

**Aus dem Institut für Tierernährung  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover**

---

**Vergleichende Untersuchungen  
an einheimischen Greif- und Eulenvögeln  
(*Buteo buteo* / *Falco tinnunculus* / *Bubo bubo*)  
zur Futteraufnahme, Zusammensetzung der Gewölle und Exkremente  
sowie zur Nährstoffverdaulichkeit  
bei Angebot von adulten Mäusen und Eintagsküken**

**INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades einer  
Doktorin der Veterinärmedizin  
(Dr. med. vet.)  
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover**

**Vorgelegt von  
Meike Lüdtke  
aus Rendsburg**

**Hannover 2009**

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. J. Kamphues

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. J. Kamphues

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. habil. W. Meyer

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Mai 2009



**Meiner Familie**



**Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits auf folgenden Tagungen präsentiert:**

**2<sup>nd</sup> International Symposium on Pet Bird Nutrition**

4<sup>th</sup> – 5<sup>th</sup> October 2007, Hannover

LÜDTKE, M., P. WOLF und J. KAMPHUES (2007):

Futteraufnahme/-verhalten sowie Zusammensetzung von Gewölle bei Greifvögeln nach Fütterung von Eintagsküken bzw. Mäusen.

Abstracts, pp. 14-15

**Proc. 12<sup>th</sup> Congr. ESVCN**

25<sup>th</sup> – 27<sup>th</sup> September 2008, Vienna

WOLF, P., M. LÜDTKE und J. KAMPHUES:

Investigation on feed and nutrient intake, amounts and composition of cast in three different birds of prey species fed day-old chicks or mice.

10, p. 12

**Proc. Soc. Nutr. Physiol. (2009), 18**

WOLF, P., M. LÜDTKE und J. KAMPHUES:

Investigations on cast production, energy and nutrient supply as well as protein requirement in birds of prey (eagle owl, common buzzard, kestrel falcon).

(Untersuchungen zur Gewölleproduktion, Energie- und Nährstoffaufnahme sowie zum Proteinbedarf von Greifvögeln (Uhu, Mäusebussard, Turmfalke) im Erhaltungsstoffwechsel).

51, p. 78

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
<b>I. EINLEITUNG</b>	11
<b>II. SCHRIFTTUM</b>	12
1. Systematik der Greifvögel und Eulenvögel	12
2. Biologie der hier untersuchten Spezies	15
2.1 Turmfalke ( <i>Falco tinnunculus</i> )	15
2.2 Mäusebussard ( <i>Buteo buteo</i> )	15
2.3 Uhu ( <i>Bubo bubo</i> )	17
3. Anatomie und Physiologie des Verdauungstraktes	17
3.1 Anatomie des Gastrointestinaltraktes	17
3.2 Verdauung im Gastrointestinaltrakt (GIT)	26
3.2.1 Allgemeine Verdauungskapazität und Einflüsse	26
3.2.2 Protein/ Stickstoff	27
3.2.3 Fett/ Energie	28
3.3 Vergleich zum GIT anderer Vogelarten (Körnerfresser, Weichfresser)	29
3.4 Vergleich zum GIT carnivorer Reptilien und Säugetiere	30
4. Gewölle	31
4.1 Allgemeines	31
4.2 Zusammensetzung der Gewölle	32
4.2.1 Makroskopische Zusammensetzung	32
4.2.2 Chemische Zusammensetzung	32
4.3 Produktion im GIT	32
4.4 Unterschiede in der Gewölleproduktion zwischen Tag- und Nachtgreifvögeln	35
4.5 Einflussfaktoren auf die Gewöllebildung	40
4.6 Gewölle anderer Spezies	41
5. Harntrakt	42
6. Nasen-Salzdrüse	43
7. Ernährung im originären Biotop	46
7.1 Turmfalke	47
7.2 Mäusebussard	48
7.3 Uhu	49
7.4 Wasseraufnahme	50
7.5 Kannibalismus, Kainismus	50
7.6 Nahrungsentzug	51

# INHALTSVERZEICHNIS

---

8.	Angaben zum Energie-, Nährstoff- und Flüssigkeitsbedarf	52
8.1	Energie	52
8.2	Proteinbedarf	53
	- Stickstoff	53
	- Aminosäuren	54
8.3	Kohlenhydrate	54
8.4	Fett(säuren)	54
8.5	Rohfaser	55
8.6	Mengen- und Spurenelemente, Vitamine	55
8.7	Wasser	56
9.	Ernährung in Menschenobhut	56
9.1	Praxisübliche Rationsgestaltung	56
9.2	Energie- und Nährstoffgehalte von Futtermitteln	59
9.3	Ernährungsbedingte Krankheiten und Risiken	59
9.3.1	Infektionen	59
9.3.2	Mangelerscheinungen	60
9.3.3	Vergiftungen	62
<b>III.</b>	<b>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>63</b>
<b>A</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>63</b>
1.	Versuchstiere	63
1.1	Herkunft der Greifvögel und Eulen	63
1.2	Haltung der Tiere	64
1.3	Versuchsablauf	65
1.4	Körpermasseentwicklung	67
1.5	Futteraufnahmeverhalten	68
2.	Futter / Futtermittel	68
2.1	Eintagsküken	68
2.2	Mäuse	69
2.3	Futteraufbereitung	69
3.	Probenahme	70
4.	Vorbereitung der Proben für die Analysen	71
4.1	Futterangebot	71
4.2	Futterreste	71
4.3	Gewölle	71
4.4	Exkremate (Schmelz)	71

# INHALTSVERZEICHNIS

---

5.	Prüfparameter/ Fragestellungen	72
5.1	Greifvögel und Eulen	72
5.2	Futtertiere	72
5.3	Futterreste	72
5.4	Gewölle	72
5.5	Schmelz	73
5.6	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe	73
6.	Methoden der Laboruntersuchung	73
6.1	Rohnährstoffgehalte	73
	- Trockensubstanz (TS)	73
	- Rohasche (Ra)	73
	- HCl-unlösliche Asche	74
	- Reinasche	74
	- Organische Substanz (oS)	74
	- Rohprotein (Rp)	74
	- Rohfett (Rfe)	75
	- Organischer Rest (oR)	75
6.2	Harnsäurebestimmung im Schmelz	76
6.3	Aminosäuren	77
6.4	Mengen- und Spurenelemente	78
7.	Berechnung der Ergebnisse	79
7.1	Futteraufnahmemengen (FA)	79
7.2	Gesamtmenge an „Exkrementen“	79
7.3	N-Gehalte in Harn und Kot sowie Rp-Gehalte im Kot	79
7.4	Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ)	80
	- Organische Substanz (oS)	80
	- Rohprotein (Rp)	80
7.5	Bruttoenergie (GE)	81
7.6	Umsetzbare Energie (ME)	81
8.	Statistische Auswertung	82
<b>B</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>83</b>
1.	Zusammensetzung des Futterangebots (Eintagsküken / adulte Mäuse)	83
1.1	Rohnährstoff- und Energiegehalte	83
1.2	Aminosäuren-Gehalte und -Muster	85
1.3	Mineralstoffe	88
2.	Futteraufnahmeverhalten	91
3.	Futteraufnahme	91
3.1	Futterangebot	91

# INHALTSVERZEICHNIS

---

3.2	Futterreste	91
3.3	Futteraufnahmemengen (FA)	92
4.	Tatsächlich aufgenommenes Futter	93
4.1	Rohnährstoff- und Energiegehalte	93
4.2	Aminosäuregehalte	96
4.3	Mineralstoffgehalte	96
5.	Gewölle	97
5.1	Menge / Frequenz	97
5.2	Chemische Zusammensetzung der Gewölle	98
5.2.1	Rohnährstoffgehalte	98
5.2.2	Aminosäuren	99
5.2.3	Mineralstoffe	101
6.	Schmelz	103
6.1	Menge des abgesetzten Schmelzes	103
6.2	Harnsäure- und N-Gehalte	104
6.3	Chemische Zusammensetzung des Schmelzes	105
7.	Scheinbare Verdaulichkeit von Rohnährstoffen	107
8.	Energieverluste über Gewölle und Schmelz	108
8.1	Gewölle	108
8.2	Schmelz	108
9.	Körpermassen-Entwicklung	109
<b>IV.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>110</b>
1.	Kritik der Methode	111
2.	Futterangebot	116
3.	Gewölle	121
4.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe	127
5.	Energiebilanz	131
6.	Bedarfsschätzung	132
<b>V.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>135</b>
<b>VI.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>139</b>

<b>VII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	143
<b>VIII.</b>	<b>VERZEICHNIS DER ÜBERSICHTEN, ABBILDUNGEN UND TABELLEN</b>	161
<b>IX.</b>	<b>ANHANG</b>	167

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

A	Station A	NH <sub>3</sub>	Ammoniak
ad	adult	n. n.	nicht nachweisbar
AS	Aminosäure	oR	organischer Rest
B	Station B	oS	organische Substanz
c	Konzentration	PCP	Pentachlorphenol
d	Tag	pH	Potentia Hydrogenii
DE	verdauliche Energie	Ra	Rohasche
E	Eintagsküken	Rp	Rohprotein
et al.	et altera	SD	Standardabweichung
Fa.	Firma	spp	Spezies
FA	Futteraufnahme	sV/sVQ	scheinbare Verdaulichkeit
ffr.	fettfrei	TF	Turmfalke
GE	Bruttoenergie	TS	Trockensubstanz
GIT	Gastrointestinaltrakt	UH	Uhu
I. E.	Internationale Einheit	u. U.	unter Umständen
Kat	Kategorie	uS	ursprüngliche Substanz
kcal	Kilo-Kalorien	Σ	Summe
KH	Kohlenhydrate	Ø	durchschnittlich
kJ	Kilo-Joule		
KM	Körpermasse		
KM <sup>0,75</sup>	metabolische Körpermasse		
M	Mäuse		
MB	Mäusebussard		
MD	Mittelwert		
ME	umsetzbare Energie		
MPI	Meal-to-Pellet-Intervall		
n	Anzahl		
n. b.	nicht bekannt		
NfE	Stickstoff-freie Extraktstoffe		

Die chemischen Elemente werden gemäß dem internationalen Periodensystem abgekürzt, für Längen-, Volumen- und Gewichtsangaben werden die SI-Einheiten (SI = Système International d'unités) genutzt.

## I. Einleitung

Zurzeit sind weltweit 291 Arten von Taggreifvögeln sowie 144 Eulenarten bekannt, die sich mit Ausnahme der Poleiskappen über alle Kontinente verteilen. Zu allen Zeiten faszinierten diese Tiere die Menschen, wie unter anderem in der falckenartigen Gestalt des heiligen Horus im alten Ägypten (als dessen Nachfahren alle Pharaonen galten), im Kopfschmuck der amerikanischen Ureinwohner oder auch im literarischen Werk des deutschen Kaisers Friedrich II. von Hohenstaufen „De arte venandi cum avibus“ zum Ausdruck kommt.

Die Beizjagd, also die Jagd mit Hilfe abgetragener Greifvögel, und parallel mit ihr die Falknerei wird seit mindestens 2500 Jahren betrieben. In den letzten Jahrzehnten wurden die Greifvogelbestände u. a. in Deutschland sehr stark dezimiert. Demzufolge stehen zahlreiche einheimische Greifvögel aktuell auf der ROTEN LISTE DER BEDROHTEN ARTEN (1994). Die Erlaubnis zur Haltung und Zucht in Menschenobhut wird durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNG) und die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) geregelt und ist in Deutschland an einen Sachkundenachweis (Falknerjagdprüfung) gebunden, sei es in Privathand oder in Schauhaltungen (Tier- und Wildparks). Ausgenommen sind lediglich tierärztliche Institutionen und staatlich anerkannte Pflegestationen, die allerdings per definitionem über das nötige Fachwissen verfügen sollten.

Vor diesem Hintergrund ist es umso erstaunlicher, dass selbst in den aktuellen, anerkannten Schriften zur Haltung von Greifvögeln sämtliche Fütterungsempfehlungen recht vage gehalten sind. Die Mindestanforderungen an die Ernährung von Greifvögeln und Eulen sind in einem vom BMELV (2005) herausgegebenen Gutachten derart formuliert, dass „die Ansprüche der Tiere an Qualität und Quantität erfüllt sein müssen, keine minderwertige Nahrung verfüttert werden darf und die notwendigen Vitamine und Mineralstoffe in optimaler Menge enthalten sein müssen“, ohne dass jedoch konkrete Angaben gemacht werden.

Da nicht bekannt ist, inwieweit wissenschaftlich fundierte Bedarfsempfehlungen für das granivore Nutzgeflügel auf carnivore Vögel übertragbar sind, war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, eine Vorstellung zur chemischen Zusammensetzung üblicher Futtertiere, deren scheinbare Verdaulichkeit sowie Art und Menge der Gewöllebildung bei verschiedenen Greifvögeln und Eulen zu bekommen, um letztlich daraus Empfehlungen für eine art- und bedarfsgerechte Versorgung ableiten zu können.

### II. Schrifttum

Im Folgenden sollen neben einer biologischen Beschreibung der drei hier untersuchten Vogelarten deren anatomische und physiologische Grundlagen bezüglich des Verdauungstraktes dargestellt werden. Ein Schwerpunkt liegt in der Herausarbeitung der Besonderheiten, wie sie den Greifvögeln eigen sind. Leider gibt es in der Literatur kaum Angaben explizit zu Mäusebussarden, Turmfalken und Uhus, deren Vertreter in dieser Untersuchung eingesetzt wurden. Da diese Tiere stellvertretend für die zwei großen Familien der Greifvögel, d. h. der Habichtartigen und Falken, sowie der Gruppe der Eulen untersucht wurden, erscheint es legitim, den Blickwinkel um weitere Greifvogelarten zu erweitern und somit eine umfassendere Schilderung zu erhalten, um Gemeinsamkeiten ebenso wie Unterschiede heraus zu arbeiten.

#### 1. Systematik der Greifvögel und Eulenvögel

Insgesamt existieren 291 Arten von Taggreifvögeln (Ordnung *Falconiformes*), die mit Ausnahme der Antarktis und einiger Inseln Polynesiens weltweit verbreitet sind (SCHÖNEBERG 1994). Neben den Neuweltgeiern und Sekretären gibt es die Unterordnung der *Accipitres* mit der Familie der Habichtartigen (*Accipitridae*) sowie die Unterordnung *Falcones* mit der Familie der Falkenartigen (*Falconidae*). Zu den Habichtartigen zählen neben den Habichten an sich auch die verschiedenen Arten der Bussarde, Weihen, Adler und Altweltgeier (s. Übersicht 1).

In Deutschland sind neun Arten der Taggreifvögel als Stand- und Strichvögel heimisch, d. h. sie verbringen das gesamte Jahr in heimischen Gefilden, 11 Arten sind als ausgesprochene Zugvögel nur im Sommer hier anzutreffen, und 3 Arten kommen als Wintergäste nach Mitteleuropa. Des Weiteren halten Falkner mehrere Arten, die natürlicherweise nicht in Mitteleuropa beheimatet sind, als Beizvögel (SCHÖNEBERG 1994).

Die Ordnung der Eulen (*Strigiformes*) wird untergliedert in die Familien der Schleiereulen (*Tytonidae*) und der Eulen im eigentlichen Sinne (*Strigidae*), zu denen 2 Unterfamilien, die Echten Eulen (*Buboninae*) sowie die Ohreulen und Käuze (*Striginae*) gehören (s. Übersicht 2). Eulen sind, abgesehen von der Antarktis und einigen Inseln Ozeaniens, über die ganze Welt verbreitet. Insgesamt gibt es 28 Gattungen und ca. 144 Arten, von denen 8 Arten verschiedener Gattungen in Deutschland beheimatet sind (KÖNIG 1969).

## II. SCHRIFTTUM

---

### Übersicht 1: Einheimische Taggreifvögel (mod. nach GRZIMEK 1969):

Fam.	Habichtartige <i>Accipitridae</i>
Unterfamilie	Wespenbussarde <i>Perninae</i>
Gattung	Wespenbussarde i.e.S. <i>Pernis</i>
Art	Wespenbussard <i>Pernis apivorus</i>
Unterfamilie	Milane <i>Milvinae</i>
Gattung	Milane i.e.S. <i>Milvus</i>
Art	Rotmilan <i>Milvus milvus</i>
Art	Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>
Unterfamilie	Habichte <i>Accipitrinae</i>
Gattung	Habichte i.e.S. <i>Accipiter</i>
Art	Habicht <i>Accipiter gentilis</i>
Art	Sperber <i>Accipiter nisus</i>
Unterfamilie	Bussarde <i>Buteoninae</i>
Gattung	Bussarde i.e.S. <i>Buteo</i>
Art	<b>Mäusebussard</b> <i>Buteo buteo</i>
Art	Rauhfußbussard <i>Buteo lagopus</i>
Gattung	Echte Adler <i>Aquila</i>
Art	Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>
Art	Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>
Art	Schelladler <i>Aquila clanga</i>
Gattung	Seeadler <i>Haliaeetus</i>
Art	Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>
Unterfamilie	Weihen <i>Circinae</i>
Gattung	Weihen i.e.S. <i>Circus</i>
Art	Kornweihe <i>Circus cyaneus</i>
Art	Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>
Art	Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>
Art	Steppenweihe <i>Circus macrourus</i>
Unterfamilie	Fischadler <i>Pandioninae</i>
Art	Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>

Fam.	Falkenartige <i>Falconidae</i>	
	Unterfamilie	Eigentliche Falken <i>Falconinae</i>
	Gattung	Falken im engsten Sinn <i>Falco</i>
	Art	Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>
	Art	<b>Turmfalke <i>Falco tinnunculus</i></b>
	Art	Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>
	Art	Rotfussfalke <i>Falco vespertinus</i>
	Art	Merlin <i>Falco columbarius</i>

Übersicht 2: Einheimische Eulen (mod. nach GZRIMEK 1969):

Fam.	Schleiereulen <i>Tytonidae</i>	
	Art	Schleiereule <i>Tyto alba</i>

Fam.	Eulen i.e.S. <i>Strigidae</i>	
	Unterfamilie	Echte Eulen <i>Bubonidae</i>
	Art	<b>Uhu <i>Bubo bubo</i></b>
	Unterfamilie	Ohreulen und Käuze <i>Striginae</i>
	Art	Sperlingskauz <i>Glaucidium passerinum</i>
	Art	Steinkauz <i>Athene noctua</i>
	Art	Waldkauz <i>Strix aluco</i>
	Art	Rauhfußkauz <i>Aegolius funereus</i>
	Art	Waldohreule <i>Asio otus</i>
	Art	Sumpfohreule <i>Asio flammeus</i>

### **2. Biologie der hier untersuchten Spezies**

#### **2.1 Turmfalke (*Falco tinnunculus*)**

Der Turmfalke ist unter den einheimischen Falken am häufigsten und weitesten verbreitet (SCHÖNEBERG 1994). Er steht in Mecklenburg-Vorpommern in Kategorie 3 (= gefährdet, entspricht der Klasse V = vulnerable) der ROTEN LISTE DER GEFÄHRDETEN WIRBELTIERE IN DEUTSCHLAND (NOWAK et al. 1994).

Turmfalken erreichen bei einer Schnabel-Schwanz-Länge von 35 cm eine Flügelspannweite von 75 cm. Die Weibchen werden bis zu 260 g schwer, die männlichen Exemplare wiegen etwa 175-210 g. In der Natur erreichen diese Tiere ein Alter von rund 15 Jahren (SCHÖNEBERG 1994).

Die Turmfalken Mitteleuropas sind Standvögel (s. Übersicht 3), wohingegen deren Artgenossen aus Nord- oder Osteuropa im Winter bis nach Nordafrika ziehen (SCHÖNEBERG 1994).

#### **2.2 Mäusebussard (*Buteo buteo*)**

Der Mäusebussard ist der am häufigsten vorkommende einheimische Greifvogel, der zudem als einziger nicht auf der Roten Liste der bedrohten Tierarten steht (KOSTRZEWA und SPEER 2001). Er ist mittelgroß bei einer Flügel-Spannweite von 120-135 cm. Die Männchen erreichen laut SCHÖNEBERG (1994) ein Gewicht von ca. 600-870 g, die weiblichen Tiere werden bis zu 1200 g schwer. Das bekannte maximale Alter beträgt 25 Jahre (FISCHER 1969). Der Mäusebussard ist in den verschiedensten Lebensräumen Europas ansässig, wobei die Altvögel Deutschlands i. d. R. Standvögel sind, während die einheimischen Jährlinge häufig in Nachbarländern wie Frankreich überwintern (SCHÖNEBERG 1994). Gleichzeitig werden die hiesigen Bestände im Winter durch skandinavische Zugvögel verstärkt oder überwandert (KÖNIG 1969).

## II. SCHRIFTTUM

---

### Übersicht 3: Wander- bzw. Standortverhalten von Mäusebussard und Turmfalke im Vergleich zu anderen einheimischen Taggreifvögeln (mod. nach SCHÖNEBERG 1994)

---

Stand- und Strichvögel:	Habicht <i>Accipiter gentilis</i>	
	Sperber <i>Accipiter nisus</i>	zieht bis nach Frankreich
	<b>Mäusebussard <i>Buteo buteo</i></b>	<b>Teilzieher</b>
	Rotmilan <i>Milvus milvus</i>	Teilzieher
	Kornweihe <i>Circus cyaneus</i>	
	Seeadler <i>Haliaeetus albicilla</i>	
	Steinadler <i>Aquila chrysaetos</i>	
	Wanderfalke <i>Falco peregrinus</i>	Teilzieher
	<b>Turmfalke <i>Falco tinnunculus</i></b>	
Zugvögel:	Wespenbussard <i>Pernis apivorus</i>	
	Schwarzmilan <i>Milvus migrans</i>	
	Rohrweihe <i>Circus aeruginosus</i>	
	Wiesenweihe <i>Circus pygargus</i>	
	Fischadler <i>Pandion haliaetus</i>	
	Schreiadler <i>Aquila pomarina</i>	
	Schelladler <i>Aquila clanga</i>	
	Baumfalke <i>Falco subbuteo</i>	
	Rotfußfalke <i>Falco vespertinus</i>	
Wintergäste:	Rauhfußbussard <i>Buteo lagopus</i>	
	Steppenweihe <i>Circus macrourus</i>	
	Merlin <i>Falco columbarius</i>	

---

### 2.3 Uhu (*Bubo bubo*)

Der Uhu gehört innerhalb der Ordnung der Strigiformes zur Familie der Echten Eulen (*Buboninae*). Er ist bundesweit in die Kategorie 3 der Roten Liste eingeordnet, nachdem sich die Bestände, die sich Mitte des 20. Jahrhunderts kurz vor der Ausrottung befanden, mittlerweile dank Schutz-, Zucht- und Auswilderungsmaßnahmen wieder erholt haben (NOWAK et al. 1994). Der Uhu ist in fast ganz Europa als Standvogel ansässig (DELIN und SVENSSON 1998). Mit einer Länge von 65-70 cm und einer Flügelspannweite von 160 bis 188 cm ist er die größte einheimische Eule. Die Weibchen erreichen ein Körpergewicht von über 2,5 kg. In Menschenobhut gehaltene Tiere sind bereits mehrfach über 60 Jahre alt geworden (FISCHER 1969).

## 3. Anatomie und Physiologie des Verdauungstraktes

### 3.1 Anatomie des Gastrointestinaltraktes

Korrespondierend mit den Ansprüchen optimaler Flugfähigkeit war der Verdauungstrakt der Vögel im Laufe der Evolution von den flugunfähigen Zahnvögeln (wie dem Archaeopteryx aus der Jurazeit) ausgehend bis hin zu den heutigen fliegenden Arten (SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987) zahlreichen Modifikationen unterworfen. So ist das Gewicht des GIT unter anderem aufgrund des Fehlens von Zähnen und einem verringerten Gewicht von Kieferskelett und Kiefermuskeln reduziert. Kompensiert wird dies durch ergänzende Funktionen des Muskelmagens (STEVENS und HUME 1995), wie noch erläutert wird.

Die Form des **Schnabels** ist der Jagdweise der Greifvögel und Eulen angepasst. Die Habichtartigen sind Grifftöter, ihr Reißhaken-Schneideschnabel dient lediglich zum Zerkleinern der Beute. Die Falken und die Eulen dagegen sind Bisstöter und besitzen einen Reißhaken-Beißschnabel, der bei den Taggreifen zusätzlich mit einem Falkenzahn versehen ist (SCHÖNEBERG 1994). In der Schnabelspitze befindet sich ein komplexes Organ des Tastsinns, das Schnabelspitzenorgan, welches große Bedeutung für die Prüfung der Nahrung sowie für die Gefiederpflege hat.

Alle Taggreifvögel haben in der oberen Hälfte des Ösophagus (am Eingang in die Brusthöhle) einen echten **Kropf**, der als Nahrungsdepot dient und ebenso wie die Speiseröhre selbst stark dehnbar ist. Entscheidend für die Charakterisierung eines „echten“ im Gegensatz zu einem

„falschen“ Kropf ist das Vorhandensein eines Sphinkters, durch den der Füllungszustand regulierbar ist, wie es bei einfachen spindelförmigen Erweiterungen der Speiseröhre dagegen nicht möglich ist (KLASING 1998). Laut BRÜLL (1984) findet hier bereits eine Vorverdauung der Nahrung statt, für welche die erforderlichen Enzymsekrete während der Gewölleabgabe aus dem Magen mit hinauf gepumpt werden. Die Eulenartigen dagegen besitzen keinen Kropf (s. Abb. 2), wohl aber einen besonders dehnbaren Teil ihrer Speiseröhre, worin die Nahrung kurzzeitig verbleiben kann (DEDIC 1931; HVIDSTEN und ESKELAND 1983; GABRISCH und ZWART 1987; TABAKA et al. 1996; HEIDBRINK 2003).

Der **Magen** der meisten Vögel ist in zwei Teile differenziert. Der craniale Anteil ist der Proventrikulus (Drüsenmagen), der Pylorus-Teil wurde zum Ventrikulus (Muskelmagen) modifiziert (TABAKA et al. 1996). Die Art der Ernährung beeinflusste im Laufe der Evolution die Ausbildung dieser zwei Magenanteile (SMIT 1968). Bei den piscivoren und carnivoren Greifvögeln sind beide Bestandteile relativ undifferenziert und stark dehnbar, weil die Nahrung zumeist weich ist und nur geringer mechanischer Zerkleinerung bedarf (TABAKA et al. 1996). Dementsprechend enthält die Magenwand nur eine dünne innere circuläre und eine äußere longitudinale Muskelschicht aus glatten Muskelfasern, die radial von einer zentralen Aponeurose ausgehen (FOWLER 1986; DUKE 1986c) und auch im Bereich der Sphinkteren zwischen Drüsen- und Muskelmagen und zwischen Muskelmagen und Duodenum keine Hypertrophie aufweisen (GRIMM und WHITEHOUSE 1963). Salzsäure und Pepsin, die von den Hauptzellen des „Vormagens“ sezerniert werden, bilden mit dem Mucus den Magensaft, der seine Wirkung im Muskelmagen entfaltet (TABAKA et al. 1996). Die Magensäure verstärkt die proteolytische Aktivität des Pepsins, löst kalkhaltige Knochen auf und tötet nicht nur Bakterien, sondern manchmal auch Beute. Bei vielen Fleischfressern, die große Beute/-stücke verschlingen, findet die Verdauung im Ventrikulus schichtweise statt, weil der Magensaft immer nur mit der äußeren Schicht in Verbindung steht und diese somit zuerst abbaut (SMIT 1968).

Die proteolytische Aktivität vor und nach der Futteraufnahme ist bei allen Arten der Greifvögel und Eulen ähnlich. Der Magen-pH-Wert dagegen ist bei den Eulenartigen höher als bei den Taggreifvögeln. Der basale pH-Wert im Mageninhalt der Eulen beträgt im Mittel 2,4. Falken dagegen weisen einen durchschnittlichen pH-Wert von 1,6 auf, das Magensekret

enthält somit ca. sechsmal mehr  $H^+$ -Ionen. Dieser Unterschied erklärt die effizientere Knochenzersetzung und folglich höhere Verdaulichkeit knochenhaltiger Beutetiere durch die Taggreifvögel (DUKE et al. 1975). Im Magenmagen von Falken sowie Eulen wurden pH-Werte über 3,5 gemessen, da die Nahrung eine puffernde Wirkung hat. Diese Werte liegen oberhalb des Optimums für die peptische Aktivität. Trotzdem findet eine intensive Verdauung statt, was u.a. durch die hohe Körpertemperatur und die mechanische Einwirkung des Muskelmagens erklärbar ist (SMIT 1968).

Den Vögeln eigen ist der duodenale Reflux von enzymhaltigen Sekreten, die aus dem Dünndarm und dem Pancreas stammen und ihre Wirkung bereits im Muskelmagen entfalten (WILSON und NIOSI 1961; GRIMM und WHITEHOUSE 1963; FOWLER 1986).

Neben der Sekretion des Magensaftes fungiert der Drüsenmagen als Nahrungsspeicher (SMIT 1968). Die Aufgaben des Muskelmagens als Ort der Proteolyse sind vielfältiger. Das Fehlen von Zähnen wird durch die mechanische Zerkleinerung, die parallel zur chemischen Verdauung stattfindet, kompensiert. Bei Turmfalken und Mäusebussarden ist sogar eine Pepsinogen-Sekretion im Muskelmagen nachgewiesen. Darüber hinaus dient er als Sieb, um die weitere Passage schwer verdaulicher Nahrungsbestandteile wie Knochen, Fell oder Federn zu verhindern. Aus diesen wird schließlich ein Gewölle geformt, welches oral wieder ausgeschieden wird (STEVENS und HUME 1995; TABAKA et al. 1996).

Beim Amerikanischen Uhu (*Bubo virginianus*) wurden bei einer Untersuchung der Magenmotilität drei unterschiedliche Phasen festgestellt. Während der ersten Phase der mechanischen Verdauung ist die Kontraktionsfrequenz am höchsten. Daran schließt sich die Phase der chemischen Verdauung an, in der nur geringe Magenwandbewegungen zur Durchmischung des Futterbreis erfolgen. Zum Abschluss, wenn das Gewölle geformt und ausgeworfen wird, ist schließlich die Amplitude der Kontraktionen am größten (KOSTUCH und DUKE 1975). Da die chemische Verdauung bei den Taggreifvögeln intensiver ist als bei den Eulen, ist die Amplitude der Kontraktionen bei Letzteren vermutlich größer, um dies zu kompensieren (DUKE et al. 1975). Ergänzend hierzu stellten DUKE et al. (1976a) fest, dass die Muskelaktivität stark anstieg, wenn Amerikanischen Uhus (*Bubo virginianus*) und Rotschwanzbussarden (*Buteo jamaicensis*) nach einer Fastenperiode Futter präsentiert wurde. In diesem Fall wurde nicht die Amplitude, sondern die Frequenz der Kontraktionen signifikant höher.

Der **Dünndarm** der Vögel weist keine besonderen anatomischen Merkmale auf, die eine Unterscheidung von Jejunum und Ileum ermöglichen (s. Abb. 1 und 2). Dementsprechend gliedert er sich lediglich in das Duodenum, in welches die Pancreas- und Gallengänge münden, und das Jejunoleum (NICKEL et al. 1992; KLASING 1998; HEIDBRINK 2003). Neben der Absorption der Aminosäuren findet im Duodenum die Verdauung der Fette statt (SCHEIDELER 1994). Im distalen Bereich des Duodenums bewirken die Misch- und Transportbewegungen der circulären und longitudinalen Muskelschichten eine Durchmischung des Futterbreis mit Pancreassekret und Gallenflüssigkeit. Pancreaslipasen spalten die Lipide über Triglyceride weiter zu Fettsäuren und Monoglyceriden, die mit den Gallensalzen Micellen bilden und in dieser Form durch die Intestinalwand absorbiert werden (SCHEIDELER 1994). Polypeptide werden von diversen Pancreasenzymen wie Chymotrypsin, Trypsin und Carboxydasen gespalten, bevor sie, hauptsächlich in Form von Dipeptiden, von den Saumzellen des Dünndarmepithels aufgenommen und dort zu freien Aminosäuren gespalten werden (KLASING 1998). Darüber hinaus bewirken antiperistaltische Bewegungen den duodenalen Reflux, einen Rücktransport der Ingesta einschließlich der Pancreasenzyme bis zurück in den Magen, so dass die beschriebenen Verdauungsvorgänge bereits dort beobachtet werden können (DZIUK 1971; DUKE 1986b; SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987; NICKEL et al. 1992).

Unterschiedliche Jagdmethoden üben einen selektiven Druck auf die Darm-Morphologie aus. Mäusebussarde, Milane und Weihen sind generalisierte, opportunistische Jäger mit einem vielfältigeren Beuterepertoire, das sogar Aas beinhaltet. Ihre Verdauungsstrategie beruht auf optimaler Ausnutzung aller vorhandenen Nährstoffe. Die Futterpassagezeit steht in direkter Relation zu der Länge des Dünndarms und korreliert positiv mit der Verdauungseffizienz. Das bedeutet bei diesen Vögeln, dass diverse Diäten und die qualitativ zum Teil minderwertige Nahrung aufgrund des langen Intestinums und der damit verbundenen langen Verweildauer hoch effizient genutzt werden können. Die längsten Dünndärme von einer über 15fachen Körperlänge findet man bei überwiegend fischfressenden Vögeln wie den Fisch- und Seeadlern (JACOBSHAGEN 1937). Im Gegensatz dazu haben andere Greife wie Habichte, Sperber und einige Falkenarten sich in ihrer Jagdweise auf Vögel spezialisiert und sind dafür auf ein geringes Körpergewicht angewiesen. Diese Reduktion der Körpermasse wird durch eine Verkürzung des Darmtrakts erreicht (s. Tab. 1 und 2), womit eine

## II. SCHRIFTTUM

beschleunigte Passagerate und verminderte Energie- und Nährstoffabsorption einhergeht. Die daraus resultierende geringere Verdauungseffizienz wird durch die Auswahl hochwertiger Beute kompensiert.

**Tab. 1:** Durchschnittliche Länge des Intestinums von Greifvögeln und Eulen (BARTON und HOUSTON 1993a)

Art	Geschlecht	Länge des Intestinums (mm) von Tieren (n)	
		aus dem originären Biotop (n)	aus Menschenobhut (n)
Sperber	f	582 (51)	570 (1)
Wanderfalke	f	952 (3)	957 (3)
	m	745 (4)	708 (5)
<b>Turmfalke</b>	f	557 (10)	513 (3)
Rotmilan	f	1175 (1)	1385 (1)
	m	1497 (2)	1362 (5)
Waldohreule	f	458 (3)	460 (1)

f = weiblich; m = männlich

**Tab. 2:** Morphologie des Darms verschiedener Greifvögel (BARTON und HOUSTON 1993b)

Art	Geschlecht	KM g	Dünndarm			
			Länge (mm)	n	Volumen (cm <sup>3</sup> )	n
<b>Turmfalke</b>	m	160	525	9	6,08	5
	f	200	551	15	7,64	6
Wanderfalke	m	540	718	10	10,12	7
	f	985	954	6	17,69	2
<b>Mäusebussard</b>	m	756	979	22	19,51	18
	f	940	1143	31	22,26	22
Rotmilan	m	930	1401	7	22,49	5
	f	1137	1280	2	29,33	2
Habicht	m	893	730	31	12,78	31
	f	1335	832	18	18,21	20

f = weiblich; m = männlich

Für die Eulen gelten die gleichen physiologischen Bedingungen wie für die Taggreifvögel. Der Waldkauz (*Strix aluco*) als Ansitzjäger ist diejenige Eule mit dem längsten Darm und der höchsten Verdauungseffizienz, sein Beutespektrum ist dem des Mäusebussards ähnlich und beinhaltet Vögel und Säugetiere ebenso wie Reptilien und Wirbellose (BARTON und HOUSTON 1993a,b).

Das **Pancreas**, bestehend aus einem Lobus dorsalis, Lobus ventralis und Lobus lienalis mit den jeweiligen Ausführungsgängen, die auf der Papilla duodeni ins Dudenum münden, liegt zungenförmig zwischen den Dünndarmschenkeln im Mesoduodenum (NICKEL et al. 1992). Beim Amerikanischen Uhu füllt die Bauchspeicheldrüse die Duodenalschleife nur zur Hälfte, bei den Rotschwanzbussarden ist sie noch kleiner (FOWLER 1986).

Das endokrine Pancreas, in dem Insulin, Glucagon und APP gebildet werden, macht ein bis zwei Prozent der Bauchspeicheldrüse aus und liegt zu „Langerhans-Inseln“ zusammengefasst inmitten des exokrinen Gewebes (STEVENS 1996). Das Sekret des exokrinen Pancreas enthält die inaktiven Vorstufen diverser Proteasen wie Trypsin, Chymotrypsin, Di-, Amino- und Carboxypeptidasen sowie weitere Enzyme wie Lipase und Amylase.

Außerdem ist ein hoher Gehalt an Elektrolyten, Gallensäuren sowie Bikarbonat zur Neutralisation des Chymus vorhanden (DUKE 1977; NICKEL et al. 1992).

Der **Dickdarm** der Vögel besteht generell aus den Caeca, die bei vielen Spezies durch Klappen vom Rest des GIT getrennt sind, und einer kurzen, geraden Erweiterung des Darms, die von einigen Autoren als Kolon, von anderen als Rektum bezeichnet wird und in die Kloake mündet (SCHEIDELER 1994; STEVENS und HUME 1995; TABAKA et al. 1996).

Die **Blinddärme** sind tierartlich sehr unterschiedlich ausgebildet (s. Abb. 1 und 2). Bei den Taggreifvögeln befinden sich am Übergang vom Dünn- in den Dickdarm zwei rudimentäre Caeca mit viel lymphatischem Gewebe (HEIDBRINK 2003), bei einigen Arten wie den Rotschwanzbussarden oder Turmfalken können sie gänzlich fehlen, ohne dass ein Zusammenhang mit der Ernährungsweise oder Auswirkungen auf die Verdauungseffizienz nachgewiesen werden konnten (JACOBSHAGEN 1937; TABAKA et al. 1996). Eulen hingegen besitzen zwei recht lange, glanduläre Blinddärme, die in ihrem distalen Drittel stark ausgeweitet sind (TABAKA et al. 1996; KLASING 1998) und etwa 20 % der Gesamtdarmlänge ausmachen (HELLMANN 2007). Ihre Hauptaufgabe scheint die Absorption von Wasser und Elektrolyten zu sein. So kommt den Enterozyten der Eulencaeca

eine wichtige Funktion in der Calciumresorption zu, was den Einfluss von Vitamin D<sub>3</sub> auf die Bildung von Calbindin D28K einschließt (HELLMANN 2007). Darüber hinaus ermöglichen sie eventuell aber auch eine Reabsorption anderer Substanzen aus dem Harn. Bei Eulen und Habichtartigen konnten antiperistaltische Bewegungen nachgewiesen werden, mittels derer Urin darmaufwärts in die - bei den Habichten rudimentären - Caeca gelangt (KLASING 1998). Weitere wichtige Verdauungsfunktionen sind den Blinddärmen nicht zuzuordnen. Eine Caecotomie hat keine nachteiligen Folgen auf die Gesundheit, zu beobachten ist lediglich ein moderater Anstieg der Wasseraufnahme der betreffenden Vögel (DUKE et al. 1981). Die von den Caeca abgegebenen Faeces werden separat von den übrigen Exkrementen ausgeschieden und sind deutlich als solche zu erkennen (DUKE 1986c; TABAKA et al. 1996).

Die Frage, warum die Blinddärme bei den Tag- und Nachtgreifvögeln derart unterschiedlich entwickelt sind, obwohl sie die gleiche Nahrung zu sich nehmen, ist bislang nicht geklärt worden (FOWLER 1986).

Wie bereits erwähnt, ist das **Kolon** bzw. **Rektum** lediglich ein kurzer, gerader Darmabschnitt (SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987; KLASING 1998), der in die Kloake mündet. Bei Eulen konnten im Kolon antiperistaltische Bewegungen nachgewiesen werden, wodurch die für die Verdauung zur Verfügung stehende Zeit verlängert wird (FOWLER 1986).

Die **Kloake** entspricht dem Enddarm und besteht aus drei Abteilungen. Der erste und längste Abschnitt ist das Coprodaeum. Dorsal mündet die Bursa cloacalis fabricii, ventral liegt beim männlichen Tier der Phallus. Der anschließende Abschnitt, das Urodaeum, ist am kürzesten. Hier hinein münden dorsal die beiden Harnleiter sowie lateral zwei Samenleiter bzw. ein Eileiter. Distal schließlich bildet das Proctodaeum, das bereits von kutaner Schleimhaut ausgekleidet ist, das Ende des Gastrointestinaltraktes (JACOBESHAGEN 1937; NICKEL et al. 1992).

Den Greifvögeln eigen ist die auffallend große Anzahl an lymphatischen Zellen im Gastrointestinaltrakt, besonders im Schleimhautepithel der Blinddärme und des Rektums. Dies bietet den Vögeln lt. KLASING (1998) einen Schutz gegen pathogene Erreger nach Aufnahme infizierter Beutetiere.

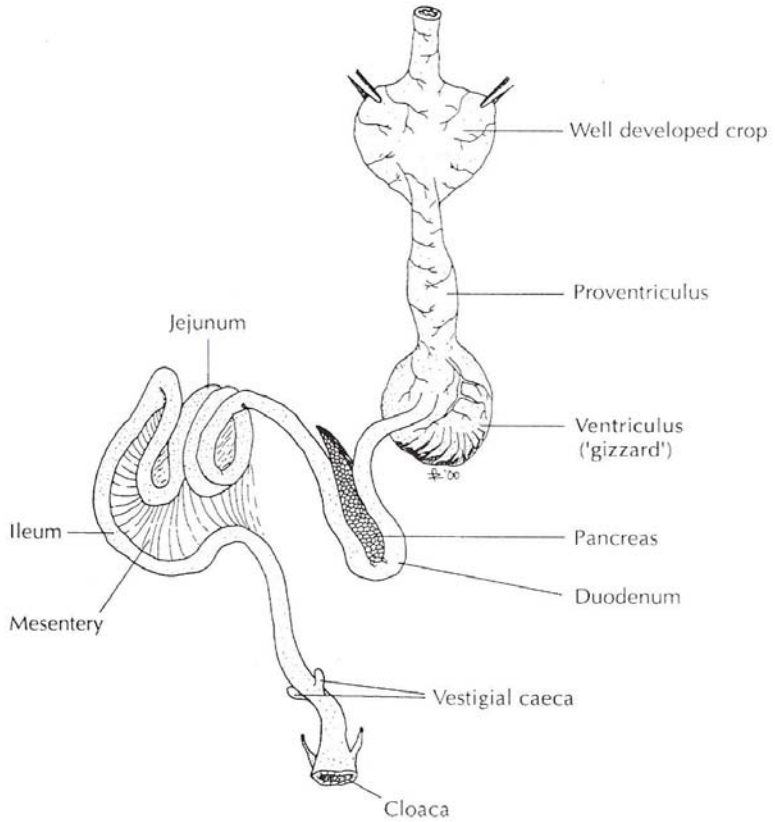


Abb. 1: Gastrointestinaltrakt eines Falken (nach COOPER 2002)

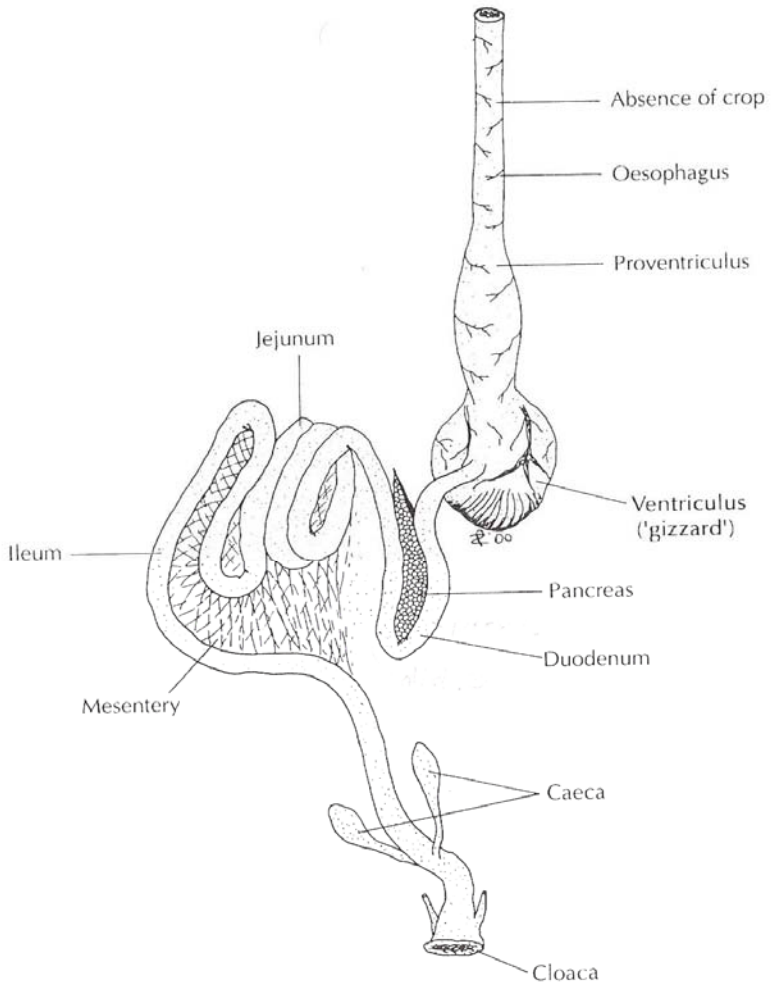


Abb. 2: Gastrointestinaltrakt einer Eule (nach COOPER 2002)

### **3.2 Verdauung im Gastrointestinaltrakt (GIT)**

#### **3.2.1 Allgemeine Verdauungskapazität und Einflüsse**

Tierartlich differierende Intervalle zwischen der Nahrungsaufnahme und Gewölleabgabe haben keine Auswirkungen auf den Grad der Verdaulichkeit (DUKE et al. 1975). Dieses „Meal to Pellet Interval“ (MPI), das unter Kapitel II.4 näher ausgeführt wird, unterliegt allerdings zahlreichen individuellen Einflüssen, was sekundär über verkürzte Verdauungszeiten zu geringeren Verdauungseffizienzen führen kann.

Umgebungsfaktoren wie die Außentemperatur können einen direkten Einfluss auf die Verdaulichkeit der Beute haben, wie in mehreren Untersuchungen nachgewiesen wurde (STALMASTER und GESSAMAN 1982). Laut CALDER und KING (1974) wird zum Erhalt der Körpertemperatur bei geringen Umgebungstemperaturen die Blutzirkulation in der Haut und den Extremitäten per Vasokonstriktion verringert, wodurch die Durchblutung des GIT und folglich die Verdauungskapazität zunimmt. GESSAMAN (1972) berichtet entsprechend, dass die Verdauungseffizienz bei Eulen um 4 – 10 % zunimmt, wenn sie einem Thermostress in Form von Wind ausgesetzt sind.

Die Futterraufnahmemenge hat ebenfalls einen Einfluss auf die Effizienz der Verdauung. Eine größere Mahlzeit der gleichen Nahrung wird im gleichen Zeitraum grundsätzlich besser verdaut und ist demnach vorteilhafter. Der einzige Nachteil ist der daraus resultierende höhere Energieverbrauch für den Flug aufgrund des höheren Körpergewichts (BARTON und HOUSTON 1993b).

Vergleicht man auf bestimmte Nahrung spezialisierte Greifvögel mit generalisierten Jägern, so fällt auf, dass die umsetzbare Energie bei den Beutetieren, die in das Beuteschema der Spezialisten gehören, ebenso wie die umsetzbare Energie bei andersartiger Beute bei diesen spezialisierten Jägern geringer ist als bei denjenigen Greifen, die über ein weit gefächertes Beutespektrum verfügen. In einer Studie hierzu von BARTON und HOUSTON (1993a) wurden Tauben und Kaninchen an Mäusebussarde, die ausgesprochen generalisierte Jäger sind, und an Wanderfalken (gezielte Vogeljäger) verfüttert. Beide Beutetierarten wurden von den Bussarden effizienter verdaut als von den Falken. Diese Beobachtungen passen zu den in den Tabellen 1 und 2 ausgeführten Erkenntnissen der variierenden Darmlängen bei Spezialisten und Opportunisten mit den daraus resultierenden Unterschieden in der Futterpassagezeit und Verdauungskapazität.

### 3.2.2 Protein/ Stickstoff

Die vorherrschende Lehrmeinung besagt, dass ein adulter Organismus nicht in der Lage ist, Stickstoff einzulagern. Das Verhältnis von N-Aufnahme zu N-Abgabe ist in der Regel ausgeglichen (WESTFAHL 2007). Ein Ausnahmezustand für den Stoffwechsel entsteht bei Nahrungsmangel. In diesem Fall erfolgt die Energiegewinnung über Gluconeogenese, durch die Stickstoff frei und in Form von Harnsäure ausgeschieden wird (SCHEIDELER 1994). Andere Autoren vermuten allerdings aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse, dass auch adulte Vögel Protein retinieren können. So führten in einer Studie von CAMPBELL und KOPLIN (1986) zwei Fütterungsdurchgänge (von insgesamt zehn durchgeführten Versuchen) zu einer negativen N-Bilanz. Die beteiligten Spezies, ein Turmfalke (*Falco tinnunculus*) und eine Kennicotti-Eule (*Otus kennicotti*) schieden bei konstantem Körpergewicht mehr Stickstoff aus, als sie aufnahmen. Insgesamt jedoch ergab diese Studie bei beiden Vögeln eine positive N-Bilanz, es wurde weniger Stickstoff ausgeschieden (über die Exkrete und Gewölle) als über die Nahrung aufgenommen wurde. Hieraus schließen die Forscher, dass die Tiere über endogene Proteinreserven verfügen müssen, auf die sie in Phasen quantitativ oder qualitativ mangelhafter Nährstoffzufuhr zurückgreifen können. Weitere Veröffentlichungen (u. a. FISHER 1967) unterstützen diese These. Fütterungsversuche von TABAKA et al. (1996) an Amerikanischen Uhus (*Bubo virginianus*) und Rotschwanzbussarden (*Buteo jamaicensis*) ergaben ebenso wie eine Untersuchung von DUKE et al. (1973) bezüglich der Futteraufnahme und Nährstoffverdauung Amerikanischer Uhus positive Stickstoff-Bilanzen. DUKE et al. (1973) ermittelten bei der Gabe von Mäusen eine Retention von 39 %, bei der Gabe von Putenküken sogar 50 % im Körper der Greifvögel. Dies wurde dennoch als unbedeutend gewertet, da es lediglich einer Zunahme des Gesamtstickstoffs im Gewebe von 0,5 % entsprach.

BIRD (1968) berichtet von endogenem Stickstoff, der nach erfolgter Verdauung und Absorption wieder in das Lumen des Duodenum sezerniert wird, und dessen Menge diejenige des aufgenommenen Proteins weit übersteigt. Der endogene Stickstoff vermischt sich mit den Aminosäuren aus der Nahrung, wertet deren Zusammensetzung dadurch qualitativ auf und macht die zur Verfügung stehende Mischung (endogenes Protein plus Futterprotein) somit unabhängiger vom Nahrungsangebot.

In diesem Zusammenhang darf die Möglichkeit nicht außer Acht gelassen werden, dass es bei der Aufbereitung und Analyse von Probenmaterial zu Fehlern kommen kann. Zum einen treten bei der Trocknung von Exkrementen Verluste an Energie und Stickstoff auf, deren Ausmaß von der Methode abhängig ist. In einer Untersuchung von SHANNON und BROWN (1969) traten die geringsten Verluste im Bereich von 4,5 - 5 % bei Gefriertrocknung und im auf 60 °C erhitzten Trockenschrank auf. Bei anderen Methoden sind die Unterschiede der N-Gehalte zwischen den Frisch- und Trockensubstanzen z. T. deutlich höher. Eine weitere Fehlerquelle kann in der Harnsäure-Analyse liegen. Es gibt verschiedene Pufferlösungen, die in diversen Konzentrationen und unter veränderlichen Temperaturbedingungen eingesetzt werden können. Nach ADEOLA und ROGLER (1994) sind sowohl zu niedrige als auch zu hohe Ergebnisse möglich.

In der Dissertation von OTTE (1997) waren die ermittelten N-Gehalte in den getrockneten Exkrementen um bis zu 10 % zu gering, so dass die Verfasserin alle Werte aus getrockneten Exkrementeproben um den Faktor 1,1 korrigierte.

### 3.2.3 Fett/ Energie

Die umsetzbare Energie (ME), in der englischen Literatur vielfach auch als AE (Assimilation Efficiency) bezeichnet, ist der beste Indikator für den energetischen Nutzen der Nahrung, da hierdurch nicht nur der Energiegehalt des Futters, sondern auch die physiologische Fähigkeit der Tiere, diese Energie zu nutzen, berücksichtigt wird (STALMASTER und GESSAMAN 1982). Berechnet wird der ME-Gehalt in der tatsächlichen Aufnahme als Energiegehalt des aufgenommenen Futters (Bruttoenergiegehalt GE) minus den Energiegehalten der Excreta, welche neben Urin und Faeces auch die Gewölle beinhalten müssen (KLASING 1998).

Trotz der physiologischen Unterschiede und morphologischen Differenzen im Verdauungstrakt der Tag- und Nachtgreifvögel ist der energetische Nutzen, und somit die metabolische Effizienz einzelner Nahrungsmittel, vergleichbar und liegt z. B. bei Verfütterung von Eintagsküken (*Gallus domesticus*) bei ca. 72 % der GE-Werte (DUKE et al. 1975; KIRKWOOD 1979). Bezogen auf das Magensekret bedeutet dies, dass die proteolytische Aktivität bei allen Arten ähnlich hoch ist. Lediglich der Salzsäuregehalt und die hieraus resultierende Knochenzersetzung sind deutlich unterschiedlich (DUKE et al. 1975).

