

Aus dem Institut für Geflügelkrankheiten  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin  
und aus der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Vergleichende Untersuchung zur Nierendiagnostik bei Falken mittels bildgebender  
Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der Computertomographie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Fee Froese

Tierärztin

aus Hamburg

Berlin 2012

Journal-Nr.: 3614

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Hafez Mohamed Hafez  
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Michael Lierz  
Dritter Gutachter: PD Dr. Kerstin Müller

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

predatory birds, Falconidae, computed tomography, radiography, histopathology,  
kidney diseases, endoscopy

Tag der Promotion: 02.07.2013

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-342-4

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2012**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder  
Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in  
irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,  
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch  
ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der  
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von  
jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written  
authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2013

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

[verlag@menschundbuch.de](mailto:verlag@menschundbuch.de) – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>2</b>
2.1	Anatomie und Physiologie der aviären Niere .....	2
2.1.1	Grundlagen .....	2
2.1.2	Feinaufbau .....	3
2.1.3	Funktionsweise .....	3
2.1.4	Blutversorgung und Nierenfortadersystem.....	5
2.2	Erkrankungen und histopathologische Veränderungen der aviären Nieren .....	7
2.2.1	Nierenversagen .....	7
2.2.2	Infektiöse Nierenerkrankungen.....	8
2.2.3	Nierenamyloidose.....	9
2.2.4	Eisenablagerungen .....	11
2.3	Nierendiagnostik bei Vögeln.....	12
2.3.1	Hämatologie .....	12
2.3.1.1	Hämatokrit.....	12
2.3.1.2	Leukogramm .....	12
2.3.2	Blutchemie .....	13
2.3.2.1	Harnsäure, Harnstoff und Kreatinin .....	13
2.3.2.2	Kalium .....	13
2.3.2.3	Kalzium .....	13
2.3.2.4	Phosphat.....	14
2.3.2.5	Kalzium-Phosphat-Verhältnis .....	14
2.3.3	Harnuntersuchung.....	14
2.3.4	Röntgenuntersuchung bei Vögeln .....	15
2.3.4.1	Allgemeines .....	15
2.3.4.2	Technische Anforderungen .....	15
2.3.4.3	Standardprojektionen und Durchführung.....	16
2.3.4.4	Darstellbarkeit der Nieren.....	16

2.3.4.5	Kontrastmitteluntersuchungen.....	17
2.3.4.5.1	Kontrastmittel.....	17
2.3.4.5.2	Urographie.....	17
2.3.4.6	Studien zur Röntgendiagnostik bei Vögeln.....	18
2.3.5	Computertomographie bei Vögeln.....	19
2.3.5.1	Allgemeines.....	19
2.3.5.2	Aufbau und Prinzip der Spiral-CT.....	19
2.3.5.3	Prozess der Bildentstehung.....	20
2.3.5.4	Bearbeitungsmöglichkeiten und Auswertung.....	20
2.3.5.5	Studien zur Computertomographie bei Vögeln.....	21
2.3.6	Endoskopische Untersuchung.....	22
2.3.6.1	Allgemeines zur Endoskopie bei Vögeln.....	22
2.3.6.2	Endoskopische Untersuchung der Nieren und Nierenbiopsie.....	24
<b>3.</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>26</b>
3.1	Untersuchungstiere.....	26
3.2	Untersuchungsablauf.....	27
3.3	Narkose.....	27
3.3.1	Inhalationsnarkose.....	27
3.3.2	Injektionsnarkose.....	28
3.4	Histologische Untersuchung.....	28
3.5	Blutuntersuchung.....	29
3.5.1	Blutentnahme und -aufbereitung.....	29
3.5.2	Hämatologie.....	30
3.5.2.1	Hämatokrit.....	30
3.5.2.2	Leukozytenschätzung.....	30
3.5.3	Blutchemie.....	30
3.6	Röntgenuntersuchung.....	31
3.6.1	Durchführung.....	31

3.6.2	Beurteilung und Messung.....	32
3.7	Computertomographie.....	34
3.7.1	Technische Daten und Durchführung der CT-Untersuchung .....	34
3.7.2	CT-Messungen.....	34
3.7.2.1	Vorgehensweise.....	34
3.7.2.2	Nierengröße und knöchernen Strukturen .....	37
3.7.2.3	Nierendichte.....	42
3.7.2.3.1	Dichtemessungen .....	42
3.7.2.3.2	An- und Abflutung des Kontrastmittels .....	46
3.8	Endoskopische Untersuchung und endoskopisch geführte Biopsie .....	47
3.9	Statistische Auswertung .....	48
3.9.1	Allgemeines.....	48
3.9.2	Blut- und Laborwerte .....	48
3.9.3	Röntgenuntersuchung und Computertomographie .....	48
3.9.3.1	Größenmessungen .....	48
3.9.3.2	Dichtemessungen .....	49
3.9.3.3	Vergleich der computertomographischen Befunde mit den Röntgenbefunden.....	51
3.9.4	Endoskopische Untersuchung.....	52
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>53</b>
4.1	Histologische Untersuchung der Nierenbiopsate.....	53
4.2	Blut- und Laborbefunde.....	54
4.2.1	Blut- und Laborwerte .....	54
4.2.1.1	Hämatologie.....	55
4.2.1.2	Blutchemie .....	55
4.2.2	Getrennte Betrachtung der einzelnen histologischen Diagnosen.....	58
4.3	Darstellung der Röntgenbefunde.....	60
4.3.1	Nierenlänge, Nierenhöhe und gemessene knöchernen Strukturen.....	60

4.3.2	Ratios für die Nierengrößen im Röntgenbild .....	63
4.3.3	Vergleich der Nierengrößen zwischen den Tieren mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen .....	64
4.3.4	Verschattung der Nieren im Röntgen.....	65
4.4	Darstellung der computertomographischen Befunde .....	66
4.4.1	Messungen der knöchernen Strukturen und Korrelationen der gemessenen Größen.....	66
4.4.2	Darstellung der Nierengrößenmessungen der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) .....	70
4.4.2.1	Nierengrößen .....	70
4.4.2.2	Korrelationen der Nierengrößenmessungen.....	74
4.4.2.3	Rechts-Links-Vergleich der gemessenen Nierengrößen.....	74
4.4.2.4	Ratios für die Nierengrößen in der Computertomographie .....	75
4.4.3	Darstellung der Nierengrößenmessungen der Tiere mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B) .....	77
4.4.3.1	Gruppenvergleich Nierengrößen .....	77
4.4.3.2	Vergleich zwischen den Tieren der Gruppen A und B getrennt nach den einzelnen histologischen Befunden .....	77
4.4.3.2.1	Histopathologischer Befund Eisenspeicherung .....	77
4.4.3.2.2	Histopathologischer Befund Nierenamyloidose .....	78
4.4.3.2.3	Histopathologischer Befund Atherosklerose.....	78
4.4.3.2.4	Histopathologischer Befund Glomerulonephritis.....	78
4.4.3.2.5	Histopathologischer Befund Herdnephritis .....	79
4.4.4	Darstellung der Nierendichte der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) .....	79
4.4.4.1	Graphische Darstellung der Nieren .....	79
4.4.4.2	Dichtewerte .....	81
4.4.4.2.1	Vergleich der Dichtewerte der kranialen Nierendivisionen.....	84
4.4.4.2.2	Dichtewerte der kaudalen Nierendivision im Vergleich mit den Nierendichten der kranialen Nierendivision .....	88
4.4.4.3	Anflutung und Abflutung des Kontrastmittels .....	91
4.4.4.4	Rechts-Links-Vergleich der Nierendichte .....	96

4.4.5	Darstellung der Nierendichte der Tiere mit histologischen Nierenveränderungen (Gruppe B) .....	97
4.4.5.1	Gruppenvergleich Nierendichte .....	97
4.4.5.2	Vergleich zwischen den Tieren der Gruppe B und A getrennt nach den einzelnen histologischen Befunden .....	97
4.4.5.2.1	Histopathologischer Befund Eisenspeicherung .....	97
4.4.5.2.2	Histopathologischer Befund Nierenamyloidose .....	98
4.4.5.2.3	Histopathologischer Befund Atherosklerose .....	98
4.4.5.2.4	Histologischer Befund Glomerulonephritis.....	98
4.4.5.2.5	Histologischer Befund Herdnephritis .....	99
4.5	Vergleich der CT-Befunde mit den Röntgenbefunden .....	99
4.5.1	Gemessene knöcherner Größen .....	99
4.5.2	Nierengrößenmessungen .....	100
4.5.3	Nierengrößenratios.....	101
4.6	Darstellung der Ergebnisse der endoskopischen Nierenuntersuchung.....	101
4.6.1	Endoskopiebefunde aller untersuchten Falken .....	101
4.6.2	Endoskopiebefunde unter Berücksichtigung der histologischen Untersuchungen.....	103
<b>5.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>108</b>
5.1	Untersuchungsgegenstand.....	108
5.2	Blut-und Laborwerte .....	108
5.3	Röntgenologische Untersuchung .....	110
5.3.1	Größenmessungen.....	110
5.3.2	Nierengrößenratios.....	111
5.3.3	Verschattung der Nieren.....	112
5.4	Computertomographie.....	112
5.4.1	Technische Durchführung .....	112
5.4.2	Kontrastmittel .....	113
5.4.3	Größenmessungen.....	113
5.4.4	Nierengrößenratios.....	115

5.4.5	Dichtemessungen.....	117
5.4.6	An- und Abflutung des Kontrastmittels.....	121
5.5	Endoskopische Untersuchung.....	122
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>125</b>
<b>7.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>128</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>131</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>151</b>

**Abkürzungsverzeichnis**

A.	<i>Arteria</i>
BrustWS	Brustwirbelsäulenabschnitt 3.-6. Rippenpaar
CITES	Convention of International Trade of Endangered Species
CT	Computertomographie
CT-kauNI/l	CT, maximale seitliche Ausdehnung der kaudalen Divisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegendem Gewebe
CT-kraNI/l	CT, maximale seitliche Ausdehnung der kranialen Divisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegendem Gewebe
CT-likauNhöhe	CT, maximale ventrodorsale Ausdehnung der kaudalen linken Nierendivision
CT-likraNhöhe	CT, maximale ventrodorsale Ausdehnung der kranialen linken Nierendivision
CT-liNIlänge	CT, maximale kranio-kaudale Ausdehnung der linken Niere
CT-NIlängeMW	CT, Mittelwert für die maximale kranio-kaudale Ausdehnung der linken und rechten Niere
CT-rekauNhöhe	CT, maximale ventrodorsale Ausdehnung der kaudalen rechten Nierendivision
CT-rekraNhöhe	CT, maximale ventrodorsale Ausdehnung der kranialen rechten Nierendivision
CT-reNIlänge	CT, maximale kranio-kaudale Ausdehnung der rechten Niere
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DTL	descending thin limb
FNr	Falkennummer
f-SAA	Serumtest für Falken Amyloid-A
G	Gerfalke ( <i>Falco rusticolus</i> )
ggr.	geringgradig
GS	Ger*Saker-Hybrid ( <i>Falco rusticolus x Falco cherrug</i> )
Hct	Hämatokrit
HE	Hämatoxylin-Eosin
hgr.	hochgradig
HU	Hounsfield Units
i.v.	intravenös

KGW	Körpergewicht
KM	Kontrastmittel
kV	Kilovolt
L	Lannerfalke ( <i>Falco biarmicus</i> )
l/l	latero-lateral
m	männlich
mA	Milliampere
mAs	Milliamperesekundenprodukt
mgr.	mittelgradig
MIP	Maximum Intensity Projection
MPR	Multiplanare Rekonstruktion
MT	mammalian type-nephron
MW	Mittelwert
n	Anzahl
NAG	N-Acetyl- $\beta$ -D-Glucosaminidase
o.b.B.	ohne besonderen Befund
PASW	Predictive Analysis SoftWare
p-Wert	Überschreitungswahrscheinlichkeit
RB	Röntgenbild
Rö	Röntgen
RT	reptilian type-nephron
S	Sakerfalke ( <i>Falco cherrug</i> )
ssp.	Subspezies
STD	Standardabweichung
TAL	thick ascending limb
V.	<i>Vena</i>
v/d	ventro-dorsal
W	Wanderfalke ( <i>Falco peregrinus</i> )
w	weiblich

## 1. Einleitung

Falken faszinieren die Menschen in den unterschiedlichsten Kulturkreisen seit Jahrtausenden. Wie auch andere Greifvögel weisen sie in unserem mitteleuropäischen Kulturkreis eine wechselhafte Geschichte auf. Während sie zu Zeiten Kaiser Friedrich II. verehrt wurden, sind sie in den folgenden Jahrhunderten fast ausgerottet worden. In Deutschland wurde die Falknerei in den letzten hundert Jahren wieder vermehrt ausgeübt und der Greifvogelschutz ausgebaut. Das Interesse an Greifvögeln in der Bevölkerung hat zugenommen, welches sowohl in den Medien als auch an der zunehmenden Zahl von Flugvorführungen, Greifvogelhaltungen und Greifvogelpflegestationen zum Ausdruck kommt.

Die Haltung und Zucht von Falken erfordert eine tierärztliche Betreuung dieser Vögel. Es ist davon auszugehen, dass Falken in menschlicher Obhut in Zukunft vermehrt als Patienten in Kleintierpraxen vorgestellt werden. Das Wissen um die speziellen Erkrankungen von gehaltenen Falken ist nicht weit verbreitet. Der Einsatz von speziellen Diagnostikinstrumenten zur Untersuchung einzelner Organe wird zurzeit noch nicht routinemäßig durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene bildgebende Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Untersuchung der Niere verglichen. Die Niere ist ein Organ, welches, insbesondere unter Haltungsbedingungen und bei älter werdenden Vogelpatienten, von besonderer Bedeutung ist. Es werden von 48 Falken Blut- und Laborwerte, Röntgenbilder, computertomographische Aufnahmen und endoskopische Aufnahmen miteinander verglichen. Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildet die Auswertung der computertomographischen Aufnahmen. Es werden Größenmessungen der Nieren durchgeführt und Größenratios gebildet. Bei den Nativaufnahmen und bei den Kontrastmittelaufnahmen wird die Durchführung von Dichtemessungen erarbeitet und durchgeführt. Referenzbereiche für die Nierengröße und Nierendichte werden erstellt. Zur Überprüfung des Nierengesundheitsstatus wird vorweg eine Biopsie der Niere durchgeführt, die als Grundlage für die Gruppeneinteilung in Falken ohne und mit histopathologischen Nierenveränderungen dient. Anschließend werden die verschiedenen Verfahren zur Nierendiagnostik verglichen und Empfehlungen für die Untersuchungen der in der histologischen Untersuchung festgestellten Erkrankungen erarbeitet.

## 2. Literaturübersicht

### 2.1 Anatomie und Physiologie der aviären Niere

#### 2.1.1 Grundlagen

Die Nieren und die Harnleiter sind paarig angelegt und bilden die Harnorgane der Vögel. Nierenbecken, Harnblase und Harnröhre sind nicht ausgebildet. Vögel als uricotele Tiere scheiden stickstoffhaltige Stoffwechselendprodukte hauptsächlich in Form der relativ untoxischen Harnsäure aus. Die Nieren haben eine zentrale Aufgabe bei der Regulation des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Annähernd das Elffache des gesamten Flüssigkeitsvolumens des Körpers wird von den Nieren pro Tag über die Glomeruli filtriert. Bei normal hydrierten Vögeln wird davon wiederum mehr als 95 % in den Tubuli reabsorbiert. Bestimmte Substanzen, wie Harnsäure, werden von der Niere in die Tubuli aktiv sezerniert. Als Endprodukt aus Filtration, Reabsorption und Sekretion entsteht der dem Ureter zugeführte Harn. An der Osmoregulation des Vogels sind neben den Nieren auch noch die hinteren Darmabschnitte, die Haut, der Atmungstrakt und vogelartspezifisch die Salzdrüsen beteiligt (Goldstein & Skadhauge, 2000; Lumeij, 1994; Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008).

Die Nieren der Vögel befinden sich retroperitoneal. Sie sind dorsal umgeben vom Symsakrum und Ileum und reichen kranial bis zur Lunge. Ventral der Nieren befinden sich Eileiter bzw. Samenleiter, der Abdominalluftsack und der Eingeweidebauchfellsack. Einzelne Divertikel des Abdominalluftsackes können bis unter die Wirbelsäule reichen (Waibl & Sinowatz, 2004). Die äußere Erscheinung ist länglich und dreilappig (Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008). Johnson (1968) hat die Nierenmorphologie bei verschiedenen Vogelspezies untersucht und fünf morphologisch unterscheidbare Gruppen definiert. Der mittlere Nierenabschnitt war durchgehend der kleinste der drei Nierenabschnitte. Ventrale Parenchymbrücken zwischen den beiden Nieren traten bei einzelnen Individuen bei verschiedenen Vogelspezies auf und betrafen fast ausschließlich den kaudalen Nierenabschnitt (Johnson, 1968).

Die drei Nierenabschnitte werden bei Vögeln folgendermaßen benannt (Waibl & Sinowatz, 2004):

*Divisio renalis cranialis* – der kraniale Nierenabschnitt

*Divisio renalis media* – der mittlere Nierenabschnitt

*Divisio renalis caudalis* – der kaudale Nierenabschnitt.

Zur Vereinfachung wird in der folgenden Arbeit die Bezeichnung kraniale, mittlere und kaudale Nierendivision verwendet.

Zwischen kranialer und mittlerer Nierendivision verläuft die *A. und V. iliaca externa* und zwischen mittlerer und kaudaler Nierendivision die *A. und V. ischiadica*. Zusätzlich verlaufen insbesondere im mittleren und kaudalen Nierenabschnitt Nervenäste des *Plexus lumbalis* und des *Plexus sacralis* durch das Nierengewebe (Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008).

Nach den Untersuchungen von Wideman et al. (1992) unterscheiden sich die Nierendivisionen strukturell nicht voneinander. Hierfür wurde die Glomerulianzahl pro Gramm Niere sowohl im Seitenvergleich als auch innerhalb der Nierendivisionen verglichen.

Die Größe der Niere wird in der Literatur für das Huhn mit ca. 70-100 mm Länge, 20 mm Breite und 15 mm Dicke angegeben (Waibl & Sinowatz, 2004). Nach den Untersuchungen von Johnson (1968) haben Vögel bis 100 g, zwischen 100 g und 1000 g und über 1000 g KGW ein relatives Nierengewicht von über 1 %, genau 1 % und unter 1 %.

### **2.1.2 Feinaufbau**

Die Vogelniere setzt sich aus Nierenlappen (*Lobi renales*) und Nierenläppchen (*Lobuli renales*) zusammen. Ein Nierenlappen besteht aus mehreren Nierenläppchen, die gemeinsam in einen Ureterast zweiter Ordnung münden. Jedes Nierenläppchen besteht aus einem Markbereich und einem Rindenbereich, wobei nicht alle Nierenläppchen die Nierenoberfläche erreichen. Der Markbereich setzt sich bei Vögeln aus kegelförmigen Einheiten („medullary cones“) zusammen, die sich in Größe, Anzahl und Durchmesser der Henle'schen Schleifen und der Sammelrohre unterscheiden. Zu jeder kegelförmigen Einheit gehören ein oder mehrere Rindenbereiche. Makroskopisch können die Nierenläppchen als kleine Erhabenheit an der Nierenoberfläche sichtbar sein (Durchmesser ca. 1-2 mm bei Hühnervögeln) (Johnson & Mugaas, 1970; Casotti et al., 2000; Goldstein & Braun, 1989; Carretero et al., 2009; Schmidt et al., 2003).

### **2.1.3 Funktionsweise**

Die Funktionseinheit der Niere ist das Nephron. Die Gestalt der Nephrone ist bei Vögeln sehr heterogen. Die Größe der Nephrone nimmt mit der Entfernung zur Nierenoberfläche progressiv zu. Die kleinsten Nephrone sind im Rindenbereich lokalisiert und haben ein relativ einfach gewundenes Glomerulum. Sie haben keine Henle'sche Schleife ausgebildet und ähneln den Nephronen der Reptilien. Sie werden Nephrone vom kortikalen Typ genannt

(„reptilian type-nephron“, RT). Sie bilden den Hauptanteil der Nephrone der Vogelniere, münden rechtwinkelig in die Sammelrohre und produzieren isoosmotischen Harn (Goldstein & Braun, 1989; Goldstein & Skadhauge, 2000).

Am Übergang vom Rinden- zum Markbereich befinden sich größere und komplexer gewundene Glomeruli, deren Nephrone eine Henle'sche Schleife ausgebildet haben und ins Nierenmark ziehen. Sie ähneln den Nephronen der Säugetiere und werden Nephrone vom medullären Typ genannt („mammalian type-nephron“, MT) (Goldstein & Skadhauge, 2000; Morild et al., 1985). Nur ca. 7-30 % der Nephrone gehören zum medullären Typ (Goldstein & Braun, 1989). Die medullären Nephrone können, wie auch die Nephrone der Säugetiere, hyperosmotischen Harn produzieren. Sie sind parallel zu den Sammelrohren angeordnet, so dass ein osmotischer Gradient nach dem Gegenstromprinzip aufgebaut werden kann. Neben diesen zwei Prototypen von Nephronen gibt es verschiedene Übergangsformen (Boykin & Braun, 1993; Siller & Hindle, 1969). Die Fähigkeit hyperosmotischen Harn auszuscheiden, ist bei Vögeln deutlich geringer ausgeprägt als bei Säugetieren. Auf die Osmolalitäten bezogen können Vögel höchstens ein Harn zu Plasma-Verhältnis von 2,5 aufbauen, während einige Säugetiere ein Harn zu Plasma-Verhältnis von bis zu 30 aufbauen können (Braun, 1998). Nach der Untersuchung von Johnson (1974) ist die Fähigkeit zur Harnkonzentrierung bei Vögeln nicht proportional zur relativen Dicke des Nierenmarks wie dies für Säugetiere beschrieben ist. Andere Faktoren wie das Zusammenspiel der medullären und kortikalen Nephrone, interspezifische Variationen im Ionentransport und die Anteile der Tubuli mit längeren und kürzeren Henle'schen Schleifen scheinen eine bedeutsamere Rolle bei dem Prozess der Harnkonzentrierung zu spielen (Johnson, 1974). Untersuchungen an Helmwachteln (*Callipepla gambelii*) haben gezeigt, dass diese Vögel auf Infusion mit hypertoner Natriumchloridlösung mit einer durch Vasopressin regulierten Reduktion der glomerulären Filtrationsrate der kortikalen Nephrone (RT) reagieren. Diese funktionelle Abschaltung der kortikalen Nephrone dient vermutlich zur Wassereinsparung in Zeiten osmotischen Stresses (Braun & Dantzler, 1972, 1974). Einer besonderen Bedeutung bei der Osmoregulation wird auch dem retrograden Transport des Harns von der Kloake bis in die Blinddärme zugeschrieben (Akester et al., 1967). Sowohl Wasser als auch Salze werden dabei aus dem Harn über die Darmschleimhaut resorbiert. (Skadhauge, 1968; Anderson & Braun, 1985; Braun, 1998). Harnsäure wird überwiegend tubulär sezerniert und trägt als gesättigte kolloidale Lösung nicht zum osmotischen Gradienten bei (Skadhauge & Schmidt-Nielsen, 1967). Die Harnsäuresekretion erfolgt unabhängig vom Dehydrationszustand, aber für den Weitertransport der Harnsäure wird Flüssigkeit in den Nierentubuli benötigt (Sturkie, 1986). Harnstoff hat nur einen Anteil von ca. 10 % am Stickstoffausscheidungsprozess

(Davis, 1927). Harnstoff wird glomerulär filtriert und je nach Dehydratationszustand tubulär reabsorbiert (Skadhauge & Schmidt-Nielsen, 1967). Die Untersuchungen von Skadhauge & Schmidt-Nielsen (1967) haben gezeigt, dass Harnstoff bei Vögeln keinen bedeutsamen Beitrag zur Bildung des osmotischen Druckes leistet, der überwiegend durch Natrium- und Chloridionen aufgebaut wird. Experimentell untersuchten die Autoren an Puten und Broilern die ausgeschiedene Menge an Harnstoff im Zusammenhang mit dem Dehydratationszustand. Dehydrierte Vögel reabsorbieren Wasser und Harnstoff zu ca. 99 % und scheiden nur ca. 1 % des filtrierten Harnstoffs aus. Hydrierte Vögel scheiden hingegen den filtrierten Harnstoff nahezu vollständig aus (Skadhauge & Schmidt-Nielsen, 1967). Spätere Untersuchungen von Skadhauge (1977) zeigen, dass zu mindestens bei Körnerfressern überwiegend Ammonium-, Phosphat- und Kaliumionen und nicht Natrium- und Chloridionen osmotisch wirksam sind. Nishimura et al., (1989) haben ein hypothetisches Model vorgestellt, wonach die Harnkonzentrierung bei Vögeln durch einen aktiven Natriumionentransport im dicken aufsteigenden Teil der Henle'schen Schleife (Thick Ascending Limb, TAL) und einer anschließenden passiven Diffusion von Natriumionen erklärt wird. Aus dem Interstitium diffundieren die Natriumionen in den Bereich der dünnen absteigenden Tubulusäste vor Beginn der Henle'schen Schleife (Descending Thin Limb, DTL). Eine besondere Bedeutung im Harnkonzentrierungsprozess haben hierbei die unterschiedlich langen medullären Nephronschlingen (Nishimura et al., 1989; Osono & Nishimura, 1994; Nishimura, 1993).

#### **2.1.4 Blutversorgung und Nierenfortadersystem**

Die Blutversorgung der Niere unterscheidet sich stark zwischen Vögeln und Säugetieren. Vögel besitzen ein Nierenfortadersystem und haben eine venöse Drosselklappe (*Valva portalis renalis*) am Übergang der *Vena iliaca externa* zur *Vena iliaca communis* ausgebildet (Sperber 1948; Spanner, 1925). Die aus glatter Muskulatur bestehende *Valva portalis renalis* wird adrenerg und cholinerg innerviert (Gilbert, 1961; Rennick & Gandia, 1954; Akester & Mann, 1969). Die adrenerge Stimulation verursacht dabei eine Kontraktion und die cholinerge Stimulation eine Relaxation (Burrows et al., 1983). Die afferente renale Blutversorgung erfolgt sowohl arteriell über die drei Nierenarterien (*A. renalis cranialis*, *A. renalis media* und *A. renalis caudalis*) als auch venös über die Venen des Nierenfortadersystems (*V. portalis renalis cranialis* und *V. portalis renalis caudalis*). Der venöse Abfluss erfolgt über die Nierenvenen (*V. renalis cranialis* und *V. renalis caudalis*) zur *Vena iliaca* und weiter zur *Vena cava caudalis* (Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008). Die Nierenarterien verzweigen sich und geben intralobuläre Arterien ab, die zentral

benachbart zu den efferenten Venen verlaufen. Von den intralobulären Arterien gehen afferente Arteriolen zu den Glomeruli (Siller & Hindle, 1969). Von den Glomeruli ziehen die efferenten Arteriolen zu den Markkegeln. Interlobulär verlaufen die afferenten Venen des Nierenpfortadersystems. Sowohl die Tubuli der kortikalen als auch die Tubuli der medullären Nephrene werden mit afferentem venösem und arteriellem Blut versorgt. Die Markkegel hingegen werden wie auch die Glomeruli nur arteriell versorgt (Wideman et al., 1981). Das Blut der efferenten Arteriolen und das venöse Pfortaderblut vermischen sich im peritubulären Sinusbereich und wird über die intralobulär gelegen efferenten Venen abgeführt. Eine schematische Übersicht zum Aufbau des Nierenrindenbereiches befindet sich bei Wideman et al. (1981). Das Nierenpfortadersystem bezieht venöses Blut aus der Hintergliedmaße und aus den kaudalen Körperregionen. Hierbei bekommt die kraniale Nierendivision aber ausschließlich ihr venöses Blut aus der Hintergliedmaße über die *Vena iliaca externa*. Die mittlere und kaudale Nierendivision hingegen bekommt venöse Zuflüsse sowohl über die *Vena iliaca externa* als auch über die *Vena ischiadica* und *Vena iliaca interna*. Neben diesen Zuflüssen gibt es Anastomosen mit der *Vena mesenterica caudalis*, mit dem Pfortadersystem der anderen Niere und im kranialen Nierenbereich mit dem *Sinus venosus vertebralis internus*. Hierbei ist die Anastomose mit der *Vena mesenterica caudalis* von besonderer Bedeutung, da dadurch eine direkte Verbindung zwischen Niere und Leber bzw. Leber und Niere möglich ist (Akester, 1964). Zur Fließrichtung in der *Vena mesenterica caudalis* gibt es unterschiedliche Berichte (Spanner, 1925; Akester, 1964, 1967; Odland, 1978). Sowohl die Untersuchungen von Akester (1967) als auch die Untersuchungen von Odland (1978) beschreiben, dass der Blutfluss in der *Vena mesenterica caudalis* sowohl leberwärts als auch nierenwärts gerichtet sein kann, jedoch in den allermeisten untersuchten Fällen leberwärts gerichtet war.

Die Kontrastmitteluntersuchungen von Akester (1964, 1967) haben gezeigt, dass es verschiedene Varianten für den Blutfluss durch das Nierenpfortadersystem gibt. In 75 % der Fälle unterschieden sich bei gleichzeitiger Kontrastmittelinjektion die Routen zwischen linker und rechter Niere nicht. Die Variante, wie bei Sperber (1948) beschrieben mit geöffneter Venenklappe und Kontrastmittelfluss direkt zur *Vena cava caudalis* unter umgehend des Nierenparenchyms, trat am seltensten auf. Wenn die Venenklappe geschlossen war, trat in den meisten Fällen eine gleichmäßige Verteilung des Kontrastmittels in alle drei Nierendivisionen auf. Neben partiell geöffneten Klappen wurde aber auch beobachtet, dass das Kontrastmittel sowohl ins Nierenparenchym der kranialen und kaudalen Nierendivision floss, aber nicht ins Nierenparenchym der mittleren Nierendivision. Für die beobachtete Situation wird ein Vasokonstriktormechanismus vermutet.

## **2.2 Erkrankungen und histopathologische Veränderungen der aviären Nieren**

Nierenerkrankungen bei Vögeln sind durch unspezifische Symptome und sekundäre Krankheitserscheinungen gekennzeichnet (Lumeij, 1994). Häufig treten sie in Zusammenhang mit Haltungs- und Fütterungsproblemen auf (Lierz, 2003a). Pathologische Veränderungen an den Nieren werden relativ häufig post mortem diagnostiziert (Siller, 1981; Kellin, 2009). Nach den Untersuchungen von Phalen (1990) zeigten 37 % aller zur histopathologischen Untersuchung eingeschickten Vögel eine oder mehrere Nierenveränderungen. Eine Übersicht über potentiell nierenschädigende Krankheitsfaktoren befindet sich bei Echols (1998).

Im Folgenden werden bedeutende Nierenpathologien mit ihren entsprechenden histologischen Veränderungen aufgeführt. Im Anschluss werden die möglichen Nierendiagnostika behandelt. Wenn die Literatur es erlaubt, wird hierbei auf falkenspezifische Besonderheiten eingegangen. Für eine detaillierte Darstellung der Nierenkrankheiten sei auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen, z.B. (Pollock, 2006; Echols, 2006; Lierz, 2003a; Schmidt, 2006).

### **2.2.1 Nierenversagen**

Die Nieren besitzen eine zentrale Rolle in der Regulation von Elektrolyten und Körperflüssigkeiten (Goldstein & Skadhauge, 2000). Ein Funktionsverlust tritt klinisch erst auf, wenn mehr als 70 % der Nierenfunktion eingeschränkt ist (Lumeij, 2000). Wenn die Kompensationsfähigkeit überschritten ist, kommt es zum Nierenversagen. Das Nierenversagen kann chronisch oder akut bedingt sein. Chronisches Nierenversagen tritt mit plötzlichen Krankheitssymptomen in Erscheinung, auch wenn ein fortschreitender destruktiver Krankheitsprozess an beiden Nieren zugrundeliegt. Akutes Nierenversagen tritt bei einer plötzlich einsetzenden nierenschädigenden Noxe auf, z.B. bei Ureterobstruktionen oder im Schock, und kann je nach Ausmaß und Dauer der schädigenden Einwirkungen bei entsprechender Behandlung reversibel sein (Lumeij, 1994). Je nach einwirkender Noxe sind unterschiedliche histologische Veränderungen an den Nieren möglich. Dehydratation führt zur Ablagerung von Uratkristallen in den Tubuli. In Folge kann es zur Nekrose des Tubulusepithels kommen (Schmidt et al., 2003). Exogene Nierentoxine wie Schwermetalle, Ammoniumchlorid (NH<sub>4</sub>Cl) (Samour et al., 1995) und Aminoglykosidantibiotika (Fernández-

Repollet et al., 1982; Marshall et al., 2003) und endogene Nierentoxine wie Mykotoxine, insbesondere von *Aspergillus ssp.*, können sich in einer akuten Nekrose des Tubulusepithels äußern (Schmidt et al., 2003). Ischämische Nekrose im kortikalen Nierengewebe verursacht durch die Prostaglandinwirkung von Cyclooxygenase-Hemmern wird als Ursache für das Nierenversagen in Zusammenhang mit Diclofenac bei Geiern angesehen (Uphoff Meteyer et al., 2005).

Sekundär zum Nierenversagen tritt eine Erhöhung der Plasmaharnsäure auf. Wenn die Plasmaharnsäure ihre Löslichkeitsgrenze überschritten hat, kommt es zur Ausfällung von Harnsäure in der Niere und an den Serosaoberflächen der inneren Organe, insbesondere betroffen sind Herzbeutel, Leber und Luftsäcke, und Gelenke (Schmidt et al., 2003). Es entsteht das klinische Bild der Viszeralgicht. In der Sektion sind makroskopisch weiße puderzuckerartige Organüberzüge zu erkennen. Mikroskopisch sind dabei charakteristische nadelförmige amorphe Räume umgeben von einer eosinophilen Proteinmatrix erkennbar (Schmidt et al., 2003). Der Tod bei Viszeralgicht tritt i.d.R. ohne vorherige Klinik auf. Entzündungsreaktionen und Tophbildungen fehlen meistens. Es wird davon ausgegangen, dass die Tiere mit Viszeralgicht durch Herzversagen aufgrund von nierenbedingter Hyperkaliämie sterben (Lumeij, 1994).

### **2.2.2 Infektiöse Nierenerkrankungen**

Die Niere kann sekundär bei bakteriellen Infektionen betroffen sein. Meist kommt es dabei zur hämatogenen Ausbreitung während einer septikämischen Erkrankung. Des Weiteren sind aber auch aufsteigende bakterielle Infektionen von der Kloake, von der Leber und von den hinteren Darmabschnitten möglich. Die Erregerausbreitung erfolgt dabei von der Kloake entlang der Harnleiter bzw. von der Leber und von den hinteren Darmabschnitten über die Anastomosen des Nierenfortadersystems mit der *Vena mesenterica caudalis* (Lumeij, 1994; Akester, 1967).

Auch virale Infektionen können die Niere betreffen. Bei Falken sind Nierenveränderungen in Zusammenhang mit Herpesviren (Mozos et al., 1994), Adenoviren (Dean et al., 2006; Schrenzel et al., 2005; Tomaszewski & Phalen, 2007) und Flaviviren (Wünschmann et al., 2004) beschrieben. Makroskopisch kann eine unspezifische Nierenschwellung vorliegen. Histologisch treten u.a. Epithelnekrose, Karyomegalie, interstitielle Nephritis und je nach Virusart auch Einschlusskörperchen auf (Schmidt et al., 2003).

Erkrankungen durch Schimmelpilze, insbesondere *Aspergillus ssp.*, treten bei Greifvögeln in Gefangenschaft relativ häufig auf (Forbes, 1991). Laut den Untersuchungen von Gierse (2001) aus den Vereinigten Arabischen Emiraten wurde Aspergillose bei Falken mit klinischem Vorbericht nach Sohlenballengeschwüren, E. coli- Infektionen, Chlamydiose, Pseudomonas-Infektionen und Clostridiose als sechst häufigste Erkrankung diagnostiziert. Gerfalken waren hierbei bezogen auf alle erkrankten Falken mit 4,18 % signifikant häufiger betroffen als Wanderfalken, Hybridfalken und Sakerfalken (Gierse, 2001). Infektionen durch Schimmelpilze können durch direkten Kontakt der betroffenen Luftsäcke auf das Nierengewebe übergehen. Eine hämatogene Ausbreitung von ins Blutsystem invasierten Pilzen ist ebenfalls möglich. Hierbei kann es zur Thrombose von Blutgefäßen kommen. Charakteristische Pilzhyphen sind in der Histologie sichtbar (Schmidt, 2006). Die von den Schimmelpilzen produzierten Mykotoxine können nierentoxisch wirken (Glahn et al., 1991). Laut den Untersuchungen von Korbel et al. (1993) ist bei den erkrankten Vögeln die Mykotoxinbildung, insbesondere die Gliotoxinbildung, für die häufig bei Aspergillose beobachtete Leber- und Nierenschwellung verantwortlich. Histologisch ist eine akute Nekrose des Tubulusepithels und eine Verdickung der glomerulären Basalmembran beschrieben (Schmidt et al., 2003; Mollenhauer et al., 1989).

Parasitär bedingte Nierenschädigungen treten v.a. bei Enten und Gänsen (*Anseriformes*) in Form von Kokzidien und Trematoden auf. Histologisch können dilatierte bis nekrotisch veränderte Tubuli mit geringer Entzündungsreaktion sichtbar sein. Bei Greifvögeln sind Kokzidien in den Nieren selten (Schmidt et al., 2003). Eine Mikrosporidieninfektion (*Enterocytozoon bieneusi*) mit hoher Mortalität und parasitär bedingten Veränderungen an den Nieren wurde von Müller et al. (2008) in einem Falkenbestand in den Vereinigten Arabischen Emiraten diagnostiziert. Endoskopisch wurden bei den erkrankten Falken gelbliche Ablagerungen im Bereich des Magendarmtraktes, der Nieren und der Leber beschrieben. Als histologische Veränderungen traten an den Nieren multifokale degenerative Veränderungen mit Entzündungsreaktionen und proteinhaltige Tubuli auf (Müller et al., 2008).

### **2.2.3 Nierenamyloidose**

Amyloidose ist eine Erkrankung, die bei Menschen, Säugetieren und Vögeln vorkommt (Jakob, 1971; Zschesche & Jakob, 1989; Zöllner, 1997). Auch bei Falken tritt Amyloidose als fortschreitende, häufig tödlich verlaufende Erkrankung auf, die durch Apathie, Gewichtsverlust und plötzliche Todesfälle gekennzeichnet ist (Hampel et al., 2009).

Definiert wird Amyloidose als eine extrazelluläre Anreicherung von bestimmten normalerweise löslichen Proteinen oder ihren Vorläuferproteinen in verschiedenen Geweben und Organen in charakteristischer Fibrillenstruktur (Landman et al., 1998). Dieses abgelagerte Protein wurde von Virchow (1854) wegen seiner stärkeähnlichen Färbereigenschaften als Amyloid bezeichnet. Es besteht aus  $\beta$ -Fibrillen, die sich je nach Amyloidart unterscheiden, und der so genannten P-Komponente, ein Glykoprotein, welches biochemisch von dem Akute-Phase-Protein SAP (Serum Amyloid P-Komponente) abstammt (Cohen & Connors, 1987). Nach jetzigem Kenntnisstand tritt bei Vögeln nur Typ-AA auf (Zschiesche & Linke, 1989; Zöllner, 1997; Landman et al., 1998). In der Niere kann es in die Basalmembranen der Glomeruli oder Tubuli und in Arterien- und Arteriolenwände abgelagert werden (Schmidt et al., 2003; Meyerholz et al., 2005).

Gegenwärtig wird Amyloidose durch die folgenden drei Kriterien definiert (Glenner et al., 1974):

- Histologische Anfärbbarkeit mit Kongorot und Lichtdoppelbrechung (grün) bei Betrachtung unter dem Polarisationsmikroskop
- Elektronenmikroskopisch darstellbare Fibrillenstruktur
- Konfiguration in der  $\beta$ -Faltblattstruktur, nachweisbar mit röntgenkristallographischen und infrarotspektrographischen Methoden

Amyloidose wird im Allgemeinen in Zusammenhang mit chronischen Entzündungsprozessen beschrieben. Laut der Untersuchung von Zöllner (1997) wurde im Zusammenhang mit Amyloidose am häufigsten eine Tuberkulose diagnostiziert. Bei Falken wird Amyloidose in den meisten Fällen in Verbindung mit Bumblefoot, Aspergillose oder massivem Trichomonadenbefall beschrieben (Lierz, 2003a; Jones, 2008). In einer retrospektiven Auswertung von 100 Falken mit Amyloidose haben Hampel et al. (2009) einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Amyloidose und Bumblefoot bzw. Viszeralgicht zeigen können. Ein signifikanter Zusammenhang zu anderen Erkrankungen wie Aspergillose, Tuberkulose oder Pockeninfektionen konnte nicht nachgewiesen werden (Hampel et al., 2009). Amyloidose tritt sowohl systemisch als auch lokalisiert an einzelnen Körperregionen auf (Cohen & Connors, 1987). Als typische Manifestationsorte für die Amyloidose bei Vögeln werden Leber, Niere, Milz und Darm genannt, wobei es je nach Untersuchung und Vogelart unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen gibt (Zöllner, 1997; Rigdon, 1961). Amyloidose wird am häufigsten bei Vögeln der Ordnung Anseriformes

diagnostiziert (Zöllner, 1997; Rigdon, 1961; Cowan, 1968a, 1968b; Brassard, 1965; Schmidt et al., 2003; Tanaka et al., 2008). Die retrospektive Auswertung der Sektionsbefunde von über 8000 Zoovögeln ergab eine durchschnittliche Amyloidoserate von 7,5 % über alle untersuchten Vögel (Zöllner, 1997). Nach den Untersuchungen von Hampel et al. (2009) ist es in der Zeit von 1996 bis 2004 zu einem deutlichen Anstieg der Prävalenz von Amyloidose bei Falken gekommen.

Nach Schmidt et al. (2003) sind bei Nierenamyloidose meistens weitere Organe betroffen, wobei makroskopische Veränderungen an den Nieren nicht zwingend vorhanden sein müssen. Im fortgeschrittenen Stadium wird die Niere als vergrößert, blaß und brüchig beschrieben.

Neben der klassischen Amyloidosedagnostik wurden in den letzten Jahren weitere Methoden entwickelt. Carnarius (2009) hat einen Amyloidose-Score, bestehend aus Röntgenlebergrößenmessungen und Blutwertveränderungen, zur Identifizierung von Falken mit hochgradiger Amyloidose entwickelt. Hampel et al. (2009) haben einen Serumtest für Falken Amyloid-A (f-SAA) auf Basis einer Gelelektrophorese (SDS-PAGE) mit anschließendem Western-Blotting etabliert. Eine länger andauernde Erhöhung von f-SAA ist mit einem erhöhten Risiko verbunden, an Amyloidose zu erkranken (Hampel et al., 2009).

#### **2.2.4 Eisenablagerungen**

Bei Vögeln mit histologisch feststellbaren Eisenablagerungen in der Leber wurden in einigen Fällen auch Eisenablagerungen in weiteren Organen, u.a. in den Nierentubuli, nachgewiesen (Wadsworth et al., 1983; Mete et al., 2003; Lowenstine & Petrak, 1980; Randell et al., 1981; Panigrahy & Senne, 1991). Nach Schmidt et al. (2003) werden Eisenablagerungen in den Nierentubuli häufig bei Vögeln mit Eisenspeicherkrankheit beobachtet, wobei keine Entzündungsreaktionen oder degenerative Veränderungen im umliegenden Gewebe auftreten. Nach den Untersuchungen von Phalen (1990) sind Gallepigmente in der Niere weitaus häufiger anzutreffen als Eisenpigmente. Ob Eisenpigmente einen toxischen Effekt auf die Niere haben ist laut Phalen (1990) noch nicht geklärt.

Eisenablagerungen können u.a. mit der Turnbull-Blau Färbung nachgewiesen werden. Es wird zweiwertiges Eisen in Form von blauen Partikeln dargestellt (Mulisch & Welsch, 2010). Durch eine vorherige Reduktion mit Ammoniumsulfid kann sowohl zwei- als auch dreiwertiges Eisen dargestellt werden (Romeis, 1989).

## **2.3 Nierendiagnostik bei Vögeln**

Die Diagnose von Nierenerkrankungen ist schwierig. Neben einer gründlichen klinischen Untersuchung ist meistens die Anwendung von weiteren Diagnostikinstrumenten notwendig (Lierz, 2003a). Im Folgenden werden Untersuchungsmethoden für die Nierendiagnostik vorgestellt.

### **2.3.1 Hämatologie**

#### **2.3.1.1 Hämatokrit**

Erythrozyten und Leukozyten bilden den korpuskulären Anteil des Blutes. Über Zentrifugation werden sie vom Blutplasma getrennt (Cohen, 1967; Sturkie & Griminger, 1986). Im Allgemeinen wird bei Vögeln ein Hämatokrit zwischen 35 % und 55 % als normal angesehen (Campbell, 1994). Erniedrigungen des Hämatokrits deuten auf eine Anämie und Erhöhungen auf eine Dehydratation oder, weitaus seltener, auf eine Polyzythämie hin. Eine mikroskopische Untersuchung des Zellbildes kann, anhand der Bestimmung des Alters und des Erscheinungsbildes der Erythrozyten, Aufschlüsse über die Ursache von Anämien liefern (Campbell, 1994). Es gibt einzelne Berichte von Vogelpatienten mit chronischem Nierenversagen, bei denen Anämie beobachtet wurde (Lumeij, 1994).

#### **2.3.1.2 Leukogramm**

Das Leukogramm gesunder Vögel derselben Spezies weist eine breite Variation auf. Die Referenzintervalle sind daher deutlich breiter als bei Säugetieren. Diagnostisch relevante Werte bei kranken Individuen können erst bei starker Abweichung erkannt werden (Campbell, 1994). Die Zählung der Leukozyten ist beim Vogel aufgrund der kernhaltigen Erythrozyten nur manuell durchführbar (Campbell & Dein, 1984). Eine Beschreibung der verschiedenen Methoden zur Zählung bzw. Schätzung der Leukozyten ist bei Lane (1991) beschrieben. Generell können erhöhte Leukozytenwerte (Leukozytose) durch systemische oder lokale Infektionen, Verletzungen, Vergiftungen, Hämorrhagien oder neoplastische Prozesse verursacht werden. Sie sind in den meisten Fällen durch eine Heterophilie charakterisiert. Als Ursache für verringerte Leukozytenwerte (Leukopenie) wird ein Verbrauch der Leukozyten und eine reduzierte Bildungsrate, z.B. in Verbindung mit viralen Erkrankungen wie Herpesviren, angesehen (Campbell, 1994).

## **2.3.2 Blutchemie**

Die im Blutplasma gelösten Elektrolyte, Proteine und sonstigen chemischen Bestandteile des Blutes gelangen über den Blutkreislauf auch in die Niere. Veränderungen von Harnsäure, Harnstoff, Kalium, Kalzium, anorganisches Phosphat, Kalzium-Phosphat-Verhältnis, Gesamtprotein und Albumin können pathologische Nierenveränderungen widerspiegeln. Für die meisten Vögel fehlen speziesspezifische Referenzwerte (Lierz, 2003a).

### **2.3.2.1 Harnsäure, Harnstoff und Kreatinin**

Im Allgemeinen kommt es bei Vögeln erst zu erhöhten Harnsäurewerten, wenn bereits 70 % der Nierenfunktion eingeschränkt ist (Lumeij, 1994). Bei Wanderfalken wurde ein postprandialer Anstieg von Harnsäure und Harnstoff innerhalb von acht Stunden nach der Fütterung beobachtet. Daher wird für Greifvögel empfohlen, eine 24-stündige Fastenphase vor der Blutentnahme einzuhalten (Lumeij & Remple, 1991). Das Verhältnis von Plasmaharnstoff zu Plasmaharnsäure kann wertvolle Hinweise zur Unterscheidung zwischen prärenal und renal bedingter Azotämie liefern (Skadhauge & Schmidt-Nielsen, 1967; Lumeij, 2000).

Kreatinin ist ein normaler Bestandteil des Harns von Säugetieren, bei Vögeln hingegen wird überwiegend die Vorstufe Kreatin renal ausgeschieden (Sturkie, 1986). Daher ist Kreatinin beim Vogelpatienten von sehr eingeschränkter Aussagekraft für die Beurteilung der Niere (Hochleithner, 1994).

### **2.3.2.2 Kalium**

Kalium ist im Plasma relativ konstant. Die Nieren sind das Hauptausscheidungsorgan für Kalium. Es wird glomerulär filtriert, reabsorbiert und tubulär sezerniert (Sturkie, 1986). Kaliumwerte sind im Serum gewöhnlich höher als im Plasma aufgrund des beim Gerinnungsprozess freigesetzten Kaliums aus den Thrombozyten (Hochleithner, 1994). Bei Tauben und Hühnern wurde ein deutliches Absinken der Kaliumwerte in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer der nicht zentrifugierten Blutproben beobachtet, das so nicht bei humanmedizinischen Vergleichsproben beobachtet wurde (Lumeij, 1985).

### **2.3.2.3 Kalzium**

Kalzium hat im Knochenaufbau, in der Eischalenbildung und zur Aufrechterhaltung der Homöostase eine herausragende Bedeutung. Kalzium wird glomerulär filtriert und tubulär reabsorbiert (Dacke, 2000). Die gesamte Kalziummenge im Blut setzt sich aus dem biologisch aktivem ionisiertem Kalzium, dem proteingebundenem Kalzium und dem in

Chelatkomplexen gebundenem Kalzium zusammen. Veränderungen im Säurehaushalt haben Einfluss auf das Verhältnis von ionisiertem zu proteingebundenem Kalzium. Die Gesamtkalziumkonzentration sollte laut Hochleithner (1994) in Zusammenhang mit der Albuminkonzentration und damit in Zusammenhang mit dem Dehydratationszustand betrachtet werden. Für Wanderfalken haben Lumeij et al. (1993) einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kalziumkonzentration und der Gesamteiweißkonzentration bzw. der Albuminkonzentration herausgefunden und eine Formel für die angepasste Kalziumkonzentration ausgehend von der Gesamteiweißkonzentration erstellt (Lumeij et al., 1993).

#### **2.3.2.4 Phosphat**

Veränderungen in der Phosphatkonzentration können bei verschiedenen Krankheiten auftreten. Als Hauptursachen für Hyperphosphatämie gelten Nierenerkrankungen, während die Gründe für Hypophosphatämien in den meisten Fällen nicht geklärt werden können (Chew & Meuten, 1982).

