

**Klinische Untersuchungen zum Frakturgeschehen
bei einheimischen Wildvögeln unter besonderer
Berücksichtigung konservativer und operativer
Therapiemaßnahmen**

Thomas J. Herrmann



INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae
(Dr. med. vet.) durch die
Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2009

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2009

© 2009 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus der Klinik für Vögel und Reptilien
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**Klinische Untersuchungen zum Frakturgeschehen
bei einheimischen Wildvögeln unter besonderer Berücksichtigung
konservativer und operativer Therapiemaßnahmen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Thomas J. Herrmann
aus Elm/Saar

Leipzig, 2009

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. Arwid Dauschies

Betreuer: Prof. Dr. Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns

Gutachter: Prof. Dr. Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns
Klinik für Vögel und Reptilien, Veterinärmedizinische Fakultät,
Universität Leipzig

Prof. Dr. Vera Grevel
Klinik für Kleintiere, Veterinärmedizinische Fakultät,
Universität Leipzig

Prof. Dr. Erhard Franz Kaleta
Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische,
Fachbereich Veterinärmedizin,
Justus-Liebig-Universität Giessen

Tag der Verteidigung: 16. Dezember 2008

Für Anne, meine Eltern und Großeltern

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT.....	3
2.1	Anatomie des Vogelskeletts	3
2.2	Morphologie und Aufbau des Vogelknochens.....	3
2.2.1	Allgemeines.....	3
2.2.2	Chemische Zusammensetzung des Knochens.....	3
2.2.3	Knochenarten	4
2.2.4	Pneumatisation	4
2.2.5	Ossifikation und Wachstum	5
2.3	Frakturen beim Wildvogel	5
2.3.1	Lokalisation.....	6
2.4	Frakturheilung beim Vogel	6
2.4.1	Physiologische Grundlagen.....	6
2.4.2	Klinische Verlaufskontrolle der Frakturheilung	7
2.4.3	Osteomyelitis.....	8
2.5	Besondere Aspekte der Frakturtherapie beim Vogel	9
2.5.1	Allgemeines.....	9
2.5.2	Unterschiede zum Säugetier und Probleme im Zusammenhang mit der aviären Frakturtherapie	10
2.6	Methodik der aviären Frakturtherapie.....	11
2.6.1	Diagnosestellung	11
2.6.2	Konservative Therapie	12
2.6.2.1	Indikationsstellung	12
2.6.2.2	Käfigruhe.....	13
2.6.2.3	Einbinden des Flügels und einfache Fixationsverbände	14
2.6.2.4	Stütz- bzw. Schienenverband	14
2.6.3	Chirurgische Therapie	15
2.6.3.1	Präoperative Maßnahmen.....	15

INHALTSVERZEICHNIS

2.6.3.2	Intramedulläre Fixation	15
2.6.3.2.1	Kirschner-Draht und Steinmann-Nagel.....	15
2.6.3.2.2	Kunststoffstäbe.....	17
2.6.3.2.3	Knochenzement.....	19
2.6.3.2.4	Kombination von Kunststoffstäben und Knochenzement.....	20
2.6.3.3	Externe Fixation	21
2.6.3.3.1	Cerclagen.....	21
2.6.3.3.2	Fixateur externe.....	22
2.6.3.3.2.1	Der Fixateur externe nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO)	26
2.6.3.3.2.2	Der modifizierte Fixateur externe	26
2.6.4	Therapie spezifischer Frakturen	28
2.6.4.1	Schultergliedmaße	28
2.6.4.1.1	Schultergürtelfrakturen.....	28
2.6.4.1.1.1	Scapula	28
2.6.4.1.1.2	Clavicula.....	28
2.6.4.1.1.3	Coracoid	28
2.6.4.1.2	Flügelfrakturen	29
2.6.4.1.2.1	Humerus	29
2.6.4.1.2.2	Radius und Ulna	32
2.6.4.1.2.3	Metacarpus	35
2.6.4.2	Beckengliedmaße	37
2.6.4.2.1	Femur	37
2.6.4.2.2	Tibiotarsus.....	38
2.6.4.2.3	Tarsometatarsus.....	41
2.6.4.2.4	Zehenfrakturen	42
2.6.4.3	Sonstige Frakturen.....	42
2.6.5	Maßnahmen zur Rehabilitation	43
3	TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....	45
3.1	Patientenkollektiv.....	45
3.2	Röntgentechnik.....	46

INHALTSVERZEICHNIS

3.2.1	Allgemeines.....	46
3.2.2	Röntgenintervalle	46
3.2.3	Auswertung der Röntgenaufnahmen	47
3.2.3.1	Alter der Fraktur.....	47
3.2.3.2	Lokalisation der Fraktur am Knochen.....	47
3.2.3.3	Verlauf und Lokalisation der Frakturlinie.....	48
3.2.3.4	Verlagerung der Knochenfragmente	48
3.3	Therapeutische Maßnahmen.....	48
3.3.1	Initialversorgung	48
3.3.2	Weiterführende Untersuchungen.....	48
3.3.3	Konservative Therapie	49
3.3.3.1	Käfigruhe.....	49
3.3.3.2	Einbindung	49
3.3.3.3	Schienenverband	50
3.3.4	Operative Therapie.....	50
3.3.4.1	Konditionierung des Patienten	50
3.3.4.2	Vorbereitung des Operationsfeldes	51
3.3.4.3	Zugänge zum Skelettsystem.....	51
3.3.4.4	Intramedulläre Fixation	52
3.3.4.4.1	Metallimplantate.....	52
3.3.4.4.2	Kunststoffimplantate	52
3.3.4.4.3	Knochenzement.....	54
3.3.4.5	Externe Fixation	55
3.3.4.5.1	Cerclagen.....	55
3.3.4.5.2	Der Fixateur externe nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO)	55
3.3.4.5.3	Modifizierter Fixateur externe	55
3.3.4.6	Chirurgischer Wundverschluß.....	57
3.3.5	Postoperative Versorgung	58
3.3.5.1	Aufwachphase	58
3.3.5.2	Heilungsphase	58
3.3.5.2.1	Unterbringung und Fütterung.....	58
3.3.5.2.2	Medikamentöse Versorgung	58

INHALTSVERZEICHNIS

3.3.5.2.3	Kontrolluntersuchungen	59
3.3.5.2.4	Entfernung von Einbindungen, Verbänden und Implantaten.....	59
3.3.5.2.5	Physiotherapie	60
3.3.5.3	Rehabilitationsphase.....	60
3.3.5.3.1	Auswilderung	60
3.3.5.3.2	Euthanasie	61
4	ERGEBNISSE	62
4.1	Statistik.....	62
4.2	Therapiemethode.....	63
4.2.1	Konservative Therapie	63
4.2.1.1	Käfigruhe.....	65
4.2.1.2	Einbindung des Flügels	65
4.2.1.3	Schienenverband	66
4.2.2	Operative Therapie.....	66
4.2.2.1	Intramedulläre Fixation	66
4.2.2.1.1	Kirschner-Drähte	66
4.2.2.1.2	Kunststoffstäbe und Knochenzement.....	67
4.2.2.2	Externe Fixation	68
4.2.2.2.1	Cerclagen.....	68
4.2.2.2.2	Fixateur externe.....	68
4.3	Lokalisation.....	69
4.3.1	Frakturen der Schultergliedmaße	69
4.3.1.1	Frakturen des Schultergürtels.....	69
4.3.1.2	Frakturen des Humerus	71
4.3.1.3	Frakturen von Radius und/oder Ulna	75
4.3.1.4	Frakturen des Metacarpus	82
4.3.2	Frakturen der Beckengliedmaße.....	84
4.3.2.1	Frakturen des Femur.....	84
4.3.2.2	Frakturen des Tibiotarsus	86
4.3.2.3	Frakturen des Tarsometatarsus.....	88
4.3.3	Sonstige Frakturen.....	89

INHALTSVERZEICHNIS

4.3.3.1	Frakturen der Wirbelsäule	89
4.3.3.2	Frakturen des Beckens	90
4.3.3.3	Frakturen der Zehen	90
4.4	Sonstige Ergebnisse	90
5	DISKUSSION	93
5.1	Vorkommen	93
5.2	Frakturalter	94
5.3	Schußfrakturen.....	96
5.4	Offene/geschlossene Frakturen	97
5.5	Frakturen der Schultergliedmaße und des Schultergürtels.....	97
5.5.1	Frakturen des Schultergürtels.....	97
5.5.2	Humerusfrakturen.....	99
5.5.3	Radius-/Ulnafrakturen.....	103
5.5.4	Metacarpusfrakturen.....	106
5.6	Frakturen der Beckengliedmaße, des Beckens und der Wirbelsäule	108
5.6.1	Femurfrakturen.....	108
5.6.2	Tibiotarsusfrakturen	109
5.6.3	Tarsometatarsusfrakturen	110
5.6.4	Zehenfrakturen	111
5.6.5	Frakturen der Beckenknochen und der Wirbelsäule	111
5.7	Konservative Frakturbehandlung	112
5.8	Operative Frakturbehandlung.....	113
5.8.1	Intramedulläre Frakturbehandlung.....	113
5.8.1.1	Kirschner-Draht.....	115
5.8.1.2	Kunststoffstäbe/Knochenzement.....	117
5.8.1.2.1	Kunststoffstäbe.....	120
5.8.1.2.2	Kunststoffstäbe in Verbindung mit Knochenzement	122
5.8.2	Externe Fixationsmethoden.....	125
5.8.2.1	Cerclagen.....	125
5.8.2.2	Fixateur externe.....	126

INHALTSVERZEICHNIS

5.9	Therapieflankierende Maßnahmen	130
5.9.1	Diagnosestellung	130
5.9.2	Postoperative Versorgung	131
5.9.2.1	Wundrevision	131
5.9.2.2	Röntgenkontrolle	132
5.9.2.3	Physiotherapie	133
5.10	Sonstige Ergebnisse	135
5.10.1	Osteomyelitis.....	135
5.10.2	Tumore	137
5.11	Fazit	138
6	ZUSAMMENFASSUNG	140
7	SUMMARY	142
8	LITERATURVERZEICHNIS	144
ANHANG	158

LISTE DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

Abb.	Abbildung
AO/ASIF	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese/Association for the Study of Internal Fixation
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
et al.	et alii
ggf.	gegebenenfalls
i. d. R.	in der Regel
i. m.	intramuskulär
i. v.	intravenös
g	Gramm
kg	Kilogramm
ml	Milliliter
mm	Millimeter
n	Anzahl
Nr.	Nummer
post op.	post operationem
o. Ä.	oder Ähnliches
o. g.	oben genannte(n)
s. c.	subcutan
u.	und
u. a.	unter anderem
u. Ä.	und Ähnliches
vgl.	vergleiche
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel

1 EINLEITUNG

Die Knochenchirurgie stellt eine vergleichsweise junge Therapieform in der Vogelheilkunde dar. Zwar führte KÜNTSCHER (1940) bereits Anfang der vierziger Jahre experimentelle Untersuchungen zur Markraumnagelung bei Hunden durch, jedoch erschlossen sich erst mit der Entwicklung antibakterieller und antimykotischer Wirkstoffe zur Wundversorgung sowie der Einführung der für den humanmedizinischen Bereich entwickelten Osteosynthese-Technik der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO/ASIF) in die Kleintiermedizin gegen Ende der sechziger und Anfang der siebziger Jahre auch für die Vogelmedizin nennenswerte und erfolversprechende Behandlungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Frakturtherapie. Bis zu jenem Zeitraum beschränkte sich diese aufgrund der besonderen anatomischen Gegebenheiten des Vogelskeletts fast ausschließlich auf die konservative Therapie einiger weniger Frakturtypen und -lokalisationen. Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Berichte über die Behandlung von Frakturen beim Vogel erschienen demzufolge bis zu dieser Zeit nur spärlich und waren auf ein sehr geringes Spektrum von Möglichkeiten begrenzt (z. B. ZÜRN, 1882).

Das Interesse an der aviären Frakturtherapie ist durch die ideelle Wertschätzung der Ziervögel, den teilweise beträchtlichen materiellen Wert mancher Spezies oder Individuen, sowie infolge der Erweiterung der Therapiemöglichkeiten durch die Osteosynthese-Technik in den letzten Jahrzehnten stark gestiegen. Weiterhin führte die aufgrund der Verschlechterung der Umweltbedingungen hervorgerufene kritische Bestandssituation verschiedener Wildvogelspezies zu enormen Bemühungen um die Verbesserung der medizinischen Versorgungsmöglichkeiten im Wildvogelbereich, die sich auch auf den Bereich der Frakturtherapie erstreckten.

Die hierdurch bedingten verstärkten Anstrengungen auf dem Gebiet der Frakturbehandlung des Vogels resultierten in einer deutlich gestiegenen Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zu diesem Thema in den vergangenen drei Jahrzehnten. Der weitaus größte Teil dieser Veröffentlichungen hat deskriptiven (kasuistischen) Charakter und ist nicht auf systematischen wissenschaftlichen Untersuchungen begründet. Vergleichende klinische Untersuchungen zu den verschiedenen Behandlungsmethoden wurden bislang kaum durchgeführt; Daten und Fakten zu therapiebegleitenden Maßnahmen fehlen in der Regel, wodurch sich viele konträre Aussagen und Meinungen im Zusammenhang mit der Therapie von Knochenbrüchen beim Vogel etabliert haben und aufgrund eines Defizits verwertbarer Studien bis in die Gegenwart fortbestehen.

EINLEITUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin:

- a) anhand einer klinischen Studie bei Wildvögeln die in der Fachliteratur am häufigsten beschriebenen Formen der aviären Frakturtherapie im Hinblick auf Anwendbarkeit und Nutzen bei verschiedenen Frakturformen bestimmter Knochen zu überprüfen,
- b) einander gegenüberzustellen,
- c) sowie Daten zu therapiebegleitenden Maßnahmen zu erheben und auszuwerten.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Anatomie des Vogelskeletts

Die für die vorliegende Arbeit relevanten anatomischen Gegebenheiten des Skeletts der Vögel der Klasse Aves sind in der sich im Wesentlichen lediglich auf die Ordnung Galliformes (Hühnervögel) beziehenden Sekundärliteratur beschrieben. Detaillierte Ausführungen hierzu finden sich bei SCHWARZE und SCHRÖDER (1985), KING und MCLELLAND (1989), SALOMON (1993), KÖNIG und LIEBICH (2001) sowie bei NICKEL et al. (2004).

2.2 Morphologie und Aufbau des Vogelknochens

2.2.1 Allgemeines

Die Anpassung der Anatomie des Vogels an die Fortbewegung in der Luft führte durch die hierfür erforderlichen Ansprüche an das aviäre Skelett – geringes Gewicht bei hoher Stabilität – zu zahlreichen Modifikationen, die sich in der Gestalt und Zusammensetzung des Knochens abzeichnen und somit deutliche Unterschiede zu den Verhältnissen beim Säugetier aufweisen. Die Pneumatisation des Skeletts, die Reduktion entbehrllicher Elemente und die Umwandlung einer massiven Säulen- und Balkenkonstruktion in dünne, schwer deformierbare Schalenkonstruktionen resultierten in einer Knochenmasse zwischen 8 und 9 %, gemessen an der Gesamtmasse, im Vergleich zu einer Knochenmasse von 20-30 % bei manchen Säugern (BEZZEL und PRINZINGER 1990).

2.2.2 Chemische Zusammensetzung des Knochens

Die Grundstruktur des Vogelknochens gleicht der des Säugetieres, wenn auch die Anatomie voneinander abweicht (COLES 1988). Der im Vergleich zum Säuger erhöhte Gehalt an anorganischen Verbindungen, im besonderen der hohe Gehalt an Hydroxylapatitkristallen, hat ein erhöhtes Maß an Härte und Widerstandsfähigkeit gegenüber Druck-, Verwindungs- und Zugkräften zur Folge (BEZZEL und PRINZINGER 1990). HUMMEL (2000) und NICKEL et al. (2004) geben für den Gehalt des Vogelknochens an anorganischen Substanzen einen Wert von etwa 75 % an, verglichen mit ca. 66 % beim Haussäugetier (NICKEL et al. 2003). Diese Zusammensetzung des Knochens ermöglicht aufgrund der erhöhten Festigkeit die Ausbildung einer dünneren Kortikalis der langen Röhrenknochen und eine damit verbundene Gewichtsreduktion, hat andererseits jedoch auch eine spröde, wenig elastische und bei Frakturen zu starker Splitterung neigende Beschaffenheit zur Folge (BORMAN et al. 1978, SCHWARZE und SCHRÖDER 1985, SALOMON 1993, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1995).

2.2.3 Knochenarten

Beim Vogel werden drei verschiedene Arten von Knochen – kompakter, spongioser und medullärer – unterschieden, wobei die histologische Struktur im Wesentlichen der des Säugers ähnelt. Lediglich der medulläre Knochen stellt eine Eigenart des Vogels dar und kommt auch hier nur bei weiblichen Tieren in der Reproduktionsphase vor, denen er während dieses Zeitraums als Kalziumdepot dient. Er besteht aus kleinen, Ersatzknochen ähnelnden Knochenbälkchen, die ihren Ursprung an der endostalen Oberfläche der Kortikalis nehmen und in die Markhöhle vordringen, diese jedoch nur selten ausfüllen (KING und McLELLAND 1989).

Ein weiteres Charakteristikum des Vogelknochens stellt das feine Trabekelmuster dar (KRAUTWALD et al. 1992). Nach COLES (1988) handelt es sich hierbei um ein im Inneren des Knochens befindliches Netzwerk von Stützbalken in Form von Knochenstrahlen, von denen jedes derart ausgerichtet ist, dass es den von außen auf diesen bestimmten Punkt einwirkenden Kräften entgegenwirkt. Das höchste Maß an Belastung erfährt der Knochen an den beiden Extremitäten, weshalb in diesem Bereich die größte Konzentration von Trabekeln zu finden ist. HARCOURT-BROWN (1996) vertritt die Ansicht, dass die Knochenkortex zum Erzielen einer ausreichenden Stabilität auf intakte innere Knochenstreben angewiesen ist. Auch CONZEMIUS (1995) führt die starke Belastbarkeit des Vogelknochens auf die ihm eigene Trabekelstruktur zurück und weist darauf hin, dass diese demnach nicht ersatzlos zerstört werden dürfe, da der betroffene Knochen andernfalls trotz geheilter Fraktur nicht ausreichend belastbar sei. Dies mache sich besonders dann bemerkbar, wenn das Implantat nach erfolgter Heilung entfernt wird und einen leeren Markraum¹ zurücklässt. PASSI und GEFEN (2005) weisen in einer experimentellen Studie nach, dass die Trabekelstruktur signifikant zur Gesamtstabilität des Knochens beiträgt.

2.2.4 Pneumatisation

Eine der wesentlichen anatomischen Voraussetzungen für die Phylogenese des Vogelflugs besteht zweifellos in der Reduktion des Körpergewichts. Diese wird nicht zuletzt durch die partielle Pneumatisierung des Vogelskeletts erzielt (TAYLOR et al. 1971), von der lediglich die Tauchvögel und einige flugunfähige Laufvögel (BEZZEL und PRINZINGER 1990) ausgenommen sind. Die Angaben in der Fachliteratur weisen beachtliche Diskrepanzen hinsichtlich der Aussage über die von der Pneumatisation betroffenen Knochen auf.

¹ Obwohl eine Markhöhle bzw. ein Markraum im eigentlichen Sinne an den pneumatisierten Röhrenknochen des Vogels nicht existiert und der Begriff Knochenhöhle die Gegebenheiten treffender beschreibt, wurden in der vorliegenden Arbeit – im Sinne einer einheitlichen Nomenklatur und analog zur überwiegenden Zahl der Publikationen – die Begriffe Markraum und Markhöhle bei allen Röhrenknochen verwendet, auch wenn dies nicht den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Weitgehende Übereinstimmung herrscht über die Ausdehnung des Luftsacksystems in einige Schädelknochen, den Humerus, die Beckenknochen, Teile der Wirbelsäule und das Coracoid (TAYLOR et al. 1971, SCHWARZE und SCHRÖDER 1985, KING und MCLELLAND 1989, BEZZEL und PRINZINGER 1990, SALOMON 1993). Widersprüchlich gestalten sich die Aussagen im Hinblick auf eine Pneumatisierung von Scapula, Femur, Rippen und Sternum. Die Mehrzahl der Autoren betont, dass die Anzahl der pneumatisierten Knochen zwischen den Spezies erheblich variiert. KING und MCLELLAND (1989) geben überdies an, dass bei einigen Vogelarten alle, bei anderen Spezies hingegen keine Knochen von der Pneumatisierung betroffen sind.

2.2.5 Ossifikation und Wachstum

Ossifikation und Wachstum der Röhrenknochen des Vogels verlaufen ähnlich denen des Säugers. Sekundäre Ossifikationszentren kommen nach KING und MCLELLAND (1989), BEZZEL und PRINZINGER (1990) sowie NICKEL et al. (2004) in den Epiphysen des Vogels normalerweise nicht vor, wohingegen FOWLER (1981) das Vorkommen sekundärer Ossifikationszentren im Tibiotarsus und Tarsometatarsus von Greifvögeln beschreibt und KIRCHNER (1991) bei Taubennestlingen das Vorkommen sekundärer Ossifikationspunkte an Tibiotarsus, Tarsometatarsus und Os metacarpale II feststellte. Die Wachstumszone der Epiphysen, die durch Proliferation der Knorpelzellen das Längenwachstum des Röhrenknochens bedingt, ist beim Vogel weniger deutlich abgegrenzt als die der Säugetiere. Zudem wird sie beim Vogel von einigen Gefäßen durchzogen, während sie beim Säuger gefäßfrei ist (KING und MCLELLAND 1989, BEZZEL und PRINZINGER 1990, NICKEL et al. 2004).