Entscheidend für den Anteil an umsetzbarer Energie eines Beutetieres ist die Nährstoffzusammensetzung. Fett wird effizienter als andere organische Inhaltsstoffe verdaut, somit ist ein hoher Fettgehalt energetisch wertvoller (STALMASTER und GESSAMAN 1982; CASTRO et al. 1989) als ein hoher Eiweißgehalt, da Vögel Protein nicht vollständig umsetzen können (FISHER 1972). Der theoretische Energiegehalt beträgt 22,6 kJ/ g, genutzt werden können aber nur ca. 18,0 kJ/ g (BARTON und HOUSTON 1993a). So berichtet COLLOPY (1980) von einem Präriefalke (*Falco mexicanus*), bei dem die ME von 77 % auf 88 % anstieg bei einer Zunahme des Fettgehalts von 15 % auf 43 %. BARTON und HOUSTON (1993b) stellten fest, dass die absorbierte Nahrungsmenge in direkter Relation zur Verweildauer im GIT steht. Des Weiteren ist die Futterpassagerate abhängig vom Nährstoffgehalt, ein höherer Fettgehalt verzögert beispielsweise die Passage. Dementsprechend ist die umsetzbare Energie einer Taube im Vergleich zu einem Kaninchen höher, da sie bei vergleichbarem Proteingehalt einen höheren Fett- und niedrigeren Wassergehalt hat und ihre Passage durch den Verdauungstrakt folglich länger dauert. Im Gegensatz dazu sinkt der Energiegehalt einer Substanz mit zunehmenden Rohaschegehalten (STALMASTER und GESSAMAN 1982).

### **3.3 Vergleich zum GIT anderer Vogelarten (Körnerfresser, Weichfresser)**

Der Geruchssinn ist bei Fleisch- und Fischfressern stärker ausgeprägt als bei den Körner- oder Weichfressern.

Die Form des Schnabels ist den unterschiedlichen Ernährungsweisen entsprechend tierartlich sehr variabel gestaltet. Bei den Insectivoren und Fruchtfressern sind sie meist relativ schmal und dünn, bei den Körnerfressern dagegen von kegelförmiger, gestauchter Form. Die Schnäbel von Omnivoren sind recht kräftig und mittellang (DELIN und SVENSSON 1998). Das Schnabelspitzenorgan allerdings fehlt nur bei wenigen Körnerfressern (NICKEL et al. 1992). Der Kropf fehlt - abgesehen von den Eulen - auch bei Möwen, Pinguinen und einigen Insektenfressern (DUKE 1977; SCHEIDELER 1994).

Der Magen der Greifvögel ist dem der meisten anderen Fleisch und Fisch verzehrenden Vögel, wie z. B. demjenigen der Reiher, sehr ähnlich und weist eine schwach muskulöse, wenig differenzierte Sackform auf. Im Gegensatz dazu ist der Magen bei Pflanzen- und Körnerfressern deutlich in zwei Abteilungen, den Drüsen- und den Muskelmagen, unterteilt.

Bei Fruchtfressern liegt eine Intermediärform vor. Die Muskelschicht des Geflügelmagens besteht aus paarigen dicken und dünnen Muskeln und ist im Inneren von keratinähnlichem Koilin bedeckt, das als Reibplatte dient, um hartes Futter zermahlen zu können (FARNER 1960; DZIUK und DUKE 1972; DUKE 1977; NICKEL et al. 1992). Granivore und Insectivore nehmen außerdem instinktiv Grit auf, also Sand und Steine, welche diese mahlende Wirkung noch verstärken (SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987; KLASING 1998). Die Magensekrete der Fleischfresser sind saurer und enthalten mehr Pepsin als bei den Granivoren, Herbivoren und Omnivoren (HERPOL 1967; FOWLER 1986; DUKE 1986b). Als direkte Folge ist die Fähigkeit zur Eiweißverdauung bei den fleischfressenden Vögeln am höchsten (HERPOL 1967). Der Dünndarm der Fleisch- und Fruchtfresser ist relativ kurz in Relation zur Körpergröße, bei den Pflanzenfressern dagegen vergleichsweise lang (DUKE 1986a; KLASING 1998). Papageienartige (*Psittacidae*) sowie einige ausgesprochene Insekten- und Fleischfresser wie die Spechte (*Piciformes*), Eisvögel (*Alcedinidae*) und Hopfe (*Upupidae*) besitzen keine Caeca, Seetaucher (*Gaviiformes*) und Reiher (*Ardeidae*) z. B. haben nur einen unpaaren Blinddarm (JACOBSHAGEN 1937; NICKEL et al. 1992; SCHEIDELER 1994). Die typische Blinddarm-Form der Eulen, lang mit stark ausgeweiteten Enden, sieht man ansonsten hauptsächlich bei Körner fressenden Vögeln (TABAKA et al. 1996). Das Pancreas ist bei Körner- und Pflanzenfressern stärker ausgebildet als bei den Greifvögeln (KLASING 1998). Eine Gallenblase fehlt einigen Papageien- und Taubenarten (NICKEL et al. 1992), während sie bei den carnivoren Arten besonders groß ausgebildet ist (BEZZEL und PRINZINGER 1990).

Korrespondierend mit einigen Untersuchungen an Greifvögeln berichtet FISHER (1967) von einer Protein-Retention und -Speicherung bei Hühnern, die quantitativ sehr wichtig ist, um den Eiweißbedarf adulter Tiere zu sichern.

### **3.4 Vergleich zum GIT carnivorer Reptilien und Säugetiere**

Der als Nahrungsdepot dienende Kropf ist eine Besonderheit der Vögel. Lediglich Reptilien verfügen über einen ähnlich dehnbaren Ösophagus, der während der Magenverdauung großer Beutetiere als Speicher dienen kann (STEVENS und HUME 1995). Laut MANGOLD (1911) hat ein Bussardmagen auffallend wenig Ähnlichkeit mit dem von Hühnern oder Krähen, sondern entspricht eher demjenigen von Fleischfressern. Die Magendrüsen der Säuger

unterscheiden sich dahingehend von denen der Vögel, dass bei ersteren das Pepsin zwar ebenfalls von den Hauptzellen sezerniert, die Säure aber von den Belegzellen (NICKEL et al. 1992) produziert wird (SMIT 1968). Laut DUKE et al. (1975) ist die Pepsin-Aktivität im Magen des Amerikanischen Uhus (*Bubo virginianus*) dreimal so hoch wie im Magen eines Hundes (nach REED und REED 1928). Das Kolon der Vögel ist dem Rektum der Säugetiere anatomisch und funktionell ähnlich (SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987).

#### **4. Gewölle**

##### **4.1 Allgemeines**

Der Begriff „Gewölle“ beruht auf dem mittelhochdeutschen „Gewelle“, das sich von dem Wort „Wellen“ ableitet, welches „Erbrechen“ bedeutet.

Die Bildung von Gewöllen stellt einen besonderen Mechanismus der Verdauung dar, der nicht nur bei Eulen und Greifvögeln, sondern auch bei Eis-, Raben- und anderen Vögeln zu beobachten ist. Gewölle, welche auch als „Speiballen“ (UTTENDÖRFER 1939) bezeichnet werden, bilden sich im Magen dieser Tiere und enthalten die unverdaulichen Anteile der Beutetiere, sie bestehen also hauptsächlich aus Haaren oder Federn sowie Knochen. Dieses Material passiert also nicht den gesamten Verdauungstrakt der Vögel, sondern wird retrograd aus dem Magen hervorgewürgt.

Auf die Frage, warum Gewölle gebildet und regurgitiert werden, gibt es mehrere mögliche Erklärungen (LEPRINCE et al. 1979). Eventuell ist dieser Verdauungsmodus eine Konsequenz auf die Verkürzung des Gastrointestinaltrakts in Relation zur Körpergröße dieser Spezies. Ein anderer Grund könnte die Beeinträchtigung der Flug- und damit auch der Jagdfähigkeit sein. Die Masse des aufgenommenen Futters repräsentiert bis zu 20 % des Gewichts des Vogels. Muss dieses mitsamt den unverdaulichen Anteilen durch den gesamten Verdauungstrakt geschleust und somit beim Flug mitgetragen werden, stellt es eine erhebliche Belastung dar. Eine dritte Hypothese bezieht sich auf den sehr empfindlichen Darm, der bei der Passage rauhen, reibenden Materials verletzt werden könnte. Dieses Risiko ist allerdings nicht einheitlich zu bewerten, da die Bestandteile in den Gewöllen einiger Vogelarten bereits sehr stark zersetzt sind (LEPRINCE et al. 1979).

Im Durchschnitt wird pro Tag ein Gewölle gebildet, diese Zahl kann jedoch ebenso wie die Form und Größe in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren deutlich variieren. So konnte in

einer Untersuchung an Buntfalken (*Falco sparverius*) beobachtet werden, dass pro Tag durchschnittlich ein Gewölle regurgitiert wird. Nahmen die Probanden mit der Mahlzeit jedoch einen höheren Anteil unverdaulichen Materials zu sich, so wurden zum Teil auch zwei Gewölle abgegeben. Vermutlich wird eine solche frequentere Abgabe von Gewölle notwendig, wenn die Menge der unverdaulichen Bestandteile das Volumen des Muskelmagens übersteigt. Das zweite Gewölle ist dann generell das kleinere (BALGOOYEN 1971).

### **4.2 Zusammensetzung der Gewölle**

#### **4.2.1 Makroskopische Zusammensetzung**

Gewölle sind Zusammenballungen der unverdaulichen Anteile von Beutetieren und enthalten demnach Knochen, Haare, Federn, Schnäbel, Krallen, Gräten und Fischschuppen, die von Schleim umgeben aneinander haften. Die harten Bestandteile werden von den weicheren Materialien umgeben, wodurch der obere Verdauungstrakt während des Auswürgens vor Verletzungen geschützt ist (KLASING 1998).

#### **4.2.2 Chemische Zusammensetzung**

Während der Gewöllebildung ist der pH-Wert im Magen annähernd neutral bzw. leicht alkalisch, bedingt durch einen Reflux alkalischen Sekrets aus Dünndarm und Pancreas (GRIMM und WHITEHOUSE 1963). Dieses Phänomen bewirkt einen im Vergleich zum Magensaft höheren pH-Wert im Gewölle. Daneben finden sich in den Gewölle zahlreiche Enzyme in individuell stark variierenden Mengen. Hierzu gehören Trypsin, Chymotrypsin, Amylase und Carboxypeptidase A, die aus dem Pancreas stammen bzw. Pepsin und Chitinase (HERPOL 1967; LEPRINCE et al. 1979), welche von der Mukosa des Drüsen- und Muskelmagens sezerniert werden. Die Chitinase fehlt nur bei wenigen Greifvögeln, die sich ausschließlich von Vögeln und Wirbeltieren, nicht aber von Insekten ernähren.

### **4.3 Produktion im GIT**

Gegenüber anderen Vogelarten weist der Gastrointestinaltrakt der Greifvögel keine erkennbaren anatomischen Modifikationen speziell für die Gewöllebildung auf (GRIMM und

WHITEHOUSE 1963). Zudem folgt der Auswurf des Gewölles nicht den gleichen Mechanismen, wie sie dem Erbrechen von Monogastriern oder dem Regurgitieren der Wiederkäuer zugrunde liegen.

Die unverdaulichen Bestandteile der Futtertiere verbleiben im Muskelmagen der Greifvögel und werden dort innerhalb von 12 Minuten durch Kontraktionen der inneren circulären und der äußeren longitudinalen Muskelschicht zu einem festen Ballen geformt. Anschließend wird dieser in den unteren Teil des Ösophagus geschoben und mit Hilfe antiperistaltischer Bewegungen der Speiseröhrenwand innerhalb von 8 bis 10 Sekunden herausbefördert. Kontraktionen der Bauchmuskulatur werden dabei nicht beobachtet (DUKE et al. 1976b; DUKE 1986a). TABAKA et al. (1996) hingegen berichten von einem Zusammenspiel der ventrikulären und proventrikulären Muskulatur mit Kontraktionen der Bauchwandmuskulatur, um das Gewölle in die Schnabelhöhle zu befördern.

Die Bewegungsabläufe des Muskelmagens erfolgen von der Nahrungsaufnahme bis zum Auswerfen des Gewölles nach einem festen Schema. Dieses beginnt während des Schluckens mit der Phase I, der „Filling phase“ (Füllung). An diese schließt sich Phase II an, genannt „Early chemical digestion“ (frühe chemische Verdauung), in welcher der Magensaft sezerniert und der überwiegende Teil des Fleisches verdaut wird. Darauf folgt als Phase III die Zeitspanne der „Late chemical digestion“ (späte chemische Verdauung) mit vergleichsweise schwächeren Kontraktionen in geringere Frequenz. Der Übergang zu den Phasen IV und V, der „Fluid evacuation“ (Abpumpen der Flüssigkeit) und der „Early pellet compaction“ (frühe Gewölle-Verdichtung), in welchen die chemische Verdauung endet und die Formung des Gewölles einsetzt, kann durch verschiedene interne sowie äußere Einflüsse ausgelöst werden, welche im Folgenden noch weiter ausgeführt werden. Sobald die Verdauung abgeschlossen ist und sich keine Aminosäuren oder andere Nährstoffe mehr im Lumen des Magens befinden (KLASING 1998), bilden die Phasen VI und VII „Late pellet compaction“ und „Final pellet compaction and egestion“ (späte und letzte Gewölle-Verdichtung und Auswurf) den Abschluss. Die Kontraktionen der Magenwand erreichen ihre maximale Frequenz und aus dem trockenen, lockeren, unverdaulichen Material wird das Gewölle in seine endgültige Form und Größe gepresst, bis es schließlich herausgewürgt wird (RHOADES und DUKE 1977; FULLER und DUKE 1979; DURHAM 1983).

Während der chemischen Verdauung der Nahrung kommt es zu einem bisher noch nicht näher terminierten Zeitpunkt zu einem Reflux alkalischen Sekrets aus Dünndarm und Pancreas in den Magen. Dieses Phänomen bedingt den annähernd neutralen pH-Wert der Gewölle (GRIMM und WHITEHOUSE 1963) sowie deren Gehalt an Pancreasenzymen. Möglicherweise soll mit Hilfe dieses Rückflusses eine intensivere Verdauung jener Substanzen gewährleistet werden, welche den unteren Gastrointestinaltrakt nicht erreichen. Eine weitere Erklärung wäre eine allgemeine Verlängerung der Verdauungszeit als Ausgleich für die kurze Passagezeit durch den GIT (LEPRINCE et al. 1979).

Die Verdauung der Skelettanteile von Beutetieren ist von der Acidität des Mageninhalts abhängig, da es erst bei niedrigeren pH-Werten zur Herauslösung des Calciums aus dem Knochenmaterial kommt (DUKE et al. 1975).

Die Zeitspanne von der Nahrungsaufnahme bis hin zur Gewölleabgabe, genannt „MPI – Meal to Pellet Interval“, unterliegt verschiedenen Einflussfaktoren. Die Mahlzeit („meal“) beinhaltet in diesem Fall sämtliche Nahrung, welche das Tier seit dem letzten Gewölle aufgenommen hat. Hat ein Tier seit mehreren Tagen kein Gewölle ausgespuckt, so repräsentiert das kommende Gewölle mehrere Mahlzeiten, und das MPI ist entsprechend verlängert (DUKE et al. 1976a).

In „mageren Zeiten“ ist es sinnvoll, das Material möglichst lange im Magen zu behalten, um es optimal aufschließen zu können. Dieses bedeutet aber gleichzeitig, dass die weitere Futteraufnahme herabgesetzt ist oder sogar verhindert wird, solange der Magen nicht entleert wurde (DUKE et al. 1976a).

Laut LOWE (1980) ist die Verdauungseffizienz umgekehrt proportional zum Gewicht der aufgenommenen Nahrung. So finden sich insbesondere im Herbst, wenn die Beutetierdichte am höchsten ist, unverdaute Futterbestandteile wie Knorpel, Sehnen oder sogar Fleisch in den Gewöllen. BRÜLL und TROMMER (1997) berichten entsprechend, dass die Nahrung der Taggreifvögel in der Brut- und Fütterungsperiode, in der große Mengen an Beute beschafft werden müssen, weniger effizient verdaut wird und die Gewölle entsprechend hohe Knochenanteile enthalten. Eventuell beruht dies auf der Tatsache, dass der Anblick frischer Nahrung die Regurgitation von Gewöllen stimuliert (LOWE 1980).

In der folgenden Tabelle 3 ist der Zusammenhang zwischen Futteraufnahme und Gewöllebildung (bzw. -zusammensetzung) dargestellt.

**Tab. 3:** Futteraufnahme, Gewöllebildung und -zusammensetzung bei verschiedenen Eulen und Greifvögeln nach Aufnahme von Mäusen (*Mus musculus*; DUKE et al. 1975)

Art	Anzahl (n)	KM (kg)	TS-Aufn. (g/d)	TS-Aufn. (g/kg KM/d)	Gewölle (g TS/d)	Gewölle-TS in % d. FA-TS <sup>1</sup>	Knochen im Gewölle in %
Am. Uhu	7	1,66	23,3	14,1	2,9	12,6	42,6 ± 6,92
Schnee-Eule	2	1,90	34,7	18,3	4,3	12,4	48,9 ± 3,25
Rotschwanzbussard	3	1,21	24,6	20,2	1,2	5,0	7,2 ± 8,56 <sup>2</sup> 1,7 ± 0,22 <sup>3</sup>
Präriebussard	1	1,16	18,7	16,1	1,1	5,6	2,8 ± 1,15
Wanderfalke	1	0,68	22,9	33,7	1,1	4,7	7,6 ± 5,63

<sup>1</sup> (g TS Gewölle /g TS Futteraufnahme [FA]) x 100

<sup>2</sup> Rotschwanzbussard Nr. 1 und 3

<sup>3</sup> Rotschwanzbussard Nr. 2

#### 4.4 Unterschiede in der Gewölleproduktion zwischen Tag- und Nachtgreifvögeln

Das MPI ist bei den Taggreifvögeln weitgehend unabhängig von der Größe oder dem Gewicht des aufgenommenen Futters. Lediglich wenn die Menge unverdaulichen Materials darin das Volumen des Muskelmagens übersteigt und somit zwei Gewölle daraus gebildet werden müssen, verlängert sich das MPI aufgrund der mehrfach nötigen Formung und Regurgitation (BALGOOYEN 1971).

Im Durchschnitt dauert das MPI bei Falken und Habichtartigen 19,5 bis 23,5 Stunden und steht in engem Zusammenhang mit der Morgendämmerung bzw. dem Lichtregime in Menschenobhut (DUKE et al. 1976a). So entleeren diese Tiere ihren Magen, unabhängig vom Umfang der Mahlzeit, im Morgengrauen aufgrund eines stimulierenden Effekts des zunehmenden Lichts (DUKE et al. 1976a). Auf diese Art und Weise ist der Greifvogel vorbereitet, im Tageslicht wieder jagen und fressen zu können (FULLER et al. 1979). Auch bei den Eulen wird das MPI vom Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme beeinflusst, wie eine Untersuchung von DUKE und RHOADES (1977) ergab. Unabhängig von der Größe der Mahlzeit war dieses Intervall bei Eulen, die am frühen Morgen gefüttert wurden, deutlich kürzer als bei solchen, die am Nachmittag Futter aufnahmen. Die Autoren erklären dies mit der Tagesrhythmik dieser Tiere. Da diese Vögel dämmerungs- und nachtaktiv sind, ist ihre Bewegungsaktivität und Stoffwechselrate zu diesen Zeiten zwei- bis dreimal höher als am Tage. Im Gegenzug sinkt vermutlich die motorische und enzymatische Aktivität im GIT,

woraufhin sich die Verdauung und somit das MPI von Beute, die am späten Nachmittag oder in der Nacht aufgenommen wird, verzögert (DUKE und RHOADES 1977). Im Gegensatz zu Eulen, die in der Regel nach jeder Mahlzeit ein Gewölle abgeben (CHITTY 1938; SMITH und RICHMOND 1972), nehmen Taggreife teilweise neue Nahrung auf, ohne sich zuvor des Gewölles zu entledigen (DUKE et al. 1976a). Dadurch beträgt das Verhältnis der Gewölle pro Mahlzeit ca. 80 %, beim Breitschwingebussard sogar nur 50 %, d. h., nach 80 bzw. 50 % der Mahlzeiten wird ein Gewölle regurgitiert. Eine Mahlzeit entspricht in diesem Zusammenhang der zur einmaligen Füllung des Magens (Sättigung) erforderlichen Nahrungsmenge (DUKE et al. 1976a). Dagegen ergab eine Untersuchung an Rotschwanzbussarden (*Buteo jamaicensis*) eine Frequenz von 97 % (FULLER et al. 1979). BOND (1936) berichtet zudem von Falken, die jeden Morgen ein Gewölle produzierten und, wenn sie früh am Tag Beute verzehrten, bereits am Nachmittag ein weiteres Gewölle von sich gaben.

Bedingt durch die höhere Acidität des Magenmilieus wird Knochenmaterial von den Taggreifvögeln sehr viel gründlicher verdaut (DUKE et al. 1975) und stellt infolgedessen einen deutlich geringeren Anteil am Gewölle als es bei den Eulen der Fall ist (BALGOOYEN 1971). DUKE et al. (1975) fanden in den Gewölle von Falken einen durchschnittlichen Knochenanteil von 6,5 %, während diejenigen von Eulen im Durchschnitt 45,8 % Knochen enthielten. In der Veröffentlichung von DUKE et al. (1976a) sind die Knochenanteile im Gewölle der Taggreifvögel mit unter 2 % noch geringer (s. Tab. 4). CLARK (1972) verglich die Gewölle von Sumpfohreulen mit denen von Kornweihen und ermittelte einen Knochenanteil von 44 % bei den Eulen im Gegensatz zu 17 % des Gesamtgewichts bei den Weihen.

Tab. 4: Aus der Futteraufnahme resultierende Gewöllebildung und Knochenanteil im Gewölle verschiedener Greifvögel und Eulen (DUKE et al. 1976a)

Art	Anzahl (n)	Gewölle-TS in % der FA-TS <sup>1</sup>	Knochen im Gewölle in %	Anzahl Gewölle/ Mahlzeit <sup>2</sup>
Rotschwanzbussard	6	4,92 ± 1,98	1,90 ± 0,97	0,84
Turmfalke	1	3,29 ± 1,72	1,44 ± 1,02	0,80
Schnee-Eule	2	12,15 ± 3,65	50,58 ± 9,26	0,98
Amerikan. Uhu	4	11,81 ± 2,33	42,60 ± 6,92	1,00

<sup>1</sup> (g TS Gewölle/ g TS Futteraufnahme) x 100

<sup>2</sup> Futterangebot ad libitum, 1 Std. täglich

Doch auch innerhalb der Ordnung der Eulen treten Unterschiede auf. Die Gewölle kleinerer Eulen enthalten einen höheren Knochenanteil. Dies ist mit dem unterschiedlichen Fressverhalten zu erklären, da die großen Vögel mit ihren kräftigen Schnäbeln Schädel und Skelett der Beutetiere zerkleinern, wodurch diese leichter den Verdauungstrakt passieren als die intakten Knochen. Laut EPPLE (1993) unterscheiden sich auch die verschiedenen Eulenarten in ihrer Fähigkeit zur Verdauung des Skelettsystems sowie in ihrem Fressverhalten. Schleiereulen verdauen demnach sehr rasch, aber weniger effizient, so dass das knöcherne Skelett zu etwa 70 % im Gewölle verbleibt. Im Gegensatz dazu zerkleinern die Sperlingskäuze die aufgenommenen Knochen derart gründlich, dass sie kaum mehr nachweisbar sind (EPPLE 1993). Noch im Wachstum befindliche Eulen verdauen die knöchernen Anteile wesentlich effizienter als Alttiere, was vermutlich auf den höheren Calciumbedarf für den Skelettaufbau der Jungtiere zurückzuführen ist (RACZYNSKI und RUPRECHT 1974; LOWE 1980; EPPLE 1993). Das Alter und die Beschaffenheit der Beute an sich sind ebenfalls von Bedeutung für die Verdauungsabläufe. So sind Knochen von Jungtieren - besonders von Vögeln - aufgrund der geringeren Mineralisation generell höher verdaulich (LOWE 1980; YALDEN und YALDEN 1985). In einer Untersuchung von YALDEN und YALDEN (1985) verblieben bei Verfütterung von Spatzen an Turmfalken keine Skelettteile oder Schnabelreste in den Gewöllen.

Bei den Eulen ist es nicht zuverlässig möglich, von der Zusammensetzung der Gewölle auf das tatsächliche Nahrungsspektrum im originären Biotop zu schließen, da bei reichlichem Nahrungsangebot die Beute nicht in toto, sondern nur partiell gefressen wird. Folglich kann nur die Art, nicht aber die Menge der Futteraufnahme nachvollzogen werden (CESKA 1982). In der Veröffentlichung von YALDEN und YALDEN (1985) wurde der Frage nachgegangen, wie verlässlich anhand von Gewölle-Analysen Rückschlüsse auf die Nahrungsaufnahme von Turmfalken (*Falco tinnunculus*) gezogen werden können. Bei diesen kommt noch die Tatsache hinzu, dass die Angehörigen der Familie der Greife (*Accipitres*) ihre Nahrung deutlich gründlicher verdauen als die Eulen (*Strigiformes*). Zur Klärung dieser Frage wurden einem in Gefangenschaft gehaltenen Turmfalken unterschiedliche, zuvor nach Art und Farbe registrierte Beutetiere angeboten. Die daraufhin abgegebenen Gewölle wurden unter dem Mikroskop untersucht und die Herkunft anhand von Federn, Fellfarben und Skelettteilen bestimmt. Die Hauptnahrung bildeten verschiedene Kleinsäuger, v. a. weiße Labormäuse,

daneben tageweise Waldmäuse sowie eine junge Ratte. Die Identifizierung dieser Kleinsäuger erfolgte hauptsächlich über die Fellfarbe, obwohl ein Großteil der Haare den Gastrointestinaltrakt passieren und mit den Exkrementen („Schmelz“) ausgeschieden werden kann. Von dem Skelett wurden in den Gewöllern vor allem einzelne Zähne, gelegentlich auch ein Unterkiefer wieder gefunden. Eine genaue Zuordnung war nur über Molare, nicht aber über einzelne Inzisivi möglich. Die Ratte hatte der Falke gründlich abgenagt, im Gewölle fand sich lediglich ein einzelner Backenzahn. Von mehreren angebotenen Haussperlingen blieben weder Knochen noch Schnabelteile übrig. Insgesamt konnten von 213 gefressenen Tieren 80 Tiere identifiziert werden. Die gesamte Gewöllemasse betrug lediglich 1 % der verzehrten Frischmasse. Im Gegensatz dazu ergab ein experimenteller Verdauungsversuch, in dem gleichartige Beutetiere gehäutet, ausgeweidet und anschließend bei 40 °C in Trypsin inkubiert wurden, einen Anteil an unverdaulichem Material in Höhe von 3-4 %. Diese Differenz erklärt sich vermutlich durch die vom Falken nicht aufgenommenen Futterreste, die somit im Prozentanteil des Gewölles nicht berücksichtigt sind. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt, dass Gewölleanalysen weder qualitativ noch quantitativ immer direkte Rückschlüsse auf die vorausgegangene Futteraufnahme zulassen. BALGOOYEN (1971) fütterte Buntfalken (*Falco sparverius*) zu regelmäßigen Zeiten (2,5 Stunden nach Sonnenaufgang) mit verschiedenen Diäten und beobachtete vergleichbare MPI (ca. 20 Stunden später) trotz unterschiedlicher Nährstoff- und Rohfaser-Gehalte. Während die Größe der Mahlzeit ebenso wie ihr Nährstoffgehalt bezüglich des Meal-to-Pellet-Intervals der Taggreifvögel also kaum eine Rolle spielt (BALGOOYEN 1971; FULLER et al. 1979), steht das MPI bei allen Eulen - abgesehen vom Sägekauz (*Aegolius acadicus*) - in direkter Relation zur Höhe der Nahrungsaufnahme (SMITH und RICHMOND 1972; DUKE et al. 1976a). Mit zunehmender Größe einer Mahlzeit wird das MPI gewöhnlich länger (CHITTY 1938; SHORT und DREW 1962; ERKINARO 1973; DUKE et al. 1976a).

Einen noch stärkeren Einfluss als die Futtermenge hat die Zusammensetzung des Futters, welches die Eulen aufnehmen. Steigt der Protein- oder der Fettgehalt der Nahrung an, so verlängert sich das MPI, wogegen es sich aufgrund eines zunehmenden Anteils an unverdaulichen Bestandteilen verkürzt (DUKE und RHOADES 1977). Eine fettreiche Mahlzeit wiederum verzögert die Verdauung und somit die Gewölleabgabe stärker als eine eiweißreiche Nahrung, da der Vogelmagen keine Lipase sezerniert (ZISWILLER und

FARNER 1972) und der Magen-pH für eine optimale Fettspeicherung zu niedrig ist (DUKE und RHOADES 1977).

Neben der Größe eines Gewölles scheint seine chemische und physikalische Beschaffenheit bei den Eulen der primäre, interne Stimulus für das Auswerfen desselben zu sein (DUKE et al. 1976a). Vermutet wird, dass intragastrische Chemorezeptoren den Übergang in Phase IV, die beginnende Gewölleformung, verhindern, solange Fett- oder Aminosäuren oberhalb eines Schwellenwertes im Magen vorliegen. Eine andere Theorie besagt, dass diese Chemorezeptoren den Gehalt an Pepsin oder Salzsäure und somit den pH-Wert registrieren, der laut einer Untersuchung an Schleiereulen (*Tyto alba*) ansteigt, kurz bevor das Gewölle hervorgewürgt wird (SMITH und RICHMOND 1972).

Im Durchschnitt geben die Eulen ihr Gewölle 10 bis 13 Stunden nach der Futteraufnahme ab (DUKE et al. 1976a). Wird eine Mahlzeit nicht gesamt, sondern in 2 bis 3 Portionen aufgeteilt gereicht, so verlängert sich das MPI ebenfalls, wie CHITTY (1938) an Sumpfohreulen (*Asio flammeus*) sowie SMITH und RICHMOND (1972) an Schleiereulen (*Tyto alba*) beobachteten. Dies beruht auf einer verzögerten chemischen Verdauung, da durch eine zweite und jede weitere Futteraufnahme der pH-Wert im Magen wieder ansteigt und die bisherige proteolytische Aktivität gedämpft wird (DUKE et al. 1975). Aufgrund der wiederholten Verdünnungen des Magen-Chymus und der damit verbundenen Unterbrechung der chemischen Zersetzung wird die Verdauung umso ineffizienter, je größer die Abstände zwischen den einzelnen Portionen einer Mahlzeit sind (FULLER und DUKE 1979).

Nachtaktive Tiere zeigen allerdings häufig ein biphasisches Aktivitätsmuster (ASCHOFF 1966). Auch frei lebende Eulen weisen laut einer Studie von FULLER (1978) zwei Aktivitätspeaks auf, zum einen zwischen Sonnenuntergang und Mitternacht und zum zweiten von ca. 3 Uhr morgens bis kurz vor Sonnenaufgang. Somit wären die Eulen in der Lage, zweimal innerhalb von 24 Stunden Nahrung aufzunehmen und zu verdauen. Je nach Größe der Abendmahlzeit wird vor der nächsten Jagd bereits ein Gewölle gebildet, was wiederum die Aufnahme einer weiteren, größeren Mahlzeit erlaubt. FULLER und DUKE (1979) führten zu dieser Thematik eine Versuchsreihe durch, in der sie Amerikanische Uhus (*Bubo virginianus*) zweimal täglich in 12stündigem Abstand, um 7 Uhr morgens und um 19 Uhr abends, fütterten. Die Eulen bildeten hier jeweils zwei Gewölle, die Summe der beiden MPIs war geringer als bei einmaliger Fütterung der gleichen Nahrungsmenge. In diesem Fall war

die Verdauung also am effizientesten. Darüber hinaus wird das MPI verkürzt, wenn das angebotene Futter zuvor mechanisch zerkleinert wird (DUKE und RHOADES 1977).

### **4.5 Einflussfaktoren auf die Gewöllebildung**

Bei größeren Greifen dauern Verdauung und Gewöllebildung länger als bei kleineren Arten, obwohl letztere relativ zum Körpergewicht eine größere Menge an Futter aufnehmen. Auch die Geräuschkulisse beeinflusst die Dauer des MPI. An Wochenenden oder bei Unterbringung in schalldämpften Räumen ist es geringgradig verlängert (DUKE et al. 1976a). Besonders deutlich ist dieser Einfluss, wenn die Vögel versuchsweise schalldicht untergebracht werden. Lärm hingegen hat eine Motilität-stimulierende und somit MPI-verkürzende Wirkung (FULLER et al. 1979).

Den wichtigsten regulierenden Effekt auf das MPI hat allerdings die Tageszeit, zu der die Nahrungsaufnahme stattfindet. Bei den Taggreifen folgt auf eine nachmittägliche Fütterung im Vergleich zu einer frühen Futteraufnahme ein deutlich verkürztes MPI mit einer signifikant größeren individuellen Varianz zwischen den Einzeltieren (FULLER et al. 1979). Bei den Eulen tritt der gegenteilige Effekt auf (DUKE und RHOADES 1977), der zusätzlich durch Qualität und Quantität des Futters modifiziert wird, wie unter Punkt 4.3 näher ausgeführt wurde.

Bei allen Greifvögeln und Eulen stimuliert der Anblick frischer Beute die Magenmotilität (DUKE et al. 1976a) und somit die Gewöllebildung (CHITTY 1938). Dies impliziert die Existenz einer willentlichen oder zentralnervösen Regulation (DUKE und RHOADES 1977). Auch die Jahreszeit und damit die Erreichbarkeit der Beute beeinflussen Größe und Gewicht der Gewölle (VILLAGE 1982). So sinkt die Stoffwechselrate des Streifenkauzes (*Strix varia*), wenn die Nahrungsaufnahme über einen längeren Zeitraum unterhalb des Erhaltungsumsatzes bleibt und die Tiere kontinuierlich an Gewicht verlieren (DUKE et al. 1979). In diesem Fall scheinen die Tiere in der Lage zu sein, die Passagezeit zu verlängern und somit die Effizienz der Verdauung zu steigern. Folglich ist der Anteil des Futters, der im Gewölle verbleibt, geringer als bei den Tieren, die ihr Körpergewicht halten.

### 4.6 Gewölle anderer Spezies

Neben den Ordnungen der Greifvögel und Eulen gibt es zahlreiche weitere Vogelarten, die Gewölle bilden.

Kolkraben (*Corvus corax*), stellvertretend für die große Gruppe der Rabenvögel (Familie *Corvidae*), sind Omnivore mit einem äußerst vielseitigen Nahrungsspektrum. Sie fressen opportunistisch alles, was sie finden bzw. erbeuten können. In ihren Gewöllern finden sich neben pflanzlichem Material auch Überreste von Kleinsäugetern, Jungvögeln, Amphibien und Insekten (STEINBACHER 1969).

Der Wendehals (*Jynx torquilla*), ein kleiner Vertreter der Familie der Spechte (*Picidae*), ernährt sich überwiegend von Ameisen, deren Reste er als Speiballen von sich gibt (SOTHMANN und SCHREINER 1989). Der omnivore Wachtelkönig (Wiesenralle, *Crex Crex*) würgt ebenfalls ca. 1 cm große Ballen hervor, die neben Sämereien und grünen Pflanzenteilen, die in seiner Nahrung einen Anteil von 20 % ausmachen, unverdauliche Anteile von Insekten, Fröschen, Regenwürmern und kleinen Nagern enthalten. Eisvögel (*Alcedo atthis*) verspeisen Fische bis zu einer Länge von 12 cm, Wasserinsekten und deren Larven, Kleinkrebse und Kaulquappen, die sie allesamt jeweils in einem Stück schlucken. Die unverdaulichen Reste werden ein bis zwei Stunden nach der Mahlzeit als Gewölle abgegeben (GRZIMEK 1969). Kormorane (*Phalacrocorax*) ernähren sich ebenfalls ausschließlich von Fischen und anderen Wassertieren. Die unverdaulichen Anteile werden, eingeschlossen in eine rote Schleimhülle, die von der Magenwand abgesondert wird, ausgespuckt. Zusätzlich wird beobachtet, dass ein Kormoran, wenn er während der Verdauung gestört wird, häufig seinen Mageninhalt hervorwürgt, bevor er davon fliegt (G. F. van TETS 1969). Das Nahrungsspektrum der carnivoren Störche (Familie *Ciconiidae*) ist recht breit. Es beinhaltet Regenwürmer, Insekten wie Heuschrecken, Amphibien, Reptilien, in geringerem Maße auch Fische sowie kleine Nager und Vögel (GRZIMEK und SCHÜZ 1969). Knochen, Zähne oder Fischschuppen sind in den Gewöllern nicht zu erkennen, da sie von der Magensäure gründlich zersetzt werden. Das Nahrungsrepertoire der Reiher (Familie *Ardeidae*) ist demjenigen der Störche ähnlich. Die Gewölle dagegen enthalten neben Haaren und Insektenresten auch Knochenteile. Unverkennbar ist deren makroskopische Gestalt, da sie aus zahlreichen kleinen Kugeln zusammengesetzt sind (KRAMER 1969). Der Kuckuck (Familie *Cuculidae*) ernährt sich von Kerbtieren, Larven und Raupen. Die spitzen Haare, die viele Raupenarten tragen,

bedecken die Magenwand nach und nach, ähnlich einem dichten Distelbestand. Schließlich lösen sich große Stücke der mit Haaren gespickten Magenschleimhaut und werden ausgewürgt (MEISE 1969). Silbermöwen (*Larus argentatus argentatus*) sind Allesfresser, die sich hauptsächlich von Muscheln, Krebsen, Würmern und (meist toten) Fischen ernähren. Ein weiteres Beispiel für die Unterordnung der Möwenartigen (*Lari*) ist die Lachseeschwalbe (*Gelochelidon nilotica*), die außer Meerestieren auch Jungvögel und Kleinsäuger erbeutet. Allen Möwenartigen gemeinsam sind die Gewölle, welche denen der Greifvögel ähneln (BOECKER 1969; GOETHE 1969). Die Mauersegler (*Apus apus*), als Stellvertreter der Familie der Segler (*Apodidae*), würgen eine spezielle Art von Ballen hervor, die unverdaute, meist noch lebende Kerb- und Spinnentiere enthalten und den Jungtieren als Nahrung dienen. Die erbeuteten Gliederfüßer werden im Schlundsack des Elterntieres mit Speichel aneinander geklebt und als Klumpen, in der Größe dem Alter der Nestlinge angepasst, diesen in den Schlund hinein gewürgt (de ROO 1969).

Diesen verschiedenen Gewölleformen der unterschiedlichen Vogelarten vergleichbar sind die Trichobezoare der Katzen, die aus abgeschluckten Haaren bestehen oder sich nach dem Verschlingen kompletter Beutetiere bilden.

### 5. Harntrakt

Der Harntrakt der Greifvögel und Eulen besteht nur aus den Nieren und den Harnleitern, d. h. eine Harnblase und eine Harnröhre sind nicht angelegt. Die Nieren sind dreilappig und liegen im kaudalen Bereich der Leibeshöhle, links und rechts der Wirbelsäule. Von hier aus gelangt der Urin über die Ureteren und die Harnleitermündungen in das Urodaeum, den mittleren Abschnitt des Enddarms (GABRISCH und ZWART 1987).

Stickstoff liegt im Organismus nicht elementar gasförmig vor, sondern bleibt als Ammoniak an Wasserstoff gebunden und bildet mit Kohlenstoffverbindungen meist komplexere Strukturen wie Kreatinin oder Harnsäure (zu DOHNA-SCHLOBITTEN 1931). Diese Substanzen werden in der Leber gebildet und in den Nierenkörperchen aus dem Blut resorbiert (GABRISCH und ZWART 1987).

Der in den Nieren gebildete Urin enthält in seinem flüssigen Anteil in Wasser gelöste Harnsäure, Ammoniak sowie diverse Elektrolyte, v. a. die Kationen Natrium und Kalium, die zudem in Form von gelösten Harnsäurekristallen vorliegen. In einer Publikation von

JOHNSON (1969) machen die Urate einen Anteil von 39 % (Na-Urat) bzw. 27 % (K-Urat) des Gesamtgehalts dieser Elektrolyte aus. Durch die Ausscheidung von Harnsäure geht mehr Energie verloren, und zwar 3,75 ATP/ mol N, im Vergleich zu 2 ATP/ mol N in Form von Harnstoff bei den Säugern. Der Vorteil für die Vögel liegt im geringeren Wasserverlust, da die Harnsäure im Urin eine hochgesättigte Suspension bildet. Dies ermöglicht carnivoren Vögeln, die in eher trockenen Klimazonen leben, mit dem in der Nahrung enthaltenen Wasser auszukommen. Andererseits enthält der Urin von Wassergeflügel, das keine wassersparenden Mechanismen benötigt, dementsprechend vergleichsweise weniger Harnsäure und einen höheren Anteil an Ammoniak (KLASING 1998). Dieser von den Nieren ausgeschiedene Urin kann bei den Vögeln im unteren Gastrointestinaltrakt modifiziert werden (ANDERSON und BRAUN 1985). Laut SCHMIDT-NIELSEN et al. (1963) sowie HART und ESSEX (1942) findet in der Kloake eine Reabsorption von Wasser statt, indem ein Teil der Kationen rückresorbiert wird, die dann das Wasser osmotisch nach sich ziehen. Die überschüssigen Elektrolyte können von Vögeln und Reptilien über den Mechanismus der nasalen Salzdrüse (s. Kap. II/6) eliminiert werden.

Eine weitere Veränderung der Harnzusammensetzung erfolgt durch einen retrograden Rückfluss des Urins bis in die Blinddärme (KOIKE und McFARLAND 1966; AKESTER et al. 1967; POLIN et al. 1967), in denen harnsäureabbauende anaerobe Bakterien in großer Zahl nachgewiesen wurden (BARNES und IMPEY 1974). Laut ANDERSON und BRAUN (1985) werden bis zu 68 % der Harnsäure während der Darmpassage abgebaut, nicht zuletzt zur N-Versorgung der Blinddarmflora (BARNES und IMPEY 1974).

### **6. Nasen-Salzdrüse**

Der Begriff „Salzdrüse“ wird ganz allgemein für alle Drüsen außerhalb der Niere verwandt, deren Hauptfunktion die Exkretion hypertoner Elektrolytlösungen ist. Dies ist zunächst unabhängig von der anatomischen Lage oder der Art der sezernierten Salze (VAN LENNEP und YOUNG 1979). Derartige Sekretionsorgane mit vergleichbarer Ultrastruktur und osmoregulatorischer Funktion finden sich bei allen Vögeln (INOUE 1963; SCHMIDT-NIELSEN et al. 1963; STURKIE 1986) und bei Reptilien wie den Wasserschildkröten (SCHMIDT-NIELSEN et al. 1963; VAN LENNEP und YOUNG 1979) im intra- oder supraorbitalen Nasenbereich. Daneben wurden Salzdrüsen bei verschiedenen Fischen, unter

anderem dem Haifisch, dem Rochen und dem Seewolf, außerhalb der Kopfreion nachgewiesen (VAN LENNEP und YOUNG 1979).

Sowohl die Größe dieses Organs als auch seine Fähigkeit zur Absonderung hypertoner Flüssigkeiten steigt in dem Maß an, in dem die betreffende Tierart hohen Salzaufnahmen ausgesetzt ist. So sind besonders diejenigen Vögel und Reptilien, die am oder im Meer leben, wie auch Land bewohnende Tiere in ariden oder Wüsten-Habitaten mit ihren ausgeprägten Nasendrüsen in der Lage, auf Wasser sparende Art große Mengen an Salz auszusecheiden.

Die Kationen Natrium, Kalium und Calcium sowie die Anionen Chlorid und Bikarbonat sind dabei in unterschiedlichen Anteilen nachweisbar (SCHMIDT-NIELSEN et al. 1963). So produziert beispielsweise die Hausente (*Anas platyrhynchos* forma domestica) eine Lösung, deren NaCl-Konzentration um das Dreifache höher liegt im Vergleich zu den Werten im Blutplasma.

Die Konzentration und das Volumen der sezernierten Flüssigkeit werden von zwei voneinander unabhängigen, bisher noch nicht näher bekannten Mechanismen gesteuert (INOUE 1963).

Greifvögel verzehren Beutetiere mit annähernd isosmotischer bis hin zu hyperosmotischer Wasser- und Elektrolytzusammensetzung (je nach Frischegrad) im Vergleich zu den körpereigenen Flüssigkeiten. In Folge von Verdunstung reduziert sich der Wassergehalt, nicht jedoch der Salzgehalt im Körper, und die nasale Salzsekretion fungiert als wichtiger ausgleichender Mechanismus zur Aufrechterhaltung des eigenen osmotischen Gleichgewichts (s. Tab. 5). Unter Falknern ist bekannt, dass verschiedene Greifvögel, besonders Habichtartige und Adler, während und kurz nach der Futteraufnahme ein klares Sekret aus den Nasenlöchern abgeben, das sie zum Teil durch Kopfschütteln oder Niesen entfernen, das aber teilweise auch rund um die Nasenlöcher zu Salzkristallen eintrocknet.

Eine Untersuchung von CADE und GREENWALD (1966) an 16 Arten von Habichtartigen (*Accipitridae*) und 8 Arten von Falken (*Falconidae*) ergab, dass die Nasendrüsen innerhalb der Gruppe der Falkenartigen in ihrer Gestalt und Position in der Orbitalregion beträchtlich variieren, dass sie aber generell deutlich weniger Flüssigkeit absondern als Habichtartige entsprechender Größe. Einige Arten bilden überhaupt kein Sekret. Ein untersuchter Buntfalke (*Falco sparverius*), der zu keiner Zeit eine Sekretion zeigte, wies einen vergleichsweise hochkonzentrierten Harnanteil und ungewöhnlich hohe Ionenkonzentrationen im Blutplasma

auf. Die Autoren vermuten daher, dass die Konzentrationsfähigkeit der Falkenniere höher und folglich kein spezielles Organ zur Eliminierung überschüssiger Salze erforderlich ist.

Die Nasen-Salzdrüse ist durch osmotischen Stress stimulierbar, wie an einem Savannenbussard (*Heterospizias meridionalis*) gezeigt werden konnte, indem die Futtertiere dieses Bussards mit einer hochkonzentrierten Salzlösung präpariert wurden. Darüber hinaus wird vermutet, dass die Sekretion über weitere Reize auslösbar ist. So begann ein heranwachsender Gaukler (*Terathopius ecaudatus*) Sekret abzugeben, sobald er Futter in der Hand des Betreuers sah. Allerdings ist bei dieser Untersuchung aufgefallen, dass scheue Wildfänge im Vergleich zu zahmen Probanden deutlich weniger oder gar keine Flüssigkeit abgaben (CADE und GREENWALD 1966).

Tab. 5: Mineralstoffgehalte (Angaben in mmol/ l) im Blut, Harn und Nasensekret bei verschiedenen Greifvögeln (CADE und GREENWALD 1966)

Art	Blut			Harn				Nasensekret			
	Na	K	Cl	Na	K	Ca	Cl	Na	K	Ca	Cl
Gabar-Habicht											
hoher Gehalt	-	-	-	190	100	17	67	2316	128	56	2441
mittel	160	-	127	73	48	6	48	1023	45	21	983
gering	-	-	-	24	12	2	32	440	16	3	416
Habicht											
hoher Gehalt	-	-	-	-	-	-	-	620	200	-	502
gering	-	-	-	130	128	-	31	380	100	-	339
Rotschwanzbussard	-	-	-	206	76	-	21	380	20	-	226
Sakerfalke	-	-	-	234	268	-	155	920	170	-	851

Die niedrigen Werte für die Na- und Cl-Konzentration im Nasensekret kommen der Konzentrationsfähigkeit der Salzdrüse vermutlich am nächsten. Aufgrund der Verdunstung im Bereich der Nasenlöcher und der folgenden Bildung von Salzkristallen ist eine genauere Aussage nicht möglich, ohne die Ausführungsgänge der Drüse zu kanalisieren. Eine weitere Untersuchung zu dieser Thematik wurde von JOHNSON (1969) durchgeführt (s. Tab. 6).

**Tab. 6:** Ionenkonzentrationen (Angaben in mmol/l) im Harn und Nasensekret von Rotschwanzbussarden nach Gabe von Rinderherzen (JOHNSON 1969)

Parameter \ Art	Harn				Nasensekret	
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Harnsäure	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Rotschwanzbussard	38	61	268	44	272	8

Die Gesamtmenge des Harns betrug ca. 30 g/ Tag. Der Na-Gehalt des Nasensekrets entsprach 3 % der gesamten Natrium-Exkretion pro Tag. Die Nasen-Salzdrüse spielt bei nicht gestressten Tieren somit nur eine untergeordnete Rolle zur Aufrechterhaltung der Elektrolytbalance (JOHNSON 1969).

### 7. Ernährung im originären Biotop

Entsprechend der großen Zahl verschiedener Greifvogelarten besteht eine hohe Varianz hinsichtlich der Art des Beutefangs und der bevorzugten Beutetiere, die sich in der Lebensweise ebenso widerspiegelt wie im Körperbau. Eulen lokalisieren ihre Beute ebenso wie die Taggreifvögel visuell, verfügen aber zusätzlich über ein sehr feines Gehör, das ihnen erlaubt, auch in der Dunkelheit zu jagen (DICE 1945; POSTLER und BARRETT 1982). Einige Grundsätze bei der Beuteauswahl sind jedoch allen Greifvögeln gemeinsam. Ein primärer Faktor ist ein möglichst großer Energiegewinn (POSTLER und BARRETT 1982), ein weiterer die Erreichbarkeit, d. h. ein möglichst geringer Aufwand bei der Jagd. Die höhere Mobilität ist entscheidend bei der Auswahl zwischen gleichartigen Beutetieren (SNYDER et al. 1976). Eine weitere Gemeinsamkeit ist die Tatsache, dass während der Jungenaufzucht der Fütterungstrieb über das Sättigungsgefühl dominiert. Die Alttiere sind in ständiger Jagdbereitschaft und legen am Nistplatz Nahrungsdepots an (TROMMER 1993).

Die Höhe der Futteraufnahme wird sowohl von der Zusammensetzung der Beutetiere als auch von äußeren Faktoren beeinflusst. So ist der Energiegehalt, also besonders der Fettgehalt der Nahrung ein wichtigerer Regulator als der Proteingehalt (GLEAVES et al. 1968). Die Futteraufnahme korreliert mit dem Energiegehalt und steigt folglich bei sinkendem Fettanteil. Darüber hinaus besteht eine Abhängigkeit zwischen der Futteraufnahmemenge und der Umgebungstemperatur, da bei niedrigeren Temperaturen höhere Energiemengen zur Thermoregulation erforderlich sind (STALMASTER und GESSAMAN 1982). Dies ist auch

im Verlauf eines Jahres zu beobachten. Im Oktober und November steigt der Appetit und damit die Futtermittelaufnahme auf ein Maximum, um den Organismus gegen winterliche Bedingungen zu schützen, zum Frühjahr hin sinkt der Appetit dann bis zum Mai und Juni auf das geringste Niveau (LOWE 1980).

Die beiden Familien der Ordnung *Falconiformes* weisen typische Differenzierungsmerkmale auf, die auf der unterschiedlichen Art der Beutenahme beruhen. Die Habichtartigen sind Griffeltöter, d. h. sie haben kräftige Fänge und Klauen (= Zehen), mit denen sie die Beutetiere fangen und töten, indem sie diese erdrücken oder erdolchen. Der Reißhaken-Schneideschnabel dient lediglich zum Zerkleinern der Beute. Die Falken als Bisstöter besitzen dagegen einen Reißhaken-Beißschnabel mit einem Falkenzahn, mit dem sie ihre Beute ebenso wie die Eulen durch einen Biss in den Hinterkopf töten. Ihre Zehen sind meist weniger kräftig und verfügen über relativ lange Klauen, mit denen sie die Beutetiere fangen und festhalten (SCHÖNEBERG 1994; BRÜLL und TROMMER 1997). Während die Falken sich ausschließlich von Wirbeltieren ernähren, nehmen Habichte, Bussarde, Weihen und Adler daneben auch Insekten, Aas oder Mollusken zu sich (GABRISCH und ZWART 1987).

Die Aufnahme von Aas birgt einige Nachteile und Gefahren. Zum einen muss es im Gegensatz zu frischer, körperwarmer Beute zunächst aufgewärmt werden, bevor es verdaut werden kann. Zum zweiten enthält es zahlreiche Mikroorganismen, die begonnen haben, den Tierkörper zu zersetzen (FORBES 2007). Dabei entstehen Toxine und andere mikrobielle Abbauprodukte, die das Gewebe ungenießbar machen. Der Energiegehalt nimmt aufgrund dieser Abbauprozesse allerdings nicht signifikant ab, wie eine Analyse von 7 Wochen alten Kadavern ergeben hat (BARTON und HOUSTON 1993a). Generell sind von 10 Beutefangversuchen nur 1 bis 2 erfolgreich, die Nahrungsbeschaffung ist für die Vögel also harte Arbeit (DAMM 1999).

### 7.1 Turmfalke

Der Turmfalke jagt ausnahmslos aus dem Flug heraus, häufig steht er im Rüttelflug in der Luft, während er den Erdboden nach Nahrung absucht. Er ernährt sich zu 75 - 90 % von Mäusen, v. a. Feldmäusen, daneben Wühlmäusen, Hamstern, Maulwürfen u. a.. Zusätzlich jagt er Eidechsen, Amphibien und Insekten wie z.B. Käfer, Heuschrecken oder Raupen. Deren Anteil erhöht sich in Jahren eines dezimierten Mäusebestandes (UTTENDÖRFER 1939;

VILLAGE 1982; KOSTRZEWA und SPEER 2001). Selten begnügt sich ein Turmfalke mit überfahrenen Kleinsäufern (KOSTRZEWA und SPEER 2001). Vögel werden nur in Ausnahmefällen erbeutet, meist sind diese noch jung oder geschwächt. Nur im Winter und in der Fortpflanzungsperiode jagt der Turmfalke vermehrt Singvögel in Sperlingsgröße sowie vereinzelt auch Amsel, Star, Türkentaube oder Buntspecht (PIECHOCKI 1983).

Turmfalken besitzen die Eigenheit, dass sie Reste einer Beutetier-Mahlzeit, die sie wegen ihrer Größe nicht sofort komplett auffressen können, in das Fell wickeln und in Felsspalten, Erdlöchern oder Astgabeln verstecken (UTTENDÖRFER 1939; TROMMER 1993).

### 7.2 Mäusebussard

Der Mäusebussard ist in seinem Beutespektrum und seiner Jagdweise recht vielseitig. Er späht fliegend, auch im Rüttelflug, nach Beute, jagt von einem erhöhten Ansitz aus oder ist dabei zu beobachten, wie er in Flugsprüngen Mäuse fängt (FISCHER 1983). Kleintiere wie Insekten oder Reptilien sucht er häufig „zu Fuß“.

