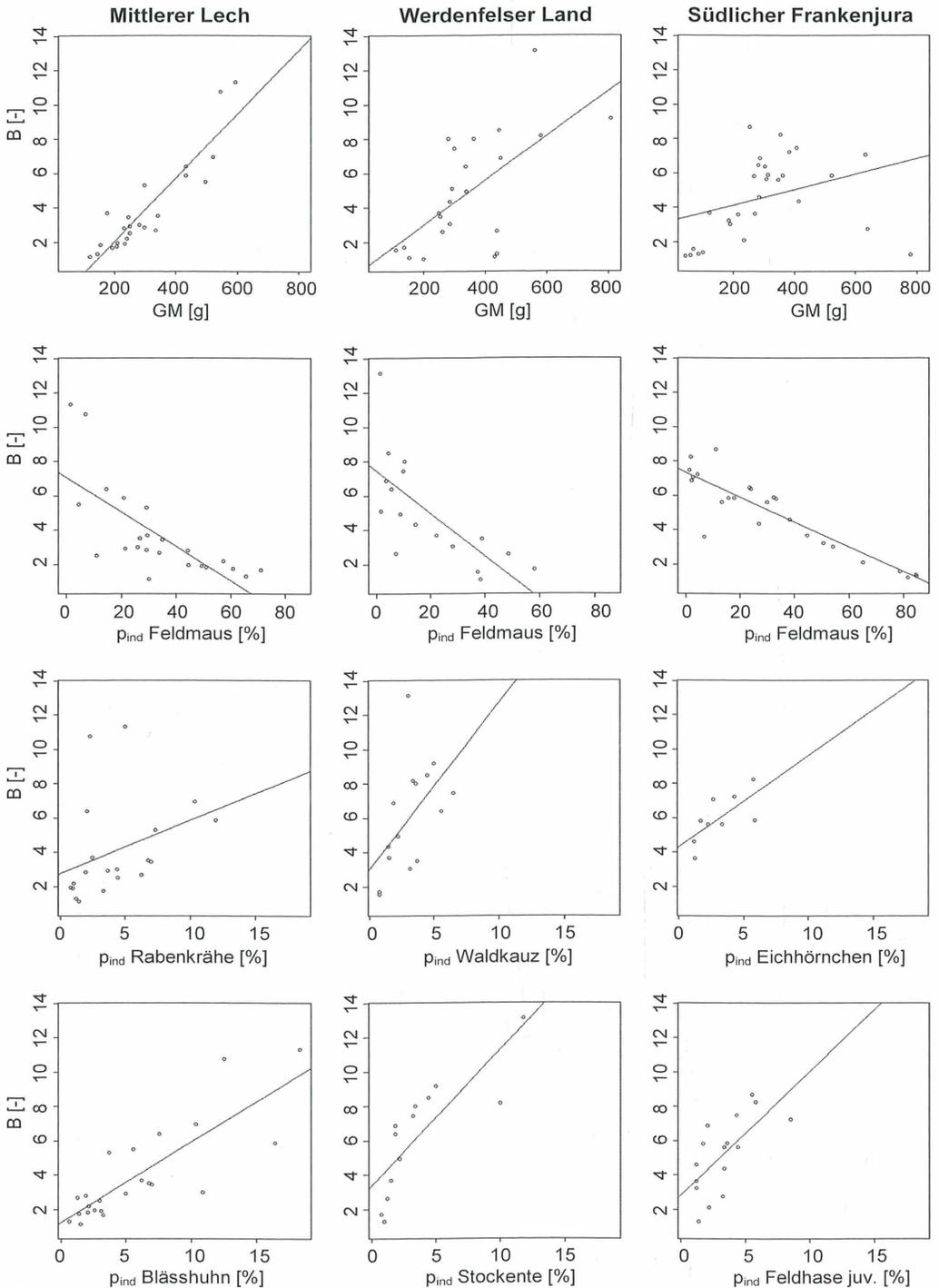
**Abb. 3.** Grafische Darstellung der Nahrungsbreite  $B$  über dem Gewichteten Mittel der Beutetierbiomasse  $GM$ . Dargestellt sind 82 bayerische Nahrungsaufsammlungen aus dem Zeitraum 1976 bis 2008 mit zugehöriger Korrelation ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,001$ ). – Graphical illustration of prey diversity ( $B$ ) and weighted mean of prey biomass ( $GM$ ). 82 bavarian prey collections between 1976 and 2008 are depicted with the appropriate correlation ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,001$ ).

ren Nahrungsbreiten (arithmetisches Mittel) der einzelnen Großregionen bewegen sich zwischen 3,9 (Lech) und 4,9 (Werdenfels). Die geringste Variation der Einzelwerte lässt sich hierbei im Südlichen Frankenjura beobachten ( $cv = 0,50$ ), während die jeweiligen Werte für  $B$  in der Großregion Mittlerer Lech am weitesten streuen ( $cv = 0,71$ ).

Für das gewichtete Mittel der Beutetierbiomassen  $GM$  schwanken die errechneten Werte für gesamt Bayern zwischen 43 und 808 g mit  $cv_{\text{ges}} = 0,5$ . Die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Großregionen variieren zwischen 302 g (Mittlerer Lech) und 348 g (Werdenfelser Land). Die geringste Streuung der Einzelwerte ergibt sich hier für die Großregion Mittlerer

**Tab. 2.** Ergebnisse der Korrelationsanalysen nach Pearson ( $r$ ), Spearman ( $\rho$ ) und Kendall ( $\tau$ ) zwischen der Nahrungsbreite  $B$  und dem Gewichteten Mittel  $GM$  (\*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ). – Results of correlation analyses after Pearson ( $r$ ), Spearman ( $\rho$ ) and Kendall ( $\tau$ ) between prey diversity  $B$  and weighted mean of prey biomass  $GM$  (\*:  $p < 0,05$ , \*\*:  $p < 0,01$ , \*\*\*:  $p < 0,001$ ).

Gebiet	N	r	$\rho$	$\tau$
Gesamt	82	0,61***	0,67***	0,53***
Mittlerer Lech	24	0,91***	0,86***	0,75***
Werdenfelser Land	23	0,63**	0,64**	0,49***
Südlicher Frankenjura	30	0,34	0,51*	0,39**
Sonstige	5	0,96*	1,0*	1,0*



**Abb. 4.** Grafische Darstellung der Nahrungsbreite  $B$  über dem Gewichteten Mittel der Beutetierbiomasse  $GM$  sowie den Individuenanteilen ausgewählter Arten ( $p_{\text{ind}}$ ) der drei Teilgebiete Bayerns. – Graphical illustration of prey diversity  $B$  and weighted mean of prey biomass  $GM$  as well as a selection of species with their proportion as individuals ( $p_{\text{ind}}$ ) in the three bavarian subareas. For scientific names of prey species see appendix.

Lech mit  $cv = 0,44$ , die maximale im Südlichen Frankenjura mit  $cv = 0,58$ .

Werden die beiden Parameter Nahrungsbreite  $B$  und  $GM$  miteinander korreliert, so ergibt sich sowohl für das Gesamtmaterial aus Bayern ( $r = 0,61$ ;  $g = 0,69$ ;  $\tau = 0,53$ ;  $p < 0,001$ ;  $N = 82$ ; Abb. 3) als auch für die einzelnen Großregionen (Tab. 2, Abb. 4) ein signifikant positiver Zusammenhang. Die fehlende Signifikanz für die Korrelation nach Pearson im Großgebiet Südlicher Frankenjura (Tab. 2) ist durch zwei Wertepaare bedingt, welche trotz geringer Nahrungsbreite  $B$  hohe Werte für  $GM$  aufweisen. Beide Aufsammlungen lassen sich durch einen Box-Whisker-Plot hinsichtlich  $GM$  als Ausreißer (größer 1,5-facher Interquartilabstand) identifizieren. Nach Entfernen dieser Werte würde sich auch hier ein signifikanter Zusammenhang nachweisen lassen. Bei den verwendeten Rangkorrelationskoeffizienten  $r$  und  $\tau$  zeigt sich für sämtliche Korrelationen ein signifikant positiver Zusammenhang (Tab. 2).

Demnach besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der jeweils hauptsächlich genutzten Beutetiergröße und der Spezialisierung im Nahrungsspektrum. Je größer die erbeuteten

Arten durchschnittlich werden, desto höher fallen die Werte für die Nahrungsbreite  $B$  aus, d. h. umso generalistischer wird der Uhu bei der Nahrungswahl. Nimmt die Größe der Beutetiere im Nahrungsspektrum hingegen ab, so lässt sich eine deutliche Spezialisierung des Uhus während der Aufzuchtzeit beobachten.

Diese Abhängigkeit der Nahrungsspezialisierung von der jeweils hauptsächlich genutzten Beutetiergröße spiegelt sich auch in den Beziehungen zwischen den prozentualen Individuenanteilen ausgewählter Beutetiere und dem für das jeweilige Nahrungsspektrum ermittelten Wert der Nahrungsbreite  $B$  wider (Abb. 4).

Wird die Feldmaus *Microtus arvalis* betrachtet, so ergeben sich für den Zusammenhang zwischen den prozentualen Individuenanteilen dieser Art und den zugehörigen Werten für die Nahrungsbreite  $B$  in allen drei Teilgebieten (Mittlerer Lech, Werdenfelser Land und Südlicher Frankenjura) höchst signifikante ( $p < 0,001$ ), negative Korrelationen (Abb. 4, Tab. 3). Bei ansteigendem Anteil an Feldmäusen im Nahrungsspektrum des Uhus ist also eine zunehmende Spezialisierung (abnehmende  $B$ -Werte) zu beobachten.