2.3 Frakturen beim Wildvogel

Angaben bezüglich des Anteils von Frakturen an der Gesamtzahl der Krankheits- oder Todesursachen bei Wildvögeln finden sich mehrfach in der Fachliteratur. Die Zahlen reichen von 6,7 % (VILLFORTH 1995) über 33 % (FORBES 1998), 47 % (HATT et al. 1996), 46,8 % (LIERZ 2000) bis 49,6 % (REINARZ 1999). Andere Untersuchungen beziffern den Anteil an Todesfällen infolge Trauma – gemessen an der Gesamtzahl der Todesfälle – mit 31,1 % (KOHLENER 1992), 41 % (GLÜNDER et al. 1986) und 48 % (SIMPSON 1993), ohne dabei den Anteil von Tieren mit Frakturen zu erwähnen.

Der weitaus größte Teil der bei Wildvögeln auftretenden Frakturen ist auf traumatische Ursachen zurückzuführen. Nach VILLFORTH (1995) sind hierfür in erster Linie die anthropogen bedingten Unfälle durch Straßen- und Schienenverkehr, Hoch- und Mittelspannungsstromleitungen und Drahtzäune, sowie das Anfliegen gegen Fensterscheiben

und andere Gegenstände verantwortlich. Auch Schussverletzungen spielen als Todesursache bei Wildvögeln eine nicht unerhebliche Rolle (GLÜNDER et al. 1986, KOHLER 1992, SIMPSON 1993, VILLFORTH 1995), wobei sich in der betreffenden Literatur keine konkreten Angaben zur Häufigkeit von Schussverletzungen als Anlass für Frakturen finden. Angaben zur Prävalenz pathologischer Frakturen bei Wildvögeln konnten nicht ermittelt werden und auch Tumoren als Ursache für Knochenbrüche bei Wildvögeln finden in der gesichteten Literatur keine Erwähnung.

2.3.1 Lokalisation

Mit großer Übereinstimmung wird in der Fachliteratur konstatiert, dass der überwiegende Teil der Frakturen bei Wildvögeln das Skelett der Schultergliedmaße betrifft. HOWARD und REDIG (1993) geben bei einer Gesamtzahl von 731 Frakturen hierfür eine Häufigkeit von 82 % an. CONZEMIUS und KOPF (1991) fanden bei 55 Frakturpatienten in 75 %, ISENBÜGEL (1988) bei 116 Tieren in 79 % die Schultergliedmaße betroffen. REDIG (1986a) beziffert bei 210 untersuchten Wildvogelpatienten den Anteil an Frakturen der Schultergliedmaße mit 78 %, SCHUSTER (1996) dokumentiert Flügelbrüche bei 386 freilebenden Vögeln in 62 % der Fälle und HATT et al. (1996) bei 71 % von 554 Greifvögeln.

Die jeweils verbleibenden Frakturen betreffen fast ausschließlich die Knochen der Beckengliedmaße. Hiervon ist der Tibiotarsus am häufigsten betroffen, wohingegen an Femur und Tarsometatarsus – ebenso wie im Bereich des Schultergürtels – Knochenbrüche seltener zu verzeichnen sind. Frakturen des Schädels, der Wirbelsäule und des Beckens sind bezüglich der Häufigkeit ihres Vorkommens von untergeordneter Bedeutung. Detaillierte Daten finden sich in Tabelle 14 im Anhang.

2.4 Frakturheilung beim Vogel

2.4.1 Physiologische Grundlagen

Die Knochenbruchheilung beim Vogel verläuft größtenteils analog der Verhältnisse beim Säugetier (siehe u. a. BUSH et al. 1976 und GRIMM 1988), weist jedoch im Vergleich zu diesen einige Besonderheiten auf. So konnten BUSH et al. (1976) und JAMES et al. (1978) beim pneumatisierten Knochen das Auftreten eines geringgradigen Emphysems im fraktur nahen Weichteilgewebe feststellen, welches innerhalb 24 Stunden nach Einwirkung des Traumas absorbiert zu sein schien. Dieselben Autoren wiesen das Vorkommen eines endostalen Kallus im pneumatisierten Knochen nach. Uneinheitlich sind die Meinungen hinsichtlich des Umfangs, in dem endostaler und periostaler Kallus zur Frakturheilung beitragen. WITHROW (1982) vertritt die Auffassung, dass endostaler Kallus geringfügig mehr als der periostale Kallus an der Knochenheilung beteiligt ist, beide aber in diesen

Prozess eingebunden sind. BUSH (1977) sieht demgegenüber in periostalem Kallus lediglich eine sekundäre Unterstützung, es sei denn, an der Frakturstelle tritt Bewegung infolge Instabilität auf. BENNETT (1995) ist der Ansicht, dass endostaler Kallus – auch in pneumatisierten Knochen – in höherem Maß zur Frakturheilung beiträgt als periostaler Kallus, wohingegen WEST et al. (1996b) in einer histomorphometrischen und angiographischen Analyse den periostalen Frakturbereich im Vergleich zum endostalen Abschnitt als den umfangreicheren und produktiveren Anteil an der Kallusbildung verzeichnen.

Die primäre Knochenbruchheilung ist beim Vogel aufgrund der häufig auftretenden Splitterfrakturen, eines in der Regel ausgedehnten Frakturspalts und Mikrobewegungen im Frakturbereich selten anzutreffen und wurde bislang ausschließlich im Zusammenhang mit der Verwendung der Plattenosteosynthese in Kombination mit intramedullär appliziertem Knochenzement beschrieben (BENNETT 1997).

Neben den bereits erwähnten Faktoren nehmen eine Reihe weiterer Umstände, wie Integrität der Blutversorgung, Infektionen, Grad der Dislokation und Ausmaß von Bewegung im Frakturbereich, Einfluss auf den Prozess der Frakturheilung (BENNETT 1995). Die Heilungsgeschwindigkeit von Knochenbrüchen korreliert zudem mit der Vogelgröße, wobei kleinere Spezies eine schnellere Frakturheilung aufweisen als größere Vogelarten (BUSH et al. 1976, BLASS 1987, COLES 1988).

Die Schwierigkeit eines Vergleiches der Angaben bezüglich der Heilungsdauer aviärer Frakturen in den verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen ergibt sich aus dem Umstand, dass der Begriff Heilungsdauer zumeist nicht klar definiert wird. Infolgedessen ist häufig nicht ersichtlich, ob die jeweiligen Zeitangaben lediglich die Phase bis zum Erzielen klinischer Stabilität, dem Abschluss der röntgenologischen Vereinigung der Knochenenden oder gar bis zum erfolgreichen Gebrauch der betreffenden Gliedmaße einschließen. So heilen nach BUSH et al. (1976) und BENNETT (1995) korrekt reponierte und ausreichend stabilisierte Frakturen des Vogelskeletts gewöhnlich innerhalb von drei Wochen. COONEY und MUELLER (1994) machen die Heilungsdauer eines Knochenbruchs von dessen Lokalisation, Klassifikation und Stabilität der Fixation abhängig und veranschlagen hierfür einen Zeitraum zwischen drei und zwölf Wochen.

2.4.2 Klinische Verlaufskontrolle der Frakturheilung

Die klinische Verlaufskontrolle umfasst die adspektorische Kontrolle der Wundheilung, die palpatorische Untersuchung des Frakturbereichs hinsichtlich der Ausbildung von Kallusgewebe und Bewegungsstabilität, sowie die röntgenologische Begutachtung des

Heilungsvorgangs. Hinzu kommt – in Abhängigkeit von der Lokalisation der Fraktur – nach ausreichender Stabilisierung die Überprüfung der freien Beweglichkeit benachbarter Gelenke (COONEY und MUELLER 1994).

Einige Autoren verweisen auf die Notwendigkeit einer Sedation bzw. einer Narkose zur Durchführung der oben genannten Untersuchungen. Auf diese Weise sollen dem Patienten Stress und Schmerzen erspart und das Risiko unkontrollierter Abwehrbewegungen und der damit verbundenen Gefahr weiterer Traumatisierung vermindert werden (REDIG 1986a, LEVITT 1989, COONEY und MUELLER 1994). Hinweise zu Modalitäten der klinischen Verlaufskontrolle in der Fachliteratur weisen ein weites Spektrum unterschiedlicher Aussagen auf und beziehen sich in der Regel auf die röntgenologische Kontrolle der Frakturheilung. Einen Überblick über die bei verschiedenen Autoren verwendeten bzw. empfohlenen Zeitintervalle gibt Tabelle 15 im Anhang.

Die klinisch feststellbare Vereinigung der Frakturenenden geht in den meisten Fällen den röntgenologisch sichtbaren Anzeichen der Knochenheilung voraus (BENNETT 1997). In diesem Zusammenhang weisen COONEY und MUELLER (1994) nachdrücklich auf die Bedeutung der physischen Untersuchung auf Krepitation, Stabilität und Kallusbildung für eine möglichst zuverlässige Beurteilung des Heilungsverlaufs hin und setzen die klinisch feststellbare Vereinigung der Frakturenenden mit dem Fehlen von Palpationsschmerz und Beweglichkeit im Frakturspalt gleich. Demgegenüber sei die röntgenologisch feststellbare Frakturheilung erfolgt, wenn keine sichtbare Frakturlinie vorhanden ist und der Knochen eine durchgehende Kortex, sowie einen vollständigen und kalzifizierten Kallus aufweist, was beim Vogel in einem Zeitraum von weniger als drei Wochen der Fall sein kann.

Die Interpretation röntgenologischer Veränderungen der Knochenstruktur kann besonders im frühen Stadium der Frakturheilung Schwierigkeiten bereiten, da die hierbei auftretenden Knochenveränderungen (periostale Reaktion, Sklerose und erhöhte Röntgendichte des Markkanals) den röntgenologischen Anzeichen einer Osteomyelitis ähneln können (MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997).

2.4.3. Osteomyelitis

Bezüglich der Häufigkeit des Auftretens von Osteomyelitiden finden sich in der Fachliteratur nur spärliche Angaben. KOCK (1983) verzeichnet im Zusammenhang mit der Verwendung des modifizierten Fixateur externe bei 11 Wildvögeln 2 Fälle von Osteomyelitis. HATT et al. (2007) konstatieren bei 3 von 28 mittels modifiziertem Fixateur externe therapierten Vögeln eine entzündliche Veränderung des Knochens und führen die Therapiefehlschläge bei den betroffenen Patienten in höherem Maß auf die Schwierigkeit der Behandlung einer Osteomyelitis beim Vogel, denn auf Unzulänglichkeiten der Operationstechnik zurück.

Unpräzise Beschreibungen hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens entzündlicher Knochenveränderungen finden sich bei BENNETT (1997) („mit einer gewissen Häufigkeit bei Vögeln mit offenen Frakturen vorkommend“), wie auch bei NEWTON und ZEITLIN (1977), die in einem Abschnitt „Osteomyelitis“ berichten, dass „eine Anzahl von Vögeln Infektionen im Frakturbereich aufwies“.

Weitgehend einheitlich wird demgegenüber das klinische Bild als ein mit gelben, verkäsenden Massen im Bereich des Entzündungsherdes einhergehender Krankheitsprozess (NEWTON und ZEITLIN 1977, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997), dessen Therapie die chirurgische Entfernung des verkäsenden Materials erfordert (HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997) und der nur eine geringe Neigung zur Entwicklung eines systemischen Verlaufs aufweist (NEWTON und ZEITLIN 1977, WITHROW 1982, COLES 1997). Flüssiges purulentes Exsudat tritt bei solchen Infektionen in Erscheinung, deren infektiöses Agens die zur Auflösung des zellulären Debris erforderlichen Proteasen bildet, welche den Heterophilen des Vogels fehlen (FERRELL et al. 2002).

Offene Frakturen in Verbindung mit intramedullären Fixationsmethoden werden von BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) wie auch von MARTIN und RITCHIE (1994) als Hauptrisikofaktor für die Entstehung von Osteomyelitiden erachtet.

Das röntgenologische Bild der Osteomyelitis umfasst nach KOSTKA (1992) und COONEY und MUELLER (1994) proliferative periostale Reaktionen, die Lysis kortikalen Knochens, sklerotische Ränder um Zonen lytischen Knochens, Weichteilschwellungen, Sequestrierung sowie die Ausbildung einer Totenlade. Laut KRAUTWALD et al. (1992) ist beim Vogel das Ausmaß periostaler Reaktionen geringer als beim Säuger; auch finden sich die sonst typischen Sklerosierungen zur Begrenzung der Läsionen nicht so deutlich. GYLSTORFF und GRIMM (1998) beschreiben eine oftmals in Erscheinung tretende multifokale polyostotische Osteolysis.

2.5 Besondere Aspekte der Frakturtherapie beim Vogel

2.5.1 Allgemeines

Die Forderungen an die aviäre Frakturtherapie umfassen eine hohe Präzision anatomischer Rekonstruktion, die zuverlässige Ruhigstellung des Frakturbereichs, die Vermeidung der Traumatisierung von Gelenken, minimales Trauma an Weichteilgeweben und eine kurze postoperative Immobilisierung der betreffenden Gliedmaße (CONZEMIUS 1995). Aufgrund dessen müssen zu Beginn der Frakturtherapie praktische Überlegungen wie einfache

Anwendbarkeit, erforderliche Funktionalität der betroffenen Gliedmaße, Temperament des Patienten, Verfügbarkeit der Mittel und die Erfahrung des Operateurs mit den verschiedenen Operationsverfahren in Betracht gezogen werden (BENNETT 1997).

2.5.2 Unterschiede zum Säugetier und Probleme im Zusammenhang mit der aviären Frakturtherapie

Die Problematik der orthopädischen Versorgung von Vögeln ergibt sich unter anderem aus der hohen Artenvielfalt der betroffenen Tiere, dem Schweregrad von Frakturen bei Wildvögeln, vergleichsweise diffizilen Verhältnissen im Hinblick auf die Anästhesie, der besonderen Knochenstruktur und der zum Teil schwierigen Nachsorge der behandelten Patienten (BUSH 1974, BORMAN et al. 1978). Dies führt trotz geeigneter Therapieform und -methode zu einer beträchtlichen Vielzahl möglicher Komplikationen (HOWARD und REDIG 1993).

Im Vergleich zum Säugetier ergibt sich, wie bereits unter Punkt 2.2 erwähnt, durch die spröde Konsistenz der Knochen eine erhöhte Neigung zu Splitterfrakturen. In unmittelbarem kausalen Zusammenhang hiermit steht der oftmals durch scharfkantige Knochenenden hervorgerufene hohe Anteil **offener Frakturen** und ein infolgedessen häufig kontaminierter bzw. infizierter Wundbereich (BUSH 1981, MARTIN und RITCHIE 1994). Offene Frakturen sind während der Heilungsphase überdies deutlich häufiger mit Komplikationen verbunden als geschlossene Knochenbrüche und weisen somit geringere Aussichten auf den angestrebten Therapieerfolg auf (HOWARD und REDIG 1993, FORBES 1998).

Einen weiteren, die Prognose der Frakturbehandlung wesentlich beeinflussenden Faktor stellt das **Alter der Fraktur** dar. Bei Wildvögeln vergeht zwischen dem Zeitpunkt des Traumas und der Vorstellung zur Erstversorgung eines Knochenbruchs häufig eine längere Zeitspanne, was einen recht hohen Anteil an älteren Frakturen zur Folge hat (CONZEMIUS 1995). Derselbe Autor beziffert in einer Untersuchung an 58 Frakturpatienten aus freier Wildbahn den Anteil an alten Frakturen (>5 Tage) mit 31 %; CONZEMIUS und KOPF (1991) fanden bei 55 Wildvögeln 34 % alte Frakturen, wobei in diesem Fall der Begriff „alt“ nicht näher definiert wird.

Aufgrund der zuweilen geringen Körpergröße und der dünnen Kortex des Vogelknochens können **Knochenfissuren** bei der röntgenologischen Untersuchung gelegentlich schwierig zu diagnostizieren sein (KOCK 1983, BUSH 1986, CONZEMIUS 1995). Damit verbunden ist eine oftmals unterschätzte Gefahr der zusätzlichen iatrogenen Schädigung des Knochens, wenn nicht diagnostizierte Knochenfissuren zur Wahl einer für diese Art von Knochendefekten ungeeigneten Therapiemethode führen.

Aus den aufgeführten Zusammenhängen geht hervor, dass als bevorzugte Therapiemethode diejenige anzusehen ist, welche das Ziel mit dem geringsten chirurgischen Aufwand und damit der geringsten Gefahr des Auftretens von Komplikationen zu erreichen imstande ist (HOWARD und REDIG 1993, MACCOY 1996), wobei die partielle Insuffizienz der verfügbaren Therapiemethoden in der Regel zur kombinierten Anwendung mehrerer Fixationsmaßnahmen führt (BUSH 1974).

2.6 Methodik der aviären Frakturtherapie

2.6.1 Diagnosestellung

Die meisten Frakturen der langen Röhrenknochen können anhand klinischer Zeichen, wie abnorme Gliedmaßenstellung und Krepitation, mühelos diagnostiziert werden (WESTFALL und EGGER 1979). Weitere Hinweise auf eine Fraktur können durch Verlust, Verbrennungen (Strommarken) und Verklebungen des Federkleides, Zusammenhangstrennung der Haut und eine eingeschränkte Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke gegeben sein (CONZEMIUS 1995). Dennoch ist neben der adspektorischen und palpatorischen Untersuchung in manchen Fällen eine Röntgenuntersuchung zur Diagnosestellung unerlässlich. Dies gilt in besonderem Maße für Frakturen des Schultergürtels, die aufgrund der anatomischen Lage bisweilen problematisch zu diagnostizieren sein können (KRAUTWALD et al. 1992). Zudem sind zur exakten Frakturklassifizierung als Basis für jede weitere Therapieplanung Röntgenaufnahmen zwingend erforderlich (BUSH 1986). Größte Aufmerksamkeit sollte der Einschätzung des Alters der Fraktur gewidmet werden, da dieses die Prognose entscheidend beeinflusst. COONEY und MUELLER (1994), CONZEMIUS (1995) wie auch BROWN und LUEBBERT (2003) vertreten die Auffassung, dass Röntgenbilder unter Anästhesie angefertigt werden sollten.

Nach CONZEMIUS (1995) ist eine Fraktur röntgenologisch nach folgenden Kriterien einzustufen:

- Bestimmung des/der von der Fraktur betroffenen Knochen(s).
- Lokalisation am Knochen (Schaft, Epiphyse, Beteiligung der Gelenke am Frakturgeschehen)
- Frakturtyp (Quer -, Schräg-, Splitter-, Stückfraktur)
- Dislokation der Frakturrenden
- Alter der Fraktur (endostale Verschattung, fibröser Kallus)
- Hinweise auf die Ursache der Fraktur (Bleiabrieb, Schrotkugel, Stoffwechselerkrankung)
Gelenkfreiheit

2.6.2 Konservative Therapie

2.6.2.1 Indikationsstellung

GREGORY und WILKINS (1991) beschreiben in einer Untersuchung von 204 eingefangenen Wildtauben (Stadttauben und verwilderte Brieftauben) bei 9 Tieren alte, bereits geheilte Frakturen an Furcula, Radius, Femur und Carina. Ebenso deuten Untersuchungen von TIEMEIER (1941), GILL (1988) und ROTH et al. (2002) an Vogelskeletten darauf hin, dass in bestimmten Fällen die Heilung von Knochenbrüchen und der nachfolgende funktionelle Gebrauch der Gliedmaße auch ohne therapeutische Maßnahmen erfolgen können.

Die konservative Versorgung von Knochenbrüchen weist gegenüber der operativen Frakturtherapie einige Vorzüge auf. So ist ein Anästhesierisiko oder die Gefahr der zusätzlichen Traumatisierung des Frakturbereichs bei der konservativen Frakturbehandlung nicht gegeben (CONZEMIUS 1995) und die mit einer ausgedehnten chirurgischen Manipulation verbundenen Risiken und Komplikationen werden vermieden (HOWARD und REDIG 1993). Dennoch ergeben sich für die konservative Frakturtherapie bei der Versorgung von Wildvögeln aufgrund der bei diesem Patientenkollektiv zwingend erforderlichen Restitutio ad integrum einige bedeutende Einschränkungen, verglichen mit den konservativen Behandlungsmöglichkeiten von Vögeln, die in Gefangenschaft gehalten werden (HOWARD und REDIG 1993, McCLUGGAGE 1993).

Als Komplikationen der konservativen Frakturbehandlung können die Entstehung von Gelenkankylosen, Muskelatrophien, Sehnenkontrakturen, Pseudarthrosen, Adhäsionen von Sehnen und Kallusgewebe, sowie Knochenverkürzungen und Fehlstellungen des Knochens auftreten (GRIMM 1978, ISENBÜGEL 1988, COONEY und MUELLER 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997). Nicht korrekt angelegte Verbände können zu Zirkulationsstörungen, Stauungsödemen und Drucknekrosen führen (GRIMM 1978). Zudem ist diese Therapiemethode aufgrund der Schwierigkeit, eine vollständige Ruhigstellung des gebrochenen Knochens zu erzielen, häufig mit einer verlängerten Rekonvaleszenzdauer verbunden (HELMER und REDIG 2006), was den Patienten für weitere Komplikationen prädisponiert (BENNETT 1997). So stellten NEWTON und ZEITLIN (1977) in einer experimentellen Studie an Tauben fest, dass Radiusfrakturen, die durch einen einfachen Fixationsverband des Flügels am Körper ruhig gestellt wurden, beträchtlich längere Zeit bis zur knöchernen Vereinigung brauchten, als solche, die operativ mit intramedullären Kirschner-Drähten versorgt wurden. Auch BUSH (1974) weist nachdrücklich auf die Gefahr von Muskel- und Sehnenkontrakturen im Zusammenhang mit der konservativen Therapie hin. Um dieses Risiko zu vermindern empfiehlt LEVITT (1989) die Entfernung von Fixationsmaßnahmen, sobald röntgenologisch erste Anzeichen einer Frakturheilung

feststellbar sind. CONZEMIUS (1995) führt die positiven Resultate seiner Untersuchung an 58 Wildvögeln, von denen 5 der 10 konservativ therapierten Tiere die Wildbahnfähigkeit wiedererlangten, nicht auf eine besonders wirksame Therapie, sondern auf die Beschränkung dieser Methode auf Fälle mit einfachen Frakturen zurück.