Aufgrund seines Körperbaus ist der Bussard fast ausschließlich auf sitzende oder laufende Beute angewiesen (UTTENDÖRFER 1939). Den Hauptanteil seiner Nahrung liefern Mäuseartige, besonders die Feldmäuse (*Microtus* spp.), außerdem weitere kleine Säugetiere wie Maulwürfe, Hamster, Wiesel, Kaninchen oder junge Hasen. Auch Reptilien, Amphibien und Invertebraten gehören regelmäßig zu seiner Nahrung, darunter verschiedene Echsen, Blindschleichen, Frösche und Kröten und Regenwürmer (MELDE 1983). Fliegende Vögel vermag er kaum zu erjagen, es sei denn durch einen Überraschungsangriff (UTTENDÖRFER 1952). Nestlinge, Ästlinge oder Eier holt er sich dagegen gern aus den Nestern diverser Singvögel (KOSTRZEWA und SPEER 2001). Gelegentlich frisst der Bussard zusätzlich Fisch, Insekten, Nacktschnecken u. ä.. Besonders im Winter stellt Aas eine wichtige Nahrungsquelle dar. Weitere Möglichkeiten der Nahrungsbeschaffung bestehen darin, andere Greifvögel wie den Habicht oder Wanderfalken anzubetteln, ihnen die Beute abzuzeigen oder diese in einem unbeobachteten Moment aus deren Horst zu stibitzen (UTTENDÖRFER 1939).

### 7.3 Uhu

Der Uhu ist dämmerungs- und nachtaktiv, während der Brutzeit jagt er allerdings auch tagsüber (EPPL 1993). Zu seinem Beuterepertoire gehören mehr als 50 Säugetierarten und annähernd 180 Vogelarten (EPPL 1993). Dabei jagt er sowohl im Pirschflug aus niedriger Höhe als auch von einem Ansitz aus. Auch am Boden hüpfend, in Form von Flugsprüngen, ist er sehr geschickt. In seiner Beuteauswahl ist der Uhu grundsätzlich sehr flexibel, er bedient sich aus dem jeweils vorhandenen Angebot. Zu seiner Nahrung zählen neben Singvögeln, Krähen, zahlreichen Hühnerarten und Wassergeflügel auch andere Greifvögel bis hin zum adulten Habicht oder Fischadler. Mäuse fängt er besonders in Zeiten reichlichen Angebots, ansonsten bevorzugt er größere Nagetiere wie Eichhörnchen, Murmeltiere, Kaninchen und Hasen sowie Rehkitze oder kleine Raubtiere wie Marder und Jungfüchse (UTTENDÖRFER 1939). Gelegentlich frisst der Uhu außerdem Igel (MÄRZ 1940), Fische, Frösche oder Insekten (EPPL 1993). In Ausnahmefällen spezialisiert sich ein Uhu auch auf eine bestimmte, reichlich verfügbare Beutetierart und akzeptiert in der Folgezeit keine anderen Tiergruppen als Nahrung. Dies kann u. U. sogar zum Verhungern des Nachwuchses führen, wenn die bevorzugte Beute nicht mehr in ausreichender Menge vorhanden ist.

Ähnlich dem Turmfalken zeigt auch der Uhu die Besonderheit, dass er überschüssige Nahrung bevorratet. Die Reste großer Beutetiere verscharrt er z.B. im Schnee oder legt sie in ein Versteck, bedeckt sie mit Fell und kommt am folgenden Tag zurück, um weiter zu fressen (UTTENDÖRFER 1939; TROMMER 1993). Ebenso ist bereits beobachtet worden, dass ein Uhu wertvolle Beutereste „einen ganzen Tag lang in den Fängen hält“ (SARUDNY, nach UTTENDÖRFER, 1939). Auch Vorräte am Nest werden sorgsam behandelt: „..., dass der Uhu zwar Ratten in seinem Nest sammelt, aber die verdorbenen beseitigt und die unverdorbenen aus der Sonne in den Schatten legt“ (HEINROTH 1938).

### 7.4 Wasseraufnahme

In gemäßigten Klimazonen können Greifvögel ihren Wasserbedarf zum großen Teil aus der frischen Beute und durch oxydative Stoffwechselprozesse decken. Laut KLASING (1998) enthalten Wirbeltiere 50-80 % Wasser. Diese Menge reicht in den meisten Lebensräumen aus, um den Wasserbedarf fleischfressender Vögel zu decken. Erhöhte Außentemperaturen werden mittels Flügelspreizen, Hecheln und gegebenenfalls über eine vermehrte Wasseraufnahme reguliert (GABRISCH und ZWART 1987). Flüssigkeitsverluste können zudem über die Niere und die Nasen-Salzdrüse korrigiert werden (FOWLER 1986). Obwohl die Vögel erreichbare Wasserquellen nutzen, sind sie unter den meisten Umständen in der Lage, ihre Verhaltensmuster und Aktivitäten derart anzupassen, dass sie selbst in heißen und trockenen Regionen überleben und ihren Wasserhaushalt im Gleichgewicht halten können, ohne zu trinken. Zahlreiche Greifvogelarten, darunter der Turmfalke (*Falco tinnunculus*), der Rauhfußbussard (*Buteo lagopus*) und der Amerikanische Uhu (*Bubo virginianus*) sind dahingehend untersucht worden, dass sie in Gefangenschaft ihr Gewicht halten oder sogar zunehmen, wenn sie ausschließlich Fleisch zu sich nehmen, ohne Wasser angeboten zu bekommen. BARTHOLOMEW und CADE (1963) vermuten, dass diese Erkenntnis auf alle fleischfressenden Vögel übertragbar ist.

### 7.5 Kannibalismus, Kainismus

Einen Ausnahmefall in Bezug auf die Nahrungsaufnahme stellt der Kannibalismus dar, der nichtsdestotrotz nicht ungewöhnlich ist, sondern in den Jahren, in denen während der Brutsaison Nahrungsknappheit herrscht, von diversen Greifvogelarten, darunter auch den Mäusebussarden, praktiziert wird (GRZIMEK 1969; MELDE 1983; HEIDENREICH 1995). Vorrangiges Ziel ist das Überleben mindestens eines Nachkommens und damit die Erhaltung der Art (EDWARDS und COLLOPY 1983). Erkennbar ist dies auch an der Tatsache, dass immer nur signifikant kleinere Küken dem Kannibalismus zum Opfer fallen (BORTOLOTTI et al. 1991). Auch wenn Nestlinge von den Elterntieren getötet werden, um von den Geschwistern gefressen zu werden, ist der größte Nutzen die geringere Nahrungskonkurrenz unter den Überlebenden. Dementsprechend wurde bei Buntfalken beobachtet, dass nur ein Teil der getöteten Jungen an die Geschwister verfüttert wurde, je nach Ausmaß des Nahrungsmangels (BORTOLOTTI et al. 1991).

Laut RICKLEFS (1974) sind die energetischen Kosten für die Eiproduktion bei Greifvögeln im Vergleich zu anderen Vogelgruppen am niedrigsten. Bei Adlern z.B. ist das zweite Ei oft kleiner als das zuerst gelegte (RICKLEFS 1974). Die vorherrschende Hypothese hierzu lautet, dass das zweite Ei quasi als Versicherung dient, falls das erste Küken nicht schlüpft oder früh eingeht (EDWARDS und COLLOPY 1983). Schlüpfen dagegen mehrere, geschieht es regelmäßig, dass die Jüngsten durch die älteren Geschwister eingeschüchtert und belästigt werden, um sie von der Nahrung und der elterlichen Brutpflege fernzuhalten. Begünstigt wird dieses Verhalten noch dadurch, dass die Eier im Abstand mehrerer Tage gelegt werden. Das Schlupfintervall bestimmt dann die Fütterungshierarchie. Überschreitet der Größenunterschied nun eine bestimmte Schwelle, ist „Geschwistermord“ die Folge (EDWARDS und COLLOPY 1983).

Dieses Phänomen, Kainismus genannt, tritt laut HEIDENREICH (1995) nur solange auf, bis die Jungtiere eine gewisse Größe und Befiederung erreicht haben. Somit besteht im Rahmen von Schutzmaßnahmen die Möglichkeit, jüngere Nestlinge zunächst per Hand aufzuziehen und sie später, d. h. mit dem genügenden Reifegrad, wieder in den elterlichen Horst zurückzusetzen.

### **7.6 Nahrungsentzug**

Die Fähigkeit, Hungerperioden zu überstehen, ist wichtig für Greifvögel. Besonders im Winter werden sie mit Nahrungsknappheit konfrontiert, wenn Kälte die Aktivität ihrer Beutetiere einschränkt oder diese unter einer geschlossenen Schneedecke schwer erreichbar sind. Bei den Falken und Habichtartigen kommt noch die Tatsache hinzu, dass das kürzere Tageslicht die Möglichkeit des Jagderfolges weiter reduziert (SHAPIRO und WEATHERS 1981; CHAPLIN et al. 1984). Größere Arten kommen mit diesen Anforderungen besser zurecht (KENDEIGH 1945; IVACIC und LABISKY 1973; CESKA 1982), da das Verhältnis von gespeicherter Energie zum Erhaltungsbedarf bei ihnen günstiger ist (CALDER 1974). Als physiologische Reaktionen auf den Nahrungsentzug sind ein Absinken der Körpertemperatur und der basalen Stoffwechselrate zu beobachten (SHAPIRO und WEATHERS 1981).

Die Fähigkeit, Hungerphasen zu überleben, ist abhängig von den körpereigenen Energiereserven und der Stoffwechselrate, die in Relation zur Körpergröße steht und bei größeren Tieren relativ geringer ist. Der Reservestoff mit der höchsten Energiedichte ist das

Fett, das ca. 37,7 kJ/g Fettgewebe (JOHNSTON 1970) bis 39,3 kJ/g (CESKA 1982) liefert, während beim Katabolismus von Proteinen - parallel zur Entstehung von Harnsäure und Harnstoff - ca. 18 kJ/g freiwerden, was allerdings nur einem Energiegewinn von ca. 4,19 kJ/g Gewebe entspricht, da jedes Gramm Eiweiß mit 3 – 4 g Wasser assoziiert ist (RICKLEFS 1974; GARCIA-RODRIGUEZ et al. 1987). Trotzdem ist der Abbau von Proteinen physiologisch essentiell, da hiermit Kohlenhydrat-Zwischenprodukte und letztlich Glucose gewonnen werden (KIRKWOOD 1981).

### **8. Angaben zum Energie-, Nährstoff- und Flüssigkeitsbedarf**

Bei den Tieren ist der Hauptantrieb zur Nahrungsaufnahme die allgemeine Deckung des Energiebedarfs. Generell werden zur Erfüllung der verschiedenen Nährstoffbedürfnisse keine größeren Mengen an Futter aufgenommen. Um eine adäquate Versorgung mit allen Nährstoffen zu gewährleisten, muss das Futter von Tieren in Gefangenschaft die essentiellen Substanzen (essentielle Aminosäuren, Mineralien und Vitamine) entsprechend der Energiedichte des Futters in ausreichenden Mengen enthalten (MURPHY 1996). Ganze Wirbeltiere als Beutetiere stellen in der Regel vollständige Mahlzeiten dar, die alle Nährstoffe sowie ausreichend Wasser enthalten. Sind adäquate Futtermengen vorhanden, so wird der Gastrointestinaltrakt häufig herausgetrennt und gemieden sowie schwer verdauliche Anteile (z. B. Fell oder Kopf des Beutetieres) zurückgelassen (KLASING 1998).

Bedarfsangaben für das Nutzgeflügel können nicht ohne weitere Untersuchungen auf Greife übertragen werden (ROUDYBUSH 1986; GYLSTORFF und GRIMM 1998).

#### **8.1 Energie**

Der Energiebedarf der Vögel variiert insbesondere in Abhängigkeit von ihrer Aktivität und Umgebungstemperatur (KLASING 1998).

Die männlichen Taggreifvögel werden als Terzel bezeichnet, da sie in der Regel ca. um ein Drittel kleiner sind als die weiblichen Tiere. Der männliche Turmfalke, Sprinz genannt, ist sogar nur halb so groß wie sein weiblicher Partner. In einer Untersuchung von MOSHER und MATRAY (1974) wurde der Frage nachgegangen, inwieweit dieser Größendimorphismus für den Energiebedarf Bedeutung hat. Tatsächlich bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich ihrer Stoffwechselrate in Relation zur Körpermasse.

Der Energiebedarf der Terzel reduziert sich folglich proportional zu ihrer geringeren Körpermasse, womit auch die metabolischen Bedürfnisse eines nistenden Paares (im angenommenen Vergleich zu zwei gleichgroßen Elterntieren) geringer sind und es somit in die Lage versetzt wird, mehr Nachwuchs groß zu ziehen. Diesem Nutzen sind allerdings Grenzen gesetzt, da die kleineren Terzel, die während der Brutzeit für die Nahrungsbeschaffung verantwortlich sind, nur vergleichsweise kleinere Beutetiere ergreifen können und von diesen eine entsprechend größere Zahl erbeuten müssen. Das Verhältnis Energieaufwand zu Energiegewinn würde bei zunehmendem Dimorphismus ineffektiv werden.

Den Bruttoenergiegehalt von Fett bzw. Protein im Körpergewebe von Vögeln gibt KIRKWOOD (1981) mit 38 kJ/g Rfe bzw. 23 kJ/g Rp an.

Laut WHITTOW (1986) beträgt der Energiegehalt von Kohlenhydraten nach Messung im Bombenkalorimeter 17,2 kJ/g, Protein enthält 22,6 kJ/g und Fett 38,9 kJ/g. Im Vogelorganismus führt die Proteinverdauung allerdings zu einem geringeren Energiegewinn von lediglich 18 kJ/g, da diese Verbindungen nicht vollständig oxidiert werden.

Der Bruttoenergiegehalt (GE) von Insekten beträgt durchschnittlich 23,0 kJ/g (KENDEIGH et al. 1977).

### **8.2 Proteinbedarf**

#### **- Stickstoff**

Die Greifvögel nehmen Stickstoff in Form von Proteinen auf. In der Untersuchung von BIRD (1968) wird die Bedeutung der endogenen Sekretion stickstoffhaltiger Verbindungen im Darm betont, die mit in die mikrobielle Aminosäuren-Synthese der zackalen Bakterienflora einfließen. Laut IMONDI und BIRD (1965) kann dieser endogene Stickstoff sogar die mit der Nahrung zugeführte N-Menge überschreiten.

MILES und FEATHERSTON (1976) bezeichnen eine ausgewogene N-Bilanz als Indikator für eine ausreichende Qualität des Nahrungsproteins. Liegt ein Mangel an einer essentiellen Aminosäure vor, so nutzt der Organismus körpereigenes Eiweiß. In Folge dieser katabolen Stoffwechsellage wird dann vermehrt Stickstoff ausgeschieden (GRIMINGER und SCANES 1986).

### **- Aminosäuren**

Methionin ist bei Vögeln allgemein die erstlimitierende essentielle Aminosäure (SCHEIDELER 1994).

Folgende weitere Aminosäuren sind für Vögel essentiell: Arginin, Histidin, Threonin, Lysin, Valin, Leucin, Isoleucin, Tryptophan und Phenylalanin (MURPHY 1996). Abgesehen vom Arginin sind es die gleichen Aminosäuren wie bei den Säugetieren.

Während des Wachstums sind auch Glycin, Cystin und Cystein essentiell (BROWN 1970). Tyrosin und Cystein gelten als semi-essentiell, da sie vom Organismus synthetisiert werden können, insofern deren Vorstufen Phenylalanin und Methionin in ausreichenden Mengen vorhanden sind (KLASING 1998). Das Keratin in den Federn besteht aus schwefelarmen, polymeren, fibrillären Proteinen, die über kovalente, hydrophobe o. a. Bindungen kreuzweise mit schwefelreichen Aminosäuren verknüpft sind. Glycin, Serin und Prolin sind hierbei die meistvertretenen Aminosäuren (BROWN 1970).

Neben der ausreichenden Aufnahme aller essentiellen Aminosäuren ist auch die Gesamt-Proteinmenge sowie eine ausgeglichene Eiweiß-Energie-Relation von Bedeutung, um die körpereigene Synthese diverser stickstoffhaltiger Substanzen sicher zu stellen. Neben den Proteinen sind dies vor allem die Nukleinsäuren und einige Neurotransmitter (MURPHY 1996).

### **8.3 Kohlenhydrate**

In der Nahrung carnivorer und piscivorer Vögel sind kaum Kohlenhydrate (KH) enthalten. Der Proteingehalt ist entsprechend sehr hoch. Die notwendige Glucose wird auf dem Weg der Gluconeogenese kontinuierlich aus den Ausgangssubstanzen Glycerin und Aminosäuren gebildet, die aus der Fettverdauung und dem Fettabbau bzw. dem Eiweißstoffwechsel stammen (KLASING 1998).

### **8.4 Fett(säuren)**

Die Linolensäure ist nach SCHEIDELER (1994) und MURPHY (1996) die bisher einzige dokumentierte essentielle Fettsäure für Vögel generell. Laut KLASING (1998) und

GRIMINGER (1986) sind Vögel auch nicht in der Lage, Linolsäure zu synthetisieren, so dass auch diese mit der Nahrung zugeführt werden muss.

Arachidonsäure ist semi-essentiell, da sie vom Organismus aus der essentiellen Linolsäure synthetisiert werden kann (GRIMINGER 1986).

### **8.5 Rohfaser**

In der Ernährung von Carnivoren wird die Funktion von Rohfaser - im eigentlichen Sinn unverdauliche Faserstoffe – von unverdaulichen Anteilen der Beutetiere übernommen. Laut FENWICK (1981) sind diese in der Ernährung von Greifvögeln nicht essentiell.

### **8.6 Mengen- und Spurenelemente, Vitamine**

Für die Ernährung der Vögel sind folgende 14 Mineralstoffe und 13 Vitamine essentiell: Magnesium, Mangan, Zink, Eisen, Kupfer, Selen, Jod, Molybdän, Kobalt und Chrom, die fettlöslichen Vitamine A, D<sub>3</sub>, E und K sowie die wasserlöslichen Vitamine B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, Nicotinsäure, Pantothensäure, Cholin, Biotin, Folsäure und Vitamin C. In der Nahrung von Carnivoren besteht das größte Risiko in einem Mangel an Vitamin E, falls nur Fleisch gegeben wird (MURPHY 1996). FENWICK (1981) empfiehlt bei reiner Fleisch-Diät eine zusätzliche Gabe von 1500-2000 I.E. Vitamin A pro Woche. Allgemein benötigen Wirbeltiere Futter mit einem Ca : P-Verhältnis von 1,2:1 bis 1,5:1 bei einem Ca-Gehalt von 1 % (ZWART und RULKENS 1979) bis 2 % (FENWICK 1981) für eine optimale Skelettentwicklung und Calcifizierung. Ein Ca : P-Verhältnis von 2:1 wird während des Wachstums empfohlen (KAMPHUES et al. 2009) und sollte nur dann überschritten werden, wenn ein Vogel Eier legt (SCHEIDELER 1994), beim Nutzgeflügel bis hin zu einem Verhältnis von ~ 8:1 (KAMPHUES et al. 2009). Als Folge des höheren Knochenanteils in den Gewöllen ist der absorbierte Rohasche-Gehalt bei den Eulen deutlich geringer als bei den Taggreifvögeln. Die aufgenommenen Mengen an Calcium sind dennoch ausreichend, um auch in der Brutsaison den Bedarf zu decken (TABAKA et al. 1996). Vitamin D<sub>3</sub> muss bei denjenigen Vögeln supplementiert werden, die überwiegend reines Fleisch gereicht bekommen und nicht dem natürlichen Sonnenlicht ausgesetzt werden können (GRAHAM und HALLIWELL 1986).

### **8.7 Wasser**

In den meisten Klimaten können die Greifvögel ihren Wasserbedarf über die Beutetiere decken. Frisches Wasser sollte ihnen dennoch jederzeit zur Verfügung stehen. Besonders wichtig ist die Wasserversorgung für die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen kranker und mausernder Tiere (COOPER 1985).

### **9. Ernährung in Menschenobhut**

#### **9.1 Praxisübliche Rationsgestaltung**

Grundsätzlich sollte die Ration derart gestaltet sein, dass sie der Zusammensetzung und dem Beutespektrum der jeweiligen Spezies in Freiheit möglichst nahe kommt (GRAHAM und HALLIWELL 1986). Um die Gefahr von Mangelerscheinungen oder Vergiftungen - wie sie möglicherweise bei Aufnahme einer einzigen Beutart auftreten können - zu vermeiden, empfiehlt sich generell eine gewisse Vielfalt in der Nahrung (COOPER 1985). Der Gesundheitszustand und Frischegrad der Beutetiere sind von entscheidender Bedeutung (FORBES 2007). Besonders Geflügel, aber auch alle anderen Futtertiere sind genau zu kontrollieren, um eine Übertragung von Krankheiten oder Parasiten möglichst auszuschließen. TROMMER (1993) wie auch FORBES (2007) empfehlen, generell keine Tiere zu verfüttern, deren Herkunft und Todesursache unbekannt sind. Je nach Tierart sollten bestimmte Organe, die ein Infektionspotential beinhalten, regelmäßig entfernt werden. Bei Tauben z. B. sind es der Kopf, Kropf und Hals, um die Übertragung von Trichomonaden auszuschließen. Ein weiteres Risiko bergen mögliche Antibiotikarückstände (HEIDENREICH 1995) sowie Blei in erlegten Wildtieren (FORBES 2007). Bei einer Nutzung von Eintagsküken besteht darüber hinaus die Gefahr einer Salmonellenübertragung und des provozierten Kannibalismus bei Zuchtvögeln (GABRISCH und ZWART 1987).

Wirbeltiere sind in ihrer Nährstoffzusammensetzung relativ konstant, die größte Variable ist der Fett- und somit Energiegehalt. Das enthaltene Protein ist qualitativ generell sehr hochwertig. Limitierender Faktor für die Verdaulichkeit von Wirbeltieren sind Fell, Federn und Knochen. Dementsprechend sind Vögel, deren Knochen leichter und z. T. hohl sind, höher verdaulich als Säugetiere (KLASING 1998). Gut ernährte Beutetiere stellen als Ganzkörper eine ausgewogene, komplette Nahrung dar. Sehr junge Tiere dagegen können

einen Mangel an Calcium und Vitamin A aufweisen (DONOGHUE und LANGENBERG 1994). Mäuse erreichen im Alter von 55-60 Tagen die chemische Reife, weitere Körpermasse-Zunahmen beruhen nur noch auf einer Zunahme des Fettgehaltes, der sehr variabel ist und offensichtlich die Ernährungsbedingungen reflektiert (BAILEY et al. 1960).

Frisch getötete, körperwarmer Nahrung beinhaltet die meisten Nährstoffe und Vitamine, doch auch erkaltete und abgehangene oder kurzzeitig tiefgefrorene Futtertiere bewahren eine ausreichende Qualität (SCHÖNEBERG 1994). Die beste Nahrung ist aber die artspezifische Beute (GABRISCH und ZWART 1987), wie sie in der Übersicht IX/1 (siehe Anhang) aufgelistet ist. Darin werden Möglichkeiten aufgezeigt, das im originären Habitat übliche Beutespektrum in Menschenobhut zu imitieren.

Eintagsküken stellen eine gute Grundnahrung dar, um den Energie- und Nährstoffbedarf für Gesundheit, Reproduktion und Jungenaufzucht zu decken (HEIDENREICH 1995; BRÜLL und TROMMER 1997). Deren ausschließliche Gabe ist allerdings abzulehnen, da der Ca-Gehalt und der Nährwert relativ gering sind. Deshalb reichern zahlreiche Falkner diese mit Vitamin-Mineralstoff-Mischungen an. In diesem Fall muss unbedingt beachtet werden, dass es bei der Verdauung und Absorption sowie im Stoffwechsel der Mineralien zahlreiche Interaktionen gibt, sodass die Supplementierung einer Substanz zur Imbalanz einer anderen führen kann (SCHEIDELER 1994). Tauben sind in Bezug auf den Nährstoff- und Energiegehalt sowie die Akzeptanz sehr hochwertig. Daneben werden Wildfleisch, Hase, Kaninchen und Kleinnager, Fasan, Wachtel und weiteres Geflügel als qualitativ gute Nahrung genannt. Auch Bisamratten sind sehr nahrhaft und weisen ein energiereiches, zartes Fleisch auf, es besteht allerdings die Gefahr schneller Verderbnis, da Bisamfallen unter Wasser liegen und die Kadaver eventuell mehrere Stunden dort verbleiben. Großtiere sind lt. SCHÖNEBERG (1994) dagegen ungeeignet, da ihr Fleisch für die Greifvögel schwer verdaulich sein soll. Gewöllebildende Stoffe wie Haare, Fell bzw. Federn sollen mindestens zweimal wöchentlich verabreicht werden (SCHÖNEBERG 1994). Die Beutetiere liefern den Eulen den gleichen energetischen Nutzen wie den Taggreifvögeln, obwohl bei diesen ein deutlich größerer Anteil als Gewölle wieder ausgeschieden wird (DUKE et al.1975). Der Wespenbussard ist der einzige Greifvogel, der sich nicht überwiegend carnivor ernährt, sondern hauptsächlich Insekten und Insektenlarven zu sich nimmt (TROMMER 1993).

Allerdings werden Insekten in unterschiedlichen Anteilen von 80 % aller Vogelarten verzehrt. Vor allem die schnell wachsenden Küken werden in der Regel, unabhängig vom Ernährungstyp der Adulten, mit Insekten, Spinnen und anderen Wirbellosen aufgezogen. Die Aminosäuren-Gehalte in Insekten sind denjenigen der Wirbeltiere in der Qualität vergleichbar und für die Ernährung von Vögeln ebenso gut geeignet. Zusätzlich sind sie eine gute Quelle für Phosphor sowie die meisten Mineralstoffe und Vitamine, während der Calcium-Gehalt gering ist (COOPER 1985). Das chitinöse Exoskelett kann die Verdaulichkeit dieser Nährstoffe deutlich reduzieren, der Chitin-Anteil variiert allerdings erheblich. Laut KASPARI (1991) liegt dieser Anteil zwischen 18 und 60 %, weshalb auch der negative Einfluss auf die Verdaulichkeit entsprechend unterschiedlich ist. Die Vögel haben aus diesem Grund verschiedene Strategien entwickelt: die meisten Greifvögel scheiden das Chitinskelett mit dem Gewölle aus, andere Vögel zerteilen die Insekten und fressen nur die verdaulichen Teile, wiederum andere zerbeißen ihre Beute und spucken das Chitin wieder aus, verfügen im Vormagen über Chitinase oder wählen selektiv solche Insekten mit geringen Chitinanteilen. Aus Tierschutzgründen ist es generell abzulehnen, lebende Beutetiere anzubieten. Lediglich während der Eingewöhnung von Wildtieren oder als Vorbereitung auf ein Leben in Freiheit kann eine Ausnahme notwendig sein (BMELV 2005). Besonders bei Eulen (Wildfängen und verletzt aufgefundenen Tieren) kann es zum Problem werden, wenn sie tote Beutetiere nicht als Nahrung erkennen oder aufgrund des veränderten Lebensraumes nicht akzeptieren. Treten diese Schwierigkeiten auf, muss eine solche Eule notfalls zunächst gestopft und geduldig umgewöhnt werden (TROMMER 1993). Große Greifvögel wie Bussarde, Milane und Adler benötigen an Futter weniger als 10 % der eigenen Körpermasse, große Falken und Habichte 10-15 %, kleine Falken und Habichtartige 20-25 % (BARTON und HOUSTON 1993a). Kleine Greifvogelarten müssen mindestens zweimal täglich gefüttert werden, bei den größeren Arten genügt dagegen eine einmalige Gabe, deren Größe so bemessen sein sollte, dass der Kropf prall gefüllt ist. Da diese Vögel natürlicherweise nicht jeden Tag erfolgreich jagen, empfiehlt sich, sofern die Tiere keine körperlichen Leistungen erbringen müssen, ein wöchentlicher Fastentag, um Übergewicht zu vermeiden (SCHÖNEBERG 1994; RADES 1999). Entsprechend der Differenzierung in Tag- und Nachtgreifvögel werden Habichtartige und Falken im Laufe des Tages, möglichst am Vormittag, gefüttert, wohingegen Eulen ihre (Haupt-)Mahlzeit in der Abenddämmerung erhalten sollten.

### 9.2 Energie- und Nährstoffgehalte von Futtertieren

Zwischen den verschiedenen Futtertieren, aber auch innerhalb einer Art bestehen zum Teil größere Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung. Den Tab. IX/2-IX/5 (s. Anhang) sind Angaben zu den Energie- und Nährstoffgehalten, den Aminosäuren sowie Mineralstoffen der verschiedenen, in der Fütterung von Greifvögeln allgemein üblichen Futtertiere zu entnehmen.

### 9.3 Ernährungsbedingte Krankheiten und Risiken

Soll eine auf Dauer gesunde und bedarfsgerechte Fütterung gewährleistet sein, so ist die Kenntnis der bei Greifvögeln vorkommenden ernährungsbedingten Erkrankungen unumgänglich. In verschiedenen Untersuchungen, in denen die Todesursachen von zeitweise gefangenen, kranken oder verletzten Greifvögeln näher untersucht wurden, kommt man zu dem Ergebnis, dass ca. 25 % aller Todesfälle auf falsche und mangelhafte Ernährung zurück zu führen sind (FENWICK 1981; GRAHAM und HALLIWELL 1986).

#### 9.3.1 Infektionen

Ein chronischer Mangel an Nährstoffen, Mineralien oder Vitaminen wirken ebenso wie Stress schwächend auf die Immunabwehr und somit disponierend für diverse Infektionen (HARRISON und HARRISON 1986; KLASING 1997).

Bakterielle Infektionen: *Escherichia coli*-Keime sind im Gastrointestinaltrakt ubiquitär. Zu einer Erkrankung kommt es bei Störungen der Darmflora, in deren Folge die *E. coli*-Keime überhand nehmen können und zu Inappetenz, Inaktivität, Schüttelfrost, Organabszessen, Kachexie bis hin zum Tod führen (LEHR BRISBIN und KENYON WAGNER 1970; HARRISON und HARRISON 1986). *Salmonella typhimurium* wird unregelmäßig in kranken und tot aufgefundenen Greifvögeln nachgewiesen (KEYMER 1972). *Listeria monocytogenes* wird beispielsweise mit infizierten Singvögeln aufgenommen (KEYMER 1972). *Pasteurella septica* wird von infiziertem Wassergeflügel und Kleinnagern übertragen (KEYMER 1972). *Clostridium perfringens* – Infektionen mit folgender Gastroenterotoxämie und Paralyse der Extremitäten (GRAHAM 1976) beruhen auf der Aufnahme infizierten

Fleisches (KEYMER 1972). *Erysipelothrix insidiosa* – Infektionen wurden nach Aufnahme von an Rotlauf erkrankten Schweinen diagnostiziert (KEYMER 1972). *Mycobacterium avium* wird mit infizierten Vögeln aufgenommen (KEYMER 1972; COOPER 1985).

Mykosen: Eine Infektion mit *Aspergillus fumigatus* – Sporen wird durch mangelhafte Haltungsbedingungen sowie Thiaminmangel begünstigt (COOPER 1985; WEDEL 1999).

Virale Infektionen: **Newcastle disease** wird über infizierte Vögel übertragen (KEYMER 1972; COOPER 1985).

Parasitäre Infektionen: **Helminthen** wie *Syngamus trachea*, *Trichomonas gallinae* oder *Capillaria* werden durch infiziertes oder mit Faeces kontaminiertes Geflügel aufgenommen (COOPER 1985).

### 9.3.2 Mangelercheinungen

Brütende Elterntiere sollten möglichst ad libitum gefüttert werden, da ein **Nährstoffmangel** zur Folge haben kann, dass der eigene Nachwuchs getötet und verzehrt wird (COOPER 1985). Vögel mit einem **Energiedefizit** neigen zur Bildung kiesförmiger Harnsäurekristalle, die zur Verstopfung oder Ausweitung der Kloake führen können (KEYMER 1972; FENWICK 1981). Enthält eine Diät einen **Proteinüberschuss**, so werden durch die in großen Mengen entstehende Harnsäure Gicht und Nierenerkrankungen hervorgerufen (KEYMER 1972; GYLSTORFF und GRIMM 1998). Laut FENWICK (1981) sowie GRAHAM und HALLIWELL (1986) ist **Rohfaser** (bei Greifvögeln unverdauliche Anteile der Beutetiere) nicht essentiell und Rfa-freie Diäten führen auch über lange Zeiträume nicht zu Gesundheitsstörungen, allerdings eventuell zu einem Überwuchs des Schnabels. Ein hoher Rfa-Anteil in der Nahrung von Jungtieren oder auch von Adulten, die über längere Zeit rohfaserarmer ernährt wurden, kann allerdings zu Zusammenballungen, Verstopfung und letztlich zur Paralyse (Lähmung) der Magenwand führen. COOPER (1985) dagegen berichtet vom Auftreten von Diarrhoe, wenn Greife über mehrere Wochen nicht mit gewöllebildenden Stoffen wie Federn, Fell oder ersatzweise mit Baumwollfasern versorgt wurden. Diese Tiere versuchten als Ausgleich pflanzliches Material aufzunehmen. Die Vögel sind nicht in der Lage, Vitamin A aus Carotin-Vorstufen zu bilden, sondern sind darauf angewiesen, es aus Beutetierlebern zu gewinnen (FENWICK 1981). Reine Fleisch-Diäten führen folglich zu

einem **Vitamin A-Mangel**. Klinische Symptome sind Epithelschäden wie Hyperkeratosen und squamöse Metaplasien mit entsprechenden Organschäden wie Konjunktivitis, Stomatitis und „Bumblefoot“ (GRAHAM und HALLIWELL 1986). Die Läsionen in der Schleimhaut des oberen Verdauungstraktes führen oft zu Anorexie (COOPER 1985), Schäden in der Niere manifestieren sich in visceraler und artikulärer Gicht, zusätzlich kommt es häufig zu sekundären Infektionen mit *Candida albicans* (GRAHAM und HALLIWELL 1986). Bei der Beurteilung eines **Thiamin-Mangels** muss beachtet werden, dass die Nahrung durchaus genügend Thiamin enthalten kann, dieses aber, v.a. in Fischen, aufgrund ebenfalls enthaltener Thiaminase nicht nutzbar ist (COOPER 1985). Reichhaltige Thiamin-Quellen sind Getreide, welche die Greifvögel unter natürlichen Bedingungen mit dem Magen-Darm-Trakt ihrer Beutetiere aufnehmen (HALLIWELL et al. 1973). Erstes Symptom eines Thiamin-Mangels ist in der Regel ein ausgeprägter Opisthotonus (WARD 1971), daneben treten Paralysen in den Flügeln und Beinen auf (FENWICK 1981). Weitere Erkrankungen aufgrund von Hypovitaminosen, wie sie beim Geflügel bekannt sind, z. B. der **Riboflavin- und Vitamin E- / Selen- Mangel**, werden auch bei den Greifvögeln vermutet und können durch regelmäßige Verfütterung vollständiger Beutetiere vermieden werden (GRAHAM 1976). Einem **Calcium-Mangel** können mehrere Ursachen zugrunde liegen. In reinen Fleisch- und Eingeweidediäten (KLASING 1998) sowie in Fisch und Eintagsküken ist der Ca-Gehalt absolut zu gering. Ein hoher Fett-Anteil führt möglicherweise zur Bildung von unverdaulichen Calciumseifen, ein hoher Phosphor- oder Mangan-Gehalt bewirkt die Bildung unlöslicher Ca-Salze, die nicht resorbiert werden können (WALLACH und FLIEG 1970). **Vitamin D<sub>3</sub>** (Cholecalciferol) fungiert als Coenzym des Parathormons für die Absorption von Calcium und Phosphor und die Calcium-Speicherung in den Knochen. Eine Vitamin D<sub>3</sub>-Unterversorgung führt somit zu den Symptomen einer Hypocalcämie. Bei Jungtieren entwickelt sich eine Rachitis, bei Adulten entsprechend eine Osteomalazie mit Knochendeformationen, Spontanfrakturen und Muskelschwäche, des Weiteren treten im chronischen Verlauf ein sekundärer Hyperparathyreoidismus, Krämpfe und hypocalcämische Tetanien auf (WALLACH und FLIEG 1970; GRAHAM und HALLIWELL 1986; FOWLER 1986; GYLSTORFF und GRIMM 1998).

### 9.3.3 Vergiftungen

- Organophosphate, PCP, PCB, DDT

Greifvögel stehen am Ende der Nahrungskette und sind somit permanent gefährdet, Giftstoffe, die z. B. aus Insektiziden stammen, aufzunehmen und in den Organen und im Fettgewebe zu kumulieren. Werden diese Tiere kachektisch, so wird das Gift in großer Menge frei gesetzt, reichert sich nun vermehrt im lipidreichen Nervengewebe an und führt zu akuten Erkrankungen (COOPER 1985; GRAHAM und HALLIWELL 1986).

- Rodentizide

Rodentizide enthalten Antikoagulantien, Strychnin, Thallium oder andere Gifte, an denen nach Aufnahme von vergifteten Nagetieren auch die Greifvögel erkranken und versterben können. Symptome können je nach Substanz Gerinnungsstörungen mit nachfolgenden Blutungen, zentralnervöse und gastrointestinale Schäden sein (COOPER 2002).

- Blei

Werden Greifvögel mit Tieren gefüttert, die mittels Bleischrot erlegt wurden, besteht die Gefahr einer Bleivergiftung, sofern nicht das gesamte Blei über die Gewölle wieder ausgeschieden wird (COOPER 1985).

## III. Eigene Untersuchungen

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, grundlegende quantitative Vorstellungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Greifvögeln und Eulen einschließlich der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen bei Einsatz praxisüblicher Futtertiere zu erlangen. Letztlich sollen so entsprechende Empfehlungen für eine bedarfsdeckende Versorgung dieser Vögel in Menschenobhut gegeben werden können. Darüber hinaus interessierten aus vergleichender biologischer Sicht die Frage nach Größe und Zusammensetzung der Gewölle sowie diesbezügliche Unterschiede zwischen Turmfalken und Mäusebussarden als Taggreife einerseits und den Uhus als Vertreter der nachtaktiven Vögel andererseits.

## A Material und Methoden

### 1. Versuchstiere

#### 1.1 Herkunft der Greifvögel und Eulen

Insgesamt standen sechs **Mäusebussarde** (*Buteo buteo*), drei **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*) und drei **Uhus** (*Bubo bubo*) für die Fütterungsversuche zur Verfügung.

Drei der **Bussarde** waren Eigentum des Wildparks Eekholt/Schleswig-Holstein (im folgenden Station A genannt). Ein weibliches, dreijähriges und ein männliches, einjähriges Tier (MB 1 und MB 2) wurden dort im Rahmen von Flugvorführungen falknerisch eingesetzt, während ein weiterer, 2 Jahre alter Terzel (MB 3) aufgrund eines ungünstig verheilten Flügelbruches nicht mehr ausgewildert werden konnte und daher dort in einer Voliere lebte.

Weitere Fütterungsversuche fanden im Artenschutzzentrum Leiferde/Niedersachsen des Naturschutzbundes (kurz: NaBu) Deutschland (Station B) statt. Die **Mäusebussarde** waren männliche, ausgewachsene Wildvogelpatienten, die gesundheitlich soweit wiederhergestellt waren, dass sie im Anschluss an die Untersuchungen ausgewildert werden sollten.

Die **Turmfalken** wurden ebenfalls nach Abschluss der Versuche in die Freiheit entlassen, sie waren als Ästlinge (dies sind Jungvögel, die das Nest verlassen haben, aber noch nicht flügge sind) in der Station abgegeben und großgezogen worden. Zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns waren die Tiere jedoch alle ausgewachsen.

Es standen drei **Uhus** zur Verfügung: zwei mehrjährige männliche Tiere, die aufgrund einer Behinderung bzw. einer Fehlprägung durch Menschaufzucht nicht ausgewildert werden konnten und deshalb dauerhaft im Artenschutzzentrum lebten, sowie ein einjähriger Terzel, der während der Versuchszeit auf die Auswilderung vorbereitet wurde (s. Tab. 7).

**Tab. 7:** Anzahl, Geschlecht sowie durchschnittliche Körpermasse (KM) der Versuchstiere zu Versuchsbeginn

Tier <sup>1)</sup>	Station <sup>2)</sup>	n <sup>3)</sup>		Ø KM (g)	KM (Einzelwerte) (g)	Anzahl d. Tiere <sup>4)</sup>	
		w	m			E	M
MB 1	A	1		1120	1120	1	1
MB 2, 3	A		2	745	740/750	2	2
MB I - III	B		3	813	769/798/873	-	3
TF I - III	B	n.b.	n.b.	179	139/187/212	3	3
UH I - III	B		3	1709	1660/1679/1787	3	3

<sup>1)</sup> MB = Mäusebussard TF = Turmfalke UH = Uhu

<sup>2)</sup> A = Eekholt ; B = Leiferde

<sup>3)</sup> w = Anzahl weiblicher Tiere; m = Anzahl männlicher Tiere ; n.b. = nicht bekannt

<sup>4)</sup> Anzahl der Versuchstiere, die in den Versuchsphasen (E = Angebot von Eintagsküken, M = Angebot von Mäusen) eingesetzt wurden

## 1.2 Haltung der Tiere

Um die Greifvögel und Eulen nicht unnötig zu beunruhigen, wurden sie während der Fütterungsversuche in ihrer gewohnten Umgebung belassen. Die Mäusebussarde in *Station A* lebten einzeln in Volieren mit einer Grundfläche von 3 x 4 m und einer Höhe von ca. 3 m. Dach und Wände bestanden aus Holz, auf der Vorderseite war eine Fensteröffnung mit senkrechten Gitterstäben eingelassen, um die Tiere mit Frischluft und Sonnenlicht zu versorgen. In den Volieren befanden sich je zwei Äste, die an den Wänden befestigt waren und als Sitzstangen dienten, sowie ein ca. 1 Meter hoher Baumstumpf, der auf dem Fußboden stand und auf dem die Futtermittel angeboten wurden. Darüber hinaus stand den Vögeln jeweils eine Brente zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um eine flache, mit Wasser gefüllte Kunststoffschale mit einem Durchmesser von einem Meter, worin die Tiere baden und woraus sie bei Bedarf auch trinken konnten.

In *Station B* lebten die Greifvögel und Eulen ebenfalls in Einzelhaltung in Volieren von 2 x 6 x 2,5 m (B x L x H). Diese Volieren waren im ersten Viertel aus Backstein gemauert und überdacht, wodurch die Insassen hier vor der Witterung geschützt waren. Im übrigen

Volierenbereich bestanden die Wände aus Betuplan-Platten. Ein Maschendraht diente an der vorderen Schmalseite sowie oben als Abgrenzung. Auch hier standen den Tieren zwei Sitzstangen, die über die Schmalseiten gespannt waren, und eine Brente zur Verfügung. Das Futter wurde den Vögeln auf Brettern aus Kunststoff angeboten, die nahe der Tür auf dem Fußboden abgestellt wurden. Vor Beginn der Fütterungsversuche wurden sämtliche Volieren innen mit Planen ausgekleidet (Bauplane aus Polyethylen in einer Dicke von 100 µm, rundum mittels 50 mm breitem TESA Pack-Klebeband befestigt), um Futterreste, Gewölle und Schmelz vollständig und möglichst ohne Verunreinigungen auffangen zu können. Bei den Turmfalken und Uhus genügte es, den Boden der Volieren auszulegen, da diese Arten ihren Schmelz nach unten fallenlassen. Bei den Mäusebussarden dagegen war es notwendig, auch die Wände bis zur Höhe der Sitzstangen mit der Kunststoffolie auszukleiden, da diese Vögel ihren Schmelz mit Schwung hinter sich absetzen und dabei unter Umständen die Wand in Sitzhöhe hinter sich treffen. In Station B mussten die Volieren darüber hinaus auch von oben her mit Planen abgedeckt werden, da ansonsten die Ergebnisse durch Niederschläge (Regen) hätten verfälscht werden können. Die Brenten wurden für den Zeitraum der Probenahme aus den Volieren entfernt.

#### **1.3 Versuchsablauf**

Sobald die Volieren - wie oben beschrieben - vorbereitet waren, wurden die Vögel wieder hineingesetzt, und es begann dann die Adaptationszeit von vier Tagen, in denen die Tiere sich an die Neugestaltung gewöhnten und mit Eintagsküken ad libitum gefüttert wurden. Da diese auch sonst den Hauptanteil der Futtermittelaufnahme ausmachten und die Greifvögel und Eulen kaum Scheu vor der Kunststoffplane zeigten, war diese Anpassungszeit ausreichend.

Die Säuberung der Volieren und die anschließende Futtergabe fanden jeden Morgen ab 8 Uhr statt. Am Morgen des fünften Tages (Ende der Adaptationsphase) wurden die Volieren mit Hilfe eines feuchten Tuches gründlich gereinigt. Die Probanden wurden auf einer Oberschalenwaage (Fa. Kern 572, Wägebereich 6,5 kg, Messgenauigkeit 0,2 g), außer bei den falknerisch abgetragenen Mäusebussarden MB 1 und MB 2 unter Zuhilfenahme eines Kartons, gewogen und ihr Gesundheitszustand wurde nochmals kontrolliert. Anschließend wurden sie wieder in ihre Volieren verbracht und gefüttert.

Während des jetzt beginnenden Versuchszeitraums wurden die Volieren mehrmals täglich im Abstand von 2-3 Stunden kontrolliert und Futterreste, Gewölle und Schmelz (= Exkrememente) gesammelt. Dieses Procedere wurde jeweils am Morgen des folgenden Tages vor der nächsten Futtergabe wiederholt.

Am Morgen des zehnten Tages fand die letzte Probenentnahme statt und die Körpermasse der Greifvögel und Eulen wurde kontrolliert.

Einige Tage später fing die Adaptationsphase für den zweiten Fütterungsdurchgang (Mäusediät) an. Die Vögel bekamen über vier Tage Mäuse in ausreichender Menge als Nahrung angeboten, bevor im Anschluss daran wiederum der fünftägige Versuchszeitraum begann, der nach dem gleichen Schema wie der Versuch mit den Eintagsküken ablief.

Auch hier wurde die Körpermasse am Anfang und zum Ende der Versuchszeit festgehalten.

Abweichungen im Versuchsablauf traten bei den Mäusebussarden in Leiferde auf. Diese wurden nur mit Mäusen gefüttert, wobei die Versuchsdauer witterungsbedingt auf vier Tage verkürzt werden musste. Die Fütterungsversuche wurden zeitversetzt durchgeführt, allerdings waren alle Tiere einer Art gleichzeitig im Versuch. Eine Ausnahme bildeten die Mäusebussarde, hier erfolgte der Fütterungsversuch in Station B später als derjenige in Station A. Der Versuchsablauf ist in der folgenden Tab. 8 exemplarisch für die Mäusebussarde in Station A dargestellt.



#### **1.5 Futteraufnahmeverhalten**

Im Rahmen der mehrmals täglich erfolgten Probenahme war es möglich, einen Überblick über tierartliche und individuelle Präferenzen bezüglich der Tagesrhythmik der Futteraufnahme zu erhalten.

#### **- Gewinnung zusätzlicher Gewölleproben**

Zu einem späteren Zeitpunkt wurde in Leiferde ein weiterer Fütterungsversuch durchgeführt, um weitere Gewölle zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurden die bekannten Greifvögel und Eulen zunächst nach einer dreitägigen Adaptationsphase über mehrere Tage mit Eintagsküken gefüttert und die Gewölle eingesammelt. Daraufhin wurden die Vögel drei Tage lang an das Angebot von Mäusen gewöhnt, bevor wiederum über fünf Tage Mäuse gefüttert, die Gewölle gesammelt und anschließend tiefgefroren wurden.

Sowohl von den Küken als auch von den Mäusen wurde ein Aliquot zurückbehalten und für die folgenden Laboranalysen eingefroren.

#### **2. Futter / Futtertiere**

Stellvertretend für das weit gefächerte, divergierende Beutespektrum der Uhus, Mäusebussarde und Turmfalken in freier Natur wurden im Rahmen dieser Untersuchung nur Eintagsküken oder nur Mäuse gefüttert.

##### **2.1 Eintagsküken (E)**

Bei den Eintagsküken handelte es sich um männliche Küken des Haushuhns (*Gallus gallus* forma domestica) im Alter von maximal 24 Stunden.

Die Eintagsküken stammten aus einem Brütereibetrieb. Dort werden die frisch geschlüpften Küken täglich selektiert und die männlichen Tiere mittels Kohlenmonoxid getötet, um anschließend als Futtertiere u. a. an Greifvogelhalter abgegeben und von diesen bis zur Verfütterung tiefgefroren (-20 °C) gelagert zu werden.

#### **2.2 Mäuse (M)**

Die verfütterten Mäuse waren Hausmäuse (*Mus musculus*) von unterschiedlichem Alter (Durchschnittsalter 3 Wochen) und Geschlecht (ca. 50 % weibliche und 50 % männliche Tiere). Die Mäuse, die den Mäusebussarden in Station A bei den Fütterungsversuchen als Nahrung angeboten wurden, entstammten allesamt einer Zuchtlinie weißer Mäuse, wie sie in spezialisierten Zoofachgeschäften erhältlich sind. Die Mäuse, die im Rahmen der Untersuchungen in Station B angeboten wurden, stammten aus einer stationsinternen Mäusezucht.

#### **2.3 Futteraufbereitung**

Sowohl die Eintagsküken als auch die Mäuse wurden den Greifvögeln und Eulen in toto, d. h. ohne weitere Bearbeitung oder Zerkleinerung dargereicht. Die Anzahl der täglich angebotenen Eintagsküken bzw. Mäuse variierte mit der Art der Vögel, blieb während der einzelnen Bilanzversuche jedoch konstant und basierte auf Angaben zur bisherigen Fütterung der Tiere. Die Futtermenge war allerdings so gehalten, dass möglichst alles aufgefressen wurde, ohne dass die Greife dabei an Körpermasse verlieren sollten.

Die erforderliche Menge an Küken wurde jeweils ca. 20 Stunden vor der geplanten Fütterungszeit zum Auftauen aus dem Gefrierraum in einen Kühlraum gelegt. Unmittelbar vor der Futtergabe wurden sie einzeln gewogen (Station A: Laborwaage Mettler P1200, Messgenauigkeit 0,01 g; Station B: Oberschalenwaage Fa. Kern 572, Messgenauigkeit 0,2 g) und zu möglichst gleichwertigen Portionen zusammengefügt. Anzahl und Einzelgewichte sowie das Gesamtgewicht der Portion wurden notiert (s. Tab. 9).

Die Mäuse dagegen wurden täglich zur Fütterungszeit aus den Käfigen herausgefangen, tierschutzgerecht getötet und direkt anschließend als Futter angeboten. Auch in diesem Fall wurden Anzahl und Körpermasse der Nager ermittelt und festgehalten.

Von den Eintagsküken wurden ebenso wie von den Mäusen jeweils repräsentative Proben für spätere Analysen zurückgestellt.

**Tab. 9:** Durchschnittlich täglich angebotene Mengen an *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* für die einzelnen Vögel (Angaben in g uS/Tier/d)

	Angebot an	
	E (*)	M (*)
MB 1	86,7 (2)	58,6 (2)
MB 2	85,8 (2)	59,9 (2)
MB 3	84,8 (2)	57,7 (2)
Ø ± s	85,8 ± 0,95	58,7 ± 1,11
MB I	/	69,4 (2)
MB II	/	66,7 (2)
MB III	/	67,6 (2)
Ø ± s	/	67,9 ± 1,37
TF I	38,1 (1)	42,0 (1-2)
TF II	37,8 (1)	41,6 (1-2)
TF III	37,9 (1)	42,8 (1-2)
Ø ± s	37,9 ± 0,16	42,1 ± 0,61
UH I	145 (4)	134 (4)
UH II	148 (4)	136 (4)
UH III	149 (4)	135 (4)
Ø ± s	147 ± 2,08	135 ± 1,00

E = Eintagsküken, M = Mäuse

(\*) = Zahl der täglich angebotenen Futtertiere

### 3. Probenahme

Während des 5tägigen Versuchszeitraums (bzw. 4tägiger Versuch bei MB I, II und III) erfolgte in den Volieren mehrmals täglich im Abstand von jeweils 2-3 Stunden eine Kontrolle sowie Sammlung von Futterresten, Gewölle und Exkrementen.

Die Gewölle wurden gesammelt und - getrennt nach Tier und Tag - in entsprechend beschrifteten und ausgewogenen 125 ml-Plastikbechern zunächst im Kühlraum aufbewahrt. Ebenso wurden die Futterreste gewonnen, sobald ersichtlich war, dass der Vogel diese nicht mehr zu sich nehmen würde. Der Schmelz wurde mit Hilfe von 2 Maurerspateln (Flächenspatel mit gehärteter Stahlklinge, 10 x 10 cm groß) von der Folie abgenommen und pro Tier und Tag in jeweils einer Plastikdose zu einer Sammelprobe vereint.

Jeweils nach Ablauf von 24 Stunden wurden die derart gesammelten Proben mengenmäßig erfasst (Laborwaage Mettler P1200, Messgenauigkeit 0,01g), dokumentiert und bei - 20 °C tiefgefroren.

#### **4. Vorbereitung der Proben für die Analysen**

##### **4.1 Futterangebot**

Von den eingefrorenen Eintagsküken wurde ebenso wie von den Mäusen jeweils eine repräsentative Menge zurückbehalten, einzeln gewogen - die Mäuse direkt im frischtoten Zustand - in Plastiktüten verpackt tiefgefroren.

Im Labor wurden diese Rückstellproben gefriergetrocknet, gemahlen und bis zur Analyse in Kunststoff-Schraubgefäßen aufbewahrt.

##### **4.2 Futterreste**

Die zurückgelassenen Futterreste wurden während der Probenahme makroskopisch beurteilt sowie nach Tier und Tag getrennt in 125 ml-Plastikbechern eingewogen und tiefgefroren. Im Labor wurde das Material gefriergetrocknet, im Mörser gemahlen und in Kunststoffgefäßen bis zu weiteren Analysen gelagert.

##### **4.3 Gewölle**

Die Gewölle wurden für jedes Tier getrennt in 250 ml-Plastikbechern mit Deckel tiefgefroren aufbewahrt. Für die weiteren Untersuchungen im Labor erfolgte eine Gefrietrocknung der Proben, bevor sie nochmals gewogen, in einer Moulinette zerkleinert und anschließend in Plastik-Schraubgefäßen aufbewahrt wurden.