Tab. 3. Ergebnisse der Korrelationsanalysen nach Pearson ( $r$ ), Spearman ( $g$ ) und Kendall ( $\tau$ ) zwischen der Nahrungsbreite  $B$  und dem Individuenanteil einzelner Beutetiere (angegeben sind nur signifikante Zusammenhänge; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ ). – Results of correlation analyses after Pearson ( $r$ ), Spearman ( $g$ ) and Kendall ( $\tau$ ) between prey diversity  $B$  and proportion of individuals (only significant correlations are depicted, \*,  $p < 0,05$ , \*\*,  $p < 0,01$ , \*\*\*,  $p < 0,001$ ). For scientific names of prey species see appendix.

Teilgebiet	Art	N	r	Art	N	g	Art	N	$\tau$
Mittlerer Lech	Blässhuhn	23	0,83***	Blässhuhn	23	0,84***	Feldmaus	23	-0,66***
	Feldmaus	23	-0,72***	Feldmaus	23	-0,82***	Blässhuhn	23	0,63***
	Eichhörnchen	17	0,74***	Amsel	12	0,80**	Schermaus	23	-0,45**
	Bisam	5	0,99***	Rabenkrähe	20	0,60**	Amsel	12	0,61**
	Kleinvogel sp.	8	0,88**	Schermaus	23	-0,54**	Rabenkrähe	20	0,43**
	Schermaus	23	-0,53**	Eichhörnchen	17	0,51*			
	Singdrossel	11	0,65*						
	Haubentaucher	9	0,71*						
	Mäusebussard	22	0,45*						
	Reiherente	11	0,61*						
	Amsel	12	0,58*						
	Werdenfelser Land	Stockente	13	0,82***	Stockente	13	0,96***	Stockente	13
Feldmaus		17	-0,72**	Feldmaus	17	-0,78***	Feldmaus	17	-0,60***
Rabenkrähe		14	0,66**	Rabenkrähe	14	0,75**	Rabenkrähe	14	0,56**
Waldkauz		15	0,53*	Waldkauz	15	0,58*	Waldkauz	15	0,43*
Schermaus		20	-0,45*	Eichhörnchen	16	0,50*	Waldohreule	14	0,43*
				Waldohreule	14	0,54*	Eichhörnchen	16	0,38*
Südlicher Frankenjura	Feldmaus	26	-0,91***	Feldmaus	26	-0,89***	Feldmaus	26	-0,74***
	Feldhase juv.	16	0,67**	Feldhase juv.	16	0,68**	Feldhase juv.	16	0,49**
	Wanderratte	19	0,51*	Eichhörnchen	9	0,75*	Eichhörnchen	9	0,56*
	Eichhörnchen	9	0,69*						
Sonstige	Rabenkrähe	3	1,0*						
	Stockente	3	1,0*						

Auch für die Schermaus *Aroicola terrestris* zeigt sich zumindest für die Teilgebiete Mittlerer Lech und Werdenfelser Land eine signifikant negative Abhängigkeit der beiden gegenübergestellten Parameter B und  $p_{\text{ind}}$ . Dies unterstützt das Bild einer zunehmenden Spezialisierung des Uhus bei einer Mehrnutzung an kleinen Säugetier-Arten (Tab. 3).

Für größere Beutetiere zeigen sich dagegen entgegengesetzte Zusammenhänge. Im Teilgebiet Mittlerer Lech lässt sich trotz der relativen Gewässernähe und einem überdurchschnittlichen Angebot an Wasservögeln keine negative, sondern eine positive Abhängigkeit zwischen der Nahrungsbreite und den prozentualen Individuenanteilen einiger Arten nachweisen (z. B. Blässhuhn *Fulica atra*, Abb. 4, Tab. 3). Dieser für alle drei verwendeten Korrelationsverfahren höchst signifikante Zusammenhang ( $p < 0,001$ ;  $N = 23$ ) zeigt für zunehmende Anteile an Blässhühnern im Gesamtspektrum eine deutliche Zunahme des Nahrungsgeneralismus bei fütternden Uhus in diesem Teilbereich Bayerns.

Ein sehr ähnliches Bild ergibt sich für die Großregion Werdenfelser Land bezüglich der Stockente *Anas platyrhynchos*, für deren Individuenanteile sich ebenfalls für alle Korrelationsanalysen höchst signifikante ( $p < 0,001$ ;  $N = 13$ ) positive Zusammenhänge ergeben (Abb. 4, Tab. 3).

Auch im Teilgebiet Südlicher Frankenjura lässt sich für die „großen“ Arten eine derartige positive Korrelation zwischen dem Spezialisierungsgrad und den jeweiligen Individuenanteilen der Beutetiere nachweisen. So zeigt sich hier sowohl unter Verwendung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson, als auch für die Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman und Kendall im Hinblick auf juvenile Feldhasen *Lepus europaeus* eine hoch signifikante ( $p < 0,01$ ;  $N = 16$ ) positive Abhängigkeit.

**Unterschiede innerhalb Bayerns.** Um Unterschiede der Beuteaufsammlungen zwischen den Teilgebieten in Bayern herauszuarbeiten und deren Ursachen zu ergründen, fanden unterschiedliche Verfahren der Clusteranalyse Anwendung (s. o.). Anschließend wurden statistisch abgesicherte Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern mithilfe weiterer Testverfahren herausgestellt.

Für die drei verwendeten Clusteralgorithmen und die zu Grunde gelegten Ähnlichkeits-

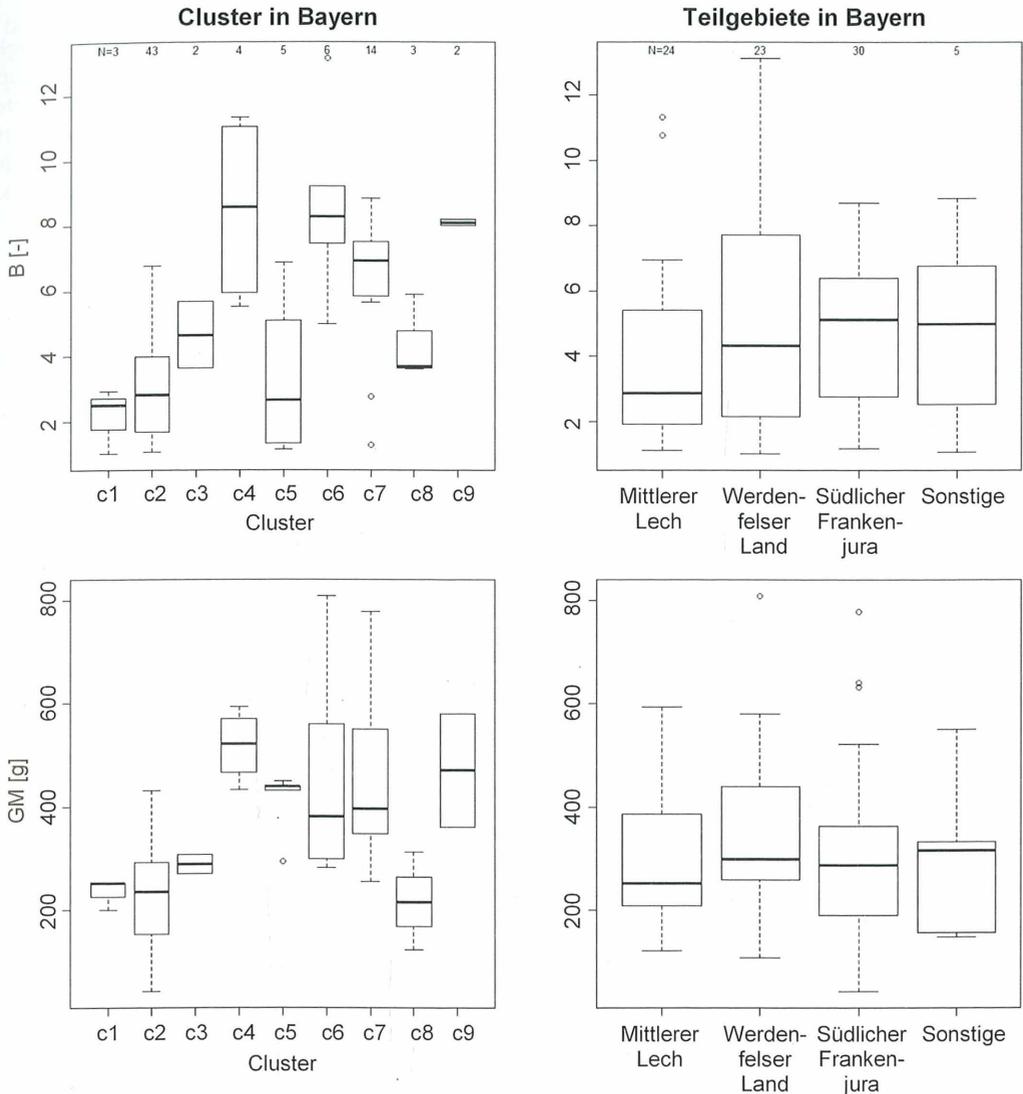
bzw. Distanzmaße sowie unter der Annahme einer Unabhängigkeit der untersuchten Stichproben (s. o.) ergaben sich unter Berücksichtigung einer aussagekräftigen Anzahl an Clustern 9 (Bray-Curtis, group average), 13 (Euklidische Distanz, Wards-Methode) bzw. 14 (Sørensen, group average) Gruppen an Nahrungsaufsammlungen. Diese nach McCune et al. (2002) aussagekräftigste Anzahl an Clustern war die Grundlage für sämtliche Tests im Hinblick auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern, deren Ergebnisse nachfolgend dargestellt werden.