CONZEMIUS (1995) gibt als Indikation für eine konservative Behandlung Brüche der Scapula, mit Einschränkungen (Splitterfrakturen, ungenügende Überlappung der Frakturenden) solche von Radius und Ulna, bei ausreichender Überlappung der Frakturenden sowie bei kleinen bis mittelgroßen Vögeln Brüche des Metapodiums und schließlich alte, bereits stabile Frakturen an. Nach REDIG (1986b) sollten Frakturen distal des Carpus immer konservativ therapiert werden. HARCOURT-BROWN (1996) erachtet Verbände bei Frakturen von Knochen der Beckengliedmaße als die am wenigsten geeignete Therapieform und beschränkt deren Verwendung auf mittlere bis distale Tarsometatarsus- und Zehenfrakturen. Auch HESS (1994) hält die Möglichkeiten der Verwendung konservativer Therapiemaßnahmen an der Beckengliedmaße für begrenzt. LEVITT (1989) hingegen weist auf eine oft zufrieden stellende Heilung einfacher Beinfrakturen durch minimale Fixation in Form von Verbänden und Schienenverbänden hin. Die Verwendungsmöglichkeit konservativer Maßnahmen kann auch durch das Temperament des Patienten eingeschränkt werden (MACCOY 1996).

Detailliertere Angaben zu Indikationen für eine konservative Therapie sind in den Tabellen 16 und 17 im Anhang zusammengefasst.

2.6.2.2 Käfigruhe

Die vorübergehende Haltung von Vögeln auf engem Raum (Käfig, Karton o. Ä.), welche die Bewegungsmöglichkeiten des Patienten auf ein Mindestmaß reduziert und dadurch eine – je nach Lokalisation des Bruchs – mehr oder weniger effektive Ruhigstellung der Fraktur zu erzielen vermag, stellt die einfachste Behandlungsmöglichkeit einer Fraktur dar. Dabei kann die Haltung des Patienten in dunkler, warmer Umgebung mit einem Minimum an externen Stimuli eine Alternative zur Einbindung einer Gliedmaße darstellen, da durch ein gewisses Maß an Bewegung während der Heilungsphase Kontrakturen vermieden werden können (BUSH 1974). Nach LEVITT (1989) ist die alleinige Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit ohne weitere unterstützende Maßnahmen bei minimal dislozierten Knochenbrüchen und Grünholzfrakturen eine geeignete Therapiemethode, wenn im Verlauf einer derartigen Behandlung frühzeitig physiotherapeutische Maßnahmen eingesetzt werden. WITHROW (1982) vertritt die Ansicht, dass alle Frakturen des Schultergürtels und des Beckens ohne weitere unterstützende Maßnahmen belassen werden sollten.

2.6.2.3 Einbinden des Flügels und einfache Fixationsverbände

Im einfachsten Falle wird der Flügel in physiologischer Lage durch Umwickeln mittels nicht oder schwach adhäsiven Klebebandes am Rumpf angelegt. ALTMAN (1977) bezieht beide Schultergliedmaßen in diese Maßnahme ein, während REDIG (1986b) sich auf die frakturierte Schwinge beschränkt und den gesunden Flügel zur besseren Balancefähigkeit des Vogels ohne Einbindung belässt. Als weitere einfache Fixationsverbände zur Ruhigstellung von Gliedmaßen eignen sich Achter-Verband, Ehmer-Schlinge, Tape-Verband und Braille-Schlinge (ALTMAN 1982, REDIG 1986b, MACCOY 1987, LEVITT 1989, McCLUGGAGE 1993, HESS 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997).

2.6.2.4 Stütz- bzw. Schienenverband

Stützverbände kommen besonders in Form des stark gepolsterten **Robert-Jones-Verbands** zum Einsatz (McCLUGGAGE 1993, HESS 1994). Eine weitere Möglichkeit der konservativen Therapie bieten **Schienenverbände**, die zur Stabilisation gegenüber Biegekräften mit stabilisierenden Elementen versehen sind. Als solche kommen Mundspatel aus Holz oder Kunststoff (BUSH 1974, GRIMM 1978, MACCOY 1996), Aluminiumschienen (GRIMM 1978), Metallstifte (BUSH 1974, McCLUGGAGE 1993), Plexiglas (GRIMM 1978), Styropor® (BUSH 1974), Lightcast® (BUSH 1974, GRIMM 1978), thermoplastisches Material wie beispielsweise Hexcelite® (HESS 1994, GRIMM und GYLSTORFF 1998) und Kunststoffe, wie z. B. halbierte Spritzenkolben (LEVITT 1989, McCLUGGAGE 1993, MACCOY 1996) in Betracht, wobei harte Werkstoffe vor der Applikation mit Verbandmull oder ähnlichem Material gepolstert werden. Auch der die Gliedmaße ganz oder teilweise umschließende **selbsthärtende Verband** (Cast) findet Verwendung, wobei Gipsverbände und -schienen aufgrund des hohen Gewichts zur Anwendung beim Vogel nicht geeignet sind (GRIMM 1978).

Nach MARTIN und RITCHIE (1994), SIMPSON (1996) und HELMER und REDIG (2006) sind Verbände und Schienen als primäre Therapiemaßnahmen nur geeignet, wenn nach Abschluss der Therapie eine eingeschränkte Beweglichkeit der Gliedmaße akzeptabel ist, eine gute Ausrichtung der Frakturenden erzielt werden kann und der Patient für chirurgische Eingriffe zu klein oder das Operationsrisiko zu groß ist. WITHROW (1982) propagiert, Frakturen der Tibia mit einem selbsthärtenden Verband (Cast) zu versorgen, wobei nur die Tibia ruhig gestellt wird und die angrenzenden Gelenke frei beweglich bleiben. Bei der Therapie von Zehenfrakturen wird von vielen Autoren die Verwendung stabilisierender Elemente (gepolsterte Kunststoffplatten, Holzstücke oder Drahtgestelle) gegenüber einfachen Verbänden favorisiert (REDIG 1986b, LEVITT 1989, McCLUGGAGE 1993, HESS 1994, CANNON 1995, HARCOURT-BROWN 1996, MACCOY 1996).

2.6.3 Chirurgische Therapie

2.6.3.1 Präoperative Maßnahmen

Im Vorfeld der chirurgischen Therapie stellen die Stabilisierung des Allgemeinzustandes, weiterführende Untersuchungen und die Konditionierung des Patienten wesentliche Voraussetzungen für eine aussichtsreiche operative Behandlung dar (z. B. LEVITT 1989, KUZMA und HUNTER 1991, HOWARD und REDIG 1993). Die Vorgehensweise zur Präparation des Operationsfeldes ist in der entsprechenden Fachliteratur eingehend beschrieben (z. B. MARLOW und SEIBELS 1981, MACCOY und REDIG 1987, KUZMA und HUNTER 1991, CONZEMIUS 1995).

2.6.3.2 Intramedulläre Fixation

2.6.3.2.1 Kirschner-Draht und Steinmann-Nagel

Kirschner-Drähte und Steinmann-Nägel bieten die Möglichkeit der akkuraten Ausrichtung frakturierter Knochen, sind einfach anzuwenden und leicht wieder zu entfernen (MACCOY 1982, BLASS 1987, LEVITT 1989). In den meisten Fällen ist hierfür nur ein minimaler chirurgischer Zugang erforderlich (BENNETT 1997). Man unterscheidet zwei verschiedene Methoden, die Implantate in den Knochen einzubringen:

- Die normograde Methode, bei der das Implantat bei adaptierten Frakturenden am Ende der Metaphyse des einen Knochenfragments in die Markhöhle des Knochens eingedreht und über den Frakturspalt hinweg bis zum gegenüberliegenden Ende der Markhöhle des zweiten Knochenfragments vorgeschoben wird.
- Die retrograde Methode, bei welcher der Metallstift vom Frakturspalt ausgehend in den Markraum eines Knochensegments eingeführt wird, am Diaphysenende aus dem Knochen austritt und nach Adaptation der Frakturenden bis zum gegenüberliegenden Markhöhlenende des zweiten Fraktursegments vorgeschoben wird.

Die Mehrzahl der Autoren erachten beide Formen des Einbringens von Implantaten für geeignet; GYLSTORFF und GRIMM (1998) propagieren bei offenen Frakturen den Zugang von der Perforationsstelle. REDIG (2003) hält die retrograde Applikation bei allen langen Röhrenknochen außer im Bereich des distalen Humerus und an der Ulna für praktikabel, wo diese Vorgehensweise zur Penetration des Ellbogengelenks führen würde und BUSH (1974) sieht bei der retrograden Methode einen Nachteil in der erforderlichen Manipulation des Frakturbereichs, da hierdurch die Blutversorgung zum Fraktursegment unterbrochen werden könnte.

Nachteilige Faktoren im Zusammenhang mit der Therapie mittels Kirschner-Drähten oder Steinmann-Nägeln umfassen eine geringe Rotationsstabilität, die erforderliche Manipulation

im Frakturbereich, ein vergleichsweise hohes Gewicht des Implantats sowie die Beeinträchtigung der endostalen Kallusbildung (z. B. BUSH 1974, BLASS 1987, SIMPSON 1996). Besonders bei der weiten Markhöhle pneumatisierter Knochen kann sich die Verwendung interner Fixationsmaßnahmen schwierig gestalten, da die zur sicheren Stabilisierung erforderlichen Implantate womöglich ein kritisches Gewicht erreichen (BUSH 1974). Ein weiteres Problem ergibt sich durch den Mangel an dichtem Knochengewebe in den Metaphysen der Knochen, weshalb eine stabile Verankerung der Implantate in diesen Bereichen nicht möglich ist (BUSH 1977, WESTFALL und EGGER 1979, LEVITT 1989, MACCOY 1996). Zudem besteht die Gefahr der Schädigung artikulärer und periartikulärer Strukturen. Selbst Implantate, welche die Kortikalis lediglich in der Nähe eines Gelenks penetrieren, können durch die Bildung von Narbengewebe die Gelenkfunktion erheblich beeinträchtigen (BENNETT 1995). Aus diesem Grund sollten Kirschner-Drähte und Steinmann-Nägel so positioniert werden, dass sie weder in einem Gelenk, noch in dessen Nähe aus dem Knochen ein- oder austreten (ALTMAN 1982, BLASS 1987, LEVITT 1989, BENNETT 1995, SIMPSON 1996). Kann diese Forderung nicht erfüllt werden, so sollte bei Vögeln, die auf die vollständige Gebrauchsfähigkeit der verletzten Gliedmaße angewiesen sind, vom Gebrauch dieser Therapiemethode Abstand genommen werden (MARTIN und RITCHIE 1994). CONZEMIUS (1995) hält zur Verwendung von Kirschner-Drähten alle Splitterfrakturen für geeignet, die mit anderen Methoden schlecht zu stabilisieren sind, besonders wenn die Prognose hinsichtlich der Wildbahnfähigkeit bereits ungünstig zu stellen ist.

Der Durchmesser des Implantats sollte nach BUSH (1974), GRIMM (1978) und ALTMAN (1982) so groß wie möglich gewählt werden und die Markhöhle möglichst vollständig ausfüllen. BENNETT (1997) hingegen verwendet einen Implantatdurchmesser von 50 % des Markraumdurchmessers, da hierdurch die endostale Kallusbildung in einem geringeren Maße beeinträchtigt und das Risiko einer Schädigung der Arteria nutritia vermindert wird. Aus den gleichen Gründen erachten MARTIN und RITCHIE (1994) einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ des Markhöhlendurchmessers als optimale Stärke für ein Implantat. MACCOY (1982) und SIMPSON (1996) weisen zudem darauf hin, dass Dehnungskräfte, die beim Eindrehen von Implantaten in die Markhöhle entstehen können, das Risiko einer weiteren Fragmentierung des Knochens bergen.

Werden intramedulläre Implantate und konservative Therapiemethoden miteinander kombiniert, dann empfiehlt sich eine frühestmögliche stufenweise Belastung durch Implantatentfernung zwei Wochen post operationem (BENNETT 1997). BLASS (1987) vertritt die Auffassung, dass die Metallstifte bei Verwendung einer Ausrichtungsschiene bereits nach einer Woche entfernt werden können. MARTIN und RITCHIE (1994) raten zur Vermeidung von Ankylosen der angrenzenden Gelenke gänzlich davon ab, intramedulläre

Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel mit Verbänden zu kombinieren; nach SPINK (1978) sollte diese Form der internen Fixation hingegen ausschließlich in Verbindung mit Schienenverbänden verwendet werden.

Während manche Autoren einen zweiten Eingriff zur Entfernung des Implantats für erforderlich erachten (MACCOY 1982, BLASS 1987), nehmen andere diese Prozedur unter lokaler Anästhesie (BENNETT 1997) oder gänzlich ohne Ausschaltung des Schmerzempfindens (TRAH und WRIEG 1984) vor.

2.6.3.2.2 Kunststoffstäbe

Als Material zum intramedullären Einsatz von Stäben aus Kunststoffpolymeren kommen Polyacryl (CONZEMIUS und KOPF 1991) und Polypropylen in Form von zylindrischen Kunststoffstäben (LIND et al. 1988), sowie zurechtgeschnittene Injektionsspritzenkolben verschiedenen Durchmessers (CONZEMIUS und KOPF 1991) in Betracht. Eine Verwendung beim Vogel unter 75 g Körpermasse ist aufgrund der kommerziell erhältlichen Größen des Materials nicht möglich (BENNETT 1997).

Durch das Einbringen der Plastikstreben in die Markhöhle mittels der „Shuttle-Technik“ (siehe Abbildung 4 im Anhang) werden Gelenkstrukturen bei minimaler Schädigung des Weichteilgewebes geschont (LEVITT 1989, BENNETT 1995). Hierbei wird das Implantat auf eine Länge gekürzt, die dem längeren der beiden Knochenfragmente entspricht und daraufhin in diesen vollständig eingeführt. Nach Adaptation der Frakturenden wird das zuvor durch Nahtmaterial oder dünnen Cerclagedraht am Kunststoffzylinder fixierte Implantat in das gegenüberliegende Fraktursegment zurückgezogen. Dabei sollte der Kunststoffzylinder derart verlagert werden, dass er möglichst gleichmäßig in den Markhöhlen beider Segmente zu liegen kommt (MACCOY 1982, CONZEMIUS 1995). CONZEMIUS (1995) empfiehlt zudem, vor dem Einsetzen des Implantats die Knochentrabekelstrukturen zu zerstören, um so einen möglichst langen Stift in der Markhöhle platzieren zu können.

Vorteile dieses Therapieverfahrens sind ein im Vergleich zu Metallimplantaten geringes Gewicht und der Umstand, dass eine zweite Anästhesie zur Entfernung des Kunststoffstifts nicht erforderlich ist (MACCOY 1982, LEVITT 1989, MARTIN und RITCHIE 1994). Zudem erlaubt diese Vorgehensweise eine frühe Gebrauchsfähigkeit der gebrochenen Gliedmaße, so dass mit Rehabilitationsmaßnahmen bereits sieben Tage post operationem begonnen werden kann (BENNETT 1997). Andererseits ist es aufgrund der erforderlichen „Shuttle“-Technik zum Einsetzen der Implantate in den Markraum nicht möglich, die Länge der Kunststoffsäule so zu bemessen, dass sie die gesamte Markhöhle ausfüllt, was auch nachteilige Eigenschaften zur Folge hat (MACCOY 1982, ROWLEY und PSHYK 1982, MARTIN und RITCHIE 1994).

An der Stelle, an der das Implantat endet, kann es durch die in diesem Bereich einwirkenden Kräfte am Knochen zu Stressfrakturen kommen, besonders, wenn zusätzlich Knochenfissuren vorhanden sind und heftige Bewegungen der Gliedmaße ermöglicht werden (MACCOY 1982, BENNETT 1997). CONZEMIUS (1995) berichtet bei 25 % von den mit dieser Methode therapierten Wildvögeln mit Splitterbrüchen von Achsenknickung des Knochens wegen zu kurzer Verankerung der Kunststoffstäbe im kürzeren Frakturfragment. Daher sind einfache Diaphysenfrakturen ohne Splitterung des Knochens für diese Therapiemethode am besten geeignet (MACCOY 1982, BENNETT 1997). Eine Rotationsstabilität kann alleine mit dieser Therapiemethode nicht erzielt werden, weshalb LEVITT (1989) und MACCOY (1982) auf die Möglichkeit verweisen, Querstifte aus Metall durch beide Knochenkortizes und den Plastikstab zu bohren, um diesem Problem entgegenzuwirken (siehe Abbildung 5 im Anhang). Zudem ist die Stabilität der Kunststoffstäbe gegenüber Biegekräften im Vergleich zu Metallimplantaten deutlich geringer, so dass die hierdurch an der Frakturstelle möglicherweise auftretenden Mikrobewegungen zu einer verzögerten Frakturheilung führen können. Darum wird diese Methode neben Querstiften und Cerclagen alternativ auch mit Knochenzement oder einem Fixateur externe kombiniert, um so eine größere Stabilität zu erzielen (LIND et al. 1988, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1995). Zusammenhangstrennungen des Implantats wurden von DEGERNES et al. (1993) und MATHEWS et al. (1994) verzeichnet. Stellt der Einsatz von Kunststoffimplantaten die einzige operative Therapiemaßnahme dar, so muss diese zum Zwecke einer ausreichenden Stabilisierung der Fraktur zusätzlich durch konservative Maßnahmen ergänzt werden (CONZEMIUS 1995).

Weitere mögliche Komplikationen werden von MACCOY (1982) beschrieben, der an 6 Tauben mit experimentellen Frakturen und 4 klinischen Frakturpatienten Plastikstäbe in Verbindung mit Querstiften aus Metall zur Therapie verwendete (siehe Abbildung 5 im Anhang). Dabei konnte bei den post mortem untersuchten experimentellen Frakturen eine minimale bindegewebige Abkapselung des Implantats diagnostiziert werden. Eine Infiltration des Gewebes mit Makrophagen oder Riesenzellen wurde nicht beobachtet. In allen Fällen wurde Migration zumindest eines der beiden Querstifte festgestellt, ohne dass es dabei zu klinischen Beeinträchtigungen gekommen wäre. In 2 Fällen trat eine Infektion im Frakturbereich auf, was bei einem der betroffenen Patienten aufgrund ausbleibender Frakturheilung einen Therapieerfolg verhinderte. Bei den 4 klinischen Wildvogelpatienten konnte eine Frakturheilung erzielt werden. Informationen zum Grad der Flugfähigkeit und Wildbahntauglichkeit werden nicht gegeben.

Bei offenen, kontaminierten Frakturen sollten kurze intramedulläre Kunststoffstäbe keine Verwendung finden, da die Implantate einen Nidus für Infektionserreger darstellen können und im Fall von Komplikationen eine Entfernung derselben nicht oder nur unter äußerst schwierigen Bedingungen möglich ist (BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995,

HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997). Aus diesem Grund lehnt WITHROW (1982) den Einsatz von Markraumimplantaten nach der „Shuttle“-Technik gänzlich ab. Auch liegen Langzeiterfahrungen und -berichte zu dieser Therapiemethode nicht vor (LEVITT 1989). Ferner verbleibt bei dieser Therapiemethode körperfremdes Material auf Dauer in der Knochenhöhle und führt vermutlich zu einer veränderten biomechanischen Reaktion auf die durch das Fliegen hervorgerufenen Belastungen (MARTIN und RITCHIE 1994).

2.6.3.2.3 Knochenzement

Klinische Untersuchungen und Fallbeispiele zur Verwendung von Knochenzement in der aviären Frakturtherapie finden sich bei BORMAN und PUTNEY (1978), BORMAN et al. (1978), PUTNEY et al. (1983), HAAS und TRAH (1988) sowie bei CONZEMIUS (1995). Die Vorteile, welche für die Verwendung dieser Methode sprechen, sind mit wenigen Ausnahmen denen der kurzen Markraumimplantate aus polymeren Kunststoffen vergleichbar: geringes Gewicht, ausbleibende Traumatisierung von Gelenken durch das Implantat, rascher Gebrauch der Gliedmaße bereits kurze Zeit post operationem und demzufolge ein geringeres Risiko der Entstehung einer Frakturkrankheit. Der Zement verbleibt dauerhaft im Knochen, weshalb ein zweiter Eingriff zur Entfernung nicht erforderlich ist (BORMAN und PUTNEY 1978, HAAS und TRAH 1988, LIND et al. 1988, HESS 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997). Einzig das Gewicht ist höher als das der unter 2.6.3.2.2 aufgeführten Kunststoffe, jedoch deutlich geringer als das von Metallstiften. Das Material kann bei markhaltigen oder pneumatisierten Knochen verwendet werden (BENNETT 1995) und erzielt bei ausreichender Auffüllung der Markhöhle eine außerordentlich hohe Festigkeit der Fixation, die eine zusätzliche Stabilisierung der Gliedmaße mittels konservativer Therapiemaßnahmen entbehrlich macht. Knochenbrüche, deren Frakturgeschehen länger als 5 Tage zurückliegt, sind für die Verwendung dieser Methode aufgrund der zu diesem Zeitpunkt bereits durch fibröses Kallusgewebe eingeengten Markhöhle nicht geeignet (CONZEMIUS 1995). Beim Bemessen der Menge des einzubringenden Knochenzements in pneumatisierte Knochen ist Vorsicht geboten, da bei einem zu hohen Füllvolumen in Humerus und Femur die Gefahr des Eindringens von Knochenzement in die angrenzenden Luftsäcke besteht (MARTIN und RITCHIE 1994). Während HAAS und TRAH (1988), BENNETT (1995) und CONZEMIUS (1995) die Verwendung von Polymethylmethacrylat bei Splitterfrakturen befürworten, lehnt GRIMM (1978) den Einsatz von Knochenzementstiften bei dieser Art von Frakturen wegen der Gefahr weiterer Splitterbildung ab.