#### **2.3.2.5 Kalzium-Phosphat-Verhältnis**

Das Kalzium-Phosphat-Verhältnis wird als Indikator für die Überprüfung des Kalzium-Phosphorhaushaltes angesehen. Jedoch sollten sowohl die Plasmaproteinkonzentration als auch der Ernährungszustand, das Geschlecht und Fütterungsungleichgewichte berücksichtigt werden (Dunbar et al., 2005; Gee et al., 1981). Die renale Regulierung von Kalzium und Phosphat hängt von dem Zusammenspiel von Parathormon, Calcitonin und möglicherweise weiteren Hormonen ab (Dacke, 2000). Dunbar et al. (2005) haben bei weiblichen Beifußhühnern (*Centrocercus urophasianus*) Kalzium-Phosphor-Ratios von 3,0 als Mittelwert angeben und bei einzelnen Tieren Ratios von bis zu 4:1 gemessen. Carvalho de et al. (2009) geben als Referenzwerte für das Kalzium-Phosphor-Ratio für Graupapageien (*Psittacus erithacus*) 1,81-3,77 und für Blaukronenamazonen (*Amazona ventralis*) 2,62-5,39 an.

#### **2.3.3 Harnuntersuchung**

Eine Urinanalyse kann wertvolle Hinweise über den Zustand der Niere liefern bevor Plasmaveränderungen auftreten. Die Urinprobe wird mit Hilfe einer Spritze durch Ansaugen der flüssigen Fraktion der Exkrememente gewonnen und auf Farbveränderungen, Trübung, Osmolalität, pH, Hämoglobin, Glukose und Protein untersucht (Lumeij, 1994). Bei der mikroskopischen Untersuchung des Sediments wird die Zellbeschaffenheit und das Vorkommen von Blutzellen, Bakterien, Pilzen und Mikroorganismen untersucht (Lierz,

2003a). Für klinisch gesunde Falken haben Tschopp et al. (2007) eine Urinanalyse durchgeführt, um Referenzwerte zu erhalten. Es wurden Harnteststreifen verwendet und eine biochemische Urinanalyse durchgeführt (Tschopp et al., 2007). Eine Enzymmessung im Harn von Säugetieren kann als Indikator für eine Nierenschädigung verwendet werden (Waldrop, 2008). Bei Legehennen haben Forman et al. (1996) eine Messung der N-Acetyl- $\beta$ -D-Glucosaminidase (NAG) durchgeführt und eine Enzymveränderung nach erhöhter Vitamin D<sub>3</sub>-Gabe festgestellt. Wimsatt et al. (2009) haben bei Tauben deutlich erhöhte Werte an NAG und Kreatin im Harn nach Gentamicingaben festgestellt. Die Urinanalyse wird in der Vogelmedizin nicht routinemäßig angewendet (Forman et al., 1996; Wimsatt et al., 2009).

### **2.3.4 Röntgenuntersuchung bei Vögeln**

#### **2.3.4.1 Allgemeines**

Röntgenuntersuchungen werden in der Vogelmedizin routinemäßig durchgeführt und sind das am häufigsten angewandte bildgebende Verfahren (McMillan, 1994). Das Röntgenbild ist ein Summationsbild. Alle Strukturen entlang des Aufnahmestrahls tragen zur Schwächung der Intensität der Röntgenstrahlung bei (Kalender, 2006a). Insbesondere aufgrund der häufig unspezifischen Symptome von Vogelpatienten, vermag die Röntgenuntersuchung wertvolle Hinweise auf Organveränderungen zu liefern und die Erkenntnisse aus anderen Untersuchungsmethoden zu vervollständigen bzw. zu bestätigen. Das Luftsacksystem ermöglicht eine negative Kontrastierung und damit eine erleichterte Abgrenzbarkeit der weichteildichten Strukturen. Das abdominale Fett scheint bei Vögeln jedoch eine ähnliche Röntgendichte zu haben wie das umliegende Weichteilgewebe und trägt weniger als bei Säugetieren zum Kontrast bei (McMillan, 1994; Beregi et al., 1999). Eine Sedation der Vögel für die Anfertigung der Röntgenaufnahmen wird i.d.R. nicht für notwendig angesehen, empfiehlt sich aber bei besonders gestressten oder großen Vögeln oder bei besonderen Fragestellungen, z.B. Kopfaufnahmen (Krautwald et al., 1992a; Pees, 2008).

#### **2.3.4.2 Technische Anforderungen**

In der Vogelmedizin werden hohe Anforderungen an die Röntgentechnik gestellt. Aufgrund der relativ kleinen Körpergröße und der hohen Atemfrequenz ist es erforderlich mit einer niedrigen Spannung (kV), hoher Strahlendosis (mA) und kurzer Belichtungszeit (s) zu arbeiten. Für die meisten Vögel ist eine Spannung von 40-45 kV und eine Belichtungszeit unter 0,05 Sekunden angemessen. Der empfohlene Fokus-Film-Abstand beträgt zwischen 80 und 100 cm. Die Verwendung von Rastern ist nicht empfehlenswert (Pees, 2011). Hochauflösende Film-Folien-Kombinationen oder Mammographiefilme eignen sich

insbesondere für die Röntgendiagnostik von Vögeln (Pees, 2008). Grundvoraussetzung für eine Diagnosestellung sind Röntgenaufnahmen in entsprechender Qualität. Für die Kleintiermedizin wurden Qualitätsmerkmale entwickelt, die für die Interpretation von Röntgenaufnahmen Verwendung finden sollen (Ludewig & Hartung, 2010). Ein systematischer Untersuchungsansatz mit einer Einzelorganbetrachtung von kranial nach kaudal wird für die Beurteilung von Röntgenaufnahmen von Falken empfohlen (Naldo & Samour, 2004).

### **2.3.4.3 Standardprojektionen und Durchführung**

Routinemäßig werden zwei Aufnahmen im 90° Winkel zueinander angefertigt, eine ventro-dorsale Aufnahme (v/d) und eine laterolaterale Aufnahme (l/l) (Beregi et al., 1999). Die exakte Lagerung ist von entscheidender Bedeutung für die Auswertbarkeit der Röntgenaufnahmen. Bei der v/d-Aufnahme wird auf eine gestreckte Körperhaltung mit möglichst exakter Überlagerung von Brustbein und Wirbelsäule geachtet. Bei der l/l-Aufnahme werden die Flügel nach dorsal gekippt und die Beine nach ventro-kaudal gestreckt, wobei die Beckenknochen übereinander liegen (Pees, 2008). Für die Beurteilung der Nieren empfiehlt McMillan (1994) in der l/l-Aufnahme eine gekippte Lagerung, um beide Nieren beurteilen zu können.

Wenn möglich sollten die Aufnahmen in der Inspirationsphase durchgeführt werden. Sowohl bei der v/d- als auch bei der l/l-Aufnahme bieten sich verschiedene Fixationsmöglichkeiten an (Krautwald et al., 1992b). Die manuelle Fixation ermöglicht eine schnelle Durchführung, was insbesondere bei gestressten und geschwächten Vögeln von Bedeutung ist (Pees, 2011). Die Verwendung von Röntgenfixationsplatten aus Plexiglas bietet sich aus Strahlenschutzgründen an. Diese Methode ermöglicht eine exakte Lagerung der Patienten, aber ist mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden, was insbesondere bei geschwächten Vögeln nachteilig sein kann (Krautwald et al., 1992b).

### **2.3.4.4 Darstellbarkeit der Nieren**

Auf der l/l-Aufnahme sind die Nieren als weichteildichter, länglicher Schatten kaudal der letzten Rippe sichtbar. Am kranialen Pol befinden sich die Gonaden, die je nach Aktivität unterschiedlich groß sind. Der kaudale Nierenpol wird vom Becken überlagert, welches eine exakte Abgrenzung schwierig macht. In der ventro-dorsalen Aufnahme sind die Nieren normalerweise nicht sichtbar. Falls sie dennoch sichtbar sind, deutet das auf eine pathologische Veränderung hin (Lierz, 2003a). Die Verdrängung der normalerweise dorsal gelegenen Ausbuchtung des Abdominalenluftsackes bei der l/l-Aufnahme ist hinweisend für

eine bilateral symmetrische Nephromegalie (McMillan, 1994). Eine Organvergrößerung ist häufig im Bereich des kranialen Nierenpols feststellbar, wobei es zu Abgrenzungsschwierigkeiten zwischen Niere und aktiven Gonaden kommen kann. Eine erhöhte Nierendichte kann u.a. auf Gicht und auf Dehydratation hinweisen (Pees, 2008).

### **2.3.4.5 Kontrastmitteluntersuchungen**

#### 2.3.4.5.1 Kontrastmittel

In der Vogelmedizin werden hauptsächlich Kontrastmittel verwendet, die die Röntgenstrahlenabsorption erhöhen, sogenannte positive Kontrastmittel. Eingesetzt werden v.a. Bariumsulfat und iodhaltige Kontrastmittel (Krautwald-Junghanns et al., 2009). Bariumsulfat wird ausschließlich oral zur Darstellung des Magen-Darm-Traktes angewendet bzw. kloakal. Größenveränderungen der Nieren, insbesondere Neoplasien, können mit Hilfe von oral verabreichten Kontrastmitteln durch renal bedingte Verlagerungen des Magen-Darm-Traktes nach ventral diagnostiziert werden (Krautwald et al., 1992c). Bei der intravasalen Kontrastmittelanwendung werden wasserlösliche Kontrastmittel in Form von Trijodbenzoesäurederivaten eingesetzt. Es werden heute überwiegend nichtionische, iodhaltige Kontrastmittel verwendet. Die nichtionischen Kontrastmittel sind besser verträglich und haben weniger unerwünschte Wirkungen als die früher verwendeten ionischen Kontrastmittel (Speck, 1992a). Eine Zusammenfassung über die Wirkungsweise und den Einsatz der gängigen Kontrastmittel in der medizinischen Diagnostik befindet sich in der Arbeit von Jakobsen (2007).

#### 2.3.4.5.2 Urographie

Die Kontrastmitteldarstellung der Exkretionsorgane (Urographie) ist in der Vogelmedizin aufgrund des Fehlens von Nierenbecken und Harnblase und der undeutlichen Trennung von Nierenrinde und Nierenmark von relativ geringer diagnostischer Aussagekraft (Krautwald-Junghanns et al., 2008). Die Qualität der Kontrastmitteldarstellung hängt insbesondere vom Iodgehalt und von der Fähigkeit der Nieren ab, das verwendete Kontrastmittel zu konzentrieren. Bei Vögeln ist unter physiologischen Bedingungen auf Grund des Nierenpfortaderkreislaufes mit einer raschen renalen Ausscheidung des Kontrastmittels zu rechnen, bei Niereninsuffizienz hingegen wird eine verzögerte renale Ausscheidung beobachtet (Krautwald-Junghanns et al., 2009).

Nach den Angaben von Krautwald-Junghanns et al. (2009) wird für die Urographie von Vogelpatienten eine Dosierung von 2ml/kg KGW mit einem Iodgehalt von 300-400mg Iod/ml,

dies entspricht einer Dosierung von 600-800mg Iod/kg KGW, empfohlen. Das Kontrastmittel wird dabei auf Körpertemperatur erwärmt und langsam i.v. injiziert, üblicherweise über die *V. ulnaris*. Bei allen iodhaltigen Kontrastmitteln ist auf eine ausreichende Aufrechterhaltung des Flüssigkeitshaushaltes zu achten (Krautwald-Junghanns et al., 2009). Carnarius (2009) hat für Falken verschiedene Kontrastmittelprotokolle untersucht. Für die kontrastmittelgestützte computertomographische Untersuchung der Leber von Falken werden Scanintervalle von 50 sek und 5 min bei einer Dosierung von 3 ml/kg Ultravist® 300 (entspricht einem Iodgehalt von 900mg/kg KGW) empfohlen (Carnarius, 2009). Bauer (2006) hat Kontrastmittelprotokolle für die Urographie von Tauben erarbeitet. Als Kontrastmittel wurde dabei Imagopaque 300® verwendet, ein wasserlösliches, nicht-ionisches, iodhaltiges Kontrastmittel mit einem Iodgehalt von 300mg/ml. Die Tauben erhielten zwischen 0,01 und 0,1ml Kontrastmittel pro 100g/KGW (entspricht einem Iodgehalt von 30 - 300 mg/kg KGW).

#### **2.3.4.6 Studien zur Röntgendiagnostik bei Vögeln**

Insbesondere zu anatomischen Fragestellungen sind im Vogelbereich sowohl röntgenologische als auch computertomographische und magnetresonanztomographische Studien veröffentlicht worden (Gamble, 2007; Krautwald-Junghanns et al., 1998a; Bartels et al., 2000; Stauber et al., 2007). Pees et al. (2009) haben einen Vergleich von Mammographieaufnahmen, konventionellen Röntgenaufnahmen und digitalen Röntgenaufnahmen von Vogelpatienten durchgeführt. Für feinere Knochenstrukturen werden Mammographiefolien und für Weichteilgewebe digitale Aufnahmen empfohlen.

Naldo & Samour (2004) haben 1702 Falken, hauptsächlich Sakerfalken (80 %), röntgenologisch untersucht. Von 1452 pathologischen Röntgenbefunden betrafen nur 2 % den Urogenitaltrakt, wobei dabei ausschließlich erhöhte Nierendichten mit und ohne Nephromegalie festgestellt wurden (Naldo & Samour, 2004). Rodriguez et al. (2010) haben röntgenologisch die Herzlänge und -breite ins Verhältnis zur Carinallänge, Korakoidbreite und Thoraxbreite gesetzt und festgestellt, dass sich die Falkenarten (Wanderfalken (*Falco peregrinus*), Sakerfalken (*Falco cherrug*) und Lannerfalken (*Falco biarmicus*)) in den gemessenen Größen nicht signifikant unterscheiden. Signifikante Unterschiede ergaben sich hingegen zwischen Wüstenbussarden (*Parabuteo unicinctus*) und den drei Falkenspezies (Rodriguez et al., 2010). Carnarius (2009) hat 68 Falken röntgenologisch untersucht und die im ventrodorsalen Strahlengang gemessene maximale Leberbreite ins Verhältnis zur Sternumlänge gesetzt und Referenzbereiche entwickelt. Bei den untersuchten Falken mit hochgradiger Leberamyloidose konnte eine signifikante Erhöhung des Leberbreite/Sternum-Ratios nachgewiesen werden (Carnarius, 2009).

## **2.3.5 Computertomographie bei Vögeln**

### **2.3.5.1 Allgemeines**

Die Computertomographie ist ein bildgebendes Verfahren, das mit Röntgenstrahlen überlagerungsfreie Schnittbilder erzeugt, die digital bearbeitet und in allen möglichen Ebenen, also multiplanar, rekonstruiert werden können (Helmer, 2006; Hathcock & Stickle, 1993).

Die emittierte Röntgenstrahlung durchdringt dabei den Patienten von verschiedenen Winkeln aus und wird von den gegenüberliegenden Detektoren aufgenommen. Je nach Gewebedichte wird die Röntgenstrahlung unterschiedlich stark abgeschwächt, woraus sich unterschiedliche Schwächungskoeffizienten ergeben. Die Schwächungskoeffizienten werden in CT-Werten relativ zur Schwächung von Wasser angegeben. Sie werden in Hounsfield Units (HU) ausgedrückt und in Graustufen für den Betrachter sichtbar gemacht. Je nach Fragestellung wird die Fensterung auf den interessierenden Bereich, z.B. Weichteile, eingestellt. Das Fensterzentrum (Window Level) wird dem mittleren CT-Wert der interessierenden Strukturen angenähert und mit der Fensterweite (Window Width) wird der sichtbare Kontrast gesteuert (Kalender, 2006a). Das klassische Weichteilfenster 350/40 hat eine Fenstermitte von 40 und eine Fensterweite von 350, d.h. es wird der Bereich 40 HU +/- 350 HU in Graustufen dargestellt (Sonntag & Mihaljevic, 2009).

Die Computertomographie eignet sich insbesondere zur Darstellung knöcherner Strukturen und wird mittlerweile vermehrt in der Kleintiermedizin eingesetzt. Laut Sonntag & Mihaljevic (2009) ergeben sich folgende Hauptindikationen für eine CT-Untersuchung:

- Neoplasien der Knochen und Weichteile
- Traumatisch bedingte Knochen- und Weichteilläsionen
- Entzündliche, degenerative, vaskuläre und kongenitale Pathologien, die zu radiologisch erfassbaren Gewebealterationen führen

In der Tiermedizin ist eine Sedation der Patienten erforderlich (Sonntag & Mihaljevic, 2009). Die Computertomographie wird in der Vogelmedizin noch nicht routinemäßig eingesetzt.

### **2.3.5.2 Aufbau und Prinzip der Spiral-CT**

Bei der konventionellen Computertomographie werden planare Einzelschichten aufgenommen und der Untersuchungstisch in den Aufnahmepausen eine bestimmte Strecke entlang der Patientenachse weiterbewegt. Die Daten für jede einzelne Schicht werden

separat erfasst und zu einem Bild rekonstruiert. Bei der Spiral-CT wird die Patientenliege mit konstanter Geschwindigkeit vorwärts bewegt, während Röntgenröhre und Detektoren kontinuierlich auf ihrer Kreisbahn rotieren. Aus der synchronen Bewegung von Patientenliege, Röntgenröhre und Detektoren resultiert eine helikale Abtastbewegung und ein Volumendatensatz, aus dem Bilder beliebig rekonstruiert werden können (Kalender, 1999; Grillenberger & Fritsch, 2007a). Die Spiral-CT wurde Ende der achtziger Jahre eingeführt und ist mittlerweile als Standard in der Computertomographie etabliert (Kalender et al., 1990).

### **2.3.5.3 Prozess der Bildentstehung**

Durch die Verwendung von spezifischen mathematischen Algorithmen werden den einzelnen Punkten aus den gemessenen Schwächungswerten Absorptionswerte zugeordnet, die dem Ausmaß der Schwächung an dieser Stelle entsprechen. Die heute angewandte Rekonstruktionsmethode ist die gefilterte Rückprojektion (Grillenberger & Fritsch, 2007b; Hathcock & Stickle, 1993).

### **2.3.5.4 Bearbeitungsmöglichkeiten und Auswertung**

Die Spiral-CT ermöglicht vielfältige Bearbeitungsmöglichkeiten (Fuchs et al., 2000; Kalender, 2006b; Ratib et al., 2009). Mit der multiplanaren Rekonstruktion (MPR) können gleichzeitig die transversale, dorsale und sagittale Ebene dargestellt werden. Die dorsale und sagittale Ebene wird dabei ausgehend von der transversalen Rohdatenebene erstellt. Die multiplanare Rekonstruktion erleichtert durch die gleichzeitige Betrachtung der drei Ebenen die anatomische Orientierung und ermöglicht die Betrachtung von Ebenen, die ansonsten nur über spezielle Lagerungen des Patienten während zusätzlicher Aufnahmen möglich wären (Grillenberger & Fritsch, 2007c; Ratib et al., 2009). Durch jeweils zwei Ebenen wird die dritte Ebene eingestellt und Messpunkte oder Messobjekte können definiert werden. An definierten Stellen können anschließend z.B. Dichtemessungen oder Größenmessungen durchgeführt werden. Dichtemessungen können entweder manuell über Erstellung von Meßflächen oder automatisch bei Gewebe mit relativ einheitlicher Dichte, wie z.B. dem Lungengewebe, durchgeführt werden (Ratib, et al., 2009; Krautwald-Junghanns et al., 1998b, 1998c).

Weitere Darstellungsmöglichkeiten sind u.a. die Maximum Intensity Projection, die Volumenvisualisierung und die virtuelle Endoskopie. Bei der Maximum Intensity Projection (MIP) wird in Projektionsrichtung jeweils der Punkt mit dem höchsten CT-Wert dargestellt, z.B. Knochen oder kontrastmittelgefüllte Gefäße (Grillenberger & Fritsch, 2007c). Die

Volumenvisualisierung (Volume Rendering) ist das am häufigsten verwendete Verfahren zur Darstellung von dreidimensionalen medizinischen Bildern. Mit der Volumenvisualisierung können unterschiedliche Ansichten von Objekten dargestellt werden. Die Einstellungen können so gewählt werden, dass z.B. nur die Haut oder nur die Muskeln zu sehen sind (Ratib et al., 2009). Jedem CT-Werteintervall werden Opazitäts- und Farbwerte zugeordnet. Durch den Einsatz von Farbintensitäten wird der 3D-Eindruck verstärkt (Kalender, 2006c). Bei der virtuellen Endoskopie wird ein Schwellendichtewert bestimmt, der die intra- und extraluminalen Strukturen rechnerisch trennt und die Betrachtung der inneren Oberfläche eines Hohlorgans und seine dreidimensionale Darstellung ermöglicht. Es werden dreidimensionale Ansichten von inneren anatomischen Strukturen rekonstruiert (Grillenberger & Fritsch, 2007c).

### **2.3.5.5 Studien zur Computertomographie bei Vögeln**

Einen Vergleich der Kopfregion von Psittaziden haben Krautwald-Junghanns et al. (1998a) durchgeführt, indem sie röntgenologisch und computertomographische Aufnahmen angefertigt haben. Es wurden Longitudinalaufnahmen angefertigt, um einen direkten Vergleich zu den laterolateralen Röntgenbildern zu haben und um die erforderliche Anzahl an Aufnahmen zu reduzieren. Mit der Computertomographie waren auch leichtere Veränderungen der oberen Atemwege erkennbar. Die Autoren empfehlen zur Untersuchung des oberen Atemtraktes zunächst Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen anzufertigen und bei negativem Befund eine computertomographische Untersuchung durchzuführen (Krautwald-Junghanns et al., 1998a). Desweiteren haben Krautwald-Junghanns et al. (1998b, 1998c) den unteren Respirationstrakt von Psittaziden computertomographisch untersucht. Es wurden Volumen- und Dichtemessungen der Lungen durchgeführt. Hierfür wurde der Lungenbereich manuell umfahren und über die bekannte Schichtdicke das Volumen ausgerechnet. Als Normalwertbereich für den Dichtemittelwert der Lungen der untersuchten Vögel wurde ein Bereich von -600 HE bis -650 HE angegeben. Zur Beurteilung der Lungen ist aber die Betrachtung weiterer Parameter notwendig, z.B. die Darstellung des Lungenparenchyms, der großen Bronchen und Lungengefäße und die Messung von Dichtewerten einzelner Lungenbereiche (Krautwald-Junghanns et al., 1998b).

Carnarius (2009) hat verschiedene Methoden zur Leberdiagnostik von Falken untersucht, u.a. wurden Röntgenaufnahmen und computertomographische Aufnahmen angefertigt. Es wurden Größen- und Dichtemessungen der Leber durchgeführt. Die Messung der laterolateralen Leberausdehnung im transversalen Schnittbild hat sich für die Verwendung von Größenratios als geeignet und aussagefähig erwiesen. Eine statistisch signifikante

Größenzunahme der Leber (Leber/Sternum-Ratio) konnte bei Falken mit hochgradiger Amyloidose und hochgradiger Lebernekrose nachgewiesen werden. Die gemessenen Leberdichten unterschieden sich nicht signifikant zwischen den verschiedenen Falkenspezies und auch nicht zwischen männlichen und weiblichen Falken. Die Dichtewerte des rechten und linken Leberlappens wiesen eine statistisch signifikante Korrelation auf, wobei die Dichte des linken Leberlappens in den Nativaufnahmen und in den Kontrastmittelaufnahmen signifikant größer war als die Dichte des rechten Leberlappens (Carnarius, 2009).

Bauer (2006) hat 30 Tauben röntgenologisch und mittels Computertomographie untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, den Harntrakt der Taube zu beschreiben und CT-Untersuchungsprotokolle mit standardisierter Kontrastmittelgabe zu erarbeiten. Es wurden Nativaufnahmen und ein bis drei Kontrastmittelserien angefertigt, wobei der Abstand zwischen den Kontrastmittelserien variierte. Es wurde sowohl eine subjektive Einschätzung der Kontrastmittelanreicherung in den Nieren als auch eine Dichtemessung des Nierenparenchyms an nicht näher definierten Messpunkten in der Transversalebene durchgeführt. Für die native Niere wurde eine Dichte von 35-60 HU gemessen. Es wurde festgestellt, dass ein Dichteunterschied von 90 HU benötigt wird, um subjektiv eine sehr gute Anreicherung zu empfinden. Laut den Ergebnissen der Untersuchung scheint die subjektive Einschätzung geeignet zu sein, um eine Übersicht über die Kontrastmittelanreicherung im Nierenparenchym und in den Ureteren zu erhalten. Es wurden Dichteunterschiede im Verlaufe der drei Kontrastmittelserien gemessen, die daraufhin deuten, dass die Ausscheidung in der rechten und linken Niere und innerhalb des Nierenparenchyms unterschiedlich schnell verläuft. Bis zum Untersuchungsende nach 20 min konnte Kontrastmittel im Harntrakt der Tauben nachgewiesen werden. Eine Dosis von 0,05ml Imagopaque 300<sup>®</sup> pro 100g Körpergewicht wird als ausreichend angesehen und für die computertomographische Untersuchung des Harntraktes der Taube empfohlen (Bauer, 2006).

### **2.3.6 Endoskopische Untersuchung**

#### **2.3.6.1 Allgemeines zur Endoskopie bei Vögeln**

Aufgrund des Luftsacksystems sind Vögel für die endoskopische Untersuchung sehr gut geeignet. Bei Vögeln muss nicht wie bei Säugetieren zusätzlich Luft in den Körper insuffliert werden, um die inneren Organe beurteilen zu können (Böttcher, 1980; Lumeij et al., 1985). Ursprünglich wurde die Endoskopie in der Vogelmedizin hauptsächlich zur

Geschlechtsbestimmung bei monomorphen Arten verwendet (Heidenreich, 1978; Harrison, 1978). Heutzutage stellt die Endoskopie in der Vogelmedizin eine Routineuntersuchung dar, die seit der Verwendung von Isofluran als Narkosegas auch ohne größere Narkoserisiken durchgeführt werden kann (Hochleithner & Hochleithner, 1995). Es können die inneren Organe direkt dargestellt und hinsichtlich Größe, Form und Farbe beurteilt werden und geringgradige Veränderungen können erkannt werden, bevor diese im Röntgenbild oder anhand von Blutwertveränderungen feststellbar sind (Lierz, 2011). Es wird empfohlen, die Erkenntnisse aus der Endoskopie mit anderen diagnostischen Untersuchungsmethoden zu ergänzen. Vor der Durchführung der endoskopischen Untersuchung ist eine Röntgenaufnahme anzufertigen, um Kontraindikationen für eine endoskopische Untersuchung, wie z.B. Aszites, auszuschließen. Die Erkenntnisse aus dem Röntgen sind auch für die Wahl des endoskopischen Zugangs von Bedeutung. Es wird in Abhängigkeit von der Vogelart und Vogelgröße eine präendoskopische Nahrungskarenz empfohlen. Ein gefüllter Magendarmtrakt behindert durch seine Größenausdehnung die Visualisierung der umliegenden Organe und das Gesichtsfeld während der Endoskopie wird eingeschränkt. Bei gefülltem Magendarmtrakt besteht zusätzlich ein höheres Narkoserisiko durch die Aspirationsgefahr von hochgewürgtem Nahrungsbrei (Lumeij et al., 1985; Lierz, 2008).

In der Vogelmedizin werden in der Regel starre Endoskope mit oder ohne Winkelung der Endoskopspitze verwendet. Als Standardzugang für die Beurteilung der inneren Organe wird der Zugang von der linken Körperseite entweder zwischen den beiden letzten Rippen oder im Dreieck zwischen *Musculus iliotibialis*, Wirbelsäule und letzter Rippe gewählt, da das Geschlecht der Vögel bzw. die Aktivität der Gonaden beurteilt werden kann und die meisten weiblichen Vögel nur ein linkes Ovar ausgebildet haben (Lierz, 2008). Liefert das Röntgenbild Hinweise auf bestimmte Organveränderungen, so kann stattdessen ein spezieller Zugang gewählt werden, z.B. bei Leberveränderung der Zugang von der Medianen kaudal des Sternums (Lumeij et al., 1985). Eine gute Übersicht über das geeignete Instrumentarium und über die verschiedenen Zugangsmöglichkeiten befindet sich bei Lierz (2006).

Die endoskopisch geführte Biopsie ermöglicht die Probenentnahme unter direkter visueller Kontrolle (Lierz, 2008). Durch den Arbeitskanal des Endoskops kann die Biopsiezange eingeführt werden, ohne das Sichtfeld zu verändern. Die Probenentnahme sollte vom Organrand oder bei fokalen Veränderungen vom äußeren Rand der Veränderung erfolgen (Lierz, 2006). Blutprobenentnahmen sollten vor der Endoskopie durchgeführt werden, da

insbesondere Leberbiopsien zu einer Veränderung einiger Blutwerte führen können (Lierz, et al., 1998).

### **2.3.6.2 Endoskopische Untersuchung der Nieren und Nierenbiopsie**

Die Niere kann durch die oben erwähnten Standardzugänge von der jeweiligen Körperseite aus dargestellt werden. Von diesen Zugängen aus kann die Niere der anderen Körperseite nicht beurteilt werden. Die Nieren sind von braun-roter Farbe. Bei adipösen Vögeln kann die Niere diffus gelb erscheinen. Sternförmige Tubuli sind i.d.R. bei unveränderten Nieren auf der Oberfläche sichtbar. Gelblich-weiße Ablagerungen sind häufig durch Harnsäurekristalle verursacht und können auf eine Dehydratation oder auf eine Nierengicht hinweisen. Bei dehydrierten Vögeln sind diese gelblich-weißen Ablagerungen bei ausreichender Flüssigkeitssubstitution nicht mehr sichtbar, wohingegen sie bei Gicht unverändert bestehen bleiben. Nierenabszesse und -zysten stellen sich als gelbe runde Strukturen dar (Lierz, 2006).

Lierz (1999) hat Untersuchungen an aufgefundenen Greifvögeln und Eulen aus der Wildbahn durchgeführt und dabei 72 Tiere endoskopisch untersucht. 14 Tiere (19,4 %) waren dabei ohne besonderen Befund und die restlichen 58 Tiere (80,6 %) hatten einen oder mehrere endoskopische Befunde. 17 Tiere (23,6 %) hatten endoskopisch feststellbare Veränderungen an den Nieren, davon wurden 13 Tiere (76,5 %) mit Nierengicht und jeweils zwei Tiere (je 2,8 %) mit Nierenzysten und Nierenschwellungen diagnostiziert.

Müller et al. (2004) haben endoskopische Untersuchungen mit Nierenbiopsien an 89 Greifvögeln und Eulen aus der Wildbahn durchgeführt und die Proben histologisch untersucht. Es wurde ein lateraler Zugang von der linken Körperseite gewählt und die linke Niere wurde im kranialen und teilweise auch im kaudalen Nierenbereich biopsiert. Insgesamt wurden 126 Biopsieproben entnommen, wovon 113 Proben histologisch ausgewertet werden konnten. Standardmäßig wurden HE- und Giemsa-Färbungen durchgeführt und bei Bedarf wurden zusätzliche Spezialfärbungen angefertigt. 76 der 89 Vögel (85 %) hatten keine makroskopischen Auffälligkeiten an den Nieren. Histologisch wiesen 66 Proben (74 %) eine oder mehrere pathologische Veränderungen auf. Am häufigsten traten subkapsuläre Blutungen (29 %), gefolgt von Entzündungserscheinungen (24 %) auf. Bei 96 der 126 Biopsieproben (76%) bestand ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der endoskopischen und histologischen Untersuchung. Die endoskopisch festgestellten Harnsäureablagerungen konnten aber histologisch nicht bestätigt werden. Die Autoren haben sich für einen einseitigen Zugang entschieden, um die Untersuchungszeit und das

Narkoserisiko zu reduzieren. Da sie aber hauptsächlich lokale Veränderungen an den Nieren diagnostiziert haben, empfehlen sie für eine umfassende Nierendiagnose eine beidseitige endoskopische Untersuchung (Müller et al., 2004).

Suedmeyer & Bermudez (1996) beschreiben eine Nierenbiopsiemethode bei Vögeln mit chirurgischem Zugang von dorsal. Für diese Biopsiemethode wird chirurgisches Instrumentarium, ein Dremel zur Perforation des Beckenknochens und eine 2 mm-Standardbiopsiezange benötigt. Der Zugang erfolgt über einen Hautlappenschnitt dorsal des Beckens in Höhe des kaudalen Nierenbereiches. Mit dem Dremel wird ein 3-5 mm großes Loch in den Beckenknochen gefräst und das Knochenmaterial so weit entfernt, dass die Biopsiezange eingeführt und die Niere biopsiert werden kann. Die Autoren haben diese Vorgehensweise bei 31 Vögeln (Hühnervögel, Tauben und Enten) protokolliert und Harnsäurewerte vor und drei Tage nach der Operation bestimmt. Bei den Harnsäurewerten gab es sowohl Erhöhungen als auch Erniedrigungen im Vergleich zu den Referenzwerten. Nach Interpretation der Autoren waren die Werte weitestgehend unverändert durch die Nierenbiopsie. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug acht Minuten. Bei drei Biopsieproben konnten keine Glomeruli im Probenmaterial festgestellt werden. Die beschriebene Methode ist kostengünstig und ohne aufwendige Geräte durchführbar. Hierbei wird ein Trauma im Beckenbereich mit potentieller Infektionsgefahr verursacht. Die Niere kann nicht visuell betrachtet werden und die Biopsie kann auch nicht gezielt aus bestimmten Bereichen entnommen werden (Suedmeyer & Bermudez, 1996).

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Untersuchungstiere

In die vorliegende Arbeit wurden 48 Falken aus einem Zuchtbestand in Deutschland einbezogen. Es handelte sich um Ger\*Saker-Hybriden (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), Gerfalken (*Falco rusticolus*), Sakerfalken (*Falco cherrug*), Wanderfalken (*Falco peregrinus*) und Lannerfalken (*Falco biarmicus*). Es handelte sich um Jungvögel und Altvögel beiderlei Geschlechts, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Anzahl, Alter und Geschlechterverteilung der untersuchten 48 Falken

Falkenarten	Anzahl insg.	weibliche Vögel	männliche Vögel	Jungvögel insg. ( $\leq 1$ Jahr)	Altvögel insg. ( $> 1$ Jahr)
Ger*Saker-Hybriden	28	10	18	12	16
Gerfalken	12	7	5	0	12
Sakerfalken	4	3	1	0	4
Wanderfalken	2	2	0	0	2
Lannerfalken	2	1	1	0	2

Die Vögel wurden an einem Standort unter nahezu identischen Haltungs- und Fütterungsbedingungen paarweise oder einzeln in Außenvolieren gehalten. Als Futter wurden hauptsächlich selbst aufgezogene, vier Wochen alte Hähnchen verwendet. Die Daten wurden am Institut für Geflügelkrankheiten in dem Zeitraum von September 2005 bis Februar 2006 erhoben (Carnarius, 2009). Anamnestisch war bekannt, dass in dem Bestand vermehrt Leber- und Nierenprobleme aufgetreten sind. Blut- und Laborwerte, Röntgenbilder, computertomographische Daten, Endoskopiebefunde und histologische Nierenbiopsieergebnisse wurden in die Untersuchung miteinbezogen. Die Röntgenbilder und die computertomographischen Daten wurden von der Autorin ausgewertet und die histologische Untersuchung fand in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierpathologie der Freien Universität Berlin statt. Die Blut- und Laborwerte und die Ergebnisse der endoskopischen Untersuchung wurden von Carnarius (2009) übernommen.

## **3.2 Untersuchungsablauf**

Die Identität der einzelnen Falken wurde mit Hilfe der Ringnummer, der CITES-Bescheinigungen und des Habitus überprüft und jedem Falken wurde eine interne, fortlaufende Patientenummer zugewiesen. Ebenso wurden das Alter und das Geschlecht überprüft, wobei für die Altersbestimmung die Jahresangabe des Fußringes mit dem Schlupfdatum der CITES-Bescheinigung und mit dem Federkleid abgestimmt wurde. Die Altersangabe ein Jahr bezieht sich auf Jungvögel mit Schlupfdatum 2005, auch wenn sie zum Zeitpunkt der Untersuchung noch unter zwölf Monate alt waren. Das Geschlecht des Tieres war aus den CITES-Bescheinigungen zu entnehmen und wurde bei der endoskopischen Untersuchung überprüft. Das Gewicht der Tiere wurde während der ersten Narkose ermittelt und auf zehn Gramm gerundet. Die Tiere wurden einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen. Auffälligkeiten wurden im Untersuchungsprotokoll festgehalten. Die speziellen Untersuchungen wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Am ersten Tag wurden die Blutentnahme, das Röntgen und die computertomographische Untersuchung durchgeführt. Am zweiten Tag folgte die endoskopische Untersuchung mit Nierenbiopsie.

## **3.3 Narkose**

### **3.3.1 Inhalationsnarkose**

Bei der Blutentnahme, beim Röntgen und bei der Endoskopie wurden die Falken mittels Inhalationsnarkose mit Isofluran im halboffenen System anästhesiert. Die Narkoseeinleitung erfolgte mit 5 % Volumenanteilen Isofluran sowie 0,7 l/min Sauerstoff und 1,5 l/min Druckluft. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte mit ca. 2,5 % Volumenanteilen Isofluran im gleichen Trägergas über die Dauer der jeweiligen Untersuchung. Bei der endoskopischen Untersuchung war das Erreichen des chirurgischen Toleranzstadiums notwendig. Die Narkoseausleitung erfolgte durch Schließen der Isofluranzufuhr. Die Vögel wurden bis zum vollständigen Aufwachen überwacht.

Narkosegerät: Typ Nr. 8201405, Drägerwerk AG, Lübeck

Inhalationsnarkotikum: Isoflo<sup>®</sup>, ABBOTT Laboratories Ltd., Queenborough-Kent, UK

Narkosemaske: Kleintiermaske für Katzen, mittel, 57 mm, Heiland Vet GmbH & Co. KG, Hamburg

### 3.3.2 Injektionsnarkose

Die computertomographische Untersuchung erfolgte unter Injektionsnarkose, da die Untersuchung in einer humanmedizinischen Klinik durchgeführt wurde und dort kein Inhalationsnarkosegerät für Tiere zur Verfügung stand. Als Injektionsnarkotikum wurde eine Mischung aus Ketamin und Xylazin verwendet (Ketamin 7 mg/kg KGW und Xylazin 0,6 mg/kg KGW) (Lierz, 2005). Die Injektion der Narkotika erfolgte in die *Vena ulnaris* oder in die *Vena metatarsalis plantaris superficialis*.

Injektionsnarkotika:

Ketamin Gräub 10 %, Hersteller Dr. E. Gräub AG, Bern, Pharmazeutischer Unternehmer: A. Albrecht GmbH & Co. KG, Aulendorf

Xylazin 2 %, CEVA Tiergesundheit GmbH, Düsseldorf

Desinfektion: Kodan Tinktur Forte Farblos, Schülke & Meyer GmbH, Norderstedt

Spritzen zur Injektion: Omnican F<sup>®</sup> Feindosierspritze, B. Braun Melsungen AG, Melsungen

### 3.4 Histologische Untersuchung

Die histologische Untersuchung fand durch die Autorin unter Anleitung eines erfahrenen Pathologen am Institut für Tierpathologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin statt. Untersucht wurden die Nierenbiopsate in der Hämatoxylin-Eosin-Färbung (HE-Färbung, mit Hansens Hämalaun) und in der Kongorotfärbung von Bennhold (1922) modifiziert nach Puchtler et al. (1962). Die endoskopisch gewonnenen Biopsieproben wurden zunächst in 5 %-igem Formaldehyd für 24 Stunden fixiert. Anschließend wurden die Proben entwässert und in Paraffin eingebettet. Es wurden 3 µm dicke Schnittpräparate für die HE-Färbung und zusätzlich 1 µm dicke Schnittpräparate für den Amyloidnachweis mit Kongorot angefertigt. Die Kongorotschnitte wurden im Lichtmikroskop und unter dem Polarisationsmikroskop betrachtet. Die Gradeinteilung der Amyloidablagerung erfolgte unter dem Polarisationsmikroskop. Bei den im HE-Präparat nachgewiesenen Proben mit Pigmentablagerungen wurden zusätzlich Turnbull-Blau-Färbungen zum Nachweis von Eisenablagerungen angefertigt (Mulisch & Welsch, 2010). Die Ergebnisse der histologischen Untersuchung wurden tabellarisch dokumentiert und mit folgenden Gradeinteilungen angegeben:

- Grad 0 = negativ
- Grad 1 = minimal
- Grad 2 = geringgradig
- Grad 3 = mittelgradig
- Grad 4 = hochgradig

Anhand der histologischen Untersuchung erfolgte die Einteilung der Falken in zwei Gruppen, in die Gruppe der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen, genannt Gruppe A, oder in die Gruppe der Tiere mit histopathologischen Nierenveränderungen, genannt Gruppe B. Die histologische Untersuchung der Nierenbiopate bildete die Grundlage für den Vergleich der verschiedenen Untersuchungsmethoden zur Nierendiagnostik.

Mikroskop: Olympus CX 21

Polarisationsmikroskop: Olympus BX 41

### **3.5 Blutuntersuchung**

#### **3.5.1 Blutentnahme und -aufbereitung**

Um Blutwertveränderungen durch die spezielle Untersuchung sowie die Biopsie auszuschließen, fand die Blutentnahme zu Beginn der Untersuchungen statt. Als Blutentnahmestelle wurde die rechte Jugularvene (*Vena jugularis dextra*) und in Ausnahmefällen auch die linke Jugularvene (*Vena jugularis sinistra*) gewählt. Es wurden für die Blutuntersuchungen ca. 1,5 - 2 ml für die Serumgewinnung (präparierte Serumröhrchen), ca. 0,1 ml für die Hämatokritbestimmung (Mikrokapillaren) und ca. 0,1 - 0,2 ml für die Anfertigung von Blutaussstrichen benötigt.

Spritzen: Terumo® Syringe 5ml, Terumo Europe N. V., Leuven, Belgium

Kanülen: Neolus® 22G x 1 ¼ (07 x 30 mm), BSN medical GmbH & Co. KG, Hamburg

Desinfektion: Kodan Tinktur Forte Farblos, Schülke & Meyer GmbH, Norderstedt

Blutprobenröhrchen: Röhrchen zur Serumgewinnung mit Gerinnungsaktivator und Präparierungsträger, 10 ml, SARSTEDT AG & Co. Nümbrecht

Objektträger: Menzel-Gläser, geschnitten/Mattrand, Menzel GmbH & Co. KG, Braunschweig

### **3.5.2 Hämatologie**

Die Auswertung der Blutbildparameter erfolgte getrennt für jede Falkenart. Die Werte wurden mit den in der Literatur angegebenen Referenzwerten verglichen: Ger\*Saker-Hybriden (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*) (Müller et al., 2005), Gerfalken (*Falco rusticolus*), Sakerfalken (*Falco cherrug*) und Wanderfalken (*Falco peregrinus*) (Wernery et al., 2004), Lannerfalken (*Falco biarmicus*) (Chitty & Lierz, 2008).

#### **3.5.2.1 Hämatokrit**

Die Bestimmung des Hämatokrits erfolgte über Mikrokapillaren, die zu 50 - 75 % mit Vollblut aufgezogen wurden, mit Verschlusskitt verschlossen und bei 7000 U/min fünf Minuten lang zentrifugiert wurden. Die Ablesung des Hämatokrits erfolgte mit Hilfe einer gerätespezifischen Schablone und wurde in Prozent angegeben.

Mikro-Hämatokritröhrchen: Assistent<sup>®</sup>, Na-heparinisiert, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen

Verschlusskitt für Hämatokrit-Kapillaren: Hettich Zentrifugen, Tuttlingen

Hämatokrit-Zentrifuge: Haematokrit 20, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen

#### **3.5.2.2 Leukozytenschätzung**

Die Leukozytenschätzung wurde nach den Vorgaben von Lane (1991) an den gefärbten und fixierten Blutaussstrichen durchgeführt (modifizierte Wright-Giemsa-Färbung nach Samour (2006)). Die Leukozyten wurden in zehn Gesichtsfelder mit vierhundertfacher Vergrößerung gezählt. Die Ergebnisse, angegeben als Gesamtleukozytenzahl pro µl Blut, wurden nach den Vorgaben von Christen et al. (2011) ermittelt. Dafür wurden die Einzelergebnisse von zehn Gesichtsfeldern addiert und mit dem Faktor 200 multipliziert.

Mikroskop: Leica DM 4000B, Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Wetzlar

### **3.5.3 Blutchemie**

Zentrifuge: Minifuge GL, Typ 4400, Heraeus Christ GmbH

Das Blut in den speziellen Röhrchen zur Serumgewinnung wurde abzentrifugiert, versendet und mit einem Modular<sup>®</sup> Analytics Evo P 800 der Firma Roche untersucht. Im Folgenden sind die untersuchten Blutwerte alphabetisch aufgeführt und mit der jeweiligen Bestimmungsmethode angegeben (IDEXX Vet Med Labor GmbH, 2013):

- Albumin in g/dl (Bromcresolgrün-Methode)
- Anorganisches Phosphat mmol/l (Ammoniummolybdat-Methode)
- Kalzium mmol/l (Cresolphthalein-Complex-Methode)
- Gesamtweiß in g/dl (Biuret-Methode)
- Harnsäure mg/dl (Enzymatischer Farbttest)
- Harnstoff-Stickstoff mg/dl (Kinetischer UV-Test)
- Kalium mmol/l (Ionenselektive Elektrode)

Die Beurteilung der blutchemischen Werte erfolgte getrennt für jede Falkenart anhand der in der Literatur angegebenen Referenzwerte: Ger\*Saker-Hybriden (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*) (Lierz & Hafez, 2006), Gerfalken (*Falco rusticolus*) (Lierz, 2003b), Sakerfalken (*Falco cherrug*) (Lierz, 2002; Chitty & Lierz, 2008), Lannerfalken (*Falco biarmicus*) (Chitty & Lierz, 2008), Wanderfalken (*Falco peregrinus*) (Lumeij et al., 1998; Lierz & Hafez, 2006).

### **3.6 Röntgenuntersuchung**

#### **3.6.1 Durchführung**

Die Röntgenbilder wurden unter Inhalationsnarkose angefertigt, um eine konstante Lagerung zu gewährleisten. Die Vögel wurden manuell von zwei Personen fixiert. Vor der Röntgenuntersuchung fasteten die Patienten mindestens 16 Stunden. Es wurden jeweils zwei Röntgenaufnahmen des gesamten Körpers angefertigt, eine im ventrodorsalen (v/d) und eine im laterolateralen (l/l) Strahlengang. Im v/d-Strahlengang wurde auf eine exakte Überlagerung von Brustbein und Wirbelsäule geachtet. Beim l/l Strahlengang wurde der Vogel routinemäßig auf seine linke Körperseite gelegt und es wurde darauf geachtet, dass der Vogel im Beckenbereich symmetrisch gelagert war. Es wurden Mammographiefilme ohne Raster verwendet und der Vogel wurde direkt auf die Röntgenkassette mit enthaltenem Röntgenfilm gelegt. Für alle Falken wurden identische Röntgeneinstellungen bei beiden Aufnahmen verwendet (40 kV und 16 mAs).

Röntgengerät: Collimax X-Ray Collimator, Model r-120H, Collimax Corporation, Tokyo, Japan

Röntgenfilme: Fuji Medical X-Ray Film 100 NIF 24 x 30 cm, UM-MA HC For Mammography, Fuji Photo Film Co., Ltd., Tokyo Japan

Röntgenkassetten: Fuji EC-MA Cassette 24 x 30 cm, UM MAMMO FINE, Fuji Photo Film Co., Ltd., Tokyo, Japan

Entwicklungsmaschine: Optimax X-Ray Film Processor, Modell 1170-1-0000, PROTEC Medizintechnik GmbH & Co. KG, Oberstenfeld

Entwickler: Adefo Mediroll Entwicklerkonzentrat, Adefo-Chemie GmbH, Nürnberg

Fixierer: Adefofix Fixierkonzentrat, Adefo-Chemie GmbH, Dietzenbach

Röntgenaufnahmen: Standardaufnahmen v/d und l/l

Röntgeneinstellungen: 40 kV und 16 mAs

### **3.6.2 Beurteilung und Messung**

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte unabhängig von den Ergebnissen der anderen Untersuchungen. Die Röntgenbilder wurden unter besonderer Berücksichtigung der Nieren beurteilt. Sämtliche Größenmessungen wurden von ein und derselben Person durchgeführt. Im Durchlicht wurden die entsprechenden Größen mittels Bleistift auf ein weißes Papier übertragen und anschließend mittels Lineal ausgemessen und in ganzen mm angegeben. Die Röntgenbilder wurden nach Falkennummer sortiert fortlaufend bearbeitet und die ersten zehn Falken wurden zur Überprüfung der Messgenauigkeit am Ende noch einmal überprüft. In der v/d-Aufnahme wurden die Humerusschaftbreite und die Femurschaftbreite auf der linken Körperseite jeweils in der Schaftmitte senkrecht zur Schaftachse und die Symsakrumbreite an der maximalen seitlichen Symsakrumausdehnung und der Brustwirbelsäulenabschnitt zwischen drittem und sechstem Rippenpaar gemessen. In der l/l-Aufnahme erfolgten anschließend die Messungen der maximalen Sternumlänge beginnend am kranialen Rand der *Carina sterni* bis zur kaudalen Spitze der *Carina sterni* und die Messungen der Nierenlänge und der Nierenhöhe. Es wurde die Länge der Niere mittig vom kranialen zum kaudalen Pol und die Höhe in der kranialen Nierendivision quer zur Längsachse anhand der maximalen ventrodorsalen Nierenausdehnung bestimmt. Hierbei wurde die Niere als Ganzes betrachtet. Eine getrennte Betrachtung von rechter und linker Niere war nicht möglich.

Im Folgenden sind die durchgeführten Messungen in der v/d- und in der l/l-Aufnahme zur Veranschaulichung dargestellt (Abbildungen 1 und 2).

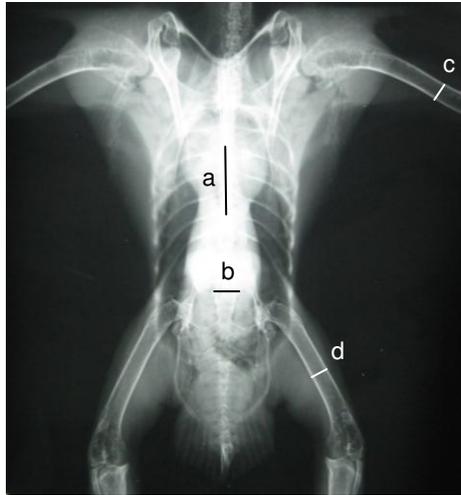


Abbildung 1: Falke-Nr. 50, Ger\*Saker-Hybridfalke, Exemplarisches Röntgenbild v/d, Messung von Brustwirbelsäulenabschnitt (a), Synsakrumbreite (b), Humerusschaftbreite (c) und Femurschaftbreite (d)

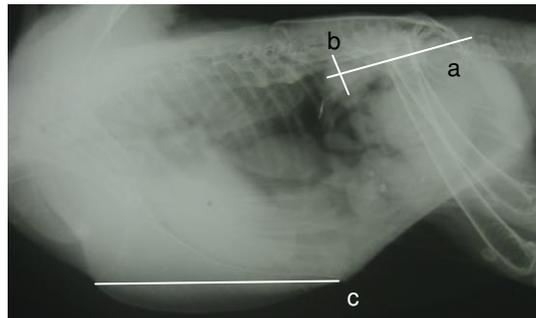


Abbildung 2: Falke-Nr. 36, Ger\*Saker-Hybridfalke, Exemplarisches Röntgenbild l/l, Messung von Nierenlänge (a), Nierenhöhe (b) und Sternum (c)

Die Dichte des Nierenschattens als Hinweis auf eine Einschätzung der Nierendichte wurde in der laterolateralen Aufnahme von zwei Tierärzten, einer Doktorandin im ersten Jahr nach der Approbation (genannt unerfahrene Person) und einem leitenden Tierarzt mit mehrjähriger Klinik- und Lehrtätigkeit in der Vogelmedizin (genannt erfahrene Person), unabhängig voneinander beurteilt. Es wurde zwischen „ohne besonderen Befund“ und „verdichtet“ unterschieden.