##### **4.4 Exkreme (Schmelz)**

Der Schmelz der Greifvögel und Eulen wurde mehrmals täglich in 2-3stündigen Abständen von der Folie abgenommen, welche die Volieren auskleidete. Hierzu dienten je zwei Maurerspatel mit gehärteten, 10 x 10 cm Stahlklingen als Instrumentarium, um den Schmelz, der generell eine dünnflüssig-schleimige Konsistenz aufweist, sammeln zu können. Pro Bilanztag und Tier wurde der Schmelz jeweils in einen separaten, zuvor ausgewogenen 125 ml-Plastikbecher mit Deckel eingefüllt. Nach Ablauf von 24 Stunden (zum Ende jedes

Bilanztages) wurden diese Becher gewogen und tiefgefroren. Im Labor wurden die Proben aufgetaut, für jedes Tier zu Sammelproben zusammengefasst und homogenisiert. Anschließend wurde aus den frischen Exkrementen ein Aliquot für die Harnsäurebestimmung entnommen. Der übrige Teil wurde gefriergetrocknet, gemahlen und bis zu weiteren Analysen in Kunststoffgefäßen aufbewahrt.

#### **5. Prüfparameter / Fragestellungen**

Folgende Parameter waren im Rahmen dieser Untersuchung von Interesse:

##### **5.1 Greifvögel und Eulen**

- Futteraufnahmeverhalten
- Futteraufnahmemenge
- Körpermasseentwicklung
- Zeitpunkt und Häufigkeit der Gewöllebildung
- Menge und Qualität der Exkremente

##### **5.2 Futtertiere**

- Körpermasse / Skelettanteil
- TS, Ra, Rp, Rfe, oR
- AS-Muster
- Gehalt an Mengen- und Spurenelementen
- Energiegehalt (GE, kalkuliert)
- Anteil an verdaulichen bzw. unverdaulichen Bestandteilen

##### **5.3 Futterreste**

- Art und Masse der Futterreste
- TS, Ra, Rp, Rfe, oR

##### **5.4 Gewölle**

- Makroskopische Zusammensetzung
- Anzahl und Masse
- TS, Ra, Rp, Rfe, oR

- AS-Gehalte
- Gehalt an Mengen- und Spurenelementen
- Energiegehalt

#### **5.5 Schmelz**

- TS, Ra, Rp, Rfe, oR
- Harnsäureanteil
- Energiegehalt

#### **5.6 Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe**

### **6. Methoden der Laboruntersuchung**

#### **6.1 Roh Nährstoffgehalte**

Die Ermittlung der Rohnährstoffgehalte erfolgte gemäß der „Weender Futtermittelanalyse“ nach amtlichen Methoden des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER 1976) in der Fassung von 1976 mit den Ergänzungslieferungen 1 bis 4 von 1983, 1988, 1993 und 1997.

##### **- Trockensubstanz (TS)**

Die Trockensubstanz enthält sämtliche nicht-flüchtigen Bestandteile des Ausgangsmaterials. Zur Bestimmung des TS-Gehaltes wurde die Probe in einem zuvor ausgewogenen, gewichtskonstanten Tiegel bei 105 °C in den Trockenschrank gestellt und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, anschließend im Exsikkator abgekühlt und ausgewogen.

##### **- Rohasche (Ra)**

Zur Ermittlung des Ra-Gehaltes erfolgte eine Veraschung der Proben über 6 Stunden im Muffelofen bei 600 °C. Sämtliche organischen Bestandteile werden hierbei vollständig verbrannt, zurück bleiben die anorganischen Anteile des Materials, zu denen neben den Mineralstoffen weitere Verbindungen wie z. B. Silicate zählen.

**- HCl-unlösliche Asche**

Im Schmelz wurden die Gehalte an HCl-unlöslicher Asche bestimmt, da - bedingt durch die Volierenhaltung der Versuchstiere - eine Kontamination der Proben mit Sand (= HCl-unlösliche Asche) nicht ausgeschlossen werden konnte. Dieser Anteil konnte nach Zugabe von Salzsäure zur Asche quantitativ erfasst werden.

**- Reinasche**

Der Reinasche-Gehalt der Proben wurde wie folgt berechnet:

$$\text{Reinasche} = \text{Rohasche} - \text{HCl-unlösliche Asche}$$

**- Organische Substanz (oS)**

Der Anteil der organischen Substanz entspricht der Differenz aus TS- und Ra-Gehalt des Probenmaterials und wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{oS} = \text{TS} - \text{Ra}$$

Im Schmelz wurden sowohl die enthaltene Menge an TS als auch die oS um den Gehalt an HCl-unlöslicher Asche korrigiert ( $\text{TS}_{\text{korr}}$ ). Zudem wurde der Gehalt an organischer Substanz im Schmelz aufgrund der enthaltenen Harnsäure wie folgt berechnet:

$$\text{oS}_{\text{Schmelz}} = \text{TS}_{\text{korr}} - (\text{Reinasche} + \text{Harnsäure})$$

**- Rohprotein (Rp)**

Der Proteingehalt wurde indirekt über den N-Gehalt der Proben bestimmt. Die gemessene N-Mengen stammten aus allen in einer Probe enthaltenen N-Verbindungen. Sie bestanden somit aus Anteilen von Protein- und Nicht-Proteinverbindungen (u. a. Harnsäure im Schmelz).

Zur Ermittlung des N-Gehaltes in den Proben bediente man sich des „Kjeldahl-Verfahrens“. Für dieses Verfahren wurde Analysenmaterial in einem Aufschlussrohr unter Zusatz von 25 ml konzentrierter Schwefelsäure und einer Kjeldahltablette ( $\equiv \text{CuSO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$  – Gemisch) als Katalysator bei 380 °C über mindestens 4 Stunden gekocht, bis eine klare Lösung entsteht.

Der Stickstoff lag nun nach erfolgter Oxidation in Form von Ammoniumsulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) vor, welches nach Zugabe von 30%iger Natronlauge gasförmiges Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) freisetzt. Dieses wurde in 50 ml 2%iger Borsäure überdestilliert und das entstehende  $\text{NH}_4\text{OH}$  mittels Titration 0,3molarer Salzsäure und Zugabe eines Mischindikators (Methylenblau + Methylenrot) quantitativ bestimmt. Der so ermittelte N-Gehalt in Futterangebot und -resten sowie den Gewöllen wird, da Protein tierischen Ursprungs durchschnittlich 16 % Stickstoff enthält, mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um den Rp-Anteil in den Proben zu erhalten. (Für die Bestimmung des Rp-Gehaltes im Kot s. Kap. III A/7).

#### **- Rohfett (Rfe)**

Im Rahmen der Weender-Analyse erfolgt eine quantitative Bestimmung der Rohfette, zu denen neben den eigentlichen Fetten (Neutralfetten) auch Lipoide (wie Phospholipide, Steroide u. s. w.) und andere etherlösliche Stoffe gehören.

Nach 30minütigem Kochen des Probenmaterials unter Zugabe von 100 ml Wasser und 60 ml 30%iger Salzsäure wurde die Probe durch Zugabe heißen Wassers auf 300 ml verdünnt und durch einen angefeuchteten Faltenfilter (Schleicher & Schüll, Nr. 595, 18 cm) filtriert. Dieser Papierfilter wurde im Trockenschrank bei 80 °C getrocknet, in eine Extraktionshülse gesteckt, in den „Soxhletapparat“ gegeben, das enthaltene Rohfett innerhalb von 6 Stunden mittels Petrolether extrahiert und in einen zuvor ausgewogenen 250 ml Stehkolben überführt. Der in diesem Fettkolben verbleibende Petrolether wurde anschließend über einen Rotationsverdampfer abdestilliert, der Kolben mitsamt enthaltenem Fett über Nacht im Trockenschrank bei 80 °C getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsikkator gewogen.

#### **- Organischer Rest (oR)**

Der organische Rest in Futterangebot und -resten sowie den Gewöllen wurde gemäß der folgenden Formel berechnet:

$$\text{oR} = \text{TS} - (\text{Ra} + \text{Rp} + \text{Rfe})$$

Für die Exkrement-Proben (= Schmelz) wurde zusätzlich die enthaltene Harnsäure (HS) bei der Berechnung in Abzug gebracht, sodass sich für den oR der Schmelzproben folgende Formel ergab:

$$oR = TS_{\text{kor}} - (\text{Reinasche} + R_p + R_{fe} + HS)$$

Der organische Rest in den hier untersuchten Proben enthielt demnach v. a. Kohlenhydrate wie das Glykogen (= Energiespeicher des Leber- und Muskelgewebes von Tieren). Es konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass - bedingt durch kleinste Restmengen an Chymus im Verdauungstrakt der angebotenen Mäuse - Spuren von Stärke und Rohfaser in den Proben vorhanden waren, welche jedoch bei der Berechnung der Ergebnisse unberücksichtigt blieben.

## 6.2 Harnsäurebestimmung im Schmelz

Da Greifvögel und Eulen Kot und Harn in Form des Schmelzes zusammen absetzen, steht die nach der Kjeldahl-Methode ermittelte N-Menge stellvertretend für sämtliche N-Verbindungen in den Ausscheidungen. Um Kot-N und Harn-N bestimmen zu können, erfolgte die Bestimmung der Harnsäure, und damit indirekt des Harn-N-Anteils im Schmelz (Näheres s. Kap. III A/7).

Für die Bestimmung des Harnsäuregehaltes (HS) wurde zunächst eine festgelegte Probenmenge (5 g frischen Schmelzes bzw. 0,5 g; 0,25 g; 0,1 g getrockneter Probe) in einem Kolben mit einem Lösungsmittel (destilliertes Wasser, Natronlauge [NaOH, 0,1-molar] bzw. Na-Tetraborat [Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, 1-molar]) auf 200 (bzw. 250) ml aufgefüllt und eine Stunde geschüttelt, bevor ein Aliquot dieser Lösung 10 min bei 4000 U/min zentrifugiert wurde. Das weitere Vorgehen variierte je nach Lösungsmittel.

So wurden 20 µl des Überstands aus den in Wasser gelösten Proben mit 1 ml Harnsäurereagenz (MPR 2 Test – Kombination Harnsäure, Boehringer Mannheim) gemischt, 10 (bzw. 30; 40; 50) min bei Zimmertemperatur inkubiert und anschließend photometrisch gemessen (UV-Visible Recording Spectrophotometer UV 160, Fa. Shimadzu). Die Extinktion der Proben wurde bei einer Wellenlänge von 512 nm gegen den Probenleerwert bestimmt.

$$\text{Harnsäure (\%)} = E \times F \times \text{Kolbenvolumen} \times \text{Verdünnungsfaktor} / \text{Einwaage (mg)}$$

E = Extinktion der Probe    F = Umrechnungsfaktor : 23,5    E x F = Harnsäurekonzentration (mg/dl)

Die Proben, die in Natronlauge oder Na-Tetraborat gelöst wurden, mussten zunächst durch Zugabe von einmolarer Perchlorsäure (HClO<sub>4</sub>) auf einen pH-Wert von ca. 7,0 gepuffert

werden und wurden danach zum Teil mit destilliertem Wasser im Verhältnis 1:3 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) bzw. 1:5 (NaOH) verdünnt. Jeweils 40  $\mu\text{l}$  dieser neutralen Lösungen wurden mit 1 ml Enzymlösung „1“ (UA PLUS, Fa. Roche) versetzt, 5 min inkubiert und die erste Extinktion dieser Proben sowie des Standards bestimmt. Anschließend wurden den Proben je 200  $\mu\text{l}$  Enzymlösung „2“ hinzugefügt und die Extinktion nach weiteren 5 min gemessen.

Die Berechnung des Harnsäuregehaltes erfolgte anschließend gemäß folgenden Formeln:

$$\begin{aligned}\Delta E \text{ Probe} &= \text{Ext } 2 - (\text{Ext } 1 \times 0,839) \\ \Delta E &= \Delta E \text{ Probe} - \text{MW } \Delta \text{ Reagenzleerwert} \\ C \text{ (Harnsäure in mg/ dl)} &= 6 \times \Delta E \text{ Probe} / \Delta E \text{ Standard} \\ \text{Harnsäure (\%)} &= C \times \text{Kolbenvolumen (ml)} / \text{Einwaage (mg)}\end{aligned}$$

Für die Ermittlung des Reagenzleerwertes wurde anstatt der Probenlösung jeweils destilliertes Wasser verwendet. Zur Überprüfung der Methode wurde bei jeder Messreihe die Wiederfindungsrate von Harnsäure mittels eines Standards bestimmt.

Auf die Problematik zur Harnsäurebestimmung wird in Kapitel IV/1 näher eingegangen werden. Alle Berechnungen des Kapitels III B basieren auf den Harnsäurewerten, die mittels 0,1 g Probeneinwaage in destilliertem Wasser ermittelt wurden.

#### 6.3 Aminosäuren

Zur Bestimmung der Aminosäuren Cystin und Methionin wurde das Analysenmaterial zunächst durch Zugabe von 5 ml Perameisensäure oxidiert. Diese Reaktion wurde nach 16 Stunden durch Zusatz von 2 g Natriumdisulfit unterbrochen, um nun im Gemisch mit 50 ml einer phenolhaltigen Salzsäurelösung ( $c(\text{HCl}) = 6 \text{ mol/l}$ ) über 24 Stunden bei 110 °C eine Hydrolyse zu erwirken. Im Anschluss wurde diese Mischung filtriert (20  $\mu\text{m}$  – Filter) und unter Zusatz von destilliertem Wasser mehrfach über den Rotationsverdampfer eingedampft, bevor sie mit einem Verdünnungspuffer auf 50 ml aufgefüllt wurde.

Um alle anderen möglichen Aminosäuren zu bestimmen, musste das Probenmaterial durch eine saure Hydrolyse aufgeschlossen werden, indem es mit 80 ml Salzsäure ( $c(\text{HCl}) = 6 \text{ mol/l}$ ) versetzt und über 24 Stunden unter N-Begasung auf 110 °C erhitzt wurde. Anschließend wurde diese Lösung durch einen Weißbandfilter in einen 100 ml-Messkolben

gegeben und mit Salzsäure aufgefüllt, bevor ein Aliquot von 1 ml entnommen und im Rotationsverdampfer getrocknet wurde. Nun wurde die Probe mit einer Pufferlösung verdünnt, deren Menge sich nach dem Rp-Gehalt der Ausgangssubstanz richtete (2 ml Pufferlösung je 10 % Rp i. d. TS).

Die Anteile der einzelnen Aminosäuren wurden schließlich unter Verwendung der Ionenaustauschchromatographie im „Aminosäureanalysator“ (Fa. Biotronic, Modell LC 3000) ermittelt. Hierin wurden die Aminosäuren durch Puffer unterschiedlichen pH-Wertes aus einer Trennsäule herausgelöst und über eine Farbreaktion, herbeigeführt durch Zusatz von Ninhydrin, photometrisch bestimmt.

#### **6.4 Mengen- und Spurenelemente**

Um die Mengen- und Spurenelemente bestimmen zu können, wurde zunächst eine Aschelösung hergestellt. Hierzu wurde 1 g des Untersuchungsguts mit 15 ml einer Mischung aus 65 %iger Salpetersäure und 70 %iger Perchlorsäure (Verhältnis 4+1) versetzt und erhitzt, bis es nahezu eingetrocknet war. Nach dem Abkühlen wurde es in 5 ml Salzsäure kurz aufgekocht, dann mit destilliertem Wasser in einen 50-ml-Messkolben überführt, durch ein aschefreies Schwarzbandfilter filtriert und bis zur Eichmarke mit destilliertem Wasser aufgefüllt.

##### **- Calcium und Magnesium**

Die Bestimmung von Calcium und Magnesium erfolgte gemäß der Methode nach SLAVIN (1968) in einem Atomabsorptionsspektrometer (Solaar 969, Fa. Unicam), nachdem der Aschelösung zur Ausschaltung von Störionen 0,5 %iges Lanthanchlorid hinzugefügt wurde.

##### **- Phosphor**

Die Ermittlung des P-Gehaltes geschah nach GERICKE und KURMIES (1952) mit der Ammonium-Vanadat-Molybdat-Methode. Diese beruht darauf, dass in der Aschelösung vorliegende Orthophosphorsäure in salpetersaurem Milieu mit Ammoniumvanadat und Ammoniummolybdat zu einem gelben Farbkomplex reagiert, dessen Extinktion im Spektralphotometer (Cadas 100, Fa. Lange) gemessen wurde.

### **- Natrium und Kalium**

Die Messung von Natrium und Kalium erfolgte im Flammenemissionsverfahren gemäß SCHUHKNECHT und SCHINKEL (1963) nach Verdünnung der Aschelösung mit einem Caesiumchlorid-/Aluminiumnitrat - Puffer (Flammenphotometer, Fa. Lange).

### **- Spurenelemente**

Die Gehalte an Kupfer, Zink, Eisen und Mangan wurden durch Analyse der Aschelösung nach SLAVIN (1968) mittels Atomabsorptionsspektrometrie ermittelt (Solaar 969, Fa. Unicam).

## **7. Berechnung der Ergebnisse**

### **7.1 Futteraufnahmemengen (FA)**

Die Futteraufnahmemengen (FA) der Tiere wurden wie folgt berechnet:

$$\text{Futteraufnahmemenge (FA)} = \text{Futterangebot} - \text{Futterrest}$$

### **7.2 Gesamtmenge an „Exkrementen“**

Als „Exkreme“ wurden Gewölle und Schmelz (= Kot + Harn) angesehen, weshalb die Gesamtmenge sich aus deren Summe berechnet; also:

$$\text{„Gesamt-Exkrementmenge“} = \text{Gewölle} + \text{Schmelz}$$

### **7.3 N-Gehalte in Harn und Kot sowie Rp-Gehalte im Kot**

Vogelharn enthält verschiedene N-haltige Verbindungen. Etwa 80 % des Stickstoffes ist an die enthaltene Harnsäure ( $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ ) assoziiert, 10 % an Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und weitere 10 % an Verbindungen wie Harnstoff ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), Purin ( $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4$ ) und Allantoin ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_3$ ). Harnsäure wiederum besteht zu einem Drittel aus Stickstoff.

Um den Gesamt-N-Gehalt des Harns zu ermitteln, bedient man sich der Formeln von TERPSTRA und DE HART (1974):

$$\text{Harn-N} = \text{Harnsäure} \times 0,333 \times 1,2$$

Für die Berechnung des Kot-N muss vom Gesamt-N des Untersuchungsmaterials der Harn-N abgezogen werden. Somit ergibt sich für die Berechnung des Kot-N (per definitionem):

$$\text{Kot-N} = \text{Gesamt-N des Schmelzes} - \text{Harn-N}$$

Um den Rp-Gehalt des Kots zu berechnen, multipliziert man nun den Kot-N mit dem Faktor 6,25, da Rohprotein einen N-Anteil von 16 % enthält:

$$\text{Kot-Rp} = \text{Kot-N} \times 6,25$$

#### 7.4 Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ)

Die scheinbare Verdaulichkeit (sVQ) der Rohnährstoffe wurde im Rahmen dieser Untersuchung nach folgender Formel berechnet:

$$\text{sVQ (\%)} = \frac{(\text{Nährstoffgehalt in der FA}) - (\text{Nährstoffgehalt in den „Gesamtexkrementen“})}{(\text{Nährstoffgehalt in der FA})} \times 100$$

FA = Futtermittelaufnahme = Futterangebot - Futterrest      „Gesamtexkrementen“ = Gewölle + Schmelz

#### - Organische Substanz (oS)

Zur Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz wurde der Anteil an organischer Substanz in den Exkrementen zunächst um den Harnsäureanteil (s. Kap. III A/ 6.1 und 6.2) reduziert.

#### - Rohprotein (Rp)

Die Rp-Verdaulichkeit wurde mittels der in Kapitel III A/ 7.3 angegebenen Formel zur Berechnung des Kot-Rp-Gehaltes kalkuliert.

### 7.5 Bruttoenergie (GE)

Um den Energiegehalt der tatsächlichen Futteraufnahme auf Stufe der Bruttoenergie (GE) ermitteln zu können, wurden folgende Bruttobrennwerte für die einzelnen Rohnährstoffe angenommen (KAMPHUES et al. 2009):

$$\text{Rp: } 23,9 \text{ kJ/g; Rfe: } 39,8 \text{ kJ/g; oR („NfE“): } 17,5 \text{ kJ/g}$$

Für die Bruttoenergiegehalte der Futterangebote und -reste sowie der Gewölle ergab sich demnach folgende Formel:

$$\text{GE (MJ/kg)} = 0,0239 \times \text{g Rp} + 0,0398 \times \text{g Rfe} + 0,0175 \times \text{g oR}$$

### 7.6 Umsetzbare Energie (ME)

Bei Vögeln bietet sich aufgrund der gemeinsamen Ausscheidung von Kot und Harn eine Energiebewertung auf der Stufe der umsetzbaren Energie (ME) an.

Es wurden zwei verschiedene Ansätze zur Berechnung des Gehaltes an umsetzbarer Energie im Futterangebot verwandt:

- (1) Berechnung in Anlehnung an die Schätzformel für Mischfuttermittel beim Geflügel (Anlage 4 FMVO). Da davon ausgegangen wurde, dass es sich bei den Verbindungen des organischen Restes (oR) vorrangig um Disaccharide handelte wurde der Faktor von 0,01669 für den oR verwandt. Damit ergab sich folgende Formel:

$$\text{ME}_{\text{FMVO}} \text{ (MJ/kg)} = 0,01551 \text{ Rp} + 0,03431 \text{ Rfe} + 0,01669 \text{ oR}$$

- (2) In einer Übersichtsarbeit geben CASTRO et al. (1989) bei Angebot von „Fleisch“ (z. B. Eintagsküken, Kaninchen, Nagetieren u. a.) an Greifvögel bzw. Eulen einen Faktor von 78,4 % für die Umsetzbarkeit (q) der Bruttoenergie in metabolisierbare Energie an. Bei der  $\text{ME}_{q=0,784}$  handelt es sich also um einen *kalkulierten* Wert, der sich weder aus den verdaulichen Nährstoffen noch aus Daten einer Respirationsanlage ableitet. Damit ergab sich folgende Formel zur Berechnung der umsetzbaren Energie:

$$ME_{q=0,784} \text{ (MJ/kg)} = 0,784 \times GE \text{ (MJ/kg)}$$

### 8. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des Statistical Analysis System (SAS) und den Statistikfunktionen ANOVA (Microsoft® Excel 2000). Es wurden folgende statistische Methoden angewandt:

- Bestimmung des Mittelwertes bei der Zusammenfassung von Einzelwerten
- Berechnung der Standardabweichung als Maß für die Streuung
- Zweifaktorielle Varianzanalyse zum Vergleich der Varianz der Mittelwerte
- t-Test als Post-hoc Test zur zweifaktoriellen Varianzanalyse

Signifikant unterschiedliche Mittelwerte ( $p < 0,05$ ) wurden durch Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

## B Ergebnisse

Zu den Besonderheiten von Eulen und Greifvögeln gehört die Produktion von Gewölle. In den folgenden Ausführungen werden die Gewölle den Exkrementen zugerechnet.

Der Übersichtlichkeit halber sollen in diesem Kapitel größtenteils nur Mittelwerte der Ergebnisse aufgelistet werden, Einzelwerte sind dem Tabellenanhang (Kap. IX) zu entnehmen.

Wurde der Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) mittels der Formel für Mischfuttermittel für das Nutzgeflügel gemäß Anlage 4 der FMVO geschätzt, so erfolgt die Abkürzung  $ME_{FMVO}$ . Wurde demgegenüber von einer Umsetzbarkeit (q) der Energie von 0,784 ausgegangen, so sind die entsprechenden Werte mit  $ME_{q=0,784}$  gekennzeichnet (vgl. CASTRO et al. 1989).

### 1. Zusammensetzung des Futterangebots (Eintagsküken / adulte Mäuse)

#### 1.1 Rohnährstoff- und Energiegehalte

Die Greifvögel und Eulen erhielten – in Anlehnung an die übliche Fütterungspraxis – in den Fütterungsversuchen entweder ausschließlich *Eintagsküken* oder ausschließlich *adulte Mäuse*. Die Zusammensetzung der Rückstellproben der angebotenen „Futtermittler“ (= Eintagsküken und Mäuse) ist Tabelle 10 zu entnehmen.

**Tab. 10:** Rohnährstoff- und Energiegehalte in Rückstellproben (Poolproben) der in den Fütterungsversuchen eingesetzten *Eintagsküken* und *adulten Mäusen* (Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)

Futtermittler Station n der Poolprobe	<i>Eintagsküken</i>		<i>Mäuse</i>			Ø ± s
	A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	B <sup>3)</sup>	
TS (g/kg uS)	243	229	371	309	304	328 ± 37,3
Ra	73,8	76,4	104	112	99,6	105 ± 6,29
Rp	656	691	471	607	529	536 ± 68,2
Rfe	203	131	378	173	269	273 ± 103
oR	67,2	102	47,0	108	102	85,7 ± 33,6
GE	25,0	23,5	27,1	23,3	25,1	25,2 ± 1,92
ME <sub>FMVO</sub>	18,3	16,9	21,1	17,2	19,1	19,1 ± 1,95
ME <sub>q=0,784</sub>	19,6	18,4	21,3	18,3	19,7	19,7 ± 1,51

<sup>1)</sup> Küken bzw. Mäuse für MB 1-3    <sup>2)</sup> Küken bzw. Mäuse für TF I-III sowie UH I-III    <sup>3)</sup> Mäuse für MB I-III

Erwartungsgemäß wiesen die Futtertiere hohe Rp-Gehalte auf (im Durchschnitt 60-70 % der TS). Dabei zeigten die Eintagsküken im Vergleich zu den Mäusen allgemein höhere Werte. Diese hatten in Abhängigkeit vom Ernährungszustand bzw. Alter im Vergleich zu den Eintagsküken hingegen höhere Fettgehalte, die zwischen 17,3 und 37,8 % i. TS variierten. Der Bruttoenergiegehalt betrug bei den Eintagsküken durchschnittlich 24,3 MJ GE/kg TS, in den adulten Mäusen entsprechend 25,2 MJ GE/kg TS. Dabei war der Gehalt an umsetzbarer Energie in den Mäusen umso höher, je höher ihr „Fett-Anteil“ (bezogen auf TS) war.

Zur besseren Einschätzung der Rohnährstoff- und Energiegehalte der Futtertiere (Literaturdaten s. a. Anhang; Kap. IX) wurden weitere Eintagsküken (n = 5) derselben Herkunft (Brütereier) sowie 5 adulte Mäuse einer anderen Zuchtlinie (die in den Fütterungsdurchgängen allerdings nicht zum Einsatz kamen) analysiert. Ergebnisse dieser Untersuchungen sind der folgenden Tabelle 11 zu entnehmen.

**Tab. 11:** Rohnährstoff- und Energiegehalte von *Eintagsküken* (n = 5) und *adulten Mäusen* (n = 5; Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)

Probe	<i>Eintagsküken</i>		<i>Mäuse</i>	
	C1	C2	D1	D2
TS (g/kg uS)	212	214	262	317
Ra	83,0	76,5	116	109
Rp	686	697	630	573
Rfe	180	178	192	230
oR	51,0	48,5	62,0	88,0
GE	24,5	24,6	23,8	24,4
ME <sub>FMVO</sub>	17,7	17,7	17,4	18,2
ME <sub>q=0,784</sub>	19,2	19,3	18,6	19,1

Werden die Ergebnisse aus den Tabelle 10 und 11 zusammengefasst, so ergibt sich für die chemische Zusammensetzung sowie Energiegehalte von Futtertieren folgendes Bild (s. Tab. 12).

Tab. 12: Durchschnittliche Energie- und Rohnährstoffgehalte in *Eintagsküken* und *adulten Mäusen* (Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)

	<i>Eintagsküken</i> <sup>1</sup>		<i>adulte Mäuse</i> <sup>2</sup>	
	Ø ± s	Variation	Ø ± s	Variation
TS (g/kg uS)	225 ± 14,5	212 – 243	313 ± 39,0	261 – 371
Ra	77,4 ± 3,92	73,8 – 83,0	108 ± 6,47	96,6 – 116
Rp	728 ± 95,1	656 – 868	562 ± 63,5	471 – 630
Rfe	173 ± 30,2	131 – 203	248 ± 81,3	173 – 378
oR	67,2 ± 24,7	48,5 – 102	81,4 ± 26,2	47,0 – 108
GE	24,4 ± 0,64	23,5 – 25,0	24,7 ± 1,48	23,3 – 27,1
ME <sub>FMVO</sub>	17,7 ± 0,57	16,9 – 18,3	18,6 ± 1,59	17,2 – 21,1
ME <sub>q=0,784</sub>	19,1 ± 0,51	18,4 – 19,6	19,4 ± 1,19	18,3 – 21,3

<sup>1</sup> Mittelwert aus A-C

<sup>2</sup> Mittelwert aus A, B, D

## 1.2 Aminosäuren-Gehalte und -Muster

Erwartungsgemäß wiesen die Futtertiere höhere Gehalte an S-haltigen Aminosäuren auf, wobei die *Eintagsküken* im Vergleich zu den *adulten Mäusen* absolut höhere Cystin- wie Methioningehalte hatten. Zudem ließen sich bei beiden Futtertieren höhere Lysingehalte analysieren, die durchschnittlich 40 g/kg TS betragen. Die adulten Mäuse wiesen höhere Tauringehalte als die Eintagsküken auf (s. Tab. 13).

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Tab. 13: Aminosäuren-Gehalte (g/kg TS) in *Eintagsküken* und *adulten Mäusen*

AS	<i>Eintagsküken</i>			<i>adulte Mäuse</i>		
	A1	B1	Ø	A2	B2	Ø
Tau	7,89	7,20	7,55	9,18	8,78	8,98
Asp	67,3	65,2	66,3	55,4	50,3	52,9
Thr	28,5	32,7	30,6	25,5	22,5	24,0
Ser	39,0	43,6	41,3	28,9	28,9	28,9
Glu	87,0	99,4	93,2	84,0	84,7	84,4
Pro	63,9	48,9	56,4	41,9	39,3	40,6
Gly	54,3	45,5	49,9	58,9	47,6	53,3
Ala	40,5	37,5	39,0	41,1	34,7	37,9
(Cys) <sub>2</sub>	15,0	15,6	15,3	11,3	11,1	11,2
Val	39,2	43,2	41,2	30,0	27,8	28,9
Met	10,5	12,3	11,4	9,04	9,35	9,20
Ileu	29,0	30,0	29,5	24,4	22,3	23,4
Leu	51,2	52,2	51,7	49,4	44,4	46,9
Tyr	23,6	24,0	23,8	24,3	20,1	22,2
Phe	30,7	26,3	28,5	23,6	21,4	22,5
His	14,4	15,2	14,8	13,5	13,0	13,3
Lys	39,1	39,9	39,5	42,9	40,6	41,8
Arg	47,1	44,4	45,8	42,0	38,9	40,5
Σ AS	688	683	686	615	566	591
Rp	686	697	692	630	573	602

Das AS-Muster (g AS/100 g Rp) der Futtertiere ist der folgenden Tabelle 14 zu entnehmen. Der Lysingehalt belief sich auf 5,71 g (Eintagsküken) bzw. 6,94 g (Mäuse) Lys/100 g Rp.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Tab.14: Aminosäuren-Muster (g AS/100 Rp) in *Eintagsküken* und *adulten Mäusen*

AS	<i>Eintagsküken</i>			<i>adulte Mäuse</i>		
	A1	B1	Ø	A2	B2	Ø
Tau	1,15	1,03	1,09	1,46	1,53	1,49
Asp	9,81	9,35	9,58	8,79	8,78	8,79
Thr	4,15	4,69	4,42	4,05	3,93	3,99
Ser	5,69	6,26	5,97	4,59	5,04	4,80
Glu	12,7	14,3	13,5	13,3	14,8	14,0
Pro	9,31	7,02	8,15	6,65	6,86	6,74
Gly	7,92	6,53	7,21	9,35	8,31	8,85
Ala	5,90	5,38	5,63	6,52	6,06	6,30
Cys	2,19	2,24	2,21	1,79	1,94	1,86
Val	5,71	6,20	5,95	4,76	4,85	4,80
Met	1,53	1,76	1,65	1,43	1,63	1,53
Ileu	4,23	4,30	4,26	3,87	3,89	3,89
Leu	7,46	7,49	7,47	7,84	7,75	7,79
Tyr	3,44	3,44	3,44	3,86	3,51	3,69
Phe	4,48	3,77	4,12	3,75	3,73	3,74
His	2,10	2,18	2,14	2,14	2,27	2,21
Lys	5,70	5,72	5,71	6,81	7,09	6,94
Arg	6,87	6,37	6,62	6,67	6,79	6,73

### 1.3 Mineralstoffe

Die maximal 24 Stunden alten Küken (= Eintagsküken) hatten im Vergleich zu den adulten Mäusen deutlich geringere Mengen- und Spurenelementgehalte, abgesehen von den Na- und Se-Werten, die in den Eintagsküken höher waren (s. Tab. 15).

Tab. 15: Mengen- und Spurenelementgehalte von *Eintagsküken* und *adulten Mäusen* (Angaben in g bzw. mg/kg TS)

	Eintagsküken			adulte Mäuse		
	A1	B1	Ø	A2	B2	Ø
Ca (g)	18,0	15,9	17,0	36,1	34,1	35,1
P (g)	10,5	9,53	10,0	19,3	18,4	18,9
Mg (g)	0,93	0,83	0,88	1,28	1,25	1,27
Na (g)	8,14	8,03	8,09	3,86	3,58	3,72
K (g)	7,32	7,72	7,52	10,0	8,72	9,36
Cu (mg)	3,56	3,87	3,72	8,52	10,1	9,31
Zn (mg)	62,8	59,3	61,1	88,5	102	95,3
Fe (mg)	116	103	110	217	213	215
Mn (mg)	3,14	3,26	3,20	11,8	16,0	13,9
Se (mg)	1,19	1,07	1,13	0,97	0,89	0,93

Entsprechend niedriger waren daher im Vergleich auch die Ca-Gehalte in den Eintagsküken. Auch die P-Gehalte waren bei diesen Futtertieren mit durchschnittlich 10 g/kg TS nur halb so hoch wie bei den Mäusen (18,9 g P/kg TS). Das Ca : P-Verhältnis variierte bei den Eintagsküken im Bereich von 1,7 : 1, bei den Mäusen konnte eine Relation von 1,9 : 1 ermittelt werden.

Die Eintagsküken wiesen zudem mit durchschnittlich 8 g Na/kg TS relativ hohe Na-Gehalte auf. Die Mäuse zeigten hingegen im Vergleich zu den Küken allgemein höhere Gehalte an den Spurenelementen Kupfer, Zink, Eisen und Mangan.

Sowohl in Eintagsküken also auch adulten Mäusen wurden Se-Gehalte im mg-Bereich nachgewiesen.

Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, dass die Mäuse im Vergleich zu den Eintagsküken allgemein höhere Ca-Gehalte aufwiesen. Für eine weitergehende Einschätzung wurde daraufhin das Skelett von weiteren 5 Mäusen präpariert und dann entsprechend analysiert (s. Tab. 16).

**Tab. 16:** Ca- und P-Gehalte in den Knochen *adulter Mäuse* (Angaben in g/kg ffr. TS bzw. in % der Ra)

Tier – Nr.	1	2	3	4	5	Ø ± s
Ra g/kg ffr. TS	700	673	704	712	682	694 ± 17,2
Ca g/kg ffr. TS	234	248	275	266	237	252 ± 18,0
% der Ra	33,4	36,9	39,1	37,4	34,8	36,3 ± 2,24
P g/kg ffr. TS	129	128	136	131	131	131 ± 3,95
% der Ra	18,4	19,0	19,3	18,4	19,2	18,9 ± 0,44

ffr. TS = fettfreie Trockensubstanz

In den Mäuseknochen konnte ein Ra-Gehalt von durchschnittlich 69,4 % (in ffr. TS) ermittelt werden, dies entspricht etwa 73,0 % der gesamten Rohasche im Mäusekörper (s. Tab. 17). Der Ca-Anteil des Skeletts betrug 36,3 % der Ra, der entsprechende Wert beim Phosphor konnte anhand der Analysendaten mit 18,9 % kalkuliert werden. Das Gesamt-Calcium ist mit durchschnittlich 81,5 % ebenso wie Phosphor mit 78,7 % zum überwiegenden Teil in den Knochen lokalisiert (s. Tab. 17).

**Tab. 17:** Gehalte an Rohasche, Calcium und Phosphor im Skelett von *adulten Mäusen* in Relation zu den Gesamtgehalten im Körper (Angaben in % der Gesamtasche, des Gesamt-Ca bzw. des Gesamt-P)

Tier - Nr.	1	2	3	4	5	Ø ± s
Ra	72,6	71,7	73,1	75,9	71,6	73,0 ± 1,76
Ca	74,7	81,3	87,9	87,3	76,6	81,5 ± 6,02
P	76,5	77,1	80,7	79,8	78,6	78,7 ± 1,64

Das natürliche Futteraufnahmeverhalten von Greifvögeln und Eulen imitierend, welche mitunter den Magen-Darm-Trakt der Beutetiere zuerst vollständig entfernen, bevor der Rest verpeist wird, wurden zudem *eviszerierte* adulte Mäuse analysiert (s. Tab. 18 und 19).

Bedingt durch die Entfernung des GIT-Traktes der Mäuse, der allgemein ein Ca : P-Verhältnis von 1 : 10 aufwies (s. Tab. 19), stiegen der Ra- wie auch der Ca- und P-Gehalt im *eviszerierten* Mäusekörper im Vergleich zur intakten Maus tendenziell an.

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

**Tab. 18:** Ra-, Ca- und P-Gehalte *eviszierter* adulter Mäuse (Angaben in g/kg ffr. TS bzw. % der Ra)

Tier – Nr.	1	2	3	4	5	Ø ± s
Ra g/kg ffr. TS	131	119	128	126	118	124 ± 5,70
Ca g/kg ffr. TS	38,7	31,5	35,0	32,3	35,9	34,7 ± 2,09
% der Ra	29,5	26,5	27,3	25,6	30,4	27,9 ± 2,03
P g/kg ffr. TS	22,9	19,7	21,8	19,1	20,3	20,7 ± 1,56
% der Ra	17,5	16,6	17,0	15,2	17,2	16,7 ± 0,9

ffr. TS = fettfreie Trockensubstanz

Zudem wurden die im GIT-Trakt vorhandenen Gehalte an Rohasche, Calcium und Phosphor bei adulten Mäusen bestimmt (s. Tab. 19). Der Ra-Gehalt des GIT-Traktes variierte zwischen 66,0 und 76,3 g/kg TS, wobei sich diese Variation auf unterschiedlich hohe Anteile an HCl-unlöslicher Asche zurückführen ließ. Während bei Tier 5 keinerlei Silikate im Magen-Darm-Trakt gefunden wurden, betrug der Anteil bei Tier 1 etwa 1,29 % i. TS.

**Tab. 19:** Ra-, Reinasche, Ca- und P-Gehalte im *Gastrointestinaltrakt* adulter Mäuse (Angaben in g/kg TS bzw. % der Reinasche)

Tier – Nr.	1	2	3	4	5	Ø ± s
Ra g/kg TS	76,3	75,7	72,7	63,9	66,0	70,9 ± 5,67
HCl-unlösliche Asche g/kg TS	12,9	7,38	2,63	1,20	n.n.	4,82 ± 4,90
Reinasche g/kg TS	63,4	68,3	70,1	62,7	66,0	66,1 ± 3,21
Ca g/kg TS	1,07	1,22	1,20	1,03	1,11	1,13 ± 0,08
% Reinasche	2,03	1,98	1,77	1,67	1,68	1,70 ± 0,11
P g/kg TS	11,2	11,5	11,9	9,58	10,2	10,9 ± 0,96
% Reinasche	21,3	18,6	17,5	15,6	15,5	16,4 ± 1,01

Reinasche = Ra - HCl-unlösliche Asche

n.n. : nicht nachweisbar

## 2. Futteraufnahmeverhalten

Die Vögel wurden generell morgens um 8 Uhr gefüttert. Die Taggreifvögel (Turmfalken und Mäusebussarde) fraßen ihre Nahrung zeitnah nach der Fütterung, so dass bei der ersten Kontrolle ca. zwei Stunden später lediglich Futterreste vorgefunden wurden. Die Uhus dagegen verzehrten - ihrem natürlichen Verhaltensrhythmus gemäß - einen Teil der Futtertiere sofort, ließen einen kleineren Anteil allerdings liegen und nahmen diesen erst am Nachmittag zu sich.

## 3. Futteraufnahme

Im Folgenden erfolgte die Berechnung der Futteraufnahmemengen (FA) aus der Differenz aus Futterangebot und Futterresten.

### 3.1 Futterangebot

Angaben zu den angebotenen Mengen an Frischsubstanz von *Eintagsküken* und *adulten Mäusen* sind dem Kap. III A/ 2 zu entnehmen.

### 3.2 Futterreste

Die Futterreste, die im Durchschnitt 0,08 bis 1,0 g TS/Tier/d betragen, bestanden überwiegend aus Fell, Federn und Dottersackresten, die beim Zerrupfen der Beutetiere übrig blieben. Zusätzlich wurde mehrfach der GIT-Trakt der Futtertiere verschmäht, sodass die Futterreste beispielsweise bei den beiden Mäusebussarden MB 1 und MB 3 nach Gabe von Eintagsküken eine Menge von 15,8 bzw. 11,5 g TS, entsprechend 15 bzw. 11,2 % des Futterangebotes, erreichten.

Abgesehen von Uhu III, der während der Gabe von Eintagsküken 0,07 g TS/d an Federn und Dotter zurückließ, gab es ansonsten bei den Nachtgreifvögeln keine Reste, da sie die angebotenen Futtertiere in toto verschluckten, d. h. ohne jegliche Zerkleinerung aufnahmen.

### 3.3 Futteraufnahmemengen (FA)

Die täglichen Futteraufnahmemengen (FA; in g TS/Tier/d, g TS/100 g KM/d bzw. g/kg KM<sup>0,75</sup>) der Tiere sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Bei Angebot der *Eintagsküken* realisierten die Turmfalken – bezogen auf die metabolische Körpermasse – signifikant höhere Futteraufnahmen als Mäusebussarde und Uhus, die sich hinsichtlich der TS-Aufnahme nur moderat unterschieden.

Noch deutlicher waren die Unterschiede zwischen den Turmfalken einerseits und den Mäusebussarden und Uhus andererseits, wenn ausschließlich *adulte Mäuse* angeboten wurden (s. Tab. 20).

**Tab. 20:** Tägliche Futteraufnahmemengen (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in g TS/Tier/d, gTS/100 g KM/d bzw. g TS/kg KM<sup>0,75</sup>/d)

Futter	<i>Eintagsküken</i>			<i>adulte Mäuse</i>		
	g TS /Tier/d	g TS /100 g KM/d	g TS /kg KM <sup>0,75</sup> /d	g TS /Tier/d	g TS /100 g KM/d	g TS /kg KM <sup>0,75</sup> /d
TF I-III	8,41 <sup>a</sup> ± 0,26	5,08 ± 0,91	32,3 ± 4,06	12,7 <sup>a</sup> ± 0,20	7,26 ± 1,03	46,8 ± 4,81
MB 1-3	18,7 <sup>b</sup> ± 1,09	2,25 ± 0,56	21,4 ± 4,34	21,4 <sup>b</sup> ± 0,72	2,63 ± 0,61	24,9 ± 4,57
MB I-III	/	/	/	19,9 <sup>b</sup> ± 0,73	2,47 ± 0,13	23,4 ± 0,93
UH I-III	34,7 <sup>c</sup> ± 0,51	1,97 ± 0,05	22,5 ± 0,41	41,6 <sup>c</sup> ± 0,23	2,37 ± 0,01	27,3 ± 0,83

Anm.: für die Berechnung wurden die Mittelwerte der Körpermassen der Tiere zu Bilanzbeginn und - ende zugrunde gelegt; Kleine Buchstaben charakterisieren signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Spezies bei Angebot einer „Futtertier“-Sorte.

Bezogen auf die metabolische Körpermasse nahmen die Turmfalken etwa die doppelte TS-Menge im Vergleich zu den anderen beiden Spezies auf.

#### 4. Tatsächlich aufgenommenes Futter

Die Nährstoffgehalte im Futterangebot und in der tatsächlich von den Tieren realisierten Aufnahme müssen nicht unbedingt identisch sein. Vielmehr kann es z. B. durch selektive Aufnahme bzw. Verschmähen bestimmter Futterbestandteile zu einer Verschiebung der Nährstoffgehalte in der tatsächlichen Futteraufnahme der Tiere kommen. Aus diesem Grund wurden sowohl Rückstellproben des Futterangebotes also auch gesammelte Futterreste analysiert und hierauf basierend die Nährstoffgehalte in der tatsächlichen Futteraufnahme der Tiere kalkuliert.

Die Berechnung der aufgenommenen Nährstoffe beruht ebenfalls auf der Annahme, dass Gewölle den „Gesamt-Exkrementen“ zuzuordnen sind.

#### 4.1 Rohnährstoff- und Energiegehalte

Das Futterangebot erfolgte, um die Masse an Futterresten gering zu halten, nicht ad libitum, sondern gemäß falknerischen Erfahrungen in einem Umfang, der nur zu geringen Mengen nicht aufgenommenen Futters führte.

Die tatsächlich realisierten Aufnahmen an Rohnährstoffen (in g/Tier/d) sowie die daraus kalkulierte tägliche Energieaufnahme (kJ/Tier/d) der Greifvögel und Eulen sind den folgenden Tabellen 21-23 zu entnehmen.

**Tab. 21:** TS-, Nährstoffmengen in der tatsächlichen Futteraufnahme (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/Tier/d)

	TS	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I-III	8,41 ± 0,26	0,64 ± 0,03	7,77 ± 0,24	5,79 ± 0,21	1,13 ± 0,02	0,86 ± 0,01
MB 1-3	18,7 ± 1,09	1,36 ± 0,11	17,3 ± 0,67	12,2 ± 0,67	3,83 ± 0,33	1,29 ± 0,06
UH I-III	34,7 ± 0,51	1,36 ± 0,10	31,1 ± 0,48	23,3 ± 0,38	4,43 ± 0,07	3,40 ± 0,04

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

**Tab. 22:** TS-, Nährstoffmengen in der tatsächlichen Futteraufnahme (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/Tier/d)

	TS	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I-III	12,7 ± 0,20	1,38 ± 0,03	11,3 ± 0,18	7,72 ± 0,12	2,19 ± 0,06	1,37 ± 0,04
MB 1-3	21,4 ± 0,72	2,23 ± 0,08	19,2 ± 0,64	10,2 ± 0,28	8,16 ± 0,22	0,87 ± 0,15
MB I-III	19,9 ± 0,73	1,99 ± 0,07	17,9 ± 0,67	10,6 ± 0,37	5,46 ± 0,12	1,91 ± 0,19
UH I-III	41,6 ± 0,23	4,64 ± 0,03	37,0 ± 0,20	25,2 ± 0,14	7,17 ± 0,04	4,56 ± 0,03

In Abhängigkeit von den jeweils angebotenen Futtertieren nahmen die Greife bei Angebot von *adulten Mäusen* höhere Mengen (**in g**) an Rohasche und Rohfett auf.

**Tab. 23:** Energieaufnahmen von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in kJ/Tier/d)

Futterangebot	<i>Eintagsküken</i>			<i>adulte Mäuse</i>		
	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>FMVO</sub>	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>FMVO</sub>
TF I-III	198 ± 5,93	155 ± 4,65	143 ± 4,08	296 ± 4,99	232 ± 3,91	218 ± 3,80
MB 1-3	467 ± 28,6	366 ± 22,4	342 ± 21,5	583 ± 17,9	457 ± 14,0	452 ± 14,2
MB I-III	/	/	/	503 ± 16,4	394 ± 12,9	383 ± 12,6
UH I-III	793 ± 12,3	622 ± 9,67	570 ± 8,77	968 ± 5,29	759 ± 4,15	715 ± 3,92

Kalkulierte man die Nährstoffgehalte **pro kg Futter-TS** (s. Tab. 24-26), so zeigte sich, dass bei dieser Vorgehensweise allenfalls kleine Unterschiede zwischen dem Futterangebot (vgl. Tab. 10) und der tatsächlichen Aufnahme auftraten, die auf die Beschaffenheit der Futterreste (Flaumfedern, Dottersack, Fell) zurückzuführen waren.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Tab. 24: Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (g/kg Futter-TS)

	Zusammensetzung des aufgenommenen Futters (g/kg Futter-TS)				
	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I-III	75,8 ± 1,21	924 ± 1,20	688 ± 2,98	134 ± 1,53	102 ± 2,47
MB 1-3	73,0 ± 3,47	927 ± 3,50	654 ± 5,90	205 ± 8,98	68,8 ± 0,69
UH I-III	76,3 ± 0,13	924 ± 0,15	692 ± 0,87	131 ± 0,19	101 ± 0,90

Tab. 25: Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (g/kg Futter-TS)

	Zusammensetzung des aufgenommenen Futters (g/kg Futter-TS)				
	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I-III	109 ± 2,23	892 ± 2,23	610 ± 2,76	173 ± 2,35	109 ± 2,97
MB 1-3	104 ± 0,42	897 ± 0,42	475 ± 2,85	381 ± 2,54	40,6 ± 5,39
MB I-III	100 ± 0,44	900 ± 0,44	530 ± 1,31	274 ± 4,65	95,5 ± 6,23
UH I-III	112 ± 0,02	889 ± 0,02	606 ± 0,08	173 ± 0,01	110 ± 0,09

Tab. 26: Energiegehalte in der tatsächlichen Futteraufnahme von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in MJ/kg TS)

Futterangebot	<i>Eintagsküken</i>			<i>adulte Mäuse</i>		
	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>FMVO</sub>	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>FMVO</sub>
TF I-III	23,6 ± 0,03	18,5 ± 0,03	17,0 ± 0,05	23,4 ± 0,07	18,3 ± 0,06	17,2 ± 0,08
MB 1-3	25,0 ± 0,22	19,6 ± 0,17	18,3 ± 0,22	27,2 ± 0,08	21,3 ± 0,06	21,1 ± 0,04
MB I-III	/	/	/	25,3 ± 0,11	19,8 ± 0,08	19,2 ± 0,08
UH I-III	23,5 ± 0,01	18,4 ± 0,01	16,9 ± 0,00	23,3 ± 0,00	18,3 ± 0,00	17,2 ± 0,00

#### **4.2 Aminosäuregehalte**

Bei Kalkulation der AS-Gehalte (g/kg TS) im tatsächlich aufgenommenen Futter ergaben sich, sofern die Futteraufnahme als Differenz zwischen Futterangebot und -resten berechnet wurde, nur marginale Unterschiede. Wurden die Gewölle als „Futterrest“ gewertet, so konnten Unterschiede beobachtet werden (Näheres hierzu s. Kap. IV; vgl. Tab. IX/16 und 17).

#### **4.3 Mineralstoffgehalte**

Auch bei der Kalkulation der tatsächlich aufgenommenen Mineralstoffmengen (g/Tier/d) wiesen Futterangebot und tatsächlich aufgenommenes Futter nur geringe Unterschiede auf, sofern die Gewölle als Teil der „Gesamt-Exkreme“ gewertet wurden. Wie bei den AS-Gehalten ergaben sich jedoch große Unterschiede, wenn die Gewölle den Futterresten zugeordnet wurden (Näheres hierzu s. Kap. IV; vgl. Tab. IX/18 und 19).

## 5. Gewölle

Eine Besonderheit bei Eulen und Greifvögeln ist die Produktion der Gewölle, die in der Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Art des Futterangebots variieren können. Das Gewölle besteht *per definitionem* (s. Kap. II.4) aus *unverdaulichen Anteilen* der Futtermittel, welche im Anschluss an die ersten im Magen ablaufenden Verdauungsprozesse hervorgewürgt und ausgeschieden werden.

### 5.1 Menge / Frequenz

Die im folgenden aufgelisteten Werte wurden - sofern Kontaminationen mit Sand des Gewölles während der Bilanzen erfolgten - um die Gehalte an HCl-unlöslicher Asche korrigiert. Deshalb werden statt der Trockensubstanz (TS) die um den „Sandanteil“ korrigierte TS (= TS<sub>korrt</sub>) sowie die Reinasche (= Rein = Ra - HCl-unlösliche Asche) angegeben.

Wurden *adulte Mäuse* gefüttert, produzierten alle untersuchten Vögel deutlich mehr Gewölle als in der Phase, in der nur *Eintagsküken* angeboten wurden (s. Tab. 27).

Die höchste Gewölleproduktion wurde bei den Uhus nach Angebot von *adulten Mäusen* ermittelt (11,5 % des Futterangebots wurden als Gewölle ausgeschieden). Turmfalken und Mäusebussarden schieden nach Angebot von *adulten Mäusen* zwischen 4,7 und 6,8 % der FA, bzw. nach Gabe von *Eintagsküken* 4,5 - 8,7 % der FA an Gewölle aus.

**Tab. 27:** Tägliche Gewölleproduktion der verschiedenen Greifvögel und Eulen bei Fütterung von *Eintagsküken* (E) bzw. *adulten Mäusen* (M; Angaben in g TS/Tier/d, g TS/100 g KM/d bzw. Gewölle-TS in % FA)

Spezies	FA		g TS/ Tier/d	g TS/ 100 g KM/d	Gewölle-TS in % FA
TF	II/III	E	(0,73 / 0,56)*	(0,42 / 0,42)*	(8,65 / 6,85)*
	I-III	M	0,86 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,06	6,79 ± 1,40 <sup>a</sup>
MB	1-3	E	0,84 ± 0,10 <sup>aA</sup>	0,10 ± 0,02	4,48 ± 0,56 <sup>aA</sup>
	1-3	M	1,01 ± 0,12 <sup>abAB</sup>	0,12 ± 0,02	4,73 ± 0,58 <sup>bA</sup>
	I-III	M	1,27 ± 0,14 <sup>bB</sup>	0,16 ± 0,01	6,39 ± 0,79 <sup>ab</sup>
UH	I-III	E	1,33 ± 1,16 <sup>aA</sup>	0,08 ± 0,07	3,98 ± 3,52 <sup>aA</sup>
	I-III	M	4,78 ± 0,14 <sup>cB</sup>	0,27 ± 0,02	11,5 ± 0,37 <sup>cB</sup>

Kleinbuchstaben charakterisieren signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Vogelspezies, Großbuchstaben zwischen den Diäten  
\* Einzelwerte von TF II / TF III; TF I keine Gewöllebildung

## 5.2 Chemische Zusammensetzung der Gewölle

### 5.2.1 Rohrnährstoffgehalte

Aus den folgenden Tabellen 28 und 29 sind die Rohrnährstoffgehalte der von den Tieren während der Bilanzen abgesetzten Gewölle ersichtlich (Angaben in g/kg uS bzw. g/kg TS).