Das gebrauchsfertige Gemisch der beiden Komponenten erzeugt eine exotherme Reaktion, die eine Zerstörung von Osteozyten im unmittelbaren Bereich um den implantierten Knochenzement verursacht. Diese Gewebenekrose scheint jedoch klinisch von untergeordneter Bedeutung zu sein (PUTNEY et al. 1983, BENNETT 1997). Wie bei allen

Implantaten, welche die Markhöhle mehr oder weniger ausfüllen, wird auch durch Knochenzement die endostale Kallusbildung behindert oder gänzlich unterbunden.

PUTNEY et al. (1983) diagnostizierten in einer experimentellen Studie an Tauben eine Antigenreaktion im Zusammenhang mit der Verwendung von Knochenzement. Hierbei wurden die Zementsäulen von umfangreichem fibrösem Material eingekapselt, wobei an der Grenze zwischen Bindegewebe und Implantat eine Fremdkörperreaktion mit Anhäufung von Fremdkörper-Riesenzellen zu verzeichnen war. Diese Reaktion schien sich im Laufe der Zeit zurückzubilden; Hinweise auf die Akkumulation von Riesenzellen zu Granulomen wurden von den Autoren nicht beobachtet.

Polymethylmethacrylat weist in erstarrtem Zustand eine spröde Struktur auf und neigt an Stellen hoher Beanspruchung, wie dies bei implantiertem Zement besonders im Frakturspalt der Fall ist, zur Zusammenhangstrennung (BENNETT 1995). Diese Gefahr ist besonders bei Vögeln mit einer Körpermasse von mehr als 500 g gegeben, weshalb Knochenzement – wie auch Kunststoffstäbe – häufig durch weitere Fixationsmaßnahmen (Fixateur externe, Plastikstäbe, gekürzte Steinmann-Nägel oder Kirschner-Drähte) ergänzt wird (BENNETT 1997). Problematisch gestaltet sich die Verwendung von Knochenzement, wenn sich Gewebsflüssigkeit mit dem noch flüssigen Polymethylmethacrylat verbindet und dadurch eine Schichtbildung erfolgt, die eine Schwächung des Implantats hervorruft (HAAS und TRAH 1988). Wenn während der Applikation des noch flüssigen Materials dieses im Frakturspalt zwischen die Knochenenden gelangt und nicht sorgfältig entfernt wird, kann zudem die Kallusbildung und damit auch die Knochenheilung beeinträchtigt werden (MARTIN und RITCHIE 1994). Bei hochgradig kontaminierten oder infizierten Frakturen sollte diese Therapieform nicht angewendet werden, da thermische Nekrosen der unmittelbar angrenzenden Gewebe diese für Infektionen prädisponieren und sich eine Entfernung des Implantats äußerst schwierig gestaltet (PUTNEY et al. 1983, LIND et al. 1988, DEGERNES et al. 1989, MARTIN und RITCHIE 1994, SIMPSON 1996). Der Zusatz hitzeresistenter Antibiotika vor dem Zusammenfügen der beiden Komponenten kann das Risiko einer Knocheninfektion vermindern (BENNETT 1997).

2.6.3.2.4 Kombination von Kunststoffstäben und Knochenzement

Die kombinierte Verwendung von Knochenzement mit weiteren Fixationsmaßnahmen dient in erster Linie der Erhöhung der Fixationsstabilität (DEGERNES et al. 1993). Als stabilisierende Elemente werden Plastikstäbe (DEGERNES et al. 1989, DEGERNES et al. 1993, CONZEMIUS 1995), Stahlstifte (HAAS und TRAH 1988, REDIG et al. 1992), Injektionsspritzenkolben (CONZEMIUS 1995) und der Fixateur externe (REDIG et al. 1992) beschrieben. Die intramedullär eingesetzten Implantate zur Stabilisation des Knochenzements

sollten nach Angaben von BENNETT (1997) und DEGERNES et al. (1989) hierbei circa 50 % der Markhöhle ausfüllen, um genügend Raum für den Zement zu belassen. Demgegenüber beschreiben LIND et al. (1988) 2 Fälle, bei denen das Kunststoffimplantat etwa 75 % des Markhöhlendurchmessers beanspruchte.

Die Kombination polymerer Kunststoffe mit Knochenzement kann bei Vögeln ab einer Masse von 75 g verwendet werden (DEGERNES et al. 1989). DEGERNES und LIND (1989) geben als Indikation alle Frakturen der langen Röhrenknochen mit Markhöhle an und weisen auf eine möglicherweise begrenzte Anwendbarkeit bei Tieren unter 500 g, DEGERNES et al. (1993) auf eine solche bei Patienten unter 1000 g Körpermasse hin. Auch Stückfrakturen und Frakturen in Gelenknähe, bei denen das gelenknahe Fragment mindestens 1-2 cm misst, sollen für den Einsatz dieser Therapiemethode geeignet sein. Bei Schräg-, Spiral-, oder Splitterfrakturen können drei oder mehr Cerclagen für eine zufrieden stellende Reduktion der Fraktur erforderlich sein. Trotz der Kombination dieser beiden Methoden konstatieren DEGERNES et al. (1993) eine eingeschränkte Stabilität gegenüber Biegekräften, so dass die zusätzliche Stabilisierung durch flankierende konservative Maßnahmen vorgenommen werden sollte (DEGERNES et al. 1993, BENNETT 1997).

Bei stark kontaminierten oder gar infizierten Frakturen sollte aufgrund der unter 2.6.3.2.3 erwähnten Komplikationsmöglichkeiten auch auf den Einsatz dieser kombinierten Fixationsmaßnahmen verzichtet werden (DEGERNES et al. 1993).

2.6.3.3 Externe Fixation

2.6.3.3.1 Cerclagen

Cerclagen kommen zwecks Neutralisierung von Biegekräften als zusätzliche Fixationsmaßnahme – ergänzend zu anderen Osteosynthesemethoden – (BENNETT 1997) oder, in Ausnahmefällen, als alleinige Fixationsmaßnahme (CONZEMIUS 1995) in Betracht. Unverzichtbar sind Cerclagen bei der Verwendung intramedullärer Implantate bei gleichzeitig bestehenden Knochenfissuren (CONZEMIUS und KOPF 1991). GYLSTORFF und GRIMM (1998) beschreiben im Zusammenhang mit der Markraumnagelung den Gebrauch von Cerclagen als Maßnahme der zusätzlichen Stabilisierung von Schrägfrakturen und zur Fixierung großer Knochensplitter. BENNETT (1997) proklamiert die Verwendung mindestens zweier Cerclagen bei Schrägfrakturen oder Knochensplittern und die einer einzelnen Cerclage zur Stabilisierung von Fissuren, wobei die Länge der Frakturlinie von Schrägfrakturen mindestens dem zweifachen Knochendurchmesser entsprechen sollte.

Klinische Untersuchungen zur Verwendung von Cerclagen als alleinige Therapiemaßnahme finden sich bei HOWARD und REDIG (1993), die Frakturen bei 5 Wildvögeln ausschließlich

mit dieser Methode versorgen und bei CONZEMIUS (1995), der Cerclagen bei 2 Wildvogelpatienten ebenfalls als alleinige Fixationsmaßnahme einsetzte.

Üblicherweise kommen Cerclagen aus Stahldraht zum Einsatz, wobei MACCOY (1987) anstelle von Stahldraht auch Kunststoff-Kabelbinder verwendet. Diese sind jedoch nur in Größen erhältlich, die eine Verwendung bei Vögeln über 300 g Körpermasse zulässt. CONZEMIUS und KOPF (1991) bevorzugen aufgrund der leichten Handhabung und wegen der Resorbierbarkeit Chrom-Catgut als Cerclagen. BENNETT (1997) weist auf die Möglichkeit der Verwendung von Metallfäden und anderem chirurgischen Nahtmaterial als Cerclage bei sehr kleinen Vögeln hin.

Nachteilige Aspekte bei der Verwendung von Cerclagen zur aviären Frakturtherapie bestehen in der Gefahr des Durchbohrens der Haut durch die Cerclage-Enden und eine Behinderung von Sehnen und Muskulatur bei der Verwendung von Drahtcerclagen, wenn diese nach erfolgter Knochenheilung im Tier belassen werden (CONZEMIUS und KOPF 1991). BENNETT (1997) und HARCOURT-BROWN (2002) vertreten demgegenüber die Auffassung, dass Cerclagen in den meisten Fällen nach erfolgter Frakturheilung nicht entfernt werden müssen. Auch kann der Knochen durch zu hohe Zugkräfte beim Anbringen der Cerclagen eine zusätzliche Schädigung erfahren. Dieses Risiko wird bei der Verwendung von Kunststoff-Kabelbindern umgangen. Nachteilig bei diesem Material ist die geringere Stabilität, wenn ein hohes Maß an Biegekräften auf den Frakturbereich einwirkt (MACCOY 1987). Die Verwendung von Cerclagen an Radius und Ulna lehnt REDIG (2000b) aufgrund des Risikos einer Weichteilschädigung, welches mit deren Applikation verbunden ist, ab.

2.6.3.3.2 Fixateur externe

Die klinische Anwendung des Fixateur externe in der aviären Frakturtherapie wird erstmals von BUSH (1974) beschrieben. Grundsätzlich werden zwei verschiedene Varianten unterschieden: der von der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese entwickelte Fixateur externe mit den kommerziell erhältlichen Verbindungselementen und der von verschiedenen Autoren nach dem Vorbild dieser Technik auf unterschiedliche Weise modifizierte Fixateur externe.

Beide Methoden weisen gegenüber anderen Therapieverfahren einige wesentliche Vorteile auf: im Gegensatz zu internen Fixationsmaßnahmen bietet der Fixateur externe Stabilität auch gegenüber Rotations- und Scherkräften (MACCOY 1982, MARTIN und RITCHIE 1994), er kann an fast jedem Knochen angebracht und bei langsam heilenden Frakturen über einen längeren Zeitraum belassen werden (BENNETT 1997), auf den Frakturspalt kann – außer bei Splitterfrakturen – Kompression ausgeübt und damit eine primäre Frakturheilung ermöglicht werden (BUSH 1974, MACCOY 1996) und die Implantate befinden sich nicht unmittelbar im

Frakturbereich (WITHROW 1982), wodurch eine chirurgische Manipulation desselben weitgehend vermieden wird (BUSH 1974, MACCOY 1982, HESS 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, SIMPSON 1996). Angrenzende Gelenke bleiben unbeeinträchtigt, die betroffene Gliedmaße kann – wenn auch zunächst in begrenztem Maß – unmittelbar nach der Operation wieder belastet werden, wodurch das Risiko der Entstehung einer Frakturkrankheit reduziert wird (BUSH 1974, LEVITT 1989, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996, SIMPSON 1996). Zudem erlaubt die Verwendung des Fixateur externe als alleinige Therapiemaßnahme eine ausgedehnte endostale Kallusbildung (BUSH 1983) und durch Einsatz dieser Therapiemethode bei Splitterfrakturen wird eine Kompression der Fragmente und damit eine Verkürzung der ursprünglichen Knochenlängsachse vermieden (BUSH 1986, MACCOY 1996).

Als Indikation für den Einsatz des Fixateur externe werden insbesondere offene und kontaminierte Frakturen, ausgeprägte Splitterfrakturen, Korrekturosteotomien sowie Metaphysen- und Epiphysenfrakturen beschrieben (GRIMM 1993, HESS 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996, SIMPSON 1996, BENNETT 1997). Nach KOCK (1983) sind jedoch höchstgradige Splitterfrakturen mit dem Fixateur externe nicht therapierbar. Auch MACCOY (1982) zieht in solchen Fällen interne Fixationsmaßnahmen vor, da diese eine größere Kontaktfläche mit dem Knochen aufweisen und somit eine Konzentration der einwirkenden Kräfte an einzelnen Belastungspunkten vermieden wird. REDIG (1986a) beschreibt insbesondere bei Splitterfrakturen und langen Spiralfrakturen Schwierigkeiten, die Drähte bzw. Nägel ohne weitere Traumatisierung sicher im Knochen zu verankern.

Zur Verwendung des Fixateur externe am Vogelpatienten stehen mehrere Möglichkeiten der Applikation zur Auswahl:

- der Fixateur Typ I, bei dem die als „half-pins“ bezeichneten Bohrdrähte zwar beide Kortizes, die Haut jedoch nur auf einer Seite penetrieren
- der Fixateur Typ II, bei dem die als „full-pins“ bezeichneten Bohrdrähte beidseits die Hautoberfläche durchbohren – Verbindungselemente finden sich auf beiden Seiten der Extremität
- der Fixateur Typ III: eine Kombination aus Typ I und Typ II, bei dem beide Typen zu einem dreidimensionalen Rahmen miteinander verbunden werden.

Um eine optimale Stabilität des Apparates zu erzielen, sollten möglichst viele Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel über eine möglichst lange Strecke des Knochens verteilt werden (MACCOY 1996, BENNETT 1997). Mindestens sind jedoch jeweils zwei Implantate beiderseits des Frakturspalts in den Knochen einzusetzen (BENNETT 1997). Dabei ist zu beachten, dass diese zumindest einen Abstand zum Frakturspalt aufweisen, der in etwa dem

halben Knochendurchmesser entspricht (MACCOY 1996). Wird der Fixateur externe lediglich als zusätzliche Stabilisierungsmaßnahme ergänzend zu intramedullären Fixationstechniken eingesetzt, so genügt nach BENNETT (1997) die Verwendung von nur einem Stift je Fraktursegment.

Weist der Knochen Fissuren auf, sind diese zunächst mit Cerclagen zu stabilisieren und beim Eindrehen der Metallstifte in den Knochen zu meiden (MACCOY 1996). KOCK (1983) betont, dass ausgedehnte Fissuren, die während der Operation festgestellt wurden, auf präoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen nicht immer zu diagnostizieren waren. MARTIN und RITCHIE (1994) raten aus diesem Grund, Metallimplantate zur Verankerung im Knochen nur in vorgebohrte Löcher einzudrehen. Für komplizierte Frakturen, bei denen sich Stabilisierung und Ausrichtung der Frakturfragmente problematisch gestalten, kann der Fixateur mit einem Verband oder einer Schiene kombiniert werden, um somit die Stabilität der Fixation zu erhöhen (BUSH 1986).

LIND et al. (1988), LEVITT (1989) wie auch MARTIN und RITCHIE (1994) weisen auf die gelegentlich auftretende vorzeitige Lockerung der Verankerung des Fixationsapparates im Knochen besonders bei unilateralen Konstruktionen hin. Die Verankerung der Metallstifte in der Knochenkortex kann dabei durch die Verwendung von Drähten oder Nägeln mit Gewinde verbessert werden. Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel, die über ein aufgesetztes Gewinde verfügen, weisen auch nach drei Monaten eine stabile Verankerung im Knochen auf, verglichen mit einer drei- bis sechswöchigen Stabilität bei Verwendung von Metallstiften ohne Gewinde oder solchen mit eingeschnittenem Gewinde (BENNETT 1997), wohingegen die Art des Gewindes (aufgesetzt, eingeschnitten) nach DEGERNES et al. (1998) von untergeordneter Bedeutung ist.

BUSH (1983) verwendet bei langen Röhrenknochen mittelgroßer Greifvögel Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel mit einem Durchmesser von 2,03 mm. GRIMM (1993) gibt an, mit Metallkomponenten kleineren Durchmessers weniger Komplikationen herbeizuführen und gibt als Faustregel für die Stärke von Kirschner-Drähten bzw. Steinmann-Nägeln beim modifizierten Fixateur externe einen Wert von 30 % des Knochendurchmessers an. Nach MACCOY (1996) und REDIG (1998) sollte dieser Wert sogar nicht mehr als 20 % betragen. Werden bei einem unilateralen Fixateur die Metallstifte nicht parallel, sondern in leicht unterschiedlichen Winkeln zueinander in den Knochen eingedreht, so erhöht dies die Verankerungsstabilität des Apparates (BUSH 1986). Die Größenordnung dieser Winkel im Verhältnis zur Knochenlängsachse wird hierbei je nach Autor mit Werten zwischen 30° und 55° angegeben (HESS 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997). Auch eine Positionierung des verbindenden Elementes so dicht wie möglich an der Gliedmaßenoberfläche erhöht die Stabilität der Konstruktion; dabei sollte jedoch eine postoperativ auftretende Weichteilschwellung berücksichtigt werden (CARMICHAEL 1991,

SIMPSON 1996, BENNETT 1997). BUSH (1974), PUTNEY (1983), LEVITT (1989) und MARTIN und RITCHIE (1994) schlagen zur weiteren Stabilisierung gegenüber Biegekräften die zusätzliche Applikation intramedullärer Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel vor. Eine Kombination mit intramedullären Kunststoffstäben kann zu Zwecken einer stabileren Verankerung der Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel des Fixateur externe in Erwägung gezogen werden; diese sollte jedoch im Falle kontaminierter offener Frakturen nicht zur Anwendung kommen (SATTEFIELD und O`ROURKE 1981, REDIG 1986a, REDIG 1986c, BENNETT 1997). REDIG (2000a) propagiert die Einbeziehung eines an seinem Austrittspunkt aus dem Knochen umgebogenen intramedullären Implantats in die Verbindungskomponente des Fixateur externe.

Die korrekte Ausrichtung der frakturierten Knochenenden, wie auch die sichere Positionierung der Metallstifte können sich schwierig gestalten, die Schädigung von Nerven und Gefäßen nicht sicher vermieden werden (BUSH 1974, LIND et al. 1988, HARCOURT-BROWN 1996, MACCOY 1996). Hierbei bietet die unilaterale Anordnung des Fixateur externe den Vorteil einer geringeren Traumatisierung, als dies bei bilateralen oder biplanaren Konstruktionen der Fall ist (CARMICHAEL 1991). PUTNEY (1983) und LEVITT (1989) heben hervor, dass die Kortex des Vogelknochens für den unilateralen Fixateur eine geringe Verankerungsmöglichkeit und nur wenig Stabilität bietet. MACCOY (1982) sieht in der an der eng umschriebenen Kontaktfläche zwischen Knochenoberfläche und Metallstiften auftretenden Belastungskonzentration der einwirkenden Kräfte in Verbindung mit einer vergleichsweise dünnen und infolge der Bohrlöcher zusätzlich geschwächten Kortikalis beim Vogel ein deutliches Risiko einer zusätzlichen Traumatisierung des Knochens. Nach GRIMM (1993) kann der Fixateur externe Typ II aufgrund der räumlichen Anordnung seiner Konstruktion beim Vogel nur bei vergleichsweise wenigen Frakturtypen Anwendung finden. Der Apparat birgt durch die exponierte Position an der Gliedmaße einige Risiken: das Anstoßen des Fixateur externe an Gegenständen in der Umgebung des Vogels kann zum Ausreißen der Metallstifte aus dem Knochen führen oder sogar eine zusätzliche Traumatisierung des Knochens verursachen (MACCOY 1982, KOCK 1983, LIND et al. 1988, BENNETT 1997). Zudem ist bei Verwendung des Fixateur externe die Gefahr der Automutilation des Vogels durch hervorstehende Teile des Apparates gegeben (MACCOY 1996, BENNETT 1997).

Hinsichtlich des Zeitpunktes und der Modalitäten im Zusammenhang mit der Entfernung des Fixateur externe nach abgeschlossener Therapie finden sich nur spärliche Angaben in der Literatur. SATTEFIELD und O`ROURKE (1981) raten, den Fixateur während einer Zeitdauer von fünf bis sechs Wochen am Vogel zu belassen, auch wenn intramedullärer Kallus bereits nach etwa drei Wochen ausgebildet ist. MACCOY (1987) plädiert für eine Entfernung des Apparates in oberflächlicher Anästhesie des Patienten oder gar ohne

Ausschaltung des Schmerzempfindens. Nach MARTIN und RITCHIE (1994) kann der Fixateur bei ruhigen Patienten ohne Operation oder Anästhesie entfernt werden.

2.6.3.3.2.1 Der Fixateur externe nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO)

Der Fixateur externe nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese besteht aus Kirschner-Drähten oder Steinmann-Nägeln mit Gewinde, die mittels Verbindungsstangen und Gelenklammern aus Stahl miteinander verbunden werden. Nach GRIMM (1988) ist die Anwendung des AO-Minifixateur bei Verwendung von Schanzschen Schrauben beim Vogel ab 600 g Körpermasse möglich. Diese ist bis zu einer Körpermasse von 2000 g jedoch von einem geringen Materialgewicht abhängig; bei Vogelarten über 2000 g Körpermasse ist das Materialgewicht des Fixateur externe hingegen von untergeordneter Bedeutung. MACCOY (1982) empfiehlt bei größeren Vögeln die Verwendung des AO-Fixateurs; bei sehr kleinen Vögeln, für die ein möglichst geringes Gewicht der Konstruktion von entscheidender Bedeutung ist, sollte ein modifizierter Fixateur externe verwendet werden. Genauere Werte bezüglich der Körpermasse werden nicht angegeben. BENNETT (1995) hingegen findet den AO-Fixateur für zu schwer zur Verwendung beim Vogelpatienten und bevorzugt stattdessen die Verbindung von Kirschner-Drähten Steinmann-Nägeln oder Injektionsnadeln mittels Acrylkomponenten.