Aus der Kontingenzanalyse bezüglich räumlich bedingter Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern ergab sich für alle drei Gruppierungsverfahren (Clusteralgorithmen) eine signifikante Abhängigkeit ( $p < 0,05$ ) der jeweiligen Cluster von den Teilgebieten. Hier lieferte die Methode group average auf Grundlage der Sørensen-Ähnlichkeit das signifikanteste Ergebnis (korrigierter Kontingenzkoeffizient  $C_{\text{kor}} = 0,87$ ;  $p = 1,7 \cdot 10^{-8}$ ;  $N = 82$ ).

Für die Wards-Methode, basierend auf der Euklidischen Distanz zeigte sich dagegen der geringste Zusammenhang zwischen jeweiligem Cluster und Teilgebiet ( $C_{\text{kor}} = 0,73$ ;  $p = 0,03$ ).

Ein sehr ähnliches Bild zeigt sich für die Kontingenzanalyse in Bezug auf zeitlich bedingte Unterschiede. Für Zeitintervalle von 6 Jahren (berechnet nach der Faustregel von Sturges zur geeigneten Wahl der Klassenbreite) lässt sich für alle drei Clusterverfahren eine signifikante Abhängigkeit nachweisen. Die höchste Signifikanz ergab sich für das group average-Verfahren im Zusammenhang mit dem Bray-Curtis-Koeffizienten ( $C_{\text{kor}} = 0,75$ ;  $p = 5,2 \cdot 10^{-5}$ ), die geringste für die Wards-Methode zusammen mit der Euklidischen Distanz ( $C_{\text{kor}} = 0,72$ ;  $p = 0,046$ ). So spielen neben den räumlichen Unterschieden, welche sich über die hier angewandten Verfahren für die Großregionen innerhalb Bayerns nachweisen ließen, auch zeitlich bedingte Unterschiede eine deutliche Rolle im Hinblick auf die Nahrungswahl des Uhus während der Jungenaufzucht.

Auch die Ergebnisse aus der non-parametrischen ANOVA im Zusammenhang mit den nachgestellten multiplen Mittelwertvergleichen zeigen signifikante Unterschiede zwischen den verglichenen Clustern. So ergeben sich für alle drei vorgestellten Cluster-Verfahren sowohl im Hinblick auf die Nahrungsbreite B und das ge-



**Abb. 5.** Box-Whisker-Plots der Nahrungsbreite B und des Gewichteten Mittels GM. Clusteranalyse (links, Clusteralgorithmus: group average, Ähnlichkeitsmaß: Bray-Curtis-Koeffizient) und geografische Teilgebiete (rechts) (Box: Median, unteres und oberes Quartil; Länge Whiskers: 1,5 facher Interquartilabstand). – *Box whisker plots of prey diversity B and weighted mean of prey biomass GM. Cluster analysis (on the left, clusteralgorithm: group average, distance measure: Bray-Curtis-coefficient) and geographical subareas (on the right) (Box: median, lower and upper quartile; length of whiskers: 1.5 interquartile range).*

wichtete Mittel der Beutetierbiomasse GM als auch für die prozentualen Anteile der Kleinnager (Wühlmäuse und Ratten) am Gesamtspektrum zwischen den einzelnen Clustern höchst signifikante ( $p < 0,001$ ) Unterschiede. Diese sind bei einer rein räumlichen Gruppierung der Aufsammlungen in die Teilgebiete nicht zu erkennen (Abb. 5).

Sowohl für die Nahrungsbreite B als auch für das Gewichtete Mittel GM zeigen sich für die Cluster der Wards-Methode auf Grundlage der Euklidischen Distanz die signifikantesten Ergebnisse (B:  $H = 49,6$  mit  $p = 1,7 \cdot 10^{-6}$ ; GM:  $H = 53,7$  mit  $p = 3,1 \cdot 10^{-7}$ ).

Auf Basis der prozentualen Anteile an Kleinnagern ergibt sich für das group average-Ver-

fahren mit der Bray-Curtis-Unähnlichkeit das signifikanteste Ergebnis ( $H = 50,1$ ,  $p = 4,0 \cdot 10^{-8}$ ). Die geringsten Signifikanzen zeigen sich für alle drei Parameter (B, GM und Anteil der Kleinnager) für den group average-Algorithmus basierend auf der Sørensen-Ähnlichkeit, wobei sich auch hier höchst signifikante ( $p < 0,001$ ) Unterschiede ergeben. Wie bei den Kontingenzanalysen lässt sich auch hier erkennen, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen nicht nur durch eine räumliche Trennung begründet sind (Abb. 5).

Bei den anschließend durchgeführten multiplen Mittelwertvergleichen in Form des Tukey HSD-Tests zeigt sich für die Methode group average/Bray-Curtis besonders die Gruppe c2 als von den meisten anderen Clustern signifikant unterschiedlich. Bei der vorangestellten Indicator Species Analyse ergibt sich genau für dieses Cluster die Feldmaus *Microtus arvalis* als einzige, signifikante Indikatorart (Tab. 4). Im Allgemeinen lässt sich hier ein Zusammenhang zwischen Größe und Anzahl der signifikanten Indikatorarten und der Verteilung der Werte für die Nahrungsbreite B bzw. GM erkennen (Tab.

4, Abb. 5). Während für das Cluster c4 mit relativ hohen Werten für B/GM insgesamt 6 hauptsächlich größere, signifikante Indikatorarten nachgewiesen werden konnten, ergibt sich für Cluster c2 mit relativ niedrigen B/GM-Werten lediglich die Feldmaus als signifikante Indikatorart.

## Diskussion

### Nahrungsbreite und genutzte Beutetiergröße.

Ein Großteil der hier vorgestellten Ergebnisse und Schlussfolgerungen basiert auf zwei Parametern: Der Nahrungsbreite B und dem gewichteten Mittel der Beutetierbiomasse GM.

Bei der nach Levins (1968) berechneten Nahrungsbreite B handelt es sich um ein Diversitätsmaß, mit dessen Hilfe sich relativ einfach der Spezialisierungsgrad bezüglich der Nahrungswahl quantifizieren lässt. Dies ist ein Grund dafür, dass dieser Index bereits von zahlreichen anderen Autoren bei Studien zur Nahrungsökologie von Greifvögeln Anwendung fand (z. B. Steinadler *Aquila chrysaetos*, Prärie-

**Tab. 4.** Indikatorarten der einzelnen Cluster aus der Indicator Species Analyse (Clusteralgorithmus: group average; Ähnlichkeitsmaß: Bray-Curtis-Koeffizient; Anzahl betrachtete Cluster: 9; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ). – *Indicator species of individual clusters in the computed Indicator Species Analysis (clusteralgorithm: group average, distance measure: Bray-Curtis-coefficient, examined clusters: 9, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ ). For scientific names of prey species see appendix.*

Indikatorart	Cluster Nr.	Indikatorwert (IV)	mittleres B [-]	mittleres GM [g]
Schermaus	c1	0,61**		
Wasserralle	c1	0,49*		
Wühlmaus sp.	c1	0,46	2,1	235
Feldmaus	c2	0,45**	3,1	228
Siebenschläfer	c3	0,89**		
Waldmaus	c3	0,51*		
Spitzmaus sp.	c3	0,48*		
Braunbrustigel	c3	0,45*		
Singdrossel	c3	0,41*	4,7	290
Haubentaucher	c4	0,67*		
Ratte sp.	c4	0,63*		
Mäusebussard	c4	0,60**		
Ente sp.	c4	0,48*		
Rötelmaus	c4	0,47**		
Blässhuhn	c4	0,38*	8,5	518
Wanderratte	c5	0,69**	3,4	411
Schleiereule	c8	0,76**		
Rotdrossel	c8	0,44*	4,4	217
Krickente	c9	0,86**		
Lachmöwe	c9	0,84**	8,1	471

falke *Falco mexicanus*, Rotschwanzbussard *Buteo jamaicensis* und Königsbussard *Buteo regalis* in Steenhof & Kochert 1985, 1988; Seeadler *Haliaeetus albicilla* und Steinadler *Aquila chrysaetos* in Watson et al. 1992; Steinadler *Aquila chrysaetos* in Whitfield et al. 2009). Im Gegensatz zu anderen Diversitätsmaßen wie dem Shannon-Weaver-Index, bei welchem besonders selten genutzte Beutetiere ins Gewicht fallen, betont die Nahrungsbreite nach Levins vor allem abundante Beutetiere oder Beutetiergruppen (Krebs 1989, Whitfield et al. 2009).

Auf den zweiten Parameter, das gewichtete Mittel der Beutetierbiomasse GM, wird in der einschlägigen Literatur dahingegen wesentlich weniger häufig verwiesen (z. B. Sulkava et al. 1999). Im Gegensatz zum arithmetischen Mittel bildet das gewichtete Mittel die tatsächliche Situation bezüglich der erbeuteten Biomasse wesentlich besser ab und erlaubt hierbei in Form eines Zahlenwertes einen Rückschluss auf die jeweils bevorzugte mittlere Beutetiergröße.