Bei Angebot von *Eintagsküken* wiesen die Reinasche-Werte der Gewölle sowohl innerhalb einer Art als auch zwischen den Arten große Unterschiede auf. So schieden die **Uhus** mit dem Gewölle signifikant höhere Reinasche-Konzentrationen als **Mäusebussarde** aus (s. Tab. 28). Ansonsten zeigte die chemische Zusammensetzung der Gewölle bei Angebot von Eintagsküken keine signifikanten Differenzen auf.

Die Rp-Gehalte variierten allgemein um 800 g/kg TS (eine Ausnahme bildete das Gewölle des TF II mit 350 g Rp/kg TS). Bei den Rfe-Gehalten zeigten sich speziesbedingte Einflüsse. Den niedrigsten Rfe-Gehalt wies das Gewölle des TF III (18,0 g Rfe/kg TS) auf.

**Tab. 28:** Rohrnährstoffgehalte in den Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/kg uS bzw. g/kg TS)

Tier	TF II / TF III*	MB 1-3	UH I-III
TS <sub>kor</sub> (g/kg uS)	538 / 768	358 ± 49,9 <sup>a</sup>	352 ± 6,07 <sup>a</sup>
Reinasche (g/kg TS)	650 / 158	22,1 ± 7,50 <sup>a</sup>	69,4 ± 22,9 <sup>b</sup>
oS (g/kg TS)	350 / 842	978 ± 7,50 <sup>a</sup>	931 ± 22,9 <sup>b</sup>
Rp (g/kg TS)	350 / 817	834 ± 52,6 <sup>a</sup>	821 ± 25,6 <sup>a</sup>
Rfe (g/kg TS)	n.b. / 18,0	65,9 ± 39,2 <sup>a</sup>	33,1 ± 4,36 <sup>a</sup>
oR (g/kg TS)	n.b. / 7,2	77,6 ± 20,8 <sup>a</sup>	76,8 ± 3,06 <sup>a</sup>

Kleine Buchstaben geben signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Gewölle von Mäusebussarden und Uhus wieder. \*TF I hatte während dieser Bilanz keine Gewölle abgesetzt, daher werden hier die Einzelwerte von TF II und III aufgelistet n.b. = aufgrund der geringen Probenmengen nicht bestimmbar

Da den MB 1-3 bzw. I-III *adulte Mäuse* unterschiedlicher Zuchtlinien gereicht wurden, werden die Nährstoffgehalte der abgesetzten Gewölle in der folgenden Tabelle 29 für die beiden MB-Gruppen getrennt dargestellt.

Nach Angebot von *adulten Mäusen* zeigten sich beim Reinasche-Gehalt in den Gewöllen nicht nur fütterungsbedingte, sondern auch speziesbedingte Unterschiede. So war der Reinaschegehalt im Gewölle der Uhus bei Fütterung von adulten Mäusen (389 g/kg TS) nicht nur höher als bei Angebot von Eintagsküken (69,4 g/kg TS), sondern übertraf auch die Reinaschegehalte der Gewölle von Turmfalken und Mäusebussarden um ein Vielfaches. Andererseits waren die Rp- und Rfe-Gehalte im Gewölle der Uhus signifikant niedriger als bei den Turmfalken und Mäusebussarden.

**Tab. 29:** Roh Nährstoffgehalte der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/kg uS bzw. g/kg TS)

Tier	TF I-III	MB 1-3	MB I-III	UH I-III
TS <sub>korrt</sub> (g/kg uS)	325 ± 25,7 <sup>a</sup>	315 ± 10,9 <sup>a</sup>	356 ± 35,3 <sup>a</sup>	412 ± 34,6 <sup>b</sup>
Reinasche (g/kg TS)	152 ± 19,7 <sup>a</sup>	41,4 ± 21,1 <sup>b</sup>	157 ± 70,0 <sup>a</sup>	389 ± 34,0 <sup>c</sup>
oS (g/kg TS)	848 ± 19,7 <sup>a</sup>	959 ± 21,1 <sup>b</sup>	943 ± 70,0 <sup>a</sup>	611 ± 34,0 <sup>c</sup>
Rp (g/kg TS)	634 ± 21,5 <sup>a</sup>	796 ± 23,1 <sup>b</sup>	686 ± 10,7 <sup>c</sup>	525 ± 24,8 <sup>d</sup>
Rfe (g/kg TS)	26,2 ± 2,76 <sup>a</sup>	32,3 ± 13,0 <sup>a</sup>	26,4 ± 1,40 <sup>a</sup>	17,5 ± 1,58 <sup>b</sup>
oR (g/kg TS)	188 ± 9,59 <sup>a</sup>	130 ± 9,45 <sup>b</sup>	131 ± 66,8 <sup>bc</sup>	68,7 ± 57,1 <sup>c</sup>

Kleinbuchstaben geben signifikante Unterschiede in den Gehalten an Roh Nährstoffen in den Gewöllen wieder.

### 5.2.2 Aminosäuren

Neben den Gehalten an Roh Nährstoffen in den Gewöllen, wurden auch deren AS-Gehalte und -Muster bestimmt (s. Tab. 30 und 31).

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Nach Angebot von *Eintagsküken* (inkl. Flaumfedern) zeigte sich folgendes Bild: Cystin, die insbesondere in Keratinen dominierende S-haltige Aminosäure, war im Protein der Gewölle in vergleichsweise hohen Konzentrationen vorhanden. Charakterisiert man das Protein näher (s. Tab. 30), so sind im AS-Muster 8-9 g Cystin/100 g Rp, aber nur 0,28-0,50 g Methionin/100 g Rp enthalten. Die ermittelten Lysin-Gehalte betragen 0,67-0,98 g/100 g Rp.

**Tab. 30:** AS-Gehalte und -Muster in den Gewöllen der Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus (Poolproben) nach Fütterung von *Eintagsküken* (Angaben in g AS/kg TS bzw. g AS/100 g Rp)

AS	TF I-III		MB 1-3		UH I-III	
	g/kg TS	g/100 g Rp	g/kg TS	g/100 g Rp	g/kg TS	g/100 g Rp
Tau	4,96	1,40	18,5	2,34	23,4	2,85
Asp	21,4	6,05	51,1	6,46	53,7	6,54
Thr	13,3	3,76	30,7	3,88	31,3	3,81
Ser	37,6	10,6	81,4	10,3	84,9	10,3
Glu	32,5	9,18	75,0	9,48	77,8	9,84
Pro	34,5	9,75	78,7	9,95	83,8	10,2
Gly	24,9	7,03	56,5	7,14	58,0	7,06
Ala	11,6	3,28	25,2	3,19	27,6	3,36
(Cys) <sub>2</sub>	29,8	8,42	74,3	9,39	66,4	8,09
Val	23,6	6,67	53,4	6,75	51,9	6,32
Met	0,98	0,28	2,61	0,33	4,09	0,50
Ileu	16,2	4,58	36,0	4,55	36,2	4,41
Leu	26,5	7,49	57,7	7,29	59,5	7,25
Tyr	13,9	3,93	30,3	3,83	32,1	3,91
Phe	21,1	5,96	35,2	4,45	42,2	5,14
His	4,34	1,23	9,48	1,20	12,1	1,47
Lys	2,36	0,67	7,75	0,98	7,77	0,95
Arg	27,5	7,77	58,2	7,36	59,3	7,22
gesamt	347		782		812	

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Auch bei Angebot der *adulten Mäuse* (s. Tab. 31) wies das Gewölleprotein in erster Linie Cystin auf (11,0-15,2 g/100 g Rp), während die Methionin- (0,7–0,9 g/100 g Rp) und Lysin-Gehalte (2,78–3,06 g/100 g Rp) deutlich niedriger waren.

**Tab. 31:** AS-Gehalte und -Muster in den Gewöllen der Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus (Poolproben) nach Fütterung von *adulten Mäusen* (Angaben in g AS/kg TS bzw. g AS/100 g Rp)

Spezies	TF I-III		MB 1-3		MB I-III		UH I-III	
	/kg TS	/100 g Rp	/kg TS	/100 g Rp	/kg TS	/100 g Rp	/kg TS	/100 g Rp
Tau	10,5	1,62	10,2	1,27	8,63	1,24	9,14	1,71
Asp	34,2	5,29	43,8	5,46	39,4	5,65	33,2	6,23
Thr	24,5	3,79	34,4	4,29	30,0	4,30	24,2	4,54
Ser	43,6	6,74	61,6	7,68	54,9	7,88	41,7	7,82
Glu	79,8	12,3	106	13,2	96,6	13,9	73,8	13,8
Pro	40,0	6,18	51,2	6,38	45,6	6,54	34,7	6,51
Gly	44,6	6,89	52,9	6,60	48,0	6,89	44,5	8,35
Ala	21,6	3,34	27,2	3,39	23,9	3,43	21,7	4,07
(Cys) <sub>2</sub>	98,5	15,2	122	15,2	92,4	13,3	58,5	11,0
Val	27,8	4,30	32,9	4,10	30,6	4,39	23,1	4,33
Met	5,80	0,90	7,06	0,88	5,31	0,76	3,65	0,68
Ileu	19,5	3,01	22,5	2,81	19,6	2,81	15,4	2,89
Leu	41,2	6,37	49,3	6,15	43,4	6,23	33,5	6,29
Tyr	46,8	7,23	53,9	6,72	46,5	6,67	32,9	6,17
Phe	21,5	3,32	24,1	3,00	20,7	2,97	17,9	3,36
His	8,56	1,32	10,0	1,25	8,81	1,26	6,54	1,23
Lys	18,0	2,78	24,4	3,04	19,5	2,80	16,3	3,06
Arg	50,3	7,77	58,3	7,27	55,5	7,96	36,9	6,92
gesamt	637		792		689		528	

#### 5.2.3 Mineralstoffe

Zur weiteren Charakterisierung der Gewölle wurden die Mineralstoffgehalte (Mengen- und Spurenelemente) in den abgesetzten Gewöllen nach Gabe von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* gemessen (s. Tab. 32 und 33).

### III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

Bei Angebot von *Eintagsküken* zeigten sich mit Ausnahme des Ca- und P-Gehaltes bezüglich der Mineralstoffgehalte in den Gewöllen der untersuchten Vögel keine größeren Unterschiede (s. Tab.32). Bei den Elementen Calcium und Phosphor waren es erneut die Eulen, die in ihren Gewöllen höhere Gehalte aufwiesen.

**Tab. 32:** Mengen- und Spurenelementgehalte in den Gewöllen von Mäusebussarden sowie eines Turmfalken und eines Uhus bei Fütterung von *Eintagsküken* (Angaben in g bzw. mg/kg TS)

Tierart	MB 1-3	TF II <sup>1)</sup>	UH II <sup>1)</sup>
Ca (g/kg TS)	1,95 ± 1,52	2,33	19,4
P (g/kg TS)	1,08 ± 0,52	0,70	6,62
Mg (g/kg TS)	0,15 ± 0,07	0,16	0,23
Na (g/kg TS)	3,68 ± 1,63	1,20	3,90
K (g/kg TS)	1,21 ± 0,38	0,66	0,82
Cu (mg/kg TS)	11,6 ± 1,45	13,4	8,77
Zn (mg/kg TS)	32,4 ± 34,8	23,2	166
Fe (mg/kg TS)	680 ± 621	3455	291
Mn (mg/kg TS)	17,0 ± 16,9	63,2	8,83

<sup>1)</sup> aufgrund geringer Gewöllumengen nur Werte einer gepoolten Gewölleprobe eines einzelnen Tieres

Noch deutlicher wurden diese Unterschiede bei Angebot von *adulten Mäusen* (s. Tab. 33).

**Tab. 33:** Mengen- und Spurenelementgehalte in den Gewöllen von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus (Poolproben) bei Fütterung von *adulten Mäusen* (Angaben in g bzw. mg/kg TS)

Tierart	MB 1-3	MB I-III	TF <sup>2)</sup>	UH I-III
Ca (g/kg TS)	6,83 ± 7,77 <sup>a</sup>	24,0 ± 9,36 <sup>b</sup>	33,9 / 52,1	91,2 ± 21,8 <sup>c</sup>
P (g/kg TS)	3,30 ± 3,14 <sup>a</sup>	9,84 ± 4,56 <sup>a</sup>	15,7 / 23,5	39,1 ± 9,99 <sup>b</sup>
Mg (g/kg TS)	0,22 ± 0,12 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,63 / 0,88	1,36 ± 0,40 <sup>c</sup>
Na (g/kg TS)	7,28 ± 1,80 <sup>a</sup>	7,44 ± 0,79 <sup>a</sup>	4,86 / 5,08	6,49 ± 0,99 <sup>a</sup>
K (g/kg TS)	0,97 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,00 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,67 / 2,14	0,97 ± 0,18 <sup>a</sup>
Cu (mg/kg TS)	29,8 ± 2,00 <sup>a</sup>	20,7 ± 6,75 <sup>b</sup>	23,1 / 25,5	20,2 ± 3,76 <sup>b</sup>
Zn (mg/kg TS)	23,2 ± 20,7 <sup>a</sup>	58,6 ± 26,2 <sup>a</sup>	84,6 / 137	225 ± 10,3 <sup>b</sup>
Fe (mg/kg TS)	468 ± 391 <sup>a</sup>	229 ± 33,0 <sup>a</sup>	263 / 774	266 ± 5,52 <sup>a</sup>
Mn (mg/kg TS)	9,70 ± 8,24 <sup>ab</sup>	3,94 ± 0,96 <sup>a</sup>	3,91 / 7,65	8,61 ± 1,71 <sup>b</sup>

<sup>2)</sup> Einzelwerte

Während die Ca-Gehalte im Gewölle der Mäusebussarde und Turmfalken zwischen 6,8 und 43 g/kg TS variierten, erreichten diese im Gewölle der Uhus durchschnittlich Werte von über 90 g/kg TS. Eine ähnliche Tendenz konnte beim Phosphor beobachtet werden. Im Gegensatz zu Gehalten von 3,3 g P bis 19,6 g P/kg TS, konnten bei den Uhus Werte von knapp 40 g P/kg TS analysiert werden. Zudem wiesen die Gewölle dieser Spezies auch signifikant höhere Zn-Gehalte auf.

## 6. Schmelz

### 6.1 Menge des abgesetzten Schmelzes

Bei Mäusebussarden, Turmfalken und Uhus wurden bei Angebot von *Eintagsküken* rund 40 % der TS-Aufnahme wieder mit dem Schmelz ausgeschieden (s. Tab. 34).

Erhielten die Greife hingegen ausschließlich *adulte Mäuse*, schieden sowohl die Turmfalken (I-III), als auch Mäusebussarde (1-3) und Uhus (I-III) - bezogen auf die Futteraufnahme - geringere Mengen an Schmelz aus.

**Tab. 34:** Abgesetzte Schmelzmenge von Mäusebussarden, Turmfalken und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in g TS/Tier/d und in % der FA)

Futter		<i>Eintagsküken</i>		<i>adulte Mäuse</i>	
		(g TS/Tier/d)	(% der FA)	(g TS/Tier/d)	(% der FA)
TF	I-III	3,44 ± 0,10 <sup>a</sup>	40,9 ± 0,12 <sup>a</sup>	4,37 ± 0,26 <sup>a</sup>	34,5 ± 2,29 <sup>a</sup>
MB	1-3	6,85 ± 0,18 <sup>b</sup>	36,7 ± 1,18 <sup>b</sup>	6,55 ± 0,14 <sup>b</sup>	30,6 ± 1,38 <sup>b</sup>
MB	I-III	/	/	8,13 ± 0,30 <sup>c</sup>	40,8 ± 0,02 <sup>c</sup>
UH	I-III	12,3 ± 1,76 <sup>c</sup>	36,6 ± 4,77 <sup>ab</sup>	12,4 ± 0,41 <sup>d</sup>	29,8 ± 0,93 <sup>b</sup>

Anm.: Angaben zur abgesetzten Schmelzmenge hier in g TS<sub>korrt</sub> (d. h. der im Schmelz enthaltene Anteil an HCl-unlöslicher Asche wurde in Abzug gebracht. FA (= Futteraufnahme = Futterangebot - Futterreste); Kleinbuchstaben geben signifikante Unterschiede zwischen den Spezies an.

## 6.2 Harnsäure- und N-Gehalte

Die Harnsäure(HS)-Gehalte im Schmelz aller drei Vogelarten war während der Gabe von *Eintagsküken* signifikant geringer als bei Gabe von *adulten Mäusen* (s. Tab. 35).

Tab. 35: Harnsäure-Gehalte<sup>1)</sup> im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in g/kg TS)

Futterangebot Spezies	<i>Eintagsküken</i> Harnsäure (g/kg TS)	<i>adulte Mäuse</i> Harnsäure (g/kg TS)
TF I-III	380 ± 40,0	395 ± 53,7
MB 1-3	256 ± 20,3	294 ± 25,8
MB I-III	/	394 ± 36,3
UH I-III	393 ± 29,9	451 ± 43,7

<sup>1)</sup> als Lösungsmittel zur Bestimmung der HS wurde destilliertes Wasser eingesetzt

Im Hinblick auf die N-Gehalte der verschiedenen Fraktionen des Schmelzes sei auf die Tabellen 36 und 37 verwiesen.

Tab. 36: N-Gehalte im Schmelz, Harn und Kot von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in mg/Tier/d)

Tier	Schmelz-N <sub>Gesamt</sub> (mg/Tier/d)	HS-N (mg/Tier/d)	Harn-N <sup>1)</sup> (mg/Tier/d)	Kot-N <sup>2)</sup> (mg/Tier/d)
TF I-III	765 ± 53,0	435 ± 32,9	522 ± 39,5	244 ± 83,0
MB 1-3	1416 ± 89,4	586 ± 58,1	703 ± 69,7	713 ± 88,8
UH I-III	2736 ± 313	1626 ± 335	1952 ± 402	784 ± 112

<sup>1)</sup> Harn-N berechnet aus HS-N x 1,2 ; <sup>2)</sup> Kot-N berechnet als Differenz von Schmelz-N<sub>Gesamt</sub> und Harn-N

**Tab. 37:** N-Gehalte im Schmelz, Harn und Kot von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in mg/Tier/d)

Tier	Schmelz-N <sub>Gesamt</sub> (mg/Tier/d)	HS-N (mg/Tier/d)	Harn-N <sup>1)</sup> (mg/Tier/d)	Kot-N <sup>2)</sup> (mg/Tier/d)
TF I-III	901 ± 91,3	577 ± 101	692 ± 121	209 ± 60,8
MB 1-3	1151 ± 57,1	644 ± 70,6	772 ± 84,7	378 ± 59,6
MB I-III	1545 ± 176	1064 ± 58,7	1277 ± 70,5	267 ± 143
UH I-III	2857 ± 131	1855 ± 133	2226 ± 160	631 ± 226

<sup>1)</sup> Harn-N berechnet aus HS-N x 1,2; <sup>2)</sup> Kot-N berechnet als Differenz von Schmelz-N<sub>Gesamt</sub> und Harn-N

### 6.3 Chemische Zusammensetzung des Schmelzes

Es ließ sich während der Bilanzen nicht vermeiden, dass der abgesetzte Schmelz in den Volieren mit „Sand“ (= HCl-unlösliche Asche) kontaminiert wurden. Deshalb wurden in den folgenden Tabellen 38 und 39 die Gehalte an TS<sub>korrr</sub> (= TS abzüglich HCl-unlöslicher Asche) und Reinasche gelistet.

Im Vergleich der Zusammensetzung zwischen den Spezies wies der Schmelz der Mäusebussarde bei Fütterung von *Eintagsküken* geringere HS-Konzentrationen auf. Der Reinaschegehalt im Schmelz von Turmfalken und Uhus war niedriger als bei Mäusebussarden.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN - ERGEBNISSE

**Tab. 38:** Chemische Zusammensetzung des Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Fütterung von *Eintagsküken* (Angaben in g/kg uS bzw. TS)

Tierart	TF I-III	MB 1-3	UH I-III
TS (g/kg uS)	195 ± 13,9	188 ± 18,5	195 ± 21,6
Reinasche (g/kg TS)	155 ± 7,50	186 ± 18,6	164 ± 11,5
HS* (g/kg TS)	380 ± 40,0	256 ± 20,3	393 ± 29,9
oS** (g/kg TS)	464 ± 47,2	558 ± 26,7	443 ± 18,7
N <sub>gesamt</sub> (g/kg TS)	223 ± 10,8	207 ± 9,10	222 ± 6,95
Rfe (g/kg TS)	45,7 ± 7,70	37,9 ± 6,80	49,7 ± 7,24

\* als Lösungsmittel zur HS-Bestimmung wurde destilliertes Wasser verwandt \*\* HS-korrigiert

Im Vergleich hierzu führte das Angebot von *adulten Mäusen* zu höheren Reinasche-Ausscheidungen mit dem Schmelz. Dabei konnte eine abnehmende Tendenz von den Mäusebussarden über die Turmfalken zu den Uhus beobachtet werden (s. Tab. 39). Die Rfe-Gehalte waren allgemein niedriger als bei Fütterung von Eintagsküken.

**Tab. 39:** Chemische Zusammensetzung des Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Fütterung von *adulten Mäusen* (Angaben in g/kg uS bzw. TS)

Tierart	TF I-III	MB 1-3	MB I-III	UH I-III
TS (g/kg uS)	345 ± 28,1	244 ± 16,5	235 ± 12,1	324 ± 45,3
Reinasche (g/kg TS)	257 ± 22,0	330 ± 8,90	267 ± 16,9	206 ± 16,1
HS* (g/kg TS)	395 ± 53,7	294 ± 25,8	394 ± 36,3	451 ± 43,7
oS** (g/kg TS)	348 ± 75,0	376 ± 27,6	339 ± 35,3	343 ± 28,2
N <sub>gesamt</sub> (g/kg TS)	206 ± 9,00	176 ± 6,10	191 ± 25,9	231 ± 4,00
Rfe (g/kg TS)	31,5 ± 11,4	16,5 ± 1,40	17,4 ± 3,60	18,7 ± 1,60

\* als Lösungsmittel zur HS-Bestimmung wurde destilliertes Wasser verwandt \*\* HS-korrigiert

**7. Scheinbare Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen**

Für die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeiten (sVQ in %) wurden *per definitionem* die tatsächlich realisierte Futteraufnahme aus der Differenz von Futterangebot und -resten sowie die „Gesamt-Exkremate“ als Summe von abgesetzter Gewölle- und Schmelzmenge berechnet (s. Tab. 40 und 41; ein alternatives Vorgehen ist Kap. IV zu entnehmen).

Bei Angebot von *Eintagsküken* gab es hinsichtlich der sVQ<sub>TS</sub> keine signifikanten Unterschiede zwischen Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus (s. Tab. 40). Die sVQ<sub>Rp</sub> betragen 57,8 % (MB) bis 74,1 % (UH). Wurden *adulte Mäuse* gefüttert, so betrug die sVQ<sub>TS</sub> etwa 60 % (s. Tab. 41).

**Tab. 40:** Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ in %) von Rohrnährstoffen bei Angebot von *Eintagsküken* an Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus

Spezies \ sVQ (%)	TF I-III	MB 1-3	UH I-III
TS	54,0 ± 4,68 <sup>a</sup>	58,8 ± 1,45 <sup>a</sup>	59,5 ± 2,23 <sup>a</sup>
oS*	76,3 ± 1,59 <sup>a</sup>	73,2 ± 1,05 <sup>b</sup>	78,5 ± 2,56 <sup>a</sup>
Rp*	69,7 ± 4,00 <sup>a</sup>	57,8 ± 4,80 <sup>b</sup>	74,1 ± 7,62 <sup>a</sup>
Rfe	85,8 ± 2,68 <sup>a</sup>	91,7 ± 0,86 <sup>b</sup>	85,2 ± 2,49 <sup>a</sup>

\*inkl. Harnsäurekorrektur (HS-Analytik mit destilliertem Wasser als Lösungsmittel)  
Kleinbuchstaben charakterisieren signifikante Unterschiede (p < 0,05) zwischen den einzelnen Arten

**Tab. 41:** Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ in %) von Rohrnährstoffen bei Angebot von *adulten Mäusen* an Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus

Spezies \ sVQ (%)	TF I-III	MB 1-3	MB I-III	UH I-III
TS	58,7 ± 3,32 <sup>a</sup>	64,7 ± 1,31 <sup>b</sup>	52,8 ± 0,78 <sup>c</sup>	58,8 ± 1,06 <sup>a</sup>
oS*	80,1 ± 2,03 <sup>a</sup>	82,1 ± 0,94 <sup>a</sup>	78,7 ± 1,51 <sup>ab</sup>	80,6 ± 0,98 <sup>ab</sup>
Rp*	76,0 ± 4,41 <sup>a</sup>	68,9 ± 3,25 <sup>a</sup>	75,9 ± 7,69 <sup>a</sup>	74,4 ± 6,00 <sup>a</sup>
Rfe	92,7 ± 2,07 <sup>a</sup>	98,3 ± 0,11 <sup>b</sup>	96,8 ± 0,49 <sup>c</sup>	95,6 ± 0,25 <sup>d</sup>

\*inkl. Harnsäurekorrektur (HS-Analytik mit destilliertem Wasser als Lösungsmittel)  
Kleinbuchstaben charakterisieren signifikante Unterschiede (p < 0,05) zwischen den einzelnen Arten

## 8. Energieverluste über Gewölle und Schmelz

Durch die Produktion von Gewölle und Schmelz geht dem Organismus Energie verloren. Im Folgenden werden diese Verluste näher quantifiziert (s. Tab 42 und 43). Für die Berechnung der in den Gewölle und dem Schmelz enthaltenen Energie wurden folgende Brutto-Brennwerte zugrunde gelegt: 23,9 kJ GE/g Rp; 39,8 kJ GE/g Rfe, 17,5 kJ GE/g oR und 11,5 kJ GE/g Harnsäure.

### 8.1 Gewölle

Bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* enthielten die abgegebenen Gewölle Energiegehalte im Mittel zwischen 6,12 und 69,0 kJ GE/Tier und Tag.

**Tab. 42:** Energiegehalte der abgesetzten Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in kJ GE/Tier/d)

Futterangebot	<i>Eintagsküken</i>	<i>adulte Mäuse</i>
Spezies	Energiegehalt (kJ GE/Tier/d)	Energiegehalt (kJ GE/Tier/d)
TF I-III	6,12 / 11,3 <sup>1)</sup>	16,7 ± 3,30
MB 1-3	20,0 ± 2,79	22,9 ± 2,81
MB I-III	/	25,0 ± 2,01
UH I-III	30,0 ± 26,6	69,0 ± 1,63

<sup>1)</sup>nur Einzelwerte von TF II und III, da TF I kein Gewölle während des Bilanzzeitraums produzierte

### 8.2 Schmelz

Für die Berechnung des Energiegehaltes des abgesetzten Schmelzes wurden ebenfalls die Analysendaten der Harnsäure mit destillierten Wasser als Lösungsmittel verwandt. Die Rp-Gehalte der „Kot-Fraktion“ wurden aus den Angaben in Tabelle 36 und 37 ermittelt. Für die Berechnung des Energiegehaltes des Schmelzes wurden nur die enthaltenen Rp-, Rfe- und HS-Mengen berücksichtigt (Näheres hierzu s. Kap. IV).

Aus der folgenden Tabelle 43 sind die Energiegehalte (in kJ GE/Tier/d) des abgesetzten Schmelzes ersichtlich.

**Tab. 43:** Energiegehalte des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* bzw. *adulten Mäusen* (Angaben in kJ GE/Tier/d)

Futterangebot	<i>Eintagsküken</i>	<i>adulte Mäuse</i>
Spezies	Energiegehalt (kJ GE/Tier/d)	Energiegehalt (kJ GE/Tier/d)
TF I-III	57,6 ± 10,5	56,5 ± 8,80
MB 1-3	137 ± 14,1	83,0 ± 7,48
MB I-III	/	82,3 ± 2,01
UH I-III	198 ± 7,18	167 ± 29,7

### 9. Körpermassen-Entwicklung

Während die Mäusebussarde und Uhus ihre Körpermasse bei Fütterung von *Eintagsküken* nahezu konstant hielten, kam es bei den Turmfalken zu KM-Verlusten in Höhe von 2,10 %/d bezogen auf das Ausgangsgewicht (s. Tab. 44).

**Tab. 44:** Körpermasse (in g) sowie KM-Entwicklung (in g/Tier/d bzw. % der ursprünglichen KM) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken*

Spezies	Körpermasse (g)		KM-Entwicklung <sup>1)</sup>	
	Versuchsbeginn	Versuchsende	g/Tier/d	%/d
TF I-III	179 ± 37,2	160 ± 30,0	-3,87 ± 1,52	-2,10 ± 0,51
MB 1-3	870 ± 217	863 ± 205	-1,33 ± 3,06	-0,12 ± 0,34
UH I-III	1709 ± 68,2	1719 ± 66,5	2,09 ± 1,14	0,12 ± 0,07

<sup>1)</sup> in der 5-tägigen Bilanz

Bei Angebot von *adulten Mäusen* nahmen die Turmfalken hingegen täglich rund 3 % zu. Auch bei den MB 1-3 waren mit rund 1,2 % leichte KM-Zunahmen zu verzeichnen (s. Tab. 45). Bei den Mäusebussarden I-III bzw. den Uhus zeigte sich nahezu eine KM-Konstanz.

**Tab. 45:** Körpermasse (in g) sowie KM-Entwicklung (in g/Tier/d bzw. % der ursprünglichen KM) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen*

Spezies	Körpermasse (g)		KM-Entwicklung <sup>1)</sup>	
	Versuchsbeginn	Versuchsende	g/Tier/d	%/d
TF I-III	165 ± 28,0	189 ± 24,0	4,85 ± 1,27	3,07 ± 1,15
MB 1-3	820 ± 191	870 ± 217	10,0 ± 6,56	1,17 ± 0,65
MB I-III	813 ± 53,5	803 ± 51,8	-2,72 ± 0,86	-0,33 ± 0,10
UH I-III	1725 ± 69,3	1791 ± 73,0	13,2 ± 0,73	0,77 ± 0,01

<sup>1)</sup> in der 5- tägigen, bzw. bei MB I-III in der 4-tägigen Bilanz

### **IV. Diskussion**

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollten verschiedene Aspekte der Fütterung in Menschenobhut lebender Greifvögel und Eulen näher eruiert werden. Eine zentrale Frage betraf die chemische Zusammensetzung und die Verdaulichkeit der üblicherweise zur Versorgung gereichten Futtertiere. Im Rahmen der falknerischen Tätigkeit ist die Fütterung der Greife durch Empirie und Tradition geprägt, in der Praxis wird dieses Wissen allerdings häufig aufgrund persönlicher Erfahrungen und Voraussetzungen stark abgewandelt. So füttern viele Greifvogelhalter in erster Linie die leicht erhältlichen und kostengünstigen Eintagsküken, supplementieren diese allerdings z. T. recht unkritisch mit Vitamin- und/ oder Mineralstoffgemischen, um eventuellen Mangelerscheinungen vorzubeugen. Neben durchaus sinnvollen Fütterungsempfehlungen (HEIDENREICH 1995) zu abwechslungsreichen, den Beutetieren ähnlichen Rationen kursieren in der Literatur Hinweise, dass Greifvögel und Eulen auch mit schierem Pferdefleisch (MANGOLD 1911), der Gabe von Rindfleisch mit Baumwollzusatz zur Gewöllebildung bzw. dem Angebot eines Alleinfutters für Katzen (FENWICK 1981), das massive Verdauungsstörungen auslösen kann (DAMM 1999), artgerecht zu ernähren seien.

Besonders bei der Haltung von Beizvögeln - dies sind Greifvögel, die zur Jagd eingesetzt werden - gilt es, die Gefahr einer generellen Unterernährung zu vermeiden. Dieses Risiko besteht, da die jagdlich geführten Vögel restriktiv gefüttert werden, um die Jagdbereitschaft zu erhalten (HEIDENREICH 1995).

Aus diesem Grunde sollte – wie oben bereits angeführt – zunächst die Nährstoffversorgung der Greifvögel und Eulen bei Angebot praxisüblicher Futtertiere ermittelt werden.

Ein weiterer interessanter Punkt dieser Untersuchung betrifft zudem Art und Umfang der Gewölleproduktion bzw. deren Zusammensetzung und somit die Auswirkungen der Gewöllebildung auf die tatsächliche Nährstoffaufnahme sowie Verdaulichkeit der verschiedenen Nährstoffe, d. h. die insgesamt erreichte Energie- und Nährstoffversorgung.

### **1. Kritik der Methode**

#### **- Versuchstiere**

Für die Fütterungsversuche standen drei verschiedene Greifvogel- bzw. Eulenarten zur Verfügung, wobei die Turmfalken und Mäusebussarde als Vertreter zweier Ordnungen der Taggreifvögel bzw. die Uhus als Vertreter der nachtaktiven Greife einzustufen sind. Entscheidend für diese Auswahl war die Verfügbarkeit der Tiere, die vergleichsweise häufig in Wildparks und Auffangstationen vorzufinden sind. Einerseits beabsichtigt, können die Unterschiede zwischen diesen Arten eine Bewertung andererseits einschränken. Zu den verschiedenen Lebens- und Jagdweisen kommen deutliche Differenzen in der Körpermasse (Größe) hinzu, die vom Turmfalken mit durchschnittlich 179 g über den Mäusebussard mit ca. 790 g bis hin zum Uhu mit etwa 1700 g variieren. Um dennoch eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden einige Angaben wie die Futterraufnahmemengen und die tägliche Gewölleproduktion auf die metabolische Körpermasse ( $KM^{0,75}$ ) umgerechnet.

Den Versuchstieren gemeinsam waren die Versuchsbedingungen. Alle wurden in ca. 12 m<sup>2</sup> großen Volieren bei ähnlichen Umgebungstemperaturen und Möglichkeiten zur Bewegung gehalten. Zwei Mäusebussarde waren falknerisch abgetragen und hierdurch mit der Nähe zum Menschen besser vertraut, die anderen Vögel verhielten sich allerdings ebenfalls recht gelassen beim Betreten und Arbeiten in den Volieren, wie es für die tägliche Fütterung und wiederholte Probenahme nötig war. Auch die vom Charakter eher unruhigen Turmfalken blieben bei Betreten der Voliere durch die Untersuchende zwar auf Abstand, wurden dabei aber nicht hektisch. Die Tatsache, dass alle Tiere sich unmittelbar nach der morgendlich erfolgten Probenahme und anschließenden Fütterung spontan den angebotenen Futtertieren zuwandten, kann als Beleg für die gewünschte Adaptation (kein besonderer wiederkehrender Stress) gewertet werden.

#### **- Haltung der Tiere**

Bezüglich der Haltung der Greifvögel und Eulen lag die Priorität auf einer möglichst geringen Belastung. Es handelte sich um Wildvögel, die selbst in falknerischer Hand nicht als domestiziert gelten können. Die Turmfalken wurden zudem kurz nach Abschluss der Untersuchungen ausgewildert.

Gemäß den Mindestanforderungen an eine artgerechte Haltung (BMELV 2005) dürfen Greife und Eulen nur in Volieren und unter Vermeidung schädlichen Stresses gehalten werden. Eine falknerische Anbindehaltung ist unter dem Vorbehalt erlaubt, dass dem Vogel an mindestens jedem zweiten Tag der Freiflug ermöglicht wird. Eine Unterbringung in kleineren Boxen und somit eine weitere Bewegungseinschränkung ist nur dann in Pflegestationen o. ä. akzeptabel, wenn der Gesundheitszustand des Tieres eine Ruhigstellung erfordert.

Dementsprechend wurden die Vögel während dieser Untersuchungen in ihren Volieren belassen, in denen aber entsprechend den Erfordernissen der Probenahmen gewisse bauliche Veränderungen - wie zum Beispiel das Auslegen des Bodens mit Plastikfolie - vorzunehmen waren (s. Kap. III.A/1.2). Nach erfolgter Ausgestaltung der Volieren wurden die Vögel wieder hineingesetzt und reagierten auf diese Veränderung sehr gelassen. Diese Vorgehensweise, die Tiere in ihrer gewohnten Umgebung zu belassen, hatte zusätzlich den Vorteil, dass es möglich war, den durchschnittlichen Energiebedarf unter Haltungsbedingungen zu ermitteln, die für zahlreiche Greifvogelhaltungen (Falkner, Wildparks) üblich sind.

Die angestrebte verlustfreie Erfassung aller Futterreste und Exkrememente (Gewölle und Schmelz) wurde durch diese Form der Haltung allerdings erschwert, zumal die Greife allgemein einen sehr dünnflüssigen Schmelz (TS-Gehalt durchschnittlich 240 g/kg uS, genauer 193 g/kg uS bei Kükengabe bzw. 287 g/kg uS bei Fütterung von Mäusen; vgl. Tab. 38 und 39) absetzen. Da die Volieren nach außen hin offen waren (in Station A waren auf der Vorderseite in der oberen Hälfte Gitterstäbe angebracht, in Station B waren 2/3 der Dachfläche lediglich mit Draht abgedeckt und während der Versuche zusätzlich mit Folie geschützt), konnte ein Einfluss durch die warme Witterung und eine Kontamination mit Sand nicht ausgeschlossen werden. Um dieses Risiko zu minimieren, wurden die Kontrollen der Volieren und eine evtl. erforderliche Probenahme fünfmal täglich durchgeführt. Dennoch musste ein Fütterungsdurchgang in Station B (MB I-III) aufgrund starker und andauernder Regenfälle vorzeitig abgebrochen werden.

Um eine Verfälschung der Ergebnisse durch eventuelle Sandanhaftungen an den Exkrementen auszuschließen, wurde in allen Schmelzproben und in allen makroskopisch verunreinigt scheinenden Gewöllen der Anteil an HCl-unlöslicher Asche (d.h. Silikaten) bestimmt.

Da alle Versuche während des Sommers bei warmen (Außen-)Temperaturen um 20 – 23 °C durchgeführt wurden, muss davon ausgegangen werden, dass die ermittelten TS-Gehalte in den Futterresten und Exkrementen etwas zu hoch kalkuliert wurden, da die Probenahmen im Abstand von 3 Stunden bzw. über Nacht mit einer Pause von 12 Stunden erfolgten und in der Zwischenzeit mit einer gewissen Verdunstung von Wasser gerechnet werden muss. DUKE et al. (1973) haben Verdunstungsverluste von frisch toten bzw. frisch tot-eingefrorenen Mäusen und Küken in Höhe von 5,2 % bzw. 4,3 % ermittelt, wenn diese über einen Zeitraum von 24 Stunden einer Umgebungstemperatur von 25-27 °C ausgesetzt waren. Dementsprechend können die in dieser Untersuchung zu vermutenden Verluste als verschwindend gering bezeichnet werden, da die Probenahmen in kürzeren Abständen bei geringeren Außentemperaturen stattfanden.

Einschränkend ist bei der Haltung der Tiere anzuführen, dass diesen während des Versuchszeitraums keine Brenten (mit Wasser gefüllte Kunststoffschalen, die gewöhnlich auf dem Boden der Volieren stehen und den Tieren sowohl zur Wasseraufnahme als auch zum Baden dienen) zur Verfügung standen. Somit konnten die Tiere separat zwar kein Wasser aufnehmen, aufgrund dieser Vorgehensweise wurde aber ausgeschlossen, dass Futterreste, Gewölle oder Schmelz in das Wasser gelangten und somit für die Analyse verloren gingen.

Eine Untersuchung der Wasseraufnahme war folglich nicht möglich, wäre aber auch bei Belassung der Brenten vielfach nicht möglich gewesen, da die Vögel hieraus nicht nur trinken, sondern die Becken v. a. zum Baden benutzen. Darüber hinaus kann es bei den Schalen aufgrund der großen Oberfläche zu hohen Verdunstungsverlusten verbunden mit einem höheren Fehlerpotential kommen. Da die Vögel aber keine anderen Möglichkeiten des Wasserangebotes akzeptieren, war es nicht möglich, ihnen kleinere, anders gestaltete Wassergefäße anzubieten.

Wie in Kap. II/7.4 ausgeführt, sind Greifvögel und Eulen in gemäßigten Klimazonen i. d. R. nicht auf zusätzliche Wasserquellen angewiesen, sondern begnügen sich mit der in den Beutetieren enthaltenen Feuchtigkeit, die in den angebotenen Futtertieren 68 % (Mäuse) bzw. 77 % (Eintagsküken) betrug. Dies entspricht einem Verhältnis von 2,23l (Mäuse) bzw. 3,35l Wasser (Küken) pro kg Futter-Trockensubstanz im Futterangebot. Diese Werte entsprechen Angaben für granivore Spezies mit vergleichbarer Körpermasse (KAMPHUES et al. 2009), nach denen z. B. Kakadus, Graupapageien sowie Hühner einen Wasserbedarf in einer

Relation von 1 bis 2 Litern pro kg Trockensubstanzaufnahme aufweisen. Somit ist davon auszugehen, dass der Wasserbedarf der untersuchten Vögel durch die Beutetiere ausreichend gedeckt wurde. Diese Vorgehensweise wurde bereits in früheren Untersuchungen praktiziert (DUKE et al. 1975; CAMPBELL und KOPLIN 1986). DUKE et al. (1973) berichten sogar von einer fünfmonatigen Versuchsperiode, während der Amerikanische Uhus kein Wasser erhielten, ohne Anzeichen eines Mangels zu zeigen.

### **- Futtertiere**

Sowohl Eintagsküken als auch adulte Mäuse gehören zu den unter Praxisbedingungen am häufigsten angebotenen Futtertieren. Auch in den vorliegenden Untersuchungen waren diese den Greifen bekannt und wurden sofort spontan aufgenommen, so dass – auch aufgrund der raschen Passagezeiten des Chymus im GIT – Adaptationsphasen von vier Tagen als ausreichend erachtet wurden.

### **- Futterangebot**

Das Futterangebot erfolgte nicht ad libitum, sondern den Erfahrungen der Greifvogelhalter entsprechend in einer Größenordnung, die eine möglichst gleich bleibende Körpermasse der Vögel und gleichzeitig möglichst geringe Futterreste gewährleisten sollte. Dieses Ziel wurde weitgehend erreicht, lediglich die Turmfalken verloren während der Gabe von Eintagsküken leicht an Körpergewicht (2 %/d), nahmen dagegen bei Fütterung von Mäusen 3 %/d zu. Auch bei den Mäusebussarden in Station A konnte eine leichte KM-Zunahme von rund 1,2 %/d verzeichnet werden.

### **- Harnsäurebestimmung**

Zur Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe erfolgte zunächst die Analyse der chemischen Zusammensetzung sowohl im Futterangebot als auch in den Exkrementen. Bei den Vögeln treffen Harn und Kot in der Kloake zusammen und werden gemeinsam ausgeschieden. Somit muss zunächst eine Aufschlüsselung der verschiedenen N-Verbindungen in den faecalen wie auch renalen Anteil des Rohproteins erfolgen. Zu diesem Zweck wird neben dem Proteingehalt der Exkremente zusätzlich der Gehalt an Harnsäure - mit anschließender Umrechnung auf den gesamten Harn-Stickstoff - bestimmt. Wird dieser

Wert nun vom Stickstoffgehalt der Exkreme abgezogen, so erhält man den tatsächlichen, unverdauten Anteil des Futterproteins des Kotes.

BRITSCH (2002) konnte demonstrieren, dass die Harnsäure-Bestimmung in den Exkrementen von Papageienvögeln nicht nach der gleichen Methode wie für das Nutzgeflügel üblich vorzunehmen ist (5 g Einwaage frischen Materials, Lösungsmittel Aqua dest. auf 200 ml aufgefüllt, 60 min. geschüttelt). In seinen Untersuchungen an Aras zeigten sich teils widersprüchliche Ergebnisse, die eine Modifikation der Methode bzgl. Lösungsmitteln, Konzentrationen, Temperaturen und Zeiten in Anlehnung an Untersuchungen von ADEOLA und ROGLER (1994) erforderlich machten. Ein Ersatz der zunächst eingesetzten Natronlauge durch Natriumtetraborat erbrachte schließlich realistische und reproduzierbare Werte.

Um zu überprüfen, ob bei der Ermittlung des Harnsäuregehaltes im Greifvogelschmelz ähnliche Probleme auftreten können, wurden von allen Proben mehrfache Analysen durchgeführt (s. Kap. III.A/6.2). Hierbei stellte sich heraus, dass die Wiederfindungsrate der Harnsäure bei sämtlichen Analysen zunächst unterschiedlich hoch war, die Variation in der Probeneinwaage (Einwaage von 0,10 g getrockneter Probe in destilliertem Wasser) führte jedoch zu einer zufrieden stellenden Wiederholbarkeit. Folglich erfolgte die Bestimmung der Harnsäure entsprechend dieser Vorgehensweise.

### **- Stickstoff-Bilanz**

Bei ausgewachsenen Tieren, deren Körpermasse und chemische Körperzusammensetzung annähernd konstant bleiben, ist eine ausgeglichene Stickstoffbilanz zu erwarten. Ein ernährungsbedingter Energiemangel dagegen bewirkt eine katabole Stoffwechsellage einschließlich des Abbaus körpereigener Proteine, was sich ebenso wie eine N-freie Diät über endogene N-Verluste in einer negativen N-Bilanz widerspiegelt.

Eine positive N-Bilanz ist grundsätzlich nur während des Wachstums zu erwarten. Wie unter Kap. II/3.2.2 ausgeführt wurde, gibt es diverse Untersuchungen zu N-Retentionen adulter Vögel. Bei Graupapageien wurde das Erreichen einer Körpermassekonstanz bei einer Retention von 16,7 mg N/ Tier und Tag festgestellt (OTTE 1997). BRITSCH (2002) ermittelte die N-Bilanz bei adulten Aras; dabei kam es bei Blaukehlaras zu einer N-Retention von durchschnittlich 143 mg/ Tier und Tag bei gleichzeitigen mittleren KM-Zunahmen von 2,21 g/ Tier/ Tag.

Bei den Greifvögeln und Eulen der vorliegenden Untersuchung wurden deutlich höhere Werte ermittelt. Abgesehen von den Mäusebussarden in Station B, die während der Gabe von Mäusen lediglich 0,01 g/ Tier/ d retinierten (entsprechend 0,22 % der N-Aufnahme) sowie den Turmfalken mit einer N-Retention von ca. 13 % während der Gabe von Eintagsküken, zeigten alle Vögel sowohl bei Mäuse- als auch bei Kükenfütterung mit durchschnittlich 21 % der N-Aufnahme sehr ähnliche Stickstoff-Retentionen (s. Tab. IX/20, 21), die nicht mit einer entsprechend hohen Körpermasse-Zunahme erklärt werden können. Als Ursache ist ein mengenmäßig relevantes Verdampfen gasförmigen Stickstoffs aus den Exkrementen (besonders dem Schmelz) noch vor der Probenahme, während der Lagerung und/ oder Trocknung anzunehmen. Auf eine weitere, zunächst geplante Auswertung der Stickstoffbilanz wurde daraufhin verzichtet.

## **2. Futterangebot**

### **Zusammensetzung üblicher Futtertiere (Eintagsküken und adulte Mäuse) im Vergleich zu Beutetieren aus dem natürlichen Habitat**

Im natürlichen Habitat variiert das Nahrungsangebot der Greifvögel und Eulen gemäß den lokalen und zeitlichen Gegebenheiten zum Teil recht stark. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Futtertiere sind im natürlichen Beutespektrum aller untersuchten Arten wieder zu finden. Sowohl die Mäusebussarde wie auch die Uhus sind opportunistische Jäger, d. h. sie sind in ihrer Beuteauswahl weit gefächert und nicht wählerisch und können daher räumlichen und jahreszeitlichen Veränderungen i. d. R. gut folgen. Ihre Nahrung in freier Natur beinhaltet überwiegend verschiedene (Klein-)Vögel sowie diverse erreichbare Nagetiere. Das Beutespektrum der Turmfalken hingegen ist deutlich enger gefasst, es besteht bis zu 90 % aus Mäusen (UTTENDÖRFER 1939; MELDE 1983; EPPLE 1993).

Für die durchgeführten Untersuchungen wurden zwei „Beutetier-Spezies“ ausgewählt, die repräsentativ für die Ernährung von Greifvögeln und Eulen in Menschenobhut sind. Zum einen waren dies die Eintagsküken, die aufgrund der kostengünstigen Beschaffung und einfachen Bevorratung (Tiefgefrierung) meist den überwiegenden Teil der Nahrung darstellen (DAMM 1999; RADES 1999). Die in Deutschland verfütterten Küken stammen aus wenigen großen Brutereien. Im Alter von maximal 24 Stunden getötet, haben sie noch keine Nahrung

aufgenommen und lassen folglich generell eine ähnliche chemische Zusammensetzung vermuten. Der Vergleich eigener Analysen mit entsprechenden Literaturangaben bestätigt dies (s. Tab. IX/2). Bei einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 200 – 250 g/ kg uS stellt das Rohprotein mit knapp 700 g/ kg TS den größten Anteil in der Trockensubstanz dar, Rohfett ist zu ca. 200 g/ kg enthalten und der Rohasche-Anteil variiert um knapp 80 g je kg TS. Im zweiten Fütterungsdurchgang wurden exemplarisch für ein art eigenes Futter, das allen drei Greifvogelarten gemein ist, frisch tote, noch körperwarme Mäuse gereicht, stellvertretend für die in Wildparks gerne zusätzlich gereichten, z. T. selbst gezüchteten Mäuse (DAMM 1999; RADES 1999). Im Gegensatz zu den Eintagsküken entstammten die Mäuse verschiedenen Zuchtlinien, waren unterschiedlichen Alters und wurden je nach Herkunft unterschiedlich ernährt. Hieraus erklärt sich eine gewisse Varianz in der chemischen Zusammensetzung dieser Tiere, was bei einem Vergleich der Verdaulichkeiten (s. Kap. IV/ 4) beachtet werden muss.

Die differierenden Analysewerte der untersuchten Mäuse spiegeln sich auch in den verschiedenen Literaturdaten wider (siehe Tab. IX/2), wonach sich der TS-Gehalt sowohl in Zuchtmäusen wie auch in Arten aus dem natürlichen Habitat zwischen 210 und 370 g/kg uS bewegt, während mit abnehmendem Rp-Gehalt von 700 g bis auf Werte unter 500 g der Rfe-Gehalt von ca. 200 auf 380 g/kg TS zunimmt (BAILEY et al. 1960). Die Ursache liegt primär im unterschiedlichen Alter und dem damit zusammenhängenden Rückgang des Körperwassers im Tierkörper. Der zweite entscheidende Faktor ist die Fütterung der Tiere: je nach Energie-, Rfe- und Rp-Gehalt des Mäusefutters verändert sich deren Körperzusammensetzung (BAILEY et al. 1960). Die Futtermäuse aus Station A wiesen mit dem höchsten TS-Gehalt auch den höchsten Rfe-Gehalt auf, während der Proteingehalt hier am geringsten war. Andererseits fällt auf, dass die Mäuse aus Station B trotz ähnlicher Trockensubstanzgehalte deutlich differierende Ra-, Rp- und Rfe-Anteile enthielten (s. Tab. 46), obwohl diese Tiere einer Zucht entstammten und mit demselben Futter gefüttert wurden. Vergleichbare Ergebnisse mit sehr variablen Rfe-Gehalten und daraus resultierend schwankenden Rp-Gehalten ergaben sich auch in einer Untersuchung von BAILEY et al. (1960). Korrespondierend hierzu berichten DUKE et al. (1973) von auffallenden Unterschieden im Energiegehalt verschiedener Stämme von Hausmäusen.

**Tab. 46:** Rohnährstoffgehalte in adulten Mäusen, wie sie in den Fütterungsversuchen eingesetzt wurden (Angaben in g/ kg uS bzw. TS; Auszug aus **Tab. 10**)

<u>Mäuse</u>	A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>	B <sup>3)</sup>
Station			
n in Poolprobe	6	3	3
TS (g/kg uS)	371	309	304
Ra (g/kg TS)	104	112	99,6
Rp (g/kg TS)	471	607	529
Rfe (g/kg TS)	378	173	269

<sup>1)</sup> Mäuse für MB I-3

<sup>2)</sup> Mäuse für TF I-III sowie UH I-V

<sup>3)</sup> Mäuse für MB I-III

Die Mineralstoffgehalte in den analysierten Futtertieren sind denjenigen aus der Literatur (BIRD und HO 1976; TABAKA et al. 1996 u. a.) ähnlich, das relativ günstige Ca : P – Verhältnis von 1,7 : 1 in den untersuchten Eintagsküken sowie 1,9 : 1 in den adulten Mäusen ist annähernd auch auf andere Zuchtstämme übertragbar. Betrachtet man hingegen die enthaltenen Mengen an Mineralstoffen, so wird deutlich, dass die Eintagsküken mit durchschnittlich 17 g/ kg TS nur die Hälfte des in den Mäusen vorliegenden Calciums (ca. 35 g/ kg TS) beinhalten; zurückzuführen ist dies auf die noch geringe Mineralisierung des Skeletts der erst wenige Stunden alten Tiere (WALSER und BOSTEDT 1990). DONOGHUE und LANGENBERG (1994), die einen Ca-Gehalt von 6 g (Küken) bzw. 10 g (Mäuse) je kg Trockensubstanz veröffentlichten, weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass bei der Verfütterung von Jungtieren ein Ca-Mangel auftreten kann, der bei Jungvögeln aufgrund der Struktur der hohlen Vogelknochen (DUKE et al. 1973) besonders beachtet werden muss. Andere Autoren (TABAKA et al. 1996; KLASING 1998; MEYER und ZENTEK 2005) dagegen geben für Eintagsküken Ca-Gehalte zwischen 13 und 22 g/ kg TS an, deren Mittelwert also ungefähr den hier analysierten Werten entspricht. Insgesamt überraschen die Unterschiede in den Angaben der Autoren, da innerhalb einer Spezies bei Küken kurz nach dem Schlupf keine große Varianz zu erwarten ist. Deutliche Unterschiede gibt es dagegen zwischen den Daten der bisher genannten Nestflüchter und den Nesthockern diverser Ziervogelarten. Deren Ca-Gehalte variieren mit 9,85 (Wellensittiche) bzw. 11,4 g/kg (Agaporniden) auf einem deutlich niedrigeren Niveau (WOLF und KAMPHUES 2008).