2.6.3.3.2.2 Der modifizierte Fixateur externe

Der Fixateur externe kann durch eine Modifikation hinsichtlich der verwendeten Komponenten in seinem Gewicht erheblich reduziert und dadurch einem breiteren Indikations- und Patientenspektrum verfügbar gemacht werden. Zur Verankerung des Apparates im Knochen werden – wie auch beim AO-Fixateur – Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel verschiedenen Durchmessers eingesetzt. Als Verbindungselemente dienen mit Knochenzement gefüllte Hohlzylinder aus Kunststoff, wie PVC-Röhren, Injektionsspritzen, Penrose-Drains u. Ä. (KOCK 1983, HESS 1994, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996, MACCOY 1996), sowie thermoplastische Materialien (SATTERFIELD und O'ROURKE 1981, HESS 1994, MACCOY 1996). HESS (1994) schildert zudem zur Erhöhung der Fixationsstabilität die Möglichkeit der Kombination des modifizierten Fixateur externe mit einem intramedullären Kunststoffimplantat. HATT et al. (2007) beschreiben die Verwendung des Fixateur Externe du Service de Santé des Armées (FESSA).

HARCOURT-BROWN (1996) erachtet Steinmann-Nägel mit einem Durchmesser von 0,8-1,2 mm in Kombination mit einem mit Polymethylmethacrylat gefüllten Silikon- oder PVC-

Röhrchen, bei kleineren Vögeln auch mit einer Injektionsspritze als Verbindungsstück für ideal. Nachteilig ist hierbei die relativ lange Zeitspanne, die bis zum völligen Durchhärten des Knochenzements vergeht und während der die Knochenfragmente in der vorgesehenen Position gehalten werden müssen. Durch die dabei entstehende exotherme Reaktion ist infolge der hohen Wärmeleitfähigkeit der Metallkomponenten eine thermische Schädigung des Gewebes nicht auszuschließen. Außerdem ist bei dieser Verbindungstechnik eine weitere Korrektur und Feinjustierung nach dem Aushärten des Zements nicht möglich (MACCOY 1996). Um die Kontaktfläche zwischen Implantaten und Verbindungsmaterial zu erhöhen, sollten Kirschner-Drähte oder Steinmann-Nägel umgebogen werden und parallel zum Knochen verlaufen (BENNETT 1995). MARTIN und RITCHIE (1994) empfehlen, bei Vögeln mit einer Körpermasse von weniger als 200 g Injektionskanülen anstelle von Kirschner-Drähten oder Steinmann-Nägeln zu verwenden. SIMPSON (1996) favorisiert bei größeren Spezies die Verwendung von Metallimplantaten mit Gewinde. WITHROW (1982) weist darauf hin, dass bei der Verwendung von Kirschner-Drähten möglichst geringen Durchmessers das Risiko einer weiteren Frakturierung des Knochens durch das chirurgische Prozedere deutlich verringert wird.

KOCK (1983) berichtet von 3 Wildvogelpatienten mit Komplikationen im Frakturbereich, die im Verlauf einer klinischen Studie zur Anwendung eines modifizierten Fixateur externe an 11 Frakturpatienten in Erscheinung traten. Hierbei war in 2 Fällen eine Osteomyelitis und in einem weiteren Fall eine zusätzliche Fraktur infolge äußerer Gewalteinwirkung für den ausbleibenden Behandlungserfolg verantwortlich. Desgleichen verzeichneten HATT et al. (2007) Komplikationen bei 64 % von 28 therapierten Vögeln, wobei in drei Fällen mit Osteomyelitis die Knochenheilung ausblieb.

Obwohl in der Fachliteratur bei Verwendung des Fixateur externe im allgemeinen die Belastungsfähigkeit der gebrochenen Gliedmaße unmittelbar im Anschluss an die operative Therapie als eine der herausragenden positiven Eigenschaften geschildert wird, beginnt KOCK (1983) frühestens eine Woche nach der Operation mit einer passiven Physiotherapie in Form von Beugen und Strecken der Gliedmaße; eine eigenständige Bewegung des Flügels wird erst zwei Wochen post operationem erlaubt. MACCOY (1982) weist darauf hin, dass im Zusammenhang mit dem Fixateur externe eine vorzeitige, übermäßige Belastung der frakturierten Gliedmaße häufig eine Lockerung der Verankerung im Knochen zur Folge hat. Diese wiederum ruft Instabilität im Frakturspalt hervor, welche schließlich in einer ausbleibenden Vereinigung der Knochenenden resultieren kann.

2.6.4 Therapie spezifischer Frakturen

2.6.4.1 Schultergliedmaße

2.6.4.1.1 Schultergürtelfrakturen

Frakturen des Schultergürtels treten fast ausschließlich in Zusammenhang mit Schussverletzungen oder anderen massiven Traumata (GYLSTORFF und GRIMM 1998) – insbesondere bei frontalem Anprall gegen Objekte (OROSZ 2002) – auf und können zumeist durch strikte Käfigruhe (WITHROW 1982, LEVITT 1989) oder einen Verband bei maximaler Bewegungseinschränkung (MCCLUGGAGE 1993, GYLSTORFF und GRIMM 1998) während eines Zeitraums von zwei bis drei Wochen erfolgreich behandelt werden. REDIG (1986b) hält zum Erzielen einer hohen Heilungsrate bei Ruhigstellung des Flügels einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen bei Greifvögeln für angemessen. (HELMER und REDIG 2006) empfehlen bei Schultergürtelfrakturen die konservative Behandlung mittels Achter-Bandage und Einbindung des Flügels während eines Zeitraumes von drei Wochen.

2.6.4.1.1.1 Scapula

Scapulafrakturen wird in der Fachliteratur wenig Beachtung geschenkt, was vermutlich auf eine geringe Prävalenz zurückzuführen ist. Im Allgemeinen wird zur Therapie von Brüchen der Scapula die konservative Behandlung empfohlen. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) raten zur Einbindung der verletzten Schultergliedmaße, CONZEMIUS (1995) und BENNETT (1997) halten gegebenenfalls auch die einfache Käfigruhe für ausreichend.

2.6.4.1.1.2 Clavicula

Frakturen der Clavicula werden in vivo selten diagnostiziert und am besten ohne Therapie belassen, da es nicht praktikabel ist, diese in irgendeiner Weise zu schienen (COLES 1997). BENNETT (1997) empfiehlt die konservative Behandlung in Form von Käfigruhe oder Einbindung der verletzten Schultergliedmaße, wohingegen BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) bei dislozierten Frakturen der Furcula ein intramedulläres Metallimplantat favorisieren.

2.6.4.1.1.3 Coracoid

Von den Knochen des Schultergürtels werden Frakturen des Coracoid am häufigsten beobachtet (REDIG 1986b, SIMPSON 1996). Vielfach wird nicht dislozierten Coracoidfrakturen eine günstige Heilungstendenz zugeschrieben, so dass in diesen Fällen die

konservative Therapie zumeist als ausreichend zu erachten ist (MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997). REDIG (2001) hält die konservative Behandlung auch bei dislozierten Frakturen für angezeigt. Als Zeitraum für die Therapiedauer werden von MACCOY (1996) drei Wochen angegeben. REDIG (1986b) empfiehlt für Greifvögel die Ruhigstellung des Flügels über vier bis sechs Wochen.

Wenn das Flugvermögen des Patienten wieder hergestellt werden soll, ist bei Vögeln mit einer Masse von mehr als 300 g (HOWARD und REDIG 1994), bzw. bei solchen über 500 g (COLES 1997) eine chirurgische Therapie generell angezeigt. Bei dislozierten Frakturen und bei Vögeln, die auf ein präzises Flugvermögen angewiesen sind, wird eine operative Behandlung ebenfalls angeraten (REDIG 1986b, MARTIN und RITCHIE 1994, BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995, MACCOY 1996, BENNETT 1997). HOLZ (2003) empfiehlt als Kriterium für die Wahl der Behandlungsmethode das Maß der Flügelbelastung anstelle der Körpermasse, rät jedoch aufgrund der besseren Erfolgsaussicht prinzipiell zur operativen Versorgung. Aufgrund der Lokalisation des Knochens kommen nach MACCOY (1996) nur interne Fixationsmaßnahmen in Form von Kirschner-Drähten als chirurgische Therapieform in Betracht; COLES (1997) schlägt die Verwendung von Steinmann-Nägeln vor. Nach BENNETT (1997) reicht in der Regel die Verwendung eines einzelnen intramedullären Implantats zur Stabilisierung aus; MARTIN und RITCHIE (1994) raten hingegen zur Bündelnagelung mit mehreren kleinen Metallstiften.

2.6.4.1.2 Flügelfrakturen

2.6.4.1.2.1 Humerus

HOWARD und REDIG (1993) konnten im Rahmen einer klinischen Untersuchung an Greifvögeln bei 38 % der Patienten Frakturen des Humerus verzeichnen, wobei es sich hiervon in 59 % der Fälle um offene, häufig mit devitalisierten Knochenenden assoziierte Frakturen handelte.

CONZEMIUS (1995) erachtet bei Frakturen des Oberarmknochens eine alleinige Behandlung mit Verbänden als nicht praktikabel. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) teilen diese Ansicht, beschränken ihre Aussage jedoch auf Frakturen der Diaphyse und des distalen Knochenmittels. Nach MARTIN und RITCHIE (1994) erfordern Brüche des Oberarmknochens für gewöhnlich eine offene Reposition, da die starke Kontraktion des *Musculus pectoralis* und des *Musculus biceps brachii* das distale Knochenfragment nach proximal verlagern und somit häufig Dislokationen der Knochenenden hervorrufen. McCLUGGAGE (1993) findet Frakturen des proximalen Humerus mit internen Fixationsmaßnahmen als schwierig zu behandeln und verweist in diesen Fällen auf eine Einbindung des Flügels. Aufgrund der in diesem Bereich üppig ausgebildeten Muskelmassen

sei somit auch eine ausreichende Stabilisierung der Fraktur gewährleistet. Ebenso hält REDIG (1986b) die meisten Frakturen des proximalen Drittels, wie auch distale geschlossene Humerusfrakturen einer konservativen Therapie für zugänglich. Dagegen sind nach seiner Auffassung distale offene Frakturen konservativ im Allgemeinen am schwierigsten zu behandeln. LEVITT (1989) beurteilt die konservative Behandlung von Humerusfrakturen nicht zuletzt aufgrund der schwerlich zu erzielenden Ruhigstellung des Schultergelenkes als problematisch. Nach REDIG (1986b) erfordert die konservative Behandlung von Oberarmbrüchen daher eine Kombination von Achter-Bandage und Einbindung des Flügels an den Körper, welche über einen Zeitraum von zwei Wochen belassen werden sollte; die alleinige Verwendung einer der beiden Methoden sei als unzureichend zu bezeichnen. Auch MARTIN und RITCHIE (1994) weisen darauf hin, dass zur Ruhigstellung des Schultergelenks Verbände die Schwinge auch am Körper fixieren müssen.

Die Verwendung interner Fixationsmaßnahmen zur Behandlung von Oberarmfrakturen wird von HOWARD und REDIG (1993) und BENNETT (1997) als die im Allgemeinen vorteilhafteste Methode bezeichnet. Diese können – sofern erforderlich – mit Cerclagen kombiniert werden (REDIG 1986a, REDIG 1986c, McCLUGGAGE 1993, BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995, SIMPSON 1996). GYLSTORFF und GRIMM (1998) raten zur Verwendung von Bohrdraht bis zu einer Körpermasse von 1000 g und zur Wahl von Injektionskanülen als Implantat bei Vögeln bis 100 g Körpermasse. TRAH und WRIEG (1984) halten eine gefahrlose Anwendung dieser Methode nur bei solchen Vogelarten für gegeben, deren natürliche Krümmung des Humerus das Einführen des Implantats von distal auf normograde Weise ohne Beeinträchtigung der Gelenkstrukturen erlaubt und auch COLES (1997) weist auf eine erheblich geringere Gefahr der Gelenkschädigung durch das Implantat bei Spezies mit einer S-förmigen Krümmung des Humerus hin. REDIG (1986c) bevorzugt als Implantate Steinmann-Nägel mit Gewinde und Trokarspitze, die möglichst einen Durchmesser von etwa einem Drittel des Markhöhlendurchmessers aufweisen sollen. Wenn diese vom Frakturspalt ausgehend in das proximale Knochenfragment vorgeschoben werden und nach korrekter Positionierung im Knochen aus dem proximalen Humerusende hervorstehen, können die Implantate während mehrerer Monate in diesem belassen werden ohne dabei eine Gelenkschädigung hervorzurufen. Die retrograde Methode der Applikation intramedullärer Kirschner-Drähte und Steinmann-Nägel wird im Allgemeinen bevorzugt verwendet, wenngleich auch die normograde Technik, bei der das Implantat nicht vom Frakturspalt, sondern vom Knochenende aus in die Markhöhle eingeführt wird, Verwendung finden kann (LEVITT 1989, BENNETT 1997). Nach TRAH und WRIEG (1984) und REDIG (2003) führt das retrograde Einführen von Implantaten in das distale Fragment mit Austritt der Stifte nahe des Ellbogengelenkes zur Verletzung desselben, weshalb diese Vorgehensweise nach Möglichkeit vermieden werden sollte. CONZEMIUS (1995) hält die intramedulläre Verwendung von Kirschner-Drähten bei Humerusfrakturen generell für ungeeignet, da durch

die weite Markraumhöhle Implantate großen Durchmessers erforderlich sind, die eine hohe Gefahr von Weichteilverletzungen implizieren. Auch LEVITT (1989) und MACCOY (1996) führen den geringen Halt, den der Humerus intramedullären Implantaten aufgrund der weiten Markhöhle im metaphysären Bereich bietet, als nachteiligen Aspekt bei der Verwendung von Kirschner-Drähten oder Steinmann-Nägeln an.

Kurze Markraumimplantate, Knochenzement oder eine Kombination der beiden Materialien werden von BORMAN und PUTNEY (1978), HAAS und TRAH (1988), HOWARD und REDIG (1993), MARTIN und RITCHIE (1994), BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), MACCOY (1996) und SIMPSON (1996) für sinnvoll befunden. COLES (1997) beschränkt die Verwendung dieser Therapiemethode jedoch auf Vögel unter 600 g Körpermasse. CONZEMIUS (1995) hält den Gebrauch von intramedullärem Knochenzement für die Methode der Wahl bei frischen, gedeckten Humerusfrakturen. Auch Tiere kleinerer Spezies, wie z. B. Turmfalken und Sperber können auf diese Weise behandelt werden. Nach SIMPSON (1996) bieten kurze Markraumimplantate – alleine verwendet – zu wenig Stabilität. Dies gilt in besonderem Maße für gelenknahe Frakturen, bei denen die Markhöhle des kürzeren der beiden Fragmente keine ausreichende Länge aufweist, um einen sicheren Sitz des Implantats zu gewährleisten.

Während REDIG (1986c) und GYLSTORFF und GRIMM (1998) Schrägfrakturen und große Splitter im Zusammenhang mit Humerusfrakturen zusätzlich zur Markraumnagelung mit Cerclagen stabilisieren, verwenden BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), wie auch CONZEMIUS (1995) Cerclagen bei Schräg- oder Spiralfrakturen des Oberarmknochens auch als alleinige Fixationsmaßnahme.

Der Fixateur externe wird – auch in Kombination mit intramedullären Fixationsmaßnahmen – von SIMPSON (1996) und BENNETT (1997) bei offenen Humerusfrakturen als Methode der Wahl erachtet. Auch MCCLUGGAGE (1993), MARTIN und RITCHIE (1994), MACCOY (1996) und COLES (1997) empfehlen den Fixateur externe zur Behandlung von Brüchen des Oberarmknochens. Wird dieser zur Erhöhung der Stabilität zusätzlich mit intramedullären Implantaten kombiniert, so können letztere nach Ablauf einer Woche entfernt werden, um eine endostale Kallusbildung zu ermöglichen (MCCLUGGAGE 1993). REDIG (2001) favorisiert eine modifizierte Variante der Kombination beider Methoden, bei welcher das proximal aus dem Humerus herausragende intramedulläre Implantat umgebogen und zugleich als Komponente des Fixateur externe in dessen Konstruktion einbezogen wird.

Proximale, wie auch distale Humerusfrakturen schließen aufgrund der unzureichenden Länge des endständigen Fragments die Verwendung eines Fixateur externe in der Regel aus (MACCOY 1996).

Im Falle einer chirurgischen Behandlung ist der Flügel des Patienten unmittelbar post operationem am Körper zu fixieren (GYLSTORFF und GRIMM 1998). Diese Einbindung sollte nach TRAH und WRIEG (1984) für ein bis zwei Wochen am Körper belassen und das Implantat – ausgenommen kurze Markraumimplantate und Cerclagen – nach drei bis vier Wochen entfernt werden. SIMPSON (1996) rät hingegen, die post operative Einbindung des Flügels auf fünf Tage zu begrenzen, da eine längere Ruhigstellung der Schwinge häufig die Flügelfunktion beeinträchtigt.

Nach Abschluss der Therapiemaßnahmen kann bereits eine geringgradige Rotation des Knochens eine bedeutsame Wirkung auf die Flügelstellung und damit auch auf das Flugvermögen entfalten (MACCOY 1996). Demgegenüber können manche Vögel trotz einer Verkürzung des Knochens um 25 % wieder fliegen lernen (SIMPSON 1996, COLES 1997). Die Prognose für eine Restitutio ad integrum ist aufgrund häufig vorliegender Schäden periartikulärer Strukturen dennoch vorsichtig zu stellen (MCCLUGGAGE 1993, MACCOY 1996). Zudem verschlechtert sich die Prognose, wenn es sich um offene Frakturen handelt, da Humerusfrakturen meist instabil und insbesondere Diaphysenfrakturen des Oberarms häufig mit ausgedehnten Weichteilschädigungen und nekrotischen Knochenenden vergesellschaftet sind (REDIG 1986b).

2.6.4.1.2.2 Radius und Ulna

Bei einer von HOWARD und REDIG (1993) durchgeführten Untersuchung an Greifvögeln nahmen Ulnafrakturen 26 % und Radiusfrakturen 18 % aller aufgetretenen Frakturen ein. Nach COLES (1997) sind in 50 % der Fälle entweder der Radius *oder* die Ulna frakturiert. In einer Publikation von FORBES (1998) waren die Ulna in 30%, der Radius in 10 % und beide Unterarmknochen gemeinsam in 60 % der Fälle von einem Frakturereignis betroffen.

HOWARD und REDIG (1994) und (HELMER und REDIG 2006) machen die Wahl der Therapieform weitestgehend von der erforderlichen Flugfähigkeit des Patienten abhängig. Demnach können Vögel aus Gefangenschaftshaltung ohne besondere Anforderungen an das Flugvermögen bei Fraktur lediglich eines der beiden Knochen oft mit minimalem Aufwand erfolgreich konservativ therapiert werden. Durch chirurgische Maßnahmen kann jedoch die Hospitalisierungsdauer verkürzt und ein rascheres Wiedererlangen der Funktionsfähigkeit des gebrochenen Flügels erzielt werden. Darüber hinaus sind Faktoren wie Vogelgröße, Lokalisation und Ausmaß der Fraktur für die Therapieplanung von Bedeutung (HOWARD und REDIG 1993). Ist nur einer der beiden Knochen frakturiert, sollte nach COLES (1997) als einzige Therapiemaßnahme der Flügel lediglich während eines Zeitraumes von zwei bis drei Tagen am Körper eingebunden werden. Desgleichen favorisieren TRAH und WRIEG (1984), REDIG (1986b), MCCLUGGAGE (1993) und MARTIN und RITCHIE (1994) die

konservative Behandlungsmethode bei Fraktur eines einzelnen Knochens, wobei MACCOY (1996), wie auch GYLSTORFF und GRIMM (1998) und FORBES (1998) diese Vorgehensweise auf nicht bzw. geringgradig dislozierte Knochen begrenzen. LEVITT (1989) beschränkt die konservative Therapie auf minimal dislozierte Frakturen des Radius bei intakter Ulna, wohingegen REDIG (2000b) lediglich Ulnafrakturen bei intaktem Radius konservativ versorgt. REDIG (1986b), LEVITT (1989), BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), MACCOY (1996) und auch BENNETT (1997) bevorzugen die Achter-Bandage als Form der konservativen Behandlung; eine Einbindung des Flügels ist nach REDIG (1986b) in der Regel nicht erforderlich. SIMPSON (1996) erachtet in einigen Fällen auch die Käfigruhe für eine ausreichende Therapiemaßnahme, solange der Vogel am Flügelschlagen gehindert wird. MACCOY (1996) weist auf mögliche Überlastungsfrakturen des Radius hin, wenn Ulnafrakturen ohne weitere unterstützende Maßnahmen belassen werden.