## **3.7 Computertomographie**

### **3.7.1 Technische Daten und Durchführung der CT-Untersuchung**

Bei dem verwendeten Computertomographen handelte es sich um ein Gerät der dritten Generation, einen Spiral-Computertomographen. Die Aufnahmen wurden im Helikal-Modus akquiriert. Diese Datengewinnung ermöglichte eine Darstellung in Form der multiplanaren Rekonstruktion (MPR). Die narkotisierten Vögel wurden in Rückenlage mit dem Kopf zur Gantry positioniert. Es wurde die Transversalebene zuerst nativ angefertigt und anschließend folgten zwei Kontrastmittelaufnahmen nach 50 Sekunden und nach 5 Minuten. Das Kontrastmittel wurde über einen Venenverweilkatheter in einer Dosierung von 3 ml/kg KGW (900 mg Iod/kg KGW) injiziert. Die Sicherung der Daten erfolgte auf CD-R als DICOM-Datensatz.

Computertomograph: Siemens SOMATOM Sensation 16

Schichtdicke: 0,75 mm

Spannung: 120 kV

Milliampersekundenprodukt: 180 mAs

Kontrastmittel: Ultravist 300<sup>®</sup>, mit Iopromidium 623 g, entspricht einem Iodgehalt von 300 mg/ml, Schering Deutschland GmbH, Berlin

Venenverweilkatheter: VasoVet<sup>®</sup> 22G x 1“ (0,9 x 25 mm), Firma B. Braun Melsungen AG, Melsungen

### **3.7.2 CT-Messungen**

#### **3.7.2.1 Vorgehensweise**

Die Messung und Beurteilung der CT-Bilder erfolgte unabhängig von den Ergebnissen der anderen Untersuchungen durch ein und dieselbe Person. Verwendet wurde die Open-Source-Software Osirix, ein DICOM-Viewer 32-bit auf einem MacBook Pro, 17-Zoll. Die Patienten wurden nach Falkennummer sortiert fortlaufend beurteilt. Die gemessenen computertomographischen Werte wurden unmittelbar nach jeder Messung an einem zweiten Computer manuell in das Statistikprogramm PASW eingegeben und nach der Eingabe nochmals mit den Messwerten in Osirix verglichen.

Die Bilder wurden in der MPR-Ansicht (multiplanare Rekonstruktion) geöffnet, so dass jeweils eine Serie, d.h. entweder die Nativbilder, die Kontrastmittelserie nach 50 sek oder die Kontrastmittelserie nach 5 min, in drei Fenstern in der sagittalen, dorsalen und transversalen Ansicht gleichzeitig zu sehen waren. In jeweils zwei der drei Ebenen bzw. Fenstern erfolgte die Ausrichtung der Körperachse, so dass die dritte Ebene durch die anderen beiden Ebenen eingestellt wurde und die Messungen in dieser Ebene erfolgen konnten. Die Achseneinstellung erfolgte je nach Fragestellung und für jede Serie separat. Als Fenstereinstellung wurde das Weichteilfenster mit einer Fenstermitte von 40 HE und einer Fensterweite von 350 HE gewählt (Sonntag & Mihaljevic, 2009). Diese Fenstereinstellung wurde bei allen drei Serien verwendet und erwies sich auch als geeignet zur Messung der knöchernen Strukturen. Lediglich um sicherzustellen, dass keine Kontrastmittelgefüllten Ureteräste mit in den Messbereich der Nierendichtemessung einbezogen wurden, wurde bei den Kontrastmittelaufnahmen zusätzlich die Fenstermitte und Fensterweite so angepasst, dass stärker Kontrastmittelgefüllte Gebiete deutlicher dargestellt wurden.

Beispielhaft sind für die drei Ebenen häufig verwendete Ebeneneinstellungen dargestellt (Abbildungen 3, 4, 5 und 6).

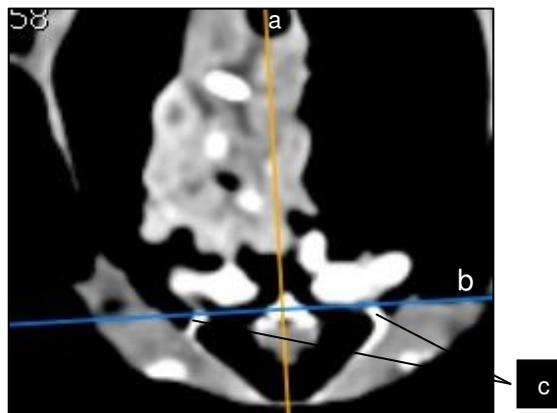


Abbildung 3: CT, transversale Ebene beispielhaft dargestellt, Ger\*Saker-Hybridfalke, Linien a und b zur Ebeneneinstellung entlang des ventralen Beckenrandes (c)

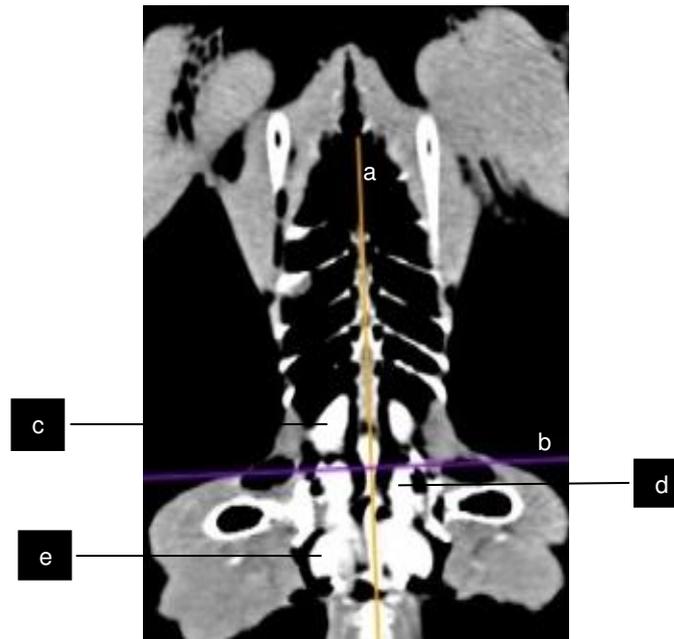


Abbildung 4: CT, dorsale Ebene beispielhaft dargestellt, Ger\*Saker-Hybridfalke, Linien a und b zur Ebeneneinstellung entlang der Wirbelsäule in Nierenhöhe, c = kraniale Nierendivision, d = mittlere Nierendivision, e = kaudale Nierendivision

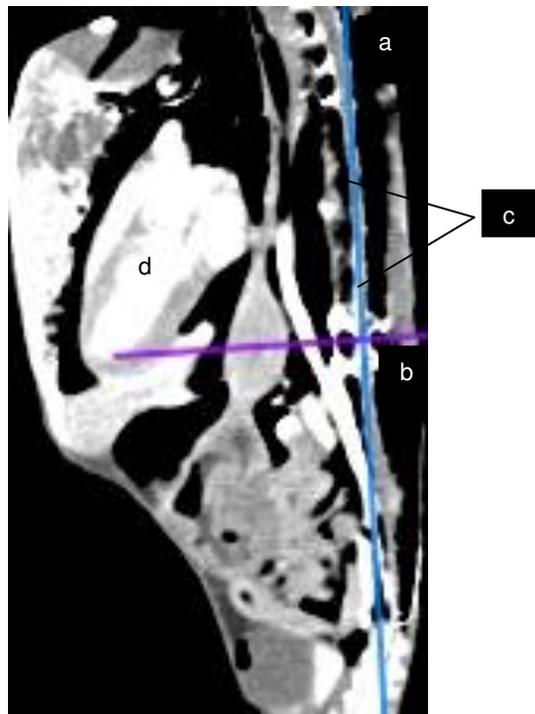


Abbildung 5: CT, sagittale Ebene beispielhaft dargestellt, Ger\*Saker-Hybridfalke, Linien a und b zur Ebeneneinstellung der Wirbelsäule (c), d = Herz

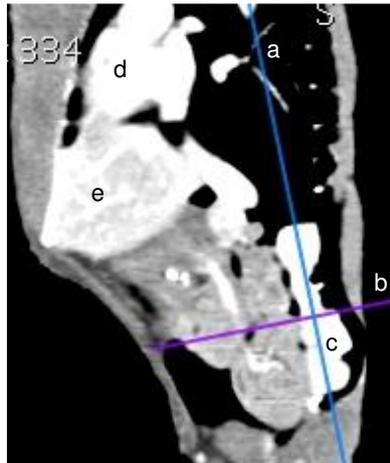


Abbildung 6: CT, sagittale Ebene beispielhaft dargestellt, Ger\*Saker-Hybridfalke, Linien a und b zur Ebeneneinstellung entlang der rechten Niere (c), d = Herz, e = Leber

### 3.7.2.2 Nierengröße und knöcherner Strukturen

Die Messungen der Nieren erfolgten anhand definierter Größenmessungen (Tabelle 2). In der dorsalen Ebene wurde die maximale kranio-kaudale Ausdehnung der linken und rechten Niere, genannt CT-liNlänge bzw. CT-reNlänge gemessen (Abbildung 11), ebenso die maximale seitliche Ausdehnung der kranialen Divisionen beider Nieren zusammen mit dem dazwischen liegenden Gewebe, genannt CT-kranNI/l und die maximale seitliche Ausdehnung der kaudalen Divisionen beider Nieren zusammen mit dem dazwischen liegenden Gewebe, genannt CT-kauNI/l (Abbildungen 7 und 8).

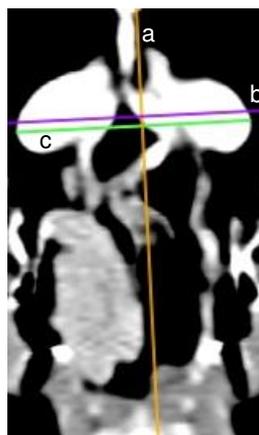


Abbildung 7: CT, dorsale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die maximale seitliche Ausdehnung der kranialen Nierendivisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegenden Gewebe (c = CT-kranNI/l), a und b = Einstellungsebenen

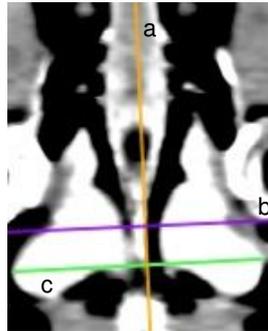


Abbildung 8: CT, dorsale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die maximale seitliche Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegenden Gewebe (c = CT-kaulI/l), a und b = Einstellungsebenen

Die maximale ventrodorsale Ausdehnung der kranialen und der kaudalen linken bzw. rechten Nierendivision, genannt CT-likraNhöhe, CT-rekraNhöhe bzw. CT-likauNhöhe und CT-rekauNhöhe, wurde in der transversalen Ebene jeweils getrennt für rechte und linke Niere gemessen. Beispielhaft sind die Bilder für die rechte Niere aufgeführt (Abbildungen 9 und 10).

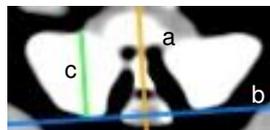


Abbildung 9: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die maximale v/d-Ausdehnung der kranialen rechten Nierendivision (c = CT-rekraNhöhe), a und b = Ebenenlinien

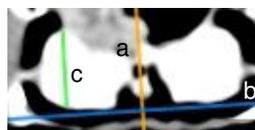


Abbildung 10: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die maximale v/d-Ausdehnung der kaudalen rechten Nierendivision (c = CT-rekauNhöhe), a und b = Ebenenlinien

Der Nierenumfang und die Nierenfläche wurden anhand des Bildes von CT-liNIlänge bzw. CT-reNIlänge in der dorsalen Ebene bestimmt (Abbildung 11). Für die Messungen der

Nierenlänge, des Nierenumfangs und der Nierenfläche in der dorsalen Ebene wurde die transversale Ebene auf die beiden Beckenknochen (Abbildung 3) und die sagittale Ebene mittig auf die jeweilige Niere eingestellt (Abbildung 6). Für die Messungen der seitlichen Nierenausdehnung (CT-kraNI/l und CT-kauNI/l) wurde hingegen die sagittale Ebene auf den Wirbelsäulenverlauf eingestellt (Abbildung 5).

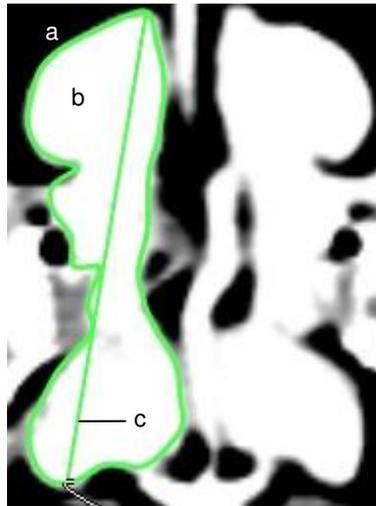


Abbildung 11: CT, dorsale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die Größen Nierenumfang (a), Nierenfläche (b) und maximale kranio-kaudale Nierenausdehnung der rechten Niere (c = CT-reNlänge)

Für die Messung der maximalen ventrodorsalen Ausdehnung in der transversalen Ebene (CT-likraNhöhe, CT-rekraNhöhe bzw. CT-likauNhöhe und CT-rekauNhöhe) wurde die dorsale Ebene und die sagittale Ebene auf die Wirbelsäule ausgerichtet (Abbildungen 4 und 5).

Aus den Einzelwerten CT-liNlänge und CT-reNlänge wurde anschließend der Mittelwert gebildet, um eine Vergleichsgröße für die röntgenologisch ermittelte Nierenlänge zu bekommen. Diese berechnete Größe wurde als CT-NlängeMW bezeichnet.

Als potentielle Bezugsgrößen für den Größenvergleich wurden die Femurschaftbreite, die Humerusschaftbreite und die maximale Synsakrumbreite in der transversalen Ebene, der Brustwirbelsäulenabschnitt zwischen drittem und sechstem Rippenpaar in der dorsalen Ebene und die maximale Sternumlänge in der sagittalen Ebene erfasst. Die Messung der Humerusschaftbreite bzw. der Femurschaftbreite erfolgte auf der linken Körperseite in der transversalen Ebene im mittleren Schaftbereich. Die Ebeneneinstellung erfolgte über die Einstellung der sagittalen und dorsalen Ebene auf die Längsachse des jeweiligen Knochens.

Die maximale Synchronbreite im Bereich der kranialen Nierendivisionen (Abbildung 12) wurde anhand der Ausrichtung der sagittalen und dorsalen Ebene auf die Wirbelsäule (Abbildung 4 und 5) in der transversalen Ebene gemessen.

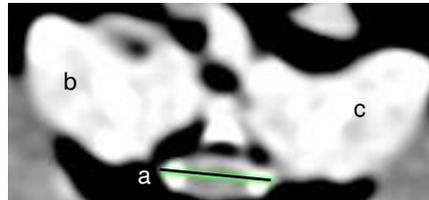


Abbildung 12: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die Synchronbreite (a), b = rechte Niere, c = linke Niere

Der Brustwirbelsäulenabschnitt zwischen drittem und sechstem Rippenpaar wurde in der dorsalen Ebene bestimmt und die Schnittebene transversal über die beiden Beckenknochen (Abbildung 3) und sagittal über den Verlauf der Brustwirbelsäule eingestellt. Die maximale Sternumlänge wurde in der sagittalen Ebene bestimmt. Hierfür wurde die dorsale Ebene auf den Verlauf der *Carina sterni* eingestellt und die transversale Ebene auf den Bereich, wo die Coracoidknochen auf das Brustbein treffen (Abbildung 13).

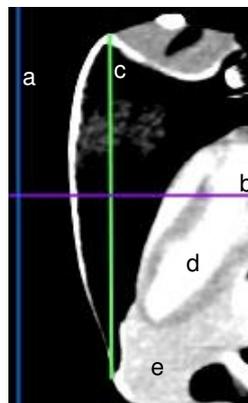


Abbildung 13: CT, sagittale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, exemplarisches Bild für die Sternumlänge (c), a und b = Ebenenlinien, d = Herz, e = Leber

In den folgenden zwei Tabellen befindet sich eine Gesamtaufzählung der durchgeführten Nierengrößenmessungen und der gemessenen knöchernen Strukturen mit ihren jeweiligen Einstellungen (Tabellen 2 und 3).

Tabelle 2: CT-Messungen, Nierengrößen, 48 Falken

Messebene	Bezeichnung	Messung	Einstellungsebenen	Serie	Messfenster	siehe Abbildung
transversal	CT-rekraNhöhe, CT-likraNhöhe, CT-rekauNhöhe, CT-likauNhöhe	max. ventrodorsale Nierenausdehnung der kranialen und kaudalen Nierendivision, linke und rechte Niere	dorsale Ebene: WS, sagittale Ebene: mittig rechte bzw. linke Niere	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 9 und 10
dorsal	CT-kraNI/ CT-kauNI/I	max. seitliche Ausdehnung der kranialen Divisionen beider Nieren mit dazwischenliegendem Gewebe	transversale Ebene: Beckenknochen sagittale Ebene: WS	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 7
dorsal	CT-kraNI/ CT-kauNI/I	max. seitliche Ausdehnung der kaudalen Divisionen beider Nieren mit dazwischenliegendem Gewebe	transversale Ebene: Beckenknochen sagittale Ebene: WS	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 8
dorsal	CT-reNlänge, CT-liNlänge	max. kraneo-kaudale Nierenausdehnung, linke bzw. rechte Niere	transversale Ebene: Beckenknochen, sagittale Ebene: rechte bzw. linke Niere mittig	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 11
dorsal	Umfang	Umfang linke bzw. rechte Niere bei max. kraneo-kaudaler Ausdehnung	transversale Ebene: Beckenknochen, sagittale Ebene: rechte bzw. linke Niere mittig	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 11
dorsal	Fläche	Fläche linke bzw. rechte Niere bei max. kraneo-kaudaler Ausdehnung	transversale Ebene: Beckenknochen, sagittale Ebene: rechte bzw. linke Niere mittig	50 sek	40 HU/ 350 HU	Abb. 11

Legende: WS = Wirbelsäule, HU = Hounsfield Units.

Tabelle 3: CT-Messungen, knöcherne Strukturen, 48 Falken

Mess- ebene	Bezeichnung	Messung	Einstellungs- ebenen	Serie	Mess- fenster	siehe Abb.
transversal	Synsakrum	max. Synsakrumbreite in der kranialen Nierendivision	dorsale Ebene: WS, sagittale Ebene: WS	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 12
transversal	Humerus- schaftbreite	Humerus- schaftbreite, links	dorsale Ebene: Humerus längs sagittale Ebene: Humerus längs	50 sek	40 HU / 350 HU	
transversal	Femurschaft- breite	Femurschaft- breite, links	dorsale Ebene: Femur längs, sagittale Ebene Femur längs	50 sek	40 HU / 350 HU	
dorsal	BrustWS	Brustwirbelsäule, Abstand zwischen drittem und sechstem Rippenpaar	transversale Ebene: Beckenknochen, sagittale Ebene: WS in Höhe BrustWS	50 sek	40 HU / 350 HU	
sagittal	Sternumlänge	maximale Länge der <i>Carina sterni</i>	transversale Ebene: <i>Carina sterni</i> in Höhe Coracoid, dorsale Ebene: <i>Carina sterni</i> längs	50 sek	40 HU / 350 HU	Abb. 13

Legende: WS = Wirbelsäule, HU = Hounsfield Units.

### 3.7.2.3 Nierendichte

#### 3.7.2.3.1 Dichtemessungen

Die Dichtemessung des Nierenparenchyms erfolgte sowohl bei den Nativaufnahmen als auch bei den beiden Kontrastmittelaufnahmen beidseits in der transversalen Ebene. Dabei wurden jeweils vier Einzelmessungen in den kranialen Nierendivisionen (Dichte 1,2,3 und 4), eine Gesamtmessung der kranialen Nierendivision (Dichte 100) und eine Einzelmessung in

der kaudalen Nierendivision (Dichte 5) durchgeführt. Die Schnittebene wurde anhand des Wirbelsäulenverlaufes in der sagittalen Ebene und entlang des Wirbelsäulenverlaufes in Nierenhöhe in der dorsalen Ebene ausgerichtet. Die Dichtemessungen erfolgten an definierten Stellen (Tabelle 4). Die Einzelmessungen wurden in einem Messrechteck mit einer Grundfläche von ca. 0,1 cm<sup>2</sup> durchgeführt (Abbildungen 14, 15, 16, 17 und 18).

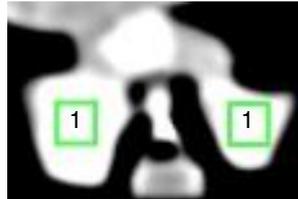


Abbildung 14: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, 50 sek Kontrastmittelaufnahme, exemplarisches Bild für die Messung der Nierendichte in der Nierenspitze der kranialen Nierendivisionen (1 = Dichte 1)



Abbildung 15: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, 50 sek Kontrastmittelaufnahme, exemplarisches Bild für die Messung der Nierendichte in den kranialen Nierendivisionen in Höhe der maximalen seitlichen Nierenausdehnung (2 = Dichte 2)

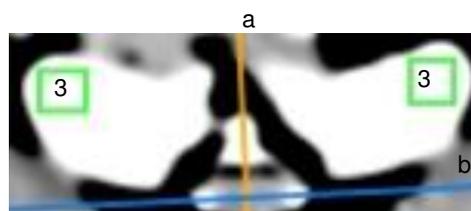


Abbildung 16: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, 50 sek Kontrastmittelaufnahme, exemplarisches Bild für die Messung der Nierendichte in den kranialen Nierendivisionen in Höhe der maximalen Synsakrumbreite (3 = Dichte 3), a und b = Ebenenlinien



Abbildung 17: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, 50 sek Kontrastmittelaufnahme, exemplarisches Bild für die Messung der Nierendichte am kaudalen Ende der kranialen Nierendivisionen (4 = Dichte 4)



Abbildung 18: CT, transversale Ebene, Ger\*Saker-Hybridfalke, 50 sek Kontrastmittelaufnahme, exemplarisches Bild für die Messung der Nierendichte in der rechten kranialen Nierendivision durch manuelle Umrandung (100 = Dichte 100)

Im Rahmen der Erfassung der Dichtewerte wurden pro Messquadrat jeweils der Mittelwert der Dichtemessung in Hounsfield Units, die zugehörige Standardabweichung, der minimale und maximale Dichtewert, die Fläche, Länge und Breite des Messrechteckes bzw. das Volumen des gemessenen Nierenbereiches (Dichte 100) aufgezeichnet. Eine Gesamtaufstellung der Dichtemessungen mit ihren jeweiligen Einstellungen ist im Folgenden aufgeführt (Tabelle 4).

Tabelle 4: CT-Dichtemessungen, 48 Falken

Messebene	Messung	Einstellungsebenen			Serie	Messfenster	siehe Abb.
		dorsale Ebene:	sagittale Ebene:	WS			
Transversalebene	<b>Dichte 1</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kraniale Nierendivision in der kranialen Nierenspitze	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU	Abb. 14	
		sagittale Ebene:	WS				
Transversalebene	<b>Dichte 2</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kraniale Nierendivision in Höhe max. seitlicher Nierenausdehnung	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU	Abb. 15	
		sagittale Ebene:	WS				
Transversalebene	<b>Dichte 3</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kraniale Nierendivision in Höhe max. Synsakrumbreite	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU	Abb. 16	
		sagittale Ebene:	WS				
Transversalebene	<b>Dichte 4</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kraniale Nierendivision in Höhe der Nierengefäße am kaudalen Ende der kranialen Nierendivision	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU	Abb. 17	
		sagittale Ebene:	WS				
Transversalebene	<b>Dichte 100</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kraniale Nierendivision, manuelle Umfahrung	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU	Abb. 18	
		sagittale Ebene:	WS				
Transversalebene	<b>Dichte 5</b> , Dichtemessung rechte bzw. linke kaudale Nierendivision in Höhe max. seitlicher Nierenausdehnung	dorsale Ebene:	WS,	nativ, 50 sek und 5 min	40 HU / 350 HU		
		sagittale Ebene:	WS				

Legende: WS = Wirbelsäule, HU = Hounsfield Units.

Pro Scan und Niere wurden aus den verschiedenen Dichtemessungen zusammengesetzte Dichtemittelwerte erstellt. Grundlage für die Bildung der zusammengesetzten Dichtemittelwerte waren die Größen Dichte 1, 2, 3 und 4 der kranialen Nierendivisionen (Tabelle 4). Es wurde pro Scan und Niere jeweils der Mittelwert der einbezogenen Dichtewerte errechnet. Es sollte überprüft werden, ob durch eine Zusammenfassung von mehreren Dichtemessungen eine Erhöhung der Aussagefähigkeit erreicht werden kann und ob gegebenenfalls einige Messpunkte geeigneter sind als andere für den Vergleich der Dichtewerte. Zusätzlich zu den Dichtemessungen über Messquadrate erfolgte eine Erfassung der kranialen Nierendivisionen über manuelle Umrandung des entsprechenden Bereiches (Dichte 100, siehe Abbildung 18). Die Gesamtmessung wurde durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Verwendung der Einzeldichten, einzeln oder in Kombination, annähernd gleichwertig zu der deutlich aufwendigeren Gesamtmessung ist. Zur Ermittlung der Dichte 100 wurde die kraniale Nierendivision in jedem dritten Bild umrandet und die restlichen Bilder wurden nach automatischer Bildbearbeitung manuell angepasst. Es wurde auf einen ausreichenden, einheitlichen Sicherheitsabstand zum Nierenrand geachtet, um sicherzustellen, dass nur Nierengewebe in die Berechnung der Dichtemessung einfließt. Mit der manuellen Bildumrandung wurde am kranialen Nierenpol begonnen, sobald das Blickfeld ausreichend groß war, um die Bildlinien sicher zu platzieren. Als letztes eingeschlossenes Bild wurde die Ebene vor dem Abgang der Nierengefäße definiert, die den Übergang zur mittleren Nierendivision kennzeichnet.

#### 3.7.2.3.2 An- und Abflutung des Kontrastmittels

Die An- und Abflutung des Kontrastmittels und die damit verbundenen Änderungen der erfassten Dichtewerte sollten in Hinblick auf eventuelle Unterschiede zwischen den Gruppen der Falken mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen untersucht werden. Hierfür wurde jeweils der Quotient aus den Dichtewerten der 50 sek Kontrastmittelaufnahme (Anflutung I) bzw. der 5 min Kontrastmittelaufnahme (Anflutung II) und den jeweiligen Dichtewerten der Nativaufnahme gebildet. Für die Beurteilung der Abflutung des Kontrastmittels wurde analog der Quotient aus den Dichtewerten der 5 min Kontrastmittelaufnahme und den Dichtewerten der 50 sek Kontrastmittelaufnahme gebildet. Dies erfolgte jeweils für die vier Einzeldichtewerte der kranialen Nierendivisionen (Dichte 1, 2, 3 und 4), für die zusammengesetzten Dichtewerte, für die Dichte 100 und für die Dichte 5 der kaudalen Nierendivisionen.

### **3.8 Endoskopische Untersuchung und endoskopisch geführte Biopsie**

Die Endoskopie wurde routinemäßig von der linken Körperseite über den linken abdominalen oder kaudalen thorakalen Luftsack nach den Vorgaben von Lierz (2006) mittels eines 4 mm, 0° Arthroskop durchgeführt. Es wurde die linke Niere betrachtet. Dabei wurde insbesondere auf die Oberflächenstruktur, auf eine Organschwellung oder auf Farb- und oberflächliche Veränderungen geachtet. Die Endoskopiebefunde wurden schriftlich festgehalten. Während der Endoskopie wurde von jedem Vogel eine endoskopisch geführte Nierenbiopsie entnommen. Hierfür wurde ein 2,7 mm, 30° Arthroskop im Arbeitskanal und eine flexible Biopsiezange (1,8 mm) verwendet. Routinemäßig wurde die Biopsie vom Organrand entnommen, bei sichtbaren fokalen Veränderungen erfolgte die Biopsie vom Rand der Veränderung. Die entnommene Gewebeprobe wurde vorsichtig für die anschließende histologische Untersuchung in ein Eppendorfgefäß mit 5 %-igem Formalin überführt.

Endoskop: Hopkins Optik 4,0 mm, 0° und 2,7 mm, 30°, Karl Storz-Endoskope, Tuttlingen

Blitzgenerator 600, Karl-Storz-Endoskope, Tuttlingen

Telecam DX pal: Karl-Storz-Endoskope, Tuttlingen

Arbeitskanal: 4 mm, Karl-Storz-Endoskope, Tuttlingen

Biopsiezange: 1,8 mm, oval, Karl-Storz-Endoskope, Tuttlingen

Eppendorfgefäße: Safe-Lock Tubes 2,0 ml, Eppendorf, Wesseling-Berzdorf, N° 0030 120.094

Formalin: Firma Roth

Desinfektion: Kodan Tinktur Forte Farblos, Schülke & Meyer GmbH, Norderstedt

Schere: Feine Schere, 9 cm, gerade, sp/sp, Vet Eickemeyer®, Tuttlingen

Pinzette: Anatomische Pinzette 13 cm, mittelbreit, Vet Eickemeyer®, Tuttlingen

Nadelhalter: nach Mayo-Hegar, 15 cm, Vet Eickemeyer®, Tuttlingen

Nadel-Faden-Kombination: Polysorb Braided Lactomer 9-1, 4/0 (1,5 metric), mit halbrunder Rundkörpernadel, USSC Sutures, USA

Videogerät: Panasonic NV-HS825, Matsushita Audio Video (Deutschland) GmbH, Peine

Video: Sony® E-240DDXE Super VHS, France

Monitor: Sony® PVM-20N5E, UK

### **3.9 Statistische Auswertung**

#### **3.9.1 Allgemeines**

Die statistische Auswertung und die graphische Darstellung der gewonnenen Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm PASW® Statistics 17. Das Signifikanzniveau wurde mit  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Falls der p-Wert eines statistischen Tests  $< 0,05$  war, wurde das Ergebnis als „signifikant“ definiert.

#### **3.9.2 Blut- und Laborwerte**

Für die Blut- und Laborwerte wurde eine verteilungsfreie statistische Methode, der Mann-Whitney-U-Test, verwendet. Damit wurde ein Gruppenvergleich zwischen den Falken ohne und mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe A und B) durchgeführt und die Ergebnisse wurden mit den Referenzwerten aus der Literatur verglichen. Desweiteren wurden Diagramme in Form von Boxplots zur graphischen Veranschaulichung der Verteilung der beiden Gruppen verwendet. Im Boxplot werden der Median, die mittleren 50 % der Daten, und der Bereich in dem die restlichen Daten liegen dargestellt. Die mittleren 50 % werden in Form eines Rechteckes (Box) dargestellt, wobei die Länge des Rechteckes durch den Interquartilsabstand vorgegeben wird. Die Box wird durch Begrenzungslinien, sog. Whisker, bis auf den letzten Wert verlängert, der noch innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstandes liegt. Alles was außerhalb dieses Bereiches liegt wird als Ausreißer ( $> 1,5$ -facher bis  $3$ -facher Interquartilsabstand) bzw. als Extremwerte ( $> 3$ -facher Interquartilsabstand) bezeichnet. (Brosius, 2004).

#### **3.9.3 Röntgenuntersuchung und Computertomographie**

##### **3.9.3.1 Größenmessungen**

Alle im CT und im Röntgen ermittelten Größenmessungen der Nieren und der knöchernen Strukturen wurden mit Hilfe parametrischer statistischer Methoden ausgewertet, da von einer annähernd symmetrischen Verteilung ausgegangen werden kann. Als beschreibende Statistiken wurden arithmetische Mittel, Standardabweichungen und zusätzlich Mediane, 80%-Perzentile und Minimal- und Maximalwerte angegeben. Für Gruppenvergleiche wurde

der t-Test verwendet, je nach Fragestellung der t-Test für verbundene oder unabhängige Stichproben. Bei einer Gruppengröße von  $n < 3$  wurde auf eine statistische Auswertung der Werte verzichtet.

Für die Nierengrößen und für die betrachteten knöchernen Strukturen wurden Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen erarbeitet. Die Darstellung erfolgte getrennt nach Falkenart und Geschlecht. Für die Referenzbereicherstellung wurden bei den Nierengrößen nur die Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) und bei den knöchernen Strukturen alle Tiere einbezogen, da knöcherner Größen unabhängig vom Gesundheitsstatus als konstant angesehen werden.

Für die gemessenen Größen wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet und der Zusammenhang der gemessenen Größen untereinander und mit dem Körpergewicht bewertet. Der Zusammenhang wurde graphisch anhand von Streudiagrammen betrachtet.

Bei den im CT gemessenen Nierengrößen wurde mittels t-Test für verbundene Stichproben überprüft, ob die gemessenen Größen im Mittel signifikante Unterschiede zwischen linker und rechter Niere aufwiesen.

Um die gemessenen Nierengrößen besser vergleichen zu können, wurden die Nierenmessungen ins Verhältnis zu den gemessenen knöchernen Strukturen gesetzt und Ratios gebildet. Für diese wurden Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen erarbeitet. Für die Darstellung von Ratios ist keine getrennte Aufteilung nach Art und Geschlecht notwendig. Anschließend erfolgte ein Vergleich der Nierenratios der Gruppen A (ohne histopathologisch veränderte Nieren) und B (mit histopathologisch veränderten Nieren) mittels Mann-Whitney-U-Test. Zusätzlich erfolgte auch eine getrennte Betrachtung für die einzelnen histopathologischen Nierenbefunde. Wenn die Gruppengröße der einzelnen histopathologischen Nierenbefunde es ermöglichte, so wurde ein statistischer Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Bei einer Fallzahl  $n < 3$  wurden die Tiere jeweils direkt mit den Referenzbereichen der Gruppe A verglichen.

### **3.9.3.2 Dichtemessungen**

Bei Dichtemessungen kann im Allgemeinen keine symmetrische Verteilung unterstellt werden, deshalb wurden verteilungsfreie Verfahren gewählt. Die Auswertung der Nierendichte im Röntgen und im CT erfolgte unterschiedlich.

Bei der Auswertung der Nierendichte im Röntgen sollte herausgefunden werden, ob histopathologisch festgestellte Nierenveränderungen mit einer optisch wahrnehmbaren

stärkeren Verschattung der Nieren einhergehen. Die Ergebnisse der beiden voneinander unabhängigen Beurteilungen der Nierenverschattungen wurden getrennt voneinander in Bezug zu den histopathologischen Nierenbefunden in einer Kreuztabelle dargestellt und mit dem Exakten Test nach Fisher ausgewertet.

Bei der computertomographischen Messung der Nierendichte sollten geeignete Messbereiche für die Dichtemessung des Nierenparenchyms erarbeitet werden und herausgefunden werden, ob histopathologisch festgestellte Nierenveränderungen durch Unterschiede in der Nierendichte erkannt werden können.

Zunächst wurden die Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) betrachtet und Referenzbereiche erarbeitet. Anschließend wurden die Tiere mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B) betrachtet. Bei der computertomographischen Messung der Nierendichte wurde das 80%-Perzentil und, um einen Vergleich mit der Literatur zu ermöglichen, zusätzlich arithmetisches Mittel, Median und Standardabweichung angegeben. Das 80%-Perzentil wurde dabei sowohl für die Dichtemessungen der Nativaufnahme und der beiden Kontrastmittelaufnahmen als auch für die An- und Abflutungen des Kontrastmittels als Referenzbereich für die Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen erarbeitet. Der Dichtevergleich der verschiedenen Messungen innerhalb einer Niere erfolgte bei den Tieren der Gruppe A mit dem Friedman-Test und beim Auftreten von statistisch signifikanten Unterschieden erfolgte anschließend ein paarweiser Vergleich mittels Wilcoxon-Test. Es wurden die vier Einzeldichtewerte (Dichte 1, 2, 3, und 4) und der Dichtewert 100 getrennt für die rechte und linke Niere pro Scan auf signifikante Unterschiede getestet und analog die zusammengesetzten Dichtewerte und der Dichtewert 100. Die Dichtemessungen in den kaudalen Nierendivisionen (Dichte 5) wurden getrennt für rechte und linke Niere und pro Scan mit den vier Einzeldichtewerten der kranialen Nierendivisionen, mit dem Dichtewert 100 und mit den zusammengesetzten Dichtewerten paarweise verglichen. Es erfolgte auch jeweils ein Rechts-Linksvergleich der Dichtewerte mittels Wilcoxon-Test, um herauszufinden, ob signifikante Unterschiede in der Nierendichte zwischen linker und rechter Niere erkennbar waren.

Die An- und Abflutung des Kontrastmittels wurde für die vier Einzeldichtewerte (Dichte 1, 2, 3, und 4), für die zusammengesetzten Dichtewerte, für den Dichtewert 100 und für die Dichte 5 jeweils getrennt für jede Niere und für Anflutung I, Anflutung II und für die Abflutung mit dem Friedman-Test auf signifikante Unterschiede getestet. Beim Vorhandensein von signifikanten Unterschieden wurde ein Paarvergleich mittels Wilcoxon-Test durchgeführt. Der Rechts-Linksvergleich der An- und Abflutungen erfolgte analog mittels Wilcoxon-Test, um

herauszufinden, ob signifikante Unterschiede in der An- und Abflutung des Kontrastmittels zwischen linker und rechter Niere erkennbar waren. Die Auswertung der An- und Abflutung des Kontrastmittels erfolgte auf Basis der Medianen auch wenn zusätzlich das arithmetische Mittel angegeben wurde.

Im Anschluss an die Erarbeitung der Referenzbereiche für die Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen wurden die Gruppen A und B mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Anschließend wurden die Tiere der Gruppe B getrennt für jeden histopathologischen Befund mit der Gruppe A verglichen. Wenn die Gruppengröße es ermöglichte, so wurde ein statistischer Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Zusätzlich wurde auch bei den Tieren dieser Gruppen ein direkter Vergleich mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten (Dichte 1 - 4) und für die Dichte 100 durchgeführt. Bei einer Fallzahl  $n < 3$  war kein statistischer Vergleich möglich, daher wurden diese Tiere jeweils direkt mit den Referenzbereichen der Gruppe A verglichen. Es wurden die gemessenen Einzeldichtewerte, die zusammengesetzten Dichtewerte, der Dichtewert 100 der Nativaufnahmen und der 50 sek und 5 min Kontrastmittelaufnahmen beider Nieren für den Vergleich herangezogen.

### **3.9.3.3 Vergleich der computertomographischen Befunde mit den Röntgenbefunden**

Es erfolgte ein Vergleich der im Röntgen und im CT gemessenen Größen. Es sollte überprüft werden, ob die beiden Untersuchungsmethoden in Hinblick auf die durchgeführten Messungen zu vergleichbaren Aussagen kommen.

Die röntgenologisch gemessene Nierenlänge wurde mit der computertomographisch ermittelten maximalen kranio-kaudalen Nierenausdehnung im sagittalen Schnittbild der linken und rechten Niere und dem daraus gebildeten Mittelwert verglichen (CT-liNlänge, CT-reNlänge, CT-NlängeMW). Bei den knöchernen Strukturen wurden alle Falken und bei dem Vergleich der Nierengrößen nur die Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) einbezogen. Es wurde ein t-Test für verbundene Stichproben und eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Zusätzlich erfolgte ein Methodenvergleich mittels Bland-Altman. Für die graphische Darstellung der Differenzen der Mittelwerte mittels Bland-Altman wurden die Größen aus dem CT auf eine Dezimalstelle gerundet, um eine Vergleichbarkeit mit den Größen aus dem Röntgen zu ermöglichen. Das Bland-Altman-Diagramm ist eine graphische Darstellungsmethode für den Vergleich zweier Messmethoden und wird in der Regel für den Vergleich neuer Messmethoden gegen eine bewährte Messmethode eingesetzt. Die Differenzen der beiden Messmethoden (Röntgen und CT) wurden gegen den Mittelwert der Differenzen aufgetragen. Es wurden der Mittelwert der Differenzen und der

Mittelwert plus/minus 1,96-fache der Standardabweichung der Differenzen als Linien angegeben und die einzelnen Mittelwerte als Punkte dargestellt. Es können systematische Unterschiede in den Messmethoden und die Übereinstimmung der Messmethoden bzw. Unterschiede im Messniveau graphisch dargestellt und in Zahlen ausgedrückt werden (Bland & Altman, 1986).

Die im Röntgen und im CT gebildeten Ratios wurden mittels Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben miteinander verglichen, um zu überprüfen ob die im Röntgen und im CT gebildeten Ratios miteinander vergleichbar sind.

#### **3.9.4 Endoskopische Untersuchung**

Mit der Auswertung der Endoskopiebefunde sollte heraus herausgefunden werden, inwiefern die endoskopische Untersuchung zur Erkennung von histopathologisch festgestellten Nierenveränderungen geeignet ist. Die Endoskopiebefunde wurden in Bezug zu den histopathologischen Nierenbefunden in einer Kreuztabelle dargestellt und mit dem Chi-Quadrat-Test, bzw. bei 2x2-Kreuztabellen mit dem Exakten Test nach Fisher, ausgewertet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Histologische Untersuchung der Nierenbioptate

Während der endoskopischen Untersuchung konnte von allen Falken (n = 48) Nierengewebe bioptiert und anschließend histologisch untersucht werden.

35 der 48 Tiere wiesen keine histopathologischen Nierenveränderungen auf (72,9 %, Gruppe A), während 13 Tiere Auffälligkeiten zeigten (27,1 %, Gruppe B). Von diesen 13 Tieren hatten elf Tiere (22,9 % von allen untersuchten Tieren bzw. 84,6 % der Tiere der Gruppe B) einen und die restlichen zwei Tiere (4,2 % von allen untersuchten Tieren bzw. 15,4 % der Tiere der Gruppe B) zwei histopathologische Nierenbefunde.

Insgesamt wurden fünf verschiedene Nierenpathologien identifiziert, die insgesamt 15-mal erhoben wurden. Am häufigsten wurde eine tubuläre Eisenspeicherung diagnostiziert (n = 7, 3x minimal, 3x ggr., 1x mgr., 14,6 % aller untersuchten Tiere bzw. 46,7 % der diagnostizierten Nierenbefunde). Bei fünf Tieren wurde Nierenamyloidose befundet (1x minimal, 1x ggr., 3x mgr., 10,4 % aller untersuchten Tiere bzw. 33,3 % der diagnostizierten Nierenbefunde). Jeweils einmal wurde eine geringgradige Atherosklerose, eine geringgradige multifokale membranöse Glomerulonephritis und eine hochgradige fokale chronisch-aktive heterophile Herdnephritis (jeweils 2,1 % aller untersuchten Tiere bzw. 6,7 % der diagnostizierten Nierenbefunde) diagnostiziert.

Die Tabelle 5 zeigt die histopathologischen Nierenbefunde der 13 Falken mit Auffälligkeiten an den Nieren (Gruppe B).

Tabelle 5: Histopathologische Nierenbefunde, n = 13 Falken

FNr	Art, Geschlecht, Alter in Jahren	Anzahl der Nierenbefunde	Eisen-speicherung	interstitielle Amyloidose	Athero-sklerose	Glomerulo-nephritis	Herd-nephritis
16	G, w, 16	1	geringgradig	–	–	–	–
19	GS, m, 13	1	minimal	–	–	–	–
20	GS, m, 15	1	minimal	–	–	–	–
29	W, w, 13	1	–	–	geringgradig	–	–
33	GS, w, 14	1	mittelgradig	–	–	–	–
34	GS, w, 10	1	geringgradig	–	–	–	–
35	GS, m, 2	1	–	geringgradig	–	–	–
39	G, m, 6	2	minimal	mittelgradig	–	–	–
41	G, m, 18	2	geringgradig	mittelgradig	–	–	–
45	S, m, 2	1	–	–	–	geringgradig	–
48	GS, m, 1	1	–	–	–	–	hochgradig
60	G, m, 4	1	–	minimal	–	–	–
67	G, w, 4	1	–	mittelgradig	–	–	–

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger-Saker\*Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, w = weiblich, m = männlich.

Für alle 48 Tiere befindet sich im Anhang 1 eine Übersicht mit den allgemeinen Daten zu den Patienten und den Ergebnissen der histologischen Untersuchung der Nierenbiopate.

## 4.2 Blut- und Laborbefunde

### 4.2.1 Blut- und Laborwerte

Bei den Ergebnissen der Blut- und Laboruntersuchungen (Anhang 2) konnten sowohl bei der generellen als auch bei einer falkenartspezifischen Betrachtung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen A und B festgestellt werden ( $p > 0,05$ ). Für Ger\*Saker-Hybriden ( $n = 28$ ) und Gerfalken ( $n = 11$ ) war eine falkenartspezifische statistische Auswertung der Blut- und Laborwerte möglich. Dies war bei den Sakerfalken, Wanderfalken und den Lannerfalken aufgrund der Gruppengröße nicht durchführbar. Im Folgenden wird trotz nicht vorhandener statistischer Signifikanz auf eine getrennte Darstellung der Blut- und Laborwerte für die Gruppen A und B eingegangen.

#### 4.2.1.1 Hämatologie

Der Hämatokrit konnte bei 47 Falken bestimmt werden. 31 der untersuchten 47 Tiere (66 %) zeigten Werte innerhalb, neun Tiere (19,1 %) oberhalb und sieben Tiere (14,9 %) unterhalb der Referenzwerte. Bei der Gruppe A (n = 34) lagen die Werte von 25 Tieren (73,5 %) innerhalb, von fünf Tieren (14,7 %) oberhalb und von vier Tieren (11,8 %) unterhalb der Referenzwerte. Bei der Gruppe B (n = 13) zeigten sechs Tiere (46,2 %) Werte innerhalb, vier Tiere oberhalb (30,8 %, 1x ggr. Eisenspeicherung, 1x minimale interstitielle Nierenamyloidose, 1x minimale Eisenspeicherung und ggr. interstitielle Nierenamyloidose, und 1x hgr. Herdnephritis) und drei Tiere unterhalb der Referenzbereiche (23,1 %, 1x minimale Eisenspeicherung, 2x interstitielle Nierenamyloidose, davon je 1x ggr. und mgr.).

Die Leukozytenzahlen von 18 der untersuchten 48 Tiere (37,5 %) lagen innerhalb, von 27 Tieren (56,3 %) oberhalb und von drei Tieren (6,3 %) unterhalb der Referenzwerte. Bei der Gruppe A (n = 35) waren 12 Tiere (34,3 %) innerhalb der Referenzwerte, 21 Tiere (60 %) oberhalb und zwei Tiere (5,7 %) unterhalb der Referenzwerte. Die Werte der Gruppe B (n = 13) lagen bei sechs Tieren (46,2 %) innerhalb, bei sechs Tieren oberhalb (46,2 %, 1x mgr. Eisenspeicherung, 3x interstitielle Amyloidose, davon je 1x minimal, ggr. und mgr., 1x ggr. Glomerulonephritis, 1x hgr. Herdnephritis) und bei einem Tier unterhalb der Referenzwerte (7,7 %, 1x minimale Eisenspeicherung).

Bei den Hämatokritwerten und bei den Leukozytenzahlen fiel auf, dass das 80%-Perzentil bei der Gruppe B einen größeren Bereich umfasste als das jeweilige 80%-Perzentil bei der Gruppe A. Bei einer falkenartspezifischen Betrachtung traf dies auch für die Ger\*Saker-Hybriden und Gerfalken zu. Bei den Leukozytenzahlen waren diese Verteilungsunterschiede auch bei der graphischen Betrachtung mittels Boxplot-Diagrammen deutlich. Die Gruppe B wies eine größere Streuung der mittleren 50 % der Werte auf und es lag eine deutliche rechtsschiefe Verteilung vor. Die Hämatokritwerte variierten bei der graphischen Betrachtung mittels Boxplot-Diagrammen nicht deutlich.

#### 4.2.1.2 Blutchemie

Die Kaliumwerte von 39 der untersuchten 48 Tiere (81,3 %) lagen innerhalb und von den restlichen neun Tieren (18,8 %) unterhalb der Referenzwerte. Bezogen auf die Ergebnisse der histopathologischen Untersuchungen zeigten bei der Gruppe A 30 Tiere (85,7 %) Werte innerhalb und fünf Tiere (14,3 %) Werte unterhalb der Referenzwerte. Bei der Gruppe B lagen die Werte von neun Tieren (69,2 %) innerhalb und von vier Tieren unterhalb der

Referenzwerte (30,8 %, mit fünf Befunden: 3x Eisenspeicherung, davon je 1x minimal, ggr. und mgr., und 2x interstitielle Nierenamyloidose, davon je 1x minimal und mgr.).

Die Kalziumwerte von 47 der untersuchten 48 Tiere (97,9 %) lagen innerhalb der Referenzwerte. Ein Tier aus der Gruppe A zeigte Werte oberhalb der Referenzwerte.

Die anorganischen Phosphatwerte von 45 der untersuchten 48 Tiere (93,8 %) lagen innerhalb der Referenzwerte und die Werte der restlichen drei Tiere lagen unterhalb der Referenzwerte (6,3 %, davon zwei Tiere ohne histopathologische Nierenbefunde und ein Tier mit minimaler Eisenspeicherung).