Der Natriumgehalt dagegen ist in den Eintagsküken mit 8 g/ kg TS wesentlich höher als in den Mäusen (3,7 g/ kg TS). Dieser Unterschied bestätigt sich bei Betrachtung anderer Untersuchungen, in denen für Küken 8,2 g (MEYER und ZENTEK 2005) bzw. 7,1 g Na/ kg TS (TABAKA et al. 1996) sowie für Mäuse ein Na-Gehalt von 4,6 g/ kg TS (INSTITUTSEIGENE ANALYSEN) ermittelt wurden. Diese Differenz beruht auf dem hohen Körperwassergehalt der Küken (WALSER und BOSTEDT 1990).

Auffallend ist darüber hinaus der hohe Selengehalt sowohl in den Küken mit durchschnittlich 1,13 mg/ kg TS als auch in den Mäusen mit 0,93 mg/ kg TS. Während im Rahmen einer anderen institutseigenen Analyse ein noch höherer Wert von 1,31 mg/ kg TS ermittelt wurde, ergaben andere Untersuchungen Se-Gehalte von 0,8 mg/ kg TS (TABAKA et al. 1996) bzw. 0,65 mg/ kg TS im Eintagsküken sowie in Mäusen 0,4 mg Se/ kg TS (INSTITUTSEIGENE ANALYSEN).

Ein Vergleich der Aminosäuregehalte zeigt, dass die neugeborenen Küken einen geringeren Gehalt des v. a. in der Muskulatur vorkommenden Lysins ( $\bar{O}$  5,71 g/100 g Rp) aufweisen (Mäuse:  $\bar{O}$  6,94 g/100 g Rp), dagegen ist der Gehalt an Prolin, welches u.a. im Bindegewebe lokalisiert ist, in den Küken höher ( $\bar{O}$  8,15 g/100 g Rp) als in den Mäusen ( $\bar{O}$  6,74 g Prolin /100 g Rp). Die Summe aller Aminosäuren entspricht bei beiden Tierarten nahezu dem gesamten Rp-Gehalt (Eintagsküken: 686 g AS bzw. 692 g Rp pro kg TS; adulte Mäuse: 591 g AS bzw. 602 g Rp pro kg TS; s. Tab. 11 und 14).

In Menschenobhut werden darüber hinaus weitere Kleinsäuger wie Ratten, Meerschweinchen und Kaninchen sowie Geflügelteile, Taubenbrust, Rinderherz, Fische oder Reste bei der Jagd erbeuteter Tiere verfüttert (HEIDENREICH 1995). Bei der Betrachtung der Inhaltsstoffe ist festzustellen, dass alle als Ganzkörper gereichten Futtertiere ein den Mäusen ähnliches Verhältnis der Rohnährstoffe enthalten (s. Tab. IX/2). Dementsprechend vertreten zahlreiche Autoren in ihren Studien die Meinung, dass Beutetiere in ihrer Gesamtheit eine nährstoffmäßig komplette Diät darstellen (GABRISCH und ZWART 1987; DIERENFELD et al. 1989; SCHÖNEBERG 1994), wohingegen bei einer Fütterung von Teilen eines Beutetieres (z. B. Muskelfleisch) eine Supplementierung von Mineralstoffen und Vitaminen angeraten wird, da ansonsten Mangelerscheinungen auftreten können (FENWICK 1981). Die Rohaschegehalte in reinem Muskelfleisch liegen noch deutlich unter denen der Eintagsküken, wobei besonders das ungünstige Ca : P – Verhältnis auffällt (FENWICK 1981; MEYER und

ZENTEK 2005). Hier übersteigt der Phosphor-Gehalt den Calcium-Gehalt sehr deutlich, woraus längerfristig erhebliche Gesundheitsstörungen resultieren können ( $P > Ca$ : sekundärer Hyperparathyreoidismus).

### **- Futteraufnahme**

Das Futterangebot war in einer Höhe veranschlagt, die eine nahezu vollständige Aufnahme, d. h. nur wenige Futterreste zur Folge hatte; gleichzeitig sollten die Vögel aber ihr Körpergewicht halten.

Eine größere Angebotsmenge hätte zum Einen eine Körpermassezunahme zur Folge gehabt, zum Anderen neigen die Greife bei einer ad libitum Fütterung zu Selektion (CESKA 1982). Neben dem häufig verschmähten Magen-Darm-Trakt der Beutetiere werden dann v. a. schwer verdauliche Bestandteile wie Köpfe, Fell oder Federn zurück gelassen.

Die Futtergabe fand einmal täglich statt. Laut TROMMER (1993) dauert der Verdauungsprozess bei mittelgroßen Greifen wie einem Bussard 12 bis 16 Stunden, bei kleinen Arten nur ca. 6 Stunden, wenn die Beute einen vollen Kropf ergeben hat. BARTON und HOUSTON (1993b) stellten fest, dass die Defäkation bei allen mittelgroßen Arten 2 Stunden postprandial beginnt und 60 % der Faeces nach 16 Stunden abgegeben sind. Aufgrund dieser schnellen Verdauung der Nahrung bei carnivoren Vögeln war sichergestellt, dass die Verdauung des am Vortag aufgenommenen Futters nach 24 Stunden abgeschlossen war. Erkennbar war dies am sogenannten „Hungerschmelz“ (DAMM 1999), einem vergleichsweise dünnflüssigen Schmelz mit relativ geringem, grünlichen Kotanteil, den die Tiere kurz vor der nächsten Fütterung abgaben.

### 3. Gewölle

#### - Frage der Gewöllezuordnung

Für die Kalkulation der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe ist die Frage nach der Bewertung der Gewölle von entscheidender Bedeutung.

In der folgenden Abbildung 3 sind die beiden möglichen Ansätze einander gegenüber gestellt, wobei die in den Gewölle enthaltene organische Substanz - stellvertretend für die ebenso enthaltenen Rohnährstoffe resp. Energie - entweder von der organischen Substanz der Exkreme (Variante 1) oder (in Variante 2) bereits von der aufgenommenen organischen Substanz abgezogen wurde. Hierbei werden die Gewölle wie die Futterreste bewertet, d. h. man tut so, als hätten die Inhaltsstoffe der Gewölle den Verdauungstrakt nicht passiert. Die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit erfolgt wie üblich (KAMPHUES et al. 2009). Die Futteraufnahme F entspricht dem angebotenen Futter abzüglich der Futterreste, der Kotanteil K errechnet sich in diesem Fall aus dem Schmelz abzüglich der Harn-Stickstoff-Fraktion.

Abb. 3: Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz (nach KAMPHUES et al. 2009) unter Berücksichtigung der Gewöllezuordnung

$sV \text{ oS (\%)} = \frac{oS(F) - oS(K)}{oS(F)} \times 100$	
<u>F:</u>	<u>K:</u>
<i>Variante 1:</i>	
Futterangebot – Futterreste	Schmelz – Harn + Gewölle
<i>Variante 2:</i>	
Futterangebot – Futterreste - Gewölle	Schmelz – Harn

In Veröffentlichungen diverser Autoren (DUKE et al. 1973; KIRKWOOD 1979; POSTLER und BARRETT 1982; CAMPBELL und KOPLIN 1986; BARTON und HOUSTON 1993a) wird das Gewölle stets den Exkrementen zugeordnet. Somit wird es dem Schmelz - also dem Harn und Kot - zugerechnet. Ausschlaggebend hierfür ist die Definition des Gewölle, das als eine Zusammenballung unverdaulicher Nahrungsbestandteile beschrieben wird, die der

Greifvogel aus ökonomischen Gründen bereits in einem frühzeitigen Stadium aus dem vorderen Abschnitt des Gastrointestinaltraktes wieder abgibt (UTTENDÖRFER 1939).

Der Vorteil dieses Mechanismus liegt darin, dass kein überflüssiger Ballast durch den gesamten Verdauungstrakt geschleust werden muss und die Greifvögel auf diese Weise ein niedriges Fluggewicht und somit ihre optimale Jagdfähigkeit möglichst zügig zurückerlangen (LEPRINCE et al. 1979).

Es ist jedoch fraglich, ob die Substanzen, die als Gewölle aus dem Magen hervorgewürgt werden, tatsächlich unverdaulich sind oder inwieweit eine gewisse Verdauung stattfinden kann bzw. schon stattfand, da die Gewöllebestandteile sich ja kurzfristig im Anfangsteil des Verdauungstraktes befinden. Andererseits tritt die Frage auf, ob eine weitere Verdauung stattfinden könnte, wenn diese Inhaltstoffe der Gewölle den gesamten Gastrointestinaltrakt passieren würden.

Zum Zeitpunkt der Gewölleabgabe sind per definitionem die im Magen stattfindenden Verdauungsvorgänge abgeschlossen. Es wird vermutet, dass sich in der Magenschleimhaut Chemorezeptoren befinden, welche die intragastrisch enthaltenen Konzentrationen von Aminosäuren und Lipiden messen und beim Unterschreiten bestimmter Schwellenwerte den Abschluss der Magenverdauung signalisieren und damit die Gewöllebildung einleiten können (SMITH und RICHMOND 1972; DUKE und RHOADES 1977). Weitergehenden Abbauvorgängen, wie sie im Dünndarm stattfinden, gehen die hervorgewürgten Substanzen verloren. Allerdings konnte ein duodenaler Rückfluss beobachtet werden, über den Dünndarmsekret retrograd in den Magen gelangt, wodurch die enthaltenen Enzyme bereits hier ihre Wirkung entfalten können (GRIMM und WHITEHOUSE 1963; LEPRINCE et al. 1979). Dieser Mechanismus dient möglicherweise in einem gewissen Grad zur Kompensation der durch die Gewölleabgabe vorzeitig beendeten Verdauungsvorgänge, wie sie die im Kot enthaltenen Substanzen durchlaufen haben.

Weitere Gründe dafür, Gewölle und Exkremete nicht als völlig gleichwertig zu betrachten (wie es in Variante 1 rechnerisch erfolgt), sind darin zu sehen, dass das MPI (Meal-to-Pellet-Interval), also die Zeitspanne zwischen Nahrungsaufnahme und Gewölleabgabe - und somit die Zeit, die für die Verdauung der gewöllebildenden Stoffe zur Verfügung steht - durchaus variabel ist (FULLER et al. 1979; DUKE et al. 1979). Es gibt somit neben der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Mageninhaltes zahlreiche weitere Einflussfaktoren.

Wie unter Kap. II/4 erläutert, können sowohl der Sonnenaufgang oder der Anblick frischer Beute als auch ein hoher Jagddruck zu Zeiten der Jungenaufzucht die Abgabe unvollständig verdauter Nahrung zur Folge haben (DUKE et al. 1976a; LOWE 1980; BRÜLL und TROMMER 1997). Auf der anderen Seite ist es dem Vogel z. B. in Zeiten eines knappen Nahrungsangebots möglich, die Effizienz der Verdauung vor der Gewölleabgabe zu steigern (DUKE et al. 1979). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die in der Nahrung enthaltenen Nährstoffe nicht immer weitestgehend genutzt, sondern dem Vorteil einer wendigeren, schnelleren Flugfähigkeit gegenüber „geopfert“ werden. Es existieren also zwei entgegen gesetzte Möglichkeiten, die Nahrung - je nach aktuellen Bedingungen und Ressourcen - optimal zu nutzen. Entweder werden auch wenig wertvolle „Reste“ gründlich verdaut oder es kann andererseits energetisch von Vorteil sein, das Gewöllematerial frühzeitig wieder abzugeben, um Platz für neue Beutetiere zu schaffen.

Durch die zweite Variante zur Kalkulation der scheinbaren Verdaulichkeit, in welcher die Inhaltsstoffe der Gewölle bereits von der Futteraufnahme abgezogen werden, ergeben natürlich - wie in Abb. 4 ersichtlich - höhere Verdaulichkeitsquotienten.

Abb. 4: Modell zur Gegenüberstellung von Variante 1 und 2 in der Berechnung der sV (oS) von Mäusebussard 1 bei Gabe von Eintagsküken

	Berechnung gemäß	
	Variante 1	Variante 2
oS im		
- Futterangebot	97,34 g	97,34 g
- Futterrest	14,78 g	14,78 g
- Gewölle		4,47 g
FA (Variante 1)	82,56 g	
FA (Variante 2)		78,09 g
oS im		
- Gewölle	4,47 g	
- Schmelz *	17,97 g	17,97 g
oS, verdaut	60,12 g	60,12 g
sV (oS)	72,8 %	77,0 %

\*oS Harnsäurekorrigiert

In Variante 1 entspricht die Futteraufnahme (FA) dem Angebot abzüglich der Futterreste und hat folglich einen höheren Wert als in Variante 2, nach der auch das Gewölle bereits vom Angebot abgezogen wird. Da die verdaute organische Substanz jedoch in beiden Modellen

gleich groß ist, reduziert sich die scheinbare Verdaulichkeit (oS) in Variante 1 gegenüber der Variante 2.

Diese Variante 2 erscheint allerdings im höheren Maße unpraktikabel als die bisher erfolgte Zurechnung der Gewölle zu den Exkrementen. Es fanden sich in der Literatur auch keine Untersuchungen, die gemäß dieser Variante durchgeführt wurden. Bei dieser Form der Kalkulation wird unterstellt, dass diejenigen Substanzen, welche in Form des Gewölles wieder herausgewürgt werden, gar nicht erst aufgenommen worden sind und somit keinen Teil des Beutetieres darstellen, wodurch die Werte „geschönt“ werden. Besonders auffällig sind die Effekte der unterschiedlichen Vorgehensweise beim Uhu, welcher die größten Gewölmengen produziert (z. B. Uhu I/ Mäusefütterung: sV (oS) in Variante 1 80,2 % gegenüber 87,1 % in Variante 2).

In diesem Zusammenhang ist auch auf die Turmfalken zu verweisen. So gab Tier I während der Gabe von Eintagsküken überhaupt kein Gewölle ab, ein Phänomen, von dem auch KIRKWOOD (1979) und HEIDENREICH (1995) berichten. Stattdessen waren im Schmelz dieses Vogels gewölleartige Anteile (v. a. Federn) zu erkennen. Dieser Turmfalke hat somit sämtliche Bestandteile, welche i. d. R. das Gewölle bilden, durch den gesamten Verdauungstrakt geschleust, wodurch diese einwandfrei den Exkrementen zuzurechnen waren.

#### **- Unterschiede in der Gewöllezusammensetzung zwischen Eulen und Taggreifvögeln mit Einfluss der Gewölleproduktion auf die tatsächliche Nährstoffaufnahme**

Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich mit entsprechenden Angaben anderer Autoren (DUKE et al. 1975; KIRKWOOD 1979; TABAKA et al. 1996), wonach sich bei den Eulen je nach Beutetierart ein größerer Teil ihrer Nahrung im Gewölle wieder findet als bei den Taggreifvögeln (s. Tab. 27). Während der Fütterung von adulten Mäusen machte die gesamte Trockenmasse der Gewölle der Uhus durchschnittlich 11,5 % der insgesamt mit dem Futter aufgenommenen Trockensubstanz aus, bei den Taggreifen dagegen 5,57 % (Mäusebussarde) bzw. 6,81 % (Turmfalken). Dieser Unterschied beruht in erster Linie auf einer geringeren Fähigkeit der Eule zur Verdauung des Beutetierskeletts. So wurden bei Amerikanischen Uhus und Schnee-Eulen 12,6 % bzw. 12,4 % (bezogen auf die aufgenommenen TS) der gefütterten Mäuse über das Gewölle wieder abgegeben, während

diese Werte sich bei mehreren Taggreifvogelarten zwischen 4,7 % (Wanderfalke) und 5,8 % (Gerfalke) bewegten. Der Anteil der Knochen im Gewölle betrug 42,6 % (TS) bzw. 48,9 % (TS) bei den Eulen, bei den Taggreifen dagegen lediglich 1,7 – 15,8 % (TS; DUKE et al. 1975). Ähnliche Ergebnisse ergaben auch Untersuchungen von TABAKA et al. (1996). Bei Gabe von Eintagsküken traten wiederum signifikante Unterschiede auf: die Gewölle von Schleiereulen entsprachen im Mittel 15 % der aufgenommenen Trockensubstanz, bei Turmfalken waren dies dagegen nur 0,5 % (KIRKWOOD 1979). Die Ursache hierfür ist der höhere pH-Wert im Eulenmagen, der nur zu einer geringeren Auflösung des Skeletts der Beutetiere führt (DUKE et al. 1975); diese werden somit in einem weitaus geringeren Umfang zersetzt und müssen daher wieder mit dem Gewölle abgegeben werden.

Darüber hinaus fällt auf, dass auch der Anteil an Zink in der Futteraufnahme, der mitsamt dem Gewölle wieder ausgeschieden wird, bei den Uhus höher ist als bei den Turmfalken und Mäusebussarden (siehe Tabelle IX/18 u.19). Da Zink zu einem großen Teil in Fell und Federn vorkommt, ist dies ein Indiz dafür, dass die Eulen auch von diesen Beutetier-Bestandteilen eine größere Menge im Rahmen der Gewöllebildung wieder abgeben. Betrachtet man nun die Rohasche- und Calcium-Gehalte, die dem Organismus auf diesem Wege verloren gehen, im Verhältnis zu den aufgenommenen Mengen, so wird deutlich, dass auch bei den Eulen trotz der geringeren Verdaulichkeit der überwiegende Anteil der im Beutetier enthaltenen Mineralstoffe den gesamten Verdauungstrakt passiert und für eine Resorption zur Verfügung steht. So waren hier während des Mäuseangebots in der tatsächlichen Aufnahme der Uhus durchschnittlich 26,6 g Ca/kg TS, also 78 % der angebotenen 34,1 g Ca/kg TS enthalten.

Aufgrund bisher fehlender Angaben zum speziellen Bedarf von Greifvögeln oder Eulen orientiert man sich zunächst an den Bedarfsangaben für das Nutzgeflügel, dementsprechend das Futter 5,5 g Ca pro kg 88 % TS enthalten sollte (KAMPHUES et al. 2009); diese Forderung ist dementsprechend in der Nahrung der Greifvögel und Eulen reichlich erfüllt. Der Calcium-Bedarf für Legehennen liegt mit 35 – 37 g/ kg Alleinfutter (88 % TS) wie erwartet deutlich höher (KAMPHUES et al. 2009) und oberhalb der durchschnittlichen Calciumversorgung der Tag- ebenso wie der Nachtgreifvögel bei Eintagskükenengabe (15,8 – 18,8 g/ kg TS in der tatsächlichen Aufnahme, s. a. Tab. IX/18). Dieser hohe Bedarf ist allerdings durch die enorme Legeleistung bedingt und muss allenfalls für weibliche Greife für die kurze Periode zwischen Balz und Eiablage berücksichtigt werden. Zu diesem

Zeitpunkt kann evtl. bei überwiegender Kükenfütterung eine Calcium-Supplementierung sinnvoll sein.

In der Annahme, dass die geringere Ca-Aufnahme der Eulen durch besondere Resorptionsmechanismen kompensiert werden müsste, hat HELLMANN (2007) die auffallend großen Blinddärme dieser Vogelgruppe untersucht und in den dortigen Enterozyten das Calciumtransportprotein Calbindin D28k, Calciumkanäle sowie Vitamin D<sub>3</sub>-Rezeptoren nachgewiesen. Da lt. DUKE et al. (1981) eine Caecectomie allerdings keine gesundheitlichen Folgen für die Vögel nach sich zieht, ist davon auszugehen, dass die Mechanismen, wie sie den Eulen über die Blinddarmenterozyten vermehrt zur Verfügung stehen, besonders in Mangelsituationen von Bedeutung sind, in denen es gilt, den vermeintlichen Nachteil des weniger sauren Magen-pHs ausgleichen zu müssen. Für eine derartige Steuerungsmöglichkeit der Ca-Aufnahme spricht auch die Tatsache, dass Jungtiere, welche infolge der Mineralisierung des Skeletts einen höheren Bedarf haben, Knochen wesentlich effizienter verdauen (RACZYNSKI und RUPRECHT 1974; LOWE 1980). Vor dem Hintergrund, dass ein steigender Ra-Gehalt in der Nahrung ein Absinken der Verdauungseffizienz bewirkt (STALMASTER und GESSAMAN 1982), ist die vermehrte Knochenabgabe über das Gewölle eventuell sogar als biologischer Vorteil anzusehen. Zieht man zur Überprüfung dieser These die Werte in den Tab. 40 und 41 heran, so stellt man fest, dass die organische Substanz und das Rohprotein der Eintagsküken von den Uhus mit 78,5 % sV(oS) und 74,1 % sV(Rp) am effektivsten verdaut wurden. Auch die Mäuse wurden von allen Vogelarten ähnlich gut verdaut, in diesem Fall bewegten sich die Werte der Uhus mit 80,6 % (oS) und 74,4 % (Rp) für die scheinbare Verdaulichkeit zwischen den Werten der Mäusebussarde aus Station A (oS: 82,1 %; Rp: 68,9 %) und denen aus Station B (oS: 78,7 %; Rp: 75,9 %).

Die Uhus produzierten bei Angebot der Eintagsküken (im Gegensatz zur Mäusefütterung) mit durchschnittlich 3,98 % der Futteraufnahme weniger Gewölle als Turmfalken (8,65 % bzw. 6,85 %) oder Mäusebussarde (Ø 4,48 %). Eine eventuelle Erklärung ist das gering mineralisierte Skelett der Küken in Kombination mit der besonders gründlichen Verdauung der organischen Bestandteile, wie sie in der Rangierung der scheinbaren Verdaulichkeiten (s. Tab. 47) erkennbar ist. Demnach verdaut der Uhu die organische Substanz sowie das Rohprotein der Eintagsküken - die Komponente also, die mit 650 – 700 g/kg TS den überwiegenden Teil der Trockensubstanz ausmacht - am effektivsten.

**4. Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe**

Unabhängig von der Überlegung, in welcher Form das Gewölle in die Kalkulation mit einzubeziehen ist, kann die scheinbare Verdaulichkeit der verschiedenen Rohnährstoffe miteinander verglichen werden, solange man sich konsequent an einer der Varianten (aus Abb. 3) orientiert. Die in den folgenden Ausführungen genannten Werte basieren auf der Variante, bei der die Gewölle den Exkrementen zugerechnet wurden.

In dieser Untersuchung beruht die Verdaulichkeit der organischen Substanz im Wesentlichen auf der Verdaulichkeit des Rohproteins sowie des Rohfetts, da diese Nährstoffe in den Futtertieren den überwiegenden Anteil (> 90 % der Trockenmasse) darstellen. Der organische Rest nimmt lediglich einen Anteil von ca. 50 bis 100 g pro kg Trockensubstanz ein.

In der folgenden Tabelle 47 sind die unterschiedlichen Verdauungsquotienten der Greifvögel und Eulen in Form einer Rangfolge dargestellt, worin die Ziffer 1 stellvertretend für die höchste Verdaulichkeit steht.

Tab. 47: Rangierung der drei untersuchten Arten anhand ihrer Verdauungskapazität

Rangierung	Eintagsküken			adulte Mäuse			
	1	2	3	1	2	3	4
VQ <sub>oS</sub> (%)	UH	TF	MB <sup>a)</sup>	MB <sup>a)</sup>	UH	TF	MB <sup>b)</sup>
VQ <sub>Rp</sub> (%)	UH	TF	MB <sup>a)</sup>	TF	MB <sup>b)</sup>	UH	MB <sup>a)</sup>
VQ <sub>Rfc</sub> (%)	MB <sup>a)</sup>	TF	UH	MB <sup>a)</sup>	MB <sup>b)</sup>	UH	TF

<sup>a)</sup> Station A

<sup>b)</sup> Station B

Eindeutige Tendenzen sind nicht ersichtlich, die Verdaulichkeitswerte unterscheiden sich nicht nur je nach Futterangebot, sondern variieren innerhalb der drei untersuchten Arten ebenso wie zwischen den einzeln betrachteten Nährstoffen ohne erkennbare Richtung. Die einzige Ausnahme bildet die Überlegenheit der Mäusebussarde hinsichtlich der Rohfett-Verdauung.

Das Rohfett der gereichten Futtertiere ist generell sehr hoch verdaulich. Die Eintagsküken aus Station A mit 203 g/ kg TS wurden von den dortigen Mäusebussarden zu 91,7 % verdaut, die Küken aus Station B (131 g Rfc/ kg TS) konnten von den Falken und Eulen zu ca. 85 %

verdaut werden. Bei Angebot von Mäusen konnten wiederum die Bussarde mit 98,3 % (Station A: 378 g/kg TS) bzw. 96,8 % (Station B: 269 g/kg TS) das Rohfett am effektivsten verdauen, die Werte der Uhus und Turmfalken waren bei einem geringeren Rfe-Anteil von 173 g/kg TS mit 95,6 % (UH) und 92,7 % (TF) schon niedriger. Mit steigendem Rohfettgehalt der Nahrung nahm somit auch die Rohfettverdaulichkeit zu. Dies beruht auf der Tatsache, dass sich aufgrund höherer Rohfettgehalte in der Nahrung die Futterpassagezeit im Gastrointestinaltrakt und somit die für die Verdauung zur Verfügung stehende Zeit verlängern (STALMASTER und GESSAMAN 1982).

Betrachtet man die Rangierung innerhalb der Eintagsküken-Fütterung, so scheint die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz in direkter Abhängigkeit von der Verdaulichkeit des Rohproteins zu stehen. Diese Beobachtung bestätigt sich im Rahmen der Nutzung von Mäusen als Futtertiere allerdings nicht. Der Rohproteingehalt der Eintagsküken war in beiden Stationen ähnlich hoch, die Küken aus Station A enthielten mit 656 g Rp/ kg TS rund 35 g weniger als die Küken aus Station B. In der scheinbaren Verdaulichkeit wurden dagegen Unterschiede deutlich. Die Werte der Mäusebussarde in Station A waren mit durchschnittlich 57,8 % deutlich niedriger als die Werte der Turmfalken (69,7 %) und Uhus (74,1 %). Die gleichen Bussarde wiesen auch in der Verdauung der Mäuse mit einem Wert von 68,9 % die geringste sV (Rp) auf. In Station B waren die Werte mit 74,4% (UH), 75,9 % (MB) sowie 76,0 % (TF) einander sehr ähnlich, trotz differierender Rp-Gehalte in den verfütterten Mäusen (TF, UH: 607 g/kg TS, MB: 529 g/kg TS), die allerdings höher waren als in den Mäusen in Station A (471 g Rp/kg TS). Auch in diesem Fall lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Rp-Gehalt der Nahrung und der daraus resultierenden Verdaulichkeit in dem Sinn vermuten, dass ein höherer Gehalt eine höhere scheinbare Verdaulichkeit zur Folge hat.

Diese Vermutung bestätigt sich in der Aussage von DUKE und RHOADES (1977), dass mit zunehmenden Rohprotein- oder Fettgehalten im Futter das MPI („Meal to Pellet-Interval“, s. Kap. II/4.3) und somit folglich die gesamte Verdauungszeit ansteigt, was schließlich eine intensivere Verdauung zur Folge hat.

Beim Vergleich der scheinbaren Verdaulichkeiten interessierten des Weiteren v. a. drei Fragen:

**- Sind Unterschiede in der scheinbaren Verdaulichkeit aufgrund der verschiedenen Körpergrößen der drei Greifvogelarten erkennbar?**

Die drei in dieser Untersuchung eingesetzten Vogelarten wiesen deutliche Unterschiede in der Körpergröße und somit der Körpermasse auf. Die Turmfalken mit durchschnittlich 179 g KM (zu Beginn der Eintagskükenfütterung) entsprachen lediglich ca. einem Zehntel der Körpermasse der Uhus mit 1709 g. Die Mäusebussarde (Ø 870 g KM) rangierten ungefähr in der Mitte. Diese Größenunterschiede müssen bei der Einschätzung des Energiebedarfs der Tiere mit einbezogen werden, da kleinere Tiere mit einer im Verhältnis zur Körpermasse größeren Körperoberfläche mit einer höheren Stoffwechselrate (SHAPIRO und WEATHERS 1981; FOWLER 1986; BARTON und HOUSTON 1993b) einen höheren Energie- und Nährstoffbedarf pro kg KM aufweisen (CAMPBELL und KOPLIN 1986). Der demzufolge anzunehmende vergleichsweise hohe Energiebedarf der Turmfalken spiegelt sich in der Verdaulichkeit der organischen Substanz nicht wider, die Verdaulichkeitsraten dieser Vögel lagen sowohl bei der Gabe von Eintagsküken als auch von **adulten** Mäusen zwischen der sV (oS) der Mäusebussarde und Uhus. Die Bussarde wiesen während der Kükenfütterung die niedrigsten Werte mit durchschnittlich 73,2 % auf, die Uhus zeigten mit 78,5 % den höchsten Mittelwert. Bei der Gabe von Mäusen waren die scheinbaren Verdaulichkeiten der Mäusebussarde aus Station A (82,1 %) höher und aus Station B (78,7 %) niedriger als die scheinbaren Verdaulichkeiten (oS) der Turmfalken (80,1 %) und der Uhus (80,6 %), die sehr nahe beieinander sind.

**- Zeigen sich zwischen Greifvögeln und Eulen Unterschiede bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit?**

Die Unterschiede in den Verdauungssystemen, wie sie in Kap. II/3 beschrieben wurden, lassen keine wesentlichen Effekte auf die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz erkennen. Weder führt der geringere Rohasche-Gehalt im Chymus der Eulen (TABAKA et al. 1996) zu einem sichtbaren Anstieg der Verdaulichkeit, noch bewirkt der höhere pH-Wert im Magen der Uhus (DUKE et al. 1975) ein deutliches Absinken der scheinbaren Verdaulichkeit

der organischen Substanz oder des Rohproteins im Vergleich zu den Taggreifen. DUKE et al. (1975) wiesen anhand der Tyrosin-Freisetzung aus Hämoglobin ähnliche proteolytische Aktivitäten zwischen verschiedenen Greifvogelarten sowohl vor als auch nach der Futteraufnahme nach.

Auch in einer Untersuchung von BARTON und HOUSTON (1993a), in der für 10 verschiedene Vogelarten nach Gabe von Eintagsküken die scheinbare Verdaulichkeit ermittelt wurde, wurden keine Differenzen auf Unterschiede zwischen Tag- und Nachtgreifen zurückgeführt.

#### **- Werden Eintagsküken und Mäuse generell unterschiedlich verdaut?**

Die Mäuse führen bei den verschiedenen Greifvögeln und Eulen trotz deutlich variierender Rohnährstoffgehalte zu ähnlichen scheinbaren Verdaulichkeiten der organischen Substanz. Ein hoher Rfe-Gehalt (378 g/ kg TS) mit vergleichsweise geringem Rp-Gehalt (471 g/ kg TS) führt bei den Mäusebussarden (Station A) mit 82,1 % zu der höchsten scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz, abnehmende Rfe- und parallel zunehmende Rp-Gehalte lassen die Verdaulichkeit ( $sV_{os}$ ) geringgradig absinken bis auf 78,7 %.

Im Vergleich zu den Eintagsküken werden die Mäuse generell effizienter verdaut, bei Betrachtung der Einzelwerte liegen sämtliche Werte aller Vogelarten bei den Mäusen höher als bei den Küken (s. Tab. 40 und 41). Dieses Ergebnis ist unerwartet, da fetales Gewebe generell die höchste Verdaulichkeit aufweist und folglich die Eintagsküken eine deutlich höhere scheinbare Verdaulichkeit erwarten lassen als die adulten Mäuse, die vergleichsweise reich an Bindegewebe, Keratin und puffernden Substanzen sind (KAMPHUES 2009).

Eine mögliche Erklärung hierfür ist wiederum der höhere Trockensubstanz- und Rohfettgehalt der Mäuse, der eine Verlängerung und somit Intensivierung der Verdauung bewirkt.

Werden hingegen in der Literatur die scheinbaren Verdaulichkeiten von Eintagsküken und Mäusen auf Basis der Trockensubstanz anstelle der organischen Substanz verglichen, so sind die Küken höher verdaulich, da diese keine Zähne haben und über weniger mineralisierte, hohle Knochen verfügen (DUKE et al. 1973). Der Anteil des organischen Restes bewegt sich bei allen analysierten Futtertieren zwischen 50 und 100 g/ kg TS.

## 5. Energiebilanz

Aufgrund der Versuchsanordnung ist aus den vorliegenden Ergebnissen der Energie- und Nährstoffbedarf für Vögel unter Volierenbedingungen näherungsweise abzuleiten, die keine besondere Leistung erbringen, wie es z. B. durch die Witterung, die Mauser, Balz oder Eiablage bedingt sein kann. Einen ähnlichen Versuchsaufbau beschreiben GRABER (1962), POSTLER und BARRETT (1982) sowie CAMPBELL und KOPLIN (1986). Bei frei lebenden Greifvögeln, die zusätzliche Energie für den Beutefang benötigen, oder solchen, die als Beizvögel aktiv für die Jagd eingesetzt werden, sind hingegen entsprechend höhere Umsätze zu erwarten. Im Gegensatz dazu liegen die ermittelten Werte in anderen Veröffentlichungen (z. B.: BARTON und HOUSTON 1993a; TABAKA et al. 1996) z. T. unter den hier dargestellten Ergebnissen, wenn die darin verwendeten Tiere in Bilanzkäfigen ohne Bewegungsfreiheit bzw. Flugmöglichkeit gehalten wurden. Eine weitere Form der Versuchsanordnung, die falknerische „Anbindehaltung“, bei der die Greifvögel und Eulen wenig mehr Bewegungsmöglichkeit haben als im Bilanzkäfig, wurde für andere Untersuchungen wie diejenigen von DUKE et al. (1975) sowie KIRKWOOD (1979) gewählt. Berechnet wird der ME-Gehalt (KAMPHUES et al. 2009) in der tatsächlichen Aufnahme als Energiegehalt des aufgenommenen Futters (Bruttoenergiegehalt GE) minus den Energiegehalten der Excreta, welche neben Urin und Faeces auch die Gewölle beinhalten müssen (KLASING 1998).

In Tabelle 48 werden die Energieaufnahmen der drei untersuchten Vogelarten bezogen auf die metabolische Körpermasse bei Gabe von Küken und Mäusen dargestellt. Zu beachten ist bei diesem Vergleich, dass bei den Turmfalken Körpermasseveränderungen von -2,1 % (bei Kükengabe) bzw. +3,03 % (bei Mäusefütterung) pro Tag zu verzeichnen waren. Auch drei der sechs Mäusebussarde nahmen im Rahmen der Mäusegabe rund 1,2 %/d an Körpermasse zu, während alle anderen Werte eine annähernde KM-Konstanz zeigten (s. Tab. 44 und 45).

Es fällt auf, dass die Energieaufnahme mit steigender Körpermasse der Vögel deutlich absinkt. Die Turmfalken als kleine Vertreter der Greifvögel nehmen die größten Energiemengen zu sich, im Fall der Nutzung von Küken als Futtertiere muss der Bedarf allerdings noch höher kalkuliert werden, um eine Körpermassekonzanz zu erreichen.

**Tab. 48:** Energieaufnahme (kJ ME/ kg KM<sup>0,75</sup>/ d) der drei untersuchten Vogelarten bei Angebot von Eintagsküken und Mäusen

Tierart	Eintagsküken	adulte Mäuse	Autor
Turmfalken	641 *	857 *	eigene Untersuchung
Mäusebussarde <sup>a)</sup>	419 *	532 *	
Mäusebussarde <sup>b)</sup>		463 *	
Uhus	415 *	498 *	
Rotschwanzbussard	653		TABAKA et al. (1996)
Amerikan. Uhu	427		
Sägekauz		734	POSTLER und BARRETT (1982)
Sägekauz	597		CAMPBELL und KOPLIN (1986)
Turmfalke	670		
Waldohreule		1100	GRABER (1962)
Sumpfohreule		1170	

<sup>a)</sup> Station A (MB I-3); <sup>b)</sup> Station B (MB I-III) \* ME<sub>q=0,784</sub>, auf Basis von Tab. 23, Kap. III B/ 4.1

Den eigenen Untersuchungsergebnissen sind andere Werte aus der Literatur gegenüber gestellt, die z. T. deutlich höher sind. Die Ursache liegt vermutlich darin, dass die Fütterung in den dortigen Untersuchungen jeweils ad libitum stattfand.

## 6. Bedarfsschätzung

Um abschätzen zu können, ob die Ernährung der Greifvögel und Eulen bedarfsgerecht erfolgt, muss ein Abgleich zwischen Nährstoffbedarf und -aufnahme erfolgen. Da es bisher keine Angaben zum Nährstoffbedarf von Greifvögeln oder Eulen gibt, sind in der folgenden Tabelle 49 die Nährstoffgehalte in der tatsächlichen Aufnahme der untersuchten Vögel den Empfehlungen für eine Alleinfutter-Zusammensetzung für Hühner (Aufzucht + Legeperiode; KAMPHUES et al. 2009) gegenüber gestellt.

**Tab. 49:** Nährstoffgehalte in den aufgenommenen Beutetieren im Vergleich zu einem Alleinfutter für Hühner (Angaben pro kg TS)

		Eintagsküken	adulte Mäuse	AF für Hühner
Rohprotein (Rp)	g	678 (654 / 692) <sup>1</sup>	555 (475 / 610) <sup>1</sup>	180
g Rp/MJ ME <sub>q=0,784</sub>		36,1:1	28,6:1	15:1
Lysin	g	39,5 <sup>2</sup>	41,8 <sup>2</sup>	7,32
Methionin + Cystin	g	26,7 <sup>2</sup>	20,4 <sup>2</sup>	6,76
Calcium	g	17,0 <sup>2</sup>	35,1 <sup>2</sup>	33,8
Phosphor	g	10,0 <sup>2</sup>	18,9 <sup>2</sup>	6,31
Magnesium	g	0,88 <sup>2</sup>	1,27 <sup>2</sup>	0,45
Natrium	g	8,09 <sup>2</sup>	3,72 <sup>2</sup>	1,69
Eisen	mg	90,4 <sup>2</sup>	215 <sup>2</sup>	100
Kupfer	mg	3,72 <sup>2</sup>	9,31 <sup>2</sup>	3,38
Zink	mg	61,1 <sup>2</sup>	95,3 <sup>2</sup>	45,0
Mangan	mg	3,20 <sup>2</sup>	13,9 <sup>2</sup>	67,6
Selen	mg	1,13 <sup>2</sup>	0,93 <sup>2</sup>	0,34

<sup>1</sup> Minimum / Maximum der Einzelwerte

<sup>2</sup> Gehalt im Angebot

Vergleicht man die einzelnen Werte, so fällt auf, dass die Versorgung der untersuchten Vogelarten in nahezu allen Nährstoffen deutlich oberhalb des Bedarfs für Hühner erfolgt. Dies gilt auch dann, wenn nicht nur die Futterreste, sondern auch die Gewölle vom Futterangebot abgezogen werden (siehe Tab. IX/16-19).

Der Calciumgehalt ist in den Eintagsküken zwar deutlich niedriger, wenn man jedoch zusätzlich den Calciumbedarf von Junghennen oder Broilern mit 6,19 bzw. 11,3 g/ kg TS in den Vergleich mit einbezieht, so wird deutlich, dass die Hühner aufgrund der enormen Legeleistung einen besonders hohen Bedarf haben und dass die Versorgung der Greifvögel und Eulen den Anforderungen entspricht. Allenfalls in der Legephase ist eine Supplementierung mit Calcium während der Balz bis hin zur Brutphase zu erwägen.

Darüber hinaus beinhalten die Beutetiere im Vergleich zum Alleinfutter sehr wenig Mangan.

Vor dem Hintergrund der hier analysierten Nährstoffgehalte in den Beutetieren kann davon ausgegangen werden, dass ganze Futtertiere eine vollwertige Nährstoffquelle darstellen. Eine Supplementierung mit Mineralstoffmischungen, wie in der Praxis in unterschiedlichem Maß üblich, ist demnach unbegründet und unnötig. Lediglich eine alleinige Ergänzung von Mangan wäre sinnvoll. Auch ein Zusatz von fettlöslichen Vitaminen erscheint unnötig, sofern die Greifvögel und Eulen Leber und Magen-Darm-Trakt regelmäßig mit verzehren.

## V. Zusammenfassung

### **Lüdtke, Meike: Vergleichende Untersuchungen an einheimischen Greif- und Eulenvögeln (*Buteo buteo* / *Falco tinnunculus* / *Bubo bubo*) zur Futteraufnahme, Zusammensetzung der Gewölle und Exkremate sowie zur Nährstoffverdaulichkeit bei Angebot von adulten Mäusen und Eintagsküken**

Zahlreiche carnivore Vogelarten, und zwar sowohl Taggreifvögel als auch Eulen, leben in der Obhut und somit der Verantwortung des Menschen. Da es bisher keine wissenschaftlich fundierten Bedarfsempfehlungen für diese Vögel gibt, war es das Ziel der vorliegenden Untersuchungen, nähere Vorstellungen zur chemischen Zusammensetzung üblicher Futtertiere (adulte Mäuse, Eintagsküken) sowie deren scheinbare Verdaulichkeit bei Turmfalken (*Falco tinnunculus*), Mäusebussarden (*Buteo buteo*) und Uhus (*Bubo bubo*) zu gewinnen.

Des Weiteren betrafen vorliegende Untersuchungen Art und Umfang der Gewölleproduktion, die eine Besonderheit des Verdauungssystems von Greif- und Eulenvögeln darstellt. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, inwieweit einerseits die Menge an produziertem Gewölle und andererseits dessen chemische Zusammensetzung die tatsächlichen Energie- und Nährstoffaufnahmen sowie die scheinbare Verdaulichkeit (sVQ) der organischen Substanz (oS) beeinflussen.

#### Methodik:

Insgesamt standen drei Turmfalken (TF; durchschnittliche Körpermasse zu Versuchsbeginn - Ø KM -: 179 g), sechs Mäusebussarde (MB; Ø KM: 842 g) sowie drei Uhus (UH; Ø KM: 1709 g) zur Verfügung. Es wurden zwei Serien von Verdaulichkeitsstudien durchgeführt. In der ersten wurden Eintagsküken (*Gallus gallus* forma domestica) als Nahrung gereicht, während in der sich anschließenden zweiten Serie adulte Mäuse (*Mus musculus*) in toto angeboten wurden.

Die Greif- und Eulenvögel wurden jeweils einzeln in Volieren gehalten, welche während der eigentlichen Versuchsphase (Kollektionsphase) mit Kunststoffolie ausgekleidet waren. Der Adaptationsphase (vier Tage) folgte die eigentliche Versuchsphase (fünftägig), während der

die Futterraufnahmemengen (FA) erfasst, sowie sämtliche Futterreste, Gewölle und Exkremete (Kot und Harn in Form von „Schmelz“) gesammelt wurden. Alle Proben wurden getrennt voneinander zum Zwecke einer späteren Analyse mengenmäßig erfasst und tiefgefroren. Die Körpermasse der Vögel wurde jeweils zu Beginn und nach Beendigung der fünftägigen Bilanzphase dokumentiert.

Die laboranalytischen Untersuchungen der gesammelten Proben (Rückstellproben der angebotenen Futtertiere, Futterreste, Gewölle, Schmelz) wurden nach folgenden Methoden durchgeführt: die Rohnährstoffgehalte (Trockensubstanz/TS, Rohasche/Ra, Rohprotein/Rp, Rohfett/Rfe) mittels der Weender Analyse, die Harnsäure(HS)gehalte im Schmelz unter Einsatz eines enzymatischen Testsatzes, die Gehalte an Aminosäuren mittels Ionenaustauscherchromatographie, die Gehalte an Mengen- und Spurenelementen mittels Atomabsorptionsspektrometrie bzw. Photometrie. Die Kalkulation der Energieaufnahmen der Tiere erfolgte zunächst auf der Basis der Bruttobrennwerte der Rohnährstoffe. Daraus wurde eine Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) *kalkuliert*, und zwar unter der Prämisse einer Umsetzbarkeit der Bruttoenergie (GE) von 78,4 % (siehe CASTRO et al. 1989). Um diese Ableitung entsprechend sichtbar zu machen, wurde generell die Bezeichnung ME um folgenden (tiefer gestellten) Zusatz  $q=0,784$  ergänzt ( $ME_{q=0,784}$ ); es ist also keine ME, die sich aus den verdaulichen Nährstoffen oder Daten einer Respirationsanlage ableitet.

### Ergebnisse:

- Die Eintagsküken wiesen im Vergleich zu den adulten Mäusen (TS: Ø 328 g/kg ursprüngliche Substanz (uS); Ra: 105 g, Rp: 536 g, Rfe: 273 g/kg TS) einen geringeren TS-Gehalt (236 g/kg uS) auf, der zu einem höheren Anteil aus Rohprotein bestand (674 g Rp/kg TS), während die Rohasche- und Rohfettgehalte (75,1 g Ra bzw. 167 g Rfe/kg TS) erwartungsgemäß niedriger waren.
- Die durchschnittlichen Futterraufnahmen (FA = Futterangebot - Futterreste) der Tiere betragen bei Gabe von Eintagsküken 8,41 g (TF), 18,7 g (MB) sowie 34,7 g (UH) TS pro Tier und Tag. Dies entsprach, bezogen auf die metabolischer Körpermasse ( $KM^{0,75}$ ): 32,3 g (TF), 21,4 g (MB) bzw. 22,5 g (UH) TS pro kg  $KM^{0,75}$ .  
Bei Angebot von adulten Mäusen ergaben sich entsprechende Werte von 12,7 g (TF), 20,7 g

(MB) und 41,6 g (UH) TS pro Tier und Tag, folglich 46,8 g (TF), 24,2 g (MB) sowie 27,3 g (UH) TS pro kg  $KM^{0,75}$ .

- Bei Angebot von Eintagsküken nahmen die Turmfalken, bezogen auf die metabolische Körpermasse (kg  $KM^{0,75}$ ), mit 641 kJ ME/Tag deutlich mehr Energie auf als die Mäusebussarde oder die Uhus, deren tägliche Energieaufnahmen sehr ähnlich waren (MB: 419 kJ ME, UH: 415 kJ ME). Noch auffälliger war dieser Unterschied, wenn adulte Mäuse verfüttert wurden; die täglichen ME-Aufnahmen der Tiere waren zudem insgesamt deutlich höher (TF: 857 kJ ME, MB und UH jeweils ca. 498 kJ ME/kg  $KM^{0,75}$ ). Wird die Energieaufnahme derart kalkuliert, dass die produzierten Gewölle von der Futteraufnahme abgezogen werden, so sind sämtliche Werte etwas niedriger.
- Bei Fütterung von adulten Mäusen nahmen (bezogen auf die KM zu Versuchsbeginn) drei der Mäusebussarde um durchschnittlich 1,17 % und die Turmfalken um 3 % pro Tag zu. Dagegen verloren die Turmfalken bei Einsatz von Eintagsküken ungefähr 2,10 % ihres Ausgangsgewichts pro Tag.
- Wenn adulte Mäuse angeboten wurden, betrug im Durchschnitt die Masse der von den Uhus abgesetzten Gewölle - in Relation zur TS-Aufnahme - etwa 11,5 % und war damit deutlich höher als die der Taggreifvögel (TF: 6,79 %, MB: 5,56 % der TS-Aufnahme). Demgegenüber war die von den Uhus gebildete Gewöllemasse bei Angebot von Eintagsküken deutlich geringer (3,98 % der TS-Aufnahme).
- Die Gewölle der Uhus enthielten bei Fütterung von adulten Mäusen einen höheren Knochenanteil; dies zeigte sich insbesondere im höheren Ca- und P-Gehalt (Ca: 91,2 g, P: 39,1 g/kg TS) im Vergleich zu den Gewöllen der Turmfalken (Ca: 43,0 g, P: 19,6 g/kg TS) oder Mäusebussarde (Ca: 15,4 g, P: 6,57 g/kg TS). Die Gabe von Eintagsküken führte zu geringeren Ca- und P-Gehalten in den Gewöllen aller Greife (Ca: 19,4 g (UH), 2,33 g (TF), 1,95 g (MB) /kg TS; P: 6,62 g (UH), 0,70 g (TF), 1,08 g (MB) /kg TS).
- Die organische Substanz (oS) adulter Mäuse war mit 78,7 - 82,1 % durchweg höher verdaulich als die von Eintagsküken (sVQ<sub>oS</sub> 73,2 - 78,5 %), wobei keine größeren, d. h. tierartlich gerichteten Unterschiede auftraten.

- Demgegenüber hatte die Bildung unterschiedlicher Gewölmassen der Greif- und Eulenvögel keinen erkennbaren Effekt auf die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz.
- Die Mengen- und Spurenelementgehalte in der tatsächlichen Futteraufnahme waren, mit Ausnahme von Mangan, deutlich höher als in einem bedarfsgerechten Alleinfutter für Hühner.

### Schlussfolgerung:

Die vorliegende Untersuchung ist in erster Linie auf Greif- und Eulenvögel im Erhaltungsstoffwechsel ausgerichtet, d. h. für eine Haltung, wie sie v.a. in Wildparks üblich ist. Aktive Beizvögel, Greife, die in Flugvorführungen eingesetzt werden, Tiere in der Brut oder Mauser, kranke Tiere oder Tiere die einem thermischen Stress ausgesetzt sind, haben vermutlich deutlich höher Energieansprüche.

Bezüglich der tatsächlich realisierten Futteraufnahme bestehen keine für die Fütterung bedeutsamen Unterschiede zwischen Tag- und Nachtgreifvögeln. Die Gewölle der Eulen sind zwar deutlich größer als diejenigen der Turmfalken und Mäusebussarde (in Relation zur TS-Aufnahme), dennoch ist eine bedarfsgerechte Versorgung auch bei den hier untersuchten Uhus gesichert. Dies gilt auch für die Versorgung mit Mineralstoffen, obgleich deren Gewölle höhere Knochen- und somit Ca- und P-Gehalte aufweisen.

Im Vergleich mit den Bedarfsangaben für Alleinfuttermittel für Hühner ist ersichtlich, dass die hier eingesetzten Beutetiere (Eintagsküken, adulte Mäuse), sofern sie in toto aufgenommen werden, über deutlich höhere Mengen- und Spurenelementgehalte (Ausnahme: Mangan) verfügen als diese.

## VI. Summary

**Lüdtke, Meike: Comparative investigations into endemic diurnal and nocturnal birds of prey (*Buteo buteo*, *Falco tinnunculus*, *Bubo bubo*) on feed intake, on nutrient digestibility, on the egested mass and the chemical composition of pellets, respectively, when offered adult mice or day-old chicken**

Many birds of prey, raptors as well as owls, are living in the care and thus responsibility of human beings. As there aren't any recommendations of nutrient requirements for these carnivorous species available till now, the aim of this study was to get a notion concerning the chemical composition of commonly fed animals (day-old chicken, adult mice) and their digestibility by Old World Kestrels (*Falco tinnunculus*), Common Buzzards (*Buteo buteo*) and Eagle Owls (*Bubo bubo*).

Another object of this study was to obtain a closer insight into the amount of pellet production and the composition of egested pellets. The production of pellets is specific to the digestive physiology in birds of prey (diurnals and nocturnal species). In this context the question arose if pellet production influences the intake of crude nutrients and energy as well as the apparent digestibility of organic matter.

### Methods:

For this study individuals of three species of birds of prey were used: three Old World Kestrels [TF; average body mass at the beginning of the trial (Ø BM): 179 g], six Common Buzzards [MB; Ø BM: 842 g] and three Eagle-Owls [UH; Ø BM: 1709 g]. Two series of feeding trials were performed. Within the first, day-old chicken (*Gallus gallus* forma domestica) were fed. During the following trial period adult mice (*Mus musculus*) were offered in toto.

The birds were housed in separate aviaries, in which plastic sheets were used to cover the floor as well as the walls. All animals were adapted to the diet over a four-day period (adaptation). Then collection period (5 days), in which the amount of feed intake was monitored and all refusals, pellets and excrements (faeces and urine) were collected was carried out. All samples were separated, quantitatively registered and frozen in order to be

analysed afterwards. The body masses of the birds themselves were determined and recorded at the beginning and the end of each trial.

The retain samples of the feed animals (day-old chicken, adult mice), leftovers of the feed offered, egested pellets and excrements (faeces and urine) were carried out using the following methods: contents of crude nutrients (dry matter/DM, crude ash/CA, crude protein/CP, crude fat/EE) by Weender analysis, uric acid contents of excreta by using an enzymatic test kit, amino acid contents by ion chromatography, contents of macro and trace elements by atomic spectroscopy and photometry, respectively. Data on energy contents were expressed as gross energy (GE) in a first step. Afterwards, the energy contents were stated in ME (metabolizable energy) assuming an energy assimilation efficiency factor of 78.4 % of the GE (see CASTRO et al. 1989). It has to be emphasized that data in this study on ME-contents *were always calculated* ( $ME = GE \times 0.784$ ) and never derived from digestible nutrients or from values coming from respiratory chambers.

### Results:

- Compared to adult mice (DM: 328 g/kg fresh matter, CA: 105 g, CP: 536 g, EE: 273 g/kg DM), day-old chicken are characterized by lower dry matter (236 g/kg fresh matter), lower crude ash (75.1 g CA/kg DM) and crude fat (167 g EE/kg DM), but higher crude protein (674 g CP/kg DM) contents.
- The average daily intake of dry matter amounted to 8.41 g (TF), 18.7 g (MB), 34.7 g (UH) per bird and 32.3 g (TF), 21.4 g (MB), 22.5 g (UH) per kilo of metabolic body mass ( $BM^{0.75}$ ) when feeding day-old chicken, respectively.  
When offering adult mice there were daily DM-intakes of 12.7 g (TF) / 20.7 g (MB) / 41.6 g (UH) DM per bird and 46.8 g (TF) / 24.2 g (MB) / 27.3 g (UH) per kg  $BM^{0.75}$ , respectively.
- When offering day-old chicken, the energy intake (ME-based, related to the metabolic body mass) of Old World Kestrels was much higher (641 kJ ME/kg  $BM^{0.75}/d$ ) than that of Common Buzzards and Eagle Owls (419 kJ ME (MB), 415 kJ ME (UH) per kg  $BM^{0.75}$  and day), respectively, whose results were very similar. When given adult mice, the difference between the three species was even more obvious and further more, their ME-intake was evidently higher (TF: 857 kJ ME, MB and UH: approx. 498 kJ ME/kg  $BM^{0.75}/d$ ).

When the energy intake was calculated by removing pellets from feed intake, it was slightly lower.