Bei Fraktur beider Knochen sind weitere therapeutische Maßnahmen erforderlich (REDIG 1986b, BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995, COLES 1997). Chirurgische Maßnahmen zur Frakturtherapie am Unterarm beschränken sich in diesen Fällen fast immer auf die Ulna, wenngleich HOWARD und REDIG (1994) in einzelnen Fällen eine erhöhte Funktionalität des Flügels durch chirurgische Versorgung beider Knochen erzielen konnten. Es ergibt sich demnach eine geringe Indikation für die operative Versorgung singulärer, gut ausgerichteter und einfacher Radiusfrakturen (LEVITT 1989, HOWARD und REDIG 1994, MACCOY 1996, SIMPSON 1996). REDIG (2000b und 2003) hält indessen die chirurgische Versorgung singulärer Radiusfrakturen aufgrund des Risikos der Entstehung einer Synostose, verzögerter oder gar ausbleibender Frakturheilung außer bei hoch proximalen Brüchen für geboten.

Lediglich signifikant dislozierte Frakturen beider Unterarmknochen machen eine chirurgische Versorgung sowohl von Radius, als auch der Ulna erforderlich (MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997). Bei komplexen Frakturen der Ulna, die mit einfachen Frakturen des Radius assoziiert sind, kann hingegen die chirurgische Versorgung des Radius die Methode der Wahl darstellen (HOWARD und REDIG 1994). REDIG (2001) hält bei Fraktur beider Unterarmknochen die chirurgische Fixation des Radius für zwingend erforderlich, wohingegen die Versorgung der Ulna als optional erachtet werden kann.

Die intramedulläre chirurgische Therapie mit Kirschner-Drähten und Steinmann-Nägeln birgt insbesondere bei Ulnafrakturen ein beträchtliches Risiko einer postoperativen Beeinträchtigung der Gelenkfunktion (LEVITT 1989), welche vornehmlich bei Spezies mit einem geraden Verlauf der Knochenlängsachse (MACCOY 1996) bzw. bei retrograder Applikation intramedullärer Stahlimplantate (HELMER und REDIG 2006) zu verzeichnen ist. Gleichwohl wird diese Methode von mehreren Autoren propagiert (HOWARD und REDIG

1993, BENNETT 1997, GYLSTORFF und GRIMM 1998). GYLSTORFF und GRIMM (1998) raten hierbei jedoch aufgrund der dünnen Kortikalis und der damit verbundenen erhöhten Splittergefahr des Knochens vom Umbiegen der aus der Hautoberfläche hervorragenden Bohrdrähtenden ab; Schrägfrakturen oder große Splitter sollten zusätzlich mit Cerclagen fixiert werden. Muss eine dislozierte Radiusfraktur ausgerichtet werden, so stellt nach HOWARD und REDIG (1993) und REDIG (2000b) die Verwendung eines retrograd eingeführten intramedullären Metallimplantats mit Austritt des Stiftendes am Karpalgelenk für gewöhnlich die einzige Möglichkeit zur Versorgung solcher Brüche dar. Die geschlossene normograde Applikationsweise der Implantate vom distalen Knochenende her sorgt für einen rascheren Heilungsverlauf, ohne dabei die Funktion des Ellbogengelenkes zu beeinträchtigen und wird daher nach HOWARD und REDIG (1994) und BENNETT (1997) im allgemeinen bevorzugt angewendet. Wird dennoch die retrograde Applikationsweise gewählt, dann sollte der Metallstift die Kortex in möglichst großem Abstand vom Ellbogengelenk penetrieren (BENNETT 1997).

Der Fixateur externe wird bevorzugt eingesetzt, um Frakturen des Unterarmes zu behandeln, wenn der Patient auf ein präzises Flugvermögen angewiesen ist (MCCLUGGAGE 1993, MACCOY 1996, BENNETT 1997). Die Verankerungsstabilität der verwendeten Metallstifte kann durch die Verwendung intramedullärer Kunststoffimplantate zusätzlich erhöht werden (REDIG 1986c, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997). Die letztgenannte Methode empfiehlt sich in besonderem Maße, wenn eine hohe Stabilität und ein frühzeitig einsetzendes Flugtraining zum Erlangen des vollständigen Flugvermögens führen sollen. Hierbei sollte der Flügel während der ersten zehn Tage post operationem zusätzlich mit einer Achter-Bandage versorgt werden (REDIG 1986c). Sowohl die unilaterale wie auch die bilaterale Anordnung des Apparates können angewendet werden (LEVITT 1989, MACCOY 1996). Aufgrund des geringen Radiusdurchmessers bei den meisten Spezies gestaltet sich die Verwendung eines Fixateur externe hier schwierig (MACCOY 1982, BENNETT 1997); diese Möglichkeit sollte den größten Vogelspezies vorbehalten bleiben.

Kurze Markraumimplantate und Knochenzement können bei Frakturen sowohl des Radius, als auch der Ulna zum Einsatz kommen und werden von HOWARD und REDIG (1994) und von BENNETT (1997) beschrieben. Um eine ausreichende Länge kurzer Markraumimplantate zu erzielen, kann eine teilweise Zerstörung der Knochen trabekel erforderlich sein. Die Verwendung von Stäben aus Kunststoff ist auf Vögel mit einer Masse von maximal 2000 g zu begrenzen (HOWARD und REDIG 1994).

Auf die Gefahr einer Synostosenbildung zwischen Radius und Ulna wird in der Literatur mehrfach hingewiesen (MCCLUGGAGE 1993, HOWARD und REDIG 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997, COLES 1997, REDIG 2000b und 2001), diese aber nur von

CONZEMIUS (1995) und CHRISTEN et al. (2005) anhand jeweils eines Falles klinisch dokumentiert. Das Risiko soll besonders bei Frakturen beider Knochen (MCCLUGGAGE 1993, HOWARD und REDIG 1994, MACCOY 1996, COLES 1997) oder hochgradigen Dislokationen (BENNETT 1997, REDIG 2001) gegeben sein, wobei sich diese Veränderung in aller Regel chirurgisch beheben lässt. MACCOY (1996) schlägt im Falle dislozierter proximaler Radiusfrakturen bei Tieren unter 3000 g Körpermasse die Exzision des Radiusfragmentes zur Vermeidung der Synostosenbildung vor.

Frakturen eines einzelnen Knochens haben eine gute Prognose, solange kein Gelenk betroffen ist oder sich eine Synostose entwickelt; Frakturen beider Knochen sind auch aufgrund einer möglichen Schädigung der Blutversorgung prognostisch vorsichtig einzuschätzen (MACCOY 1996). REDIG (1986a) berichtet von einer hohen Erfolgsquote konservativ behandelter Unterarmfrakturen (60 %), verglichen mit einer solchen von 25 % bei operativ behandelten Radius-/Ulnafrakturen. Falls eine Heilung erzielt werden kann, ist diese in der Regel nach drei Wochen erreicht und die Flugfähigkeit nach etwa sechs Wochen wieder hergestellt.

2.6.4.1.2.3 Metacarpus

Frakturen des Metacarpus weisen infolge der hohen Inzidenz an offenen Splitterfrakturen eine im Vergleich zu Knochenbrüchen anderer Lokalisation ungünstigere Prognose auf (HELMER und REDIG 2006) und bergen aufgrund der Struktur der Gefäßversorgung im distalen Bereich des Flügels ein vergleichsweise hohes Risiko der Entstehung einer avaskulären Nekrose distal der Fraktur (BENNETT 1997). So berichtet CONZEMIUS (1995) bei 2 von 4 Patienten mit Metacarpusfrakturen von Teilnekrosen des Knochens und der umliegenden Gewebe, verursacht durch ausgedehnte Gefäßzerstörungen als Folge starker Knochensplitterung.

HOWARD und REDIG (1993) machen die Wahl der Therapieform von Vogelgröße, Lokalisation und Ausmaß der Fraktur abhängig. Nach HOWARD und REDIG (1994) und MACCOY (1996) sind die meisten Metacarpusfrakturen durch konservative Behandlungsmethoden in Form einer Achter-Bandage ausreichend ruhig zu stellen. MCCLUGGAGE (1993) hält bei den meisten Frakturen des Metacarpus die konservative Behandlung durch Verbände für erforderlich, da mit chirurgischen Methoden aufgrund des geringen Knochendurchmessers und der schlechten Gefäßversorgung in diesem Bereich die Erfolgsrate oftmals eher gemindert würde. Zur zusätzlichen Stabilisierung der Fraktur können als Schiene formbare Materialien, Spritzenkolben, Holzspatel und ähnliches in den Verband eingelegt werden (HOWARD und REDIG 1994). REDIG (1986b) empfiehlt bei offenen Frakturen eine zwei- bis dreimonatige Stabilisierung des Knochens mittels konservativer Therapiemethoden, bis die Schädigung der Weichteilgewebe geheilt ist, um anschließend mit chirurgischen Mitteln – gegebenenfalls auch einem Knochentransplantat – die ausgebliebene

Vereinigung der Knochenenden zu behandeln. REDIG (2003) erzielt bessere Resultate durch eine sieben bis zehntägige Ruhigstellung des Frakturbereichs mit einem Schienenverband, an die sich eine chirurgische Versorgung mittels Fixateur externe anschließt, wobei von der Einbindung des Flügels mittels Achter-Bandage abgeraten wird.

Die intramedulläre Applikation von Kirschner-Drähten und Steinmann-Nägeln kann auch bei Metacarpusfrakturen Verwendung finden (HOWARD und REDIG 1993, MACCOY 1996, BENNETT 1997). HOWARD und REDIG (1994) und SIMPSON (1995) bevorzugen dabei die normograde Applikationsart, während BENNETT (1997) sowohl die normograde, als auch die retrograde Verfahrensweise propagiert. Der Stahlstift sollte bei dieser Therapieform beim Austritt aus dem Knochen eher den Carpus als das Carpo-Metacarpo-Phalangealgelenk penetrieren (BENNETT 1997). CONZEMIUS (1995) schildert bei einem von 4 Patienten eine Nekrose des Metapodium, die sich als Folge einer Stiftnagelung einstellte. BENNETT (1997) verweist auf die Gefahr der Entstehung einer periartikulären Fibrose im Zusammenhang mit der Verwendung von Kirschner-Drähten und Steinmann-Nägeln und REDIG (2001) erachtet die Verwendung intramedullärer Implantate als die insgesamt am wenigsten erstrebenswerteste Form der Fixation am Metacarpus.

Der Fixateur externe wird von MARTIN und RITCHIE (1994), SIMPSON (1995) und von REDIG (2003) als die aussichtsreichste Therapieform zur Behandlung von Metacarpusfrakturen erachtet. Dies trifft besonders bei Splitterfrakturen (HOWARD und REDIG 1994, REDIG 2001) und infizierten offenen Frakturen zu (BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995). Einige Autoren beschränken die Verwendung dieser Therapiemethode am Metacarpus auf größere Vogelspezies (MCCLUGGAGE 1993, HOWARD und REDIG 1994, BENNETT 1997). COLES (1997) gibt als Grenzwert für die praktikable Nutzung des Fixateur am Metacarpus eine Körpermasse von 200 g an. Die zusätzliche Verwendung intramedullärer Plastikstäbe kann die Stabilität der Fixation überdies erhöhen (HOWARD und REDIG 1994). MARTIN und RITCHIE (1994) empfehlen stattdessen normograd eingeführte intramedulläre Stahlimplantate.

Die Prognose für eine Restitutio ad integrum wird vielfach als gering eingeschätzt. MACCOY (1996) erachtet die Prognose für die Wiederherstellung des Flugvermögens für schlecht, nach REDIG (1986b) ist sie besonders bei offenen Frakturen vorsichtig zu stellen. MCCLUGGAGE (1993) hebt hervor, dass durch die oftmals erforderliche konservative Frakturbehandlung zwar eine Knochenheilung erzielt, in der Regel jedoch das Flugvermögen nicht mehr hergestellt werden kann. MACCOY (1996) hält bei einer ausbleibenden Vereinigung der Knochenenden nach mehr als zehnwöchiger Therapie eine Amputation für angezeigt. REDIG (1986b) verweist bei Frakturen des Metacarpus auf häufig auftretende Verzögerungen der Heilungsrate, die in der Regel einen Zeitraum von drei bis vier Monaten

in Anspruch nimmt. Er vertritt zudem die Auffassung, dass die initiale chirurgische Behandlung einer offenen Fraktur stets den Verlust der Flügelspitze nach sich zieht. SIMPSON (1996) hält eine Frakturbehandlung des Metacarpus für wenig Erfolg versprechend, da eine Schädigung der Blutversorgung häufig auftritt und die Flügelspitze meist nicht zu erhalten ist.

2.6.4.2 Beckengliedmaße

2.6.4.2.1 Femur

Nach MACCOY (1996) werden Femurfrakturen selten diagnostiziert und treten in der Regel als Diaphysenfrakturen im mittleren und distalen Femurschaft auf.

Zur Versorgung mittels konservativer Therapiemaßnahmen sind Frakturen des Os femoris im allgemeinen nicht gut geeignet, es sei denn, eine gewisse Verkürzung der Gliedmaße kann toleriert werden (BENNETT 1997). LEVITT (1989) weist auf die schwer zu erzielende Ruhigstellung des Hüftgelenks hin, weshalb Frakturen des Femur als problematisch für die konservative Therapie anzusehen sind. GYLSTORFF und GRIMM (1998) empfehlen die konservative Behandlung nur bei Frakturen des Femurhalses. REDIG (1986b) erachtet eine Therapie von Frakturen des Oberschenkelknochens durch Käfigruhe bei Wassergeflügel, McCLUGGAGE (1993) zudem auch bei kleinen Greifvögeln für praktikabel. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) halten Verbände für völlig ungeeignet zur Behandlung von Brüchen des Oberschenkels. Bei Greifvögeln werden nach SPINK (1978) die meisten Femurfrakturen nicht geschient oder eingebunden; die einfache Ruhigstellung des Patienten durch Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten erlaubt für gewöhnlich eine ausreichende Ausrichtung der Frakturrenden durch die umliegenden Muskelmassen bis eine Vereinigung der Frakturrenden stattgefunden hat. Bei komplexen Frakturen kann durch das Anlegen einer Schlinge in Beugehaltung der Gliedmaße oder mittels intramedullärer Fixationsmaßnahmen eine Ruhigstellung der Fraktur erzielt werden. Bei ausgeprägten Splitterfrakturen kann ein Schienenverband die geeignetste Form der Frakturversorgung darstellen (REDIG 1986b). Nach BENNETT (1997) erfordern Oberschenkelbrüche bei mittelgroßen und großen Vögeln eine chirurgische Reposition und Fixation, um eine Überlagerung der Frakturrenden zu vermeiden und Rotationsstabilität zu gewährleisten.

Die interne Fixation mittels Metallstiften wird von McCLUGGAGE (1993) und von BENNETT (1997) bei den meisten Brüchen des Oberschenkels als Methode der Wahl erachtet. Dabei empfehlen TRAH und WRIEG (1984) wie auch BENNETT (1997) die normograde Insertion des Implantats via Fossa trochanterica, während REDIG (1986c), LEVITT (1989) und McCLUGGAGE (1993) die retrograde Methode mit Austritt des Stahlstiftes in diesem Bereich bevorzugen. MARTIN und RITCHIE (1994) halten beide

Methoden der Stiftführung in den Knochen für geeignet. Die Penetration des distalen Frakturfragmentes findet hingegen bei MACCOY (1996) und bei GYLSTORFF und GRIMM (1998) bevorzugt Anwendung. Gegebenenfalls empfiehlt sich zur Erhöhung der Stabilität die Kombination mit Cerclagen oder einem Fixateur externe (MCCLUGGAGE 1993, HESS 1994, REDIG 2000b). Befindet sich die Austrittsstelle des Metallstiftes aus dem Knochen im Bereich des Trochanter, so ist das Implantat dicht unter der Haut oder nahe am Knochen abzuschneiden und gegebenenfalls zu versenken, um Reizungen der Hüftmuskulatur zu vermeiden (TRAH und WRIEG 1984). Bei proximalen Femurbrüchen rät HARCOURT-BROWN (1996) zur Versorgung der Fraktur mittels Zuggurtung; kondylusnahe Frakturen sollten hingegen mit Rush-Pins oder kurzen Metallstiften in Form einer Kreuzspickung versorgt werden (LEVITT 1989, HESS 1994, HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997).

Hinsichtlich der Verwendung kurzer intramedullärer Implantate und Knochenzement finden sich kontroverse Meinungen in der Fachliteratur. MARTIN und RITCHIE (1994) erachten kurze Markraumimplantate für ideal zur Behandlung von Knochenbrüchen im Bereich des Femur. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), wie auch HARCOURT-BROWN (1996) empfehlen die Verwendung von Kunststoffstäben bei Diaphysenfrakturen. HESS (1994) verweist auf den Vorteil einer Kombination aus einem kurzen Gewindestahlstift und Knochenzement, insbesondere bei einfachen Frakturen des Femur.

Der Fixateur externe wird als Therapiemaßnahme bei Frakturen des Femur von HOWARD und REDIG (1993) generell, von HESS (1994) nur bei Splitterfrakturen favorisiert. GYLSTORFF und GRIMM (1998) erachten diese Therapiemethode bei Vögeln über 600 g Körpermasse als vorteilhaft. HARCOURT-BROWN (1996) empfiehlt den Fixateur externe bei kondylusnahen Frakturen. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten sollten am Oberschenkelknochen ausschließlich unilaterale Konstruktionen Verwendung finden (HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997).

2.6.4.2 Tibiotarsus

Nach Meinung von BUSH (1986) sprechen viele Frakturen von Knochen der unteren Beckengliedmaße gut auf eine konservative Behandlung an. GRIMM (1978) hält die ausschließliche Ruhebehandlung bei Tibiotarsusfrakturen hingegen nicht für möglich und fordert zumindest die Verwendung eines Fixationsverbands. Tape-Verbände kommen dabei bevorzugt bei Vögeln mit einer Körpermasse von weniger als 200 g und hier – aufgrund der Schwierigkeit, das Kniegelenk in die Fixation mit einzubeziehen – vor allem bei Frakturen des mittleren bis distalen Tibiotarsus zur Anwendung (BENNETT 1997). LEVITT (1989) hält bei nicht dislozierten Frakturen die Verwendung der Ehmer-Schlinge für angemessen. Robert-

LITERATURÜBERSICHT

Jones-Verbände oder Schienenverbände als konservative Therapiemaßnahme werden von HESS (1994), BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) und GYLSTORFF und GRIMM (1998) in Betracht gezogen. Als Material für die Schienen ist Gips aufgrund des hohen Gewichts ungeeignet; diesem ist die Verwendung von Holzspateln, Aluminiumschienen, eines Light-Cast® (GRIMM 1978) oder thermoplastischem Material (GYLSTORFF und GRIMM 1998) vorzuziehen, wobei sich das Anlegen von Schienen durch den konischen Verlauf der Muskulatur im Bereich des Tibiotarsus als schwierig erweisen kann (COLES 1997). BENNETT (1997) hält Schienenverbände dann für geeignet, wenn eine korrekte Ausrichtung der Gliedmaße gegeben ist und eine Verkürzung der Beinlänge nicht im Widerspruch zum Funktionsbedarf der Gliedmaße des Frakturpatienten steht. WITHROW (1982) begrenzt die Ausdehnung von Schienenverbänden auf den Tibiotarsus selbst; die angrenzenden Gelenke bleiben frei beweglich. Die konservative Behandlung von Tibiotarsusfrakturen führt nach GYLSTORFF und GRIMM (1998) bei Vögeln zwischen 100 g und 1000 g Körpermasse weder zu einer korrekten Reposition, noch zu einer stabilen Fixation der Fraktur. Auch REDIG (1986b) rät lediglich bei Patienten unter 100-150 g Körpermasse zur Therapie mittels Tape-Verband, da bei größeren Tieren die konservative Behandlung erfolglos bleibt. In solchen Fällen sei eine Kombination von internen und externen Fixationstechniken vorzuziehen.

MCCLUGGAGE (1993) hält interne Fixationsmaßnahmen bei Tibiotarsusfrakturen für kontraindiziert, wohingegen MACCOY (1996) und BENNETT (1997) diese Therapieform im Allgemeinen und (HELMER und REDIG 2006) bei Vögeln unter 300 g Körpermasse in Verbindung mit einem Fixationsverband als vorteilhaft beurteilen. MARTIN und RITCHIE (1994) und BENNETT (1997) führen dabei einen Kirschner-Draht oder Steinmann-Nagel im Bereich der Crista tibiae in den Knochen ein und schieben diesen nach distal bis zum Ende der Markhöhle vor. GRIMM (1978) verwendet unter anderem zugeschnittene und sterilisierte Stifte aus Fichtenholz, denen er eine gute Verträglichkeit im Vogelknochen zuschreibt. Bei Splitterfrakturen erachtet er Bohrdraht für überlegen, wobei zur Vermeidung von Rotation der Durchmesser so gewählt wird, dass das Implantat die Markhöhle möglichst vollständig ausfüllt. Dabei tritt der Bohrdraht am proximalen Ende aus dem Knochen aus und wird gekürzt und umgebogen. Nach zwei Wochen wird der Metallstift entfernt und nach einer weiteren Woche der Ruhigstellung kann die Belastung der Gliedmaße erfolgen. TRAH und WRIEG (1984) belassen demgegenüber die Implantate während eines Zeitraumes von drei bis vier Wochen im Knochen. GYLSTORFF und GRIMM (1998) wählen den Durchmesser des Bohrdrahts so, dass zwar Rotation vermieden, die Markhöhle jedoch nicht vollständig ausgefüllt wird, um damit eine Beeinträchtigung der Kallusbildung durch Störung der enchondralen Blutversorgung zu verhindern. HESS (1994) weist darauf hin, dass infolge des geraden Knochenverlaufs bei der retrograden Applikationsweise von Metallstiften stets auch der Gelenkbereich traumatisiert wird und durch die nach distal enger werdende Markhöhle

LITERATURÜBERSICHT

intramedulläre Implantate möglicherweise für einen Sitz im proximalen Markraum eine optimale Stärke aufweisen, während der Durchmesser für einen stabilen Sitz distal im Knochen zu groß gewählt ist.