Beim Kalzium/Phosphat-Verhältnis betrug der mittlere Wert bezogen auf alle 48 Falken 2,50 : 1. Für die Gruppe A betrug der mittlere Wert 2,31 : 1 und für die Gruppe B 2,88 : 1 (Tabelle 6). Das 80%-Perzentil umfasste bei der Gruppe A einen weiteren Bereich als bei der Gruppe B. Die Unterschiede in der Lage des Medians und die Unterschiede in der Verteilung der Daten zwischen den Tieren mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen sind graphisch im Boxplot-Diagramm erkennbar (Abbildung 19). Bei der Einzelbetrachtung der Tiere der Gruppe B lagen die Werte von zwölf der 13 Tiere (92,3 %) innerhalb, während der Wert eines Tieres (Falke 19 ein Ger\*Saker-Hybridfalke mit minimaler Eisenspeicherung) geringfügig oberhalb des 80%-Perzentils der Gruppe A lag. Das Kalzium-Phosphatverhältnis für jedes einzelne Tier ist im Anhang 2 mit den anderen Blut- und Laborwerten tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 6: Kalzium/Phosphat-Verhältnis im Serum, n = 48 Falken

Kalzium/Phosphat-Verhältnis		Gruppe A (Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen)	Gruppe B (Falken mit histopathologischen Nierenveränderungen)	alle Falken
N		35	13	48
Mittelwert		2,49	2,76	2,56
Median		2,31	2,88	2,50
Standardabweichung		0,61	0,50	0,59
Minimum		1,53	1,98	1,53
Maximum		3,90	3,43	3,90
Perzentile	10	1,65	2,01	1,81
	90	3,40	3,38	3,39

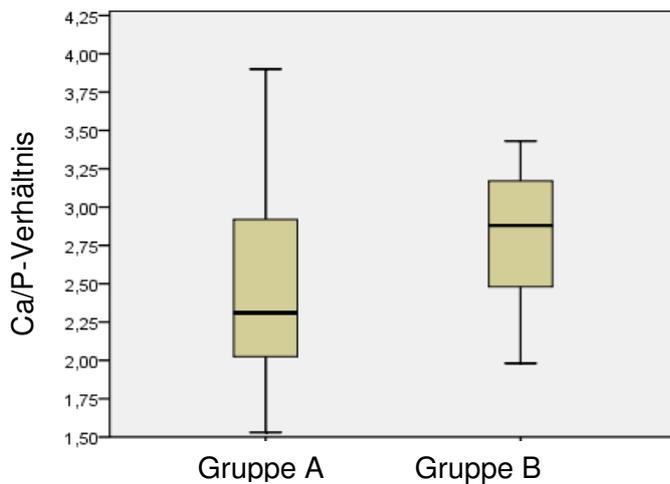


Abbildung 19: Kalzium/Phosphat-Verhältnis (Ca/P-Verhältnis) im Serum graphisch mittels Boxplot bei n = 48 Falken, davon 35 ohne (Gruppe A) und 13 mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B)

Bei den Gesamteiweißwerten zeigten 47 der untersuchten 48 Tiere (97,9 %) Werte innerhalb und ein Tier aus der Gruppe Werte unterhalb der Referenzbereiche.

Bei den Albuminwerten zeigten alle 48 Tiere (100 %) Werte innerhalb der Referenzbereiche.

Bei den Harnstoff-Stickstoffwerten lagen die Werte von 46 der untersuchten 48 Tiere (95,8 %) innerhalb und von zwei Tieren ohne histopathologische Nierenveränderungen unterhalb der Referenzwerte.

Die Harnsäurewerte von 45 der untersuchten 48 Tiere (93,8 %) lagen innerhalb, die Werte eines Tieres lagen oberhalb (2,1 %, 1x ggr. Eisenspeicherung) und die Werte zweier Tiere ohne histopathologische Nierenbefunde lagen unterhalb der Referenzwerte (4,2 %).

#### **4.2.2 Getrennte Betrachtung der einzelnen histologischen Diagnosen**

Die fünf identifizierten Histopathologien der Niere sind mit den zugehörigen Tieren und den Blut- und Laborwertveränderungen in einer Übersicht zusammengefasst (Tabelle 7).

Tabelle 7: Blut- und Laborwertveränderungen gruppiert nach histopathologischen Nierenbefunden, n = 13 Falken. GS = Ger\*Saker-Hybride (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), Hct = Hämatokrit

Histopathologische Nierenbefunde mit Gradeinteilung		Falke-Nr.	Falkenart	Blut- und Laborwertveränderungen
Eisenspeicherung	minimal	19	GS	Leukozyten↓, Anorg. Phosphat↓
	minimal	20	GS	Hct↓
	minimal	39	G	Hct↑, Kalium↓
	ggr.	16	G	Hct↑, Kalium↓, Harnsäure↑
	ggr.	34	GS	o.b.B.
	ggr.	41	G	o.b.B.
	mgr.	33	GS	Leukozyten↑, Kalium↓
Amyloidose	minimal	60	G	Hct↑, Leukozyten↑, Kalium↓
	ggr.	35	GS	Hct↓, Leukozyten↑
	mgr.	39	G	Hct↑, Kalium↓
	mgr.	41	G	o.b.B.
	mgr.	67	G	Hct↓, Leukozyten↑
Atherosklerose	ggr.	29	W	o.b.B.
Glomerulonephritis	ggr.	45	S	Leukozyten↑
Herdnephritis	hgr.	48	GS	Hct↑, Leukozyten↑

Von den sieben Tieren mit histologisch festgestellter Eisenspeicherung in den Nierentubuli wiesen zwei Tiere (28,6 %) keine Veränderungen der betrachteten Blut- und Laborwerte auf, die restlichen fünf Tiere (71,4 %) wiesen jeweils ein bis drei Werte außerhalb der Referenzwerte auf. Beim Hämatokrit, bei der Leukozytenzahl, beim Kalium, beim Anorganischen Phosphat und bei der Harnsäure gab es Über- bzw. Unterschreitungen der Referenzwerte (Tabelle 7).

Von den fünf Tieren mit histologisch festgestellter Nierenamyloidose wies ein Tier (20 %) keine Veränderungen der betrachteten Blut- und Laborwerte auf, die restlichen vier Tiere (80 %) hatten jeweils zwei bis drei Werte außerhalb der Referenzwerte. Bei den Leukozyten wurden Erhöhungen, beim Kalium Erniedrigungen und beim Hämatokrit sowohl Erhöhungen als auch Erniedrigungen festgestellt (Tabelle 7).

### **4.3 Darstellung der Röntgenbefunde**

#### **4.3.1 Nierenlänge, Nierenhöhe und gemessene knöcherne Strukturen**

Im Anhang 3 befindet sich eine Gesamtaufzählung aller 48 Falken mit den im Röntgen gemessenen Größen. Für die Erstellung der Referenzwerte wurden für die knöchernen Größen alle 48 Falken (Gruppe A und B) und für die Nierengrößen nur die Tiere der Gruppe A (n = 35) berücksichtigt.

Die Darstellung der Nierenlänge und Nierenhöhe (Tabelle 8) und der knöchernen Strukturen (Tabelle 9) erfolgt getrennt nach Falkenart und Geschlecht.

Tabelle 8: Röntgenbefunde latero-laterale Ebene Nierenlänge und Nierenhöhe in **cm**, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, m = männlich, w = weiblich

Falkenart	Nierenlänge		Nierenhöhe			
	Geschlecht		Geschlecht			
	m	w	m	w		
Ger*Saker-	n	14	8	14	8	
Hybride	Mittelwert	4,38	4,79	1,33	1,51	
	Median	4,4	4,9	1,3	1,5	
	Standardabweichung	0,25	0,47	0,2	0,31	
	Perzentile	10	4,05	3,9	1,1	1,2
		90	4,75	5,4	1,65	2,2
Gerfalke	n	2	5	2	5	
	Mittelwert	4,8	4,98	1,3	1,46	
	Median		4,9		1,5	
	Standardabweichung		0,28		0,17	
	Perzentile	10	4,7		1,3	
		90	5,4		1,7	
Sakerfalke	n	0	3	0	3	
	Mittelwert		4,1		1,53	
	Median		4,1		1,5	
	Standardabweichung		0,2		0,06	
	Perzentile	10	3,9		1,5	
		90	4,3		1,6	
Lannerfalke	n	0	2	0	2	
	Mittelwert		3,45		1,15	
Wanderfalke	n	0	1	0	1	
			4,2		1,2	

Tabelle 9: Röntgenbefunde knöchernen Strukturen in **cm**, n = 48 Falken. STD = Standardabweichung, BrustWS = Länge der Brustwirbelsäule zwischen 3. und 6. Rippenpaar, m = männlich, w = weiblich

Falkenart		Sternumlänge		Femurbreite links		Humerusbreite links		BrustWS		Synsakrum	
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
Ger*Saker-Hybride	n	18	10	18	10	18	10	18	10	18	10
	Mittelwert	7,99	8,81	0,72	0,83	0,76	0,82	2,76	2,99	0,84	0,94
	Median	7,9	8,7	0,7	0,8	0,8	0,8	2,8	3,0	0,8	0,9
	STD	0,28	0,45	0,04	0,05	0,05	0,04	0,11	0,10	0,05	0,05
	Perzentile 10	7,7	8,3	0,7	0,8	0,7	0,8	2,5	2,8	0,8	0,9
	90	8,5	9,5	0,8	0,9	0,8	0,9	2,9	3,1	0,9	1,0
Gerfalke	n	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
	Mittelwert	8,74	9,01	0,80	0,84	0,82	0,84	2,90	3,07	0,84	0,94
	Median	8,8	9,2	0,8	0,8	0,8	0,8	2,9	3,0	0,8	0,9
	STD	0,44	0,66	0,00	0,05	0,04	0,05	0,00	0,16	0,05	0,08
	Perzentile 10	8,2	8,1	0,8	0,8	0,8	0,8	2,9	2,9	0,8	0,9
	90	9,4	9,8	0,8	0,9	0,9	0,9	2,9	3,3	0,9	1,1
Sakerfalke	n	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
	Mittelwert	7,50	7,90	0,70	0,77	0,70	0,77	2,40	2,77	0,80	0,90
	Median		8,0		0,8		0,8		2,8		0,9
	STD		0,26		0,06		0,06		0,06		0,00
	Perzentile 10		7,6		0,7		0,7		2,7		0,9
	90		8,1		0,8		0,8		2,8		0,9
Lannerfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		5,90		0,55		0,65		2,40		0,75
Wanderfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		8,25		0,70		0,80		2,65		0,85

Sämtliche im Röntgenbild gemessenen knöchernen Größen hatten untereinander und mit dem Körpergewicht einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,01$ ). Die Nierenlänge hatte mit der Nierenhöhe (Korrelationskoeffizient 0,443), dem Körpergewicht (Korrelationskoeffizient 0,764) und sämtlichen knöchernen Größen einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,01$ ).

bzw. mit dem Synsakrum  $p < 0,05$ ). Die höchsten Korrelationskoeffizienten nach Pearson wies die Nierenlänge mit den Größen Brustwirbelsäulenabschnitt (Korrelationskoeffizient 0,778), Sternumlänge (Korrelationskoeffizient 0,741), Femurschaftbreite (Korrelationskoeffizient 0,695) und dem Körpergewicht (Korrelationskoeffizient 0,764) auf. Die Nierenhöhe hatte einen signifikanten Zusammenhang mit der Nierenlänge, Femurbreite und dem Brustwirbelsäulenabschnitt ( $p < 0,01$ ) und mit dem Synsakrum ( $p < 0,05$ ). Zwischen der Nierenhöhe und den Größen Körpergewicht, Sternum und Humerusbreite konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Bei der Betrachtung der knöchernen Strukturen untereinander und mit dem Körpergewicht wiesen die Größen Sternumlänge und Femurschaftbreite (Korrelationskoeffizient 0,820), Sternumlänge und Brustwirbelsäulenabschnitt (Korrelationskoeffizient 0,817) und jeweils die Größen Femurschaftbreite (Korrelationskoeffizient 0,802), Sternumlänge (Korrelationskoeffizient 0,750) und Brustwirbelsäulenabschnitt (Korrelationskoeffizient 0,791) mit dem Körpergewicht die höchsten Korrelationskoeffizienten nach Pearson auf.

#### **4.3.2 Ratios für die Nierengrößen im Röntgenbild**

Aufgrund der Ergebnisse des vorherigen Abschnittes (Kapitel 4.3.1) wurde die Nierenlänge mit den knöchernen Vergleichsgrößen Femurschaftbreite und Sternumlänge für die Bildung der Ratios ausgewählt. Die Nierenhöhe wurde aufgrund der niedrigeren Korrelationskoeffizienten bzw. des nicht vorhandenen signifikanten Zusammenhangs zu den Größen Körpergewicht und Sternumlänge nicht für die Bildung der Ratios in Betracht gezogen. Es wurde das Nierenlänge-Sternumlänge-Ratio, genannt Rö-Nlänge/Sternum-Ratio, und das Nierenlänge-Femurbreite-Ratio, genannt Rö-Nlänge/Femurbr-Ratio berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgeführt. Für die Tiere der Gruppe A ( $n = 35$ ) ergab sich für das Rö-Nlänge/Sternum-Ratio ein Referenzbereich von 0,477 bis 0,594 und für das Rö-Nlänge/Femurbr-Ratio ein Referenzbereich von 5,025 bis 6,571.

Tabelle 10: Gebildete Nierenratios im Röntgen, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, R $\ddot{u}$ -Nlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus röntgenologischer Nierenlänge und entsprechender Sternumlänge, R $\ddot{u}$ -Nlänge/Femurbr-Ratio = Quotient aus röntgenologischer Nierenlänge und entsprechender Femurbreite

	R $\ddot{u}$ - Nlänge/Sternum- Ratio	R $\ddot{u}$ - Nlänge/Femurbr- Ratio
n	35	35
Mittelwert	0,548	5,970
Median	0,561	6,000
Standardabweichung	0,039	0,496
Perzentile 10	0,477	5,025
90	0,594	6,571

#### 4.3.3 Vergleich der Nierengrößen zwischen den Tieren mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen

Die Gruppe A (n = 35) wurde mit der Gruppe B (n = 13) mittels Mann-Whitney-U-Test anhand der Nierenlängenratios (Tabelle 10) verglichen. Sowohl für das R $\ddot{u}$ -Nlänge/Sternum-Ratio ( $p = 0,144$ ) als auch für das R $\ddot{u}$ -Nlänge/Femurbr-Ratio ( $p = 0,200$ ) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Der Direktvergleich der einzelnen Tiere der Gruppe B mit den ermittelten Referenzbereichen (Tabelle 10), ergab bis auf ein Tier nur Werte innerhalb der Referenzbereiche (Anhang 3). Bei Falke 48, ein Ger\*Saker-Hybride mit hochgradiger Herdnephritis, ergab das R $\ddot{u}$ -Nlänge/Femurbr-Ratio einen Wert oberhalb des Referenzbereiches ( $6,714 > 6,571$ ), was für eine Nierenvergrößerung spricht. Das R $\ddot{u}$ -Nlänge/Sternum-Ratio bei diesem Tier war hingegen innerhalb des Referenzbereiches.

#### 4.3.4 Verschattung der Nieren im Röntgen

Die unerfahrene Person hat bei elf der 48 Tiere (22,9 %) eine Verschattung der Nieren, bei den restlichen 37 Tieren (77,1 %) einen normalen Nierenschatten festgestellt (Tabelle 11). Die erfahrene Person hat bei 22 der 48 Tiere (45,8 %) einen dichteren Nierenschatten, bei den restlichen 26 Tieren (54,4 %) einen normalen Nierenschatten diagnostiziert (Tabelle 12).

Tabelle 11: Beurteilung der Nieren im Röntgen durch die unerfahrene Person, n = 48 Falken

	Häufigkeit	Prozent
o.b.B.	37	77,1
verschattet	11	22,9
Gesamt	48	100,0

Tabelle 12: Beurteilung der Nieren im Röntgen durch die erfahrene Person, n = 48 Falken

	Häufigkeit	Prozent
o.b.B.	26	54,2
verschattet	22	45,8
Gesamt	48	100,0

Sowohl bei der Beurteilung der Verschattung der Nieren durch die unerfahrene Person als auch bei der Beurteilung durch die erfahrene Person gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen A und B und auch keine signifikanten Unterschiede bei dem Vergleich der Tiere mit Eisenspeicherung bzw. der Tiere mit Nierenamyloidose mit der Gruppe A (p jeweils > 0,05).

Bei den 35 Tieren der Gruppe A befundete die unerfahrene Person 28 Tiere (80 %) und die erfahrene Person 21 Tiere (60 %) mit o.b.B.. Eine Verdichtung des Nierenschattens wurde von der unerfahrenen Person bei sieben Tieren (20 %) und von der erfahrenen Person bei 14 Tieren (40 %) festgestellt.

Bei den 13 Tieren der Gruppe B befundete die unerfahrene Person neun Tiere (69,2 %) und die erfahrene Person fünf Tiere (38,5 %) mit o.b.B.. Eine Verdichtung des Nierenschattens

wurde von der unerfahrenen Person bei vier Tieren (30,8 %) und von der erfahrenen Person bei acht Tieren (61,5 %) festgestellt.

Bezogen auf die beiden histopathologischen Nierenbefunde tubuläre Eisenspeicherung und interstitielle Nierenamyloidose zeigte sich folgendes Bild: Bei den sieben Tieren mit Eisenspeicherung hat die unerfahrene Person bei zwei Tieren (28,6 %) und die erfahrene Person bei vier Tieren (57,1 %) Nierenverschattungen festgestellt. Die restlichen fünf bzw. drei Tiere wurden mit o.b.B. befundet. Bei den fünf Tieren mit Nierenamyloidose hat die unerfahrene Person bei einem Tier (20 %) und die erfahrene Person bei zwei Tieren (40 %) Nierenverschattungen festgestellt. Die restlichen vier bzw. drei Tiere wurden mit o.b.B. befundet.

Im Anhang 3 befinden sich die Ergebnisse der Beurteilung der Nierendichte aller 48 Falken durch die erfahrene und durch die unerfahrene Person.

#### **4.4 Darstellung der computertomographischen Befunde**

##### **4.4.1 Messungen der knöchernen Strukturen und Korrelationen der gemessenen Größen**

Bei der Messung der knöchernen Strukturen wurden alle untersuchten Falken (n = 48) einbezogen. Es erfolgte keine Einteilung anhand der Ergebnisse der histologischen Nierenbiopsatuntersuchung, da nicht zu erwarten war, dass organische Befunde bei ausgewachsenen Falken zu Knochengrößenveränderungen führen. Die Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen und das 80%-Perzentil für alle gemessenen Größen wurden nach Falkenart und Geschlecht getrennt dargestellt (Tabelle 13). Im Anhang 4 befinden sich die entsprechenden knöchernen Größen für alle 48 Falken.

Tabelle 13: CT knöchernen Strukturen, n = 48 Falken, Größenangaben in **cm**, STD = Standardabweichung, BrustWS = Länge der Brustwirbelsäule zwischen 3. und 6. Rippenpaar, m = männlich, w = weiblich

Falkenart		Sternumlänge		Breite Femurschaft		Breite Humerusschaft		BrustWS		Synsakrum	
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
Ger*Saker-Hybride	n	18	10	18	10	18	10	18	10	18	10
	Mittelwert	7,53	8,19	0,82	0,92	0,89	0,98	2,59	2,85	0,78	0,80
	Median	7,48	8,09	0,82	0,91	0,90	0,97	2,53	2,84	0,79	0,78
	STD	0,295	0,469	0,024	0,031	0,027	0,043	0,204	0,111	0,060	0,070
	Perzentile 10	7,18	7,55	0,78	0,88	0,85	0,93	2,42	2,68	0,66	0,72
90	7,91	9,09	0,85	0,97	0,92	1,05	2,84	3,05	0,84	0,91	
Gerfalke	n	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
	Mittelwert	8,27	8,65	0,87	0,93	0,93	0,99	2,75	3,04	0,77	0,83
	Median	8,26	8,56	0,87	0,93	0,92	1,01	2,80	2,90	0,77	0,80
	STD	0,353	0,670	0,026	0,064	0,037	0,056	0,108	0,469	0,047	0,077
	Perzentile 10	7,85	7,52	0,84	0,85	0,89	0,89	2,63	2,65	0,71	0,74
90	8,64	9,30	0,90	1,02	0,98	1,04	2,85	4,05	0,83	0,92	
Sakerfalke	n	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
	Mittelwert	7,40	7,34	0,73	0,83	0,82	0,92	2,35	2,51	0,85	0,79
	Median		7,46		0,83		0,93		2,47		0,79
	STD		0,323		0,015		0,024		0,200		0,018
	Perzentile 10		6,97		0,82		0,89		2,34		0,77
90		7,58		0,85		0,94		2,73		0,81	
Lannerfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		5,90		0,70		0,79		2,15		0,71
Wanderfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		7,53		0,79		0,89		2,41		0,83

Die Sternumlänge, die Femurschaftbreite, die Humerusschaftbreite und der Brustwirbelsäulenabschnitt wiesen alle untereinander und mit dem Körpergewicht einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,01$ ) auf. Das Synsakrum hatte mit der Sternumlänge, der Femurschaftbreite, der Humerusschaftbreite und dem Körpergewicht einen signifikanten

Zusammenhang ( $p < 0,05$ ), aber keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Brustwirbelsäulenabschnitt ( $p = 0,107$ ).

Bei der Betrachtung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson und der graphischen Betrachtung mittels Streudiagrammen zeigten die Sternumlänge und die Femurschaftbreite den engsten Zusammenhang untereinander (Korrelationskoeffizient 0,804) und mit dem Körpergewicht (Korrelationskoeffizient 0,847 bzw. 0,812). Für die weitere Analyse der Nierengrößen anhand von Ratios werden daher als knöcherne Bezugspunkte sowohl die Sternumlänge als auch die Femurschaftbreite ausgewählt.

Die Zusammenhänge zwischen Sternumlänge und Gewicht (Abbildung 20), zwischen Femurschaftbreite und Gewicht (Abbildung 21), und zwischen Sternumlänge und Femurschaftbreite (Abbildung 22), sind im Folgenden dargestellt.

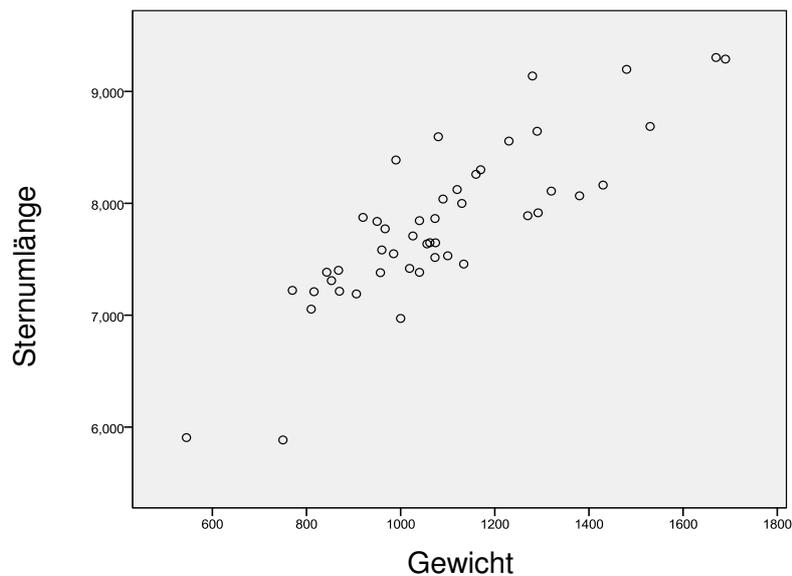


Abbildung 20: CT Korrelation Sternumlänge in cm und Körpergewicht in Gramm,  $n = 48$  Falken

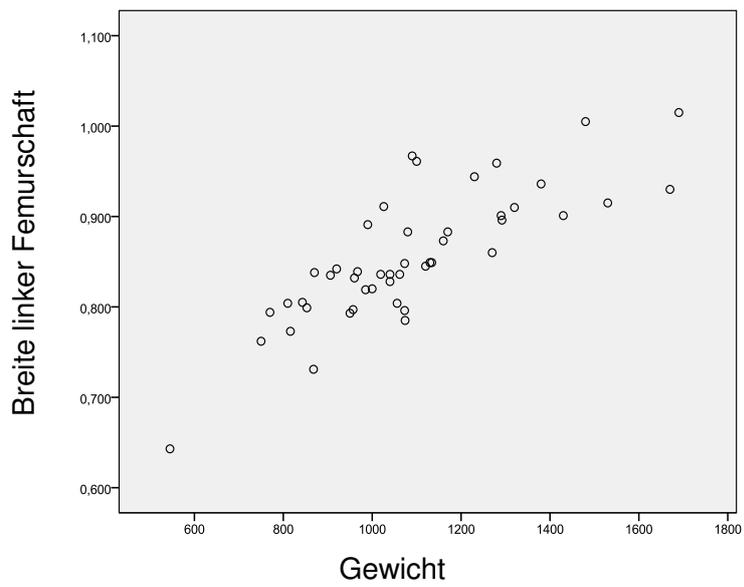


Abbildung 21: CT Korrelation Femurschaftbreite in cm und Körpergewicht in Gramm, n = 48 Falken

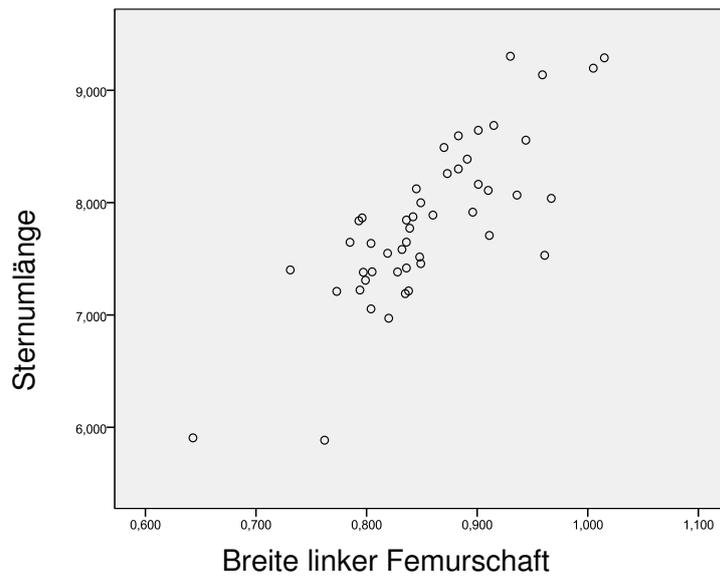


Abbildung 22: CT Korrelationen Sternumlänge und Femurschaftbreite in cm, n = 48 Falken

#### **4.4.2 Darstellung der Nierengrößenmessungen der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A)**

##### **4.4.2.1 Nierengrößen**

Zur Erfassung der Nierengröße im CT wurden definierte Größenmessungen an den Nieren vorgenommen (Kapitel 3.7.2.2). Die Größenmessungen der Nieren für die Falken der Gruppe A wurden getrennt nach Falkenart und Geschlecht dargestellt und bildeten die Grundlage für die Erstellung der Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen (Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16). In dem Anhang 5 befinden sich die Größenangaben der gemessenen Nierengrößen für alle 48 Falken.

Tabelle 14: CT Größenmessungen der rechten Nieren, in **cm** bzw. **cm<sup>2</sup>**, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren. CT-reNlänge = CT maximale kranio-kaudale Nierenausdehnung der rechten Niere, CT-rekraNhöhe = CT maximale ventrodorsale Ausdehnung der kranialen rechten Nierendivision, CT-rekauNhöhe = CT maximale ventrodorsale Ausdehnung der kaudalen rechten Nierendivision, m = männlich, w = weiblich, STD = Standardabweichung

<b>rechte Niere</b>											
		CT-reNlänge		CT-rekraNhöhe		CT-rekauNhöhe		Umfang der rechten Niere		Fläche der rechten Niere	
Falkenart		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
Ger*Saker-	n	14	8	14	8	14	8	14	8	14	8
Hybride	Mittelwert	4,20	4,52	1,03	0,99	1,04	1,01	11,44	11,85	3,90	4,12
	Median	4,10	4,52	1,03	0,99	1,05	1,01	11,56	11,81	3,81	4,16
	STD	0,210	0,181	0,090	0,085	0,108	0,087	0,585	0,890	0,451	0,627
	Perzentile 10	3,96	4,22	0,90	0,88	0,85	0,89	10,60	10,63	3,27	3,27
	90	4,53	4,80	1,16	1,10	1,17	1,14	12,16	12,89	4,66	5,18
Gerfalke	n	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5
	Mittelwert	4,36	4,66	1,11	1,04	1,04	1,16	11,99	12,30	4,15	4,88
	Median		4,69		1,04		1,19		12,39		4,70
	STD		0,239		0,070		0,114		0,354		0,701
	Perzentile 10		4,38		0,96		0,98		11,71		4,02
	90		5,01		1,15		1,29		12,66		5,89
Sakerfalke	n	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	Mittelwert		4,24		0,93		0,97		10,81		3,66
	Median		4,24		0,95		0,99		11,06		3,74
	STD		0,189		0,092		0,129		0,646		0,483
	Perzentile 10		4,04		0,83		0,83		10,07		3,15
	90		4,42		1,02		1,09		11,29		4,11
Lannerfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		3,68		0,81		1,01		9,49		3,42
Wanderfalke	n	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
			4,02		0,86		0,85		10,01		3,61

Tabelle 15: CT Größenmessungen der linken Nieren, in **cm** bzw. **cm<sup>2</sup>**, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren. CT-liNlänge = CT maximale kranio-kaudale Nierenausdehnung der linken Niere, CT-likraNhöhe = CT maximale ventrodorsale Ausdehnung der kranialen linken Nierendivision, CT-likauNhöhe = CT maximale ventrodorsale Ausdehnung der kaudalen linken Nierendivision, m = männlich, w = weiblich, STD = Standardabweichung

linke Niere											
Falkenart		CT-liNlänge		CT-likraN- höhe		CT-likauN- höhe		Umfang der linken Niere		Fläche der linken Niere	
		m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
Ger*Saker-	n	14	8	14	8	14	8	14	8	14	8
Hybride	Mittelwert	4,24	4,51	1,01	0,94	1,05	1,04	11,39	12,22	3,98	4,10
	Median	4,13	4,55	0,98	0,94	1,05	1,05	11,22	12,54	3,95	4,28
	STD	0,209	0,221	0,081	0,099	0,111	0,065	0,522	1,167	0,509	0,615
	Perzentile 10	4,01	4,19	0,91	0,82	0,86	0,96	10,69	10,53	3,29	3,34
	90	4,58	4,80	1,16	1,14	1,18	1,15	12,13	13,60	4,72	4,81
Gerfalke	n	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5
	Mittelwert	4,43	4,66	1,01	0,99	1,07	1,12	12,15	12,70	4,54	4,49
	Median		4,75		0,98		1,15		12,94		4,46
	STD		0,180		0,049		0,068		0,468		0,418
	Perzentile 10		4,40		0,94		1,00		11,96		3,95
	90		4,83		1,06		1,16		13,07		5,10
Sakerfalke	n	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	Mittelwert		4,23		0,90		1,05		11,02		3,76
	Median		4,29		0,86		1,06		11,33		3,76
	STD		0,253		0,085		0,041		0,929		0,559
	Perzentile 10		3,95		0,83		1,01		9,98		3,20
	90		4,45		0,99		1,09		11,75		4,31
Lannerfalke	n	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		3,81		0,89		1,04		9,78		3,82
Wanderfalke	n	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
			4,10		0,88		0,99		10,61		3,66

Tabelle 16: CT Größenangaben der linken und rechten Nieren, in **cm**, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, CT-kraNI/I = CT maximale seitliche Ausdehnung der kranialen Divisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegenden Gewebe, CT-kauNI/I = CT maximale seitliche Ausdehnung der kaudalen Divisionen beider Nieren zusammen gemessen mit dem dazwischen liegenden Gewebe, CT-NlängeMW = CT, Mittelwert für die maximale kranio-kaudale Ausdehnung der linken und rechten Niere, m = männlich, w = weiblich, STD = Standardabweichung

<b>linke und rechte Niere</b>							
Falkenart		CT-kraNI/I		CT-kauNI/I		CT-NlängeMW	
		m	w	m	w	m	w
Ger*Saker-	n	14	8	14	8	14	8
Hybride	Mittelwert	3,21	3,16	3,24	3,43	4,22	4,52
	Median	3,25	3,21	3,27	3,39	4,11	4,54
	STD	0,166	0,286	0,186	0,225	0,207	0,199
	Perzentile 10	2,91	2,76	2,99	3,07	4,00	4,21
	90	3,41	3,50	3,54	3,74	4,56	4,80
Gerfalke	n	2	5	2	5	2	5
	Mittelwert	3,38	3,39	3,52	3,62	4,39	4,66
	Median		3,45		3,66		4,72
	STD		0,198		0,282		0,205
	Perzentile 10		3,18		3,18		4,39
	90		3,58		3,96		4,92
Sakerfalke	n	0	3	0	3	0	3
	Mittelwert		3,09		3,33		4,23
	Median		3,17		3,16		4,26
	STD		0,246		0,333		0,220
	Perzentile 10		2,82		3,12		4,00
	90		3,29		3,71		4,43
Lannerfalke	n	0	2	0	2	0	2
	Mittelwert		2,76		2,89		3,75
Wanderfalke	n	0	1	0	1	0	1
			2,78		3,08		4,06

#### 4.4.2.2 Korrelationen der Nierengrößenmessungen

Die jeweils in beiden Nieren gemessenen Nierenlängen (CT-reNIlänge und CT-liNIlänge) zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen linker und rechter Niere ( $p < 0,01$ , Korrelationskoeffizient 0,965), mit den anderen Nierengrößenmessungen ( $p < 0,01$ ) ausgenommen der ventro-dorsalen Ausdehnung der linken kranialen Nierendivision (CT-likraNhöhe,  $p = 0,328$  bzw. 0,282), mit sämtlichen gemessenen knöchernen Strukturen ( $p < 0,01$ , Korrelationskoeffizient Sternumlänge 0,850 bzw. 0,863, Korrelationskoeffizient Femurschaftbreite 0,722 bzw. 0,778) und mit dem Körpergewicht ( $p < 0,01$ , Korrelationskoeffizient 0,881, bzw. 0,907). Die seitliche Ausdehnung beider kaudalen Nierendivisionen (CT-kauNI/I) zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit sämtlichen Nierengrößenmessungen ( $p < 0,01$  bzw.  $p < 0,05$  bei CT-likraNhöhe), mit sämtlichen gemessenen knöchernen Strukturen ( $p < 0,01$ ) und dem Körpergewicht ( $p < 0,01$ , Korrelationskoeffizient 0,873). Der Nierenumfang und die Nierenfläche zeigten einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,05$ ) mit dem Körpergewicht, mit den knöchernen Strukturen (mit Ausnahme linke Nierenfläche und Humerusschaftbreite ( $p = 0,118$ )) und mit den anderen Nierengrößenmessungen, wobei folgende Zusammenhänge nicht signifikant waren: rechter Nierenumfang und maximale ventro-dorsale Ausdehnung der linken kaudalen Nierendivision ( $p = 0,052$ ), linker Nierenumfang und maximale ventro-dorsale Ausdehnung der kranialen bzw. kaudalen linken Nierendivision ( $p = 0,051$  bzw.  $p = 0,093$ ). Das Körpergewicht zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit sämtlichen gemessenen Größen ( $p < 0,01$ ) mit Ausnahme der ventro-dorsalen Ausdehnung der linken kranialen Nierendivision ( $p = 0,082$ ). Die im CT gemessenen ventro-dorsalen Nierenausdehnungen (CT-likraNhöhe, CT-rekraNhöhe, CT-likauNhöhe und CT-rekauNhöhe) und die seitliche Ausdehnung der beiden kranialen Nierendivisionen (CT-kraNI/I) wiesen beim Vergleich mit den anderen gemessenen Größen mehrere nicht signifikante Zusammenhänge und niedrigere Korrelationskoeffizienten auf. Daher eigneten sich diese Meßgrößen nicht für die weitere Betrachtung. Hingegen zeigten die statistischen Berechnungen, dass sich sowohl die linke als auch die rechte Nierenlänge und die seitliche Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen für die weitere Betrachtung eignen. Aus den einzelnen Werten der Größen CT-reNIlänge und CT-liNIlänge wurde daher der Mittelwert gebildet und als CT-NIlängeMW bezeichnet.

#### 4.4.2.3 Rechts-Links-Vergleich der gemessenen Nierengrößen

Die Nierenlänge (CT-liNIlänge und CT-reNIlänge,  $p = 0,054$ ), die ventrodorsale Nierenausdehnung der kaudalen Divisionen (CT-likauNhöhe und CT-rekauNhöhe,  $p =$

0,088), der Nierenumfang ( $p = 0,052$ ) und die Nierenfläche ( $p = 0,657$ ) wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf (t-Test für verbundene Stichproben). Die ventro-dorsale Ausdehnung der kranialen Nierendivisionen (CT-likraNhöhe und CT-rekraNhöhe,  $p = 0,011$ ) wies hingegen statistisch signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf. Im Mittel war die ventro-dorsale Ausdehnung in der rechten kranialen Nierendivision größer als in der linken Niere (t-Test für verbundene Stichproben).

#### 4.4.2.4 Ratios für die Nierengrößen in der Computertomographie

Aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten statistischen Berechnungen wurden für die Nierenbeurteilung die Größen Nierenlänge und die seitliche Ausdehnung des kaudalen Nierenbereiches und als knöcherne Vergleichsgrößen die Sternumlänge und Femurschaftbreite für die Ratioberechnungen ausgewählt (Tabelle 17). Es wurde das Nierenlänge-Sternum-Ratio und das Nierenlänge-Femurbreite-Ratio getrennt für die rechte und linke Niere berechnet:

CT-reNlänge/Sternum-Ratio

CT-liNlänge/Sternum-Ratio

CT-reNlänge/Femurbr-Ratio

CT-liNlänge/Femurbr-Ratio

Aus den Mittelwerten der Einzelwerte der linken und rechten Nieren wurden analog das Nierenlänge-Sternum-Ratio und das Nierenlänge-Femurbreite-Ratio für die rechte und linke Niere insgesamt berechnet:

CT-NlängeMW/Sternum-Ratio

CT-NlängeMW/Femurbr-Ratio

Zusätzlich wurde die seitliche Nierenausdehnung der kaudalen Division ins Verhältnis gesetzt zur Sternumlänge und zur Femurschaftbreite:

CT-kauNI//Sternum-Ratio

CT-kauNI//Femurbr-Ratio.

Für die linke und rechte Niere insgesamt betrachtet betrug das 80%-Perzentil für das CT-NlängeMW/Sternum-Ratio 0,52 bis 0,60, für das CT-NlängeMW/Femurbr-Ratio 4,74 bis 5,52, für das CT-kauNI//Sternum-Ratio 0,40 bis 0,46 und für das CT-kauNI//Femurbr-Ratio 3,48 bis 4,21 (Tabelle 17). Im Anhang 6 befindet sich eine Auflistung der Nierenratios aller untersuchten 48 Falken und die als Mittelwert angegebenen Nierenratios für die einzelnen

Falkenarten. Für die weitere Betrachtung wurden die in Tabelle 17 angegebenen Referenzbereiche verwendet. Für die weitere Auswertung wurde auf falkenartspezifische Nierenratios aufgrund der Übersichtlichkeit und der z.T. geringen Anzahl der einzelnen Falkenarten verzichtet.

Tabelle 17: CT Nierenratios, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, CT-reNlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der rechten Niere und Sternumlänge, CT-reNlänge-Femurbr-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der rechten Niere und Femurbreite, CTliNlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der linken Niere und Sternumlänge, CT-liNlänge-Femurbr-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der linken Niere und Femurbreite, CTNlängeMW/Sternum-Ratio = Quotient aus der gemittelten Nierenlänge und der Sternumlänge, CT-NlängeMW/Femurbr-Ratio = Quotient aus der gemittelten Nierenlänge und der Femurbreite, CT-kauNI/I-Sternum-Ratio = Quotient aus der seitlichen Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen und der Sternumlänge, CT-kauNI/I-Femurbr-Ratio = Quotient aus der seitlichen Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen und der Femurbreite

	n	Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Perzentile	
					10	90
<b>rechte Niere</b>						
CT-reNlänge/Sternum-Ratio	35	0,558	0,556	0,029	0,514	0,597
CT-reNlänge/Femurbr-Ratio	35	5,062	5,036	0,276	4,710	5,494
<b>linke Niere</b>						
CT-liNlänge/Sternum-Ratio	35	0,562	0,562	0,032	0,522	0,596
CT-liNlänge/Femurbr-Ratio	35	5,097	5,094	0,303	4,747	5,550
<b>linke und rechte Niere</b>						
CT-NlängeMW/Sternum-Ratio	35	0,560	0,558	0,030	0,519	0,596
CT-NlängeMW/Femurbr-Ratio	35	5,079	5,070	0,286	4,744	5,523
CT-kauNI/I/Sternum-Ratio	35	0,432	0,429	0,031	0,399	0,461
CT-kauNI/I/Femurbr-Ratio	35	3,911	3,901	0,258	3,480	4,213

### **4.4.3 Darstellung der Nierengrößenmessungen der Tiere mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B)**

#### **4.4.3.1 Gruppenvergleich Nierengrößen**

Zunächst wurde die Gruppe A (n = 35) mit der Gruppe B (n = 13) mittels Mann-Whitney-U-Test anhand der CT Nierenratios verglichen (Tabelle 17).

Sowohl bei der rechten Niere ( $p = 0,032$ ) als auch bei der linken Niere ( $p = 0,026$ ) und bei der linken und rechten Niere insgesamt betrachtet ( $p = 0,019$ ) unterschied sich das Nierenlänge-Sternum-Ratio signifikant zwischen den beiden Gruppen. Die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht, wurde abgelehnt. Das Nierenlänge-Femur-Ratio hingegen unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen. Die Ratios für die kaudale seitliche Nierenausdehnung (CT-kauNI//Sternum-Ratio und CT-kauNI//Femurbr-Ratio) unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen A und B.

Die durchgeführten Untersuchungen sind vielversprechend, dass das entwickelte Nierenlänge-Sternum-Ratio zur Unterscheidung von Falken mit histopathologisch veränderten und unveränderten Nieren etabliert werden kann.

#### **4.4.3.2 Vergleich zwischen den Tieren der Gruppen A und B getrennt nach den einzelnen histologischen Befunden**

##### **4.4.3.2.1 Histopathologischer Befund Eisenspeicherung**

Das Nierenlänge-Sternum-Ratio der linken Niere (CT-liNlänge/Sternum-Ratio,  $p = 0,017$ ) und der linken und rechten Niere zusammenbetrachtet (CT-NlängeMW/Sternum-Ratio,  $p = 0,034$ ) unterschieden sich signifikant zwischen der Gruppe der Tiere mit Eisenspeicherung (n = 7) und der Vergleichsgruppe A (n = 35). Die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht, wurde abgelehnt. Bei der rechten Niere unterschieden sich die beiden Gruppen bezüglich des Nierenlänge-Sternum-Ratios hingegen nicht signifikant voneinander. Die anderen gebildeten Nierenratios zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe der Tiere mit Eisenspeicherung und der Vergleichsgruppe A.

Der Einzelvergleich der untersuchten acht Nierenratios mit den ermittelten Referenzbereichen (Tabelle 17) ergab folgende Ergebnisse: Zwei Tiere mit geringgradiger Eisenspeicherung wiesen mehrere Ratioerniedrigungen auf. Ein Tier nur für die linke Niere und die gemittelte Niere und dabei sowohl für die Sternumratios als auch für die Femurratios, das andere Tier zeigte Ratioerniedrigungen für die drei Ratios mit Beteiligung des Sternums.

Es handelte sich dabei um ein Tier, welches eine geringgradige Eisenspeicherung und eine mittelgradige Nierenamyloidose zeigte. Ein weiteres Tier mit minimaler Eisenspeicherung und mittelgradiger Nierenamyloidose zeigte eine Ratioerhöhung für das CT-kauNI//Femurbr-Ratio. Die anderen vier Tiere mit Eisenspeicherung wiesen keine Nierenratios außerhalb der Referenzbereiche auf. Es handelte sich dabei zweimal um Tiere mit minimaler Eisenspeicherung und um je ein Tier mit geringgradiger und mittelgradiger Eisenspeicherung.

#### 4.4.3.2.2 Histopathologischer Befund Nierenamyloidose

Bei den Nierenratios der linken und rechten Niere und der linken und rechten Niere zusammen betrachtet gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe der Tiere mit Nierenamyloidose (n = 5) und der Vergleichsgruppe A.

Die Einzelvergleiche der untersuchten acht Nierenratios mit den ermittelten Referenzbereichen (Tabelle 17) ergab folgende Ergebnisse: Ein Tier mit geringgradiger Nierenamyloidose wies bei fünf der acht Nierenratios Werte oberhalb der Referenzbereiche auf. Zwei Tiere mit gleichzeitig mittelgradiger Nierenamyloidose und geringgradiger Eisenspeicherungen zeigten wie oben beschrieben einmal eine Ratioerhöhung und dreimal eine Ratioerniedrigung. Zwei Tiere mit minimaler und mittelgradiger Nierenamyloidose wiesen keine Nierenratios außerhalb der Referenzbereiche auf.

#### 4.4.3.2.3 Histopathologischer Befund Atherosklerose

Falke 29 mit histologisch festgestellter geringgradiger Nierenatherosklerose wies beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen der CT Nierenratios (Tabelle 17) zwei Werte unterhalb des Referenzbereiches auf.

#### 4.4.3.2.4 Histopathologischer Befund Glomerulonephritis

Falke 45 mit histologisch festgestellter geringgradiger multifokaler membranöser Glomerulonephritis zeigte beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen der CT Nierenratios (Tabelle 17) alle acht Werte innerhalb des Referenzbereiches.

#### 4.4.3.2.5 Histopathologischer Befund Herdnephritis

Falke 48 mit histologisch festgestellter hochgradig fokaler chronisch-aktiver heterophiler Herdnephritis zeigte beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen der CT Nierenratios (Tabelle 17) alle acht Werte innerhalb des Referenzbereiches.

#### 4.4.4 Darstellung der Nierendichte der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A)

##### 4.4.4.1 Graphische Darstellung der Nieren

Um zu veranschaulichen, wie die Nieren von Falken computertomographisch dargestellt werden, wurde exemplarisch jeweils die sagittale Ebene der Nativaufnahme und der beiden Kontrastmittelaufnahmen eines Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen aufgeführt (Abbildungen 23, 24 und 25). Sichtbar sind auf den Bildern neben der rechten Niere u.a. die Herzsilhouette, das Magen-Darm-Konvolut, teilweise der Ureter und die Kloake und bei den Kontrastmittelaufnahmen auch das Kontrastmittel.

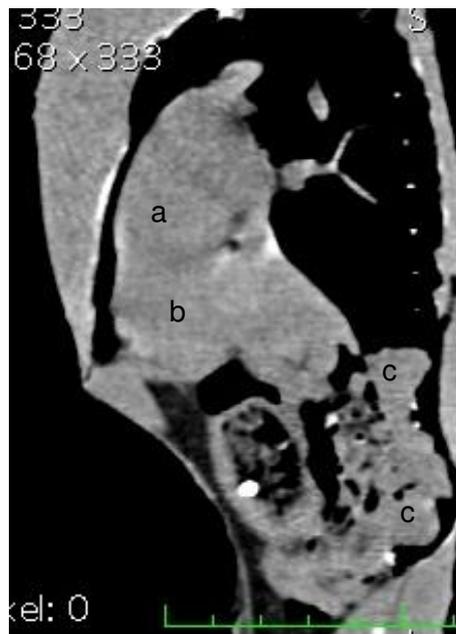


Abbildung 23: CT-Nativaufnahme exemplarisch, sagittale Aufnahme, Gerfalke, a = Herz, b = Leber, c = rechte Niere

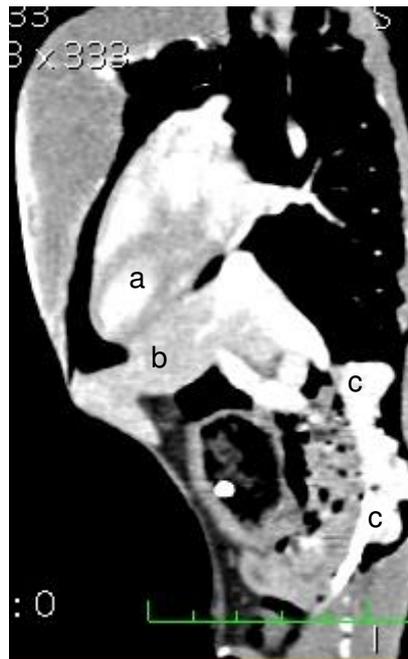


Abbildung 24: CT-50 sek Kontrastmittelaufnahme exemplarisch, sagittale Aufnahme, Gefalke, a = Herz, b = Leber, c = rechte Niere

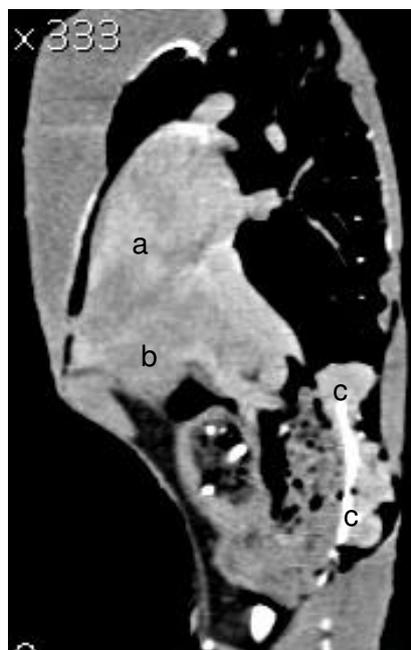


Abbildung 25: CT-5 min Kontrastmittelaufnahme exemplarisch, sagittale Aufnahme, Gefalke, a = Herz, b = Leber, c = rechte Niere

#### **4.4.4.2 Dichtewerte**

Die Ergebnisse der Einzeldichtemessungen der Nieren sind im Folgenden dargestellt, wobei die ermittelten Referenzbereiche als 80%-Perzentile angegeben wurden (Tabellen 18 und 19). Im Anhang 7 befindet sich eine Gesamtaufzählung aller untersuchten Falken mit ihren entsprechenden Dichtewerten und mit den als Mittelwert angegebenen Dichtewerten für die einzelnen Falkenarten. Für die weitere Auswertung wurden die ermittelten Referenzbereiche (Tabellen 18 und 19) verwendet und auf eine falkenartsspezifische Auswertung der Dichtewerte aufgrund der Übersichtlichkeit und der z.T. geringen Anzahl der einzelnen Falkenarten verzichtet.