- The body mass of most birds remained more or less the same throughout the feeding trials; however, when offered adult mice, three of the six Buzzards gained on average 1.17 % of their initial body mass per day and the Old World Kestrels' body mass increased on average by 3 % per day. When offering day-old chicken, the Old World Kestrels lost 2.10 % of their initial body mass per day.
- When given adult mice, the owls egested more pellet mass (related to their DM-intake) than the raptor species (UH: 11.5 % versus TF: 6.79 %, MB: 5.56 % of DM-intake). However, when day-old chicken were offered, the pellet mass egested by the owls only reached 3.98 % of their daily DM-intake.
- The castings of Eagle Owls included a higher amount of bones after feeding adult mice, recognizable especially in a higher content of calcium and phosphorus (*Ca*: 91.2 g, *P*: 39.1 g/kg DM) in comparison to the pellets of Old World Kestrels (*Ca*: 43.0 g, *P*: 19.6 g/kg DM) or Common Buzzards (*Ca*: 15.4 g, *P*: 6.57 g/kg DM). When offering day-old chicken, lower amounts of calcium and phosphorus occurred and species specific differences were evident (*Ca*: 19.4 g (UH), 2.33 g (TF), 1.95 g (MB) /kg DM; *P*: 6.62 g (UH), 0.70 g (TF), 1.08 g (MB) /kg DM).
- The apparent digestibility of the organic matter of adult mice (78.7– 82.1 %) was generally higher than that of day-old chicken (73.2 – 78.5 %).
- The different amount of egested pellets of owls and raptors doesn't show any visible effect on the digestibility of the organic matter and when compared, values of the species were either non or low significant to each other.
- The macro and trace elements, except from manganese, in the real feed intake of all three species were evidently higher than in complete diets for hens.

### Conclusion:

First of all, the present study can be applied on birds of prey in maintenance and thus for individuals kept in aviaries as usual in game preserves. If birds are used for hunting, flying presentations and breeding, or if they undergo moulting, illness or thermal stress, evidently higher energy intakes certainly are to be expected.

Concerning real feed intake there are no significant differences between diurnal and nocturnal birds of prey. Pellet mass egested (DM-based) by owls was noticeable higher than those of falcons and buzzards, but nevertheless, a good supply with crude nutrients as well as macro and trace elements was observed in the animals; emphasizing, that in spite of higher bone-, Ca- and P-contents in pellets, the animals needs could be covered.

In comparison to standards for nutrient requirements set up for complete diets for hens it is obvious that feeding animals evidently include higher amounts of macro and trace elements (exception: manganese), as long as complete preys are ingested.

## VII. Literaturverzeichnis

- ADEOLA, O., u. J. C. ROGLER (1994):  
Comparative extraction methods for spectrophotometric analysis of uric acid in avian excreta.  
Arch. Anim. Nutr. 47, 1-10
- AKESTER, A. R., S. ANDERSON, K. J. HILL u. G. W. OSBALDISTON (1967):  
A radiographic study of urine flow in the domestic fowl.  
Br. Poult. Sci. 8, 209-212
- ANDERSON, G. L., u. E. J. BRAUN (1985):  
Postrenal modification of urine in birds.  
Am. J. Physiol. 248, R93-98
- ASCHOFF, J. (1966):  
Circadian activity pattern with two peaks.  
Ecology 47, 1657-1662
- BAILEY, C. B., W. D. KITTS u. A. J. WOOD (1960):  
Changes in the gross chemical composition of the mouse during growth in relation to the  
assessment of physiological age.  
Can. J. Anim. Sci. 40, 143-155
- BALGOOYEN, T. G. (1971):  
Pellet regurgitation by captive sparrow hawks (*Falco sparverius*).  
Condor 73, 382-385
- BARNES, E. M., und C. S. IMPEY (1974):  
The occurrence and properties of uric acid decomposing anaerobic bacteria in the avian  
caecum.  
J. Appl. Bact. 37, 393-409
- BARTHOLOMEW, G. A., u. T. J. CADE (1963):  
The water economy of land birds.  
The Auk 80, 504-539
- BARTON, N. W. H., u. D. C. HOUSTON (1993a):  
A comparison of digestive efficiency in birds of prey.  
Ibis 135, 363-371
- BARTON, N. W. H., u. D. C. HOUSTON (1993b):  
The influence of gut morphology on digestion time in raptors.  
Comp. Biochem. Physiol. 105A (3), 571-578

BEZZEL, E., u. R. PRINZINGER (1990):  
Ornithologie.  
2. Aufl., Ulmer, Stuttgart

BIRD, D.M., u. S. K. HO (1976):  
Nutritive values of whole animal diets for captive birds of prey.  
Raptor Res. 10, 45-49

BIRD, F. H. (1968):  
Role of the avian small intestine in amino acid metabolism.  
Fed. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol. 27(5), 1194-1197

BMELV (Hrsgb.), Referat Tierschutz (2005):  
Gutachten über Mindestanforderungen an die Haltung von Greifvögeln und Eulen.  
BMELV, Bonn

BOECKER, M. (1969):  
Familie Seeschwalben.  
In: GRZIMEK, B.: Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 8: Vögel 2.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 217-225

BOND, R. M. (1936):  
Eating habits of falcons with special reference to pellet analysis.  
Condor 38, 72-76

BORTOLOTTI, G. R., K. L. WIEBE u. W. M. IKO (1991):  
Cannibalism of nestling American kestrels by their parents and siblings.  
Can. J. Zool. 69, 1447-1453

BRITSCH, G. (2002):  
Vergleichende Untersuchungen an Aras (*Ara glaucogularis*, *Ara ararauna*, *Anodorhynchus hyacinthinus*) zur Futteraufnahme und -verdaulichkeit sowie zur Energie- und Nährstoffversorgung bei Einsatz praxisüblicher Misch- und Einzelfuttermittel.  
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. med. vet.

BROWN, G. W., Jr. (1970):  
Nitrogen metabolism of birds.  
In: CAMPBELL, J. W. (Ed.): Comparative Biochemistry of Nitrogen Metabolism.  
Vol. 2, Academic Press, NY, 13, pp. 711-771

BRÜLL, H. (1984):  
Das Leben europäischer Greifvögel.  
4. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

BRÜLL, H., u. TROMMER, G. (1997):  
Die Beizjagd.  
4. Aufl., Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin

CADE, T. J., u. L. GREENWALD (1966):  
Nasal salt secretion in falconiform birds.  
*Condor* 68, 338-350

CALDER, W. A. (1974):  
Consequences of body size for avian energetics.  
In: PAYNTER, R. A. (Ed.): *Avian Energetics*.  
Nuttall Ornithological Club, Cambridge, Massachusetts, pp. 86.151

CALDER, W. A., u. J. R. KING (1974):  
Thermal and caloric relations of birds.  
In: FARNER, D. S., u. J. R. KING (Eds.): *Avian Biology*.  
Vol. 4, Academic Press, NY, pp. 260-413

CAMPBELL, E. G., u. J. R. KOPLIN (1986):  
Food consumption, energy, nutrient and mineral balances  
in a Eurasian kestrel and a Screech owl.  
*Comp. Biochem. Physiol.* 83A (2), 249-254

CASTRO, G., N. STOYAN u. J. P. MYERS (1989):  
Assimilation efficiency in birds: a function of taxon or food type?  
*Comp. Biochem. Physiol.* 92A (3), 271-278

CESKA, V. (1982):  
Kann man den Nahrungsverbrauch bei Eulen im Freiland aus den Gewölfefunden bestimmen?  
*Beitr. Naturk. Wetterau* 2, 149-151

CHAPLIN, S. B., D. A. DIESEL u. J. A. KASPARIE (1984):  
Body temperature regulation in red-tailed hawks and great horned owls: responses to air  
temperature and food deprivation.  
*Condor* 86, 175-181

CHITTY, D. (1938):  
Pellet formation in short-eared owls (*Asio flammeus*).  
*Proc. Zool. Soc. London* 108 (Series A), 267-287

CLARK, R. J. (1972):  
Pellets of the short-eared owl and marsh hawk compared.  
*J. Wildl. Manage.* 36, 962-964

COLLOPY, M. W. (1980):  
Food consumption and growth energetics of nestling golden eagles.  
*Wilson Bull.* 98, 445-458

COOPER, J. E. (1985):  
Nutritional diseases, including poisons.  
In: COOPER, J. E.: *Veterinary Aspects of Captive Birds of Prey*.  
2<sup>nd</sup> Ed., The Standfast Press, Gloucestershire, 9, pp. 124-142

COOPER, J. E. (ed.; 2002):

Birds of Prey: Health and Disease.  
3<sup>rd</sup> Ed., Blackwell Science Ltd, Oxford, p.345

DAMM, D. (1999):

persönliche Mitteilung.

DEDIC, S. (1931):

Über physiologische Formierung und Motilität der Verdauungsorgane bei Habichten (*Astur palumbarius*).

Fortschr. Geb. Röntgenstrahlen 43, 367-371

DELIN, H., u. L. SVENSSON (1998):

Der große Kosmosführer Vögel.

2. Aufl., Kosmos, Stuttgart

DENNERT, C. (1997):

Untersuchungen zur Fütterung von Schuppenechsen und Schildkröten.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. med. vet.

DICE, L. R. (1945):

Minimum intensities of illumination under which owls can find dead prey by sight.

Am. Nature 79, 385-416

DIERENFELD, E. S., C. E. SANDFORT u. W. C. SATTERFIELD (1989):

Influence of diet on plasma Vitamin E in captive Peregrine falcon.

J. Wildl. Manage. 53(1), 160-164

DOHNA-SCHLOBITTEN, S., Graf zu (1931):

Kann die Stickstoffbilanz durch die Stickstoffbestimmung in Nahrung und Ausscheidungen hinreichend genau festgestellt werden?

Wiss. Arch., Abt. B, Tierernährung und Tierzucht, 115-138

DONOGHUE, S., u. J. LANGENBERG (1994):

Clinical nutrition of exotic pets.

Austr. Vet. J. 71, 337-341

DUKE, G. E. (1977):

Avian digestion.

In: SWENSON, M. J. (Ed.): Dukes' Physiology of Domestic Animals.

9<sup>th</sup> Ed., Cornell University Press, Ithaca, New York, pp 313-320

DUKE, G. E. (1986a):

Alimentary canal: Anatomy, regulation of feeding, and motility.

In: STURKIE, P. D. (ed.): Avian Physiology.

4<sup>th</sup> Ed. Springer Verlag, pp. 269-288

- DUKE, G. E. (1986b):  
Alimentary canal: Secretion and digestion, special digestive functions, and absorption.  
In: STURKIE, P. D. (ed.): *Avian Physiology*.  
4<sup>th</sup> Ed., Springer Verlag, pp. 289-302
- DUKE, G. E. (1986c):  
Raptor physiology.  
In: FOWLER, M. E. (Ed.): *Zoo and Wild Animal Medicine*.  
2<sup>nd</sup> Ed., W. B. Saunders, Philadelphia, pp. 225-231
- DUKE, G. E., u. D. D. RHOADES (1977):  
Factors affecting meal to pellet intervals in Great-horned owls (*Bubo virginianus*).  
*Comp. Biochem. Physiol.* 56A, 283-286
- DUKE, G. E., J. G. CIGANEK u. O. A. EVANSON (1973):  
Food consumption and energy, water, and nitrogen budgets in captive Great-horned owls (*Bubo virginianus*).  
*Comp. Biochem. Physiol.* 44A, 283-292
- DUKE, G. E., O. A. EVANSON u. A. JEGERS (1976a):  
Meal to pellet intervals in 14 species of captive raptors.  
*Comp. Biochem. Physiol.* 53A (1), 1-6
- DUKE, G. E., M. R. FULLER u. B. J. HUBERTY (1979):  
The influence of hunger on meal to pellet intervals in Barred owls.  
*Comp. Biochem. Physiol.* 66 (2), 203-207
- DUKE, G. E., J. E. BIRD, K. A. DANIELS u. R. W. BERTOY (1981):  
Food metabolizability and water balance in intact and cecectomized Great-horned owls.  
*Comp. Biochem. Physiol.* 68A, 237-240
- DUKE, G. E., A. A. JEGERS, G. LOFF u. O. A. EVANSON (1975):  
Gastric digestion in some raptors.  
*Comp. Biochem. Physiol.* 50A, 649-656
- DUKE, G. E., O. A. EVANSON, P. T. REDIG u. D. D. RHOADES (1976b):  
Mechanism of pellet egestion in Great-horned owls (*Bubo virginianus*).  
*Am. J. Physiol.* 231 (6), 1824-1829
- DURHAM, K. (1983):  
The mechanism and regulation of pellet egestion in the Red-tailed hawk (*Buteo jamaicensis*)  
and related gastrointestinal contractile activity.  
M. S. Thesis, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota
- DZIUK, H. E. (1971):  
Reverse flow of gastrointestinal contents in turkeys.  
*Fed. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol.* 30, 610

DZIUK, H. E., u. G. E. DUKE (1972):

Cineradiographic studies of gastric motility in turkeys.

Am. J. Physiol. 222, 159-166

EDWARDS, T. C., Jr., u. M. W. COLLOPY (1983):

Obligate and facultative brood reduction in eagles: an examination of factors that influence fratricide.

The Auk 100, 630-635

EPPLE, W. (1993):

Eulen.

Gräfe und Unzer Verlag, München

ERKINARO, E. (1973):

Seasonal variation of the dimensions of pellets in Tengmalm's owl, *Aegolius funereus*, and the Short-eared owl, *Asio flammeus*.

Aquilo. Ser. Zool. 14, 84-88

FARNER, D. S. (1960):

Digestion and the digestive system.

In: MARSHALL (ed.): Biology and Comparative Physiology of Birds.

Academic Press, New York, XI, pp. 411-467

FENWICK, B. (1981):

Nutrition of temporarily captive birds of prey.

California Veterinarian 11, 16-18

FISCHER, W. (1969):

Unterfamilie Bussardartige.

In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 7:

Vögel 1.

Kindler Verlag, Zürich, S. 358-381

FISCHER, W. (1983):

Die Habichte.

Die Neue Brehm Bücherei, A. Ziemsen Verlag

FISHER, H. (1967):

Nutritional aspects of protein reserves.

Newer Meth. Nutr. Biochem. 3, 101-124

FISHER, H. (1972):

The nutrition of birds.

In: FARNER, D. S., u. J. R. KING (eds.): Avian biology.

Vol. 2, Academic Press, 431-469

FORBES, N. A. (2007):

Risks assessment of food species fed to birds of prey, from bacteria, viruses, parasites and toxins.

Proc. of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Pet Bird Nutrition, 4<sup>th</sup> – 5<sup>th</sup> October 2007, Hannover, pp. 36-37

FOWLER, M. E. (1986):

Zoo and Wild Animal Medicine.

2<sup>nd</sup> Ed., W. B. Saunders, Philadelphia

FULLER, M. R. (1978):

Spatial temporal Ecology of Four Species of Sympatric Raptors.

Ph.D. Dissertation, University of Minnesota, Minneapolis

FULLER, M. R., u. G. E. DUKE (1979):

Regulation of pellet egestion: the effects of multiple feedings on meal to pellet intervals in great-horned owls.

Comp. Biochem. Physiol. 62A (2), 439-444

FULLER, M. R., G. E. DUKE u. D. L. ESKEDAHL (1979):

Regulation of pellet egestion: the influence of feeding time and soundproof conditions on meal to pellet intervals of Red-tailed hawks.

Comp. Biochem. Physiol. 62A (2), 433-438

GABRISCH, K., u. P. ZWART (1987):

Krankheiten der Zoo- und Wildtiere.

1. Aufl., Schlütersche, Hannover

GARCIA-RODRIGUEZ, T., M. FERRER, J. C. CARRILLO u. J. CASTROVIEJO (1987):

Metabolic responses of *Buteo buteo* to long-term fasting and refeeding.

Comp. Biochem. Physiol. 87A (2), 381-386

GERICKE, H. und B. KURMIES (1952):

Die colorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse.

Z. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde 59, 235-247

GESSAMAN, J. A. (1972):

Bioenergetics of the snowy owl (*Nyctea scandiaca*).

Arctic Alpine Res. 4, 223-238

GLEAVES, E. W., L. V. TONKINSON, J. D. WOLF, C. K. HARMAN, R. H. THAYER u. R. D. MORRISON (1968):

The action and interaction of physiological food intake regulators in the laying hen.

I. Effects of dietary factors upon feed consumption and production responses.

Poultry Sci. 47, 38-67

- GOETHE, F. (1969):  
Familie Möwen.  
In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 8:  
Vögel 2.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 200-217
- GOECKI, A. (1965):  
Energy values of body in small mammals.  
Acta Theriol. 10, 333-352
- GRABER, R. R. (1962):  
Food and oxygen consumption in three species of owls (*strigidae*).  
Condor 64, 473-487
- GRAHAM, D. L. (1976):  
Malnutrition in captive birds of prey.  
In: PAGE, L. A. (ed.): Wildlife Diseases.  
Plenum Press, pp. 89-94
- GRAHAM, D. L., u. W. H. HALLIWELL (1986):  
Malnutrition in birds of prey.  
In: FOWLER, M. E. (ed.): Zoo and Wild Animal Medicine.  
2<sup>nd</sup> Ed., W. B. Saunders, Philadelphia, pp. 236-242
- GRIMINGER, P. (1986):  
Lipid Metabolism.  
In: STURKIE, P. D. (ed.): Avian Physiology.  
4<sup>th</sup> Ed., Springer Verlag,, pp. 345-358
- GRIMINGER, P., u. J. L. GAMARSH (1972):  
Body composition of pigeons.  
Poultry Sci. 51, 1464-1465
- GRIMINGER, P., u. C. G. SCANES (1986):  
Protein Metabolism.  
In: STURKIE, P. D. (ed.): Avian Physiology.  
4<sup>th</sup> Ed., Springer Verlag, pp. 326-344
- GRIMM, R. J., u. W. M. WHITEHOUSE (1963):  
Pellet formation in a great horned owl: A roentgenographic study.  
The Auk 80, 301-306
- GRZIMEK, B. (Hrsgb.; 1969):  
Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Vögel 1 und 2  
Kindler Verlag, Zürich

GRZIMEK, B., u. E. SCHÜZ (1969):

Familie Störche.

In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 7: Vögel 1.

Kindler Verlag, Zürich, S. 208-229

GYLSTORFF, I., u. F. GRIMM (1998):

Vogelkrankheiten.

2. Aufl., Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, S. 279-289

HALLIWELL, W. H., D. L. GRAHAM u. F. P. WARD (1973):

Nutritional diseases in birds of prey.

J. Zoo Animal Med. 4, 18-20

HARRISON, G. J., u. L. R. HARRISON (1986):

Nutritional diseases.

In: HARRISON, G. J. und L. R. HARRISON: Clinical Avian Medicine and Surgery.

W. B. Saunders Company 1986, 31, pp. 397-407

HART, W. M., u. H. E. ESSEX (1942):

Water metabolism of the chicken (*Gallus domesticus*) with special reference to the role of the cloaca.

Am. J. Physiol. 136, 657-668

HEIDBRINK, S. (2003):

Morphologische Untersuchungen des Verdauungsapparates verschiedener Greifvögel unter Berücksichtigung ihrer Ernährungsstrategie.

FU Berlin, Diss. med. vet.

HEIDENREICH, M. (1995):

Greifvögel - Krankheiten, Haltung, Zucht.

Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin, Wien

HEINROTH, O. (1938):

Aus dem Leben der Vögel.

Springer Verlag, Berlin

HELLMANN, A. (2007):

Untersuchungen zu Aufbau und Funktion der Caeca bei Eulen (*Strigiformes*).

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. med. vet.

HERPOL, C. (1967):

Etude de l'activité protéolytique des divers organes du système digestif de quelques espèces d'oiseaux en rapport avec leur régime alimentaire.

Z. Vergl. Physiol. 57, 209-217

HVIDSTEN, H., u. B. ESKELAND (1983):

Verdauung.

In: MEHNER, A. und W. HARTFIELD (Hrsgb.): Handbuch der Geflügelphysiologie.  
Gustav Fischer Verlag Jena, 2, S. 618-647

IMONDI, A. R., u. F. H. BIRD (1965):

The sites of nitrogen absorption from the alimentary tract of the chicken.  
Poultry Sci. 44, 916

INABA, R. (1911):

Über die Zusammensetzung des Tierkörpers.

Arch. Anat. Physiol., Physiol. Abt. 1, 1-8

INOUE, T. (1963):

Nasal salt gland: Independence of salt and water transport.

Science 142, 1299-1300

IVACIC, D. C., u. R. F. LABISKY (1973):

Metabolic responses of Mourning Doves to short-term food and temperature stresses in winter.

Wilson Bull. 85, 182-196

JACOBSHAGEN, E. (1937):

In: BOLK, L., E. GÖPPERT, E. KALLIUS u. W. LUBOSCH (Hrsgb.): Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere.

Urban und Schwarzenberg, Berlin, Wien, 3, S. 654-671

JOHNSON, I. M. (1969):

Electrolyte and water balance of the Red-tailed hawk, *Buteo jamaicensis*.

Amer. Zool. 9, 587 (Abstr.)

JOHNSTON, D. W. (1970):

Caloric density of avian adipose tissue.

Comp. Biochem. Physiol. 34A, 827-832

JONES, L. D., R. W. COOPER und R. S. HARDING (1972):

Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae.

J. Zoo Anim. Med. 3(4), 34-41

KAMPHUES, J. (2009):

persönliche Mitteilung

KAMPHUES, J., M. COENEN, C. IBEN, E. KIENZLE, J. PALLAUF, O. SIMON, M. WANNER u. J. ZENTEK (2009):

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.

11. Aufl., Verlag M. & H. Schaper GmbH, Hannover

- KASPARI, M. (1991):  
Preparation as a strategy to maximize nutrient concentration in prey.  
*Behav. Ecol.* 2, 234-241
- KENDEIGH, S. C. (1945):  
Resistance to hunger in birds.  
*Wildl. Manage.* 2, 217-226
- KENDEIGH, S. C., V. R. DOLNIK u. V. M. GAVRILOV (1977):  
Avian energetics.  
In: PINOWSKI, J., u. KENDEIGH, S. C. (eds.): *Granivorous Birds in Ecosystems*.  
Cambridge University Press, Cambridge, S. 127-204
- KEYMER, I. F. (1972):  
Diseases of birds of prey.  
*Vet. Rec.* 90 (21), 579-594
- KIRKWOOD, J. K. (1979):  
The partition of food energy for existence in the kestrel (*Falco tinnunculus*) and the barn owl (*Tyto alba*).  
*Comp. Biochem. Physiol.* 63A, 495-498
- KIRKWOOD, J. K. (1981):  
Maintenance energy requirements and rate of weight loss during starvation in birds of prey.  
In: COOPER, J. E., u. A.G. GREENWOOD (eds.): *Recent Advances in the Study of Raptor Diseases*.  
Chiron, Keighley, pp. 153-157
- KLASING, K. C. (1997):  
Interactions between nutrition and infectious disease.  
In: CALNEK, B. W. (ed.): *Diseases of Poultry*.  
Iowa State University Press, Ames, Iowa, S. 73-80
- KLASING, K. C. (1998):  
*Comparative Avian Nutrition*.  
CAB International; University of California, Davis, California
- KÖNIG, C. (1969):  
Die Eulen.  
In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): *Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 8: Vögel 2*.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 377-406
- KOIKE, T. I., u. L. Z. McFARLAND (1966):  
Urography in the unanesthetized hydropenic chicken.  
*Am. J. Vet. Res.* 27, 1130-1133

KOSTRZEWA, A., u. G. SPEER (2001):  
Greifvögel in Deutschland.  
Aula Verlag, Wiebelsheim

KOSTUCH, T. E., u. G. E. DUKE (1975):  
Gastric motility in Great horned owls (*Bubo virginianus*).  
Comp. Biochem. Physiol. 51A, 201-205

KRAMER, H. (1969):  
Familie Reiher.  
In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 7:  
Vögel 1.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 179-206

LEHR BRISBIN, I., Jr., u. C. KENYON WAGNER (1970):  
Some health problems associated with the maintenance of American kestrels *Falco sparverius*  
in captivity.  
Int. Zoo Yearbook 10, 29-30

LEPRINCE, P., G. DANDRIFOSSE u. E. SCHOFFENIELS (1979):  
The digestive enzymes and acidity of the pellets regurgitated by raptors.  
Biochem. Syst. Ecol., 7, 223-227

LOWE, V. P. W. (1980):  
Variation in digestion of prey by the Tawny owl (*Strix aluco*).  
J. Zool., Lond. 192 (3), 283-293

MÄRZ, R. (1940):  
Querschnitt durch eine mehrjährige Nahrungskontrolle einiger Uhuapaare.  
Beitrag Fortpflanzungsbiol. Vögel 16, 125-135 (I), 166-171 (II), 213-222 (III)

MANGOLD, E. (1911):  
Die funktionellen Schwankungen der motorischen Tätigkeit des Raubvogelmagens.  
Pflügers Arch. Ges. Physiol. 139, 10-32

MARTIN, R. D., J. P. W. RIVERS u. U. M. COWGILL (1976):  
Culturing mealworms as food for animals in captivity.  
Int. Zoo Yearbook 16, 63-70

MEISE, W. (1969):  
Familie Kuckucke.  
In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 8:  
Vögel 2.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 348-376

MELDE, M. (1983):  
Der Mäusebussard.  
Die Neue Brehm Bücherei, A. Ziemsen Verlag

MEYER, H., u. J. ZENTEK (2005):

Ernährung des Hundes.

5. Aufl., Parey Verlag, Stuttgart, S. 237-267

MILES, R. D., u. W. R. FEATHERSTON (1976):

Uric acid excretion by the chick as an indicator of dietary protein quality.

Poultry Sci. 55, 98

MOSHER, J. A., u. P. F. MATRAY (1974):

Size dimorphism: a factor in energy savings for Broad-winged hawks.

The Auk 91, 325-341

MURPHY, M. E. (1996):

Nutrition and metabolism.

In: CAREY, C. (ed.): Avian Energetics and Nutritional Ecology.

Chapman & Hall, New York, (2), S. 31-60

NAUMANN, K., u. R. BASSLER (1976, mit Ergänzungslieferungen bis 1997):

Methodenbuch des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.

Bd. III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.

VDLUFA – Verlag, Darmstadt

NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE (1992):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band V: Anatomie der Vögel.

2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin

NOWAK, E., J. BLAB u. R. BLESS (Hrsg.; 1994):

Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland.

Kilda-Verlag, Greven

OTTE, W. (1997):

Untersuchungen zu Parametern des Stickstoff-Stoffwechsels bei Graupapageien (*Psittacus erithacus erithacus*) in Abhängigkeit von der Proteinversorgung.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. med. vet.

PIECHOCKI, R. (1983):

Der Turmfalk.

Die Neue Brehm Bücherei, A. Ziemsen Verlag

POLIN, D., E. R. WYNASKY, M. LOUKIDES u. C. C. PORTER (1967):

A possible urinary backflow to ceca revealed by studies on chicks wit an artificial anus and fed amprolium-C<sup>14</sup> or thiamine-C<sup>14</sup>.

Poultry Sci. 46, 88-93

- POSTLER, J. L., u. G. W. BARRETT (1982):  
Prey selection and bioenergetics of captive Screech owls.  
Ohio J. Sci. 82 (1), 55-58
- RACZYNSKI, J., u. A. L. RUPRECHT (1974):  
The effect of digestion on the osteological composition of owl pellets.  
Acta Ornith. 14, 25-37
- RADES, W. (1999):  
persönliche Mitteilung.
- REED, C. I., u. B. P. REED (1928):  
The mechanism of pellet formation in the Great horned owl (*Bubo virginianus*).  
Science 68, 359-360
- RHOADES, D. D., u. E. G. DUKE (1977):  
Cineradiographic studies of gastric motility in the Great-horned owl.  
Condor 79, 328-334
- RICKLEFS, R. E. (1974):  
Energetics of reproduction in birds.  
In: PAYNTER, R. A. (ed.): Avian Energetics.  
Nuttall Ornithol. Club 15, pp. 152-292
- ROO, de, A. (1969):  
Unterfamilie Echte Segler.  
In: GRZIMEK, B.: Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 8: Vögel 2.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 424-440
- ROUDYBUSH, T. (1986):  
Growth signs of deficiency and weaning in cockatiels fed deficient diets.  
Proc. Ann. Meet. Assoc. Avian Vet., Miami, S. 333
- SARUNDY, N.  
zitiert nach UTTENDÖRFER (1939)
- SCHEIDELER, S.E. (1994):  
Principles of avian nutrition.  
Ass. Avian Vet. (Proc.), 313-318
- SCHEUNERT, A., u. A. TRAUTMANN (1987):  
Lehrbuch der Veterinär-Physiologie.  
7. Aufl., Blackwell, Berlin
- SCHMIDT-NIELSEN, K., A. BORUT, P. LEE u. E. J. CRAWFORD (1963):  
Nasal salt excretion and the possible function of the cloaca in water conservation.  
Science 142, 1300-1301

SCHÖNEBERG, H. (1994):

Falknerei.

Eigenverlag H. Schöneberg, Ampermoching

SCHUHKNECHT, W., u. H. SCHINKEL (1963):

Universalvorschrift für die Bestimmung von Kalium, Natrium und Lithium nebeneinander.

Z. Anal. Chem. 194, 176-183

SHANNON, D. W. F., u. W. O. BROWN (1969):

Losses of energy and nitrogen on drying poultry excreta.

Poultry Sci 48, 41-43

SHAPIRO, C. J., u. W. W. WEATHERS (1981):

Metabolic and behavioral responses of American kestrels to food deprivation.

Comp. Biochem. Physiol. 68A, 111-114

SHORT, H. L., u. L. C. DREW (1962):

Observations concerning behaviour, feeding and pellets of Short-eared owls.

Amer. Mid. Nat. 67, 424-433

SLAVIN, W. (1968):

Atomic absorption spectroscopy.

Chem. Analysis 25, 87-90

SMIT, H. (1968):

Gastric secretion in the lower vertebrates and birds.

In: CODE (ed.): Handbook of Physiology, Bd. 5.

Am. Physiol. Soc. Washington, pp. 2791-2805

SMITH, C. R., u. M. E. RICHMOND (1972):

Factors influencing pellet egestion and gastric pH in the Barn owl.

Wilson Bull. 84, 179-186

SNYDER, R. L., W. JENSON u. C. D. CHENEY (1976):

Environmental familiarity and activity: aspects of prey selection for a ferruginous hawk.

Condor 78, 138-139

SOTHMANN, L., u. J. SCHREINER (1989):

Das Braunkehlchen – Vogel des Jahres 1987. Der Wendehals – Vogel des Jahres 1988.

Laufener Seminarbeiträge

Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen / Salzach

STALMASTER, M. V., u. J. A. GESSAMAN (1982):

Food consumption and energy requirements of captive Bald eagles.

J. Wildl. Manage. 46 (3), 646-654

STEINBACHER, J. (1969):

Die Rabenverwandten.

In: GRZIMEK, B.: Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 9: Vögel 3.  
Kindler Verlag, Zürich, S. 464-506

STEVENS, C.E., u. I. D. HUME (1995):

Comparative physiology of the vertebrate digestive system.  
2<sup>nd</sup> Ed., Cambridge University Press, New York

STEVENS, L. (1996):

Avian Biochemistry and Molecular Biology.

Cambridge University Press, (5), S. 73-79; (7), S. 100-117

STRUCK, S. (1995):

Ernährung des Igels.

Hannover, Tierärztl.Hochsch., Diss. med. vet.

STURKIE, P. D. (1986):

Kidneys, extrarenal salt excretion, and urine.

In: STURKIE, P. D. (ed.): Avian Physiology.  
4<sup>th</sup> Ed., Springer Verlag, S. 359-382

TABAKA, C. S., D. E. ULLREY, J. G. SIKARSKIE, S. R. DE BAR u. P. K. KU (1996):

Diet, cast composition, and energy and nutrient intake of Red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis*), Great-horned owls (*Bubo virginianus*), and Turkey vultures (*Cathartes aura*).  
J. Zoo Wildl. Med. 27 (2), 187-196

TERPSTRA, K., u. N. DE HART (1974):

The estimation of urinary nitrogen and faecal nitrogen in poultry excreta.

Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd. 32, 306-320

TETS, van, G. F. (1969):

Familie Kormorane.

In: GRZIMEK, B. (Hrsgb.): Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches, Band 7:  
Vögel 1.

Kindler Verlag, Zürich, S. 162-172

TROMMER, G. (1993):

Greifvögel.

4. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

UTTENDÖRFER, O. (1939):

Die Ernährung der deutschen Raubvögel und Eulen und ihre Bedeutung in der heimischen  
Natur.

Verlag Neumann-Neudamm, Berlin

- UTTENDÖRFER, O. (1952):  
Neue Erkenntnisse über die Ernährung der Greifvögel und Eulen.  
E. Ulmer, Stuttgart
- VAN LENNEP, E. W., u. J. A. YOUNG (1979):  
Salt Glands, Part II.  
In: GIEBISCH, G. (ed.): Membrane Transport in Biology, B, Transport Organs.  
Springer Verlag, Vol. 4, S. 675-692
- VILLAGE, A. (1982):  
The diet of kestrels in relation to vole abundance.  
Bird Study 29, 129-138
- WALLACH, J. D., u. G. M. FLIEG (1970):  
Cramps and fits in carnivorous birds.  
Int. Zoo Yearbook 10, 3-4
- WALSER, K., u. H. BOSTEDT (1990):  
Neugeborenen- und Säuglingskunde der Tiere.  
1. Aufl., Enke, Stuttgart
- WARD, F. P. (1971):  
Thiamine deficiency in a Peregrine falcon.  
J. A. M. V. A. 159, 599-601
- WEDEL, A. (2004):  
Ziervögel: Erkrankungen, Haltung, Fütterung.  
2., unveränderte Aufl., Parey, Berlin
- WESTFAHL, C. (2007):  
Untersuchungen zu den endogenen Verlusten an Protein und Mengenelementen bei adulten Papageien (*Amazona spp.*) als Grundlage für die Ableitung des Erhaltungsbedarfs.  
Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. med. vet.
- WHITTOW, G. C. (1986):  
Energy metabolism.  
In: STURKIE, P. D. (ed.): Avian physiology.  
4<sup>th</sup> Ed., Springer Verlag, S. 253-268
- WILSON, F. H., u. P. N. NIOSI (1961):  
Some observations on gastric digestion in the Horned owl.  
Am. Zool. 1, 399 (Abstr.)
- WOLF, P., u. J. KAMPHUES (2008):  
Investigations on energy and protein requirement in growing pet birds. Proc. of the 12<sup>th</sup>  
Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition  
Wien, 25-27. September 2007, 10

YALDEN, D. W., u. P. E. YALDEN (1985):

An experimental investigation of examining kestrel diet by pellet analysis.  
Bird Study 32, 50-55

ZISWILLER, J., u. D. S. FARNER (1972):

Digestion and the digestive system.

In: FARNER, D. S., u. J. R. KING (eds.): Avian Biology.  
Academic Press, NY, 343-430

ZWART, P., u. R. J. RULKENS (1979):

Improving the calcium content of mealworms.

Int. Zoo Yearbook 19, 254-255

**VIII. Verzeichnis der Übersichten, Abbildungen und Tabellen**

	Seite
Übers. 1: Einheimische Taggreifvögel (mod. nach GRZIMEK 1969)	13
Übers. 2: Einheimische Eulen (mod. nach GZRIMEK 1969)	14
Übers. 3: Wander- bzw. Standortverhalten von Mäusebussard und Turmfalke im Vergleich zu anderen einheimischen Taggreifvögeln (mod. nach SCHÖNEBERG 1994)	16
Übers. IX/1: Möglichkeiten, das im originären Habitat übliche Beutespektrum in Menschenobhut zu imitieren (nach GABRISCH und ZWART 1987)	167
-----	
Abb. 1: Gastrointestinaltrakt eines Falken (nach COOPER 2002)	24
Abb. 2: Gastrointestinaltrakt einer Eule (nach COOPER 2002)	25
Abb. 3: Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz (nach KAMPHUES et al. 2009) unter Berücksichtigung der Gewöllezuordnung	121
Abb. 4: Modell zur Gegenüberstellung von Variante 1 und 2 in der Berechnung der sV (oS) von Mäusebussard 1 bei Gabe von Eintagsküken	123
-----	
Tab. 1: Durchschnittliche Länge des Intestinums von Greifvögeln und Eulen (BARTON und HOUSTON 1993a)	21
Tab. 2: Morphologie des Darms verschiedener Greifvögel (BARTON und HOUSTON 1993b)	21
Tab. 3: Futteraufnahme, Gewöllebildung und -zusammensetzung bei verschiedenen Eulen und Greifvögeln nach Aufnahme von Mäusen ( <i>Mus musculus</i> ; DUKE et al. 1975)	35
Tab. 4: Aus der Futteraufnahme resultierende Gewöllebildung und Knochenanteil im Gewölle verschiedener Greifvögel und Eulen (DUKE et al. 1976a)	36
Tab. 5: Mineralstoffgehalte (Angaben in mmol/l) im Blut, Harn und Nasensekret bei verschiedenen Greifvögeln (CADE und GREENWALD 1966)	45
Tab. 6: Ionenkonzentrationen (Angaben in mmol/l) im Harn und Nasensekret von Rotschwanzbussarden nach Gabe von Rinderherzen (JOHNSON 1969)	46
Tab. 7: Anzahl, Geschlecht und durchschnittliche Körpermasse (KM) der Versuchstiere zu Versuchsbeginn	64
Tab. 8: Chronologischer Ablauf der Fütterungsversuche (Beispiel: MB 1 - 3, Station A)	67

## VIII. VERZEICHNIS

Tab. 9:	Durchschnittlich täglich angebotene Mengen an Eintagsküken bzw. adulten Mäusen für die einzelnen Vögel (Angaben in g uS/Tier/d)	70
Tab. 10:	Rohnährstoff- und Energiegehalte in Rückstellproben (Poolproben) der in den Fütterungsversuchen eingesetzten <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i> (Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)	83
Tab. 11:	Rohnährstoff- und Energiegehalte von <i>Eintagsküken</i> (n = 5) und <i>adulten Mäusen</i> (n = 5; Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)	84
Tab. 12:	Durchschnittliche Energie- und Rohnährstoffgehalte in <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i> (Angaben - soweit nicht anders angegeben - in g/kg TS bzw. MJ/kg TS)	85
Tab. 13:	Aminosäuren-Gehalte (g/kg TS) in <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i>	86
Tab. 14:	Aminosäuren-Muster (g AS/100 Rp) in <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i>	87
Tab. 15:	Mengen- und Spurenelementgehalte von <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g bzw. mg/kg TS)	88
Tab. 16:	Ca- und P-Gehalte in den Knochen <i>adulter Mäuse</i> (Angaben in g/kg ffr. TS bzw. in % der Ra)	89
Tab. 17:	Gehalte an Rohasche, Calcium und Phosphor im Skelett von <i>adulten Mäusen</i> in Relation zu den Gesamtgehalten im Körper (Angaben in % der Gesamtasche, des Gesamt-Ca bzw. des Gesamt-P)	89
Tab. 18:	Ra-, Ca- und P-Gehalte eviszierter adulter Mäuse (Angaben in g/kg ffr. TS bzw. der Ra)	90
Tab. 19:	Ra-, Reinasche, Ca- und P-Gehalte im <i>Gastrointestinaltrakt</i> adulter Mäuse (Angaben in g/kg TS bzw. % der Reinasche)	90
Tab. 20:	Tägliche Futtermengen (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g TS/Tier/d, g TS/100 g KM/d bzw. g TS/kg KM <sup>0,75</sup> /d)	92
Tab. 21:	TS-, Nährstoffmengen in der tatsächlichen Futtermenge (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/Tier/d)	93
Tab. 22:	TS-, Nährstoffmengen in der tatsächlichen Futtermenge (FA) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/Tier/d)	94
Tab. 23:	Energieaufnahmen von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in kJ/Tier/d)	94
Tab. 24:	Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (g/kg Futter-TS)	95
Tab. 25:	Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (g/kg Futter-TS)	95
Tab. 26:	Energiegehalte in der tatsächlichen Futtermenge von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in MJ/kg TS)	95

## VIII. VERZEICHNIS

---

Tab. 27:	Tägliche Gewölleproduktion der verschiedenen Greifvögel und Eulen bei Fütterung von <i>Eintagsküken</i> (E) bzw. <i>adulten Mäusen</i> (M; Angaben in g TS/Tier/d, g TS/100 g KM/d bzw. Gewölle-TS in % FA)	97
Tab. 28:	Rohnährstoffgehalte in den Gewöllen von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/kg uS bzw. g/kg TS)	98
Tab. 29:	Rohnährstoffgehalte der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/kg uS bzw. g/kg TS)	99
Tab. 30:	AS-Gehalte und -Muster in den Gewöllen der Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus (Poolproben) nach Fütterung von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g AS/kg TS bzw. g AS/100 g Rp)	100
Tab. 31:	AS-Gehalte und -Muster in den Gewöllen der Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus (Poolproben) nach Fütterung von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g AS/kg TS bzw. g AS/100 g Rp)	101
Tab. 32:	Mengen- und Spurenelementgehalte in den Gewöllen von Mäusebussarden sowie eines Turmfalken und eines Uhus bei Fütterung von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g bzw. mg/kg TS)	102
Tab. 33:	Mengen- und Spurenelementgehalte in den Gewöllen von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus (Poolproben) bei Fütterung von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g bzw. mg/kg TS)	102
Tab. 34:	Abgesetzte Schmelzmenge von Mäusebussarden, Turmfalken und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g TS/Tier/d und in % der FA)	103
Tab. 35:	Harnsäure-Gehalte im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/kg TS)	104
Tab. 36:	N-Gehalte im Schmelz, Harn und Kot von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in mg/Tier/d)	104
Tab. 37:	N-Gehalte im Schmelz, Harn und Kot von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus nach Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in mg/Tier/d)	105
Tab. 38:	Chemische Zusammensetzung des Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Fütterung von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/kg uS bzw. TS)	106
Tab. 39:	Chemische Zusammensetzung des Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Fütterung von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/kg uS bzw. TS)	106
Tab. 40:	Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ in %) von Rohnährstoffen bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> an Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus	107
Tab. 41:	Scheinbare Verdaulichkeiten (sVQ in %) von Rohnährstoffen bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> an Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus	107
Tab. 42:	Energiegehalte der abgesetzten Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in kJ GE/Tier/d)	108

## VIII. VERZEICHNIS

Tab. 43:	Energiegehalte des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarde und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> bzw. <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in kJ GE/Tier/d)	109
Tab. 44:	Körpermasse (in g) sowie KM-Entwicklung (in g/Tier/d bzw. % der ursprünglichen KM) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i>	109
Tab. 45:	Körpermasse (in g) sowie KM-Entwicklung (in g/Tier/d bzw. % der ursprünglichen KM) von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i>	109
Tab. 46:	Rohnährstoffgehalte in adulten Mäusen, wie sie in den Fütterungsversuchen eingesetzt wurden (Angaben in g/kg uS bzw. TS; Auszug aus Tab.10)	118
Tab. 47:	Rangierung der drei untersuchten Arten anhand ihrer Verdauungskapazität	127
Tab. 48:	Energieaufnahme (kJ ME/ kg KM <sup>0,75</sup> / d) der drei untersuchten Vogelarten bei Angebot von Eintagsküken und Mäusen	132
Tab. 49:	Nährstoffgehalte in den aufgenommenen Beutetieren im Vergleich zu einem Alleinfutter für Hühner (Angaben pro kg TS)	133
-----		
Tab. IX/1:	Gegenüberstellung der Ra-, Ca- und P-Gehalte von Skelett, Ganzkörper, Restkörper und GIT von Mäusen aus einer Zuchtlinie	167
Tab. IX/2:	Rohnährstoffgehalte in üblichen Futtertieren (Angaben in g/kg uS bzw. TS)	168
Tab. IX/3:	Gehalt an Mineralstoffen in üblichen Futtertieren (Angaben in g bzw. mg/kg TS)	169
Tab. IX/4:	Gehalt an Aminosäuren in diversen Futtertieren (Angaben in % TS)	170
Tab. IX/5:	Vitamingehalte in diversen Futtertieren (Angaben in IE bzw. g bzw. mg/kg TS)	170
Tab. IX/6:	Zusammensetzung der tatsächlichen Futtermittelaufnahme von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (in g/Tier/d)	171
Tab. IX/7:	Energiegehalt in der tatsächlichen Futtermittelaufnahme von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (pro Tier/d)	171
Tab. IX/8:	Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (g/kg Futter-TS)	172
Tab. IX/9:	Zusammensetzung der tatsächlichen Futtermittelaufnahme von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (g/Tier/d)	173
Tab. IX/10:	Energiegehalt in der tatsächlichen Futtermittelaufnahme von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (pro Tier/d)	174
Tab. IX/11:	Zusammensetzung des tatsächlich aufgenommenen Futters von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (g/kg Futter-TS)	175

## VIII. VERZEICHNIS

---

Tab. IX/12: Zusammensetzung der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/Tier/d)	176
Tab. IX/13: Zusammensetzung der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/kg Gewölle-TS)	176
Tab. IX/14: Zusammensetzung der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/Tier/d)	177
Tab. IX/15: Zusammensetzung der Gewölle von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/kg Gewölle-TS)	178
Tab. IX/16: Aminosäuregehalte in der tatsächlichen Aufnahme* bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/kg TS)	179
Tab. IX/17: Aminosäuregehalte in der tatsächlichen Aufnahme* bei Angebot von <i>Mäusen</i> (Angaben in g/kg TS)	180
Tab. IX/18: Mengen- und Spurenelementgehalte in der tatsächlichen Aufnahme* nach Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g bzw. mg/ kg TS)	181
Tab. IX/19: Mengen- und Spurenelementgehalte in der tatsächlichen Aufnahme* nach Angebot von <i>Mäusen</i> (Angaben in g bzw. mg/ kg TS)	181
Tab. IX/20: Zusammensetzung des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/Tier/d)	182
Tab. IX/21: Zusammensetzung des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (g/kg Schmelz-TS)	182
Tab. IX/22: Zusammensetzung des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/Tier/d)	183
Tab. IX/23: Zusammensetzung des abgesetzten Schmelzes von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/kg Schmelz-TS)	184
Tab. IX/24: Harnsäure- und N-Gehalte im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/Tier/Bilanz)	185
Tab. IX/25: Harnsäure- und N-Gehalte im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/Tier/Bilanz)	186
Tab. IX/26: N-Gehalte in der tatsächlichen Futterraufnahme, den Gewöllen und im Schmelz sowie N-Bilanz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in g/Tier/d)	187
Tab. IX/27: N-Gehalte in der tatsächlichen Futterraufnahme, den Gewöllen und im Schmelz sowie N-Bilanz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in g/Tier/d)	188
Tab. IX/28: N-Bilanz (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Turmfalken (n=3) bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i>	189
Tab. IX/29: N-Bilanz (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Mäusebussarden (n=6) bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i>	189

## VIII. VERZEICHNIS

---

Tab. IX/30: N-Bilanz (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Uhus (n=3) bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> und <i>adulten Mäusen</i>	189
Tab. IX/31: Berechnung der N-Bilanz von Turmfalke II bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> , wenn gilt: Variante 1 (Futteraufnahme = Futterangebot - Futterreste), bzw. Variante 2 (Futteraufnahme = Futterangebot - [Futterreste + Gewölle])	190
Tab. IX/32: Körpermasse von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus zu Bilanzbeginn und -ende bei Angebot von <i>Eintagsküken</i> (Angaben in kg KM bzw. kg KM <sup>0,75</sup> )	191
Tab. IX/33: Körpermasse von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus zu Bilanzbeginn und -ende bei Angebot von <i>adulten Mäusen</i> (Angaben in kg KM bzw. kg KM <sup>0,75</sup> )	191

**IX. Anhang**

Übers. IX/1: Möglichkeiten, das im originären Habitat übliche Beutespektrum in Menschenobhut zu imitieren (nach GABRISCH und ZWART 1987)

Beutespektrum im originären Habitat	Nahrungsspektrum in Menschenobhut
<b>STEINADLER</b>	
Kleinsäuger, Murmeltiere, Hasen, Nager, Kitze von Gams und Reh, Jungfuchse, Raufußhühner, Fallwild	Kleinsäuger, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Mäuse, Muskelfleisch, Küken, Hühner
<b>MÄUSEBUSSARD</b>	
Kleinsäuger, Amphibien, Reptilien, Aas	Muskelfleisch, Herz, Mäuse, Jungmeerschweinchen, Eintagsküken
<b>ROHRWEIHE</b>	
Mäuse, Kleinvögel, Taucher, Blässhühner, Amphibien, Reptilien	Mäuse, Sperlinge, Jungratten, Heuschrecken, Zuchtgrillen, ungerne Muskelfleisch
<b>HABICHT</b>	
Kleinsäuger von Maus bis Junghase, Kleinvögel bis Häher, Tauben, Drosseln	Mäuse, Jungkaninchen, Sperlinge, junge Meerschweinchen, Eintagsküken
<b>SPERBER</b>	
Kleinvögel, Mäuse	Sperlinge, Taubenbrustfleisch, mageres Muskelfleisch, Rinderherz, Eintagsküken
<b>ROTMILAN</b>	
Kleinsäuger, Vögel, Fallwild, jagt anderen Greifern Beute ab	Muskelfleisch, Mäuse, Küken, Sperlinge
<b>WANDERFALKE</b>	
Vögel bis Entengröße	Tauben, Junghühner, Zuchtwachsteln, Küken
<b>BAUMFALKE</b>	
Kleinvögel, Insekten	Sperlinge, Zuchtwachsteln, Heuschrecken, Grillen
<b>TURMFALKE</b>	
Mäuse, Insekten, Kleinvögel, selten Eidechsen	Mäuse, Sperlinge, Heuschrecken, Zuchtgrillen, Eintagsküken

Tab. IX/1: Gegenüberstellung der Ra-, Ca- und P-Gehalte von Skelett, Ganzkörper, Restkörper und GIT von Mäusen aus einer Zuchtlinie

		Ø - Skelett	Ø - Ganzkörper	Ø - Restkörper	Ø - GIT
Ra	g/kg TS	694 ± 17,2	113	124 ± 5,70	66,1 ± 3,21
Ca	g/kg TS	252 ± 18,0	35,1	34,7 ± 2,09	1,13 ± 0,08
	% Ra	36,3 ± 2,24	31,0	27,9 ± 2,03	1,70 ± 0,11
P	g/kg TS	131 ± 3,95	18,9	20,7 ± 1,56	10,9 ± 0,96
	% Ra	18,9 ± 0,44	16,7	16,7 ± 0,90	16,4 ± 1,01

## IX. ANHANG

Tab. IX/2: Rohnährstoffgehalte in üblichen Futtertieren (Angaben in g/kg uS bzw. TS)

	Autoren #	TS	Ra	Rp	Rfe	NfE	Rfa
Eintagsküken	1	220	77,3	682	182	45,5	/
Eintagsküken	9	242 ± 17,2	54 ± 4,5	674 ± 13,4	210 ± 1,4		
Eintagsküken	11	389	79	674	221	22,1	3,7
Huhn	11	389 ± 23,3	56,8 ± 42,8	499 ± 53,6	386 ± 70,4		
Krähe	10	304		706	86 ± 12		
Taube	11	381	116	570	273	32,4	9,7
Taube	12	400	75	550	375		
Taube	10	278 ± 14,1		813	207 ± 26		
Fasan	10	276		925			
Stockenten	8	331	95	631	264		
Entenköpfe	11	292	80,5	575	272	6,80	
Putenköpfe	11	264	79,1	625	261	32,6	2,9
Maus, adult	4	354	104	561	249		
weiße Maus, ad.	5	296	109		242		
weiße Maus, ad.	5	302	121		238		
weiße Maus, ad.	5	328	92,7		332		
Maus, 48d, 19,66g	6	359	102	577	126		
Maus, 61d, 18,61g	6	334	113	593	257		
Maus, 69d, 20,53g	6	373	97,9	486	389		
Maus, 97d, 22,15g	6	344	102	556	302		
Feldmaus	7	302	128 ± 15,7				
Ratte, nestjung	3	204	124	712	138		
Ratte, adult	4	344	100	628	221		
weiße Ratte	5	291	112		170		
Goldhamster (3 Wochen alt)	9	303 ± 11,7	75 ± 12,9	498 ± 4,90	347 ± 11		
Kaninchen	11	175 ± 24,7	123 ± 9,0	589 ± 22,2	163 ± 25,8		
Kaninchen	5	330	128		242		
Kaninchen, 4kg	11	397	91,6	362	380		
Rindfleisch (reines Muskelfleisch)	1	270	37	778	148	37,0	/
Herz, Rind	1	240	45,8	708	208	29,2	/
Herz, Schwein	1	250	56	640	240	60,0	/
Eidechse, grün	5	298	147		139		
Blindschleiche	5	318	338		33,5		
Ringelnatter	5	266	212		148		
Hering, frisch	1	370	27	456	514	/	/
Makrele, frisch	1	320	31,3	594	375	/	/
Schellfisch, frisch	1	250	40	720	4,0	/	/
Mehlwürmer	2	389	41	595	272	19	73
Heimchen	3	323	58	685	160		
Honigbiene	2			750			
Heuschrecken	2	290	80	640	140	<1	140 Chitin

## IX. ANHANG

Tab. IX/3: Gehalt an Mineralstoffen in üblichen Futtertieren (Angaben in g bzw. mg/kg TS)