Schrägfrakturen der Diaphyse zeigen eine Tendenz zur Auswärtsrotation. Diese bleibt zwar für den betroffenen Patienten in der Regel ohne Folgen, doch führt die Markraumnagelung als alleinige Therapiemaßnahme daher oftmals nicht zu einem vollständig zufrieden stellenden Ergebnis, so dass sich bei Diaphysenfrakturen die Kombination interner Therapiemaßnahmen mit Schienenverbänden als vorteilhaft erwiesen hat (COLES 1997). Auch HESS (1994) und MACCOY (1996) halten bei der Verwendung einzelner Kirschner-Drähte aufgrund der dabei entstehenden Rotationsinstabilität zusätzliche Maßnahmen für erforderlich.

Intramedulläre Kunststoffstäbe werden von HOWARD und REDIG (1993) gelegentlich bei offenen Tibiotarsusfrakturen eingesetzt. HESS (1994) verwendet diese ausschließlich in Kombination mit einem Fixateur externe zur Stabilisierung von Frakturen der Diaphyse und des distalen Knochenbereichs bei großen Vogelarten. Bei Brüchen des proximalen Knochenabschnitts kommt stattdessen die Kombination eines mit Knochenzement ergänzten kurzen Gewindestahlstiftes zum Einsatz. GRIMM (1978) hält wegen der Gefahr des weiteren Aussplitterns den Einsatz von Knochenzement bei Splitterfrakturen nicht für ratsam.

MARTIN und RITCHIE (1994) erachten den Fixateur externe als ideale Behandlungsmethode zur Versorgung von Brüchen des Tibiotarsus. LEVITT (1989) und MCCLUGGAGE (1993) bevorzugen bei größeren Tieren aufgrund der optimalen Ausrichtung des Knochens die bilaterale Anordnung des Fixateur, wohingegen REDIG (1986a) diese Form der Frakturversorgung aufgrund der vorzeitigen Lockerung des Apparates für wenig geeignet hält. REDIG (2003) bevorzugt eine Kombination von intramedullären Implantaten mit einem Fixateur externe Typ I, bei ausgeprägten Splitterfrakturen hingegen einen solchen vom Typ II.

Während MCCLUGGAGE (1993) Tibiotarsusfrakturen im allgemeinen und MACCOY (1996) solchen der Diaphyse und des proximalen Knochens eine günstige Prognose zuschreibt, verweist REDIG (1986a) in einer Untersuchung an 378 Greifvogelpatienten mit 27 Tibiotarsusfrakturen auf lediglich 4 von 18 chirurgisch behandelten Patienten, die ausgewildert werden konnten, wobei keiner der 9 konservativ behandelten Patienten in die Freiheit entlassen wurde. Nach MACCOY (1996) ist die Prognose bei Stelzvögeln vorsichtig zu stellen. Auch sei die Osteomyelitis eine im Zusammenhang mit der Behandlung von Brüchen des Tibiotarsus häufig auftretende Folgeerscheinung.

Eine postoperative Belastung der Gliedmaße ist während der ersten drei bis fünf Tage aufgrund einer durch den chirurgischen Eingriff oder durch das Trauma selbst hervorgerufenen Neuroparalyse nicht zu erwarten (REDIG 2003).

2.6.4.2.3 Tarsometatarsus

Aufgrund des im unteren Beinbereich spärlich ausgebildeten Weichteilgewebes handelt es sich bei Zusammenhangstrennungen des Tarsometatarsus meist um offene Knochenbrüche (MCCLUGGAGE 1993). Vergleichbar den Frakturen des Metacarpus ist auch bei Brüchen des Laufbeins distal des Frakturbereichs die Gefahr der Entstehung einer avaskulären Nekrose gegeben, wenn die Blutversorgung durch Manipulation im Frakturbereich beeinträchtigt wird (REDIG 1986b, BENNETT 1997). Daher halten REDIG (1986b) und MCCLUGGAGE (1993) die chirurgische Therapie hier im Allgemeinen für kontraindiziert. HESS (1994), MACCOY (1996), BENNETT (1997), COLES (1997) und GYLSTORFF und GRIMM (1998) favorisieren Schienenverbände oder Adaptationsschienen. Die Schienen sollten dabei das proximale Gelenk einschließen und die Zehen zusätzlich mittels einer Schiene in Extensionsstellung fixiert werden, um die kräftigen Sehnen des unteren Beinbereichs ruhig zu stellen (SPINK 1978).

Die Frakturtherapie mit intramedullären Fixationsmaßnahmen sollte bei offenen Brüchen und Splitterfrakturen in Erwägung gezogen werden (GYLSTORFF und GRIMM 1998). MARTIN und RITCHIE (1994) bevorzugen das Einführen von Kirschner-Drähten, bzw. Steinmann-Nägeln im Frakturbereich mit Austritt derselben lateral oder medial des Tarsalgelenks. MACCOY (1996) und REDIG (2003) erachten die Verwendung intramedullärer Metallstifte als nachteilig, da hierbei zumindest ein Gelenk penetriert werden muss. HESS (1994) und BENNETT (1997) heben hervor, dass der Tarsometatarsus keine Markhöhle aufweist und intramedulläre Implantate daher nicht einfach vorgeschoben, sondern durch die gesamte Länge des Knochens gebohrt werden müssen. Zudem fänden sich keine guten Eintrittspunkte zur Insertion von Metallstiften in den Knochen, weshalb HESS (1994) konservative oder externe Fixationsmaßnahmen internen Therapiemethoden vorzieht.

MARTIN und RITCHIE (1994), BENNETT (1997) und REDIG (2003) erachten den Fixateur externe – besonders vom Typ II – als vorteilhafte Methode, da hiermit bei einfacher Applikation eine gute Stabilität der Fixation erzielt werden kann. Eine Schädigung der Blutgefäßversorgung durch die Metallstifte muss jedoch in jedem Fall vermieden werden (MACCOY 1996). BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) favorisieren den Fixateur externe bei Diaphysenfrakturen des Laufbeins, REDIG (2001) bei Splitterfrakturen oder im Zusammenhang mit offenen Wunden, die eine Versorgung erforderlich machen, während COLES (1997) diese Therapiemethode auf große Vogelspezies beschränkt.

Nach REDIG (1986b) treten Brüche des Laufbeins im Vergleich zu Tibiotarsusfrakturen häufiger als offene Frakturen in Erscheinung und sind prognostisch schlechter einzustufen als diese.

2.6.4.2.4 Zehenfrakturen

Von allen Therapieformen kommt bei Frakturen der Zehenknochen der konservativen Behandlung die größte Bedeutung zu. Bei Tieren bis 2000 g Körpermasse empfiehlt sich das Fixieren des Fußes auf einem geeigneten Objekt (MACCOY, 1996). Von REDIG (1986b), HESS (1994), BENNETT (1997) und HARCOURT-BROWN (2002) werden hierzu aus Mullbinden geformte Kugeln beschrieben, die im Durchmesser den Verhältnissen des jeweiligen Patienten angepasst sind, wodurch eine leicht gebeugte Zehenhaltung resultiert. Dieser Verband sollte während eines Zeitraumes von drei bis vier Wochen am betroffenen Fuß belassen werden (REDIG, 1986b); zusätzlich sind die Gelenke proximal und distal des betroffenen Zehengliedes ruhig zu stellen (BENNETT 1997). In manchen Fällen sind aus Mundspateln zurechtgeschnittene Schienen mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt worden (REDIG 1986b). Weiterhin können längs halbierte und gepolsterte Einwegspritzen als Schienenmaterial Verwendung finden (LEVITT (1989). Auch Tennisbälle oder gepolsterte Holzschienen werden als Unterlage beschrieben (LEVITT 1989, MACCOY 1996). Eine weitere Form des Schienenverbandes stellt der sogenannte Schneeschuh-Verband dar. Hierbei wird der Fuß auf einer gepolsterten Acrylschiene fixiert, die derart zurechtgeschnitten wird, dass sie der Gestalt der Fußsohle hinsichtlich ihrer äußeren Umrisse nachempfunden ist (MCCLUGGAGE 1993, BENNETT 1997, HESS 1997). Diese Methode besitzt gegenüber der Mullbindenkugel den Vorteil, dass der Fuß früher wieder belastet werden kann (BENNETT 1997).

Bei größeren Individuen ist eine Therapie mit intramedullären Kirschner-Drähten angezeigt (MACCOY 1996). Dabei ist jedoch – analog zu den Verhältnissen beim Tarsometatarsus – keine Markhöhle ausgebildet, weshalb die Implantate auf der ganzen Länge durch den Knochen gebohrt werden müssen (HESS 1994).

Die Prognose für das Wiedererlangen des normalen Gebrauchs der Gliedmaße wird bei Zehenfrakturen allgemein als günstig beschrieben (MCCLUGGAGE 1993).

2.6.4.3 Sonstige Frakturen

Laut Aussage von BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) treten **Frakturen der Wirbelsäule** am häufigsten im Bereich des Synsacrums in Erscheinung, während nach HARCOURT-BROWN (1996) die Gewebeschädigung zumeist an einem der beiden Gelenke zwischen Notatrium und Synsacrum lokalisiert ist. Die therapeutischen Möglichkeiten umfassen eine Ruhebehandlung in kleinen Boxen, die auch eine liegende oder hängende Haltung erfordern kann (BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995). Dieselben Autoren ziehen bei Dislokationen einen chirurgischen Eingriff in Form einer Bohrdrahtklammerung in

Erwägung, wobei die Prognose in solchen Fällen aufgrund der Schädigung der Nervenbahnen schlecht sei. Nach HARCOURT-BROWN (1996) sprechen Quetschungen oder Prellungen der Wirbelsäule im beschriebenen Bereich auf eine Therapie mit Steroiden und Antibiotika an, wohingegen alle anderen Fälle eine schlechte Prognose aufweisen.

Frakturen der Beckenknochen treten selten auf, so z. B. bei massiven mechanischen Einwirkungen auf den Körper – wie etwa bei Schussverletzungen (GYLSTORFF und GRIMM 1998) – es sei denn, sie sind mit einer metabolischen Knochenerkrankung assoziiert (MCCLUGGAGE 1993). Eine Reposition mit Fixation der Frakturrenden ist zumindest beim kleinen Vogel bis Taubengröße aus anatomischen Gründen nicht durchführbar (GYLSTORFF und GRIMM 1998) bzw. generell nicht erforderlich (MCCLUGGAGE 1993). Die ausschließliche Ruhebehandlung durch Käfigruhe über ein bis drei Wochen führt in Fällen ohne Traumatisierung der Nieren teilweise zum Erfolg (GYLSTORFF und GRIMM 1998).

2.6.5 Maßnahmen zur Rehabilitation

Frakturpatienten müssen bis zur Heilung der Zusammenhangstrennung(en) in Gefangenschaft gehalten werden. Dies kann – je nach Ausmaß der Verletzungen und dem Auftreten möglicher Komplikationen – einen Zeitraum von vier Wochen bis zu vier Monaten in Anspruch nehmen (PORTER 1990). REDIG (1986a) gibt im Zusammenhang mit der Behandlung von Humerusfrakturen bei Greifvögeln für die meisten Patienten eine ungefähre Zeitdauer von acht Monaten bis zum Erreichen der Flugfähigkeit an, die überdies in Einzelfällen auch ein ganzes Jahr erfordern kann, wobei letztgenannte Fälle in der Regel auf sekundäre Erkrankungen (Bumblefoot) zurückzuführen waren. Auch LIND et al. (1988) berichten von Rekonvaleszenzzeiten von bis zu einem Jahr bei Greifvögeln. Der frühe Gewinn der Gebrauchsfähigkeit einer gebrochenen Gliedmaße kann somit die Phase der Rehabilitierung verkürzen und eine frühzeitige Auswilderung erlauben (KUZMA und HUNTER 1989). Dabei kann eine 20-30 %ige Funktionsminderung der Beinbewegung bei Wildvögeln in Kauf genommen werden, solange diese Dysfunktion nicht drastisch die Extension oder Flexion des Fußes oder das Ergreifen der Nahrung behindert (MARTIN und RITCHIE 1994). TIEMEIER (1941) bekräftigt, dass Vögel trotz in dislozierter Position geheilter Humerusfrakturen das Flugvermögen wiedererlangen können und auch COLES (1997) betont, dass die Erhaltung der maximalen Gelenkbeweglichkeit beim Vogel weitaus wichtiger ist als die perfekte Knochenausrichtung; selbst bei einer Verkürzung des Humerus um 25 % besteht die Möglichkeit, dass die betroffenen Vögel die Flugfähigkeit zurückgewinnen. ROWLEY und PHSYK (1982) konstatieren, dass die meisten Falken mit in gekrümmter Position geheilten Flügelfrakturen ein zur Auswilderung ausreichendes Flugvermögen wiedererlangen können. COONEY und MUELLER (1994) führen als Ursachen für eine Gelenkankylose im Zusammenhang mit der aviären Frakturtherapie unter

anderem eine inadäquate Physiotherapie an und heben hervor, dass bei einer operativen Therapie die Entfernung der Implantate zum rechten Zeitpunkt vorgenommen werden muss. Erfolgt diese zu früh, hat die vorzeitige Belastung des heilenden Knochens eine verzögerte oder ausbleibende Heilung zur Folge; wird sie hingegen zu spät durchgeführt, resultiert die länger dauernde Ruhigstellung der Gliedmaße in einer eingeschränkten Beweglichkeit.

Bezüglich des Zeitpunkts, zu dem die Physiotherapie einsetzen und der Häufigkeit, mit der dieselbe durchgeführt werden sollte, finden sich beträchtliche Diskrepanzen in der einschlägigen Fachliteratur. Nach REDIG (1986a) und LEVITT (1989) soll der passive, wie auch der aktive Gebrauch der Gliedmaße gefördert werden, sobald sich ein bindegewebiger Kallus gebildet hat, der die Fraktur zumindest partiell zu stabilisieren vermag. BENNETT (1997) weist darauf hin, dass in der frühen Phase der Knochenheilung eine Physiotherapie nur in Allgemeinanästhesie vorzunehmen ist. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) geben an, dass Flügelverbände alle fünf Tage gelöst und die Schwingen kontrollierend bewegt werden müssen. OROSZ (2002) schlägt vor, mit passiven Bewegungsübungen zehn Tage post operationem zu beginnen und diese bis zur Entfernung der Fixationsmaßnahmen zweimal wöchentlich durchzuführen. COONEY und MUELLER (1994) führen eine passive Physiotherapie ab dem Zeitpunkt des ersten Verbandwechsels mindestens ein- bis zweimal wöchentlich durch. Etwa eine Woche nachdem die Fraktur geheilt ist, können die Patienten in eine geräumigere Umgebung verbracht werden, um ihnen ein höheres Maß an eigenständiger Bewegung zu ermöglichen, wobei insbesondere Greifvögel eines mehrwöchigen Aufenthalts in ausreichend groß bemessenen Volieren bedürfen, um die erforderliche Gebrauchsfähigkeit der Muskulatur wiederzuerlangen. HOEFLE und BLANCO (2001) empfehlen eine Flexion und Extension fixierter Gelenke während der Rekonvaleszenzzeit zunächst dreimal wöchentlich, später häufiger und mit steigender Anzahl von Beugungen und Streckungen, wobei die Übungen aufgrund der Schmerzhaftigkeit unter Anästhesie durchgeführt werden sollten.

3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN

3.1 Patientenkollektiv

Das der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende Patientenkollektiv umfasst die während eines Untersuchungszeitraums von drei Jahren therapierten Wildvögel verschiedener Spezies (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 1: Klassifizierung der Frakturpatienten nach ihrer Artzugehörigkeit (nach WOLTERS 1975-82)

Ordnung	Familie	Art	Anzahl	
Accipitriformes Greifvögel	Accipitridae	<i>Buteo buteo</i>	Mäusebussard	42
		<i>Accipiter gentilis</i>	Habicht	4
		<i>Accipiter nisus</i>	Sperber	12
	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Fischadler	1
Falconiformes Falken	Falconidae	<i>Falco tinnunculus</i>	Turmfalke	15
		<i>Falco subbuteo</i>	Baumfalke	2
Strigiformes Eulen	Strigidae	<i>Asio otus</i>	Waldohreule	6
		<i>Strix aluco</i>	Waldkauz	4
		<i>Athene noctua</i>	Steinkauz	4
	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Schleiereule	4
Columbiformes Tauben	Columbidae	<i>Columba livia domestica</i>	Stadttaube	20
		<i>Columba palumbus</i>	Ringeltaube	3
		<i>Streptopelia decaocto</i>	Türkentaube	2
Ciconiiformes Schreitvögel	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	Graureiher	2
Anseriformes Entenvögel	Anatinae	<i>Anas platyrhynchos</i>	Stockente	4
Passeriformes Sperlings-artige	Sittidae	<i>Sitta europaea</i>	Kleiber	1
	Emberizidae	<i>Emberiza citrinella</i>	Goldammer	1
	Corvidae	<i>Corvus frugilegus</i>	Saatkrähe	1
		<i>Corvus corone</i>	Rabenkrähe	5
		<i>Pica pica</i>	Elster	1
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Rauchschwalbe	1
		<i>Delichon urbica</i>	Mehlschwalbe	1
	Muscicapidae	<i>Turdus merula</i>	Amsel	1
	Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	Star	1
	Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Buchfink	1
		<i>Carduelis chloris</i>	Grünling	1
		<i>Carduelis spinus</i>	Erlenzeisig	1
		<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Kernbeißer	1
	Piciformes Spechte	Picidae	<i>Dendrocopos major</i>	Buntspecht
<i>Picus canus</i>			Grauspecht	1
<i>Picus viridis</i>			Grünspecht	1
Coraciiformes Rackenvögel	Alcedinidae	<i>Alcedo attis</i>	Eisvogel	1
Gesamtzahl der Frakturpatienten			147	

3.2 Röntgentechnik

3.2.1 Allgemeines

Die Anfertigung von Röntgenaufnahmen wurde analog zu den bei KRAUTWALD et al. (1992) beschriebenen Techniken durchgeführt. Es wurden drei verschiedene Lagerungsarten bzw. Strahlengänge verwendet: Der ventro-dorsale Strahlengang wurde in allen Fällen außer bei Aufnahmen der Zehen herangezogen, bei denen diese Lagerung einer dorso-plantaren Projektion entspricht. Als zweite Ebene kam bei Aufnahmen des Rumpfes und der Hintergliedmaße die latero-laterale Projektion zur Anwendung, die – ausgenommen Aufnahmen des linken Beines – stets in rechter Seitenlage durchgeführt wurde. Zur Abbildung des Flügels in der zweiten Projektionsebene wurde die caudo-craniale Lagerung der Schwinge herangezogen.

Die Röntgenbilder wurden zumeist ohne sedative oder anästhetische Maßnahmen durchgeführt. Ausgenommen hiervon waren intraoperativ angefertigte Aufnahmen und solche bei ausgesprochen unruhigen Tieren mit heftigen Abwehrbewegungen.

3.2.2 Röntgenintervalle

Grundsätzlich wurden unmittelbar nach Vorstellung des Patienten im Anschluss an die klinische Untersuchung Röntgenaufnahmen zur exakten Diagnosestellung und Therapieplanung angefertigt. Soweit erforderlich wurden bei chirurgisch behandelten Fällen auch intraoperativ Röntgenbilder erstellt, um den Sitz des/der Implantat(e) zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren.

Während des Therapiezeitraumes wurden bis zum Abschluss der Frakturheilung (in diesem Fall der Zeitpunkt röntgenologisch deutlich sichtbarer Knochenkallusbildung – nicht die Applanation des Knochenkallus) wöchentliche Kontrollaufnahmen angefertigt; folglich in der überwiegenden Zahl der Fälle am 7., 14., 21. und in manchen Fällen am 28. oder gar am 35. Tag. Spätestens zu diesem Zeitpunkt konnten die Tiere in die Freiheit entlassen (z. B. bei einfachen Frakturen der Beckengliedmaße) oder zur Konditionierung in Auffangstationen mit Flugvoliere entlassen werden. In Einzelfällen war es nötig, außerhalb des planmäßigen Intervalls Röntgenbilder zu erstellen, da Krankheitsanzeichen oder augenscheinliche Fehlstellung der behandelten Gliedmaße unmittelbar nach ihrem Auftreten röntgenologisch abgeklärt wurden.

3.2.3 Auswertung der Röntgenaufnahmen

3.2.3.1 Alter der Fraktur

Da das Alter einer Fraktur entscheidende Auswirkungen auf die prognostische Einschätzung des Krankheitsgeschehens und den zu erwartenden Therapieerfolg hat, wurde eine grobe Einschätzung des Alters der Fraktur(en) zum Zeitpunkt der Vorstellung des Patienten vorgenommen und diente damit – neben weiteren abklärenden Maßnahmen (wie z. B. der Beurteilung des Allgemeinbefindens und der Untersuchung auf Begleiterkrankungen) – der Urteilsbildung und konnte die Entscheidung zwischen Therapie und Euthanasie in wesentlichem Maß beeinflussen.

Folgende Altersgruppen wurden dabei unterschieden:

frische Frakturen (f): die Bruchenden weisen glatte, scharf begrenzte Frakturränder, eine deutliche Weichteilschwellung und bei pneumatisierten Knochen ggf. ein Emphysem im Frakturbereich auf.