Tabelle 18: CT-Dichtewerte linke Niere, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kaudalen Nierendivision, KM = Kontrastmittel

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
<b>linke Niere, nativ</b>							
Dichte 1	35	68,91	70,04	49,33	87,67	55,44	83,89
Dichte 2	35	62,56	61,92	48,09	78,80	50,27	74,67
Dichte 3	35	64,49	66,13	44,11	81,13	51,67	79,83
Dichte 4	35	61,00	60,56	46,24	80,61	48,20	75,32
Dichte 5	35	67,32	67,83	52,79	80,22	58,50	76,03
Dichte 100	35	59,92	59,80	50,24	71,95	52,22	67,91
<b>linke Niere, 50 sek KM- Aufnahme</b>							
Dichte 1	35	261,83	251,90	139,49	460,64	206,92	310,85
Dichte 2	35	258,72	262,36	148,66	439,59	202,44	306,69
Dichte 3	35	255,00	256,01	132,70	435,17	186,76	314,14
Dichte 4	35	253,90	253,26	115,67	465,98	186,62	294,55
Dichte 5	35	266,79	256,30	134,37	467,93	211,77	304,51
Dichte 100	35	264,59	257,04	122,30	450,60	208,25	300,09
<b>linke Niere, 5 min KM- Aufnahme</b>							
Dichte 1	35	194,81	188,35	136,36	311,78	153,18	264,94
Dichte 2	35	189,17	185,58	130,29	303,09	152,43	241,18
Dichte 3	35	189,94	186,68	138,18	317,43	149,35	237,14
Dichte 4	35	189,55	184,28	134,89	309,00	149,63	238,98
Dichte 5	35	196,88	192,31	118,57	298,93	161,24	238,41
Dichte 100	35	192,53	183,91	143,39	320,95	155,74	249,49

Tabelle 19: CT-Dichtewerte rechte Niere, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kaudalen Nierendivision, KM = Kontrastmittel

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
<b>rechte Niere, native</b>							
Dichte 1	35	66,28	64,35	43,53	83,96	54,65	80,98
Dichte 2	35	65,70	63,64	42,24	88,89	53,10	78,71
Dichte 3	35	64,41	61,46	42,06	86,20	50,57	79,65
Dichte 4	35	61,14	58,88	46,63	80,49	49,40	75,62
Dichte 5	35	68,55	68,62	50,52	82,78	60,65	78,38
Dichte 100	35	60,61	60,54	46,88	71,69	53,15	67,47
<b>rechte Niere, 50 sek KM-Aufnahme</b>							
Dichte 1	35	258,37	251,76	119,41	458,71	201,49	298,84
Dichte 2	35	262,75	261,94	113,24	476,59	189,82	312,17
Dichte 3	35	260,12	254,67	101,41	448,21	200,30	309,47
Dichte 4	35	253,89	249,77	101,65	468,63	184,00	295,95
Dichte 5	35	271,23	270,52	135,80	488,06	209,63	311,49
Dichte 100	35	267,46	259,87	115,12	458,66	212,13	308,81
<b>rechte Niere, 5 min KM-Aufnahme</b>							
Dichte 1	35	191,12	188,03	130,64	289,65	153,98	245,37
Dichte 2	35	191,86	185,86	118,40	305,12	157,28	256,88
Dichte 3	35	190,66	183,90	122,49	286,55	151,33	236,73
Dichte 4	35	187,36	179,90	120,59	287,97	138,98	251,76
Dichte 5	35	200,52	191,76	151,21	298,95	161,58	254,54
Dichte 100	35	194,10	185,07	124,67	300,08	159,21	252,39

## 4.4.4.2.1 Vergleich der Dichtewerte der kranialen Nierendivisionen

Die vier Einzeldichtewerte (Dichte 1 - 4) und der Dichtewert 100 wurden jeweils getrennt für die rechte und linke Niere pro Scan auf signifikante Unterschiede untereinander untersucht (Friedman-Test). Es galt herauszufinden, ob sich diese fünf Dichtewerte signifikant voneinander unterscheiden. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei den Dichtewerten der Nativaufnahme (linke Niere  $p < 0,001$ ; rechte Niere  $p = 0,003$ ) und bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme der rechten Niere ( $p = 0,021$ ). Bei diesen Dichtewerten war jeweils ein Paarvergleich notwendig, um herauszufinden, welche der fünf Dichtewerte sich jeweils voneinander unterschieden (Wilcoxon-Test). Bei den 5 min Kontrastmittelaufnahmen und bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme der linken Niere waren keine signifikanten Unterschiede innerhalb der fünf Dichtewerte feststellbar. Die Ergebnisse des Paarvergleichs sind im Folgenden tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 20 und 21). Es ergab sich jeweils eine Anzahl von zehn zu prüfenden Paaren.

Tabelle 20: Paarvergleich der Dichtewerte, CT-Nativaufnahme, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision

Nativaufnahme	rechte Niere Dichte	linke Niere Dichte
keine signifikanten Unterschiede	1+2; 1+3; 2+3; 4+100	2+3, 2+4; 2+100; 4+100
signifikante Unterschiede	1+4; 2+4; 3+4; 1+100; 2+100; 3+100	1+2, 1+3; 1+4; 3+4; 3+100; 1+100

Tabelle 21: Paarvergleich der Dichtewerte, CT - 50 sek Kontrastmittelaufnahme Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision Paarvergleich der Dichtewerte

50 sek Kontrastmittel- aufnahme	rechte Niere Dichte
keine signifikanten Unterschiede	1+2; 1+3; 1+4; 2+3; 2+4; 3+4; 2+100
signifikante Unterschiede	1+100; 3+100; 4+100

Aus den Tabellen 20 und 21 ist zu entnehmen, dass bei der rechten Niere die Dichten 4 und 100 überwiegend an den Paaren mit signifikanten Dichtewertunterschieden beteiligt waren, wohingegen dies bei der linken Niere Dichte 1 war. Dies zeigt, dass es Dichteunterschiede im Nierenparenchym selbst gibt, sowohl innerhalb der kranialen Nierendivision als auch zwischen der linken und rechten kranialen Nierendivision. Diese Dichteunterschiede sind anfangs auch noch bei der Betrachtung mit Kontrastmittel erkennbar (50 sek Kontrastmittelaufnahme), aber bei fortschreitender Kontrastmittelausscheidung nicht mehr (5 min Kontrastmittelaufnahme).

Aus den Einzeldichtewerten der kranialen Nierendivision wurden zusammengesetzte Dichtewerte gebildet. Die Auswahl der einbezogenen Dichtewerte erfolgte unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Dichtewertvergleiches (Tabelle 20 und 21). Das Dichtewertepaar Dichte 2+3 unterschied sich bei allen drei Aufnahmen sowohl bei der rechten als auch bei der linken Niere nicht signifikant voneinander. Die beiden Dichtemessungen präsentieren somit einen Bereich der kranialen Nierendivisionen mit annähernd gleicher Dichte. Daher wurde aus diesen beiden Dichtewerten der Mittelwert gebildet und mit MW 23 bezeichnet. Desweiteren wurde das Dichtewertepaar 2+4 für die Bildung der zusammengesetzten Dichtemittelwerte ausgewählt und mit MW 24 bezeichnet. Es wurde zusätzlich ein aus allen vier Einzeldichtewerten zusammengesetzter Dichtemittelwert gebildet und mit MW 1234 bezeichnet. Die drei neugebildeten zusammengesetzten Dichtewerte sind im Folgenden aufgeführt, wobei die ermittelten Referenzbereiche als 80%-Perzentile angegeben wurden (Tabelle 22).

Tabelle 22: CT, zusammengesetzte Dichtewerte der kranialen Nierendivisionen, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, KM = Kontrastmittelaufnahmen, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
<b>linke kraniale Niere, nativ</b>							
MW 1234	35	64,24	61,79	52,52	78,52	54,53	73,45
MW 23	35	63,52	62,78	46,62	79,37	51,28	74,66
MW 24	35	61,78	62,01	48,83	77,66	50,85	72,46
<b>rechte kraniale Niere, nativ</b>							
MW 1234	35	64,38	62,93	48,16	78,48	54,43	75,46
MW 23	35	65,06	64,12	45,62	83,11	51,62	79,62
MW 24	35	63,42	61,94	46,55	79,16	53,42	76,91
<b>linke kraniale Niere, 50 sek KM</b>							
MW 1234	35	257,36	254,22	134,13	448,29	197,20	302,24
MW 23	35	256,86	261,23	140,68	436,83	195,54	308,18
MW 24	35	256,31	255,81	132,16	448,67	201,93	298,90
<b>rechte kraniale Niere, 50 sek KM</b>							
MW 1234	35	258,78	259,53	108,93	461,97	198,93	298,01
MW 23	35	261,43	260,75	107,33	460,26	194,09	305,31
MW 24	35	258,32	257,60	107,44	472,61	193,94	294,63
<b>linke kraniale Niere, 5 min KM</b>							
MW 1234	35	190,87	187,71	136,69	310,32	153,58	239,65
MW 23	35	189,55	186,47	137,76	310,26	151,77	240,22
MW 24	35	189,36	182,11	132,59	306,04	153,20	236,86
<b>rechte kraniale Niere, 5 min KM</b>							
MW 1234	35	190,25	186,21	123,77	290,24	151,61	236,79
MW 23	35	191,26	185,05	120,44	295,84	153,40	237,85
MW 24	35	189,61	185,55	119,50	296,55	151,01	251,16

Die zusammengesetzten Dichtewerte und die Dichte 100 wurden jeweils getrennt für die rechte und linke Niere pro Scan auf signifikante Unterschiede untersucht (Friedman-Test). Es galt herauszufinden, ob sich diese vier Dichtewerte signifikant voneinander unterscheiden. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei den Dichtewerten der Nativaufnahme der rechten und linken Niere ( $p < 0,001$ ) und bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme der linken Niere ( $p < 0,009$ ). Bei diesen Dichtewerten war jeweils ein Paarvergleich mittels Wilcoxon-Test notwendig, um herauszufinden welche der Dichtewerte sich voneinander unterscheiden. Bei den 5 min Kontrastmittelaufnahmen und bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme der rechten Niere waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Die Ergebnisse des Wilcoxon-Test sind im Folgenden tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 23 und 24). Es ergab sich jeweils eine Anzahl von sechs zu prüfenden Paaren.

Tabelle 23: CT-Nativaufnahme, Paarvergleich der zusammengesetzten Dichtewerte, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision

Nativaufnahme	rechte Niere	linke Niere
keine signifikanten Unterschiede	MW 23+MW 1234; MW 24+MW 1234	MW 24+MW 1234; MW 24+Dichte 100
signifikante Unterschiede	MW 23+MW 24; MW 23+Dichte 100; MW 24+Dichte 100; MW 1234+ Dichte 100	MW 23+MW 24; MW 23+MW 1234; MW 23+Dichte 100; MW 1234+Dichte 100

Tabelle 24: CT - 50 sek Kontrastmittelaufnahme, Paarvergleich der zusammengesetzten Dichtewerte, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision

50 sek Kontrastmittel- aufnahme	linke Niere
keine signifikanten Unterschiede	MW 23+MW 24; MW 23+MW 1234; MW 24+MW 1234
signifikante Unterschiede	MW 23+Dichte 100; MW 24+Dichte 100; MW 1234+Dichte 100

Von den zusammengesetzten Dichtewerten (Tabelle 23 und 24) zeigte durchgehend nur das Paar MW 24+MW 1234 sowohl bei der linken als auch bei der rechten Niere bei der Nativaufnahme und bei den Kontrastmittelaufnahmen keine signifikanten Unterschiede im Paarvergleich. MW 24 und MW 1234 scheinen somit die Dichte des Nierenparenchyms in vergleichbarer Weise abzubilden. Auffällig ist noch, dass MW 23 bei der Nativaufnahme der linken Niere im Paarvergleich signifikante Unterschiede zu den drei anderen Dichtewerten aufweist. Ansonsten ergibt sich ein recht uneinheitliches Bild für den Paarvergleich der zusammengesetzten Dichtewerte, aus dem sich nur schwer Verallgemeinerungen ableiten lassen. Die Dichte 100 war im Paarvergleich mit den zusammengesetzten Dichtewerten am häufigsten bei der Bildung der Paare mit signifikanten Unterschieden beteiligt.

Eine Gesamtauflistung aller untersuchten Falken mit ihren entsprechenden zusammengesetzten Dichtewerten und mit den als Mittelwert angegebenen Dichtewerten für die einzelnen Falkenarten befindet sich im Anhang 8.

#### 4.4.4.2.2 Dichtewerte der kaudalen Nierendivision im Vergleich mit den Nierendichten der kranialen Nierendivision

Die Dichtemessungen in den kaudalen Nierendivisionen sind zusammen mit den Dichtemessungen der kranialen Nierendivisionen mit ihren ermittelten Referenzbereichen angegeben (Tabellen 18 und 19).

Für den Vergleich der Dichtemessung der kaudalen Nierendivisionen mit den Einzelwerten und den zusammengesetzten Werten aus den kranialen Nierendivisionen ergab sich pro Niere und Scan eine Anzahl von acht zu prüfenden Paaren. Die Ergebnisse des Paarvergleichs sind im Folgenden aufgeführt (Tabellen 25, 26 und 27).

Tabelle 25: CT - Nativaufnahme, Dichtevergleich kranial-kaudal, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kaudalen Nierendivision, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4

Nativaufnahme	rechte Niere	linke Niere
keine signifikanten Unterschiede	Dichte 1+5; Dichte 2+5; Dichte 3+5; MW 23+5	Dichte 1+5; Dichte 3+5; MW 1234+5
signifikante Unterschiede	Dichte 4+5; Dichte 100+5; MW 24+5; MW 1234+5	Dichte 2+5; Dichte 4+5; Dichte 100+5; MW 23+5; MW 24+5

Tabelle 26: CT - 50 sek Kontrastmittelaufnahme, Dichtevergleich kranial-kaudal, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kaudalen Nierendivision, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4

50 sek Kontrastmittelaufnahme	rechte Niere	linke Niere
keine signifikanten Unterschiede	Dichte 2+5; Dichte 100+5	Dichte 1+5; Dichte 2+5; Dichte 100+5
signifikante Unterschiede	Dichte 1+5; Dichte 3+5; Dichte 4+5; MW 23+5; MW 24+5; MW 1234+5	Dichte 3+5; Dichte 4+5; MW 23+5; MW 24+5; MW 1234+5

Tabelle 27: CT - 5 min Kontrastmittelaufnahme, Dichtevergleich kranial-kaudal, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kaudalen Nierendivision, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4

5 min Kontrastmittelaufnahme	rechte Niere	linke Niere
keine signifikanten Unterschiede		Dichte 1+5; Dichte 4+5
signifikante Unterschiede	Dichte 1+5; Dichte 2+5; Dichte 3+5; Dichte 4+5; Dichte 100+5; MW 23+5; MW 24+5; MW 1234+5	Dichte 2+5; Dichte 3+5; Dichte 100+5; MW 23+5; MW 24+5; MW 1234+5

Aus den Paarvergleichen (Tabellen 25, 26 und 27) ist zu entnehmen, dass die überwiegende Anzahl der gemessenen Dichtewerte der kranialen Nierendivisionen sowohl bei der Nativaufnahme als auch bei den beiden Kontrastaufnahmen signifikante Unterschiede zu der Dichte 5 der kaudalen Nierendivisionen aufwies. Am deutlichsten war der Unterschied bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme der rechten Niere, bei der die Dichte 5 zu allen acht verglichenen Dichten der kranialen Nierendivisionen signifikante Unterschiede aufwies. Dies zeigt, dass sich sowohl das Nierenparenchym als auch das Ausscheidungsverhalten zwischen kranialer und kaudaler Nierendivision unterscheidet. Damit sind Werte der kranialen und kaudalen Niere nicht vergleichbar.

Desweiteren ist zu entnehmen, dass die zusammengesetzten Dichtewerte häufiger als die Einzeldichtewerte signifikante Unterschiede beim Paarvergleich mit der Dichte der kaudalen Nierendivision aufwiesen. Bemerkenswert ist auch noch, dass das Paar Dichte 1+5 der linken Niere bei allen drei Aufnahmen keine signifikanten Unterschiedes aufwies, die kraniale Nierendivision bei Dichte 1 und die kaudale Nierendivision bei Dichte 5 repräsentieren somit bei der linken Niere einen Bereich mit ähnlicher Dichte und ähnlichem Ausscheidungsverhalten. Bei der rechten Niere traf dies jedoch nur für die Nativaufnahme und nicht für die 50 sek und 5 min Kontrastmittelaufnahme zu.

#### **4.4.4.3 Anflutung und Abflutung des Kontrastmittels**

Die Darstellung der An- und Abflutung des Kontrastmittels erfolgte getrennt für die kranialen Divisionen der linken und rechten Niere (Tabellen 28, 29, 30 und 31).

Tabelle 28: CT, Kontrastmittelan- und -abflutung der Einzeldichten der linken kranialen Nierendivision, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, KM-Anflutung I = Quotient aus 50 sek Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Anflutung II = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Abflutung = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und 50 sek Kontrastmittelaufnahme, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
KM-Anflutung I Dichte 1	35	3,89	3,67	1,62	8,26	3,03	5,37
KM-Anflutung II Dichte 1	35	2,89	2,71	1,59	5,05	2,18	4,17
KM-Abflutung Dichte 1	35	0,75	0,73	0,61	0,98	0,66	0,92
KM-Anflutung I Dichte 2	35	4,21	4,01	2,41	8,72	3,07	5,28
KM-Anflutung II Dichte 2	35	3,07	2,94	2,11	5,34	2,26	3,64
KM-Abflutung Dichte 2	35	0,74	0,74	0,58	1,09	0,63	0,90
KM-Anflutung I Dichte 3	35	4,10	3,99	1,71	8,61	2,71	5,07
KM-Anflutung II Dichte 3	35	3,03	2,90	1,87	6,05	2,07	3,77
KM-Abflutung Dichte 3	35	0,76	0,73	0,58	1,09	0,67	0,88
KM-Anflutung I Dichte 4	35	4,26	4,16	1,71	7,88	2,88	5,88
KM-Anflutung II Dichte 4	35	3,16	3,11	1,99	5,62	2,34	3,96
KM-Abflutung Dichte 4	35	0,76	0,74	0,58	1,17	0,65	0,92

Tabelle 29: CT, Kontrastmittelan- und -abflutung der Einzeldichten der rechten kranialen Nierendivision, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, KM-Anflutung I = Quotient aus 50 sek Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Anflutung II = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Abflutung = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und 50 sek Kontrastmittelaufnahme, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Messquadraten in der kranialen Nierendivision

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
KM-Anflutung I Dichte 1	35	4,01	3,79	1,53	8,37	2,92	5,50
KM-Anflutung II Dichte 1	35	2,96	2,79	1,71	5,29	2,15	4,42
KM-Abflutung Dichte 1	35	0,75	0,73	0,62	1,12	0,65	0,90
KM-Anflutung I Dichte 2	35	4,14	3,96	1,86	10,26	2,63	5,61
KM-Anflutung II Dichte 2	35	2,99	2,87	1,95	5,48	2,11	3,94
KM-Abflutung Dichte 2	35	0,75	0,74	0,53	1,05	0,62	0,92
KM-Anflutung I Dichte 3	35	4,20	3,97	1,84	9,92	2,72	6,25
KM-Anflutung II Dichte 3	35	3,06	2,82	1,97	6,08	2,17	4,56
KM-Abflutung Dichte 3	35	0,75	0,74	0,61	1,21	0,63	0,87
KM-Anflutung I Dichte 4	35	4,25	4,20	2,13	10,05	2,78	5,21
KM-Anflutung II Dichte 4	35	3,12	2,99	1,91	5,62	2,17	4,18
KM-Abflutung Dichte 4	35	0,75	0,73	0,56	1,19	0,64	0,97

Tabelle 30: CT, Kontrastmittelan- und -abflutung der zusammengesetzten Dichtewerte der linken kranialen Nierendivision, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, KM-Anflutung I = Quotient aus 50 sek Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Anflutung II = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Abflutung = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und 50 sek Kontrastmittelaufnahme, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
KM-Anflutung I linke Niere MW1234	35	4,07	4,01	1,83	8,18	3,02	4,76
KM-Anflutung II linke Niere MW1234	35	3,00	2,95	1,86	5,24	2,31	3,66
KM-Abflutung linke Niere MW1234	35	0,75	0,73	0,60	1,02	0,67	0,92
KM-Anflutung I linke Niere MW23	35	4,14	4,01	2,02	8,66	2,96	5,05
KM-Anflutung II linke Niere MW23	35	3,04	2,88	1,97	5,61	2,19	3,65
KM-Abflutung linke Niere MW23	35	0,75	0,72	0,58	1,04	0,66	0,90
KM-Anflutung I linke Niere MW24	35	4,22	4,19	2,04	7,96	3,11	5,14
KM-Anflutung II linke Niere MW24	35	3,10	3,10	2,05	5,42	2,40	3,44
KM-Abflutung linke Niere MW24	35	0,75	0,72	0,59	1,06	0,65	0,94
KM-Anflutung I linke Niere Dichte 100	35	4,48	4,46	1,78	8,96	3,40	5,33
KM-Anflutung II linke Niere Dichte 100	35	3,24	3,09	2,09	5,53	2,54	4,24
KM-Abflutung linke Niere Dichte 100	35	0,74	0,71	0,62	1,17	0,64	0,91

Tabelle 31: CT, Kontrastmittelan- und -abflutung der zusammengesetzten Dichtewerte der rechten kranialen Nierendivision, n = 35 Falken ohne histopathologische Auffälligkeiten an den Nieren, KM-Anflutung I = Quotient aus 50 sek Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Anflutung II = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und Nativaufnahme, KM-Abflutung = Quotient aus 5 min Kontrastmittelaufnahme und 50 sek Kontrastmittelaufnahme, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision

	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Perzentile	
						10	90
KM-Anflutung I rechte Niere MW1234	35	4,10	4,03	1,80	9,59	2,93	4,89
KM-Anflutung II rechte Niere MW1234	35	3,00	2,92	2,03	5,60	2,24	4,03
KM-Abflutung rechte Niere MW1234	35	0,75	0,74	0,58	1,14	0,65	0,90
KM-Anflutung I rechte Niere MW23	35	4,15	3,99	1,85	10,09	2,68	5,17
KM-Anflutung II rechte Niere MW23	35	3,01	2,90	2,06	5,78	2,14	4,23
KM-Abflutung rechte Niere MW23	35	0,75	0,72	0,57	1,12	0,65	0,88
KM-Anflutung I rechte Niere MW24	35	4,17	4,07	1,98	10,15	2,86	4,99
KM-Anflutung II rechte Niere MW24	35	3,03	2,92	2,06	5,55	2,26	3,76
KM-Abflutung rechte Niere MW24	35	0,75	0,75	0,55	1,11	0,64	0,89
KM-Anflutung I rechte Niere Dichte 100	35	4,49	4,35	1,83	9,78	3,19	5,49
KM-Anflutung II rechte Niere Dichte 100	35	3,24	3,05	1,98	5,93	2,57	4,35
KM-Abflutung rechte Niere Dichte 100	35	0,74	0,70	0,61	1,08	0,63	0,98

Es wurden die An- und Abflutungen des Kontrastmittels bei acht Bezugspunkten in der kranialen Nierendivision untersucht, bei den vier Einzeldichtewerten, bei den drei zusammengesetzten Dichtewerten und bei der Dichte 100. Im Mittel betrug die Kontrastmittelkonzentration bei der Anflutung I ca. das Vierfache der Ausgangswerte und bei Anflutung II ca. das Dreifache der Ausgangswerte, wobei die Werte der Dichte 100 jeweils am höchsten waren (siehe Mediane Tabellen 28, 29, 30 und 31). Die Abflutung des Kontrastmittels war sowohl bei der rechten als auch bei der linken Niere durchgehend ca. dreiviertel der Dichtewerte des 50 sek Scans. Zusätzlich wurde die An- und Abflutung für Dichte 5 der kaudalen Nierendivision betrachtet.

Die Kontrastmittelan- und -abflutung unterschied sich nicht signifikant zwischen rechter und linker Niere ( $p > 0,05$ ). Bei beiden Nieren gab es jedoch bei der Anflutung I und bei der Anflutung II signifikante Unterschiede zwischen den Kontrastmittelwerten der einzelnen Messpunkte ( $p \leq 0,001$ , Friedman-Test). Bei der Abflutung gab es hingegen sowohl bei der rechten als auch bei der linken Niere keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontrastmittelwerten (rechte Niere  $p = 0,752$ , linke Niere  $p = 0,554$ ). Dies traf sowohl für die kraniale als auch für die kaudale Nierendivision zu.

#### **4.4.4.4 Rechts-Links-Vergleich der Nierendichte**

Die vier Einzelmessungen und die zusammengesetzten Dichtewerte der kranialen Nierendivision wiesen für alle drei Aufnahmen keine signifikanten Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf ( $p > 0,05$ ).

Die Dichte 100 und die Dichte 5 wiesen beim Rechts-Links-Vergleich der 50 sek Kontrastmittelaufnahme signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf ( $p = 0,040$  bzw.  $p = 0,049$ ). Bei dem Rechts-Links-Vergleich der Nativaufnahme und des 5 min Scans wiesen sie jedoch keine signifikanten Unterschiede auf ( $p > 0,05$ ).

Bei der An- und Abflutung der Einzeldichtewerte, der zusammengesetzten Dichtewerte und der Dichte 100 waren keine signifikanten Unterschiede zwischen rechter und linker Niere feststellbar (Wilcoxon).

#### **4.4.5 Darstellung der Nierendichte der Tiere mit histologischen Nierenveränderungen (Gruppe B)**

##### **4.4.5.1 Gruppenvergleich Nierendichte**

Zunächst wurde die Gruppe B (n = 13) mit der Gruppe A (n = 35) mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Sowohl bei den Einzeldichtemessungen, als auch bei den zusammengesetzten Dichtewerten und bei der An- und Abflutung der zusammengesetzten Dichtewerte gab es keine signifikanten Unterschiede. Bei der An- und Abflutung der Einzeldichtewerte gab es bei der Anflutung I und bei der Abflutung keine signifikanten Unterschiede, jedoch gab es bei der Anflutung II bei der linken Niere bei Dichte 2 ( $p = 0,043$ ) und bei der rechten Niere bei Dichte 3 ( $p = 0,040$ ) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

##### **4.4.5.2 Vergleich zwischen den Tieren der Gruppe B und A getrennt nach den einzelnen histologischen Befunden**

Die histologisch festgestellten Nierenveränderungen wurden getrennt für jede Gruppe mit der Vergleichsgruppe A (n = 35) verglichen (Tabellen 18, 19, 22, 28, 29, 30 und 31). Bei den histopathologischen Befunden Eisenspeicherung und Nierenamyloidose war aufgrund der Gruppengröße ein statistischer Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test mit der Gruppe A möglich. Sowohl bei den Tieren mit Eisenspeicherung und Nierenamyloidose als auch bei den histopathologischen Befunden Atherosklerose, Glomerulonephritis und Herdnephritis wurden die Tiere jeweils direkt mit den Referenzbereichen der Gruppe A verglichen (Tabellen 18, 19, 22, 28, 29, 30 und 31). In den Anhängen 7 und 8 sind alle 48 Falken mit ihren entsprechenden Dichtewerten aufgeführt.

###### **4.4.5.2.1 Histopathologischer Befund Eisenspeicherung**

Die Gruppe mit histologisch festgestellter Eisenspeicherung (n = 7) unterschied sich in der kranialen linken Nierendivision beim 5 min Scan bei der Dichte 100 ( $p = 0,045$ ) und bei der Dichte 1 ( $p = 0,038$ ) signifikant von der Gruppe A. Die rechte kraniale Nierendivision unterschied sich beim 5 min Scan bei der Dichte 4 ( $p = 0,049$ ) signifikant zwischen den beiden Gruppen. Die anderen Dichtewerte und die An- und Abflutung des Kontrastmittels unterschieden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen.

Bei dem Direktvergleich der einzelnen Tiere mit Eisenspeicherung mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten Dichte 1 - Dichte 4 und für die Dichte 100 (Tabelle 18 und 19) fielen zwei Tiere auf, die deutlich mehr erhöhte Dichtewerte aufwiesen als die

anderen Tiere der Gruppe. Es handelte sich um die Falken 19 und 20, jeweils zwei Ger\*Saker-Hybriden mit minimaler Eisenspeicherung. Insgesamt zeigte sich eine Tendenz zur Dichtewerterhöhung bei den Tieren mit Eisenspeicherung.

#### 4.4.5.2.2 Histopathologischer Befund Nierenamyloidose

Die Gruppe mit histologisch festgestellter Nierenamyloidose ( $n = 5$ ) unterschied sich in der linken kranialen Nierendivision beim Nativscan bei der Dichte MW 2+4 ( $p = 0,035$ ) und bei der Dichte 2 ( $p = 0,012$ ) signifikant von der Gruppe A. In der rechten kranialen Nierendivision unterschieden sich beim Nativscan die beiden Gruppen signifikant bei den Dichten MW 1234 ( $p = 0,035$ ), MW 2+3 ( $p = 0,021$ ), MW 2+4 ( $p = 0,013$ ) und bei den Dichten 3 und 4 (jeweils  $p = 0,047$ ). Die anderen Dichtewerte und die An- und Abflutung des Kontrastmittels unterschieden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen.

Bei dem Direktvergleich der einzelnen Tiere mit Nierenamyloidose mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten Dichte 1 - Dichte 4 und für die Dichte 100 (Tabellen 18 und 19) fiel ein Tier auf, dass Dichtewerterniedrigung in 25 von den verglichenen 30 Referenzbereichen zeigte. Es handelte sich dabei um Falke 67, ein Gerfalke mit mittelgradiger Nierenamyloidose. Die anderen beiden Tiere mit mittelgradiger Nierenamyloidose waren hingegen unauffällig im Direktvergleich mit den Referenzbereichen, sie hatten nur jeweils einen Dichtewert oberhalb bzw. unterhalb des Referenzbereiches. Bezogen auf alle fünf Tiere mit Nierenamyloidose zeigte sich ein recht uneinheitliches Bild mit einer Tendenz zur Dichtewerterniedrigung.

#### 4.4.5.2.3 Histopathologischer Befund Atherosklerose

Falke 29 mit histologisch festgestellter geringgradiger Atherosklerose zeigte beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten und für die Dichte 100 (Tabellen 18 und 19) ein unauffälliges Bild, einer von 30 Werten lag außerhalb des Referenzbereiches (Dichte 1 in der linken kranialen Nierendivision bei der Nativaufnahme).

#### 4.4.5.2.4 Histologischer Befund Glomerulonephritis

Falke 45 mit histologisch festgestellter geringgradiger multifokaler membranöser Glomerulonephritis zeigte beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten und für die Dichte 100 (Tabellen 18 und 19) vier von 30 Werten außerhalb des Referenzbereiches. Es handelte sich dabei ausschließlich um Dichtewerterhöhungen der 50 sek Kontrastmittelaufnahme der rechten Niere.

#### 4.4.5.2.5 Histologischer Befund Herdnephritis

Falke 48 mit histologisch festgestellter hochgradig fokaler chronisch-aktiver heterophiler Herdnephritis zeigte beim direkten Vergleich mit den Referenzbereichen für die Einzeldichten und für die Dichte 100 (Tabellen 18 und 19) keinen der 30 Werte außerhalb des Referenzbereiches.

### 4.5 Vergleich der CT-Befunde mit den Röntgenbefunden

#### 4.5.1 Gemessene knöcherne Größen

Die Darstellung der Mittelwerte aus den im CT und Röntgen verglichenen knöchernen Größen und die Betrachtung der Differenzen dieser Mittelwerte mittels Bland-Altman ergab keine verallgemeinerbaren systematischen Unterschiede zwischen beiden Methoden.

Beim Sternum, beim Brustwirbelsäulenabschnitt und beim Synsakrum wiesen die Ergebnisse aus dem CT in den überwiegenden Fällen kleinere Werte auf als beim Röntgen, die Differenzen der Mittelwerte lagen bei null bzw. im negativen Bereich. Bei der Femur- und bei der Humerusschaftbreite, wo der Großteil der gemessenen Werte zwischen 7 und 9,5 mm lag, waren die im CT gemessenen Werte im Mittel knapp 1 mm bzw. knapp 1,5 mm größer als im Röntgen. Beim Sternum, wo der Großteil der gemessenen Werte zwischen 7 und 9,5 cm lag, waren die im CT gemessenen Werte im Mittel 5 mm kleiner als im Röntgen. Bei dem Brustwirbelsäulenabschnitt waren bis auf zwei Werte, die deutlich im positiven Bereich außerhalb der zweifachen Standardabweichung lagen, alle Werte bei null oder im negativen Bereich. Im Mittel waren die im CT gemessenen Werte für den Brustwirbelsäulenabschnitt um 2 mm kleiner als im Röntgen. Bei der Synsakrumbreite waren die im CT gemessenen Werte im Mittel um 1 mm kleiner als im Röntgen.

Bei allen gemessenen knöchernen Strukturen, Sternumlänge, Femurschaftbreite, Humerusschaftbreite, Brustwirbelsäulenabschnitt und Synsakrumbreite, wurde die Nullhypothese beim t-Test für verbundene Stichproben, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messungen im CT und im Röntgen bestehen, abgelehnt,  $p < 0,001$ . Es bestehen somit bei der gegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,001$  signifikante Unterschiede zwischen den Messungen der knöchernen Strukturen im Röntgen und im CT.

Die Korrelation bei gepaarten Stichproben ergab, dass die Größen Sternumlänge (Korrelationskoeffizient 0,933,  $p < 0,001$ ), Femurschaftbreite (Korrelationskoeffizient 0,883,  $p < 0,001$ ), Humerusschaftbreite (Korrelationskoeffizient 0,702,  $p < 0,001$ ) und Brustwirbelsäulenabschnitt (Korrelationskoeffizient 0,776,  $p < 0,001$ ) einen signifikanten Zusammenhang zwischen den im CT und im Röntgen gemessenen Werten aufwiesen. Die Symsakrumbreite hingegen wies keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den im CT und im Röntgen gemessenen Werten auf (Korrelationskoeffizient 0,155,  $p = 0,294$ ).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die im Röntgen und im CT gemessenen knöchernen Größen, bis auf die Symsakrumbreite, einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Werten im Röntgen und im CT aufweisen, sich aber signifikant voneinander unterscheiden und keine verallgemeinerbaren systematischen Unterschiede zwischen beiden Messmethoden feststellbar sind.

#### **4.5.2 Nierengrößenmessungen**

Die Darstellung der Mittelwerte aus den im CT und Röntgen verglichenen Nierengrößen und die Betrachtung der Differenzen dieser Mittelwerte mittels Bland-Altman ergab keine verallgemeinerbaren systematischen Unterschiede zwischen beiden Methoden.

Bei der Nierenlänge war die Mehrzahl der Werte aus dem CT (CT-liNlänge, CT-reNlänge, CT-NlängeMW) kleiner als die im Röntgen gemessene Nierenlänge. Die bei den meisten Tieren mit 4-5 cm gemessene Nierenlänge war im Mittel im CT um 2 mm kleiner als im Röntgen. Bei der Nierenhöhe waren fast alle gemessenen Werte im CT (CT-likraNhöhe und CT-rekraNhöhe) kleiner als im Röntgen. Die bei den meisten Tieren mit 1-1,4 cm gemessene kraniale Nierenhöhe war im Mittel im CT um 4 mm kleiner als im Röntgen. Die Differenzen der Mittelwerte der Größen aus dem Röntgen und aus dem CT für die Nierenlänge und für die Nierenhöhe befanden sich bis auf einzelne Werte alle innerhalb des Bereiches der doppelten Standardabweichung.

Bei den mittels t-Test für verbundene Stichproben verglichenen Nierengrößen wurde die Nullhypothese, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten bestehen mit  $p < 0,004$  abgelehnt. Die im Röntgen und CT gemessenen Nierengrößen unterschieden sich somit bei der gegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,004$  signifikant voneinander.

Die Korrelation bei gepaarten Stichproben ergab, dass die Werte für die Nierenlänge im Röntgen und im CT einen signifikanten Zusammenhang aufwiesen,  $p < 0,001$ . Die Werte für

die Nierenhöhe wiesen hingegen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den im Röntgen und im CT gemessenen Werten auf,  $p > 0,05$ .

Zusammenfassend lassen sich auch bei den Größenmessungen der Niere keine systematischen Unterschiede zwischen den Messungen im Röntgen und im CT erkennen. Die gemessenen Nierengrößen unterscheiden sich bei beiden Messmethoden signifikant voneinander. Die Messung der Nierenhöhe gestaltet sich im Röntgen relativ schwierig, da es zu Überlagerungen mit den Gonaden kommen kann. Dies wird durch den nicht signifikanten Zusammenhang zwischen der im Röntgen und im CT gemessenen Nierenhöhe deutlich. Die Nierenhöhe im Röntgen zeigte auch keinen signifikanten Zusammenhang zum Körpergewicht (Kapitel 4.3.1). Die Nierenhöhe im Röntgen gemessen scheint somit als Messgröße für den Vergleich nicht geeignet zu sein.

### **4.5.3 Nierengrößenratios**

Das Rö-Nlänge/Sternum-Ratio unterschied sich signifikant von dem CT-liNlänge/Sternum-Ratio ( $p = 0,042$ ). Es unterschied sich aber nicht signifikant von dem CT-reNlänge/Sternum-Ratio und dem CT-NlängeMW/Sternum-Ratio ( $p > 0,05$ , Wilcoxon-Test).

Das Rö-Nlänge/Femurbr-Ratio wies signifikante Unterschiede zu allen drei verglichenen CT-Ratios auf ( $p < 0,001$ , Wilcoxon-Test).

Die im Röntgen und CT ermittelten Ratios sind somit nicht identisch, auch wenn dieselben Strukturen gemessen wurden. Aufgrund des Zusammenhanges der im Röntgen und im CT gemessenen Größen sind die Ratios aber an sich stimmig und können untereinander verglichen werden.

## **4.6 Darstellung der Ergebnisse der endoskopischen Nierenuntersuchung**

### **4.6.1 Endoskopiebefunde aller untersuchten Falken**

Alle 48 Falken wurden endoskopisch untersucht. Die Ergebnisse der endoskopischen Untersuchung sind für jeden Falken einzeln aufgeführt (Anhang 9).

Bei den untersuchten 48 Falken wurden neun verschiedene Endoskopiebefunde festgestellt, die insgesamt 34-mal erhoben wurden. 19 Tiere (39,6 %) hatten keine und 29 Tiere (60,4 %) hatten endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen, davon hatten 24 Tiere (50 %) einen

und fünf Tiere (10,4 %) zwei verschiedene Endoskopiebefunde an den Nieren. Am häufigsten wurden gelblich-weiße Ablagerungen (19 der 34 Befunde, 55,9 %) und Nierenschwellungen (11 der 34 Befunde, 32,4 %) festgestellt (Tabelle 32 und Abbildung 26).

Tabelle 32: Ergebnisse der endoskopischen Nierenuntersuchung gruppiert in absoluten Zahlen, 48 Falken

<b>Endoskopiebefunde Niere</b>	<b>Anzahl der Befunde</b>
o.b.B.	19
ggr. geschwollen	7
mgr. geschwollen	1
hgr. geschwollen	3
ggr. gelblich-weiße Ablagerungen	11
mgr. gelblich-weiße Ablagerungen	4
hgr. gelblich-weiße Ablagerungen	4
Auflagerungen	2
gestauter Harnleiter	1
Gefäßzeichnung	1
Endoskopiebefunde insgesamt	34

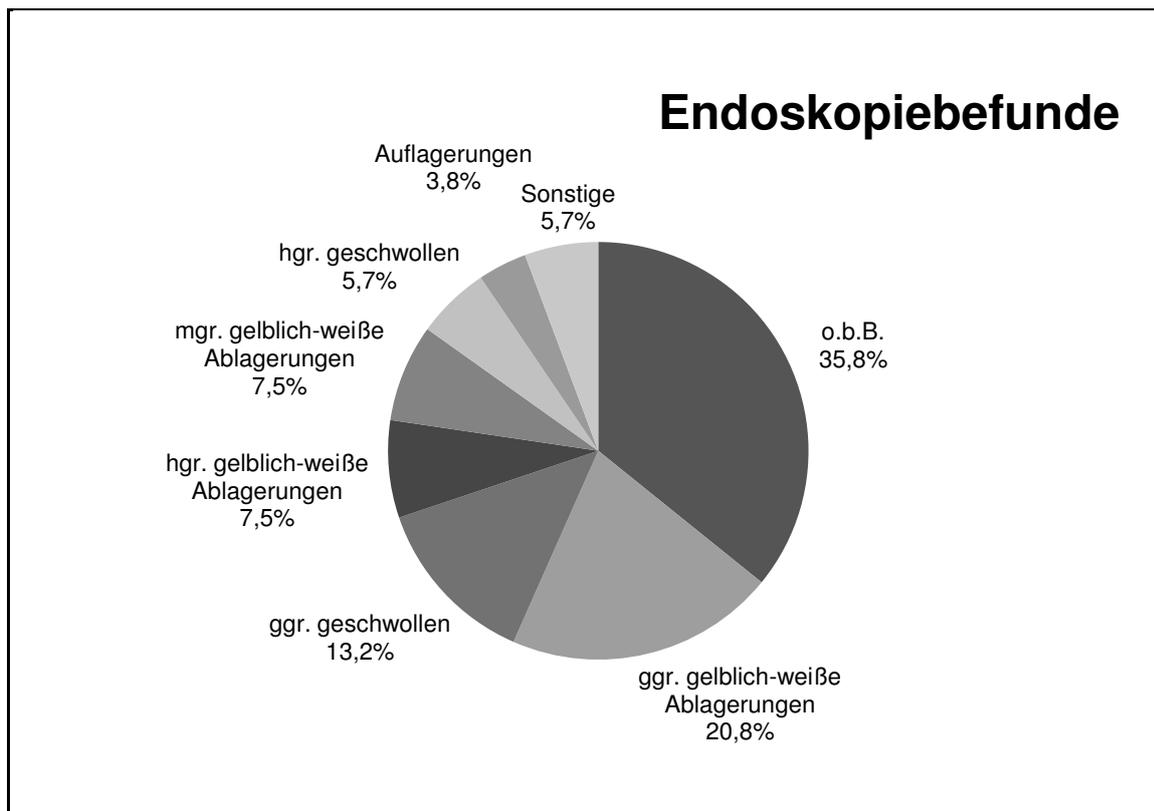


Abbildung 26: Endoskopiebefunde der Nieren in Prozent, 48 Falken

#### 4.6.2 Endoskopiebefunde unter Berücksichtigung der histologischen Untersuchungen

Die histopathologischen Nierenbefunde Eisenspeicherung, Nierenamyloidose, Atherosklerose, Glomerulonephritis und Herdnephritis sind im Folgenden mit den zugehörigen Patienten und ihren Endoskopiebefunden aufgeführt (Tabelle 33).

Tabelle 33: Endoskopiebefunde aufgeteilt nach histologischen Nierenbefunden, n = 13 Falken

Histologische Nierenbefunde	Schweregrad	Falke-Nr.	Nierenendoskopiebefunde
<b>Eisenspeicherung</b>	minimal	19	o.b.B.
	minimal	20	o.b.B.
	minimal	39	ggr. geschwollen und ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
	geringgradig	16	mgr. geschwollen
	geringgradig	34	o.b.B.
	geringgradig	41	hgr. geschwollen und ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
	mittelgradig	33	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
<b>Amyloidose</b>	minimal	60	mgr. gelblich-weiße Ablagerungen
	geringgradig	35	hgr. geschwollen
	mittelgradig	39	ggr. geschwollen und ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
	mittelgradig	41	hgr. geschwollen und ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
	mittelgradig	67	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen
<b>Atherosklerose</b>	geringgradig	29	ggr. geschwollen
<b>Glomerulonephritis</b>	geringgradig	45	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen
	<b>Herdnephritis</b>	hochgradig	48

Von den Falken mit histologisch festgestellter Eisenspeicherung (n = 7) hatten drei Tiere (42,9 %) keine und die restlichen vier Tiere (57,1 %) hatten endoskopisch sichtbare Nierenveränderungen. An diesen vier Tieren wurden insgesamt dreimal eine Nierenschwellung (je einmal geringgradig, mittelgradig und hochgradig) und dreimal geringgradige gelblich-weiße Ablagerungen festgestellt.

Von den Falken mit histologisch festgestellter Nierenamyloidose (n = 5) hatten alle fünf Tiere (100 %) endoskopisch sichtbare Nierenveränderungen. Es wurden dreimal eine Nierenschwellung (zweimal geringgradig und einmal hochgradig) und viermal gelblich-weiße Ablagerungen (zweimal geringgradig und je einmal mittelgradig und hochgradig) festgestellt. Drei Tiere hatten eine und die restlichen zwei Tiere hatten zwei endoskopisch sichtbare Nierenveränderungen.

Die drei weiteren histopathologischen Nierenbefunde gingen jeweils mit endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen einher (Tabelle 33).

Von den 35 Tieren der Gruppe A hatten 16 Tiere (45,7 %) keine endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen und 19 Tiere (54,3 %) zeigten endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen. Von den 13 Tieren der Gruppe B hatten drei Tiere (23,1 %) keine endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen, es handelte sich dabei um zwei Tiere mit minimaler und ein Tier mit geringgradiger Eisenspeicherung, und zehn Tiere (76,9 %) hatten endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen.

Von den 19 Tieren ohne endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen hatten 16 Tiere (84,2 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und drei Tiere (15,8 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen, es handelte sich dabei zweimal um eine minimale Eisenspeicherung und einmal um eine geringgradige Eisenspeicherung in den Nierentubuli (Falke 19, 20 und 34).

Die Tiere mit endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen insgesamt (n = 29 Tiere), die Tiere mit mehr als einer endoskopisch feststellbaren Nierenveränderung (n = 5 Tiere), die Tiere mit Nierenschwellungen (n = 11 Tiere) und die Tiere mit gelblich-weißen Ablagerungen (n = 19 Tiere) insgesamt und unterteilt nach Schweregraden wurden gruppenweise im Vergleich mit den Tieren ohne endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (n = 19 Tiere) dargestellt und statistisch ausgewertet.

Die Tiere ohne endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (n = 19 Tiere) unterschieden sich nicht signifikant in Hinblick auf das Vorhandensein von

histopathologischen Nierenbefunden von den Tieren mit endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen (n = 29 Tiere),  $p > 0,05$ . Analog galt dies auch für die Tiere mit mehr als einer endoskopisch feststellbaren Nierenveränderung (n = 5).

Signifikante Unterschiede traten beim Vergleich der Tiere mit endoskopisch feststellbarer Nierenschwellung (n = 11) und den Tieren ohne endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (n = 19) auf ( $p = 0,042$ ). Von den elf Tieren mit endoskopisch feststellbarer Nierenschwellung (siebenmal geringgradig, einmal mittelgradig und dreimal hochgradig) hatten fünf Tiere (45,5 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und sechs Tiere (54,5 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen. Von den 19 Tieren ohne endoskopisch feststellbare Nierenschwellung hatten 16 Tiere (84,2 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und drei Tiere (15,8 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen. Getrennt betrachtet für die einzelnen Nierenschwellungsgrade hatten von den sieben Tieren mit geringgradiger Nierenschwellung vier Tiere (57,1 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und drei Tiere (42,9 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen. Das eine Tier mit mittelgradiger Nierenschwellung hatte histopathologische Nierenveränderungen und von den drei Tieren mit hochgradiger Nierenschwellung hatte ein Tier (33,3 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und zwei Tiere (66,7 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen.

Bei den Tieren mit endoskopisch feststellbaren gelblich-weißen Ablagerungen an den Nieren (n = 19 Tiere) gab es verglichen mit den Tieren ohne endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (n = 19 Tiere) keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Von den 19 Tieren mit gelblich-weißen Ablagerungen (elfmal geringgradig, viermal mittelgradig und viermal hochgradig) hatten 13 Tiere (68,4 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und sechs Tiere (31,6 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen. Getrennt betrachtet für die einzelnen Grade der Ablagerungen hatten von den elf Tieren mit geringgradigen gelblich-weißen Ablagerungen acht Tiere (72,7 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und drei Tiere (27,3 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen. Von den vier Tieren mit mittelgradigen gelblich-weißen Ablagerungen hatten drei Tiere (75 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und ein Tier hatte histopathologische Nierenveränderungen (25 %). Von den vier Tieren mit hochgradigen gelblich-weißen Ablagerungen hatten zwei Tiere (50 %) keine histopathologischen Nierenveränderungen und die restlichen zwei Tiere (50 %) hatten histopathologische Nierenveränderungen.

Nach Schweregrad der histopathologischen Veränderung betrachtet zeigt sich folgendes Bild: Bis auf drei Tiere mit minimaler bzw. geringgradiger Eisenspeicherung, zeigen alle anderen Tiere unabhängig vom Schweregrad der histopathologischen Veränderung endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (Tabelle 33). Nach der vorliegenden Untersuchung kann der Schweregrad der histopathologischen Veränderung nicht in Zusammenhang mit dem Schweregrad der endoskopisch feststellbaren Nierenveränderung gebracht werden. Hierfür sind weitere Untersuchungen mit einer größeren Anzahl an nachweislich nierenkranken Tieren erforderlich. Hervorzuheben ist jedoch, dass in der vorliegenden Untersuchung alle Tiere mit mittel- und hochgradigen histopathologischen Nierenveränderungen als verändert in der Endoskopie erkannt wurden.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass histopathologische Nierenbefunde in den überwiegenden Fällen mit endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen einhergehen. Alle Tiere mit Nierenamyloidose, Atherosklerose, Glomerulonephritis und Herdnephritis hatten auch endoskopische Nierenveränderungen. Nur bei den Tieren mit Eisenspeicherung hatten drei von sieben Tieren keine endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen.

## 5. Diskussion

### 5.1 Untersuchungsgegenstand

Die vorliegende Arbeit vergleicht verschiedene bildgebende Diagnostikverfahren zur klinischen Untersuchung der Niere von Falken. Die Niere ist ein Organ, welches insbesondere unter Haltungsbedingungen und im Zusammenhang mit anderen Erkrankungen, von Bedeutung ist (Lierz, 2003a). Die Nieren können bisher nur unzureichend diagnostisch untersucht werden (Burgos-Rodríguez, 2010). Nierenveränderungen werden meistens erst in einem fortgeschrittenen Stadium oder post mortem diagnostiziert. Die Symptome sind i.d.R. unspezifisch. Blutwertveränderungen treten erst auf, wenn über 70 % der Niere bereits geschädigt ist (Lumeij, 2000). Daher besteht ein großer Bedarf, die klinische Frühdiagnostik von Nierenerkrankungen zu verbessern.

In die vorliegende Arbeit wurden 48 Falken verschiedener Spezies aus einem Zuchtbestand einbezogen. Es handelte sich dabei um Gerfalken (*Falco rusticolus*), Sakerfalken (*Falco cherrug*), Wanderfalken (*Falco peregrinus*) Lannerfalken (*Falco biarmicus*) und Ger\*Saker-Hybriden (*Falco rusticolus x Falco cherrug*). Im Rahmen der Bestandsdiagnostik wurden aus dem Gesamtbestand zufällig Tiere zur Untersuchung ausgewählt. Es wurden von allen Falken Blut- und Laborwerte bestimmt, Röntgenaufnahmen, computertomographische Aufnahmen mit Nativaufnahmen und Kontrastmittelaufnahmen und endoskopische Untersuchungen mit Nierenbiopsien durchgeführt. Die histologische Untersuchung der Nierenbiopsate diente als Grundlage für die Einteilung der Falken in die Gruppe der Tiere ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A, 35 Falken) und in die Gruppe der Tiere mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B, 13 Falken). Die histologische Untersuchung von Nierengewebe gilt als die sicherste Methode zur Diagnose von renalen Veränderungen (Lumeij, 2000).