Nicht nur aus den einzelnen Parametern, sondern auch aus deren Zusammenhang wurden Schlussfolgerungen auf das Nahrungsverhalten nistender Uhus in Bayern gezogen. Ein rein analytischer Zusammenhang der beiden Parameter B und GM, wie er sich bei einer allein durch die verwendeten Variablen in den Berechnungsformeln bedingten Abhängigkeit der beiden korrelierten Faktoren ergeben würde, ist hierbei nicht erkennbar. Die beschriebene Beziehung zwischen B und GM wurde beispielsweise auch an Nahrungsanalysen des Steinadlers für den Werdenfeler Raum getestet (Schweiger unpubl.). Im Gegensatz zu den deutlich positiven Korrelationen, welche sich für die ausgewerteten Nahrungsaufsammlungen des Uhus ergaben, zeigte sich im Hinblick auf die Nahrungsnutzung nistender Steinadler ein relativ deutlicher, negativer Zusammenhang der beiden gegenübergestellten Parameter. Wenn ein Scheinzusammenhang zwischen den beiden Parametern B und GM bestünde, wie er sich beispielsweise ergibt, wenn in zwei gegenübergestellten, berechneten Größen jeweils die gleiche Variable verrechnet wird, müssten sich hier ähnliche Ergebnisse wie bei der Auswertung der Uhubeutelisten zeigen. Auch bei einer Korrelation der beiden Parameter basierend auf Computer-generierten Zufallszahlen (mittels MS Excel) für die jeweiligen Individuenanteile der Beutetiere wird die analytische Unabhän-

gigkeit beider Parameter bestätigt. Für diese rein künstlich erzeugten Daten zeigte sich keinerlei statistisch abgesicherter Zusammenhang zwischen der Nahrungsbreite B und dem gewichteten Mittel GM.

Mit den erhaltenen Ergebnissen wird gezeigt, dass ein zunehmendes mittleres Gewicht der Beuteaufsammlungen zu einer höheren Nahrungsbreite (größere Diversität des Beutespektrums) führt.

Im Detail ist zu erkennen, dass die Nahrungsbreite B v. a. mit zunehmenden Anteilen der Feldmaus, aber auch der Schermaus, abnimmt, was eine erhöhte Spezialisierung des Uhus bedeutet. Dieser Zusammenhang lässt den Schluss zu, dass die Wühlmäuse, wenn sie in ausreichender Anzahl vorhanden sind, vom Uhu als Nahrung bevorzugt werden. Gegenätzlich ist die häufige Annahme, dass der Uhu während der Brut- und Aufzuchtzeit vor allem große Beutetiere bevorzugt und ein hoher Anteil an kleinen Beutetieren auf schlechte Reviere schließen lässt (vgl. Görner & Knobloch 1978, Knobloch 1979, Piechocki 1985, Donázar 1987).

Widerlegt werden diese weitläufigen Vermutungen allerdings auch von Marchesi et al. (2002) für eine Uhupopulation aus den intensiv landwirtschaftlich geprägten Voralpenbereichen der zentral-östlichen Italienischen Alpen. Ebenso wie in der hier vorliegenden Untersuchung wird das Nahrungsspektrum der dort ansässigen Uhus deutlich von Kleinnagern, in diesem Fall von Wanderratten *Rattus norvegicus* geprägt, welche in diesen stark anthropogen geprägten Bereichen nach den Autoren eine leicht verfügbare Nahrungsquelle darstellen. Ein Rückgang der Anteile dieses dominierenden Beutetiers im Nahrungsspektrum der Uhus konnte hierbei mit einer Ausweitung des Beutespektrums und einem niedrigeren Bruterfolg in Verbindung gebracht werden. Die Spezialisierung auf leicht zu erbeutende, im näheren Umfeld häufige Arten im Zusammenhang mit einem breiter werdenden Nahrungsspektrum bei rückläufiger Verfügbarkeit dieser hauptsächlich genutzten Beutetiere bestätigt nach den Autoren die Optimal Foraging Theorie von Stephens & Krebs (1986). Gerade die hohe Verfügbarkeit an leicht zu erbeutenden Kleinsäugetern im nahen Umfeld des Brutplatzes lässt diese gerade während der Aufzuchtzeit bzw. in Gradationsjahren der Beutetiere (Wühlmäuse) im Bezug auf den Energiebedarf der adulten und juveni-

len Uhus als attraktive Beute erscheinen (Central Place Foraging Theorie, vgl. Stephens & Krebs 1986). Um den Gesamtenergiebedarf der Uhu-Familie auch bei abnehmender Nahrungsverfügbarkeit im nahen Umfeld des Brutplatzes weiterhin decken zu können, muss mit zunehmender Distanz vom Brutplatz (Central Place) auch notgedrungen die Größe (Biomasse) der Beutetiere zunehmen („encounter at a distance“-Modell von Schoener 1979). Die Nutzung ertragreicher Jagdhabitats im nahen Umfeld des Brutplatzes wird hierbei beispielsweise von Penterniani et al. (2001) für eine mediterrane Uhu-Population beschrieben.

Anonym (1980) schreibt, dass nach Untersuchungen von Frey der Uhu Beute mit der Größe von 300 bis 500 g bevorzugt. Allerdings gibt es auch eine Vielzahl von Quellen, die beschreiben, dass der Uhu ein eifriger Mäusejäger ist (z. B. Uttendörfer in Piechocki 1985) oder in anderen Gebieten bevorzugt Hamster jagt (König & Haensel 1968). Dalbeck (2005) vermutet einen positiven Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit von Feldmäusen und der Fitness der Uhu-Jungvögel. Es wird aber auch die Relevanz des Braunbrüstigels (Bezzel & Wildner 1970) und juveniler Feldhasen (Frey & Walter 1977) als Beute des Uhus betont.

Bei der hier vorliegenden Untersuchung liegen die mittleren Gewichte im Großteil unter 400 g und reichen auch weit unter 200 g (Abb. 3 u. 4). Wenn Beute mit einer Größe um 400 g bevorzugt würde, sollten die Reviere mit niedrigem mittlerem Beutegewicht schlechte Brutreviere sein. Hierfür ergaben sich allerdings keine Anhaltspunkte. Basierend auf den von einigen Revieren verfügbaren Daten zur Anzahl an flüggen Jungvögeln (vgl. von Lossow 2010) konnte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl an flüggen Jungvögeln und dem mittleren Gewicht GM festgestellt werden. Allerdings ist ein derart starker, direkter Zusammenhang zwischen der Nahrungswahl und dem Reproduktionserfolg des Uhus wohl auch eher unwahrscheinlich, da die Fitness der Adultvögel und somit die Anzahl der Jungvögel multikausal ist, also zusätzlich noch von weiteren Faktoren abhängt. Hier wäre eher eine Korrelation zwischen der Beutetiergröße und der Fitness (Wachstum) der Jungvögel zu erwarten. Ein derartiger Zusammenhang konnte aber in den Untersuchungsgebieten auf Grund der fehlenden Daten zur Jungvogelfitness nicht überprüft werden.

Auf Grundlage der verfügbaren Daten und der hier vorliegenden Ergebnisse lässt sich somit keine Benachteiligung des Uhus hinsichtlich seines Reproduktionserfolges in Revieren mit hohen Beuteindividuenanteilen an Wühlmäusen erkennen. Deshalb stellen Reviere mit hohen Beuteindividuenanteilen an Wühlmäusen in den hier untersuchten Teilgebieten keine potenziell schlechten Brutreviere dar.

Dennoch bilden die Wühlmäuse meist einen geringeren Anteil an der Gesamtbiomasse der Beute, größere Beutetiere dagegen einen höheren (Abb. 1). Ein möglicher Grund dafür ist, dass kurz vor dem Selbständigwerden der Jungvögel viel Beutebiomasse benötigt wird. Es ist dann für die Altvögel zeitlich kaum möglich, so viele Wühlmäuse zu fangen, dass der Nahrungsbedarf der ganzen Familie gedeckt werden kann. In dieser Phase der Jungenaufzucht spielt das Vorkommen größerer Beutetiere (wie z. B. Blässhühner) wohl eine sehr wichtige Rolle. Inwieweit Gradationsjahre einzelner Beutetiere eine Rolle spielen, konnte nicht untersucht werden, da die Zeitreihen derselben Uhu-Reviers zu kurz sind um belastbare Aussagen treffen zu können. Es ist aber nicht auszuschließen, dass in Gradationsjahren die Biomasseanteile der Wühlmäuse erhöht sind.

Dass die Wühlmäuse für den Uhu in Bayern eine wichtige Rolle spielen, ist zum einen auf ihre weite Verbreitung und teilweise hohe Siedlungsdichte in Bayern (Kraft 2008) zurückzuführen. Darüber hinaus sind die Wühlmäuse sehr reproduktionsstark und erreichen vor allem in Gradationsjahren hohe Siedlungsdichten (Niethammer & Krapp 1978). Aufgrund ihrer weiten Verbreitung in Offenlandschaften sind sie leicht als Beute erreichbar und durch die kurzen Generationszeiten (Niethammer & Krapp 1978) werden Verluste durch Prädation schnell wieder ausgeglichen. Die Wühlmäuse sind also längerfristig und nachhaltig als Beutetiere verfügbar. Größere Beutetiere wie Igel oder Blässhuhn vermehren sich dagegen weit weniger schnell. Werden im Frühling viele geschlechtsreife Tiere erbeutet, fehlt im Verlauf des Frühjahrs und Sommers diese Nahrungsgrundlage. Möglicherweise steigt der Uhu erst auf große Beutetiere um, wenn viel Biomasse zur Ernährung der fast ausgewachsenen Jungvögel benötigt wird, die mit der bevorzugten Beute, nämlich Wühlmäuse, nicht mehr gedeckt werden kann.