	#	TS (%)	Ca (g)	P (g)	Mg (g)	K (g)	Na (g)	Fe (g)	Cu (g)	Zn (g)	Mn (g)	I (mg)	Se (µg)
Rindfleisch	1	36	0,28	4,44	0,83	9,72	1,94	0,0972	0,0056	0,0833	0,00056	/	/
Herz	1	24	0,25	8,96	0,96	12,1	3,96	0,21	0,0208	0,0833	/	0,3125	1,0417
Hering	1	37	1,08	4,05	0,62	5,41	1,89	0,03	0,0054	0,014	0,0003	1,35-4,05	/
Makrele	1	32	0,78	4,69	0,53	6,88	4,53	0,04	0,0031	0,02	0,0006	0,94-4,69	/
Schellfisch	1	25	0,40	6,80	0,60	6,80	2,60	0,028	0,008	0,012	0,0004	6,00	/
Küken, 7 d alt	14		22,1	20,6									
Eintagsküken	1	22	13,2	10,0	0,77	7,27	8,18	0,20	0,0045	0,0682	0,00182	/	/
Eintagsküken	9	24,2 ± 1,72	20,8 ± 0,57	14,7 ± 0,28	0,5 ± 0,08	8,0 ± 0,17	7,1 ± 0,06	0,12	0,007	0,072	0,005		0,8
Eintagsküken	11	38,91	16,4	10,1	0,89	6,96	10,1	0,156	0,008	0,081	0,0027	/	1,31
Putenküken	11	26,41	15,1	12,5	0,77	6,87	9,11	0,161	0,033	0,079	0,0029	/	0,65
Taube	11	38,06	25,3	15,03	0,84	7,76	3,17	0,317	0,0079	0,086	0,0053	/	0,59
Entenköpfe	11	29,17	38,6	20,8	1,18	6,86	4,99	0,153	0,0076	0,089	0,0064	/	0,69
Maus, nestjung	3	20,4	18,9	18,5									
Ratte, nestjung	3	20,4	25,0	20,4									
Maus,ad	4	35,4	23,8	17,2									
Ratte,ad	4	34,4	20,6	14,8									
Ratte	14		25,0	16,8									
Mäuse	15	35	10	8									
Goldhamster (3 Wo)	9	30,3 ± 1,17	25,1 ± 0,35	20,3 ± 0,14	1,2 ± 0,04	8,8 ± 0,16	4,6 ± 0,08	0,24	0,012	0,094	0,045		0,7
Bisamratte, Kern	11	25,36	44,7	28,7	1,79	13,0	4,66	0,214	0,0049	0,084	0,0076	/	0,066
Kanin.	11		31,31 ± 5,07	23,25 ± 2,70	1,47 ± 0,18	14,4 ± 2,88	9,16 ± 2,02						
Kanin.	11	17,5 ± 2,47	24,36 ± 3,42	19,59 ± 1,58	1,15 ± 0,10	12,04 ± 1,07	10,99 ± 1,82	0,616 ± 0,080	0,016 ± 0,003	0,138 ± 0,014			
Kanin.	11	39,70	23,42	13,00	0,68	4,86	2,99						
	#	TS (%)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)	K (mg)	Na (mg)	Fe (mg)	Cu (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)	I (µg)	Se (µg)
Mehlw.	2		0,38	8,22	2,36	10,52	0,80	0,0734	0,0256	0,1570	0,0132	/	/
Mehlw.	13	42,25	6,15	5,37		8,50	0,94	0,11					
Mehlw.	16	39,2	2,55	5,10									
Heimchen	3	32,3	4,7	9,6									

Tab. IX/4: Gehalt an Aminosäuren in diversen Futtertieren (Angaben in % TS)

	#	Rp	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	Phe	His	Thr	Trp	Val	Arg
Mehlwürmer	13	22,32	0,41	0,739	0,456	0,195	0,084	0,425	0,356	0,443	0,00	0,553	0,376
Kaninchen	10		2,9	6,6	8,2	1,9	0,8	3,0	2,4	4,1		4,7	3,9
Taube	10		2,5	6,1	7,5	1,7	0,8	2,8	2,0	3,7		3,9	6,8
Fasan	10		2,6	6,2	8,8	1,9	0,8	2,7	3,7	3,7		4,0	12,4
Hase	10		3,2	6,7	7,5	2,4	0,9	3,1	2,6	3,7		4,8	12,2
Schaf	10		2,8	5,6	7,3	1,5	0,6	2,5	2,3	3,3		3,9	6,9
Krähe	10		2,5	5,4	5,9	1,0	1,3	2,5	1,7	2,9		4,3	10,8

	#	Ala	Asp	Glu	Gly	Orn	Pro	Ser	Tyr
Mehlwürmer	13	0,62	0,557	1,024	0,386	0,106	0,695	1,106	
Kaninchen	10	6,2	5,9	10,5	2,9		2,3	3,6	2,9
Taube	10	5,9	5,8	9,4	2,8		2,3	3,4	2,6
Fasan	10	6,2	5,8	10,5	2,8		2,2	3,5	2,7
Hase	10	6,0	5,6	10,0	2,9		2,3	3,4	3,1
Schaf	10	5,2	2,8	9,3	2,5		2,0	2,9	2,4
Krähe	10	5,2	4,6	7,6	2,4		2,0	2,7	2,2

Tab. IX/5: Vitamingehalte in diversen Futtertieren (Angaben in IE bzw. g bzw. mg/kg TS)

	#	A (IE)	D3 (IE)	E (g)	B1 (g)	B2 Ribo- flavin (g)	B6 Pyri- doxin (mg)	B12 (mg)	Fol- säure (mg)	Biotin (mg)	Niko- tins. (g)	Panto- thens. (g)	Cho- lin (g)
Rind- fleisch	1	1390	+	0,02	0,003	0,005	10	0,06		0,08	0,14	0,02	1,89
Herz	1	1250	/	0,05	0,02	0,05	10	0,19		0,54	0,29	0,09	8,33
Hering	1	3510	+	0,03	0,0016	0,0065	8	0,19		0,27	0,09	0,003	/
Makrele	1	5940	+	0,03	0,003	0,01	10	0,18		0,22	0,24	0,009	/
Schell- fisch	1	2000	+	0,02	0,002	0,007	8	0,024		0,20	0,12	0,003	/
Mehlw.	13			0,0334		0,012	3	0,0616	0,574				

**Autoren (Tab. IX/2-IX/5):**

- # 1 - MEYER und ZENTEK (2005)
- # 2 - STRUCK (1995)
- # 3 - DENNERT (1997), eigene US
- # 4 - BIRD und HO (1976)
- # 5 - INABA (1911)
- # 6 - BAILEY et al. (1960)
- # 7 - GORECKI (1965)
- # 8 - STALMASTER und, GESSAMAN (1982)
- # 9 - TABAKA et al. (1996)
- # 10 - BARTON und HOUSTON (1993b)
- # 11 - Institut für Tierernährung, Hannover
- # 12 - GRIMINGER und GAMARSH (1972)
- # 13 - JONES et al. (1972)
- # 14 - KLASING (1998)
- # 15 - DONOGHUE und LANGENBERG (1994)
- # 16 - MARTIN et al. (1976)

## IX. ANHANG

**Tab. IX/6:** Zusammensetzung der **tatsächlichen Futterraufnahme** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (in g/Tier/d)

	Mengen absolut (g/Tier/d)					
	TS	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	8,636	0,660	7,976	5,970	1,146	0,860
TF II	8,464	0,648	7,816	5,820	1,138	0,858
TF III	8,118	0,604	7,514	5,564	1,102	0,848
Ø	8,406	0,637	7,769	5,785	1,129	0,855
± s	± 0,264	± 0,029	± 0,235	± 0,205	± 0,023	± 0,006
MB 1	17,87	1,358	16,51	11,80	3,480	1,232
MB 2	19,93	1,470	18,46	12,98	4,124	1,356
MB 3	18,27	1,264	17,01	11,86	3,878	1,268
Ø	18,69	1,364	17,33	12,21	3,827	1,285
± s	± 1,092	± 0,103	± 1,013	± 0,665	± 0,325	± 0,064
UH I	33,15	2,532	30,62	22,91	4,352	3,360
UH II	33,84	2,586	31,25	23,38	4,442	3,430
UH III	34,15	2,600	31,55	23,65	4,494	3,408
Ø	34,71	2,573	31,14	23,31	4,429	3,399
± s	± 0,512	± 0,036	± 0,476	± 0,376	± 0,072	± 0,036

**Tab. IX/7:** Energiegehalt in der **tatsächlichen Futterraufnahme** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (pro Tier/d)

	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>q=0,784/KM<sup>0,75</sup></sub>	ME <sub>FMVO</sub>
TF I	204	160	535	146
TF II	199	156	707	144
TF III	192	150	680	138
Ø	198	155	641	143
± s	± 5,93	± 4,65	± 92,5	± 4,08
MB 1	442	347	320	323
MB 2	498	391	487	365
MB 3	460	361	450	338
Ø	467	366	419	342
± s	± 28,6	± 22,4	± 87,7	± 21,5
UH I	780	611	417	561
UH II	796	624	421	572
UH III	804	630	407	578
Ø	793	622	415	570
± s	± 12,3	± 9,67	± 7,21	± 8,77

**Tab. IX/8:** Zusammensetzung des **tatsächlich aufgenommenen Futters** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (g/kg Futter-TS)

	Zusammensetzung des aufgenommenen Futters (g/kg Futter-TS)				
	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	76,42	923,6	691,3	132,7	99,6
TF II	76,56	923,4	687,6	134,5	101,4
TF III	74,40	925,6	685,4	135,7	104,5
Ø	75,80	924,2	688,1	134,3	101,8
± s	± 1,21	± 1,20	± 2,98	± 1,53	± 2,47
MB 1	75,99	924,0	660,3	194,7	68,9
MB 2	73,76	926,2	651,3	206,9	68,0
MB 3	69,18	930,8	649,2	212,3	69,4
Ø	72,98	927,0	653,6	204,6	68,8
± s	± 3,47	± 3,50	± 5,90	± 8,98	± 0,69
UH I	76,38	923,6	691,0	131,3	101,4
UH II	76,42	923,6	691,0	131,3	101,4
UH III	76,13	923,9	692,5	131,6	99,8
Ø	76,31	923,7	691,5	131,4	100,9
± s	± 0,13	± 0,15	± 0,87	± 0,19	± 0,90

## IX. ANHANG

**Tab. IX/9:** Zusammensetzung der **tatsächlichen Futteraufnahme** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (g/Tier/d)

	Mengen absolut (g/Tier/d)					
	TS	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	12,88	1,406	11,47	7,860	2,236	1,378
TF II	12,60	1,338	11,26	7,650	2,202	1,410
TF III	12,50	1,382	11,12	7,658	2,128	1,332
Ø	12,66	1,375	11,29	7,723	2,189	1,373
± s	± 0,197	± 0,034	± 0,179	± 0,119	± 0,055	± 0,039
MB 1	20,87	2,160	18,71	9,932	7,984	0,794
MB 2	22,24	2,312	19,93	10,48	8,408	1,040
MB 3	21,18	2,210	18,97	10,09	8,098	0,782
Ø	21,43	2,227	19,20	10,17	8,163	0,872
± s	± 0,718	± 0,077	± 0,64	± 0,282	± 0,219	± 0,146
MB I	20,04	2,013	18,03	10,64	5,513	1,874
MB II	19,14	1,913	17,23	10,17	5,325	1,732
MB III	20,59	2,05	18,54	10,89	5,540	2,110
Ø	19,92	1,992	17,93	10,57	5,459	1,905
± s	± 0,732	± 0,071	± 0,662	± 0,366	± 0,117	± 0,191
UH I	41,40	4,616	36,78	25,11	7,142	4,532
UH II	41,84	4,664	37,18	25,37	7,218	4,588
UH III	41,52	4,630	36,89	25,18	7,162	4,548
Ø	41,59	4,637	36,95	25,22	7,174	4,556
± s	± 0,227	± 0,025	± 0,203	± 0,135	± 0,039	± 0,029

**Tab. IX/10:** Energiegehalt in der **tatsächlichen Futteraufnahme** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (pro Tier/d)

	GE	ME <sub>q=0,784</sub>	ME <sub>q=0,784</sub> /KM <sup>0,75</sup>	ME <sub>FMVO</sub>
TF I	301	236	792	222
TF II	295	231	823	218
TF III	291	228	955	214
Ø	296	232	857	218
± s	± 4,99	± 3,91	± 86,6	± 3,80
MB 1	569	446	421	441
MB 2	603	473	597	468
MB 3	577	452	577	447
Ø	583	457	532	452
± s	± 17,9	± 14,0	± 96,4	± 14,2
MB I	507	397	485	385
MB II	485	380	453	369
MB III	518	406	451	394
Ø	503	394	463	383
± s	± 16,4	± 12,9	± 19,1	± 12,6
UH I	964	756	507	710
UH II	974	764	506	718
UH III	966	758	480	712
Ø	968	759	498	715
± s	± 5,29	± 4,15	± 15,3	± 3,92

## IX. ANHANG

**Tab. IX/11:** Zusammensetzung des **tatsächlich aufgenommenen Futters** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (g/kg Futter-TS)

	Zusammensetzung des aufgenommenen Futters (g/kg Futter-TS)				
	Ra	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	109,2	890,8	610,3	173,6	107,0
TF II	106,2	893,8	607,1	174,8	111,9
TF III	110,6	889,4	612,6	170,2	106,6
Ø	108,6	891,4	610,0	172,9	108,5
± s	± 2,23	± 2,23	± 2,76	± 2,35	± 2,97
MB 1	103,5	896,5	475,9	382,6	38,05
MB 2	104,0	896,0	471,2	378,1	46,76
MB 3	104,3	895,7	476,4	382,3	36,92
Ø	103,9	896,1	474,5	381,0	40,58
± s	± 0,42	± 0,42	± 2,85	± 2,54	± 5,39
MB I	100,5	899,6	530,9	275,1	93,51
MB II	99,95	900,1	531,4	278,2	90,49
MB III	99,56	900,4	528,9	269,1	102,5
Ø	99,99	900,0	530,4	274,1	95,49
± s	± 0,44	± 0,44	± 1,31	± 4,65	± 6,23
UH I	111,5	888,5	606,5	172,5	109,5
UH II	111,5	888,5	606,4	172,5	109,7
UH III	111,5	888,5	606,5	172,5	109,5
Ø	111,5	888,5	606,4	172,5	109,6
± s	± 0,02	± 0,02	± 0,08	± 0,01	± 0,09

## IX. ANHANG

**Tab. IX/12:** Zusammensetzung der **Gewölle** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/Tier/d)

	Mengen an Gewölle absolut (g/Tier/d)					
	TS <sub>korrr</sub> <sup>1</sup>	Rein <sup>2</sup>	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	keine Gewölleproduktion während der Bilanz					
TF II	0,732	0,476	0,256	0,256	0	0
TF III	0,556	0,088	0,468	0,454	0,010	0,004
Ø	0,429	0,188	0,241	0,237	0,003	0,001
± s	± 0,382	± 0,253	± 0,234	± 0,228	± 0,006	± 0,002
MB 1	0,908	0,014	0,894	0,708	0,096	0,090
MB 2	0,870	0,018	0,852	0,73	0,056	0,066
MB 3	0,728	0,022	0,706	0,644	0,02	0,042
Ø	0,835	0,018	0,817	0,694	0,057	0,066
± s	± 0,095	± 0,004	± 0,099	± 0,045	± 0,038	± 0,024
UH I	2,620	0,116	2,504	2,226	0,074	0,204
UH II	0,986	0,074	0,912	0,800	0,034	0,078
UH III	0,382	0,034	0,348	0,306	0,014	0,028
Ø	1,329	0,075	1,255	1,111	0,041	0,103
± s	± 1,158	± 0,041	± 0,118	± 0,997	± 0,031	± 0,091

<sup>1</sup> TS<sub>korrr</sub> = TS abzügl. HCl-unlöslicher Asche    <sup>2</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlösli. Asche)

**Tab. IX/13:** Zusammensetzung der **Gewölle** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/kg Gewölle-TS)

	Zusammensetzung der Gewölle (g/kg Gewölle-TS)				
	Rein <sup>2</sup>	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	keine Gewölleproduktion während der Bilanz				
TF II	650,3	349,7	349,7	0,0	0,0
TF III	158,3	841,7	816,5	18,0	7,2
Ø (aus TF II/III)	404,3	595,7	583,1	9,0	3,6
MB 1	15,4	984,6	779,7	105,7	99,1
MB 2	20,7	979,3	839,1	64,4	75,9
MB 3	30,2	969,8	884,6	27,5	57,7
Ø	22,1	977,9	834,5	65,9	77,6
± s	± 7,5	± 7,5	± 52,6	± 39,1	± 20,8
UH I	44,3	955,7	849,6	28,2	77,9
UH II	75,1	924,9	811,4	34,5	79,1
UH III	89,0	911,0	801,0	36,6	73,3
Ø	69,4	930,6	820,7	33,1	76,8
± s	± 22,9	± 22,9	± 25,6	± 4,4	± 3,1

<sup>1</sup> TS<sub>korrr</sub> = TS abzügl. HCl-unlöslicher Asche    <sup>2</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlösli. Asche)

Tab. IX/14: Zusammensetzung der **Gewölle** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/Tier/d)

	Mengen absolut (g/Tier/d)					
	TS <sub>korrr</sub> <sup>1</sup>	Rein <sup>2</sup>	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	0,888	0,152	0,736	0,550	0,026	0,160
TF II	1,026	0,156	0,870	0,640	0,026	0,204
TF III	0,668	0,088	0,580	0,440	0,016	0,124
Ø	0,861	0,132	0,729	0,543	0,023	0,163
± s	± 0,181	± 0,038	± 0,145	± 0,100	± 0,006	± 0,040
MB 1	1,100	0,034	1,066	0,882	0,052	0,132
MB 2	1,066	0,070	0,996	0,822	0,026	0,148
MB 3	0,872	0,024	0,848	0,712	0,022	0,114
Ø	1,013	0,043	0,970	0,805	0,033	0,131
± s	± 0,123	± 0,024	± 0,111	± 0,086	± 0,016	± 0,017
MB I	1,110	0,1075	1,0025	0,758	0,028	0,2165
MB II	1,360	0,3178	1,0422	0,920	0,038	0,0842
MB III	1,345	0,1875	1,1575	0,938	0,035	0,1845
Ø	1,272	0,204	1,067	0,872	0,034	0,162
± s	± 0,140	± 0,106	± 0,081	± 0,099	± 0,005	± 0,069
UH I	4,930	2,028	2,902	2,722	0,094	0,086
UH II	4,764	1,934	2,83	2,468	0,084	0,278
UH III	4,652	1,628	3,024	2,344	0,074	0,606
Ø	4,782	1,863	2,919	2,511	0,084	0,323
± s	± 0,140	± 0,209	± 0,098	± 0,193	± 0,010	± 0,263

<sup>1</sup> TS<sub>korrr</sub> = TS abzügl. HCl-unlöslicher Asche    <sup>2</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlös. Asche)

## IX. ANHANG

**Tab. IX/15:** Zusammensetzung der **Gewölle** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/kg Gewölle-TS)

	Zusammensetzung der Gewölle (g/kg Gewölle-TS)				
	Rein <sup>2</sup>	oS	Rp	Rfe	oR
TF I	171,2	828,8	619,4	29,3	180,2
TF II	152,0	848,0	623,8	25,3	198,8
TF III	131,7	868,3	658,7	24,0	185,6
Ø	151,7	848,3	633,9	26,2	188,2
± s	± 19,7	± 19,7	± 21,5	± 2,80	± 9,60
MB 1	30,9	969,1	801,8	47,3	120,0
MB 2	65,7	934,3	771,1	24,4	138,8
MB 3	27,5	972,5	816,5	25,2	130,7
Ø	41,4	958,6	796,5	32,3	129,9
± s	± 21,1	± 21,1	± 23,2	± 13,0	± 9,40
MB I	96,8	903,2	682,9	25,2	195,0
MB II	233,7	766,3	676,5	27,9	61,9
MB III	139,4	860,6	697,4	26,0	137,2
Ø	156,6	843,4	685,6	26,4	131,4
± s	± 70,0	± 70,0	± 10,7	± 1,40	± 66,8
UH I	411,4	588,6	552,1	19,1	17,4
UH II	406,0	594,0	518,1	17,6	58,4
UH III	350,0	650,0	503,9	15,9	130,3
Ø	389,1	610,9	524,7	17,5	68,7
± s	± 34,0	± 34,0	± 24,8	± 1,60	± 57,1

<sup>1</sup> TS<sub>kor</sub> = TS abzügl. HCl-unlöslicher Asche    <sup>2</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlös. Asche)

**Tab. IX/16:** Aminosäuregehalte in der tatsächlichen Aufnahme\* bei Angebot von *Eintagsküken*  
(Angaben in g/kg TS)

n	<i>Eintagsküken</i>				
	MB <sup>a)</sup>		TF		UH
	im Angebot	Aufnahme 3	im Angebot	Aufnahme 3	Aufnahme 3
Tau	7,89	7,39 ± 0,08 <sup>a</sup>	7,20	7,33 ± 0,11 <sup>a</sup>	6,58 ± 0,52 <sup>b</sup>
Asp	67,3	68,1 ± 0,24 <sup>a</sup>	65,2	67,7 ± 2,18 <sup>ab</sup>	65,7 ± 0,48 <sup>b</sup>
Thr	28,5	28,4 ± 0,12 <sup>a</sup>	32,7	33,8 ± 0,96 <sup>b</sup>	32,8 ± 0,11 <sup>c</sup>
Ser	39,0	37,0 ± 0,35 <sup>a</sup>	43,6	43,9 ± 0,30 <sup>b</sup>	42,0 ± 1,29 <sup>c</sup>
Glu	87,0	87,6 ± 0,32 <sup>a</sup>	99,4	103 ± 3,32 <sup>b</sup>	100 ± 0,85 <sup>b</sup>
Pro	63,9	63,2 ± 0,30 <sup>a</sup>	48,9	49,7 ± 0,72 <sup>b</sup>	47,6 ± 1,09 <sup>c</sup>
Gly	54,3	54,2 ± 0,22 <sup>a</sup>	45,5	46,7 ± 1,02 <sup>b</sup>	45,0 ± 0,35 <sup>c</sup>
Ala	40,5	41,2 ± 0,15 <sup>a</sup>	37,5	39,0 ± 1,29 <sup>b</sup>	37,9 ± 0,37 <sup>b</sup>
(Cys) <sub>2</sub>	15,0	12,2 ± 0,39 <sup>a</sup>	15,6	14,8 ± 0,70 <sup>b</sup>	13,7 ± 1,65 <sup>ab</sup>
Val	39,2	38,5 ± 0,21 <sup>a</sup>	43,2	44,3 ± 0,98 <sup>b</sup>	42,9 ± 0,24 <sup>c</sup>
Met	10,5	10,9 ± 0,08 <sup>a</sup>	12,3	12,9 ± 0,57 <sup>b</sup>	12,6 ± 0,28 <sup>b</sup>
Ileu	29,0	28,7 ± 0,14 <sup>a</sup>	30,0	30,8 ± 0,69 <sup>b</sup>	29,8 ± 0,17 <sup>c</sup>
Leu	51,2	56,9 ± 0,22 <sup>a</sup>	52,2	53,6 ± 1,28 <sup>b</sup>	51,9 ± 0,19 <sup>c</sup>
Tyr	23,6	23,3 ± 0,12 <sup>a</sup>	24,0	24,6 ± 0,50 <sup>b</sup>	23,7 ± 0,24 <sup>c</sup>
Phe	30,7	30,5 ± 0,13 <sup>a</sup>	26,3	26,6 ± 0,26 <sup>b</sup>	25,7 ± 0,49 <sup>c</sup>
His	14,4	14,6 ± 0,05 <sup>a</sup>	15,2	15,8 ± 0,54 <sup>b</sup>	15,3 ± 0,13 <sup>b</sup>
Lys	39,1	40,6 ± 0,19 <sup>a</sup>	39,9	42,0 ± 1,89 <sup>a</sup>	42,4 ± 2,53 <sup>a</sup>
Arg	47,1	46,6 ± 0,22 <sup>a</sup>	44,4	45,3 ± 0,84 <sup>b</sup>	43,8 ± 0,43 <sup>c</sup>

\* Aufnahme = Futterangebot abzüglich Futterreste und Gewölle

**Tab. IX/17:** Aminosäuregehalte in der tatsächlichen Aufnahme \* bei Angebot von *Mäusen* (Angaben in g/ kg TS)

n	Angebot	<i>Mäuse</i>				
		MB <sup>a)</sup> Aufnahme 3	Angebot	TF Aufnahme 3	MB <sup>b)</sup> Aufnahme 3	UH Aufnahme 3
Tau	9,18	9,12 ± 0,02 <sup>a</sup>	8,78	8,66 ± 0,05 <sup>b</sup>	8,79 ± 0,03 <sup>c</sup>	8,71 ± 0,00 <sup>b</sup>
Asp	55,4	55,9 ± 0,12 <sup>a</sup>	50,3	51,5 ± 0,14 <sup>b</sup>	51,0 ± 0,16 <sup>c</sup>	52,5 ± 0,10 <sup>d</sup>
Thr	25,5	25,0 ± 0,10 <sup>a</sup>	22,5	22,4 ± 0,09 <sup>b</sup>	22,0 ± 0,11 <sup>c</sup>	22,3 ± 0,00 <sup>b</sup>
Ser	28,9	27,3 ± 0,24 <sup>a</sup>	28,9	27,8 ± 0,31 <sup>b</sup>	27,1 ± 0,27 <sup>a</sup>	27,2 ± 0,05 <sup>a</sup>
Glu	84,0	82,9 ± 0,28 <sup>a</sup>	84,7	85,1 ± 0,14 <sup>b</sup>	83,9 ± 0,31 <sup>c</sup>	86,0 ± 0,10 <sup>d</sup>
Pro	41,9	41,4 ± 0,13 <sup>a</sup>	39,3	39,5 ± 0,40 <sup>b</sup>	38,9 ± 0,15 <sup>c</sup>	39,8 ± 0,04 <sup>b</sup>
Gly	58,9	59,2 ± 0,13 <sup>a</sup>	47,6	47,8 ± 0,07 <sup>bc</sup>	47,6 ± 0,15 <sup>b</sup>	47,9 ± 0,04 <sup>c</sup>
Ala	41,1	41,8 ± 0,10 <sup>a</sup>	34,7	35,7 ± 0,12 <sup>b</sup>	35,4 ± 0,12 <sup>c</sup>	36,3 ± 0,08 <sup>d</sup>
(Cys) <sub>2</sub>	11,3	5,91 ± 0,58 <sup>a</sup>	11,1	4,44 ± 1,86 <sup>ab</sup>	7,45 ± 3,31 <sup>ab</sup>	4,94 ± 0,21 <sup>b</sup>
Val	30,0	29,8 ± 0,08 <sup>a</sup>	27,8	27,8 ± 0,07 <sup>b</sup>	27,6 ± 0,10 <sup>c</sup>	28,4 ± 0,03 <sup>d</sup>
Met	9,04	9,13 ± 0,02 <sup>a</sup>	9,35	9,61 ± 0,03 <sup>b</sup>	9,62 ± 0,04 <sup>b</sup>	10,1 ± 0,03 <sup>c</sup>
Ileu	24,4	24,5 ± 0,05 <sup>a</sup>	22,3	22,5 ± 0,02 <sup>b</sup>	22,5 ± 0,07 <sup>b</sup>	23,2 ± 0,04 <sup>c</sup>
Leu	49,4	49,4 ± 0,11 <sup>a</sup>	44,4	44,7 ± 0,07 <sup>b</sup>	44,5 ± 0,14 <sup>c</sup>	45,8 ± 0,06 <sup>d</sup>
Tyr	24,3	22,8 ± 0,22 <sup>a</sup>	20,1	18,2 ± 0,48 <sup>b</sup>	18,3 ± 0,26 <sup>b</sup>	18,4 ± 0,05 <sup>b</sup>
Phe	23,6	23,6 ± 0,06 <sup>a</sup>	21,4	21,4 ± 0,06 <sup>b</sup>	21,4 ± 0,07 <sup>b</sup>	21,8 ± 0,02 <sup>c</sup>
His	13,5	13,7 ± 0,03 <sup>a</sup>	13,0	13,3 ± 0,04 <sup>b</sup>	13,3 ± 0,05 <sup>b</sup>	13,8 ± 0,03 <sup>c</sup>
Lys	42,9	43,8 ± 0,12 <sup>a</sup>	40,6	42,3 ± 0,26 <sup>b</sup>	42,0 ± 0,19 <sup>b</sup>	43,7 ± 0,13 <sup>a</sup>
Arg	42,0	41,2 ± 0,17 <sup>a</sup>	38,9	38,1 ± 0,28 <sup>b</sup>	37,8 ± 0,22 <sup>b</sup>	39,1 ± 0,02 <sup>c</sup>

\* Aufnahme = Futterangebot abzüglich Futterreste und Gewölle

<sup>a)</sup> Station A, <sup>b)</sup> Station B

## IX. ANHANG

Tab. IX/18: Mengen- und Spurenelementgehalte in der tatsächlichen Aufnahme\* nach Angebot von Eintagsküken (Angaben in g bzw. mg/ kg TS)

n	Eintagsküken				
	MB <sup>a)</sup>		TF		UH
	im Angebot	Aufnahme 3	im Angebot	Aufnahme 3	Aufnahme 3
Ca (g)	18,0	18,8 ± 0,08 <sup>a</sup>	15,9	16,7 ± 0,67 <sup>b</sup>	15,8 ± 0,10 <sup>c</sup>
Mg (g)	0,93	0,97 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,83	0,87 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,85 ± 0,02 <sup>b</sup>
P (g)	10,5	10,9 ± 0,04 <sup>a</sup>	9,53	10,0 ± 0,44 <sup>b</sup>	9,64 ± 0,11 <sup>b</sup>
Na (g)	8,14	8,35 ± 0,01 <sup>a</sup>	8,03	8,41 ± 0,34 <sup>a</sup>	8,00 ± 0,43 <sup>a</sup>
K (g)	7,32	7,61 ± 0,02 <sup>a</sup>	7,72	8,12 ± 0,35 <sup>b</sup>	7,99 ± 0,24 <sup>b</sup>
Cu (mg)	3,56	3,18 ± 0,08 <sup>a</sup>	3,87	3,33 ± 0,47 <sup>ab</sup>	3,68 ± 0,16 <sup>b</sup>
Zn (mg)	62,8	64,2 ± 0,05 <sup>a</sup>	59,3	61,3 ± 1,79 <sup>b</sup>	55,2 ± 3,42 <sup>c</sup>
Fe (mg)	116	84,9 ± 5,09 <sup>a</sup>	103	n.b. <sup>1)</sup>	95,8 ± 6,03 <sup>b</sup>
Mn (mg)	3,14	2,49 ± 0,13 <sup>a</sup>	3,26	n.b. <sup>1)</sup>	3,05 ± 0,18 <sup>b</sup>

\* Aufnahme = Futterangebot abzüglich Futterreste und Gewölle

<sup>1)</sup> nicht bestimmt

Tab. IX/19: Mengen- und Spurenelementgehalte in der tatsächlichen Aufnahme\* nach Angebot von adulten Mäusen (Angaben in g bzw. mg/ kg TS)

n	Angebot	MB <sup>a)</sup>		Angebot	TF Aufnahme 3	MB <sup>b)</sup>		UH Aufnahme 3
		Aufnahme 3	Aufnahme 3			Aufnahme 3	Aufnahme 3	
Ca (g)	36,1	37,5 ± 0,17 <sup>a</sup>	34,1	33,5 ± 0,23 <sup>b</sup>	34,8 ± 0,12 <sup>c</sup>	26,6 ± 0,26 <sup>d</sup>		
Mg (g)	1,28	1,33 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,25	1,29 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,30 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,24 ± 0,00 <sup>d</sup>		
P (g)	19,3	20,1 ± 0,09 <sup>a</sup>	18,4	18,3 ± 0,07 <sup>b</sup>	19,0 ± 0,08 <sup>c</sup>	15,7 ± 0,09 <sup>d</sup>		
Na (g)	3,86	3,69 ± 0,03 <sup>a</sup>	3,58	3,48 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,31 ± 0,04 <sup>c</sup>	3,20 ± 0,01 <sup>d</sup>		
K (g)	10,0	10,4 ± 0,05 <sup>a</sup>	8,72	9,22 ± 0,09 <sup>b</sup>	9,25 ± 0,07 <sup>b</sup>	9,71 ± 0,04 <sup>c</sup>		
Cu (mg)	8,52	7,45 ± 0,16 <sup>a</sup>	10,1	9,07 ± 0,25 <sup>bc</sup>	9,37 ± 0,11 <sup>b</sup>	8,78 ± 0,04 <sup>c</sup>		
Zn (mg)	88,5	91,7 ± 0,37 <sup>a</sup>	102	101 ± 0,40 <sup>c</sup>	105 ± 0,42 <sup>c</sup>	85,9 ± 0,54 <sup>d</sup>		
Fe (mg)	217	204 ± 2,03 <sup>a</sup>	213	191 ± 5,40 <sup>c</sup>	212 ± 0,72 <sup>c</sup>	206 ± 0,18 <sup>a</sup>		
Mn (mg)	11,8	11,9 ± 0,02 <sup>a</sup>	16,0	16,8 ± 0,12 <sup>b</sup>	16,8 ± 0,10 <sup>b</sup>	16,9 ± 0,04 <sup>b</sup>		

\* Aufnahme = Futterangebot abzüglich Futterreste und Gewölle

<sup>a)</sup> Station A, <sup>b)</sup> Station B

## IX. ANHANG

Tab. IX/20: Zusammensetzung des abgesetzten **Schmelzes** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/Tier/d)

	Mengen absolut (g/Tier/d)					
	TS <sub>kor<sup>1</sup></sub>	Rein <sup>2</sup>	HS	oS <sup>3</sup>	N <sub>ges</sub>	Rfe
TF I	3,518	0,524	1,248	1,746	0,826	0,132
TF II	3,464	0,532	1,246	1,686	0,742	0,162
TF III	3,326	0,544	1,418	1,364	0,728	0,176
Ø	3,436	0,533	1,304	1,599	0,765	0,157
± s	± 0,099	± 0,010	± 0,099	± 0,205	± 0,053	± 0,022
MB 1	6,712	1,392	1,726	3,594	1,316	0,206
MB 2	7,049	1,224	1,946	3,879	1,488	0,312
MB 3	6,800	1,204	1,602	3,994	1,444	0,264
Ø	6,854	1,273	1,758	3,822	1,416	0,261
± s	± 0,175	± 0,103	± 0,174	± 0,206	± 0,089	± 0,053
UH I	10,33	1,834	3,720	4,776	2,380	0,458
UH II	13,60	2,172	5,436	5,992	2,966	0,636
UH III	13,09	2,042	5,482	5,566	2,862	0,758
Ø	12,34	2,016	4,879	5,445	2,736	0,617
± s	± 1,759	± 0,170	± 1,004	± 0,617	± 0,313	± 0,151

<sup>1</sup> TS<sub>kor</sub> = TS abzüglich HCl-unlöslicher Asche    <sup>2</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlös. Asche)    <sup>3</sup> Harnsäure-korrigiert (oS=TS<sub>kor</sub> - (Rein + HS))

Tab. IX/21: Zusammensetzung des abgesetzten **Schmelzes** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (g/kg Schmelz-TS)

	Zusammensetzung des Schmelzes (g/kg Schmelz-TS)				
	Rein <sup>1</sup>	HS	oS <sup>2</sup>	N <sub>ges</sub>	Rfe
TF I	148,9	354,7	496,3	234,8	37,5
TF II	153,6	359,7	486,7	214,2	46,8
TF III	163,6	426,3	410,1	218,9	52,9
Ø	155,4	380,3	464,4	222,6	45,7
± s	± 7,50	± 40,0	± 47,2	± 10,8	± 7,70
MB 1	207,4	257,2	535,5	196,1	30,7
MB 2	173,6	276,1	550,3	211,1	44,3
MB 3	177,1	235,6	587,4	212,4	38,8
Ø	186,0	256,3	557,7	206,5	37,9
± s	± 18,6	± 20,3	± 26,7	± 9,10	± 6,80
UH I	177,5	360,1	462,3	230,4	44,3
UH II	159,7	399,7	440,6	218,1	46,8
UH III	156,0	418,8	425,2	218,6	57,9
Ø	164,4	392,9	442,7	222,4	49,7
± s	± 11,5	± 29,9	± 18,7	± 6,95	± 7,24

<sup>1</sup> Reinasche (= Ra-HCl-unlös. Asche)    <sup>2</sup> Harnsäure-korrigiert (oS=TS<sub>kor</sub> - (Rein + HS))

**Tab. IX/22:** Zusammensetzung des abgesetzten **Schmelzes** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/Tier/d)

	Mengen absolut (g/Tier/d)					
	TS <sub>kor<sup>1</sup></sub>	Rein <sup>2</sup>	HS	oS <sup>3</sup>	N <sub>ges</sub>	Rfe
TF I	4,182	1,138	1,740	1,304	0,852	0,104
TF II	4,660	1,244	2,028	1,388	1,006	0,116
TF III	4,256	0,986	1,422	1,848	0,844	0,190
Ø	4,366	1,123	1,730	1,513	0,901	0,137
± s	± 0,257	± 0,130	± 0,303	± 0,293	± 0,091	± 0,047
MB 1	6,480	2,202	1,854	2,424	1,092	0,096
MB 2	6,460	2,082	1,768	2,610	1,154	0,112
MB 3	6,714	2,202	2,170	2,342	1,206	0,116
Ø	6,551	2,162	1,931	2,459	1,151	0,108
± s	± 0,141	± 0,069	± 0,212	± 0,137	± 0,057	± 0,011
MB I	8,180	2,043	3,170	2,967	1,688	0,160
MB II	7,810	2,100	3,380	2,330	1,598	0,103
MB III	8,395	2,380	3,030	2,985	1,348	0,163
Ø	8,128	2,174	3,193	2,761	1,545	0,142
± s	± 0,296	± 0,180	± 0,176	± 0,373	± 0,176	± 0,034
UH I	12,29	2,690	5,216	4,384	2,782	0,238
UH II	12,85	2,720	5,476	4,654	3,008	0,216
UH III	11,98	2,254	6,002	3,724	2,780	0,238
Ø	12,37	2,555	5,565	4,254	2,857	0,231
± s	± 0,411	± 0,261	± 0,400	± 0,478	± 0,131	± 0,013

<sup>1</sup>TS<sub>kor<sup>1</sup></sub> = TS abzügl. HCl-unlöslicher Asche <sup>2</sup>Reinasche (= Ra-HCl-unlösli. Asche) <sup>3</sup>Harnsäure-korrigiert (oS=TS<sub>kor<sup>1</sup></sub> - (Rein + HS))

## IX. ANHANG

**Tab. IX/23:** Zusammensetzung des abgesetzten **Schmelzes** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/kg Schmelz-TS)

	Zusammensetzung des Schmelzes (g/kg Schmelz-TS)				
	Rein <sup>1</sup>	HS	oS <sup>2</sup>	N <sub>ges</sub>	Rfe
TF I	272,1	416,1	311,8	203,7	24,9
TF II	267,0	435,2	297,9	215,9	24,9
TF III	231,7	334,1	434,2	198,3	44,6
Ø	256,9	395,1	348,0	206,0	31,5
± s	± 22,0	± 53,7	± 75,0	± 9,00	± 11,4
MB 1	339,8	286,1	374,1	168,5	14,8
MB 2	322,3	273,7	404,0	178,6	17,3
MB 3	328,0	323,2	348,8	179,6	17,3
Ø	330,0	294,3	375,6	175,6	16,5
± s	± 8,90	± 25,8	± 27,6	± 6,10	± 1,40
MB I	249,8	387,5	362,7	206,4	19,6
MB II	268,9	432,8	298,3	204,6	13,2
MB III	283,5	360,9	355,6	160,6	19,4
Ø	267,4	393,7	338,9	190,5	17,4
± s	± 16,9	± 36,3	± 35,3	± 25,9	± 3,60
UH I	218,9	424,4	356,7	226,4	19,4
UH II	211,7	426,1	362,2	234,1	16,8
UH III	188,1	501,0	310,9	232,1	19,9
Ø	206,2	450,5	343,2	230,8	18,7
± s	± 16,1	± 43,7	± 28,2	± 4,00	± 1,60

<sup>1</sup>Reinasche (= Ra-HCl-unlös. Asche)    <sup>2</sup> Harnsäure-korrigiert (oS=TS<sub>korrt</sub> - (Rein + HS))

**Tab. IX/24: Harnsäure- und N-Gehalte** im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/Tier/Bilanz)

Bilanzdauer (d)	Tier	Schmelz-N <sub>Gesamt</sub> (g/Tier/Bilanz)	Harnsäure (g/Tier/Bilanz)	HS-N* (g/Tier/Bilanz)	Harn-N** (g/Tier/Bilanz)	Kot-N*** (g/Tier/Bilanz)
5	TF I	4,13	6,24	2,08	2,50	1,63
5	TF II	3,71	6,23	2,08	2,49	1,22
5	TF III	3,64	7,09	2,36	2,84	0,80
	Ø	3,83	6,52	2,17	2,61	1,22
	± s	± 0,27	± 0,49	± 0,16	± 0,20	± 0,42
5	MB 1	6,58	8,63	2,88	3,45	3,13
5	MB 2	7,44	9,73	3,24	3,89	3,55
5	MB 3	7,22	8,01	2,67	3,20	4,02
	Ø	7,08	8,79	2,93	3,52	3,56
	± s	± 0,45	± 0,87	± 0,29	± 0,35	± 0,44
5	UH I	11,9	18,6	6,20	7,44	4,46
5	UH II	14,8	27,2	9,06	10,9	3,96
5	UH III	14,3	27,4	9,14	11,0	3,35
	Ø	13,7	24,4	8,13	9,76	3,92
	± s	± 1,56	± 5,02	± 1,67	± 2,01	± 0,56

\* HS-N (Harnsäure-N = Harnsäure / 3)

\*\* Harn-N = HS-N x 1,2

\*\*\* Kot-N = Schmelz-N<sub>Gesamt</sub> minus Harn-N

**Tab. IX/25: Harnsäure- und N-Gehalte** im Schmelz von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/Tier/Bilanz)

Bilanzdauer (d)	Tier	Schmelz-N <sub>Gesamt</sub> (g/Tier/Bilanz)	Harnsäure (g/Tier/Bilanz)	HS-N* (g/Tier/Bilanz)	Harn-N** (g/Tier/Bilanz)	Kot-N*** (g/Tier/Bilanz)
5	TF I	4,26	8,70	2,90	3,48	0,78
5	TF II	5,03	10,1	3,38	4,06	0,97
5	TF III	4,22	7,11	2,37	2,84	1,38
	Ø	4,50	8,65	2,88	3,46	1,04
	± s	± 0,46	± 1,52	± 0,51	± 0,61	± 0,30
5	MB 1	5,46	9,27	3,09	3,71	1,75
5	MB 2	5,77	8,84	2,95	3,54	2,23
5	MB 3	6,03	10,9	3,62	4,34	1,69
	Ø	5,75	9,65	3,22	3,86	1,89
	± s	± 0,29	± 1,06	± 0,35	± 0,42	± 0,30
4	MB I	6,75	12,7	4,23	5,07	1,68
4	MB II	6,39	13,5	4,51	5,41	0,98
4	MB III	5,39	12,1	4,04	4,85	0,54
	Ø	6,18	12,8	4,26	5,11	1,07
	± s	± 0,70	± 0,70	± 0,23	± 0,28	± 0,57
5	UH I	13,9	26,1	8,69	10,4	3,48
5	UH II	15,0	27,4	9,13	10,9	4,09
5	UH III	13,9	30,0	10,0	12,0	1,90
	Ø	14,3	27,8	9,27	11,1	3,15
	± s	± 0,66	± 2,00	± 0,67	± 0,80	± 1,13

\* HS-N (Harnsäure-N = Harnsäure / 3)

\*\* Harn-N = HS-N x 1,2

\*\*\* Kot-N = Schmelz-N<sub>Gesamt</sub> minus Harn-N

**Tab. IX/26: N-Gehalte** in der tatsächlichen **Futteraufnahme**, den **Gewöllen** und im **Schmelz** sowie **N-Bilanz** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in g/Tier/d)

Tier	FA (g N/d)	Gewölle (g N/d)	Schmelz (g N/d)	$\Sigma_{\text{Gewölle+Schmelz}}$ (g N/d)	N-Bilanz* (g N/d)	N-Bilanz* (% d. tgl. N-Aufnahme)
TF I	0,956	0,000	0,826	0,826	0,130	13,6
TF II	0,932	0,040	0,742	0,782	0,150	16,1
TF III	0,890	0,072	0,728	0,800	0,090	10,1
Ø	0,926	0,037	0,765	0,803	0,123	13,3
± s	± 0,033	± 0,036	± 0,053	± 0,022	± 0,031	± 3,00
MB 1	1,888	0,114	1,316	1,430	0,458	24,3
MB 2	2,076	0,116	1,488	1,604	0,472	22,7
MB 3	1,898	0,104	1,444	1,548	0,350	18,4
Ø	1,954	0,111	1,416	1,527	0,427	21,8
± s	± 0,106	± 0,006	± 0,089	± 0,089	± 0,067	± 3,02
UH I	3,664	0,356	2,380	2,736	0,928	25,3
UH II	3,742	0,128	2,966	3,094	0,648	17,3
UH III	3,784	0,048	2,862	2,910	0,874	23,1
Ø	3,730	0,177	2,736	2,913	0,817	21,9
± s	± 0,061	± 0,160	± 0,313	± 0,179	± 1,49	± 4,13

\*N-Bilanz = FA-N - (Gewölle-N + Schmelz-N)

**Tab. IX/27: N-Gehalte** in der tatsächlichen **Futteraufnahme**, den **Gewöllen** und im **Schmelz** sowie **N-Bilanz** von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in g/Tier/d)

Tier	FA (g N/d)	Gewölle (g N/d)	Schmelz (g N/d)	$\Sigma_{\text{Gewölle+Schmelz}}$ (g N/d)	N-Bilanz* (g N/d)	N-Bilanz* (% d.tgl. N-Aufnahme)
TF I	1,258	0,088	0,852	0,940	0,318	25,3
TF II	1,224	0,102	1,006	1,108	0,116	9,48
TF III	1,226	0,070	0,844	0,914	0,312	25,4
Ø	1,236	0,087	0,901	0,987	0,249	20,1
± s	± 0,019	± 0,016	± 0,091	± 0,105	± 0,115	± 9,17
MB 1	1,590	0,142	1,092	1,234	0,356	22,4
MB 2	1,676	0,132	1,154	1,286	0,390	23,3
MB 3	1,616	0,114	1,206	1,320	0,296	18,3
Ø	1,627	0,129	1,151	1,280	0,347	21,3
± s	± 0,044	± 0,014	± 0,057	± 0,043	± 0,048	± 2,64
MB I	1,703	0,120	1,688	1,808	-0,105	-6,17
MB II	1,628	0,148	1,598	1,745	-0,118	-7,22
MB III	1,743	0,150	1,348	1,498	0,245	14,1
Ø	1,691	0,139	1,544	1,683	0,007	0,22
± s	± 0,058	± 0,017	± 0,176	± 0,164	± 0,206	± 12,0
UH I	4,018	0,436	2,782	3,218	0,800	19,9
UH II	4,060	0,394	3,008	3,402	0,658	16,2
UH III	4,030	0,376	2,780	3,156	0,874	21,7
Ø	4,036	0,402	2,857	3,259	0,777	19,3
± s	± 0,022	± 0,031	± 0,131	± 0,128	± 0,110	± 2,80

\* N-Bilanz = FA-N - (Gewölle-N + Schmelz-N)

**Tab. IX/28: N-Bilanz** (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Turmfalken (n=3) bei Angebot von *Eintagsküken* und *adulten Mäusen*

Futterangebot Rp-Gehalt im Futterangebot (g/kg TS)	<i>Eintagsküken</i> 691	<i>Mäuse</i> 607
N-Aufnahme <sup>1</sup> (g/Tier/d)	0,93 ± 0,03	1,24 ± 0,02
N-Abgabe <sup>2</sup> (g/Tier/d)	0,80 ± 0,02	0,99 ± 0,11
N-Bilanz <sup>3</sup> (g/Tier/d)	0,12 ± 0,03	0,25 ± 0,11
N-Bilanz <sup>3</sup> (% der N-Aufnahme <sup>4</sup> )	13,3 ± 3,00	20,1 ± 9,17

<sup>1</sup> N-Aufnahme = N-Futterangebot - N-Futterreste; <sup>2</sup> N-Abgabe = N-Gewölle + N-Schmelz<sup>3</sup> N-Bilanz = N-Aufnahme - N-Abgabe; <sup>4</sup> (N-Bilanz / N-Aufnahme) x 100**Tab. IX/29: N-Bilanz** (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Mäusebussarden (n=6) bei Angebot von *Eintagsküken* und *adulten Mäusen*

Futterangebot Rp-Gehalt im Futterangebot (g/kg TS)	MB 1-3		MB I-III
	<i>Eintagsküken</i> 656	<i>Mäuse</i> 471	<i>Mäuse</i> 529
N-Aufnahme <sup>1</sup> (g/Tier/d)	1,96 ± 0,11	1,63 ± 0,04	1,69 ± 0,06
N-Abgabe <sup>2</sup> (g/Tier/d)	1,53 ± 0,09	1,28 ± 0,04	1,68 ± 0,16
N-Bilanz <sup>3</sup> (g/Tier/d)	0,43 ± 0,07	0,35 ± 0,05	0,01 ± 0,21
N-Bilanz <sup>3</sup> (% der N-Aufnahme <sup>4</sup> )	21,8 ± 3,02	21,3 ± 2,64	0,22 ± 12,0

<sup>1</sup> N-Aufnahme = N-Futterangebot - N-Futterreste; <sup>2</sup> N-Abgabe = N-Gewölle + N-Schmelz<sup>3</sup> N-Bilanz = N-Aufnahme - N-Abgabe; <sup>4</sup> (N-Bilanz / N-Aufnahme) x 100**Tab. IX/30: N-Bilanz** (in g/Tier/d) und Verhältnis der N-Retention zur täglichen N-Aufnahme (in %) von Uhus (n=3) bei Angebot von *Eintagsküken* und *adulten Mäusen*

Futterangebot Rp-Gehalt im Futterangebot (g/kg TS)	<i>Eintagsküken</i> 691	<i>Mäuse</i> 607
N-Aufnahme <sup>1</sup> (g/Tier/d)	3,73 ± 0,06	4,04 ± 0,02
N-Abgabe <sup>2</sup> (g/Tier/d)	2,91 ± 0,18	3,26 ± 0,13
N-Bilanz <sup>3</sup> (g/Tier/d)	0,82 ± 0,15	0,78 ± 0,11
N-Bilanz <sup>3</sup> (% der N-Aufnahme <sup>4</sup> )	21,9 ± 4,13	19,3 ± 2,80

<sup>1</sup> N-Aufnahme = N-Futterangebot - N-Futterreste; <sup>2</sup> N-Abgabe = N-Gewölle + N-Schmelz<sup>3</sup> N-Bilanz = N-Aufnahme - N-Abgabe; <sup>4</sup> (N-Bilanz / N-Aufnahme) x 100

**Tab. IX/31:** Berechnung der **N-Bilanz** von Turmfalke II bei Angebot von *Eintagsküken*, wenn gilt: Variante 1 (Futteraufnahme = Futterangebot - Futterreste), bzw. Variante 2 (Futteraufnahme = Futterangebot - [Futterreste + Gewölle])

TF II Futterangebot: Eintagsküken	Variante 1 Futteraufnahme = Futterangebot - Futterreste	Variante 2 Futteraufnahme = Futterangebot - (Futterreste + Gewölle)
N-Aufnahme (g/Tier/d)	0,932	0,892 (= 0,932 - 0,040)
N-Abgabe (g/Tier/d)	0,782 (= 0,040 + 0,742)	0,742
<b>N-Bilanz (g/Tier/d)</b>	<b>0,150</b>	<b>0,150</b>
<b>N-Bilanz (% der N-Aufnahme)</b>	<b>16,1</b>	<b>16,8</b>

IX. ANHANG

**Tab. IX/32:** Körpermasse von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus zu Bilanzbeginn und -ende bei Angebot von *Eintagsküken* (Angaben in kg KM bzw. kg KM<sup>0,75</sup>)

Bilanzbeginn			Bilanzende		
Tier	kg KM	kg KM <sup>0,75</sup>	Tier	kg KM	kg KM <sup>0,75</sup>
TF I	0,212	0,312	TF I	0,188	0,285
TF II	0,187	0,285	TF II	0,164	0,258
TF III	0,139	0,227	TF III	0,128	0,214
MB 1	1,120	1,089	MB 1	1,100	1,074
MB 2	0,750	0,806	MB 2	0,740	0,798
MB 3	0,740	0,798	MB 3	0,750	0,806
UH I	1,660	1,462	UH I	1,667	1,467
UH II	1,679	1,475	UH II	1,696	1,486
UH III	1,787	1,545	UH III	1,794	1,550

**Tab. IX/33:** Körpermasse von Turmfalken, Mäusebussarden und Uhus zu Bilanzbeginn und -ende bei Angebot von *adulten Mäusen* (Angaben in kg KM bzw. kg KM<sup>0,75</sup>)

Bilanzbeginn			Bilanzende		
Tier	kg KM	kg KM <sup>0,75</sup>	Tier	kg KM	kg KM <sup>0,75</sup>
TF I	0,190	0,288	TF I	0,207	0,307
TF II	0,170	0,264	TF II	0,198	0,297
TF III	0,135	0,222	TF III	0,162	0,255
MB 1	1,040	1,030	MB 1	1,120	1,089
MB 2	0,705	0,769	MB 2	0,760	0,814
MB 3	0,715	0,778	MB 3	0,730	0,790
MB I	0,769	0,822	MB I	0,762	0,816
MB II	0,798	0,844	MB II	0,784	0,833
MB III	0,873	0,903	MB III	0,861	0,894
UH I	1,671	1,470	UH I	1,735	1,512
UH II	1,700	1,489	UH II	1,764	1,531
UH III	1,803	1,556	UH III	1,873	1,601

## **Danksagung**

Herrn Prof. Josef Kamphues danke ich herzlich für die Ermöglichung dieser Dissertation sowie für die Geduld und Unterstützung bei der Anfertigung derselben.

Frau Dr. Petra Wolf gebührt ein sehr herzliches Dankeschön für ihre große Hilfsbereitschaft und geduldige, verständnisvolle Unterstützung, mit der sie mich und meine Arbeit all die Jahre sehr engagiert begleitet hat.

Bei allen Mitarbeiter/-innen des Institutes für Tierernährung möchte ich mich für ihre Unterstützung und das freundliche Arbeitsklima bedanken, Frau Dr. A.-C. Häbich danke ich für die kritische Durchsicht der Arbeit.

Den Besitzern des Wildparks Eekholt, Herrn Dr. h.c. Hans-Heinrich und Frau Theda Hatlapa danke ich für ihr Interesse und die Ermöglichung meiner ersten praktischen Untersuchungen, den dortigen Mitarbeitern, allen voran Herrn Dietmar Damm, vielen Dank für die freundliche Aufnahme und Unterstützung.

Herrn Wolfgang Rades sowie Frau Bärbel Rogoschik aus dem NaBu-Artenschutzzentrum Leiferde gebührt ein herzlicher Dank für ihre nette, engagierte Hilfe und stete Unterstützung bei meinen praktischen Untersuchungen.



Meiner Tochter Sophie, die für mich immer an erster Stelle steht, danke ich sehr für die Durchsicht des Literaturverzeichnisses.

Meinen Eltern möchte ich besonders herzlich dafür danken, dass sie mir stets zur Seite stehen.

Allen meinen Freunden, allen voran Sylvia möchte ich ganz herzlich für ihre zuverlässige Freundschaft sowie alle moralische und praktische Unterstützung danken.

Ihr macht mir immer wieder bewusst, was im Leben wirklich zählt!