### 5.2 Blut-und Laborwerte

Soweit möglich wurden Referenzwerte aus der Literatur verwendet, die die Ansprüche an biologische Daten berücksichtigten und im Rahmen der parameterfreien Statistik als 95%-Perzentile angegeben wurden (Kraft, 1998; Hochleithner, 1994; Lumeij et al., 1998). Für die hämatologischen Referenzwerte wurde auf folgende Literatur zurückgegriffen: Ger\*Saker-Hybriden (Müller et al., 2005), Gerfalken, Sakerfalken und Wanderfalken (Wernery et al., 2004), Lannerfalken (Chitty & Lierz, 2008). Für die blutchemischen Referenzwerte wurde auf

folgende Literatur zurückgegriffen: Ger\*Saker-Hybriden (Lierz & Hafez, 2006), Gerfalken (Lierz, 2003b), Sakerfalken (Lierz, 2002; Chitty & Lierz, 2008), Lannerfalken (Chitty & Lierz, 2008), Wanderfalken (Lumeij et al., 1998; Lierz & Hafez, 2006).

Die Ergebnisse der hämatologischen Untersuchungen wiesen einen großen Anteil an Falken mit Hämatokritwerten und Leukozytenzahlen außerhalb der Referenzwerte auf.

Beim Hämatokrit hatten fast annähernd so viele Falken Werte unterhalb wie oberhalb der Referenzbereiche und es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen A und B. Laut Campbell (1994) liegt der physiologische Bereich des Hämokrits von Vögeln zwischen 35 und 55 %. Bei Zugrundelegung dieses breiteren Referenzbereiches, würden nur noch zwei Falken (4,3 % der untersuchten 47 Falken) erhöhte Hämatokritwerte aufweisen. Es stellt sich die Frage, ob die in der Literatur angegebenen falkenartspezifischen Referenzwerte zu eng gefasst sind und damit die festgestellten Abweichungen als normale Variationen ohne klinische Bedeutung anzusehen sind. Für die Nierendiagnostik scheint der Hämatokrit kein sensitiver Parameter zu sein.

Bei den Leukozyten waren bei beiden Gruppen weniger als die Hälfte der untersuchten Tiere in den Referenzbereichen für die jeweiligen Falkenarten. Bei den Abweichungen von den Referenzwerten handelte es sich überwiegend um Leukozytenwerterhöhungen. Dabei handelte es sich bei den meisten Tieren nur um eine leichte Erhöhung der Leukozyten, die eventuell stressbedingt war und durch das Handling während der Untersuchung ausgelöst wurde (Campbell, 1994; Wernery et al., 2004). Leukozytenwerterniedrigungen traten nur bei zwei Tieren aus Gruppe A auf. Da Nierenerkrankungen meist nicht infektiös sind, sind hier Leukozytenwertveränderungen auch nicht unbedingt zu erwarten.

Auffällige Abweichungen waren in der vorliegenden Untersuchung bei den Kaliumwerten zu beobachten, wo es bei neun der untersuchten 48 Falken zu Unterschreitungen der Referenzwerte kam (fünf Tiere aus der Gruppe A (14,3 % der 35 Tiere) und vier Tiere aus der Gruppe B (30,8 % der 13 Tiere)). Die Kaliumwerte wurden aus Serumproben gewonnen und sollten damit höher sein als Kaliumwerte aus Plasma ermittelt, da Kalium bei der Blutgerinnung aus den Thrombozyten austritt (Kraft, 1998). Ein eventueller Einfluß des Probenversandes lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht mehr überprüfen (Lumeij et al., 1998). Eine klinische Relevanz der hier beobachteten Erniedrigungen der Kaliumwerte ist fraglich.

Erhöhte Harnsäurewerte werden im Allgemeinen als Indikator für eine vorhandene Nierenstörung angesehen. Die Harnsäurebestimmung wird in der Praxis häufig zur Diagnose von Nierenerkrankungen angewendet (Hochleithner, 1994). Dieser Parameter ist jedoch aufgrund der hohen Kompensationsfähigkeit der Niere nicht sensitiv genug für die Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Niere zu einem früheren Zeitpunkt (Lumeij, 2000). Auch bei den in dieser Arbeit untersuchten Falken konnte nur bei einem der 13 Tiere mit histologisch festgestellten Nierenveränderungen (7,7 %) ein erhöhter Harnsäurewert festgestellt werden. Das Tier zeigte eine geringgradige Eisenspeicherung in den Nierentubuli. Die anderen zwölf Tiere dieser Gruppe (92,3 %) und alle Tiere der Gruppe A wiesen Harnsäurewerte innerhalb der Referenzbereiche auf. Somit eignet sich der Harnsäurewert offensichtlich nicht zur Frühdiagnostik von Nierenerkrankungen.

Beim Harnstoff waren bei den untersuchten Tieren keine erhöhten Werte feststellbar.

Die durchgeführten Blut- und Laborwertuntersuchungen erwiesen sich in der vorliegenden Arbeit als nicht geeignet für die Diagnose der hier beschriebenen histopathologischen Nierenveränderungen.

### **5.3 Röntgenologische Untersuchung**

Die Röntgenuntersuchung wird in der Ziervogel- und auch in der Falkenmedizin häufig durchgeführt (Naldo & Samour, 2004). Aufgrund der meist unspezifischen Symptomatik, ermöglicht die Röntgenuntersuchung eine schnelle Übersicht über mögliche pathologische Veränderungen (McMillan, 1994; Pees, 2008).

#### **5.3.1 Größenmessungen**

Im Röntgenbild wurde die Nierenlänge und die Nierenhöhe gemessen, um eventuelle Nierenschwellungen zu identifizieren. Auf eine subjektive Einschätzung der Nierengröße, wie dies häufig in der Praxis durchgeführt wird, wurde bewusst verzichtet. Die knöchernen Vergleichsgrößen wurden im Röntgenbild analog zu den im CT ausgewählten Größen gemessen. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wies die Nierenlänge einen engeren Zusammenhang zu den gemessenen knöchernen Strukturen und dem Körpergewicht auf als die Nierenhöhe. Am kranialen Nierenpol befinden sich die Gonaden, die eine ähnliche Weichteildichte wie das Nierenparenchym haben und nicht immer eindeutig abgrenzbar sind (Krautwald-Junghanns & Pees, 2009b). Es ist nicht auszuschließen, dass bei hormonell aktiven Vögeln die Gonaden fälschlicherweise bei der Messung der

Nierenhöhe miterfaßt wurden. Die gemessene Nierenlänge ist in den meisten Fällen der hier untersuchten Tiere mehr als dreimal so lang wie die gemessene Nierenhöhe, dadurch können Messungenauigkeit bei der Nierenhöhe deutlicher ins Gewicht fallen als bei der Nierenlänge. Obwohl es bei der Messung der Nierenlänge subjektiv gefühlte Abgrenzungsschwierigkeiten am kaudalen Pol der Niere durch Überlagerungen mit dem Becken gab, zeigen die Messergebnisse, dass die Längenmessung der Nieren im Röntgenbild durchführbar ist und zu auswertbaren Ergebnissen führt. Hiermit konnten in der vorliegenden Arbeit Referenzbereiche für Falken gebildet werden.

### 5.3.2 Nierengrößenratios

Um die gemessenen Nierengrößen der einzelnen Tiere auch zwischen den einzelnen Falkenarten und den verschiedenen Geschlechtern vergleichen zu können, wurden Nierengrößenratios eingeführt. Größenratios sind in der Literatur für die Leber und für die Herzgröße von Falken beschrieben (Rodriguez et al., 2010; Carnarius, 2009). Aufgrund der Korrelationskoeffizienten und der Betrachtung der Punk-Streu-Diagramme wurde die Nierenlänge für die Ratioberechnung ausgewählt und ins Verhältnis zum Sternum und zur Femurschaftbreite gesetzt. Da die Nierenlänge kleiner als die Sternumlänge war, waren die errechneten Nierenlänge-Sternum-Ratios kleiner eins. Als Referenzbereich für das Röntgenlänge/Sternum-Ratio wurde ein Bereich von 0,477 bis 0,594 ermittelt. Eine Nierenvergrößerung würde sich durch einen Wert näher an eins ausdrücken. Beim Nierenlänge-Femur-Ratio hingegen waren die Werte größer eins, da die Nierenlänge größer als die Femurschaftbreite war. Als Referenzbereich für das Röntgenlänge/Femurbr-Ratio wurde ein Bereich von 5,025 bis 6,571 ermittelt. Eine Nierenvergrößerung würde sich durch eine Vergrößerung des Verhältnisses ausdrücken.

In der vorliegenden Arbeit wurden röntgenologische Referenzbereiche für das Nierenlänge-Sternum-Ratio und das Nierenlänge-Femur-Ratio für 35 Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen erstmalig erarbeitet und gegenüber anderen Ratios statistisch als brauchbar identifiziert. Für beide Nierenratios konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Falken der Gruppe B und den ermittelten Referenzbereichen festgestellt werden. Die hier untersuchte Anzahl von 13 Falken mit histopathologischen Nierenveränderungen war zu gering, um signifikante Unterschiede herauszufinden. Aufbauend auf den erarbeiteten Nierenratios können aber nicht nur Falken mit den hier betrachteten Nierenpathologien (Eisenablagerungen und Nierenamyloidose), sondern auch Falken mit anderen Nierenveränderungen untersucht werden. Durch eine größere Anzahl an

Patienten mit definierten Nierenpathologien kann die Aussagekraft der hier erarbeiteten Ratios spezifiziert werden.

### **5.3.3 Verschattung der Nieren**

Die erfahrene Person hat mehr histologisch veränderte Nieren als verschattet erkannt als die unerfahrene Person (61,5 % bzw. 30,8 %). Jedoch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen A und B und zwischen den einzelnen histopathologischen Befunden Eisenspeicherung bzw. Nierenamyloidose und der Vergleichsgruppe A. Es konnte somit in der vorliegenden Arbeit kein signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommener Nierendichte und histopathologischem Nierenbefund hergestellt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Nierendichte im Röntgen subjektiv sehr unterschiedlich wahrgenommen wird und somit kein zuverlässiger Parameter zur Nierendiagnostik ist.

## **5.4 Computertomographie**

### **5.4.1 Technische Durchführung**

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Spiral-CT verwendet. Die Schichtdicke wurde im Submillimeterbereich gewählt wie es für Vogelpatienten in neueren Untersuchungen empfohlen wird (Krautwald-Junghanns & Pees, 2009a). Wie in der Humanmedizin und auch in weiten Teilen der Tiermedizin üblich, wurden Transversalaufnahmen angefertigt (Kalender, 1999; Sonntag & Mihaljevic, 2009). Krautwald-Junghanns & Pees (2009a) und Krautwald-Junghanns (1997) empfehlen für kleinere Vögel Longitudinalaufnahmen, wodurch die Untersuchungszeit, die Anzahl der Schichten und die Bearbeitungszeit reduziert werden kann und der direkte Vergleich mit dem Röntgenbild möglich ist. Mit neueren Geräten erfolgt ausgehend von der Transversalaufnahme die Rekonstruktion der Sagittalaufnahme ohne Qualitätsverlust, so dass die aus der Röntgendiagnostik bekannte Ebene ohne Einschränkung genutzt werden kann (Kalender, 1999).

Für die vorliegende Arbeit wurden die Tiere mittels Injektionsnarkose mit Ketamin/Xylazin intravenös sediert. Mit weiterer Verbreitung von CT-Geräten in tiermedizinischen Kliniken und Praxen und mit transportablen Isoflurangeräten, wird eine Injektionsnarkose in Zukunft nur noch in Einzelfällen notwendig sein. Krautwald-Junghanns & Pees (2009a) halten bei der CT-Untersuchung von mittels Plexiglasplatten fixierten Vögeln eine Narkose für nicht zwingend erforderlich. In der veterinärmedizinischen Literatur wird in den überwiegenden

Fällen jedoch eine Sedation als erforderlich angesehen für die CT-Untersuchung von Vögeln (Pees & Lierz, 2008; Helmer, 2006).

#### **5.4.2 Kontrastmittel**

Für die vorliegende Arbeit wurde das iodhaltige, nicht-ionische Kontrastmittel Ultravist 300<sup>®</sup> mit Iopromid als kontrastgebende Substanz mit einem Iodgehalt von 300 mg/ml in einer Dosierung von 3 ml/kg Körpergewicht verwendet. Dies entspricht einem Iodgehalt des Kontrastmittels von 900 mg/kg Körpergewicht. Die Wahl dieser Dosierung erfolgte in Anlehnung an die oberen Angaben der in der Veterinärmedizin verwendeten Kontrastmittel (Krautwald-Junghanns et al., 2009; Sonntag & Mihaljevic, 2009). Weitaus niedrigere Kontrastmitteldosierungen als in der Literatur angegeben, wurden von Bauer (2006) zur Urographie von Tauben verwendet. In der vorliegenden Arbeit wurde mit der angegebenen Dosierung stets eine ausreichende Anreicherung des Kontrastmittels in den Nieren und Harnleitern erzielt. Die in der Literatur beschriebenen Kontrastmittelunverträglichkeiten sind hauptsächlich durch die hohe Osmolalität der ionischen Kontrastmittel bedingt (Speck, 1992b). In der Veterinärmedizin werden mittlerweile überwiegend nicht-ionische Kontrastmittel zur intravenösen Applikation verwendet, die eine niedrigere Osmolalität haben. Laut Krautwald-Junghanns et al. (2007) sind bei Vögeln bisher keine Kontrastmittelunverträglichkeiten beschrieben, welches auch in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden konnte.

#### **5.4.3 Größenmessungen**

Die im CT durchgeführten Größenmessungen der Niere und der knöchernen Strukturen erfolgten über vorher definierte Einstellungen. Die anatomischen Grundlagen am CT-Bild mussten weitestgehend selbständig erarbeitet werden. Die Anatomie von Falkenarten ist in der Literatur sehr rudimentär beschrieben, daher musste in den überwiegenden Fällen auf anatomische und röntgenanatomische Darstellungen anderer Vogelarten ausgewichen werden (Krautwald-Junghanns, 1997; Krautwald et al., 1992d; Naldo & Samour, 2007; Pees & Lierz, 2008).

Untersuchungen zu Größenmessungen von Organen von Vögeln im CT wurden von Krautwald-Junghanns (1997) und Carnarius (2009) durchgeführt. Krautwald-Junghanns (1997) hat Volumenmessungen von Lungen und Luftsäcken an Papageien durchgeführt. Volumenmessungen im CT sind bei Geweben, die sich stark von dem umgebenden Gewebe abgrenzen, gut durchführbar (Ratib et al., 2009). Das luftgefüllte Gewebe der Lungen und Luftsäcke lässt sich durch Auswahl der einbezogenen Dichtewerte markieren und davon

ausgehend kann das Volumen berechnet werden. Bei der Niere ist die Abgrenzung zum umliegenden Gewebe insbesondere in der mittleren Nierendivision und in der Medianen schwierig, so dass bei den hier untersuchten Falken weder eine automatische noch eine manuelle Erfassung des Nierengewebes für die Volumenberechnung möglich war. Carnarius (2009) hat Größenmessungen der Leber und der knöchernen Strukturen von Falken durchgeführt. Für die Messung der Leber wurde die transversale Schnittebene gewählt, in der die Aufteilung der Leberpfortader in ihre beiden Äste gut sichtbar war. Es wurde die maximale laterale Ausdehnung der Leber und bei den beiden Leberlappen jeweils die maximale ventro-dorsale Ausdehnung gemessen. Zusätzlich wurden Größenmessungen der Leber in der sagittalen Ebene durchgeführt (Carnarius, 2009). Zum Ausgleich von Lagerungsungenauigkeiten und um reproduzierbare Messungen durchführen zu können, die analog auch bei anderen Untersuchungen angewendet werden können, ist eine Einstellung der jeweiligen Messebene über die anderen beiden Ebenen notwendig. Die Größenmessungen der Niere und der knöchernen Strukturen erfolgten in Anlehnung an die Literatur mit Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung (Carnarius, 2009; Rodriguez et al., 2010). Für die Größenmessungen wurden parametrische Verfahren angewendet, da mit gewissen Einschränkungen von einer Normalverteilung der Daten ausgegangen werden kann (Arndt, 2010). Laut Kraft (1998) unterliegen die meisten biologischen Merkmale im Allgemeinen keiner Normalverteilung, wobei sich die Ausführungen nicht auf Größenmessungen von Organen sondern auf Laborwertbefunde beziehen. Aufgrund der bekannten Problematik mit der zugrundeliegenden Verteilung der Untersuchungsdaten erfolgte in der vorliegenden Arbeit zusätzlich eine Angabe der Medianen und der 80%-Perzentile. Die 80%-Perzentile sind dabei als Referenzbereiche für die entsprechenden Größen entwickelt worden.

Die Einstellungen für die Größenmessungen wurden in Hinblick auf die Praxistauglichkeit so gewählt, dass die Größen reproduzierbar und möglichst mit geringem Aufwand zu messen sind. Wie auch beim Röntgen zeigten die beiden im CT gemessenen knöchernen Größen Sternumlänge und Femurschaftbreite den engsten Zusammenhang untereinander. Die Größen Sternumlänge, Femurschaftbreite, Humerusschaftbreite und der Brustwirbelsäulenabschnitt zeigten alle untereinander und mit dem Körpergewicht einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,01$ ). Nur die Größe Synsakrum wich hiervon ab. Der Zusammenhang zwischen Synsakrum und Sternumlänge, Femurschaftbreite, Humerusschaftbreite und Körpergewicht war signifikant ( $p < 0,05$ ), jedoch waren die Korrelationskoeffizienten deutlich niedriger. Zwischen Synsakrum und Brustwirbelsäulenabschnitt bestand kein signifikanter Zusammenhang. Dieser Unterschied

kann möglicherweise durch die annähernd ovale Form des Synsarkrums in der Transversalebene erklärt werden, welches die Abgrenzung zum umliegenden Gewebe schwieriger gestaltet als bei den größenmäßig ähnlichen Messungen der Humerus- und Femurschaftbreite. Der Unterschied kann auch durch die Messmethodik erklärbar sein, da bei der Messung der Synsarkrumbreite die Bildauswahl und die Messung in derselben Ebene durchgeführt wurden und nicht wie bei den anderen Größenmessungen zwei Ebenen zur Einstellung der dritten Ebene verwendet wurden.

Die Nierenlänge (CT-liNlänge und CT-reNlänge) und die ventrodorsale Nierenausdehnung der kaudalen Divisionen (CT-likauNhöhe und CT-rekauNhöhe), wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf. Die ventro-dorsale Ausdehnung der kranialen Nierendivisionen (CT-likraNhöhe und CT-rekraNhöhe) wies hingegen statistisch signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf, wobei die ventro-dorsale Ausdehnung der rechten kranialen Nierendivision im Mittel größer war als die der linken Niere. Bei der Betrachtung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson fiel auch auf, dass die ventro-dorsale Ausdehnung des linken kranialen Nierenbereiches einen deutlich geringeren Zusammenhang zu den anderen Nierengrößen aufwies und als einzige Größe keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Körpergewicht aufwies. Das umliegende Gewebe war in diesem Bereich der Niere klar abgrenzbar, so dass Messungenauigkeiten aufgrund von Abgrenzungsschwierigkeiten zu den Gonaden unwahrscheinlich sind. Bei den Messungen der Leber von Falken ist auch beschrieben, dass der rechte Leberlappen eine größere ventro-dorsale Ausdehnung hat als der linke Leberlappen (Carnarius, 2009). Denkbar wäre es auch, dass der Magen durch seine mehr linksseitige Lage einen Einfluss auf die hier festgestellte geringere ventro-dorsale Ausdehnung des linken kranialen Nierenbereiches hat. Letztlich sind die Unterschiede offensichtlich anatomisch vorgegeben und müssen zukünftig in der klinischen Diagnostik berücksichtigt werden.

#### **5.4.4 Nierengrößenratios**

Röntgenologisch bzw. computertomographisch ermittelte Größenratios sind in der Literatur für Falken für die Leber und für das Herz beschrieben (Carnarius, 2009; Rodriguez et al., 2010). Vergleichbare Größenratios für die Niere sind in der zur Verfügung stehenden Literatur nicht beschrieben. Die Auswahl der in die Ratioberechnung einbezogenen Größen erfolgte aufgrund der Ergebnisse der statistischen Untersuchungen. Insgesamt wurden acht Nierenratios berechnet. Jeweils die rechte und linke Nierenlänge, bzw. die aus rechter und linker Nierenlänge gemittelte Größe, und die seitliche Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen wurden ins Verhältnis zur Sternumlänge und zur Femurschaftbreite gesetzt.

Mit dem Nierenlänge-Sternumratio konnte ein Nierenratio entwickelt werden, das sich zur Unterscheidung der hier untersuchten Gruppen der Falken mit histopathologischen Nierenveränderungen (Gruppe B) und der Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen (Gruppe A) eignet. Für weitere Untersuchungen wurden Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen errechnet. Für die rechte Niere beträgt das 80%-Perzentil für das Nierenlänge-Sternumratio 0,514 bis 0,597 (CT-reNlänge/Sternum-Ratio), für die linke Niere 0,522 bis 0,596 (CT-liNlänge/Sternum-Ratio) und für die gemittelte Nierenlänge 0,519 bis 0,596 (CTNlängeMW/Sternum-Ratio). Diese drei Ratios wiesen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen der Falken mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen auf und sind somit prinzipiell für die weitere Verwendung geeignet. Die Eignung der Größen Nierenlänge und Sternumlänge für die Ratioberechnung kann sowohl durch die relativ einfach durchzuführende Messung dieser beiden Größen als auch durch die Größe dieser Strukturen bedingt sein. Von den gemessenen Nierengrößen stellt die Nierenlänge die größte lineare Struktur dar, analog gilt dies auch für das Sternum im Vergleich mit den anderen gemessenen knöchernen Größen. Das Sternum als knöcherne Vergleichsgröße wurde auch von Carnarius (2009) bei der Berechnung von Leber/Sternum-Ratios bei Falken verwendet. Dabei erwies sich das errechnete Leber/Sternum-Ratio als geeignet, um zwischen Falken mit und ohne hochgradiger Amyloidose zu unterscheiden. Rodriguez et al. (2010) haben für die Berechnung von Herzratios u.a. auch das Sternum als knöcherne Vergleichsgröße verwendet, konnten hingegen aber nicht mit dem Sternum sondern mit der Coracoidbreite und mit der Thoraxbreite signifikante Unterschiede zwischen Falken und Wüstenbussarden feststellen. Nach den hier vorliegenden Untersuchungen und der einfachen Praktikabilität der Erstellung des Nierenlänge-Sternumratios kann dieses für die weitere klinische Nierendiagnostik empfohlen werden.

Bei der Betrachtung der einzelnen histopathologischen Befunde wies das Nierenlänge-Sternum-Ratio für die linke Niere und für die gesamte Niere signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der Tiere mit Eisenspeicherung und der Vergleichsgruppe A auf. Für die Gruppe der Tiere mit Nierenamyloidose wies das Nierenlänge-Sternum-Ratio keine signifikanten Unterschiede auf. Der Einzelvergleich der Falken mit histopathologischen Nierenveränderungen mit den ermittelten Referenzbereichen ergab bezüglich der untersuchten acht Nierenratios kein einheitliches Bild. Es gab bei den Tieren mit Eisenspeicherung und bei den Tieren mit Nierenamyloidose unabhängig vom Schweregrad sowohl Ratioerhöhungen als auch Ratioerniedrigungen. Bei den Tieren mit Eisenspeicherung waren vier von sieben Tieren und bei den Tieren mit Nierenamyloidose

waren zwei von fünf Tieren mit allen acht Ratios innerhalb der Referenzbereiche. Anhand der durchgeführten Untersuchung konnten Referenzbereiche für die Nierengröße an 35 Falken mit histopathologisch unveränderten Nieren entwickelt werden. Die durchgeführten Untersuchungen erlauben aber keine Aussage über die Art der Nierenratioveränderungen bei den untersuchten histopathologischen Nierenveränderungen. Auch die Auswirkungen des Schweregrades konnten mit der durchgeführten Untersuchung nicht ausreichend beleuchtet werden. Dafür bedarf es weiterer Untersuchungen mit nachweislich nierenveränderten Falken, die auf den erarbeiteten Ergebnissen aufbauen können. Die hier erstmalig entwickelten Referenzbereiche für die jeweiligen Ratios dienen dazu als Grundlage und geben bei Werten außerhalb deutliche Hinweise auf eine Nierenerkrankung.

#### **5.4.5 Dichtemessungen**

Um herauszufinden, wie die Dichte des Nierengewebes repräsentativ erfasst werden kann, wurden pro Niere jeweils vier Einzeldichtemessungen in definierten Messquadraten in der kranialen Nierendivision (Dichte1-4) durchgeführt und daraus zusammengesetzte Dichtewerte (MW 23, MW 24 und MW 1234) gebildet. Zusätzlich wurde die Dichte der kranialen Nierendivision durch manuelle Umrandung ermittelt (Dichte 100) und eine Einzeldichtemessung in der kaudalen Nierendivision durchgeführt (Dichte 5). Die ermittelten Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen für 35 Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen betragen für die native Dichte 100 der linken kranialen Nierendivision 52,22 - 67,91 HU und für die rechte kraniale Nierendivision 53,15 - 67,47 HU. Für die Ermittlung der Dichte des unteren Atmungstraktes von Papageien hat Krautwald-Junghanns (1997) das zu messende Gewebe über die Dichtewerterkennung (ROI, Region of Interest) automatisch erfassen können. Beim Nierengewebe war die Kontrastierung zu den umliegenden Strukturen nicht ausreichend groß, um mit automatischer Dichtewerterkennung zu arbeiten. In der mittleren Nierendivision wurden keine Messungen durchgeführt, weil keine eindeutige Abgrenzung zur kontralateralen Niere erkennbar war. Auch war der mittlere Nierenbereich so schmal, so dass eine Bildbearbeitung kaum und die Unterscheidung von kontrastmittelgefüllten Gefäßen und Harnleitern nicht in allen Fällen möglich war. Die Nativaufnahme diente als Ausgangswert für die Dichtezunahmen bei den Kontrastmitteluntersuchungen. Nierenveränderungen wie Verkalkungen und Konkremeente können in der Nativaufnahme am besten erkannt werden (Ruppert-Kohlmayr & Uggowitzer, 2005). Zusätzlich zu den Nativaufnahmen wurden Dichtemessungen nach 50 sek und 5 min Kontrastmittelgabe durchgeführt. Die ermittelten Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen für 35 Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen betragen für die

Dichte 100 in der 50 sek Kontrastmittelaufnahme 208,25 - 300,09 HU (linke Niere) und 212,13 - 308,81 HU (rechte Niere) und in der 5 min Kontrastmittelaufnahme 155,74 - 249,49 HU (linke Niere) und 159,21 - 252,39 HU (rechte Niere).

Signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere waren bei den vier Einzeldichtemessungen der kranialen Nierendivisionen (Dichte 1-4) weder bei den nativen Dichtemessungen noch bei den 50 sek und 5 min Kontrastmittelaufnahmen feststellbar. Lediglich die Dichte 100 und die Dichte 5 wiesen bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere auf.

Bei Betrachtung der Dichtemessungen der kranialen Nierendivisionen jeweils einer Körperseite gab es bei der Nativaufnahme und bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme signifikante Unterschiede, jedoch nicht bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme. Am häufigsten war die Dichte 100 an den Paaren mit signifikanten Unterschieden beteiligt. Die Dichte 100 wies auch zu MW 1234 signifikante Unterschiede auf. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass der über manuelle Umrandung der kranialen Nierendivision ermittelte Dichtewert (Dichte 100) die Nierendichte in einer anderen Weise wiedergibt als die Einzeldichtewerte.

Die Dichten 1 und 4, d.h. die am weitesten kranial und die am weitesten kaudal durchgeführten Messungen der Nierendichte innerhalb der kranialen Nierendivisionen, waren öfter als die dazwischen liegenden Dichten 2 und 3 an den Paaren mit signifikant unterschiedlichen Dichtewerten beteiligt. Die Dichten 2 und 3 unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Sie befanden sich im mittleren Bereich der kranialen Nierendivision und waren dichter benachbart als die Dichten 1 und 2 bzw. 3 und 4. Bei den zusammengesetzten Dichtewerten fiel auf, dass nur das Paar MW 24 und MW 1234 durchgehend keine signifikanten Unterschiede aufwies. Da die festgestellten Dichteunterschiede in der kranialen Nierendivision schon bei der Nativaufnahme auftraten, sind Dichteunterschiede im Nierenparenchym selbst vorhanden. Dies deckt sich mit den Untersuchungen von Bauer (2006) an Tauben, bei denen auch schon bei der Nativaufnahme Dichteunterschiede zwischen rechter und linker Niere festgestellt wurden. Die hier durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass es auch innerhalb des Nierenparenchyms bedeutende Dichteunterschiede gibt und dass die Lokalisation des Messpunktes von großer Bedeutung ist und bei klinischen Untersuchungen standardisiert werden muss. Die festgestellten Dichteunterschiede bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme betrafen bei den Einzeldichten nur die rechte Niere und nicht die linke Niere, obwohl beim Seitenvergleich der Einzeldichten und der Dichte 100 keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Bei

den zusammengesetzten Dichtewerten traten die signifikanten Unterschiede bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme hingegen in der linken und nicht in der rechten Niere auf. In der zur Verfügung stehenden Literatur zur Blutversorgung der Niere sind keine Seitenunterschiede erwähnt (Siller & Hindle, 1969; Wideman et al., 1981; Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008). Mögliche Erklärungsansätze für diese Unterschiede können Unterschiede in der renalen Blutversorgung sein oder ein unterschiedliches Ausscheidungsverhalten zwischen linker und rechter Niere. Es ist trotz definierter Messeinstellungen und der optischen Überprüfung mit Betrachtung in verschiedenen Fenstern nicht vollkommen auszuschließen, dass bei der 50 sek Aufnahme versehentlich kleine Ureteräste oder Kontrastmittelgefüllte Gefäße mitgemessen wurden. Da bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme sowohl bei der rechten als auch bei der linken Niere keine Unterschiede mehr feststellbar waren, scheint die Ausscheidung nach Erreichen der maximalen Anreicherung sich nicht wesentlich innerhalb der kranialen Nierendivision und zwischen linker und rechter kranialer Nierendivision zu unterscheiden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Bauer (2006). Carnarius (2009) hat computertomographisch Leberdichten von Falken gemessen. Dabei wies der linke Leberlappen sowohl in den Nativaufnahmen als auch in den Kontrastmittelaufnahmen jeweils signifikant höhere Dichtewerte auf als der rechte Leberlappen.

Ob die schnell durchführbare Messung der Einzeldichten 1 und 4 in Kombination, d.h. die am weitesten kranial und kaudal gelegenen Messpunkte, oder die aufwendigere Messung der Nierendichte über manuelle Umrandung der kranialen Nierendivisionen (Dichte 100) besser geeignet ist, um die Nierendichte repräsentativ zu erfassen, lässt sich anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht abschließend klären. In hierauf aufbauenden Studien kann durch den Vergleich mit einer größeren Anzahl an nierenkranken Falken herausgefunden werden, welche der beiden Methoden geeigneter ist, um Unterschiede herauszustellen.

Zwischen den gemessenen Dichtewerten der kranialen und kaudalen Nierendivision sind Unterschiede erkennbar. Die Dichte 5 unterscheidet sich sowohl bei der linken als auch bei der rechten kaudalen Nierendivision bei der Nativaufnahme, bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme und bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme von den Einzeldichtemessungen und von der Dichte 100 der kranialen Nierendivision. Es ist kein einzelner Dichtewert auffällig häufig an den signifikanten Unterschieden bzw. an den Paaren mit nicht-signifikanten Unterschieden beteiligt. Bei den Kontrastmittelaufnahmen von Bauer (2006) sind im Verlaufe der Kontrastmittelanreicherung und -ausscheidung auch Unterschiede zwischen den Dichtemessung kranial und kaudal in den Nieren aufgetreten. Da bei den hier durchgeführten Untersuchungen die Dichtewertunterschiede zwischen kranialer

und kaudaler Nierendivision sowohl bei der Nativaufnahme als auch bei den Kontrastmittelaufnahmen auftraten, scheinen sowohl parenchymbedingte Dichteunterschiede als auch anreicherungs- und ausscheidungsbedingte Unterschiede vorzuliegen. Zusätzlich zur weiter kaudal gelegenen arteriellen Blutversorgung bekommt die kaudale Nierendivision venöse Zuflüsse über das Nierenfortadersystem sowohl aus der Beckengliedmaße als auch aus den hinteren Körperabschnitten. Daher sind anreicherungsbedingte Unterschiede zwischen kranialer und kaudaler Nierendivision anatomisch plausibel (Siller & Hindle, 1969; Akester, 1964). Ausscheidungsbedingte Unterschiede lassen sich möglicherweise durch die Lage des Ureters, der in der kranialen Nierendivision entsteht und nach kaudal verläuft, erklären. Inwieweit es zum Rückstau des Kontrastmittels im Ureter mit Auswirkungen auf die Kontrastmittelausscheidung kommt, ist nicht geklärt. Ob es Unterschiede in der Nierenleistung zwischen kranialer und kaudaler Nierendivision mit Auswirkungen auf die Ausscheidungsgeschwindigkeit gibt, lässt sich mit den durchgeführten Untersuchungen nicht klären.

Beim Gruppenvergleich der Tiere der Gruppe B mit der Vergleichsgruppe A gab es keine signifikanten Unterschiede bei den Einzeldichten und bei den zusammengesetzten Dichten. Bei der Einzelbetrachtung der histopathologischen Nierenbefunde gab es jedoch deutliche Unterschiede. Bei den Tieren mit Eisenspeicherung gab es bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme bei der linken Niere bei der Dichte 1 und bei der Dichte 100 und bei der rechten Niere bei der Dichte 4 signifikante Unterschiede zur Gruppe A. Da die signifikanten Unterschiede nur die 5 min Kontrastmittelaufnahme betrafen und nicht auch die Nativaufnahme oder die 50 sek Kontrastmittelaufnahme, scheint die Ausscheidung bei den Tieren mit Eisenspeicherung im Vergleich zur Kontrollgruppe verändert zu sein. Die signifikanten Unterschiede betrafen mit Dichte 1 und 4 die Randbereiche der kranialen Nierendivision und nicht die beiden zentral gelegenen Dichten 2 und 3. Unterschiede in der Blutversorgung bzw. im Aufbau des harnableitenden Systems können hierfür verantwortlich sein. Beim direkten Vergleich der Tiere mit Eisenspeicherung mit dem Referenzbereich der Einzeldichten und der Dichte 100 waren bei den Abweichungen überwiegend Dichtewerterhöhungen festzustellen, die neben der 5 min Kontrastmittelaufnahme auch die Nativaufnahme und die 50 sek Kontrastmittelaufnahme betrafen. Es lässt sich somit aus den durchgeführten Untersuchungen ableiten, dass die hier untersuchten Falken mit tubulärer Eisenspeicherung eine verlangsamte Ausscheidung und eine Tendenz zur Dichtewerterhöhung aufwiesen. In der zur Verfügung stehenden Literatur ist die pathogene Wirkung von Eisenablagerungen in der Niere nicht geklärt (Phalen, 1990).

Bei den Tieren mit Nierenamyloidose gab es bei der Nativaufnahme signifikante Unterschiede zur Vergleichsgruppe A. Von den Einzeldichten waren bei der linken Niere Dichte 2 und bei der rechten Niere Dichte 3 und 4 betroffen. Da die signifikanten Unterschiede nur in der Nativaufnahme auftraten, scheint das Nierenparenchym selbst verändert zu sein. Beim direkten Vergleich der einzelnen Tiere mit Nierenamyloidose mit dem Referenzbereich für die Einzeldichten und für die Dichte 100 sind Veränderungen neben der Nativaufnahme auch bei den 50 sek Kontrastmittel- und bei den 5 min Kontrastmittelaufnahmen sichtbar. Überwiegend traten dabei Dichtewerterniedrigungen auf. Das in der Literatur beschriebene makroskopische Bild der Nierenamyloidose von einer vergrößerten, blassen und brüchigen Niere passt mit der festgestellten Tendenz zur Dichtewerterniedrigung zusammen (Schmidt et al., 2003). Weichteilgewebe mit einer verringerten Dichte ist von der Konsistenz her weniger fest als vergleichbares Gewebe mit einer normalen Dichte. Dies könnte durch eine erhöhte Wassereinlagerung oder eine lockerere Struktur des umgebauten Gewebes verursacht sein.

#### **5.4.6 An- und Abflutung des Kontrastmittels**

Die An- und Abflutung des Kontrastmittels unterschied sich nicht signifikant zwischen rechter und linker Niere, obwohl es bei der 50 sek Aufnahme zwei Dichtewerte gab (Dichte 2 und Dichte 100), die im Seitenvergleich signifikante Unterschiede aufwiesen. Aus der Einzelbetrachtung der An- und Abflutungen der vier Messbereiche der kranialen Nierendivision ist erkennbar, dass die Anflutungen tendenziell im kranialen Pol beim Messbereich Dichte 1 geringer waren und über den mittleren Bereich mit den relativ eng beieinander liegenden Messbereichen Dichte 2 und 3 bis zum kaudalen Ende der kranialen Nierendivision (Dichte 4) anstiegen. Die Abflutungen unterschieden sich bei den vier Messbereichen in der kranialen Nierendivision nicht wesentlich. Die Dichte der 5 min Kontrastmittelaufnahme betrug im Schnitt knapp Dreiviertel der Dichte der 50 sek Kontrastmittelaufnahme. Die schnellere Anflutung des kaudalen Bereiches der kranialen Nierendivision ist durch die Blutversorgung der Nieren erklärbar. Zwischen kranialer und mittlerer Nierendivision verläuft die *Vena iliaca externa*, die die kraniale Nierenportader (*V. portalis renalis cranialis*) zur kranialen Nierendivision entlässt (Salomon & Krautwald-Junghanns, 2008). Die Kontrastmittelapplikation erfolgte über die Flügelvene. Der direkteste Weg des Kontrastmittels ins Nierenparenchym erfolgt über die Nierenarterie, die für die kraniale Nierendivision direkt aus der Aorta entspringt. Wie schon die Arbeiten von Akester (1967, 1964) zeigen, kann Kontrastmittel aber auch nach der Körperpassage über das Nierenportadersystem in die Niere gelangen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen

vermuten, dass der kaudale Bereich der kranialen Nierendivision sowohl arteriell als auch venös über das Nierenfortadersystem mit Kontrastmittel versorgt wird. Die Abflutung ließ keine örtlichen Unterschiede innerhalb der kranialen Nierendivision erkennen, was dafür spricht, dass die tatsächlich erreichte Konzentration des Kontrastmittels ähnlich hoch war und die Ausscheidung innerhalb der kranialen Nierendivision konstant erfolgte. Beim Vergleich der Gruppe B mit der Kontrollgruppe waren signifikante Unterschiede zentral in der kranialen Nierendivision erkennbar (Anflutung II linke Niere Dichte 2 und rechte Niere Dichte 3). Bei Betrachtung der einzelnen histopathologischen Befunde waren diese Unterschiede nicht mehr signifikant. Da dies mit dem Schweregrad der Veränderung sowie mit der Veränderung selber in Zusammenhang stehen kann, sollten weitere Untersuchungen an nierenkranken Falken folgen, um die Relevanz der Referenzbereiche für CT-erfasste Nierendichten weiter zu evaluieren. Es stehen mit der vorliegenden Arbeit erstmalig die Grundlagen für solche Untersuchungen zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit liefert wertvolle neue Erkenntnisse über die Dichtewerte der Nieren von Falken und erstellt Referenzbereiche für die Dichtewerte und für die An- und Abflutung anhand von 35 Falken mit histopathologisch unveränderten Nieren. Für die Beurteilung von pathologischen Nierenveränderungen bedarf es hingegen weiterer Untersuchungen mit einer größeren Anzahl von nachweislich nierenveränderten Falken, um praxistaugliche diagnostische Empfehlungen zu geben. Nach den durchgeführten Untersuchungen scheint der mittlere Bereich der kranialen Nierendivision und da insbesondere die Anflutung II, d.h. das Verhältnis der Dichte der 5 min Kontrastmittelaufnahmen zur Dichte der Nativaufnahme, vielversprechend für die Unterscheidung von veränderten und nicht veränderten Nieren zu sein.

## **5.5 Endoskopische Untersuchung**

Die endoskopische Untersuchung erfolgte routinemäßig von der linken Körperseite. Wie analog auch bei Müller et al. (2004) beschrieben, wurde die Nierenbiopsie unter endoskopischer Sichtkontrolle durchgeführt.

Von den 13 Tieren mit histopathologischen Nierenveränderungen hatten zehn Tiere (76,9 %) endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen. Von den 35 Tieren ohne histopathologische Nierenveränderungen wurden bei 19 Tieren (54,3 %) auch endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen diagnostiziert. Demnach scheint die Endoskopie histopathologische Nierenveränderungen in den überwiegenden Fällen zu erkennen. Es

wurden gleichzeitig aber auch Nierenveränderungen festgestellt, die nicht durch die Histopathologie bestätigt werden konnten. Somit ist nicht jede endoskopisch feststellbare Nierenveränderung gleichbedeutend mit einer nachweislichen Nierenschädigung. Dies gilt für die untersuchten Patienten insbesondere für die Fälle, wo minimale oder geringgradige gelblich-weiße Ablagerungen festgestellt wurden. Wie in der Literatur immer wieder beschrieben, können gelblich-weiße Ablagerungen Ausdruck einer Dehydratation sein und sind nicht automatisch ein Hinweis auf eine vorhandene Nierengicht (Lierz, 2006). In der vorliegenden Untersuchung wurden durch die Endoskopie alle mittel- und hochgradigen histopathologischen Nierenveränderungen erkannt. Damit ist die endoskopische Untersuchung der röntgenologischen und computertomographischen Untersuchung überlegen. Wenn bei der endoskopischen Untersuchung Veränderungen an den Nieren feststellbar sind, ist nach den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchung eine Nierenbiopsie mit histopathologischer Untersuchung zu empfehlen.

Signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe B und der Kontrollgruppe gab es bei den endoskopisch feststellbaren Nierenschwellungen. Demnach ist die endoskopische Beurteilung der Nieren auf Schwellungsanzeichen von großer Bedeutung. Die Betrachtung der einzelnen Schwellungsgrade zeigt aber auch, dass geringgradige Nierenschwellungen nur in der Hälfte der Fälle mit histopathologischen Nierenveränderungen einhergehen und auch hochgradige Nierenschwellungen ohne histopathologisch erkennbare Nierenveränderungen auftreten können. Carnarius (2008) konnte einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem endoskopisch festgestellten Leberschwellungsgrad der untersuchten Falken und der im Röntgen und CT ermittelten Größenratios der Lebern feststellen. Ebenso konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem endoskopisch festgestellten Leberschwellungsgrad und dem histopathologisch festgestellten Schweregrad der Leberzellnekrose, -degeneration und Leberamyloidose festgestellt werden (Carnarius, 2008).

Bei den fünf diagnostizierten Histopathologien der Nieren waren Unterschiede in Hinblick auf die festgestellten endoskopischen Nierenbefunde zu sehen. Nur bei den Tieren mit Eisenspeicherung gab es Tiere, die keine endoskopisch feststellbaren Nierenveränderungen hatten. Es handelte sich dabei um zwei Tiere mit minimaler und um ein Tier mit geringgradiger Eisenspeicherung. Vier von den sieben Tieren mit Eisenspeicherung hatten endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen in Form von Nierenschwellungen und/oder gelblich-weißen Ablagerungen. Bei den fünf Falken mit Nierenamyloidose hatten alle Tiere eine oder mehrere endoskopische Nierenveränderungen (Nierenschwellungen und/oder

gelblich-weiße Ablagerungen). Die Falken mit Nierenamyloidose wurden somit zu 100 % in der Endoskopie als verändert erkannt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die endoskopische Untersuchung ein sehr wichtiges Diagnostikinstrument für die Erkennung von Nierenpathologien ist. Da es gerade bei Falken in Volierenhaltung auch zu haltungsbedingten Einflüssen, verbunden mit einseitiger Fütterung, reduzierter Bewegung und hohem Alter der Tiere, kommt, bietet die endoskopische Untersuchung entscheidende Vorteile (Tristan, 2010; Lierz, 2008). Neben der direkten Betrachtung der Größe, Form und Farbe der verschiedenen inneren Organe kann gezielt Gewebe biopsiert werden (Müller et al. 2004; Murray & Taylor, 1999). Der Nachteil der erforderlichen Narkose relativiert sich dahingehend, dass bei Falken und anderen Vögeln die wenigsten Untersuchungsmethoden am nicht-sedierten Patienten vorgenommen werden können (Helmer, 2006).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen, wie wichtig zur Abklärung bei nicht eindeutigen Befunden eine Biopsie der Niere mit anschließender histopathologischer Untersuchung ist. Neben ermittelten Referenzbereichen anhand von 35 Falken ohne histopathologische Nierenveränderungen für die Nierengröße, einschließlich der gebildeten Nierenratios, und für die Nierendichte, konnte durch den Vergleich der blutchemischen, röntgenologischen, computertomographischen und endoskopischen Untersuchung der Nieren von Falken herausgefunden werden, dass die endoskopische Untersuchung den anderen untersuchten Methoden in Hinblick auf die Nierendiagnostik überlegen ist.

## 6. Zusammenfassung

Nierenerkrankungen treten bei Vögeln relativ häufig auf. Es fehlen aber geeignete Diagnostikinstrumente, um Nierenschädigungen schon in einem frühen Stadium bzw. nicht-invasiv zu erkennen. Vergleichende Untersuchungen zur in vivo Nierendiagnostik an einer größeren Vogelanzahl mit histopathologisch unveränderten Nieren sind in der zur Verfügung stehenden Literatur bisher nicht beschrieben. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, die Blut- und Laborwerte, Röntgenbilder, CT-Aufnahmen und Endoskopieaufzeichnungen von 48 Falken, die aus einem Zuchtbetrieb stammten, miteinander zu vergleichen und in Bezug auf die Diagnose von Nierenpathologien zu interpretieren.

Bei allen untersuchten 48 Falken wurde während der Endoskopie die Niere biopsiert und das Biopat histologisch untersucht. 35 der untersuchten 48 Falken (72,9 %) wiesen keine histopathologisch erkennbaren Nierenveränderungen auf (Gruppe A), während 13 Falken (27,1 %) erkennbare Nierenveränderungen zeigten (Gruppe B). Am häufigsten wurde eine tubuläre Eisenspeicherung diagnostiziert (n = 7, 14,6 % aller untersuchten Tiere bzw. 46,7 % der diagnostizierten Nierenbefunde), gefolgt von Nierenamyloidose (n=5, 10,4 % aller untersuchten Tiere bzw. 33,3 % der diagnostizierten Nierenbefunde). Jeweils einmal wurde eine geringgradige Atherosklerose, eine geringgradige multifokale membranöse Glomerulonephritis und eine hochgradige fokale chronisch-aktive heterophile Herdnephritis diagnostiziert.

Die hämatologischen und blutchemisch untersuchten Parameter (Albumin, anorganisches Phosphat, Kalzium, Gesamteiweiß, Harnsäure, Harnstoff-Stickstoff, Kalium) erwiesen sich nicht geeignet, um zwischen den Falken mit und ohne histopathologische Nierenveränderungen zu unterscheiden.

Im Rahmen der röntgenologischen und computertomographischen Untersuchung wurden Referenzbereiche in Form von 80%-Perzentilen für die Nierengrößen und für die knöchernen Strukturen erarbeitet und Nierenratios errechnet. Im Röntgen wurde als Referenzbereich für das Nierenlänge-Sternum Ratio ein Bereich von 0,477 bis 0,595 ermittelt. Mit dem Nierenlänge-Sternum Ratio konnte ein Ratio entwickelt werden, das signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen A und B im CT aufwies. Auch war es damit möglich, signifikante Unterschiede zwischen den Tieren mit tubulärer Eisenspeicherung und den nierengesunden Tieren aufzuweisen. Als Referenzbereich in Form von 80%-Perzentilen wurde für die rechte Niere für das Nierenlänge-Sternumratio 0,514 bis 0,597 (CT-

reNlänge/Sternum-Ratio), für die linke Niere 0,522 bis 0,596 (CT-liNlänge/Sternum-Ratio) und für die gemittelte Nierenlänge 0,519 bis 0,596 (CTNlängeMW/Sternum-Ratio) ermittelt.

Die Nierendichte wurde im CT in der Nativaufnahme, in der 50 sek und in der 5 min Kontrastmittelaufnahme an definierten Stellen pro Niere viermal in der kranialen Nierendivision (Dichte 1-4) und einmal in der kaudalen Nierendivision (Dichte 5) gemessen. Zusätzlich wurde die Dichte der kranialen Nierendivision insgesamt über manuelle Umrandung ermittelt (Dichte 100). Die ermittelten Referenzbereiche (80%-Perzentile) für die Nierendichte betragen für die Dichte 100 der linken kranialen Nierendivision 52,22 - 67,91 HU (Nativaufnahme), 208,25 - 300,09 HU (50 sek Kontrastmittelaufnahme), 155,74 - 249,49 HU (5 min Kontrastmittelaufnahme) und für die rechte kraniale Nierendivision 53,15 - 67,47 HU (Nativaufnahme), 212,13 - 308,81 HU (50 sek Kontrastmittelaufnahme) und 159,21 - 252,39 HU (5 min Kontrastmittelaufnahme). Als Kontrastmittel wurde das nicht-ionische iodhaltige Kontrastmittel Ultravist 300<sup>®</sup> in einer Dosierung von 3ml/kg KG verwendet. Die vier Einzeldichtemessungen in der kranialen Nierendivision (Dichte 1-4) unterschieden sich im Seitenvergleich nicht signifikant zwischen rechter und linker Niere. Es gab aber signifikante Unterschiede zwischen rechter und linker Niere bei der 50 sek Kontrastmittelaufnahme bei der Dichte 100 und bei der Dichte 5 der kaudalen Nierendivision. Neben den Dichtemessungen in den verschiedenen Aufnahmen wurde auch die An- und Abflutung des Kontrastmittels untersucht (Anflutung I: 50 sek Kontrastmittelaufnahme / Nativaufnahme; Anflutung II: 5 min Kontrastmittelaufnahme / Nativaufnahme; Abflutung: 5 min Kontrastmittelaufnahme / 50 sek Kontrastmittelaufnahme). Zwischen den Gruppen A und B gab es signifikante Unterschiede bei der Anflutung II zentral im kranialen Nierenbereich (Dichte 2 linke Niere und Dichte 3 rechte Niere). Die anderen untersuchten Größen wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen auf. Bei der Einzelbetrachtung der histopathologischen Befunde waren bei den Tieren mit Eisenspeicherung und mit Nierenamyloidose signifikante Unterschiede zu der Gruppe A bei den gemessenen Dichten feststellbar. Bei den Tieren mit Eisenspeicherung gab es bei der 5 min Kontrastmittelaufnahme signifikante Unterschiede zur Gruppe A. Die Tiere mit Eisenspeicherung zeigten eine verlangsamte Ausscheidung und eine Tendenz zur Dichtewerterhöhung. Bei den Tieren mit Nierenamyloidose gab es bei der Nativaufnahme signifikante Unterschiede zur Gruppe A und die Tiere zeigten eine Tendenz zur Dichtewerterniedrigung.