Überwinternde Blässhühner und andere Wasservögel können während der Wintermonate eine Ersatzbeute für die Kleinsäuger darstellen, die z. B. aufgrund einer geschlossenen Schneedecke während dieser Jahreszeit nicht verfügbar sind. Vor allem am Mittleren Lech, wo der Gewässeranteil von den drei betrachteten Teilgebieten am größten ist, können fast alle Brutpaare auf diese Nahrung ausweichen. Dies könnte ein Grund für die frühen Bruten am Mittleren Lech sein (vgl. von Lossow 2010). Nur bei guter körperlicher Kondition, die wesentlich von der Nahrungsverfügbarkeit abhängt, ist ein früher Brutbeginn energetisch zu bewältigen und damit sinnvoll. Gerade die gute Ernährungssituation während der Wintermonate zusammen mit einer leichten Verfügbarkeit von Wühlmäusen während der frühen Phasen der Jungenaufzucht und ein ausreichendes Angebot an ergänzenden, größeren Beutetieren bedingt wohl die hohen Reproduktionsraten dieser Population.

Von einigen Autoren (Görner & Knobloch 1978, Knobloch 1979, Donazar 1987) wird angenommen, dass kleine Tiere nicht die bevorzugte Uhubaute sind. Dabei ist der Uhumagen bereits nach einer Menge von ca. 130 g frischer Nahrung voll gefüllt, der Tagesbedarf eines Uhus beträgt ca. 230 g (Herrlinger 1971). Das heißt, dass Beutetiere über einem Gewicht von 130 g bei einer Mahlzeit nicht vollständig verzehrt werden können. Der Uhu hat aber die Möglichkeit, nur bevorzugte Körperteile zu verzehren oder Beutereste für ein späteres Mahl zu deponieren. Jungvögel benötigen je nach Alter kleinere Portionen. Möglicherweise sind Wühlmäuse in den frühen Juvenilstadien des Uhus die bevorzugten Beutetiere, da sie am Stück verfüttert und in gewissen Zeitabständen frisch angeboten werden können.

Im hier vorliegenden Fall ergab sich zwischen der Anzahl der flüggen Jungvögel und der Nahrungsbreite  $B$  kein statistisch abgesicherter Zusammenhang. Neben dem Nahrungsangebot hängt der Bruterfolg noch von vielen weiteren Faktoren ab. Zum einen spielen die Fitness und die Erfahrung der Altvögel eine Rolle. Vögel in guter körperlicher Verfassung können mehr Eier produzieren und diese zuverlässiger bebrüten. Haben die Altvögel bereits Erfahrung mit der Brut und der Jungenaufzucht, gelingt diese in den darauf folgenden Jahren unter gleichen Randbedingungen wohl

mit größerem Erfolg. Auch die Lage des Brutplatzes spielt eine große Rolle. Liegt dieser zu exponiert, können Jungvögel extremen Witterungsverhältnissen zum Opfer fallen. Es kann zu Verlusten durch Unterkühlung während nasskalter Wetterphasen kommen, oder große Hitze den Jungvögeln schaden. Aber auch Prädation durch andere Räuber kann die Anzahl der Jungvögel dezimieren. Zudem mindern häufige Störungen am Brutplatz, sei es durch Mensch oder Tier, den Bruterfolg. Eine Monokausalität für schlechte Bruterfolge ist nur in den seltensten Fällen gegeben.

Ein Maß für die Verteilung der Biomasse in der Landschaft stellt die Biomassedichte (Biomasse der Beutetierpopulation pro Flächeneinheit) dar. Sie ist das Produkt der Siedlungsdichte (vgl. Niethammer & Krapp 1978, Bezzel et al. 2005) der Hauptbeutetiere mit ihrem durchschnittlichen Gewicht. Die Feldmaus kommt innerhalb Mitteleuropas hiernach in geeigneten Habitaten mit durchschnittlich 3,6 bis 90 kg/ha (geringe bis hohe Siedlungsdichte), die Schermaus mit 0,33 bis 59 kg/ha vor. In absteigender Biomassedichte finden sich Igel, Blässhuhn und Ringeltaube in der Landschaft (alle  $< 0,5$  kg/ha bei hoher Siedlungsdichte). Für die Wanderratte konnten keine geeigneten Daten zur Siedlungsdichte ermittelt werden. Die Biomassedichte der Feld- und Schermaus ist demnach weitaus größer als die der anderen Hauptbeutetiere. Der Uhu als opportunistischer Jäger nutzt diese in Bayern aus. Auch Thiollay (1969) nennt den Uhu einen völligen Opportunisten, der sich hinsichtlich seines Beuteerwerbs an die häufigste und vorteilhafteste Säuger- oder Vogelart anpasst. Hohe Individuenanteile von Feldmäusen in der Nahrung (vgl. Abb. 4) sind vermutlich ein Spiegelbild für die Verfügbarkeit der Feldmaus als Beute. Da vor allem auch im Teilgebiet Mittlerer Lech, mit bayernweit hohen und stabilen Fortpflanzungserfolgen (von Lossow 2010), als Beute hohe Feldmausindividuenanteile festgestellt wurden, kann die Aussage, dass kleine Beutetiere nur in schlechten Revieren in den Beutelisten dominieren (vgl. Donazar 1987), in den hier untersuchten Gebieten Bayerns nicht bestätigt werden.

Ein naher Verwandter des Uhus, die Schneeeule *Bubo scandiaca* ernährt sich zur Brutzeit vorwiegend und in Gradationsjahren fast ausschließlich von Wühlmäusen (Glutz von Blotzheim 1966). Auch andere größere Prädatoren,

wie z. B. Rotfuchs und Wildkatze nutzen bevorzugt Wühlmäuse (Niethammer & Krapp 1978). Es ist in Mittel- und Nordeuropa also keine Ausnahme, sondern eher die Regel, dass sich größere Räuber auch von sehr kleinen Beutetieren ernähren und erfolgreich fortpflanzen können.

**Unterschiede innerhalb Bayerns.** Wie aus den Clusteranalysen zu erkennen ist, ergeben sich zwischen den einzelnen Teilregionen Mittlerer Lech, Werdenfelser Land und Südlicher Frankenjura deutliche regionale Unterschiede in der Nahrungszusammensetzung. Allerdings ist die geografische Lage nicht der einzige differenzierende Parameter. Eine ebenso bedeutsame Rolle scheint der Faktor Zeit zu spielen. Zwar lässt sich für relativ kurzfristige Veränderungen, wie sie sich etwa von Jahr zu Jahr vollziehen im Rahmen der durchgeführten Cluster- und Kontingenzanalysen nahezu kein signifikanter Einfluss auf das Beutespektrum der Uhus während der Jungenaufzucht nachweisen, für mehrjährige Perioden (Intervalle von 6 Jahren) zeigen sich aber durchwegs signifikante Abhängigkeiten. Inwieweit die Veränderung der Landnutzung und die daraus resultierende Verschiebung der Fauna über die Jahre hinweg einen Einfluss auf die Nahrungszusammensetzung hat, konnte hier nicht näher untersucht werden. Da derartige Zusammenhänge zwischen einer anthropogen bedingten Veränderung der Beutetierverfügbarkeit und den entsprechenden Anteilen der jeweiligen Art im Beutespektrum des Uhus für die Feldmaus bereits von Dalbeck (2005) in der Eifel als Faktum betrachtet werden, spielt dies wohl auch im vorliegenden Fall eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Bekräftigt wird diese Vermutung durch die Veränderung der Nahrungsnutzung über einen längerfristigen Zeitraum (6 Jahre), welcher sich nicht allein durch natürliche Populationsschwankungen der Feldmaus erklären lässt.

Nach Kraft (2008) fluktuieren die Populationsdichten der Feldmaus in Zyklen von 3 bis 5 Jahren. Er zeigt einen Einfluss dieser Bestandsschwankungen auf das Nahrungsverhalten von Eulen anhand der relativen Anteile dieses Kleinsäugers in Gewöllen der Schleiereule. Es ist davon auszugehen, dass ein ähnlicher Einfluss auf das Nahrungsspektrum des Uhus, zumindest während der Jungenaufzucht, besteht.

Eine Schlüsselrolle der Feldmaus bei der Nahrungswahl nistender Uhus in Bayern bestätigt sich auch bei der Ermittlung der signifikanten Indikator-Arten nach Dufrêne & Legendre (1997) im Rahmen der durchgeführten Clusteranalysen. Die Feldmaus tritt gerade im Cluster c2 als alleinige, signifikante Indikatorart auf, in welchem die Werte für die Nahrungsbreite B relativ eng auf niedrigem Niveau streuen (vgl. Abb. 5 u. Tab. 4), die hier zusammengefassten Nahrungsaufsammlungen also einen hohen Grad an Spezialisierung zeigen. Im Gegensatz dazu ergeben sich für das Cluster c4, für welches die B-Werte wesentlich breiter auf hohem Niveau streuen, eine ganze Reihe an signifikanten Indikatorarten mit deutlich größerem Körpergewicht (vgl. Tab. 4).

So bestätigt sich auch hier die bedeutende Rolle der Feldmaus als Uhubaute, welche nach Dalbeck (2005) die dominierende Säugetierart in unserer mitteleuropäischen Agrarlandschaft darstellt und im Gegensatz zu anderen Beutetieren, wie beispielsweise Kaninchen, Ratte oder Igel großflächig in hohen Siedlungsdichten verbreitet ist. Es ist aber anzunehmen, dass in anderen Gebieten Europas, in denen die Wirbeltierfauna durch Tierarten mit größerem Gewicht dominiert wird (z. B. Wildkaninchen, vgl. Hiraldo et al. 1975), diese häufigen, größeren Arten bevorzugte Beute des Uhus sind.

**Gefährdung und Schutz der bayerischen Uhuspopulation.** Zum Schutz des Uhus in Bayern ist neben dem Schutz des Brutbereichs vor menschlichen Eingriffen und Störungen vor allem der Erhalt einer ausreichenden Nahrungsverfügbarkeit in der Kulturlandschaft wichtig. Es zeigt sich, dass der Uhu sehr anpassungsfähig ist, und kleine Beute, wenn diese in ausreichender Fülle vorhanden ist, nutzt und sogar bevorzugt (Abb. 4). Leditznig (2005) nennt drei Grundvoraussetzungen, um die Erfolgchancen für eine Uhubrut beurteilen zu können: (1) ausreichendes Nahrungsangebot, (2) der Energiegehalt der Nahrung muss ausreichen, um den Energiebedarf der Uhusfamilie zu decken und muss mit dem Energiebedarf beim Beuteerwerb im Einklang stehen (Optimal Foraging), (3) die Beute muss für den Uhu auch tatsächlich erreichbar sein. In strukturreicher Kulturlandschaft sollten alle drei Bedingungen erfüllt sein. Jedoch unterliegt die Kulturlandschaft in Bayern weiterhin nutzungsbedingten Änderungen.

Im Werdenfelser Land sind dem Uhu durch Nutzungsaufgabe und Aufforstung von Viehweiden Jagdgebiete verloren gegangen. Es ist möglich, dass deshalb die Nahrung für den Uhu in den Alpentälern nicht mehr ausreicht, um mit großem Erfolg Jungvögel aufzuziehen (vgl. Leditznig 2005, von Lossow 2010). Ähnliche Gründe für schlechte Reproduktionsraten (vgl. von Lossow 2010) zeigen sich im Südlichen Frankenjura. Magerbiotope sind verbuscht oder aufgeforstet worden und die landwirtschaftlichen Flächen werden großteils intensiv ackerbaulich genutzt.

Große Schläge mit Getreide und Maisanbau sind für den Uhu als Jagdhabitat nicht nutzbar, da die potentiellen Beutetiere im hohen Getreide für den Uhu als Beutegreifer schlecht jagdbar sind (Leditznig 2005). Im bayerischen Teilgebiet mit den besten Bruterfolgen, dem Mittleren Lech (von Lossow 2010), ist ein Großteil der Fläche intensiv grünlandwirtschaftlich bewirtschaftet. Diese Nutzung wird von Feldmäusen toleriert (Niethammer & Krapp 1978). Durch diese Art der Nutzung sind im Gebiet des Mittleren Lech immer partiell kurzrasige Flächen vorhanden, die Wühlmäusen wenig Schutz vor dem jagenden Uhu bieten.

Ist der Beutebedarf nicht mehr durch Wühlmäuse zu decken, kann der Uhu aufgrund seiner opportunistischen Lebensweise auf größere Beutetiere ausweichen. Sind größere Beutetiere nicht ausreichend verfügbar, dürften schlechte Bruterfolge die Folge sein.

Inwieweit sich die zunehmende Monotonisierung der Landschaft zusammen mit einem strukturellen Wandel in der Landnutzung auf die Entwicklung der größten europäischen Eule, den Uhu, ausgewirkt hat und auswirken wird, ist schwer fassbar. Leider sind selten Beutereste von mehreren Revieren über Jahrzehnte kontinuierlich aufgesammelt worden. Eine Auswertung einer solchen Datenreihe könnte detaillierte Fragestellungen zu zeitlichen Änderungen und Abhängigkeiten der Nahrungswahl des Uhus, auch im Hinblick auf die Änderung seiner Umwelt, beantworten.

Um negative Bestandsentwicklungen frühzeitig erkennen und deren Ursachen entgegenwirken zu können, sind auch zukünftig genaue Studien über den Uhu und seine Interaktion mit der belebten und unbelebten Umwelt unverzichtbar.

## Zusammenfassung

Ein ausreichendes Angebot an genügend großen Beutetieren wird bislang in zahlreichen Studien zur Nahrungsökologie des Uhus als einer der Schlüsselfaktoren für den Fortbestand einer erfolgreichen Population gesehen. Dahingegen gilt ein hoher Anteil an Kleintieren im Nahrungsspektrum der größten europäischen Eule als Anzeichen einer Mangelsituation, welche den Fortbestand in der jeweiligen Region gefährdet. Ein deutlich anderes Bild zeigt sich für die drei im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Teilpopulationen des Uhus in Bayern. Hier wurden Nahrungsaufsammlungen aus der Reproduktionsphase des Nachtgreifes im Zeitraum von insgesamt 33 Jahren (1976-2008) untersucht.

Basierend auf einer Quantifizierung der Nahrungsdiversität, der hauptsächlich genutzten Beutetiergröße bzw. der prozentualen Individuenanteile der jeweiligen Beutetiere im Nahrungsspektrum des Uhus während der Jungenaufzucht erfolgten sowohl uni- als auch multivariate, statistische Auswertungen. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse zeigen eine deutliche Präferenz der bayerischen Uhus für Wühlmäuse (*Arvicolinae*). So nimmt bei hohen Anteilen an Wühlmäusen die Diversität der Beutetiere ab, steigende Anteile größerer Beutetiere, z. B. Wassertropfenvogel, bedingen dahingegen eine höhere Beutetierdiversität.

Darüber hinaus ergeben sich im Vergleich innerhalb der bayerischen Uhupopulation neben deutlichen großregionalen Unterschieden in den Beutelisten auch zeitlich bedingte Differenzen und Änderungen, wie sie beispielsweise durch Landschaftswandel und Nutzungsänderungen bedingt sein können.

Im Allgemeinen nutzt der Uhu in Bayern während der Jungenaufzucht in großen Anteilen Kleinsäuger. Größere Beutetiere spielen vermutlich beim Ausfall von Wühlmäusen (z. B. Bestandseinbruch) und bei hohem Nahrungsbedarf am Ende der Jungenaufzucht eine bedeutende Rolle.

**Dank.** Großer Dank gilt dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und dem dort zuständigen Sachbearbeiter Günter von Lossow, für das Überlassen der in dieser Arbeit verwendeten Daten. Auch Markus Römhild möchten wir an dieser Stelle ganz besonders für die Zuwilligung zur Verwendung seiner Daten aus

dem Südlichen Frankenjura danken. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die vielen konstruktiven Anregungen danken wir ferner Günter von Lossow, Sebastian Olschewski und Dr. Thomas Rödl.

## Literatur

- Anonym (1980): Die Beute des lautlosen Jägers. *Jäger* 12: 44-47.
- Boye, P. (1981): Heimische Säugetiere. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg.
- Bezzel, E. & H. Schöpf (1986): Anmerkungen zur Bestandentwicklung des Uhu (*Bubo bubo*) in Bayern. *J. Ornithol.* 127: 217-228.
- Bezzel, E. & H. Wildner (1970): Zur Ernährung bayerischer Uhus (*Bubo bubo*). *Vogelwelt* 91: 191-198.
- Bezzel, E., J. Obst & K.-H. Wickl (1976): Zur Ernährung und Nahrungswahl des Uhus (*Bubo bubo*). *J. Ornithol.* 117: 210-238.
- Bezzel, E., I. Geiersberger, G. v. Lossow & R. Pfeifer (2005): Brutvögel in Bayern. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Dalbeck, L. (2005): Nahrung als limitierender Faktor für den Uhu *Bubo bubo* (L.) in der Eifel? *Ornithol. Anz.* 44: 99-112.
- Donazar, J. A. (1987): Geographic Variations in the Diet of Eagle Owls in Western Mediterranean Europe. In: *Biology and Conservation of Northern Forest Owls: Symposium Proceedings*, USDA Forest Service General Technical Report, RM 142: 220-223.
- Dufrêne, M. & P. Legendre (1997): Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67: 345-366.
- Frey, H. (1973): Zur Ökologie Niederösterreichischer Uhupopulationen. *Egretta* 16: 1-68.
- Frey, H. & W. Walter (1977): Zur Ernährung der Uhus *Bubo bubo* (Linnaeus 1758) an einem alpinen Brutplatz in den hohen Tauern (Salzburg, Österreich). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 1988/89: 91-99.
- Urs N. Glutz von Blotzheim (Hrsg. 1966ff): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bearb. u. a. von Kurt M. Bauer und Urs N. Glutz von Blotzheim. 17 Bände in 23 Teilen. Akadem. Verlagsges., Frankfurt/M. 1966ff., Aula-Verlag, Wiesbaden 1985ff. (2.Aufl.).
- Görner M. & H. Knobloch (1978): Zur Ernährungssituation des Uhus *Bubo bubo* in Thüringen. *Archive für Naturschutz und Landschaftsforschung* 18: 161-176.
- Goslee, S. C. & D. L. Urban (2007): The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. *Journal of Statistical Software* 22 (7): 1-19, URL <http://CRAN.R-project.org/package=ecodist>.
- Herrlinger, E. (1971): Die Wiedereinbürgerung des Uhus *Bubo bubo* in der Bundesrepublik Deutschland. *Bonner Zoologische Monographien* 4: 1-151.
- Hiraldo, F., J. Andrada & F. F. Parreño (1975): Diet of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) in the Mediterranean Spain. *Donana Acta Vertebr.* 2: 161-177.
- Knobloch, H. (1979): Zur Nahrungsökologie des Uhus im Bezirk Dresden. *Naturschutzarbeit und naturkundliche Heimatforschung im Land Sachsen* 21: 54-62.
- Köhler, W., G. Schachtel & P. Voleske (1995): *Biostatistik – Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler*. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- König, H. & J. Haensel (1968): Ein Beitrag zum Vorkommen und zur Biologie des Uhus (*Bubo b. bubo*) im Nordharzgebiet. *Beiträge zur Vogelkunde* 13: 335-365.
- Kraft, R. (2008): Mäuse und Spitzmäuse in Bayern – Verbreitung, Lebensraum, Bestandssituation. Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- Krebs, C. J. (1989): *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York.
- Leditznig, C. (2005): Der Einfluss der Nahrungsverfügbarkeit und der Nahrungsqualität auf die Reproduktion des Uhus *Bubo bubo* im Südwesten Niederösterreichs. *Ornithol. Anz.* 44: 123-136.
- Levins, R. (1968): *Evolution in changing environments*. Princeton University Press, New York.
- Leyer, I. & K. Wesche (2008): *Multivariate Statistik in der Ökologie – Eine Einführung*. Korrigierter Nachdruck 2008. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Lossow, G. v. (2010): Der Uhu *Bubo bubo* am Mittleren Lech 2003 bis 2009. *Ornithol. Anz.* 49: 1-24.
- Marchesi, L., F. Sergio & P. Pedrini (2002): Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis* 144 (on-line): 164-177.
- März, R. (1940): Querschnitt durch eine mehrjährige Nahrungskontrolle einiger Uhu-paa-