Erstmalig wurden somit Referenzbereiche für computertomographisch erhobene Nierendichten von Falken etabliert, die sich als Diagnostikum zu eignen scheinen. Dies bedarf aber weiterer Untersuchungen an nierenkranken Falken.

In der endoskopischen Untersuchung zeigten alle Tiere mit Nierenamyloidose, Atherosklerose, Glomerulonephritis und Herdnephritis auch endoskopisch feststellbare Nierenbefunde. Bei den Tieren mit Eisenspeicherung in den Nierentubuli hatten vier der sieben Tiere endoskopisch feststellbare Nierenveränderungen (Nierenschwellungen und/oder gelblich-weiße Ablagerungen). Bei den endoskopisch feststellbaren Nierenschwellungen gab es signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen A und B. Demnach ist die endoskopische Kontrolle auf Nierenschwellungen von besonderer Bedeutung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass zum jetzigen Zeitpunkt die Endoskopie, in Kombination mit der Nierenbiopsie und der anschließenden histopathologischen Untersuchung, die geeignetste Methode ist, um Nierenveränderungen am lebenden Vogel zu diagnostizieren. Die vorliegende Arbeit liefert mit den ermittelten Referenzbereichen für die Nierendichte und mit dem gebildeten Nierenlänge-Sternum-Ratio die Grundlage, um die computertomographische Untersuchung der Nieren von Falken aufzubauen.

## 7. Summary

“Comparative study of renal diagnostics in falcons using different imaging techniques with special attention to computed tomography”

Renal diseases are common in birds. Appropriate non-invasive diagnostic tools capable of detecting early stage renal diseases are lacking. To the author’s knowledge comparative studies of renal in vivo diagnostic using a statistically significant number of birds with histopathologically unaltered kidneys are not available. The aim of the present study was to compare haematological and biochemical values, radiographs, computed tomography images (CT) and endoscopic findings of 48 falcons from one breeder concerning the diagnosis of renal alterations.

A kidney biopsy was taken from all 48 falcons examined by endoscopy. The biopsy was investigated histopathologically. 35 out of 48 falcons (72.9%) did not demonstrate histopathological alterations (Group A), whereas the remaining 13 falcons (27.1%) had histopathological alterations of the renal tissue (Group B). In the birds of Group B, iron storage disease in the renal tubules was most frequently observed (n = 7, 14.6 % of all birds examined, i.e. 46.7% of all renal alterations), followed by renal amyloidosis (n = 5, 10.4 % of all birds examined, i.e. 33.3 % of all renal alterations). Slight renal atherosclerosis, slight multifocal membranous glomerulonephritis and extreme focal chronic-active heterophilic nephritis followed with one occurrence each.

Haematological and biochemical parameters (albumin, anorganic phosphate, calcium, total protein, uric acid, BUN, potassium) were not suitable to distinguish between falcons with or without histopathological renal alterations.

During radiographic and computed tomography analyses reference values as 80%-percentiles were established for the kidney size and bone structures as basis for kidney ratios. The radiographic reference value for the kidney-size to sternum ratio was 0.477 to 0.595. The kidney-size to sternum ratio developed from the computed tomography scans demonstrated a statistically significant difference between Group A and B. The kidney-size to sternum ratio also proved to be suitable to distinguish statistically significant between falcons with iron storage disease and healthy birds. The computed tomography reference value for the kidney-size to sternum ratio for the right kidney showed to be 0.514 to 0.597, for the left kidney 0.522 to 0.596 and for the average size kidney 0.519 to 0.596.

Using computed tomography the density of the kidney was measured in the native scan, as well as 50 seconds and again five minutes after contrast media was injected. Density was measured in four specific areas within the cranial kidney division (density 1-4) and once within the caudal kidney division (density 5). Furthermore the density of the cranial kidney division was measured by circumscribing the area manually (density 100). The reference values (80%-percentiles) for the density of the kidney (density 100) were 52.22 to 67.91 HU (native scan), 208.25 to 300.09 HU (50 seconds after contrast media), 155.74 to 249.49 HU (5 minutes after contrast media) in the left cranial kidney division. Values for the right cranial kidney division were 53.15 to 67.47 HU (native scan), 212.13 to 308.81 HU (50 seconds after contrast media) and 159.21 to 252.39 HU (5 minutes after contrast media). The contrast media used was a nonionic iodine-based contrast media (Ultravist 300®) at a dose of 3ml/kg body weight. The four densities of the cranial kidney division (density 1-4) did not show significant differences between the right and left kidney. Statistically significant differences were observed between left and right kidney with density 100 and with density 5 in the caudal kidney division 50 seconds after applying contrast media. In addition to the measurements of the density of the kidneys both the concentration and elimination of the contrast media was additionally measured (concentration I: 50 sec contrast media / native scan; concentration II: 5 min contrast media / native scan; elimination: 5 min contrast media / 50 sec contrast media). Between Group A and B there were statistically significant differences in concentration II in the middle of the cranial kidney division (density 2 left kidney and density 3 right kidney). The other parameters examined did not demonstrate any significant differences between the two groups. A direct comparison of the renal pathologies found, revealed significant differences in the densities between the birds with iron storage disease and healthy birds and between the birds with renal amyloidosis and the healthy ones. The birds with iron storage demonstrated significant differences to Group A 5 minutes after contrast media was applied. In the birds with iron storage disease, a prolonged elimination of the contrast material was noted in addition to a tendency to higher kidney densities. On the other hand, the birds with renal amyloidosis showed significant differences to Group A in the native scan with a tendency to lower kidney density.

For the first time, reference values for the kidney density of falcons were established using computed tomography which seem to be useful as a diagnostic tool. Further studies on falcons with renal diseases are necessary to verify the use of the reference value as a diagnostic tool.

The endoscopic examination revealed kidney alterations in all birds examined with renal amyloidosis, atherosclerosis and nephritis. Four out of seven birds examined with iron storage disease also demonstrated endoscopic alterations of the kidneys (swelling and/or yellow-whitish deposits). Statistically significant differences of kidney swelling between Group A and B were noted. The endoscopic examination of swollen kidneys seems to be of immense importance.

The present study clearly demonstrated so far that the endoscopic examination in combination with biopsy of the kidney and its histological examination is the best method to detect renal alterations in the live bird. Reference values were established for both the kidney density and the kidney-size to sternum ratio and form the basis for further computed tomographic based studies of falcons.

## 8. Literaturverzeichnis

AKESTER, A.R. (1964)

Radiographic Studies of the Renal Portal System in the Domestic Fowl (*Gallus Domesticus*). J Anat 98: 365-376.

AKESTER, A.R. (1967)

Renal portal shunts in the kidney of the domestic fowl. J Anat 101 (3): 569-594.

AKESTER, A.R. und MANN S.P. (1969)

Adrenergic and cholinergic innervation of the renal portal valve in the domestic fowl. J Anat 104 (2): 241-252.

AKESTER, A.R., ANDERSON, R.S., HILL, K.J. und OSBALDISTON, G.W. (1967)

A radiographic study of urine flow in the domestic fowl. Brit Poult Sci 8: 209-212.

ANDERSON, G.L. und BRAUN, E.J. (1985)

Postrenal modification of urine in birds. Am J Physiol 248 (1): R93-R98.

ARNDT, G. (2010)

Persönliche Mitteilung.

BARTELS, T., KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., PORTMANN, S., BRINKMEIER, J., KUMMERFELD, N., SOHN, H.-G. und DÖRSCH, B. (2000)

The use of conventional radiography and computer-assisted tomography as instruments for demonstration of gross pathological lesions in the cranium and cerebrum in the crested breed of the domestic duck (*Anas platyrhynchos f.dom.*). Avian Pathol 29: 101-108.

BAUER, A. (2006)

Computertomographie mit intravenöser Urographie bei der Haustaube (*Columba livia domestica*). Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.

BENNHOLD, H. (1922)

Eine spezifische Amyloidfärbung mit Kongorot. Muench Med Wochenschr 19: 1537-1538.

- BEREGI, A., MOLNÀR, V., FELKAI, F., BÌRÒ, F. und SZENTGÁLI, Z. (1999)  
Diagnostic Radiology of pet and wild birds: A Review in Radiographic Techniques and Radiographs of Healthy Birds. *Acta Vet Hung* 47(3): 291-302.
- BLAND, J. und ALTMANN, D. (1986)  
Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327 (8476): 307-310.
- BÖTTCHER, M. (1980)  
Endoskopie beim Greifvogel zu diagnostischen Zwecken mit endoskopischen Aufnahmen. *Prakt Tierarzt* 61(11): 942-946.
- BOYKIN, S. und BRAUN, E.J. (1993)  
Entry of nephrons into the collecting duct network of the avian kidney: A comparison of chickens and desert quail. In: *J Morphol* 216 (3): 259-269.
- BRASSARD, A. (1965)  
Amyloidosis in Captive Anseriformes. *Can J Comp Med Vet Sci* 29: 253-258.
- BRAUN, E.J. (1998)  
Comparative Renal Function in Reptiles, Birds, and Mammals. *Sem Avian Exot Pet Med* 7 (2): 62-71.
- BRAUN, E.J. und DANTZLER W.H. (1972):  
Function of mammalian-type and reptilian-type nephrons in kidney of desert quail. *Am J Physiol* 222 (3): 617-629.
- BRAUN, E.J. und DANTZLER, W.H. (1974)  
Effects of ADH on single-nephron glomerular filtration rates in the avian kidney. *Am J Physiol* 226 (1): 1-8.
- BROSIUS, F. (2004)  
Explorative Datenanalyse, In: *SPSS 12*. mitp-Verlag, Bonn: 387-413.
- BURGOS-RODRÍGUEZ, A.G. (2010)  
Avian Renal System: Clinical Implications. *Vet Clin North Am: Exot Anim Pract.* 13 (3): 393-411.

- BURROWS, M.E., BRAUN, E.J. und DUCKLES, S.P. (1983)  
Avian renal portal valve: a reexamination of its innervations. *Am J Physiol* 245 (4): H628-H634.
- CAMPBELL, T. (1994)  
Hematology. In: *Avian Medicine: Principles and Application*. Ritchie, B., Harrison, G., Harrison, L. (Hrsg.) Wingers Publishing, Lake Worth, Florida, USA: 176-198.
- CAMPBELL, T. und DEIN, F. (1984)  
Avian hematology. The basics. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 14 (2): 223-248.
- CARNARIUS, M. (2009)  
Vergleichende Untersuchung bildgebender Verfahren zur Leberdiagnostik bei Falken unter besonderer Berücksichtigung der Amyloidose. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin.
- CARRETERO, A., KÖNIG, R., LIEBICH, H.-G., HINTERSEHER, C. und KORBEL, R. (2009)  
Harnorgane (*Organa urinaria*). in: *Anatomie der Vögel, Klinische Aspekte und Propädeutik, Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel*. König, H., Liebich, H.-G., Korbelt, R. (Hrsg.) Schattauer Verlag, Stuttgart: 141-148.
- CARVALHO DE, F.M., GAUNT, S.D., KEARNEY, M.T., RICH, G.A. und TULLY, T.N. (2009)  
Reference Intervals of Plasma Calcium, Phosphorus, and Magnesium for African Grey Parrots (*Psittacus erithacus*) and Hispaniolan Parrots (*Amazona ventralis*). *J Zoo Wildl Med* 40 (4): 675-679.
- CASOTTI, G., LINDBERG, K.K. und BRAUN, E.J. (2000)  
Functional morphology of the avian medullary cone. *Am J Physiol* 279 (5): R1722-R1730.
- CHEW, D.J. und MEUTEN, D.J. (1982)  
Disorders of Calcium and Phosphorus Metabolism. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 12 (3):411-438.

CHITTY, J. und LIERZ, M. (2008)

Labarotory Reference Ranges. In: BSAVA Manual of Raptors, Pigeon and Passerine Birds, Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Br Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 394-397.

CHRISTEN, C., PEES, M. und Groeneveld, G. (2011)

Blutuntersuchung. In: Leitsymptome bei Papageien und Sittichen. Pees, M. (Hrsg.) Enke Verlag, 2. Auflage, Stuttgart: 312-317.

COHEN, A.S. und CONNORS, L.H. (1987)

The Pathogenesis and Biochemistry of Amyloidosis. J Pathol 151: 1-7.

COHEN, R. (1967)

Anticoagulation, Centrifugation Time and Sample Replicate Number in the Microhematocrit Method for Avian Blood. Poult Sci 46 (1): 214-218.

COWAN, D.F. (1968a)

Avian Amyloidosis I. General Incidence in Zoo Birds. Pathol Vet 5: 51-58.

COWAN, D.F. (1968b)

Avian Amyloidosis II. Incidence and Contributing Factors in the Family Anatidae. Pathol Vet 5: 59-66.

DACKE, C.G. (2000)

The Parathyroids, Calcitonin, and Vitamin D. In: Sturkie's Avian Physiology. 5. Aufl. Whittow, G.C. (Hrsg.), Academic Press, San Diego, Kalifornien und London, USA, Großbritannien: 473-488.

DAVIS, R.E. (1927)

The nitrogenous constituents of hen urine. J Biol Chem 74 (3): 509-513.

DEAN, J., LATIMER, K.S., OAKS, J.L., SCHRENZEL, M. und REDIG, P.T. (2006)

Falcon adenovirus infection in breeding Taita falcons (*Falco fasciinucha*). J Vet Diagn Invest 18 (3): 282-286.

- DUNBAR, M.R., GREGG, M.A., CRAWFORD, J.A., GIORDANO, M.R. und TORNQUIST, S.J. (2005)  
Normal hematologic and biochemical values for prelaying greater sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) and their influence on chick survival. *J Zoo Wildl Med* 36 (3): 422-429.
- ECHOLS, S. (1998)  
Antemortem Diagnosis and Management of Avian Renal Disease. *Proc Assoc Avian Vet, St Paul.*: 83-90.
- ECHOLS, S. (1999)  
Collecting Diagnostic Samples in Avian Patients. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* 2 (3): 621-649.
- ECHOLS, S. (2006)  
Evaluating and Treating the Kidneys. In: *Clinical Avian Medicine, Volume II*. Harrison, G., Lightfoot, L. (Hrsg.), Spix Publishing, Palm Beach Florida, USA: 451-491.
- FERNÁNDEZ-REPOLLET, E., ROWLEY, J. und SCHWARTZ, A. (1982)  
Renal damage in gentamicin-treated lanner falcons. *J Am Vet Med Assoc* 181 (11): 1392-1394.
- FORBES, N. (1991)  
Aspergillosis in raptors. *Vet Rec* 128: 263.
- FORMANN, M.F., BECK, M.M. und KACHMANN, S.D. (1996)  
N-Acetyl- $\beta$ -D-Glucosaminidase as a Marker of Renal Damage in Hens. *Poult Sci* 75: 1563-1568.
- FUCHS, T., KACHELRIESS, M. und KALENDER W.A. (2000)  
Technical advances in multi-slice spiral CT. *Europ J Radiol* 36: 69-73.
- GAMBLE, K.C. (2007)  
Internal Anatomy of the Hornbill Casque Described by Radiography, Contrast Radiography, and Computed Tomography. *J Avian Med Surg* 21 (1): 38-49.

- GEE, G.F., CARPENTER, J.W. und HENSLER, G.L. (1981)  
Species differences in hematological values of captive cranes, geese, raptors, and quails. *J Wildl Managem* 45 (2): 463-483.
- GIERSE, S. (2001)  
Die wichtigsten Infektionskrankheiten bei Falken (Falconidae) und die Bedeutung der Beutevögel als Überträger. Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität.
- GILBERT, A.B. (1961)  
The innervation of the renal portal valve of the domestic fowl. *J Anat* 95 (4): 594-599.
- GLAHN, R.P., BEERS, K.W., BOTTJE, W.G., WIDEMAN, R.F., HUFF, W.E. und THOMAS, W. (1991)  
Aflatoxicosis alters avian renal function, calcium, and vitamin D metabolism. *J Toxicol Environm Health* 34 (3): 309-321.
- GLENNER, G., EANES, E., BLADEN, H., LINKE, R. und TERMINE, J. (1974)  
Beta-pleated sheet fibrils: A comparison of native amyloid with sythetic protein fibrils. *J Histochem Cytochem* 22 (12): 1141-1158.
- GOLDSTEIN, D.L. und BRAUN, E.J. (1989)  
Structure and concentrating ability in the avian kidney. *Am J Physiol* 256 (2): R501-R509.
- GOLDSTEIN, D.L. und SKADHAUGE, E. (2000)  
Renal and Extrarenal Regulation of Body Fluid Composition. In: *Sturkie's Avian Physiology*. 5. Aufl., Whittow, G.C., Academic Press, San Diego, Kalifornien und London, USA , Großbritannien: 265-297.
- GRILLENBERGER, A. und FRITSCH, E. (2007a)  
Multi-Slice-Spiral-CT, In: *Computertomographie: Eine Einführung in ein modernes bildgebendes Verfahren*. Facultas Universitätsverlag, Wien: 64-70.
- GRILLENBERGER, A. und FRITSCH, E. (2007b)  
Physikalisch-technische Grundlagen, In: *Computertomographie: Eine Einführung in ein modernes bildgebendes Verfahren*. Facultas Universitätsverlag, Wien: 41-56.

GRILLENBERGER, A. und FRITSCH, E. (2007c)

Sekundärrekonstruktionen, In: Computertomographie: Eine Einführung in ein modernes bildgebendes Verfahren. Facultas Universitätsverlag, Wien: 71-76.

HAMPEL, M.R., KINNE, J., WERNERY, U., POSPISCHIL, A., KELLERMANN, J. und LINKE, R.P. (2009)

Increasing fatal AA amyloidosis in hunting falcons and how to identify the risk: a report from the United Arab Emirates. *Amyloid* 16 (3): 122-132.

HARRISON, G. (1978)

Endoscopic examination of avian gonadal tissue. *Vet Med Small Anim Clinic* 73 (4): 479-484.

HATHCOCK, J. und STICKLE, R. (1993)

Principles and Concepts of Computed Tomography. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 23 (2): 399-415.

HEATLEY, J. (2008) Anaesthesia and analgesia. In: *BSAVA Manual of Raptors, Pigeons and Passerine Birds*. Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Brit Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 97-113.

HEIDENREICH, M. (1978)

Geschlechtsbestimmung bei Vögeln mittels Endoskopie. *Kleintier-Prax* 23: 193-198.

HELMER, P. (2006)

Diagnostic Imaging. In: *Clinical Avian Medicine, Volume II*. Harrison, G., Lightfoot, T. (Hrsg.), Spix Publishing, Palm Beach Florida, USA: 653-659.

HOCHLEITHNER, M. (1994)

Biochemistries. In: *Avian Medicine: Principles and Application*. Ritchie, B., Harrison, G., Harrison, L. (Hrsg.), Wingers Publishing, Lake Worth, Florida, USA: 223-245.

HOCHLEITHNER, M. und HOCHLEITHNER, C. (1995)

Klinischer Einsatz starrer Endoskope beim Vogelpatienten. *Tierärztl Prax* 23: 469-474.

IDEXX Vet Med Labor GmbH (2013)

Persönliche Mitteilung.

JAKOB, W (1971)

Spontaneous Amyloidosis of Mammals. *Vet Pathol* 8: 292-306.

JAKOBSEN, J. (2007)

Physiological effects of contrast media for use in multidetector row computed tomography. *Eur J Radiol* 62S: 14-25.

JOHNSON, O.W. (1968)

Some morphological features of avian kidneys. *Auk* 85: 216-218.

JOHNSON, O.W. (1974)

Relative Thickness of the Renal Medulla in Birds. In: *J Morphol* 142 (3): 277-284.

JOHNSON, O.W. und MUGAAS, J.N. (1970)

Quantitative and Organizational Features of the Avian Renal Medulla. *Condor* 72 (3): 288-292.

JONES, R. (2008)

Raptors: systemic and non-infectious diseases. In: *BSAVA Manual of Raptors, Pigeons and Passerine Birds*. Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Brit Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 284-298.

KALENDER, W. (1999)

Grundlagen und Technik der Spiral-CT. *Radiologe* 39 (9): 809-819.

KALENDER, W. (2006a)

Grundlagen der Computertomographie, In: *Computertomographie. 2. Auflage*, Publicis Corporate Publishing, Erlangen: 18-36.

KALENDER, W. (2006b)

Spiral-CT, In: *Computertomographie. 2. Auflage*, Publicis Corporate Publishing, Erlangen: 79-101.

KALENDER, W. (2006c)

Bilddarstellung und Verarbeitung: In: *Computertomographie. 2. Auflage*, Publicis Corporate Publishing, Erlangen: 202-217.

KALENDER, W., SEISSLER, W., KLOTZ, E. und VOCK, P. (1990)

Spiral Volumetric CT with Single-Breath-Hold Technique, Continuous Transport, and Continuous Scanner Rotation. *Radiology* 176 (1): 181-183.

KELLIN, N. (2009)

Auswertung der Sektions- und Laborbefunde von 1780 Vögeln der Ordnung Psittaciformes in einem Zeitraum von vier Jahren (2000-2004). Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Justus-Liebig-Universität Giessen.

KORBEL, R., BAUER, J. und GEDEK, B. (1993)

Pathologisch-anatomische und mykotoxikologische Untersuchungen zur Aspergillose bei Vögeln. *Tierärztl Prax1*. 21: 134-139.

KRAFT, W. (1998)

Grundsätzliches zur klinischen Laboratoriumsdiagnostik. XI. Tagung über Vogelkrankheiten, München, 5.-6. März 1998, DVG Fachgruppe Geflügelkrankheiten. DVG-Verlag Gießen: 1-7.

KRAUTWALD, M., TELLHELM, B., HUMMEL, G. und KALETA, E. (1992a)

Vorbemerkungen, In: Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg: 10-29.

KRAUTWALD, M., TELLHELM, B., HUMMEL, G. und KALETA, E. (1992b)

Lagerungen, In: Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg: 39-53.

KRAUTWALD, M., TELLHELM, B., HUMMEL, G. und KALETA, E. (1992c)

Spezielle Röntgenuntersuchungen / Kontrastmittel, In: Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg: 30-38.

KRAUTWALD, M., TELLHELM, B., HUMMEL, G. und KALETA, E. (1992d)

Röntgenanatomie, In: Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg: 54-172.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, M. (1997)

Computertomographie des aviären Respirationstraktes. Habilitationsschrift, Justus-Liebig-Universität Gießen, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Wien.

- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. und PEES, M. (2009a)  
Computertomographie. In: Atlas der bildgebenden Diagnostik bei Heimtieren: Vögel, Kleinsäuger, Reptilien. Krautwald-Junghanns, M.-E., Pees, M., Reese, S., Tully, T., Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover: 54-58.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. und PEES, M. (2009b)  
Urogenitaltrakt. In: Atlas der bildgebenden Diagnostik bei Heimtieren: Vögel, Kleinsäuger, Reptilien. Krautwald-Junghanns, M.-E., Pees, M., Reese, S., Tully, T., Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover: 122-135.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., BARTELS, T., PEES, M. und SCHLOEMER, J. (2007)  
Iodinated contrast media in avian medicine. Proc 7th Scient Meet European College of Avian Medicine and Surgery, Zurich: 9-13.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., KOSTKA, V.M. und DÖRSCH, B.(1998a)  
Comparative Studies on the Diagnostic Value of Conventional Radiography and Computed Tomography in Evaluating the Heads of Psittacine and Raptorial Birds. J Avian Med Sur. 12 (3): 149-157.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., SCHLOEMER, J. und PEES, M (2008)  
Iodine-Based Contrast Media in Avian Medicine. J Exot Pet Med 17 (3): 189 -197.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., SCHROFF, S. und BARTELS, T. (2009)  
Röntgenuntersuchung. In: Atlas der bildgebenden Diagnostik bei Heimtieren: Vögel, Kleinsäuger, Reptilien. Krautwald-Junghanns, M.-E., Pees, M., Reese, S., Tully, T., Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover: 2-34.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., SCHUHMACHER , F. und SOHN, H.-G. (1998b)  
Untersuchungen am unteren Respirationstrakt von Psittacinae- und Amazonae-Arten mit Hilfe der rekonstruktiven Röntgentransmissionstomographie, Teil 1:  
Untersuchungen an gesunden Papageien. Tierärztl Prax 26 (K): 61-70.
- KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., SCHUHMACHER , F. und SOHN, H.-G. (1998c)  
Untersuchungen am unteren Respirationstrakt von Psittacinae- und Amazoniae-Arten mit Hilfe der rekonstruktiven Röntgentransmissionstomographie, Teil 2:  
Untersuchungen an Papageien mit Atemwegssymptomatik. Tierärztl Prax 26 (K): 139-149.

- LANDMAN, W.J.M., GRUYS, E. und GIELKENS, A.L.J. (1998)  
Avian amyloidosis. *Avian Pathol* 27 (5): 437-449.
- LANE, R. (1991)  
Basic Techniques in Pet Avian Clinical Pathology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 21(6): 1157-1179.
- LIERZ, M. (1999)  
Untersuchungen zum Krankheitsspektrum aufgefundener Greifvögel und Eulen in Berlin und Brandenburg. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin.
- LIERZ, M. (2002)  
Blutchemische Referenzwerte beim Sakerfalken (*Falco cherrug*). *Tierärztl Prax* 30 (K): 386-388.
- LIERZ, M. (2003a)  
Avian renal disease: pathogenesis, diagnosis, and therapy. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* 6 (1): 29-55.
- LIERZ, M. (2003b)  
Plasma chemistry reference values for gyrfalcons (*Falco rusticolus*). *Vet Rec* 153:182-183.
- LIERZ, M. (2005)  
Persönliche Mitteilung.
- LIERZ, M. (2006)  
Endoscopy and Biopsy. In: *Clinical Avian Medicine, Volume II*. Harrison, G., Lightfoot, T. (Hrsg.), Spix Publishing, Palm Beach Florida, USA: 631-652.
- LIERZ, M. (2008)  
Endoscopy, biopsy and endosurgery. In: *BSAVA Manual of Raptors, Pigeons and Passerine Birds*. Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Brit Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 128-142.
- LIERZ, M. (2011)  
Endoskopische Diagnostik. In: *Leitsymptome bei Papageien und Sittichen*. Pees, M. (Hrsg.), Enke Verlag, 2. Auflage, Stuttgart: 285-296.

LIERZ, M. und HAFEZ, H.M. (2006)

Plasma chemistry reference values in hybrid falcons in relation to their species of origin. *Vet Rec* 159 (3): 79-81.

LIERZ, M., EWRINGMANN, A. und GÖBEL, T. (1998)

Blutchemische Parameter bei Wildgreifvogelpatienten und deren Veränderung nach Leberbiopsieentnahme. *Berl Münch Tierärztl Wschr* 111 (7-8): 295-301.

LOWENSTINE, L. und PETRAK, M. (1980)

Iron Pigment in the Liver of Birds. In: *The Comparative Pathology of Zoo Animals*. Montali, R., Migaki, G. (Hrsg.), Symposia of the National Zoological Park, Smithsonian Institution, Washington D.C., USA: 127-141.

LUDEWIG, E. und HARTUNG, K. (2010)

Die Interpretation von Röntgenaufnahmen: Voraussetzungen und Vorgehensweise. *Tierärztl Prax.* 38 (K) (3): 178-185.

LUMEIJ, J.T. (1985)

The influence of blood sample treatment on plasma potassium concentrations in avian blood. *Avian pathol* 14 (2): 257-60.

LUMEIJ, J.T. (1994)

Nephrology. In: *Avian Medicine: Principles and Application*. Ritchie, B., Harrison, G., Harrison, L. (Hrsg.), Wings Publishing, Lake Worth, Florida, USA: 538-555.

LUMEIJ, J.T. (2000)

Pathophysiology, Diagnosis and Treatment of Renal Disorders in Birds of Prey. In: *Raptor Biomedicine III*. Lumeij, J., Remple, D., Redig, P., Lierz, M., Cooper, J. (Hrsg.), Zoological Education Network, Lake Worth, Florida, USA: 169-178.

LUMEIJ, J.T. und REMPLE, J. (1991)

Plasma urea, creatinine and uric acid concentrations in relation to feeding in peregrine falcons (*Falco peregrinus*). *Avian pathol* 20 (1): 79-83.

LUMEIJ, J.T., REMPLE, J.D. und RIDDLE, K.E. (1993)

Relationship of plasma total protein and albumin to total calcium in peregrine falcons (*Falco peregrinus*). *Avian Pathol* 22 (3): 183-188.

- LUMEIJ, J.T., REMPLE, J.D., REMPLE, C.J. und RIDDLE, K.E. (1998)  
Plasma chemistry in peregrine falcons (*Falco peregrinus*): reference values and physiological variations of importance for interpretation. Avian Pathol 27: 129-132.
- LUMEIJ, J.T., ZWART, D., FRANKENHUIS, M.T., HASSELAAR, J.C. und STAM, J.W.E. (1985)  
Endoscopy in Birds. Vet Q 7 (3): 239-243.
- MARSHALL, K., CRAIG, L., JONES, M. und DANIEL, G. (2003)  
Quantitative renal scintigraphy in domestic pigeons (*Columba livia domestica*) exposed to toxic doses of gentamicin. Am J Vet Res 64(4): 453-462.
- McMILLIAN, M.C. (1994)  
Imaging Techniques. In: Avian Medicine: Principles and Application. Ritchie, B., Harrison, G., Harrison, L. (Hrsg.), Wingers Publishing, Lake Worth, Florida, USA: 246-326.
- METE, A., HENDRIKS, H., KLAREN, P., DORRESTEIN, G., VAN DIJK, J. und MARX, J. (2003)  
Iron metabolism in mynah birds (*Gracula religiosa*) resembles human hereditary haemochromatosis. Avian Pathol 32 (6): 625-632.
- MEYERHOLZ, D.K., VANLOUBBEECK, Y.F., HOSTETTER, S.J., JORDAN, D.M. und FALES-WILLIAMS, A.J. (2005)  
Surveillance of amyloidosis and other diseases at necropsy in captive trumpeter swans (*Cygnus buccinator*). J Vet Diagn Invest 17: 295-298.
- MOLLENHAUER, H.H., HUFF, W.E., KUBENA, L.F., HARVEY, R.B. und DROLESKEY, R.E. (1989)  
Ultrastructure of hepatic and renal lesions in chickens fed aflatoxin. Am J Vet Res 50 (5): 771-777.
- MORILD, I., MOWINCHEL, R., BOHLE, A. und CHRISTENSEN, J.A. (1985)  
The juxtaglomerular apparatus in the avian kidney. Cell and Tissue Res 240: 209-214.

- MOZOS, E., HERVAS, J., MOYANO, T., DIAZ, J. und GOMEZ-VILLAMANDOS, J.C. (1994):  
Inclusion body disease in a peregrine falcon (*Falco peregrinus*): histological and  
ultrastructural study. *Avian Pathol* 23 (1): 175-181.
- MÜLLER, K., GÖBEL, T., MÜLLER, S., HERMANNNS, W. und BRUNNBERG, L. (2004)  
Use of endoscopy and renal biopsy for the diagnosis of kidney disease in free-living  
birds of prey and owls. *Vet Rec* 155: 326-329.
- MÜLLER, M., GEORGE, A. und MANNIL, A. (2005)  
Haematological values of gyr hybrid falcons. *Proc 8th Europ Conf Assoc Avian Vet,*  
Arles: 77-84.
- MÜLLER, M., KINNE, J., SCHUSTER, R. und WALOCHNIK, J. (2008)  
Outbreak of microsporidiosis caused by *Enterocytozoon bieneusi* in falcons. *Vet*  
*Parasitol* 152: 67-78.
- MULISCH, M. und WELSCH, U. (2010)  
Färbungen. In: *Romeis Mikroskopische Technik.* Mulisch, M., Welsch, U. (Hrsg.),  
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 181-297.
- MURRAY, M.J und TAYLOR, M. (1999)  
Avian Renal Disease: Endoscopic Applications. *Sem Avian Exot Pet Med* 8 (3): 115-  
121.
- NALDO, J.L. und SAMOUR, J.H. (2004)  
Radiographic Findings in Captive Falcons in Saudi Arabia. *J Avian Med Surg* 18 (4):  
242-256.
- NISHIMURA, H. (1993)  
Countercurrent urine concentration in birds. In: *New Insight in vertebrate kidney*  
*function.* Brow, J.A., Balment, R.J., Rankin, J.C. (Hrsg.), Cambridge University Press,  
Großbritannien: 189-212.
- NISHIMURA, H., KOSEKI, C., IMAI, M. und BRAUN, E.J. (1989)  
Sodium chloride and water transport in the thin descending limb of Henle of the quail.  
*Am J Physiol* 257 (6): F 994- F 1002.

ODLIND, B. (1978)

Blood flow distribution in the renal portal system of the intact hen. A study of a venous system using microspheres. *Acta Physiol Scand* 103 (2): 342-356.

OSONO, E. und NISHIMURA, H. (1994)

Control of sodium and chloride transport in the thick ascending limb in the avian nephron. *Am J Physiol* 276 (2): R445-R462.

PANIGRAPHY, B. und SENNE, D. (1991)

Diseases of mynahs. *J Am Vet Med Ass* 199 (3): 378-381.

PEES, M. (2008)

Radiography. In: *BSAVA Manual of Raptors, Pigeons and Passerine Birds*. Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Br Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 114-120.

PEES, M. (2011)

Röntgendiagnostik. In: *Leitsymptome bei Papageien und Sittichen*. Pees, M. (Hrsg.), Enke Verlag, 2 Auflage, Stuttgart: 274-285.

PEES, M. und LIERZ, M. (2008)

Advanced non-invasive imaging techniques. In: *BSAVA Manual of Raptors, Pigeons and Passerine Birds*. Chitty, J., Lierz, M. (Hrsg.), Br Sm Anim Vet Assoc, Gloucester, Großbritannien: 121-127.

PEES, M., BOCHMANN, M. und LUDEWIG, E. (2009)

Einsatz der digitalen Röntgentechnik bei Reptilien und Vögeln. *Kleint Konkr* 12 (5): 25-29.

PHALEN, D.N. (1990)

The Avian Urinary System: Form, Function, Diseases. *Proc Ann Conf Assoc Avian Vet*, Phoenix, Arizona: 44-57.

POLLOCK, C. (2006)

Diagnosis and Treatment of Avian Renal Disease. *Vet Clin North Am: Exot Anim Pract* 9 (1): 107-128.

PUCHTLER, H., SWEAT, F. und LEVINE M. (1962)

On the Binding of Congo Red by Amyloid. *J Histochem Cytochem* 10 (3): 355-364.

- RANDELL, M., PATNAIK, A. und GOULD, W., (1981)  
Hepatopathy Associated with Excessive Iron Storage in Mynha Birds. *J Am Vet Med Ass* 179 (11): 1214-1217.
- RATIB, O., ROSSET, A. und HEUBERGER, J. (2009)  
Osirix: The pocket guide, 2. Auflage. [www.osirix-viewer.com](http://www.osirix-viewer.com).
- RENNICK, B.R. und GANDIA, H. (1954)  
Pharmacology of smooth muscle valve in renal portal circulation of birds. *Proc Soc Bio Med* 85: 234-236.
- RIGDON, R. (1961)  
Amyloidosis: Spontaneous Occurrence in White Peking Duck. *Am J Physiol* 39: 369-378.
- RODRIGUEZ, B.A., SMITH, S. und FORBES, N. (2010)  
Radiographic Evaluation of Cardiac Size in Four Falconiform Species. *J Avian Med Surg* 24 (3): 222-226.
- ROMEIS, B. (1989)  
Turnbulls Blau. In: Romeis Mikroskopische Technik. Böck, P. (Hrsg.), Urban & Schwarzenberg, München: 400.
- RUPPERT-KOHLMAYR, A.J. und UGGOWITZER, M.M. (2005)  
Multidetektorcomputertomographie (MDCT) der Nieren. *Radiologe* 45 (10): 887-896.
- SALOMON, F. und KRAUTWALD-JUNGHANNS, M. (2008)  
Anatomie der Vögel. In: Anatomie für die Tiermedizin. Salomon, F., Geyer, H., Gille, U. Enke, Stuttgart: 754-814.
- SAMOUR, J. (2006)  
Diagnostic Value of Hematology. In: *Clinical Avian Medicine, Volume II*. Harrison, G., Lightfoot, T. (Hrsg.), Spix Publishing, Palm Beach Florida, USA: 587-609.
- SAMOUR, J., BAILEY, T. und KEYMER, I. (1995)  
Use of ammonium chloride in falconry in the Middle East. *Vet Rec* 137: 269-270.

- SCHMIDT, R.E. (2006)  
Types of Renal Diseases in Avian Species. *Vet Clin North Am: Exot Anim Pract* 9 (1): 97-106.
- SCHMIDT, R.E., REAVILL, D.R. und PHALEN, D.N. (2003)  
Urinary System. In: *Pathology of pet and aviary birds*. Iowa State Press, Ames, Iowa, USA: 95-107.
- SCHRENZEL, M., OAKS, J.L., ROTSTEIN, D., MAALOUF, G., SNOOK, E., SANDFORT, C. und RIDEOUT, B. (2005)  
Characterization of a New Species of Adenovirus in Falcons. *J Clin Microbiol* 43 (7): 3402-3413.
- SILLER, W.G. (1981)  
Renal Pathology of the Fowl - A Review. *Avian Pathol* 10: 187-262.
- SILLER, W.G. und HINDLE, R.M. (1969)  
The arterial blood supply to the kidney of the fowl. *J anat* 104 (1): 117-135.
- SKADHAUGE, E. (1968)  
The Cloacal Storage of Urine in the Rooster. *Comp Biochem Physiol* 24 (1): 7-18.
- SKADHAUGE, E. (1977)  
Solute composition of the osmotic space of ureteral urine in dehydrated chickens (*Gallus domesticus*). *Comp Biochem Physiol Part A: Physiology*. A 56 (3): 271-274.
- SKADHAUGE, E. und SCHMIDT-NIELSEN, B. (1967)  
Renal medullary electrolyte and urea gradient in chickens and turkeys. *Am J Physiol* 212(6): 1313-1318.
- SONNTAG, F. und MILHALJEVIC, M. (2009)  
Grundlagen der Computertomografie. In: *CT- und MRT-Atlas, Transversalanatomie des Hundes*. Mihaljevic, M., Kramer, M., Gomercic, H. (Hrsg.), Parey MVS Medizinverlage, Stuttgart: 3-10.
- SPANNER, R. (1925)  
Der Pfortaderkreislauf in der Vogelniere. In: *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch*. 54 (3): 560-632.

SPECK, U. (1992a)

Risiken der Kontrastmittelanwendung, In: Kontrastmittel. Übersicht, Anwendung und pharmazeutische Aspekte. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 66-79.

SPECK, U. (1992b)

Struktur und Eigenschaften von Röntgen-Kontrastmitteln, In: Kontrastmittel. Übersicht, Anwendung und pharmazeutische Aspekte. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 12-25.

SPERBER, I. (1948)

Investigations on the circulatory system of the avian kidney. Zool Bidr Uppsala 27: 429-448.

STAUBER, E., HOLMES, S., DEGNETTO, D.L. und FINCH, N. (2007)

Magnetic Resonance Imaging is Superior to Radiography in Evaluating Spinal Cord Trauma in Three Bald Eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). J Avian Med Surg 21 (3): 196-200.

STURKIE, P. (1986).

Kidneys, Extrarenal Salt Excretion, and Urine. In: Avian Physiology. Sturkie, P. (Hrsg.), 4. Auflage, Springer Verlag, New York, USA: 359-382.

STURKIE, P. und GRIMINGER, P. (1986)

Body Fluids: Blood. In: Avian Physiology. Sturkie, P. (Hrsg.), 4. Auflage, Springer Verlag, New York, USA: 102-129.

SUEDMEYER, W. und BERMUDEZ, A. (1996)

A New Approach to Renal Biopsy in Birds. J Avian Med Surg 10(3): 179-186.

TANAKA, S., DAN, C., KAWANO, H., OMOTO, M. und ISHIHARA, T. (2008)

Pathological study on amyloidosis in *Cygnus olor* (mute swan) and other waterfowl. Med Molecul Morphol 41: 99-108.

TOMASZEWSKI, E.K. und PHALEN, D.N. (2007)

Falcon Adenovirus in an American Kestrel (*Falco sparverius*). J Avian Med Surg 21 (2): 135-139.

TRISTAN, T. (2010)

The Aging Raptor. *Vet Clin North Am: Exot Anim Pract* 13 (1): 51-84.

TSCHOP, R., BAILEY, T., SOMMA DI, A. und SILVANOSE, C. (2007)

Urinalysis as a Noninvasive Health Screening Procedure in Falconidae. *J Avian Med Surg* 21 (1): 8-12.

UPHOFF METEYER, C., RIDEOUT, B.A., GILBERT, M., SHIVAPRASAD, H.L. und OAKS, J.L. (2005)

Pathology and proposed pathophysiology of Diclofenac poisoning in free-living and experimentally exposed oriental white-backed vultures. *J Wildl Dis* 41 (4): 707-716.

VIRCHOW, R. (1854)

Ueber eine im Gehirn und Rückenmark des Menschen aufgefundene Substanz mit der chemischen Reaction der Cellulose. *Virch Arch A Pathol Anatom Physiol Klein Med* 6 (1): 135-138.

WADSWORTH, P., JONES, D. und PUGSLEY, S. (1983)

Hepatic Haemosiderosis in Birds at the Zoological Society of London. *Avian Pathol* 12 (3): 321-330.

WAIBL, H. und SINOWATZ, F. (2004)

Harn- und Geschlechtsapparat, *Apparatus urogenitalis (Systema urogenitale)*. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band V*. Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E. (Hrsg.), Parey Verlag, Stuttgart: 224-264.

WALDROP, J.E. (2008)

Urinary Electrolytes, Solutes, and Osmolality. *Vet Clin Sm Anim Pract* 38 (3): 503-512.

WERNERY, R., WERNERY, U., KINNE, J. und SAMOUR, J. (2004)

Haematology and blood chemistry. In: *Colour Atlas of Falcon Medicine*. Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover: 12-42.

WIDEMAN, R.F., BRAUN, E.J. und ANDERSON, G.L. (1981)

Microanatomy of the Renal Cortex in the Domestic Fowl. *J Morphol* 168: 249-267.

WIDEMAN, R.F., HOLT, L. und PLA, J.S. (1992)

Glomerular Size and Volume Distributions for Cranial, Medial, and Caudal Divisions of Domestic Fowl Kidneys. *Anat Rec* 232: 512-519.

WIMSATT, J., CANON, N., PEARCE, R.D., VAP, L.M. und GETZY, D.M. (2009)

Assessment of novel avian renal disease markers for the detection of experimental nephrotoxicosis in pigeons (*Columba Livia*). *J Zoo Wildl Med* 40 (3): 487-494.

WÜNSCHMANN, A., SHIVERS, J., BENDER, J., CARROL, L., FULLER, S., WETTERE VAN, A. und REDIG, P. (2004)

Pathologic Findings in Red-Tailed Hawks (*Buteo jamaicensis*) and Cooper's Hawks (*Accipiter cooperi*) Naturally Infected with West Nile Virus. *Avian Dis* 48: 570-580.

ZÖLLNER, A. (1997)

Untersuchungen zur Amyloidose bei Zoo- und Wildvögeln sowie zur histo- und immunhistochemischen Charakterisierung des aviären Amyloidproteins. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin.

ZSCHIESCHE, W. und LINKE, R. (1989)

Immunohistochemical characterization of spontaneous amyloidosis in captive birds as AA-type, using monoclonal and polyclonal anti-AA antibodies against mammalian amyloid. *Acta histochem* 86: 45-50.

ZSCHIESCHE, W. und JAKOB, W. (1989)

Pathology of Animal Amyloidoses. *Pharm Therap* 41: 49-83.

## 9. Anhang

Anhang 1: Allg. Patientendaten mit histopathologischen Nierenbefunden, n = 48 Falken

F-Nr.	Falkenart	Schlupf	Alter in Jahren	m/w	Gewicht [g]	Histologische Nierenbiopsatuntersuchung	F-Nr.	Falkenart	Schlupf	Alter in Jahren	m/w	Gewicht [g]	Histologische Nierenbiopsatuntersuchung
16	G	1990	16	w	1230	ggr. tubuläre Eisenspeicherung	48	GS	2005	1	m	967	hgr. Herdnephritis
38	G	1991	15	w	1480	o.b.B.	49	GS	2005	1	m	1040	o.b.B.
39	G	2000	6	m	1160	min. tubuläre Eisenspeicherung + mgr. interstitielle Amyloidose	50	GS	2005	1	m	843	o.b.B.
40	G	2004	2	m	1290	o.b.B.	51	GS	2005	1	m	957	o.b.B.
41	G	1988	18	m	1080	ggr. tubuläre Eisenspeicherung + mgr. interstitielle Amyloidose	52	GS	2005	1	m	1062	o.b.B.
42	G	1993	13	w	1690	o.b.B.	54	GS	2005	1	m	1074	o.b.B.
60	G	2002	4	m	1040	min. interstitielle Amyloidose	55	GS	2005	1	m	1073	o.b.B.
61	G	2001	5	w	1073	o.b.B.	56	GS	1996	10	m	906	o.b.B.
62	G	2001	5	w	1430	o.b.B.	57	GS	2005	1	m	1056	o.b.B.
63	G	2002	4	w	--	o.b.B.	58	GS	2005	1	m	1019	o.b.B.
64	G	2002	4	m	1130	o.b.B.	59	GS	2002	4	w	1530	o.b.B.
67	G	2002	4	w	1670	mgr. interstitielle Amyloidose	65	GS	2002	4	w	1292	o.b.B.
17	GS	1993	13	w	1100	o.b.B.	66	GS	2003	3	w	1380	o.b.B.
18	GS	1990	16	w	1090	o.b.B.	43	L	1996	10	w	750	o.b.B.
19	GS	1993	13	m	870	min. tubuläre Eisenspeicherung	44	L	2004	2	m	545	o.b.B.
20	GS	1991	15	m	810	min. tubuläre Eisenspeicherung	30	S	1998	8	w	960	o.b.B.
21	GS	2005	1	w	990	o.b.B.	31	S	1998	8	w	1000	o.b.B.
22	GS	2005	1	w	1026	o.b.B.	45	S	2004	2	m	868	ggr. Glomerulonephritis
23	GS	2004	2	m	920	o.b.B.	46	S	2004	2	w	1134	o.b.B.
24	GS	2004	2	m	816	o.b.B.	26	W	2001	5	w	770	o.b.B.
32	GS	2002	4	m	1120	o.b.B.	29	W	1993	13	w	950	ggr. Atherosklerose
33	GS	1992	14	w	1170	mgr. tubuläre Eisenspeicherung	Legende: G = Gerfalke ( <i>Falco rusticolus</i> ), GS = Ger*Saker-Hybridfalke ( <i>Falco rusticolus x Falco cherrug</i> ), W = Wanderfalke ( <i>Falco peregrinus</i> ), S = Sakerfalke ( <i>Falco cherrug</i> ), L = Lannerfalke ( <i>Falco biarmicus</i> ), FNr = Falkennummer, m = männlich, w = weiblich, o.b.B. = ohne besonderen Befund.						
34	GS	1996	10	w	1320	ggr. tubuläre Eisenspeicherung							
35	GS	2004	2	m	1270	ggr. interstitielle Amyloidose							
36	GS	2002	4	m	985	o.b.B.							
37	GS	1998	8	w	1280	o.b.B.							
47	GS	2005	1	m	853	o.b.B.							

FNr	Falkenart	Hct in %	Leukozyten pro µl Blut	Kalium (mmol/l)	Kalzium (mmol/l)	Anorg. Phosphat (mmol/l)	Ca/P- Verhältnis	Gesamtprotein (g/l)	Albumin (g/l)	Harnstoff-Stickstoff (mmol/l)	Harnsäure (mmol/l)	FNr	Falkenart	Hct in %	Leukozyten pro µl Blut	Kalium (mmol/l)	Kalzium (mmol/l)	Anorg. Phosphat (mmol/l)	Ca/P- Verhältnis	Gesamtprotein (g/l)	Albumin (g/l)	Harnstoff-Stickstoff (mmol/l)	
16	G	50	6600	1,7	2,22	0,7	3,17	27	10	2,19	743,5	48	GS	62	11200	2,3	2,34	1,1	2,13	31	14	1,46	
38	G	48	9867	1,3	2,27	0,8	2,84	23	9	1,46	487,74	49	GS	54	9500	2,4	2,45	1,3	1,88	31	15	1,46	
39	G	53	12400	1,6	2,23	0,9	2,48	28	10	1,46	306,32	50	GS	55	15700	3	2,31	1	2,31	28	14	1,46	
40	G	50	4900	1,9	2,57	1,2	2,14	36	14	1,46	404,46	51	GS	53	10933	2,7	2,35	1,2	1,96	32	15	1,1	
41	G	47	9500	2,9	2,45	0,8	3,06	28	10	1,46	452,05	52	GS	45	10600	2,8	2,27	0,9	2,52	31	15	1,1	
42	G	"-"	10800	3	2,43	1,1	2,21	31	9	1,46	220,08	54	GS	53	17133	1,5	2,39	1,5	1,6	28	10	0,37	
60	G	52	18533	1,5	2,46	0,8	3,08	31	15	1,46	352,12	55	GS	56	7933	2,2	2,45	1,6	1,53	30	13	0,73	
61	G	50	12267	1,8	2,47	1,1	2,25	36	16	1,83	283,72	56	GS	50	11800	2,8	2,35	1,2	1,96	28	11	1,1	
62	G	54	19533	2,6	2,39	0,7	3,41	34	15	1,1	345,58	57	GS	50	11533	1,8	2,35	1,2	1,96	27	11	0,73	
63	G	51	15067	3,3	2,28	0,9	2,53	28	13	1,1	264,09	58	GS	52	11533	2,4	2,37	1,3	1,82	31	13	0,37	
64	G	49	14333	1,8	2,37	0,8	2,96	26	12	2,19	190,34	59	GS	48	18400	1,8	2,3	1,1	2,09	27	13	2,19	
67	G	38	26867	3,2	2,27	1,1	2,06	28	12	2,56	172,49	65	GS	52	16267	2,4	2,32	0,8	2,9	27	15	2,19	
17	GS	48	7400	1,9	2,42	0,9	2,69	34	15	1,83	475,84	66	GS	51	13267	2	2,34	0,6	3,9	36	13	3,29	
18	GS	45	8200	2,8	2,39	1,5	1,59	28	12	2,19	731,6	43	L	53	16100	1,2	2,37	0,7	3,39	36	13	0,37	
19	GS	50	5067	1,8	2,4	0,7	3,43	30	14	1,46	481,79	44	L	53	18700	1	2,36	0,8	2,95	28	11	1,1	
20	GS	46	7067	3,1	2,56	0,8	3,2	35	15	1,1	309,3	30	S	48	10467	2,5	2,27	1	2,27	23	10	1,1	
21	GS	52	13267	2,1	2,24	0,8	2,8	26	9	1,1	302,75	31	S	50	7867	1,6	2,39	0,8	2,99	27	11	1,1	
22	GS	52	16600	2,4	2,57	0,7	3,67	28	12	1,46	729,82	45	S	49	18200	2	2,64	0,8	3,3	31	11	1,1	
23	GS	54	8000	1,5	2,36	1,1	2,15	24	11	1,46	309,3	46	S	40	10400	2,6	2,53	1,1	2,3	31	11	1,1	
24	GS	50	4933	3,2	2,35	0,8	2,94	28	11	1,1	355,69	26	W	47	8333	1,9	2,58	0,8	3,23	34	11	2,19	
32	GS	50	13600	1,8	1,95	0,8	2,44	25	8	1,46	190,34	29	W	50	9667	3,4	2,37	1,2	1,98	29	12	1,1	
33	GS	50	12700	1,4	2,3	0,8	2,88	29	12	1,46	374,72												
34	GS	50	9100	1,9	2,23	0,9	2,48	28	11	1,1	214,2												
35	GS	43	32600	2,2	2,31	0,9	2,57	29	10	1,46	184,39												
36	GS	51	16000	2,7	2,29	0,8	2,86	29	11	0,73	166,54												
37	GS	44	14400	2,7	2,29	1	2,29	23	12	1,46	350,93												
47	GS	53	21500	1,8	2,35	1,4	1,68	30	13	1,46	142,75												

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus x Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, Hct = Hämatokrit, Ca/P-Verhältnis = Kalzium-Phosphat-Verhältnis, "-" = nicht gemessen.