- re. Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie der Vögel 16: 125-135.
- (1986): Gewöll- und Rupfungskunde. Nachdruck der 3. von Konrad Banz bearbeiteten Auflage. Aula-Verlag GmbH 2007, Wiebelsheim.
- McCune, B., J. B. Grace & D. L. Urban (2002): Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- Niethammer, J. & F. Krapp (Hrsg. 1978ff): Das Handbuch der Säugetiere Europas. 6 Bände in Teilbänden und 1 Supplementband. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Penterniani, V., M. Gallardo, P. Roche & H. Cazassus (2001): Effects of landscape special structure and composition on the settlement of the Eagle Owl *Bubo bubo* in an Mediterranean habitat. *Ardea* 89 (2): 331-340.
- Piechocki, R. (1985): Der Uhu: *Bubo bubo*. Die neue Brehm Bücherei 108, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Quednau, H. D. (1992): Das Testen statistischer Hypothesenfamilien. Übersetzung des Artikels Pri la testado de statistikaj hipotezaroj. *Acta Sanmarinensia* 2.5. Veröffentlicht im Internet unter: <http://www.forst.uni-muenchen.de/publ/quednau/hipotez.html>.
- Schoener, T. W. (1979): Generality of the size-distance relation in models of optimal feeding. *Am. Nat.* 114: 902-914.
- Sørensen, T. A. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* 5 (4): 1-34.
- Steenhof, K. & M. N. Kochert (1985): Dietary shifts of sympatric raptors during a prey decline. *Oecologia* 66: 6-16.
- (1988): Dietary response of three raptor species to changing prey densities in a natural environment. *Journal of Animal Ecology* 57: 37-48.
- Stephens, D. W. & J. R. Krebs (1986): Foraging Theory. *Monographs of behavior and ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Sulkava, S., K. Huhtala, P. Rajala & R. Tornberg (1999): Changes in the diet of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos* and small game populations in Finland in 1957-96. *Ornis Fennica* 76, No.1: 1-16.
- R Development Core Team (2009): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org>.
- Roberts, D. W. (2010a): labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1.4-1, URL <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.
- Roberts, D. W. (2010b): optpart: Optimal partitioning of similarity relations. R package version 2.0-1, URL <http://CRAN.R-project.org/package=optpart>.
- Rudolf, M. & W. Kuhlisch (2008): Biostatistik – Eine Einführung für Biowissenschaftler. Pearson Studium, München.
- Thiollay, J.-M. (1969): Essai sur les rapaces du midi de la France. *Distribution écologie. Hibou grand duc, Bubo bubo L.* *Alauda* 37: 15-27.
- Uttendörfer, O. (1939): Die Ernährung der deutschen Raubvögel und Eulen. Neudamm.
- Wagner, G. & M. Springer (1970): Zur Ernährung des Uhu *Bubo bubo* im Oberengadin. *Ornithol. Beob.* Bern 67: 77-94.
- Watson, J., A. F. Leitch & R. A. Broad (1992): The diet of the Sea Eagle *Haliaeetus albicilla* and Golden Eagle *Aquila chrysaetos* in western Scotland. *Ibis* 134 (1): 27-31.
- Whitfield, D. P., R. Reid, P. F. Haworth, M. Madders, M. Marquiss, R. Tingay & A. H. Fielding (2009): Diet specificity is not associated with increased reproductive performance of Golden Eagles *Aquila chrysaetos* in Western Scotland. *Ibis* 151 (2): 255-264.
- Wolda, H. (1981): Similarity Indices, Sample Size and Diversity. *Oecologia* 50: 296-302.

Eingegangen am 12. Oktober 2010

Revidierte Fassung eingegangen am 24. März 2011

Angenommen am 10. April 2011



**Andreas Schweiger**, Jg. 1984, Studium der Umweltsicherung an der FH Weihenstephan, Abt. Triesdorf, zum Dipl.-Ing. Diplomarbeit 2010 zur Nahrungswahl nistender Steinadler im bayerischen Alpenraum. Seit Herbst 2010 Masterstudium „Biodiversität und Ökologie“ an der Universität Bayreuth.



**Ludwig Lipp**, Jg. 1981, gelernter Werkzeugmacher und Dipl.-Ing. (FH) Umweltsicherung, Studium an der FH Weihenstephan, Abt. Triesdorf. Diplomarbeit 2008 über eine Erfolgskontrolle von Grabenabflachungen und Kleingewässerneuanlagen in einem Niedermoor anhand der Tiergruppen Heuschrecken, Libellen, Zikaden und Wanzen. Derzeit an der Unteren Naturschutzbehörde im Landkreis Haßberge beschäftigt.

## Appendix

Tabelle aller nachgewiesenen Beutetierarten und deren Anzahl in den drei bayerischen Teilgebieten sowie deren Lebendmasse je Individuum (nach Niethammer & Krapp 1978, Glutz et al. 1980, eigenen Schätzungen). Die angegebene Anzahl entspricht der Individuensumme aus Aufsammlungen mit mindestens 28 Beutetieren (Grundlage der Auswertungen; Werte in Klammern: Gesamtzahl der je Taxon determinierten Individuen). – *Table of determined prey species with total amount of individuals throughout the examined subareas within Bavaria and the appropriate biomass per individual (source: Niethammer & Krapp 1978, Glutz et al. 1980, own estimate). The imprinted numbers depict the sum of individuals of prey collections with more than 28 individuals (basis for analyses; numbers in brackets: total amount of determined individuals per prey taxa).*

Beutetier	Masse [g]	Beutetieranzahl			
		Mittlerer Lech	Werdenfelser Land	Südlicher Frankenjura	
Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	210	18 (19)	14 (15)	2 (2)
Schwarzhalstaucher	<i>Podiceps nigricollis</i>	332	1 (1)	1 (1)	0 (0)
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	1009	11 (12)	0 (0)	0 (0)
Rohrdommel	<i>Botaurus stellaris</i>	1231	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Mandarinente	<i>Aix galericulata</i>	425	0 (0)	2 (2)	0 (0)
Schnatterente	<i>Anas strepera</i>	888	4 (4)	1 (1)	0 (0)
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	1055	21 (21)	27 (29)	2 (2)
Knäente	<i>Anas querquedula</i>	440	3 (3)	3 (3)	0 (0)
Krickente	<i>Anas crecca</i>	381	1 (2)	12 (12)	1 (1)
Bahamaente	<i>Anas bahamensis</i>	700	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	661	1 (1)	0 (0)	0 (0)

Beutetier		Masse [g]	Beutetieranzahl		
			Mittlerer Lech	Werdenfelser Land	Südlicher Frankenjura
Hausente	<i>Anas platyrhynchos f. domestica</i>	1500	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Anas sp.	<i>Anas sp.</i>	687	4 (5)	0 (0)	0 (0)
Tafelente	<i>Aythya ferina</i>	854	4 (4)	2 (2)	0 (0)
Reiherente	<i>Aythya fuligula</i>	633	26 (28)	5 (7)	0 (0)
Eiderente	<i>Somateria mollissima</i>	2214	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Schellente	<i>Bucephala clangula</i>	850	0 (0)	3 (3)	0 (0)
Ente sp.	<i>Anatidae sp.</i>	676	12 (12)	2 (4)	1 (1)
Gänsesäger	<i>Mergus merganser</i>	1561	2 (2)	1 (1)	0 (0)
Zwergsäger	<i>Mergus albellus</i>	653	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Birkhuhn (weiblich)	<i>Tetrao tetrix</i>	786	0 (0)	2 (2)	0 (0)
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	385	1 (1)	2 (2)	8 (8)
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>	105	0 (0)	2 (2)	1 (1)
Fasan	<i>Phasianus colchicus</i>	1190	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Haushuhn	<i>Gallus gallus f. domestica</i>	700	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	1179	2 (2)	1 (1)	0 (0)
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	812	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	992	84 (89)	17 (22)	22 (22)
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>	763	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	208	1 (1)	2 (2)	4 (4)
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>	939	3 (3)	5 (6)	0 (0)
Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	836	1 (1)	1 (1)	3 (3)
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	230	2 (2)	2 (2)	0 (0)
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	217	29 (30)	3 (3)	23 (23)
Turm- oder Baumfalke	<i>Falco sp.</i>	223	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Wasserralle	<i>Rallus aquaticus</i>	132	2 (2)	1 (1)	2 (2)
Wachtelkönig	<i>Crex crex</i>	154	0 (0)	7 (7)	0 (0)
Tüpfelsumpfhuhn	<i>Porzana porzana</i>	104	0 (0)	3 (3)	0 (0)
Teichhuhn	<i>Gallinula chloropus</i>	315	10 (12)	13 (13)	17 (17)
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>	765	107 (119)	62 (69)	3 (3)
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	192	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Großer Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	917	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Waldschnepfe	<i>Scolopax rusticola</i>	295	4 (4)	2 (3)	1 (1)
Zwergschnepfe	<i>Lymnocyptes minimus</i>	66	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	107	0 (0)	8 (8)	1 (1)
Waldwasserläufer	<i>Tringa ochropus</i>	82	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Flußuferläufer	<i>Tringa hypoleucos</i>	63	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Limikole sp.	<i>Limikole sp.</i>	122	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	270	3 (4)	5 (5)	0 (0)
Seeschwalbe sp.	<i>Sternidae sp.</i>	64	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	522	22 (25)	2 (3)	11 (11)
Hohлтаube	<i>Columba oenas</i>	306	0 (0)	0 (0)	2 (2)
Straßentaube	<i>Columba livia f. domestica</i>	275	17 (20)	6 (7)	0 (0)
Türkentaube	<i>Streptopelia decaocto</i>	167	0 (0)	0 (0)	3 (3)
Taube sp.	<i>Columba sp.</i>	275	5 (6)	0 (1)	104 (104)
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>	121	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Schleiereule	<i>Tyto alba</i>	386	1 (1)	0 (0)	8 (8)

Beutetier		Masse [g]	Beutetieranzahl		
			Mittlerer Lech	Werdenfelser Land	Südlicher Frankenjura
Waldohreule	<i>Asio otus</i>	295	43 (46)	18 (21)	71 (71)
Waldkauz	<i>Strix aluco</i>	523	21 (22)	28 (32)	28 (28)
Rauhfußkauz	<i>Aegolius funereus</i>	142	0 (0)	1 (1)	3 (3)
Sperlingskauz	<i>Glaucidium passerinum</i>	61	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Eule sp.	<i>Strigidae</i> sp.	282	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	170	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Grauspecht	<i>Picus canus</i>	143	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Dreizehenspecht	<i>Picooides tridactylus</i>	66	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>	90	3 (3)	1 (1)	2 (2)
Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>	310	1 (1)	0 (0)	1 (1)
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>	168	23 (26)	3 (5)	22 (22)
Elster	<i>Pica pica</i>	207	6 (6)	1 (1)	12 (12)
Alpendohle	<i>Pyrrhocorax graculus</i>	255	0 (0)	1 (2)	0 (0)
Dohle	<i>Corvus monedula</i>	225	0 (3)	0 (0)	10 (10)
Rabenkrähe	<i>Corvus corone</i>	540	70 (75)	32 (37)	49 (49)
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>	1263	1 (2)	4 (5)	0 (0)
Amsel	<i>Turdus merula</i>	96	14 (16)	5 (6)	76 (76)
Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>	107	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>	98	4 (4)	5 (5)	6 (6)
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	69	13 (15)	14 (16)	29 (29)
Rotdrossel	<i>Turdus iliacus</i>	59	0 (0)	0 (0)	9 (9)
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>	114	5 (7)	6 (6)	7 (7)
Drossel sp.	<i>Turdus</i> sp.	94	4 (5)	9 (9)	16 (16)
Drossel sp. (kleiner Amsel)	<i>Turdus</i> sp.	69	17 (17)	0 (0)	0 (0)
Drossel sp. (größer / gleich Amsel)	<i>Turdus</i> sp.	102	10 (10)	0 (0)	0 (0)
Mauersegler	<i>Apus apus</i>	43	2 (3)	2 (2)	1 (1)
Kohlmeise	<i>Parus major</i>	19	1 (1)	1 (1)	0 (0)
Sumpf- / Weidenmeise	<i>Parus palustris / montanus</i>	12	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Meise sp.	<i>Paridae</i> sp.	15	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	36	2 (2)	5 (6)	3 (3)
Mehlschwalbe	<i>Delichon urbica</i>	21	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Mehl- / Uferschwalbe	<i>Hirundinidae</i> sp.	17	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	74	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	19	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Wasseramsel	<i>Cinclus cinclus</i>	61	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	80	7 (11)	5 (5)	21 (21)
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>	18	2 (3)	0 (0)	0 (0)
Nachtigall	<i>Luscinia luscinia</i>	27	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	21	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Fichtenkreuzschnabel	<i>Loxia curvirostra</i>	40	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>	30	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Gimpel	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	32	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>	24	0 (1)	0 (0)	0 (0)
Schnäpper sp.	<i>Muscicapidae</i> sp.	18	2 (2)	0 (0)	0 (0)
Kleinvogel sp.	<i>Passeriformes</i> sp.	18	15 (15)	1 (2)	17 (17)
Braunbrustigel	<i>Erinaceus europaeus</i>	825	55 (61)	21 (25)	265 (265)
Spitzmaus sp.	<i>Soricidae</i> sp.	10	0 (0)	0 (0)	4 (4)

Beutetier	Masse [g]	Beutetieranzahl			
		Mittlerer Lech	Werdenfelser Land	Südlicher Frankenjura	
Maulwurf	<i>Talpa europaeus</i>	95	5 (5)	6 (6)	1 (1)
Fledermaus sp.	<i>Microchiroptera</i> sp.	36	3 (3)	0 (0)	0 (0)
Feldhase	<i>Lepus europaeus</i>	4750	1 (1)	5 (5)	2 (2)
Feldhase (juv.)	<i>Lepus europaeus</i>	800	13 (13)	23 (23)	32 (32)
Eichhörnchen	<i>Sciurus vulgaris</i>	340	34 (35)	23 (25)	16 (16)
Siebenschläfer	<i>Glis glis</i>	110	2 (2)	22 (22)	110 (110)
Schläfer sp.	<i>Gliridae</i> sp.	105	0 (1)	0 (0)	0 (0)
Haselmaus	<i>Muscardinus avellanarius</i>	25	0 (0)	0 (2)	0 (0)
Gelbhalsmaus	<i>Apodemus flavicollis</i>	34	1 (1)	10 (10)	0 (0)
Waldmaus	<i>Apodemus sylvaticus</i>	24	0 (0)	10 (11)	55 (55)
Apodemus sp.	<i>Apodemus</i> sp.	29	18 (18)	11 (11)	0 (0)
Hausmaus	<i>Mus musculus</i>	23	0 (0)	2 (2)	0 (0)
Maus sp.	<i>Muridae</i> sp.	27	2 (2)	5 (5)	0 (0)
Wanderratte	<i>Rattus norvegicus</i>	425	45 (53)	307 (341)	87 (87)
Ratte sp.	<i>Rattus</i> sp.	425	90 (90)	0 (0)	0 (0)
Rötelmaus	<i>Clethrionomys glareolus</i>	24	4 (4)	1 (1)	0 (0)
Scherm Maus	<i>Arvicola terrestris</i>	65	301 (315)	238 (251)	75 (75)
Feldmaus	<i>Microtus arvalis</i>	36	704 (713)	263 (289)	649 (649)
Erdmaus	<i>Microtus agrestis</i>	38	7 (7)	46 (47)	38 (38)
Wühlmaus sp.	<i>Microtus</i> sp.	37	133 (136)	22 (22)	0 (0)
Wühlmaus sp. (groß)	<i>Microtus</i> sp.	200	38 (40)	0 (0)	0 (0)
Rotfuchs (juv.)	<i>Vulpes vulpes</i>	3000	9 (11)	3 (3)	1 (1)
Hund	<i>Canis lupus</i> <i>f. domesticus</i>	4000	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Hermelin	<i>Mustela erminea</i>	275	7 (7)	1 (1)	0 (0)
Mauswiesel	<i>Mustela nivalis</i>	123	3 (3)	0 (0)	0 (0)
Iltis	<i>Mustela putorius</i>	1050	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Steinmarder	<i>Martes foina</i>	1300	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Baummarder	<i>Martes martes</i>	1600	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Marder sp.	<i>Martes</i> sp.	1450	0 (0)	0 (0)	6 (6)
Hauskatze	<i>Felis catus f. domestica</i>	3200	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Reh (juv.)	<i>Capreolus capreolus</i>	1500	1 (1)	0 (0)	1 (1)
Bisamratte	<i>Ondatra zibethicus</i>	1500	6 (7)	7 (13)	3 (3)
Kleinsäuger sp.		150	3 (3)	0 (0)	4 (4)
Schlange sp.	<i>Squamata</i> sp.	300	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Erdkröte	<i>Bufo bufo</i>	80	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Laubfrosch	<i>Hyla arborea</i>	30	0 (0)	3 (3)	0 (0)
Grasfrosch	<i>Rana temporaria</i>	50	3 (3)	16 (18)	1 (1)
Teichfrosch	<i>Rana esculenta</i>	50	0 (0)	2 (2)	0 (0)
Seefrosch	<i>Rana ridibunda</i>	70	0 (0)	5 (5)	0 (0)
Frosch sp.	<i>Anura</i> sp.	47	2 (2)	31 (32)	0 (0)
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	300	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Bachforelle	<i>Salmo trutta</i>	300	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Forelle sp.	<i>Salmo</i> sp.	300	0 (0)	3 (3)	0 (0)
Rutte	<i>Lota lota</i>	200	0 (0)	11 (11)	0 (0)
Fisch sp.	<i>Pisces</i> sp.	800	3 (3)	7 (8)	1 (1)
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2000	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Döbel	<i>Leuciscus cephalus</i>	1500	1 (1)	0 (0)	0 (0)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [50\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Schweiger Andreas, Lipp Ludwig

Artikel/Article: [Wühlmäuse \(Arvicolinae\) als bevorzugte Beute des Uhus Bubo bubo während der Jungenaufzucht in Bayern 1-25](#)