Anhang 2: Blut- und Laborwerte, n = 48 Falken

FNr	Falkenart	RB Nierenlänge [cm]	RB Nierenbreite [cm]	Rö-Niänge-Sternum-Ratio	Rö-Niänge-Femurbr-Ratio	RB Sternum [cm]	RB Femurbreite links [cm]	RB Humerusbreite links [cm]	Synsakraumbreite [cm]	Brustwirbelsäule 3.-6. Rippe [cm]	Nierendichte unerfahrene Person	Nierendichte erfahrene Person
16	G	5	1,9	0,538	6,25	9,3	0,8	0,9	1,1	3	verschattet	verschattet
38	G	4,9	1,5	0,5	5,444	9,8	0,9	0,8	0,9	3,3	o.b.B.	o.b.B.
39	G	4,3	1,5	0,489	5,375	8,8	0,8	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	o.b.B.
40	G	4,8	1,4	0,511	6	9,4	0,8	0,9	0,8	2,9	o.b.B.	o.b.B.
41	G	4,4	1,3	0,5	5,5	8,8	0,8	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	o.b.B.
42	G	5,4	1,3	0,587	6	9,2	0,9	0,9	0,9	3,2	o.b.B.	verschattet
60	G	4,7	1,4	0,573	5,875	8,2	0,8	0,8	0,8	2,9	o.b.B.	o.b.B.
61	G	4,7	1,7	0,566	5,875	8,3	0,8	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	o.b.B.
62	G	4,8	1,5	0,593	6	8,1	0,8	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	o.b.B.
63	G	5,1	1,3	0,586	6,375	8,7	0,8	0,8	0,9	3	o.b.B.	o.b.B.
64	G	4,8	1,2	0,565	6	8,5	0,8	0,8	0,8	2,9	o.b.B.	verschattet
67	G	5,1	1	0,526	5,667	9,7	0,9	0,9	1	3,2	verschattet	verschattet
17	GS	3,9	1,5	0,47	4,875	8,3	0,8	0,8	1	2,9	o.b.B.	o.b.B.
18	GS	4,3	1,2	0,467	4,778	9,2	0,9	0,8	0,9	2,8	o.b.B.	o.b.B.
19	GS	3,8	1,3	0,487	5,429	7,8	0,7	0,7	0,9	2,7	o.b.B.	verschattet
20	GS	4,4	1,4	0,564	6,286	7,8	0,7	0,7	0,9	2,8	o.b.B.	verschattet
21	GS	4,8	1,5	0,505	6	9,5	0,8	0,8	1	3	o.b.B.	verschattet
22	GS	4,9	1,6	0,583	6,125	8,4	0,8	0,8	0,9	3	o.b.B.	verschattet
23	GS	4	1,2	0,471	5,714	8,5	0,7	0,8	0,8	2,8	o.b.B.	o.b.B.
24	GS	4,5	1,2	0,57	6,429	7,9	0,7	0,7	0,8	2,8	o.b.B.	o.b.B.
32	GS	4,8	1,7	0,565	6	8,5	0,8	0,8	0,9	2,9	verschattet	o.b.B.
33	GS	4,5	1,6	0,506	5,625	8,9	0,8	0,8	1	3,1	o.b.B.	o.b.B.
34	GS	4,6	1,5	0,548	5,111	8,4	0,9	0,9	0,9	3	verschattet	verschattet
35	GS	4,8	1,4	0,578	6	8,3	0,8	0,8	0,8	2,7	o.b.B.	verschattet
36	GS	4,4	1,4	0,557	6,286	7,9	0,7	0,8	0,9	2,8	o.b.B.	verschattet
37	GS	5,4	2,2	0,6	6	9	0,9	0,8	0,9	3,1	o.b.B.	o.b.B.
47	GS	4,2	1,3	0,553	6	7,6	0,7	0,8	0,8	2,5	verschattet	o.b.B.

Anhang 3: Nierendichten, Nierenratios, kröcherne Größen und Nierendichte im Röntgenbild, n = 48 Falken

FNr	Falkenart	RB Nierenlänge [cm]	RB Nierenbreite [cm]	Rö-Nlänge-Sternum-Ratio	Rö-Nlänge-Femurbr-Ratio	RB Sternum [cm]	RB Femurbreite links [cm]	RB Humerusbreite links [cm]	Synsakrumbreite [cm]	Brustwirbelsäule 3.-6. Rippe [cm]	Nierendichte unerfahrene Person	Nierendichte erfahrene Person
48	GS	4,7	1,3	0,566	6,714	8,3	0,7	0,8	0,9	2,7	o.b.B.	verschattet
49	GS	4,4	1,2	0,564	6,286	7,8	0,7	0,8	0,8	2,8	o.b.B.	o.b.B.
50	GS	4,6	1,6	0,59	6,571	7,8	0,7	0,7	0,8	2,8	o.b.B.	verschattet
51	GS	4,1	1,1	0,532	5,857	7,7	0,7	0,7	0,8	2,8	o.b.B.	o.b.B.
52	GS	4,1	1,4	0,506	5,857	8,1	0,7	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	o.b.B.
54	GS	4,5	1,6	0,563	6,429	8	0,7	0,7	0,8	2,8	o.b.B.	verschattet
55	GS	4,7	1,3	0,573	6,714	8,2	0,7	0,7	0,8	2,8	verschattet	verschattet
56	GS	4,3	1,1	0,558	6,143	7,7	0,7	0,8	0,9	2,8	o.b.B.	o.b.B.
57	GS	4,6	1,4	0,561	6,571	8,2	0,7	0,7	0,8	2,8	verschattet	verschattet
58	GS	4,1	1,1	0,526	5,125	7,8	0,8	0,8	0,8	2,5	o.b.B.	o.b.B.
59	GS	4,9	1,2	0,521	6,125	9,4	0,8	0,9	1	3,1	o.b.B.	verschattet
65	GS	5	1,5	0,588	6,25	8,5	0,8	0,8	0,9	2,9	o.b.B.	verschattet
66	GS	5,1	1,4	0,6	6,375	8,5	0,8	0,8	0,9	3	verschattet	verschattet
43	L	3,5	1,3	0,574	5,833	6,1	0,6	0,7	0,8	2,6	o.b.B.	verschattet
44	L	3,4	1	0,596	6,8	5,7	0,5	0,6	0,7	2,2	verschattet	o.b.B.
30	S	3,9	1,6	0,481	4,875	8,1	0,8	0,8	0,9	2,8	o.b.B.	o.b.B.
31	S	4,1	1,5	0,539	5,857	7,6	0,7	0,7	0,9	2,7	o.b.B.	o.b.B.
45	S	4	1,4	0,533	5,714	7,5	0,7	0,7	0,8	2,4	verschattet	verschattet
46	S	4,3	1,5	0,538	5,375	8	0,8	0,8	0,9	2,8	verschattet	o.b.B.
26	W	4,2	1,2	0,532	6	7,9	0,7	0,8	0,8	2,5	o.b.B.	verschattet
29	W	4,3	1,5	0,5	6,143	8,6	0,7	0,8	0,9	2,8	o.b.B.	o.b.B.

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus x Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, RB = Röntgenbild, Rö-Nlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus röntgenologischer Nierenlänge und entsprechender Sternumlänge, Rö-Nlänge/Femurbr-Ratio = Quotient aus röntgenologischer Nierenlänge und entsprechender Femurbreite.

Fortsetzung Anhang 3: Nierengrößen, Nierenratios, knöcherne Größen und Nierendichte im Röntgenbild, n= 48 Falken

FNr	Falkenart	CT Sternlänge [cm], sagittale Ebene	CT Femurschaftbreite [cm], transversale Ebene	CT Humerusschaftbreite [cm], transversale Ebene	CT Brustwirbelsäule 3.-6. Rippe [cm], dorsale Ebene	CT Synsakrumbreite [cm], transversale Ebene	FNr	Falkenart	CT Sternlänge [cm], sagittale Ebene	CT Femurschaftbreite [cm], transversale Ebene	CT Humerusschaftbreite [cm], transversale Ebene	CT Brustwirbelsäule 3.-6. Rippe [cm], dorsale Ebene	CT Synsakrumbreite [cm], transversale Ebene
16	G	8,556	0,944	1,01	2,904	0,802	48	GS	7,772	0,839	0,912	2,512	0,792
38	G	9,197	1,005	1,033	4,052	0,778	49	GS	7,383	0,828	0,962	2,633	0,739
39	G	8,259	0,873	0,953	2,852	0,768	50	GS	7,384	0,805	0,912	2,426	0,778
40	G	8,644	0,901	0,984	2,804	0,829	51	GS	7,38	0,797	0,855	2,524	0,659
41	G	8,595	0,883	0,887	2,829	0,793	52	GS	7,648	0,836	0,854	2,514	0,658
42	G	9,289	1,015	1,041	3,079	0,894	54	GS	7,647	0,785	0,86	3,299	0,827
60	G	7,845	0,836	0,916	2,628	0,706	55	GS	7,864	0,796	0,887	2,654	0,835
61	G	7,516	0,848	0,888	2,65	0,757	56	GS	7,19	0,835	0,904	2,53	0,76
62	G	8,163	0,901	0,991	2,873	0,919	57	GS	7,637	0,804	0,854	2,563	0,81
63	G	8,491	0,87	0,935	2,733	0,912	58	GS	7,418	0,836	0,903	2,472	0,816
64	G	7,999	0,849	0,922	2,638	0,746	59	GS	8,687	0,915	0,951	2,829	0,772
67	G	9,303	0,93	1,011	3,007	0,742	65	GS	7,915	0,896	0,925	2,849	0,873
17	GS	7,531	0,961	1,022	2,835	0,855	66	GS	8,067	0,936	0,936	2,861	0,878
18	GS	8,038	0,967	1,048	2,805	0,74	43	L	5,885	0,762	0,818	2,192	0,757
19	GS	7,214	0,838	0,89	2,546	0,786	44	L	5,906	0,643	0,757	2,104	0,669
20	GS	7,054	0,804	0,92	2,491	0,749	30	S	7,583	0,832	0,931	2,337	0,794
21	GS	8,387	0,891	0,95	2,73	0,723	31	S	6,971	0,82	0,892	2,473	0,772
22	GS	7,708	0,911	1,011	2,674	0,917	45	S	7,401	0,731	0,819	2,345	0,849
23	GS	7,874	0,842	0,902	2,518	0,807	46	S	7,457	0,849	0,937	2,73	0,807
24	GS	7,21	0,773	0,899	2,506	0,745	26	W	7,222	0,794	0,87	2,295	0,814
32	GS	8,123	0,845	0,916	2,79	0,89	29	W	7,838	0,793	0,906	2,528	0,837
33	GS	8,3	0,883	0,939	3,05	0,731							
34	GS	8,109	0,91	0,981	2,859	0,763							
35	GS	7,889	0,86	0,902	2,67	0,802							
36	GS	7,549	0,819	0,893	2,578	0,82							
37	GS	9,138	0,959	1,009	3	0,794							
47	GS	7,309	0,799	0,882	2,331	0,715							

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, CT = Computertomographie.

Anhang 4: CT, gemessene knöcherner Größen, n = 48 Falken

FNr	Falkenart	CT rechte Niere max. kranio-kaudale Ausdehnung, dorsale E.	CT rechte kraniale Nierendivision, max. ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT rechte kaudale Nierendivision ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT rechte Niere Umfang [cm], dorsale Ebene	CT rechte Niere Fläche [cm <sup>2</sup> ], dorsale Ebene	CT, max. seitliche Ausdehnung beider kranialen Nierendivisionen, dorsale E.	CT, max. seitliche Ausdehnung beider kaudalen Nierendivisionen, dorsale E.	CT linke Nierendivision max. kranio-kaudale Ausdehnung, dorsale E.	CT linke kraniale Nierendivision, max. ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT linke kaudale Nierendivision ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT linke Niere Umfang [cm], dorsale Ebene	CT linke Niere Fläche [cm <sup>2</sup> ], dorsale Ebene
16	G	4,491	0,857	1,085	11,178	4,291	3,062	3,711	4,358	0,895	1,162	11,09	3,829
38	G	4,693	0,963	1,187	12,385	5,178	3,552	3,691	4,748	1,027	1,155	11,96	4,46
39	G	4,606	1,041	1,183	12,496	5,184	3,592	3,771	4,601	1,096	1,196	12,73	4,909
40	G	4,438	1,232	1,105	12,553	4,649	3,616	3,775	4,543	1,137	1,138	12,12	5,094
41	G	4,366	0,88	1,081	11,705	4,199	3,249	3,590	4,373	0,823	1,051	11,66	3,826
42	G	5,012	1,044	1,29	12,405	5,891	3,581	3,960	4,834	0,961	1,152	12,51	5,099
60	G	4,31	1,047	1,117	11,473	3,991	3,104	3,288	4,426	0,899	1,132	12,64	4,376
61	G	4,381	1,019	0,977	12,341	4,016	3,178	3,178	4,396	0,977	1,002	13,07	3,945
62	G	4,504	1,154	1,185	11,706	4,612	3,445	3,594	4,561	1,06	1,154	13,01	4,591
63	G	4,701	1,037	1,165	12,659	4,696	3,176	3,658	4,769	0,941	1,157	12,94	4,35
64	G	4,272	0,994	0,965	11,433	3,659	3,140	3,268	4,32	0,876	0,994	12,18	3,978
67	G	4,979	0,977	1,152	13,399	5,294	3,564	3,792	4,863	1,227	1,154	12,87	5,734
17	GS	4,218	0,881	0,924	10,708	3,274	2,862	3,330	4,193	0,816	0,967	10,53	3,342
18	GS	4,401	0,91	0,99	10,632	3,668	2,755	3,259	4,272	0,937	1,152	10,55	3,491
19	GS	4,045	0,902	0,969	10,304	3,517	2,930	3,147	3,994	0,816	0,946	10,34	3,038
20	GS	3,935	0,851	0,947	11,31	3,486	2,616	2,942	3,916	0,778	0,851	10,93	3,621
21	GS	4,524	1,046	0,89	12,51	4,177	3,501	3,347	4,579	0,961	0,961	12,92	4,193
22	GS	4,464	0,908	0,931	11,612	3,494	2,925	3,070	4,353	0,86	1,003	12,62	3,358
23	GS	4,045	0,902	0,927	10,529	3,399	2,882	2,938	4,124	0,902	0,928	10,9	3,355
24	GS	4,05	0,888	0,803	10,907	3,143	2,945	3,072	4,116	0,926	0,803	10,5	3,216
32	GS	4,616	1,117	1,182	11,994	4,826	3,214	3,571	4,668	0,984	1,179	11,82	4,838
33	GS	4,457	1,026	1,119	11,291	4,005	3,170	3,500	4,418	0,964	1,022	11,29	4,003
34	GS	4,335	0,913	1,141	11,186	3,669	3,002	3,461	4,37	0,913	1,199	11,42	3,796
35	GS	4,779	0,997	1,122	12,452	5,256	3,654	3,765	4,667	1,147	1,172	12,16	5,478
36	GS	4,105	1,057	1,05	11,047	3,812	3,052	3,167	4,126	0,951	1,13	10,88	3,751
37	GS	4,542	0,943	1,035	11,538	4,15	3,125	3,438	4,616	0,882	1,096	11,79	4,666
47	GS	3,922	0,918	1,161	10,798	3,825	3,259	3,287	4,07	0,974	0,977	11,17	3,564

Anhang 5: CT gemessene Größen rechte und linke Niere, n = 48 Falken

FNr	Falkenart	CT rechte Niere max. kranio-kaudale Ausdehnung, dorsale E.	CT rechte kraniale Nierendivision, max. ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT rechte kaudale Nierendivision ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT rechte Niere Umfang [cm], dorsale Ebene	CT rechte Niere Fläche [cm <sup>2</sup> ], dorsale Ebene	CT, max. seitliche Ausdehnung beider kranialen Nierendivisionen, dorsale E.	CT, max. seitliche Ausdehnung beider kaudalen Nierendivisionen, dorsale E.	CT linke Nierendivision max. kranio-kaudale Ausdehnung, dorsale E.	CT linke kraniale Nierendivision, max. ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT linke kaudale Nierendivision ventro-dorsale Ausdehnung, transversale E.	CT linke Niere Umfang [cm], dorsale Ebene	CT linke Niere Fläche [cm <sup>2</sup> ], dorsale Ebene
48	GS	4,098	1,16	1,132	10,686	3,673	3,325	3,352	4,214	1,075	1,104	11,25	3,878
49	GS	4,445	1,032	1,107	11,989	4,335	3,320	3,433	4,398	0,982	1,158	11,88	4,605
50	GS	4,026	0,972	0,895	11,827	3,799	3,328	3,080	3,965	1,074	0,92	10,95	3,56
51	GS	4,092	1,14	1,124	11,115	3,795	3,214	3,033	4,124	1,124	1,121	11,2	4,008
52	GS	4,294	0,998	1,022	11,597	4,086	3,439	3,507	4,455	0,966	1,02	12,24	4,395
54	GS	4,411	1,175	1,147	11,984	4,493	3,372	3,339	4,387	1,201	1,174	12,03	4,412
55	GS	4,449	1,03	1,063	12,335	4,181	3,249	3,290	4,501	1,038	1,055	11,96	4,44
56	GS	3,995	0,99	1,012	10,668	3,41	3,073	3,275	4,045	0,974	1,029	11,48	3,484
57	GS	4,227	1,086	1,007	11,871	3,807	3,333	3,274	4,261	0,969	1,05	11,24	3,891
58	GS	4,103	1,098	1,053	11,526	3,748	3,321	3,095	4,082	1,033	1,129	11,15	4,183
59	GS	4,795	1,095	1,138	12,888	4,578	3,298	3,743	4,8	0,969	1,053	13,6	4,361
65	GS	4,512	1,032	1,094	12,01	4,442	3,347	3,611	4,528	0,939	1,063	13,28	4,814
66	GS	4,734	1,076	1,041	12,879	5,178	3,464	3,649	4,757	1,144	1,054	12,46	4,593
43	L	3,794	0,889	1,078	9,673	3,849	3,000	3,166	4,026	0,982	1,154	10,07	4,21
44	L	3,563	0,729	0,939	9,303	2,998	2,524	2,610	3,598	0,797	0,916	9,481	3,431
30	S	4,241	0,946	1,089	11,059	3,741	3,289	3,115	4,285	0,861	1,088	11,33	3,76
31	S	4,044	0,833	0,834	10,073	3,148	2,815	3,156	3,952	0,833	1,008	9,975	3,196
45	S	3,951	0,845	0,954	10,478	3,1	2,928	3,046	3,949	1,069	1,024	10,25	3,239
46	S	4,421	1,016	0,993	11,288	4,105	3,165	3,711	4,448	0,993	1,062	11,75	4,313
26	W	4,024	0,859	0,85	10,005	3,605	2,782	3,078	4,101	0,88	0,988	10,61	3,656
29	W	4,017	1,007	1,078	10,521	3,318	2,825	2,872	4,335	0,868	1,033	10,71	3,509

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus x Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, CT = Computertomographie, E. = Ebene.

Fortsetzung Anhang 5: CT gemessene Größen rechte und linke Niere, n = 48 Falken

## Anhang 6: CT-Nierenratios, 48 Falken

FNr	Falkenart	CT-reNlänge/ Sternum-Ratio	CT-reNlänge/ Femurbr-Ratio	CT-liNlänge/ Sternum-Ratio	CT-liNlänge/ Femurbr-Ratio	CT-NlängeMW/ Sternum-Ratio	CT-NlängeMW/ Femurbr-Ratio	CT-kauNI// Sternum-Ratio	CT-kauNI// Femurbr-Ratio
16	G	0,52	4,76	0,51	4,62	0,52	4,69	0,43	3,93
38	G	0,51	4,67	0,52	4,72	0,51	4,7	0,4	3,67
39	G	0,56	5,28	0,56	5,27	0,56	5,27	0,46	4,32
40	G	0,51	4,93	0,53	5,04	0,52	4,98	0,44	4,19
41	G	0,51	4,94	0,51	4,95	0,51	4,95	0,42	4,07
42	G	0,54	4,94	0,52	4,76	0,53	4,85	0,43	3,9
60	G	0,55	5,16	0,56	5,29	0,56	5,22	0,42	3,93
61	G	0,58	5,17	0,58	5,18	0,58	5,18	0,42	3,75
62	G	0,55	5	0,56	5,06	0,56	5,03	0,44	3,99
63	G	0,55	5,4	0,56	5,48	0,56	5,44	0,43	4,2
64	G	0,53	5,03	0,54	5,09	0,54	5,06	0,41	3,85
67	G	0,54	5,35	0,52	5,23	0,53	5,29	0,41	4,08
MW		0,54	5,05	0,54	5,06	0,54	5,06	0,43	3,99
17	GS	0,56	4,39	0,56	4,36	0,56	4,38	0,44	3,47
18	GS	0,55	4,55	0,53	4,42	0,54	4,48	0,41	3,37
19	GS	0,56	4,83	0,55	4,77	0,56	4,8	0,44	3,76
20	GS	0,56	4,89	0,56	4,87	0,56	4,88	0,42	3,66
21	GS	0,54	5,08	0,55	5,14	0,54	5,11	0,4	3,76
22	GS	0,58	4,9	0,56	4,78	0,57	4,84	0,4	3,37
23	GS	0,51	4,8	0,52	4,9	0,52	4,85	0,37	3,49
24	GS	0,56	5,24	0,57	5,32	0,57	5,28	0,43	3,97
32	GS	0,57	5,46	0,57	5,52	0,57	5,49	0,44	4,23
33	GS	0,54	5,05	0,53	5	0,53	5,03	0,42	3,96
34	GS	0,53	4,76	0,54	4,8	0,54	4,78	0,43	3,8
35	GS	0,61	5,56	0,59	5,43	0,6	5,49	0,48	4,38
36	GS	0,54	5,01	0,55	5,04	0,55	5,03	0,42	3,87
37	GS	0,5	4,74	0,51	4,81	0,5	4,77	0,38	3,58
47	GS	0,54	4,91	0,56	5,09	0,55	5	0,45	4,11
48	GS	0,53	4,88	0,54	5,02	0,53	4,95	0,43	4
49	GS	0,6	5,37	0,6	5,31	0,6	5,34	0,46	4,15
50	GS	0,55	5	0,54	4,93	0,54	4,96	0,42	3,83
51	GS	0,55	5,13	0,56	5,17	0,56	5,15	0,41	3,81
52	GS	0,56	5,14	0,58	5,33	0,57	5,23	0,46	4,19
54	GS	0,58	5,62	0,57	5,59	0,58	5,6	0,44	4,25
55	GS	0,57	5,59	0,57	5,65	0,57	5,62	0,42	4,13
56	GS	0,56	4,78	0,56	4,84	0,56	4,81	0,46	3,92
57	GS	0,55	5,26	0,56	5,3	0,56	5,28	0,43	4,07
58	GS	0,55	4,91	0,55	4,88	0,55	4,9	0,42	3,7
59	GS	0,55	5,24	0,55	5,25	0,55	5,24	0,43	4,09
65	GS	0,57	5,04	0,57	5,05	0,57	5,04	0,46	4,03
66	GS	0,59	5,06	0,59	5,08	0,59	5,07	0,45	3,9
MW		0,56	5,04	0,56	5,06	0,56	5,05	0,43	3,89

## Fortsetzung Anhang 6: CT-Nierenratios, 48 Falken

FNr	Falkenart	CT-reNlänge/ Sternum-Ratio	CT-reNlänge/ Femurbr-Ratio	CT-liNlänge/ Sternum-Ratio	CT-liNlänge/ Femurbr-Ratio	CT- NlängeMW/ Sternum-Ratio	CT- NlängeMW/ Femurbr-Ratio	CT-kauNI// Sternum-Ratio	CT-kauNI// Femurbr-Ratio
43	L	0,64	4,98	0,68	5,28	0,66	5,13	0,54	4,15
44	L	0,6	5,54	0,61	5,6	0,61	5,57	0,44	4,06
MW		0,62	5,26	0,645	5,44	0,635	5,35	0,49	4,105
30	S	0,56	5,1	0,57	5,15	0,56	5,12	0,41	3,74
31	S	0,58	4,93	0,57	4,82	0,57	4,88	0,45	3,85
45	S	0,53	5,4	0,53	5,4	0,53	5,4	0,41	4,17
46	S	0,59	5,21	0,6	5,24	0,59	5,22	0,5	4,37
MW		0,57	5,16	0,57	5,15	0,56	5,16	0,44	4,03
26	W	0,56	5,07	0,57	5,16	0,56	5,12	0,43	3,88
29	W	0,51	5,07	0,55	5,47	0,53	5,27	0,37	3,62
MW		0,54	5,07	0,56	5,32	0,55	5,20	0,40	3,75

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, CT = Computertomographie, CT-reNlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der rechten Niere und Sternumlänge, CT-reNlänge-Femurbr-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der rechten Niere und Femurbreite, CT-liNlänge/Sternum-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der linken Niere und Sternumlänge, CT-liNlänge-Femurbr-Ratio = Quotient aus kranio-kaudaler Ausdehnung der linken Niere und Femurbreite, CTNlängeMW/Sternum-Ratio = Quotient aus der gemittelten Nierenlänge und der Sternumlänge, CT-NlängeMW/Femurbr-Ratio = Quotient aus der gemittelten Nierenlänge und der Femurbreite, CT-kauNI//Sternum-Ratio = Quotient aus der seitlichen Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen und der Sternumlänge, CT-kauNI//Femurbr-Ratio = Quotient aus der seitlichen Ausdehnung der kaudalen Nierendivisionen und der Femurbreite, MW = Mittelwert.

## Anhang 7: CT Dichte (HU) rechte Niere, 48 Falken

Falkenart	Fnr	rechte Niere, nativ					rechte Niere, 50 sek KM					rechte Niere, 5 min KM				
		Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5	Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5	Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5
G	16	68	55	54	54	55	216	194	184	217	209	195	234	211	236	197
G	38	71	59	62	61	66	237	202	201	200	213	170	164	172	149	157
G	39	64	51	62	56	65	264	250	272	248	269	187	176	184	185	190
G	40	61	68	61	54	61	235	216	245	236	271	156	159	173	174	187
G	41	76	68	58	53	76	260	239	248	241	265	182	164	169	183	188
G	42	62	61	79	64	65	188	166	200	181	182	154	146	164	142	164
G	60	63	60	55	55	67	275	291	296	312	316	229	261	272	239	275
G	61	84	78	72	80	69	249	295	272	293	274	201	260	201	249	212
G	62	61	60	73	51	67	238	241	281	246	269	167	197	210	176	187
G	63	82	68	57	65	73	235	244	210	219	249	169	195	156	170	187
G	64	80	58	77	62	67	255	281	261	265	284	176	175	192	180	214
G	67	50	53	47	50	71	178	165	166	176	200	132	145	138	144	160
	MW	68,50	61,58	63,08	58,75	66,83	235,83	232,00	236,33	236,17	250,08	176,50	189,67	186,83	185,58	193,17
GS	17	68	77	72	72	64	298	295	304	286	285	227	222	224	212	228
GS	18	59	73	80	70	71	220	233	237	219	218	218	195	199	215	218
GS	19	70	62	60	75	66	346	305	319	301	318	253	264	267	240	245
GS	20	57	59	70	61	64	302	298	321	302	290	267	281	298	268	270
GS	21	56	59	66	70	83	290	277	288	183	319	210	221	220	134	256
GS	22	64	75	71	69	78	175	182	180	185	204	131	162	140	134	170
GS	23	78	61	55	48	69	119	113	101	102	136	134	118	122	121	151
GS	24	78	89	74	53	78	237	218	226	217	242	196	215	209	210	217
GS	32	72	63	65	56	73	211	219	205	222	230	188	167	174	168	174
GS	33	77	82	72	87	60	270	289	260	284	272	189	191	183	189	203
GS	34	69	71	80	68	69	269	249	273	258	268	209	216	241	225	221
GS	35	58	52	44	50	57	220	208	199	203	217	159	157	149	151	142
GS	36	83	74	73	49	64	279	300	286	257	287	196	189	200	185	194
GS	37	75	78	78	80	77	236	249	241	235	269	182	158	180	167	193
GS	47	44	59	48	70	77	250	263	295	292	306	196	213	237	202	242
GS	48	61	61	66	68	72	268	262	279	263	287	181	207	191	191	187
GS	49	61	56	59	55	70	264	262	255	253	304	185	186	176	164	191
GS	50	54	64	53	61	80	290	272	267	294	285	266	261	237	237	254
GS	51	58	70	57	54	73	255	301	280	240	273	192	203	184	179	208
GS	52	59	60	42	57	67	269	242	266	268	302	190	163	165	180	191
GS	54	54	51	53	58	65	211	195	217	214	237	157	156	145	150	157
GS	55	78	71	61	55	71	268	255	244	265	244	192	163	182	176	192
GS	56	64	74	85	76	69	283	279	292	299	295	189	205	209	213	217
GS	57	64	42	54	56	64	241	241	238	243	252	173	162	163	162	192
GS	58	80	64	59	57	68	285	273	257	263	280	232	181	176	256	185
GS	59	56	83	77	70	71	237	236	249	250	253	178	185	190	186	200
GS	65	69	74	61	63	51	285	294	306	263	280	193	184	209	192	182
GS	66	64	56	60	55	60	253	312	228	250	254	185	203	167	190	187
	MW	65,36	66,43	64,11	62,96	68,96	254,68	254,36	254,04	246,82	264,54	195,29	193,86	194,18	189,18	202,39
L	43	55	46	45	47	53	459	477	444	469	488	290	255	272	262	289
L	44	64	60	60	64	71	453	464	448	465	465	281	305	287	288	299
	MW	59,50	53,00	52,50	55,50	62,00	456,00	470,50	446,00	467,00	476,50	285,50	280,00	279,50	275,00	294,00
S	30	60	72	65	54	63	301	313	314	279	280	185	210	196	199	179
S	31	65	80	86	75	65	233	233	246	219	242	154	164	180	192	168
S	45	66	67	57	56	70	299	313	307	326	330	209	191	186	189	222
S	46	71	55	53	50	62	252	274	276	242	249	175	168	184	149	170
	MW	65,50	68,50	65,25	58,75	65,00	271,25	283,25	285,75	266,50	275,25	180,75	183,25	186,50	182,25	184,75
W	26	69	63	60	59	76	255	280	245	275	271	204	206	181	197	205
W	29	67	70	67	59	69	286	283	273	274	276	208	208	206	195	216
	MW	68,00	66,50	63,50	59,00	72,50	270,50	283,00	259,00	274,50	273,50	206,00	207,00	193,50	196,00	210,5

## Fortsetzung Anhang 7: CT Dichte (HU) linke Niere, 48 Falken

Falkenart	FNr	linke Niere, nativ					linke Niere, 50 sek KM					linke Niere, 5 min KM				
		Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5	Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5	Dichte 1	Dichte 2	Dichte 3	Dichte 4	Dichte 5
G	16	95	66	69	74	74	241	200	198	236	181	209	225	232	234	207
G	38	66	53	60	56	69	215	207	205	249	215	175	154	138	176	187
G	39	76	59	69	60	63	232	264	267	248	279	183	173	198	183	175
G	40	72	67	76	67	53	235	246	234	197	250	168	183	163	176	175
G	41	85	61	62	57	71	266	230	255	227	259	209	169	176	165	177
G	42	60	66	72	68	65	179	221	179	211	212	159	144	140	163	166
G	60	81	49	60	60	57	302	302	307	306	298	224	229	250	228	227
G	61	84	59	56	77	63	306	282	275	289	277	199	210	216	214	204
G	62	59	62	70	55	75	239	233	251	260	252	175	199	214	195	174
G	63	60	59	54	65	78	224	218	217	209	222	167	167	152	166	159
G	64	66	60	57	61	70	249	275	266	275	265	189	178	187	193	193
G	67	56	42	60	58	64	172	160	174	169	177	147	134	128	131	133
	MW	71,67	58,58	63,75	63,17	66,83	238,33	236,50	235,67	239,67	240,58	183,67	180,42	182,83	185,33	181,42
GS	17	81	79	80	74	68	292	295	292	287	283	225	226	226	213	226
GS	18	82	62	80	70	69	249	206	223	216	233	223	203	202	207	235
GS	19	66	53	63	51	58	321	306	301	299	322	258	233	248	233	255
GS	20	63	70	66	69	69	341	310	295	319	306	286	303	286	284	264
GS	21	84	62	66	69	72	301	279	278	181	316	233	208	224	149	228
GS	22	75	71	68	64	77	198	196	181	180	191	156	156	155	150	152
GS	23	86	62	78	68	62	139	149	133	116	134	136	130	145	135	119
GS	24	67	61	56	57	66	220	185	191	190	240	179	202	188	196	197
GS	32	70	48	75	54	74	222	212	209	225	211	148	162	165	167	163
GS	33	81	66	71	84	71	287	269	253	274	270	196	190	184	191	194
GS	34	57	68	72	64	70	263	255	272	267	245	220	208	229	217	201
GS	35	58	47	47	50	56	224	190	213	211	205	166	158	154	151	159
GS	36	73	55	56	52	57	281	267	258	260	292	201	176	186	188	199
GS	37	67	72	81	68	80	223	257	222	249	228	169	166	157	179	176
GS	47	52	65	59	57	67	288	263	279	266	297	229	208	220	211	234
GS	48	73	72	77	73	57	257	272	273	293	276	185	206	197	189	190
GS	49	49	68	63	61	66	259	268	282	244	293	187	171	208	171	189
GS	50	70	76	71	77	76	288	292	312	285	284	282	270	254	257	244
GS	51	74	75	71	60	70	271	300	281	265	294	200	196	189	180	211
GS	52	76	51	74	52	64	273	262	282	261	293	199	185	193	171	205
GS	54	55	57	54	50	62	213	228	221	205	249	145	151	167	147	168
GS	55	57	54	60	47	71	268	215	199	236	237	189	172	154	171	186
GS	56	71	69	71	62	67	277	268	274	283	287	191	195	187	201	212
GS	57	77	49	44	49	68	245	216	222	246	254	170	153	163	167	185
GS	58	72	71	67	58	76	268	287	266	253	286	254	191	182	227	192
GS	59	73	71	71	67	69	238	230	256	255	231	185	186	205	190	188
GS	65	62	68	57	46	68	272	295	263	269	272	188	178	187	184	199
GS	66	67	51	47	56	75	260	282	242	231	288	173	188	166	171	202
	MW	69,21	63,32	65,89	61,04	68,04	258,50	251,93	249,04	245,21	261,32	199,04	191,82	193,61	189,18	199,04
L	43	56	49	51	63	59	461	431	435	466	468	282	264	259	268	299
L	44	71	58	52	55	57	446	440	434	433	457	312	303	317	309	296
	MW	63,50	53,50	51,50	59,00	58,00	453,50	435,50	434,50	449,50	462,50	297,00	283,50	288,00	288,50	297,50
S	30	88	69	72	61	61	318	317	318	303	279	199	186	186	190	174
S	31	76	75	81	81	61	252	230	236	235	236	176	198	201	186	185
S	45	57	63	62	57	71	317	303	286	290	301	199	204	185	185	210
S	46	58	52	52	48	60	246	236	250	285	254	167	161	166	180	170
	MW	69,75	64,75	66,75	61,75	63,25	283,25	271,50	272,50	278,25	267,50	185,25	187,25	184,50	185,25	184,75
W	26	56	64	56	60	62	250	264	258	271	256	189	200	187	187	200
W	29	54	61	71	71	67	231	270	269	271	291	195	227	192	183	203
	MW	55,00	62,50	63,50	65,50	64,50	240,50	267,00	263,50	271,00	273,50	192,00	213,50	189,50	185,00	201,50

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, Dichte 1 - 4 = Einzeldichtewerte aus Meßquadraten in der kranialen Nierendivision, Dichte 5 = Einzeldichtewerte aus Meßquadraten in der kaudalen Nierendivision, HU = Hounsfield Units, KM = Kontrastmittel, MW = Mittelwert.

## Anhang 8: CT zusammengesetzte Dichtewerte (HU) rechte Niere, n = 48 Falken

Art	FNr	rechte Niere, nativ				rechte Niere, 50 sek KM				rechte Niere, 5 min KM			
		MW 1234	MW 23	MW 24	Dichte 100	MW 1234	MW 23	MW 24	Dichte 100	MW 1234	MW 23	MW 24	Dichte 100
G	16	58	55	54	64	203	189	206	190	219	222	235	234
G	38	63	60	60	63	210	202	201	251	163	168	156	178
G	39	59	57	54	56	259	261	249	274	183	180	181	183
G	40	61	65	61	59	233	230	226	243	165	166	166	163
G	41	64	63	60	64	247	244	240	271	175	167	174	189
G	42	66	70	62	60	184	183	174	200	151	155	144	147
G	60	58	57	58	58	294	293	302	313	250	267	250	239
G	61	78	75	79	61	277	283	294	281	228	231	255	215
G	62	61	66	56	54	251	261	243	252	187	203	187	184
G	63	68	63	66	61	227	227	231	233	172	175	182	164
G	64	69	67	60	61	265	271	273	260	181	183	177	176
G	67	50	50	52	50	171	166	171	172	140	141	145	149
	MW	62,92	62,33	60,17	59,25	235,08	234,17	234,17	245,00	184,50	188,17	187,67	185,08
GS	17	72	74	74	64	296	300	290	311	221	223	217	226
GS	18	71	76	72	72	227	235	226	226	207	197	205	209
GS	19	67	61	69	59	318	312	303	313	256	265	252	289
GS	20	62	64	60	57	306	310	300	305	278	290	275	312
GS	21	63	62	65	61	260	283	230	291	196	220	178	235
GS	22	70	73	72	66	180	181	183	178	142	151	148	170
GS	23	60	58	54	63	109	107	107	115	124	120	119	125
GS	24	74	81	71	69	225	222	218	220	208	212	213	223
GS	32	64	64	59	64	214	212	220	224	174	171	168	164
GS	33	80	77	85	68	276	274	287	265	188	187	190	180
GS	34	72	76	70	64	262	261	254	258	223	228	220	221
GS	35	51	48	51	47	207	203	206	214	154	153	154	154
GS	36	70	74	61	64	280	293	278	278	193	195	187	195
GS	37	78	78	79	67	240	245	242	256	172	169	163	172
GS	47	55	53	65	56	275	279	277	305	212	225	208	219
GS	48	64	64	65	63	268	271	263	275	192	199	199	183
GS	49	58	58	56	59	258	258	258	285	178	181	175	189
GS	50	58	59	62	57	281	269	283	276	250	249	249	280
GS	51	60	64	62	58	269	291	270	286	189	194	191	196
GS	52	55	51	59	60	261	254	255	281	174	164	171	185
GS	54	54	52	55	51	209	206	205	246	152	150	153	153
GS	55	66	66	63	61	258	250	260	257	178	172	169	177
GS	56	75	80	75	69	288	285	289	307	204	207	209	211
GS	57	54	48	49	60	241	239	242	253	165	162	162	185
GS	58	65	61	60	58	269	265	268	290	211	178	218	186
GS	59	71	80	76	63	243	243	243	240	185	187	186	184
GS	65	67	67	68	59	287	300	278	272	195	197	188	176
GS	66	59	58	56	59	261	270	281	253	186	185	196	177
	MW	64,82	65,25	64,75	61,36	252,43	254,21	250,57	260,00	193,11	193,96	191,54	199,14
L	43	48	46	47	47	462	460	473	459	270	264	258	278
L	44	62	60	62	59	458	456	465	453	290	296	297	300
	MW	55,00	53,00	54,50	53,00	460,00	458,00	469,00	456,00	280,00	280,00	277,50	289,00
S	30	63	69	63	59	301	313	296	301	197	203	204	188
S	31	77	83	78	66	233	240	226	229	172	172	178	179
S	45	62	62	62	60	311	310	319	330	194	189	190	195
S	46	57	54	52	52	261	275	258	284	169	176	158	180
	MW	64,75	67,00	63,75	59,25	276,50	284,50	274,75	286,00	183,00	185,00	182,50	185,50
W	26	63	61	61	62	264	262	278	263	197	194	201	203
W	29	66	69	65	64	279	278	278	263	204	207	202	237
	MW	64,50	65,00	63,00	63,00	271,50	270,00	278,00	263,00	200,50	200,50	201,50	220,00

## Fortsetzung Anhang 8: CT zusammengesetzte Dichtewerte (HU) linke Niere, n = 48 Falken

Art	FNr	linke Niere, nativ				linke Niere, 50 sek KM				linke Niere, 5 min KM			
		MW 1234	MW 23	MW24	Dichte 100	MW 1234	MW 23	MW 24	Dichte 100	MW 1234	MW 23	MW 24	Dichte 100
G	16	76	68	70	65	219	199	218	195	225	229	230	245
G	38	59	57	55	57	219	206	228	241	161	146	165	179
G	39	66	64	59	59	253	265	256	276	184	185	178	181
G	40	71	72	67	60	228	240	222	243	172	173	179	163
G	41	66	61	59	64	245	243	228	266	180	173	167	188
G	42	66	69	67	60	198	200	216	207	151	142	153	158
G	60	62	54	55	60	304	304	304	318	233	240	229	233
G	61	69	57	68	59	288	279	285	280	210	213	212	202
G	62	62	66	59	59	246	242	247	246	196	207	197	181
G	63	59	57	62	55	217	218	213	236	163	160	167	167
G	64	61	58	61	60	266	270	275	264	187	182	185	177
G	67	54	51	50	49	169	167	165	174	135	131	132	147
	MW	64,25	61,17	61,00	58,92	237,67	236,08	238,08	245,50	183,08	181,75	182,83	185,08
GS	17	79	79	76	72	292	294	291	295	222	226	219	231
GS	18	73	71	66	65	224	215	211	221	209	203	205	212
GS	19	58	58	52	57	307	304	303	310	243	241	233	291
GS	20	67	68	70	60	316	302	315	305	290	294	293	312
GS	21	70	64	65	60	260	279	230	294	204	216	179	222
GS	22	69	69	67	67	189	188	188	181	154	155	153	154
GS	23	73	70	65	69	134	141	132	122	137	138	133	143
GS	24	60	59	59	61	197	188	188	209	191	195	199	184
GS	32	62	61	51	61	217	210	218	221	161	164	165	157
GS	33	75	68	75	61	271	261	272	262	190	187	191	181
GS	34	65	70	66	60	265	264	261	265	218	219	212	215
GS	35	51	47	49	51	210	202	200	214	157	156	154	161
GS	36	59	56	54	60	267	263	264	271	188	181	182	194
GS	37	72	77	70	68	238	239	253	256	168	161	172	170
GS	47	58	62	61	55	274	271	264	297	217	214	209	221
GS	48	74	75	72	68	274	272	282	282	195	202	198	188
GS	49	60	66	64	57	263	275	256	272	184	189	171	186
GS	50	73	73	77	62	294	302	289	280	266	262	263	283
GS	51	70	73	67	57	279	290	282	291	191	192	188	194
GS	52	63	63	52	61	269	272	262	276	187	189	178	184
GS	54	54	55	53	51	217	225	217	243	152	159	149	153
GS	55	54	57	50	58	230	207	226	249	172	163	172	174
GS	56	68	70	65	65	276	271	276	289	193	191	198	199
GS	57	55	47	49	59	232	219	231	252	163	158	160	180
GS	58	67	69	64	60	268	276	270	293	213	186	209	188
GS	59	71	71	69	61	245	243	242	247	191	195	188	196
GS	65	58	63	57	55	275	279	282	266	184	182	181	173
GS	66	55	49	53	58	254	262	256	257	175	177	179	177
	MW	64,75	64,64	62,07	60,68	251,32	250,50	248,61	257,86	193,39	192,68	190,46	197,25
L	43	55	50	56	50	448	433	449	450	268	261	266	277
L	44	59	55	56	58	438	437	436	451	310	310	306	321
	MW	57,00	52,50	56,00	54,00	443,00	435,00	442,50	450,50	289,00	285,50	286,00	299,00
S	30	73	71	65	66	314	318	310	304	190	186	188	189
S	31	78	78	78	68	238	233	233	231	190	200	192	181
S	45	60	63	60	52	299	295	296	321	193	195	194	187
S	46	53	52	50	51	254	243	261	268	168	163	170	172
	MW	66,00	66,00	63,25	59,25	276,25	272,25	275,00	281,00	185,25	186,00	186,00	182,25
W	26	59	60	62	53	261	261	268	254	191	193	193	192
W	29	64	66	66	64	260	270	271	260	199	210	205	245
	MW	61,50	63,00	64,00	58,50	260,50	265,50	269,50	257,00	195,00	201,50	199,00	218,50

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, HU = Hounsfield Units, MW 1234 = Dichtemittelwert aus den vier Einzeldichtewerten Dichte 1 - 4, MW 23 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 2 und 3, MW 24 = Dichtemittelwert aus den Einzeldichtewerten Dichte 3 und 4, Dichte 100 = ermittelt aus Umrandung der kranialen Nierendivision, KM = Kontrastmittelaufnahmen, MW = Mittelwert.

## Anhang 9: Endoskopiebefunde Niere, n = 48 Falken

Falkenart	FNr	Endoskopiebefunde Niere
G	16	mgr. geschwollen
G	38	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
G	39	ggr. geschwollen und ggd gelblich-weiße Ablagerungen
G	40	o.b.B.
G	41	hgr. geschwollen und ggd gelblich-weiße Ablagerungen
G	42	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
G	60	mgr. gelblich-weiße Ablagerungen
G	61	mgr. gelblich-weiße Ablagerungen
G	62	ggr. geschwollen
G	63	ggr. geschwollen
G	64	o.b.B.
G	67	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	17	o.b.B.
GS	18	Auflagerungen
GS	19	o.b.B.
GS	20	o.b.B.
GS	21	o.b.B.
GS	22	o.b.B.
GS	23	o.b.B.
GS	24	ggr. geschwollen
GS	32	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	33	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	34	o.b.B.
GS	35	hgr. geschwollen
GS	36	o.b.B.
GS	37	o.b.B.
GS	47	o.b.B.
GS	48	Auflagerungen und ggd geschwollen
GS	49	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	50	o.b.B.
GS	51	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	52	mgr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	54	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	55	o.b.B.
GS	56	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen und gestauter Harnleiter
GS	57	mgr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	58	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	59	o.b.B.
GS	65	ggr. gelblich-weiße Ablagerungen
GS	66	o.b.B.
L	43	o.b.B.
L	44	o.b.B.
S	30	ggr. geschwollen und Gefäßzeichnung
S	31	o.b.B.
S	45	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen
S	46	hgr. gelblich-weiße Ablagerungen
W	26	hgr. geschwollen
W	29	ggr. geschwollen

Legende: G = Gerfalke (*Falco rusticolus*), GS = Ger\*Saker-Hybridfalke (*Falco rusticolus* x *Falco cherrug*), W = Wanderfalke (*Falco peregrinus*), S = Sakerfalke (*Falco cherrug*), L = Lannerfalke (*Falco biarmicus*), FNr = Falkennummer, o.b.B. = ohne besonderen Befund, ggr. = geringgradig, mgr. = mittelgradig, hgr. = hochgradig.

## Danksagung

Es ist geschafft!!!

Ich danke allen, die mir bei der Erstellung meiner Dissertation unterstützend zur Seite standen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hafez für die Überlassung des Dissertationsmaterials und die für meinen beruflichen Werdegang wegweisenden Einblicke in die Geflügelmedizin. Insbesondere möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Michael Lierz für die Auswahl des Dissertationsthemas und für die fortwährende Unterstützung während der letzten Studienjahre herzlich bedanken.

Danken möchte ich weiterhin sämtlichen Mitarbeitern und Doktoranden des Instituts für Geflügelkrankheiten der Freien Universität Berlin und der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische der Justus-Liebig-Universität Gießen. Namentlich insbesondere Sabine für die vielen Bibliotheksbesuche und Postsendungen, Herrn Dr. Rüdiger Hauck für die Hilfe bei der Einarbeitung in die liebe Statistik, Nadja, Dominik und Dagmar für die Umsorgung in Gießen.

Bei Dr. Nele Ondreka und Dr. Stephan Klumpp von der Klinik für Kleintiere, Bereich Chirurgie der Justus-Liebig-Universität möchte ich mich für die Einarbeitung in die Computertomographie und für die Hilfestellung bei der Software Osirix sehr bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch sehr bei Dr. Philipp Olias vom Institut für Tierpathologie der FU Berlin für seine Hilfe bei der Auswertung der histologischen Nierenbiopsatpräparate.

Dem Institut für Biometrie der Freien Universität Berlin bin ich für die vielen Stunden und die Beantwortung meiner nicht enden wollenden Fragen und für die Hilfe bei der Lösung der Statistikprobleme verbunden, insbesondere Frau Dr. Arndt und Herrn Fabian Lotz.

Der Veterinärmedizinischen Bibliothek der Freien Universität Berlin, insbesondere Herrn Krawczyk, bin ich für die Hilfe bei der Literaturrecherche sehr dankbar.

Jana und Tanja möchte ich für das Korrekturlesen der verschiedensten Versionen und ihrer ehrlichen Kommentare dazu danken. Kathleen danke ich für die Rettung meiner Daten von SPSS in Excel.

Dr. Barbara Storck und meinen Kollegen bin ich für die Vereinbarung vom Berufsalltag und letztem Dissertationsjahr, den flexiblen Arbeitszeiten und der Erfüllung meiner zahlreichen Sonderwünsche dankbar.

Ferner möchte ich mich bei meinen Freunden und meinem Vierbeiner bedanken, dass sie mich ermutigend und aufmunternd begleiten.

Meinen Eltern bin ich zeitlebens für ihre volle Unterstützung von Herzen dankbar.

## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Alt Madlitz, den 19. April 2013

Fee Froese