ältere Frakturen (ä): abnehmende Weichteilschwellung und eine auf Knochenresorption zurückzuführende Unschärfe der Frakturrenden weisen auf eine Frakturgeschehen hin, das bereits einige Tage (> 3 Tage) zurückliegt.

in Heilung befindliche Frakturen (h): geringgradige oder fehlende Weichteilschwellung, deutliche periostale Reaktionen bzw. eine sichtbare Kallusbildung deuten auf eine Fraktur hin, die sich bereits in einem fortgeschrittenen Stadium der Knochenheilung befindet (i. d. R. > 14 Tage).

alte Fraktur (a): Knochen durchgebaut, keine periostalen Reaktionen feststellbar, Knochenheilung abgeschlossen. Auch das klinische und röntgenologische Erscheinungsbild der Pseudarthrose wurde in diese Kategorie eingestuft.

3.2.3.2 Lokalisation der Fraktur am Knochen

Zur Beschreibung der Frakturlokalisierung im Hinblick auf das betroffene Knochensegment wurde – ohne Berücksichtigung anatomischer Gegebenheiten – eine Einteilung in **proximales, mittleres und distales Knochendrittel** vorgenommen, wobei die Gesamtlänge des Knochens in drei jeweils gleich große Abschnitte unterteilt wurde. Die Bezeichnung erfolgte mit den Abkürzungen p (proximales Drittel), m (mittleres Drittel) und d (distales Drittel). Erstreckte sich eine Fraktur über mehrere Abschnitte, so wurden alle betroffenen Segmente einzeln aufgeführt. Frakturen, die sich in unmittelbarer Nähe des Gelenkes befanden, wurden als gelenknahe Frakturen (g) eingestuft.

3.2.3.3 Verlauf und Lokalisation der Frakturlinie

Die Einteilung der Frakturen erfolgte nach den anatomischen Veränderungen und dem Verlauf der Frakturlinie in Anlehnung an DENNY (1983), BRINKER et al. (1984) und BRINKER et al. (1993).

3.2.3.4 Verlagerung der Knochenfragmente

Die Nomenklatur zur Bezeichnung der Lage der Knochenfragmente zueinander erfolgt analog zu SCHEBITZ und BRASS (1975). Ergänzend hierzu wird die Dislokation – je nach Ausmaß der Verlagerung – als geringgradig (+), mittelgradig (++) oder hochgradig (+++) eingestuft, wobei diese insbesondere bei hochgradig instabilen Frakturen einer gewissen Dynamik unterworfen ist.

3.3 Therapeutische Maßnahmen

3.3.1 Initialversorgung

Zunächst wurde eine eingehende Adspektion des vorgestellten Patienten mit besonderem Augenmerk auf den Frakturbereich und gegebenenfalls vorhandene Wunden vorgenommen. In Fällen mit aussichtsloser Prognose auf eine Restitutio ad integrum wurden die Tiere euthanasiert, noch bevor weitere lebenserhaltende Maßnahmen ergriffen wurden.

Bei aussichtsreicher Prognose und gestörtem Allgemeinbefinden wurde, sofern erforderlich, eine primäre Wundversorgung vorgenommen und zunächst der Allgemeinzustand stabilisiert. Dies geschah – unter Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse – durch Volumensubstitution mit Amynin® 20 ml/kg s. c., bei Schockzuständen zusätzlich Prednisolon (Solu-Decortin®) 1-3 mg/kg i. m. oder i. v. bei gleichzeitiger Applikation eines Antibiotikums (initial Ampicillin-Natrium [Binotal®] in einer Dosierung von 100 mg/kg i. m.). Anschließend wurde der Vogel bis zur Stabilisierung des Allgemeinbefindens in einer abgedunkelten, warmen und ruhigen Umgebung untergebracht.

3.3.2 Weiterführende Untersuchungen

Befand sich der Patient in einem Zustand, der die Durchführung weiterer Untersuchungen gestattete, so folgten die röntgenologische Untersuchung, eine eingehende Allgemeinuntersuchung und die Kontrolle des Körpergewichts. Bei offenen, kontaminierten oder infizierten Frakturen wurden Wundabstriche zur bakteriologischen und mykologischen Untersuchung durchgeführt. Wunden wurden daraufhin eingehend therapiert und

Unterstützungsmaßnahmen zur vorübergehenden Stabilisierung der Fraktur vorgenommen. Sofern sonstige Primär- oder Begleiterkrankungen diagnostiziert wurden, erfolgte die Behandlung derselben.

3.3.3 Konservative Therapie

Ließen die Befunde der röntgenologischen Untersuchung ein prognostisch günstiges Resultat durch eine konservative Behandlung erwarten, wurde diese unmittelbar im Anschluss an die Untersuchung vorgenommen. Die Behandlungsdauer richtete sich dabei nach dem jeweiligen Ergebnis der röntgenologischen Kontrolluntersuchung in Verbindung mit dem klinischen Befund. Erschien eine Fraktur im Therapieverlauf im Rahmen einer solchen Untersuchung palpatorisch stabil, wurde die Ruhigstellung der Fraktur aufgehoben, nach Bedarf und Möglichkeit physiotherapeutische Maßnahmen eingeleitet, der normale Gebrauch der betreffenden Gliedmaße ermöglicht und die Tiere zur weiteren Konditionierung in eine geräumigere Umgebung (Flugvoliere) verbracht.

3.3.3.1 Käfigruhe

Eine maximale Bewegungseinschränkung als alleinige Behandlungsmethode kam lediglich in einem Fall (Patient Nr. 146) zur Anwendung. Hierbei wurde das betreffende Tier in einen nach oben offenen Karton entsprechender Größe gesetzt und dort bis zur Heilung der Fraktur belassen.

3.3.3.2 Einbindung

Folgende Formen der Einbindung wurden im Rahmen der Untersuchungen angewendet:

Die **einfache Einbindung** des Flügels an den Körper wurde als alleinige Therapiemaßnahme ausschließlich bei Schultergürtelfrakturen eingesetzt. Hierbei wurde die betroffene Schwinge in physiologischer Ruheposition dem Thorax angelegt und schwach haftendes Klebeband (Tesakrepp®) mehrfach übereinander um Flügel und Thorax geführt. Die gesunde Schultergliedmaße wurde nicht in die Fixationsmaßnahme einbezogen und blieb zum Ausbalancieren des Körpers frei beweglich. Danach wurden die Federn der Flügelspitze mit den Schwanzfedern auf gleiche Weise verbunden, um Kippbewegungen des Flügels zu unterbinden und gleichzeitig den Stabilisierungsgrad zu erhöhen. Besonders bei Spezies mit scharfen Schnabelrändern folgte auf die Applikation des schwach haftenden Klebebandes zumindest eine weitere Lage stark adhäsiven Bandes (Leukoplast®), um ein Durchbeißen der Einbindung zu verhindern, wobei darauf geachtet wurde, dass dieses nicht mit dem Gefieder in Berührung kam.

Die einfache Einbindung wurde bei Flügelfrakturen auch ergänzend zur chirurgischen Frakturbehandlung verwendet, um in der Frühphase der Frakturheilung eine zusätzliche Stabilität der Fixation zu erzielen und bei intramedullären Therapiemethoden eine Rotation im Frakturbereich zu verhindern. Einfache Einbindungen erfolgten stets unilateral an der frakturierten Schultergliedmaße, um dem Patienten ein Ausbalancieren des Körpers durch die gesunde Schwinge zu ermöglichen.

Die **Achter-Bandage** kam bei Frakturen des Unterarmes und des Metapodium zum Einsatz. Hierbei wurde zunächst eine Lage Polsterwatte (Rolta®) und darauf mehrere Lagen einer elastischen Binde (Vetrap®) in Form einer Acht um den Unterarm geführt, so dass zugleich Ellbogen- und Karpalgelenk ruhig gestellt waren. Zusätzlich wurde der Flügel zumindest während der frühen Phase der Frakturheilung durch eine zusätzliche einfache Einbindung am Körper fixiert.

3.3.3.3 Schienenverband

Schienenverbände fanden vornehmlich im Bereich der unteren Beckenextremität Verwendung. Frakturen des Tibiotarsus, Tarsometatarsus, aber auch Brüche der Metacarpalknochen wurden auf diese Weise behandelt. Als schienende Komponente wurden thermoplastische Materialien (Hexcelite®, Himed IP 2700®) verwendet, die durch Polsterwatte, Verbandmull und/oder elastische Binden ergänzt wurden. Jeder Schienenverband enthielt eine polsternde, eine schienende und eine fixierende Komponente. Die schienende Komponente wurde auf die erforderliche Größe zurechtgeschnitten und – sofern formbar – den Körperkonturen angepasst. Die dem gebrochenen Knochen benachbarten Gelenke wurden dabei nach Möglichkeit in die Fixation einbezogen.

3.3.4 Operative Therapie

3.3.4.1 Konditionierung des Patienten

Eine operative Therapie erfolgte in Abhängigkeit vom gesundheitlichen Zustand des Patienten. Bei stabilem Allgemein- und ausreichendem Ernährungszustand wurde bei am Vorabend des Operationstages die Nahrung entzogen; kleinere Singvögel erhielten demgegenüber Futter bis kurze Zeit vor Einleitung der Anästhesie, um einen hypoglykämischen Zustand während oder kurz nach der Operation zu vermeiden. In der Mehrzahl der Fälle konnte die operative Behandlung bereits am Tag nach der Vorstellung des Patienten in der Poliklinik vorgenommen werden; nur selten musste diese aus den oben genannten Gründen verschoben werden. Erforderte die Wunde im Frakturbereich aufgrund ihres Ausmaßes oder umfangreicher Schmutzkontamination eine sofortige Wundrevision

unter Anästhesie, so wurde auch unmittelbar im Anschluss an diese die Frakturbehandlung durchgeführt. Ging im Falle ausgedehnter Knochensplinterung von spitzen bzw. scharfen Knochenrändern die Gefahr einer weiteren Traumatisierung wichtiger Nerven und Gefäße aus, wurde die operative Therapie ebenfalls unverzüglich vorgenommen.

Eine präoperative antibiotische Therapie wurde unmittelbar nach der Entscheidung zur Osteosynthese eingeleitet.

3.3.4.2 Vorbereitung des Operationsfeldes

Während der Operation befand sich der Patient auf einem Wärmekissen, um einem intraoperativen Wärmeverlust entgegenzuwirken. Nach Erreichen des chirurgischen Toleranzstadiums wurde das Operationsfeld von Federn befreit und die Haut im federfreien Bereich mit Jodlösung (Betadine®) desinfiziert. Die Abdeckung größerer Patienten erfolgte zu Beginn der Arbeit mit einer synthetischen Abdeckfolie, welche mit einem Klebespray (Leukospray®) auf der Haut fixiert wurde. Da der das Operationsfeld umgebende federfreie Bereich im Hinblick auf eine rasche Wiederauswilderung der Patienten so klein wie möglich gehalten werden sollte, konnte keine ausreichend große Kontaktfläche zwischen Haut und Folie geschaffen werden, die einen sicheren Halt gewährleistet hätte. Die Ergebnisse der operativen Behandlung kleiner Singvögel, bei denen eine Abdeckung des Operationsfeldes aus technischen Gründen ausschied, deuteten darauf hin, dass eine erhöhte Infektionsgefahr durch Manipulation im Frakturbereich bei einer nicht streng antiseptischen Vorgehensweise nicht zu befürchten war. Daher wurde im weiteren Verlauf der Untersuchung – ergänzend zur Haut- und Wunddesinfektion – lediglich der dem Operationsfeld unmittelbar angrenzende Gefiederbereich mit einem Alkoholspray befeuchtet und gescheitelt.

3.3.4.3 Zugänge zum Skelettsystem

Die Zugänge zum Skelettsystem wurden analog der Beschreibungen in der einschlägigen Fachliteratur (OROSZ et al. 1992) vorgenommen. Bei der Therapie offener Frakturen mit intramedullären Fixationsmethoden oder Cerclagen erfolgte der Zugang möglichst vom Wundbereich ausgehend, sofern dieser zum Frakturbereich annähernd kongruent war. Zur Therapie mittels Fixateur externe wurde im Bereich der vorgesehenen Insertionsstellen der Kirschner-Drähte eine Inzision der Haut vorgenommen.

3.3.4.4 Intramedulläre Fixation

3.3.4.4.1 Metallimplantate

Als Metallimplantate wurden Kirschner-Drähte mit einseitiger Trokarspitze und abgerundetem Schaftende in den Stärken 0,8 mm bis 3,0 mm verwendet. Bei geschlossenen Frakturen des Humerus, wie auch bei solchen von Radius und Ulna, erfolgte der Zugang in der Regel von ventral. Gedeckte Frakturen des Femur wurden durch einen lateralen Zugang oder durch einen solchen von der Fossa trochanterica ausgehend versorgt. Bei Brüchen des Tibiotarsus wurde der mediale Zugang zum Frakturbereich bevorzugt.

Der Durchmesser der Kirschner-Drähte wurde so gewählt, dass das Implantat die Markhöhle möglichst weitgehend ausfüllte, ohne dabei jedoch Probleme beim Einführen in den Markraum zu bereiten. Die Kirschner-Drähte wiesen in den meisten Fällen einen Durchmesser auf, der etwa $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Markraumweite entsprach.

Bezüglich der Insertionsmethode der Stahlstifte kamen beide Methoden – normogrades und retrogrades Verfahren – zum Einsatz. Das Prozedere entsprach hierbei den unter Punkt 2.6.3.2.1 geschilderten Vorgehensweisen. In beiden Fällen wurde nach korrekter Positionierung des Implantats dasselbe mit einem entsprechenden Instrument derart gekürzt, dass aus dem Knochen ein ausreichend langes Stück des Metallstifts herausragte, welches nach abgeschlossener Frakturbehandlung zwecks Entfernung mit einer Klemme erfasst und herausgezogen werden konnte. Im Gegensatz zur üblichen Vorgehensweise bei Säugetieren wurde das hervorstehende Metallstück nicht umgebogen und subkutan versenkt, da diese Vorgehensweise aufgrund der dem Vogel eigenen spröden Knochenstruktur ein hohes Risiko zusätzlicher Traumatisierung birgt. Stattdessen wurde zur Vermeidung von Verletzungen durch das hervorstehende Metallstück ein Gummiverschlussstopfen für Luer-Spritzen mit handelsüblichem Klebstoff gefüllt und auf das Implantatende geklebt. Bei Kirschner-Drähten kleineren Durchmessers wurde anstelle der Gummistopfen eine kleine Kugel aus Polymethylmethacrylat (Technovit®) geformt und in noch nicht ausgehärtetem Zustand dem Metallende anmodelliert.

3.3.4.4.2 Kunststoffimplantate

Verwendet wurden Polyacrylstäbe (Plexiglas®) vom Durchmesser 2 mm und 4 mm. Zwei unterschiedliche Therapiemethoden kamen bei der Verwendung von Kunststoffimplantaten zum Einsatz:

a) Die Shuttle-Pin-Methode (siehe Abbildung 4 im Anhang), bei der ein Polyacrylstab anhand des Röntgenbildes auf die Länge des größeren Frakturfragments gekürzt und anschließend in die Markhöhle desselben eingeführt wird. Wenn erforderlich, wurden im Metaphysenbereich vorhandene Knochen trabekel durchstoßen, um ein möglichst langes Implantat verwenden zu können und eine ausgedehnte Kontaktfläche mit dem Knochen zu erhalten. Das Polyacrylimplantat wurde in der Markhöhle des längeren Fragments versenkt und die Frakturrenden adaptiert. Daraufhin wurde der Kunststoffstab soweit in das gegenüberliegende Fragment verlagert, dass er möglichst zu gleichen Teilen in jedem Fraktursegment zu liegen kam. Hierzu wurden zwei verschiedene Verfahrensweisen angewendet:

- In den auf die erforderliche Länge gekürzten Kunststoffstab wurde etwa auf halber Länge ein möglichst kleines Loch gebohrt, durch welches ein Zugfaden (dünner Cerclagedraht oder chirurgisches Nahtmaterial) eingefädelt wurde. Mittels dieses Zugfadens wurde der vollständig in das längere Frakturfragment vorgeschobene Polyacrylstift nach Adaptation der Frakturrenden in das gegenüberliegende Fragment zurückgezogen, bis er zu möglichst gleichen Teilen in beiden Knochenabschnitten zu liegen kam.
- Der Kunststoffstab wurde zur Adaptation der Frakturrenden nur soweit in das längere Fragment vorgeschoben, dass ein ausreichend großer Teil des Implantats aus der Markhöhle ragte, welches mit einer Mosquito-Klemme erfasst und Stück für Stück in das gegenüberliegende Fragment vorgeschoben werden konnte. Diese Vorgehensweise konnte bei Frakturen mit einer Dislocatio ad longitudinem cum contractione und Verkürzung der Muskulatur nicht zum Einsatz kommen, da in solchen Fällen aufgrund der auf die Frakturrenden einwirkenden Zugkraft nach Adaptation der Knochenfragmente im Frakturspalt kein ausreichender Raum zur Manipulation des Implantats mit einem Instrument verbleibt.

b) Die Verwendung eines den Markraum über die gesamte Länge ausfüllenden Polyacrylstabes, wobei in diesen Fällen dem Kunststoffimplantat zusätzlich eine Stützfunktion zukommt. Hierzu wurde anhand einer Vergleichsröntgenaufnahme der frakturierten und der kontralateralen Gliedmaße die Gesamtlänge der Markhöhle ermittelt und ein Polyacrylstab auf eben dieses Maß gekürzt. Dann wurden das Kunststoffimplantat in die verbliebenen Knochensäulen der beiden Frakturfragmente eingesetzt und Knochensplinter mit Cerclagen fixiert. Diese Methode lässt sich nur bei ausgeprägten Splitterfrakturen oder bei Schrägfrakturen, deren Frakturspalt über einen weiten Bereich der Knochenlängsachse reicht, anwenden (siehe Abbildung 1 und 2).



Abbildung 1 (links):
hochgradige Splitterfraktur mit kurzen
Knochenschäften.

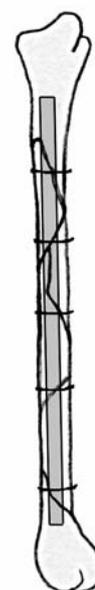


Abbildung 2 (rechts):
Rekonstruktion mittels intramedullärem
Kunststoffstift über die gesamte Länge
der Markhöhle in Kombination mit Draht-
cerclagen.

3.3.4.4.3 Knochenzement

Autopolymerisierendes Polymethylmethacrylat (Sulfix 60®/Sulcem 3®) kam im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich in Kombination mit Polyacrylstäben zum Einsatz. Dabei muss der gewählte Durchmesser des Kunststoffstiftes gegenüber der alleinigen Verwendung dieses Materials kleiner gewählt werden, damit ausreichend Raum zum Einbringen des flüssigen Knochenzements verbleibt. Dieser soll in ausgehärtetem Zustand eine stabilisierende Säule um das Polyacrylimplantat formen. Die Positionierung des Kunststoffstiftes erfolgte nach der Shuttle-Pin-Methode, wie unter 3.3.4.5.2 beschrieben. Zusätzlich wurde durch die Kompakta beider Fragmente im Bereich der Knochenmetaphysen ein Loch gebohrt, welches beim Einfüllen des flüssigen Polymethylmethacrylats in die Markhöhle das Entweichen der darin befindlichen Luft ermöglicht und eine Luftblasenbildung im ausgehärteten Zement verhindern soll. Der gebrauchsfertig angemischte Knochenzement besteht aus einer homogenen, flüssigen Substanz, welche unter exothermer Reaktion innerhalb von ca. sieben bis acht Minuten zu einer stabilen Masse aushärtet. Diese wurde in eine 10 ml-Injektionsspritze eingefüllt und mittels einer Venenverweilkanüle nach teilweiser Adaptation der Frakturrenden vom Frakturspalt ausgehend in die Markhöhlen beider Fragmente injiziert, bis der Markraum mit dem viskösen Material gefüllt war. Danach wurde die Fraktur vollständig reponiert und darauf geachtet, dass sich die Anteile aus beiden Fragmenten zu einer durchgehenden viskösen Säule vereinigten und kein Knochenzement im Frakturspalt verblieb. Der Polymerisationshitze wurde durch Beträufeln mit gekühlter isotonischer Kochsalzlösung entgegengewirkt, um das Ausmaß thermischer Nekrosen soweit als möglich zu vermeiden.

Das sorgfältige Ausräumen und Trocknen des Markraumes mit einem Wattestäbchen vor Injektion des flüssigen Knochenzements verhinderte eine Schwächung der Zementsäule durch die Beimischung von Gewebsflüssigkeit. Bis zum Aushärten des Polymethylmethacrylats musste der Knochen in Adaption fixiert und die Frakturenden komprimiert werden.

3.3.4.5 Externe Fixation

3.3.4.5.1 Cerclagen

Als Cerclagematerial wurde chirurgischer Draht der Stärken 0,2 mm, 0,3 mm und 0,5 mm sowie Polyglycolsäure-Fäden (Dexon®) der Stärke 1,5 metric verwendet, wobei der Cerclagedraht von 0,3 mm Durchmesser am häufigsten Verwendung fand. Cerclagen dienten vornehmlich der zusätzlichen Stabilisierung von Frakturen, insbesondere von Schrägfrakturen und der Adaptation von Knochensplittern. Die alleinige Verwendung einer Cerclage zur Frakturbehandlung kam lediglich in 2 Fällen zum Einsatz.

Cerclagen wurden zumeist mittels aus Injektionskanülen selbst hergestellter Cerclagedrahtführer verschiedener Größen (siehe Abbildung 3) um den Knochen geführt. Anschließend wurden bei der Verwendung chirurgischen Nahtmaterials beide Enden miteinander verknotet, im Falle von chirurgischem Draht hingegen miteinander verdrillt und parallel zum Knochen liegend umgebogen.

Drahtcerclagen wurden nach Abschluss der Behandlung am Knochen belassen; bei der Verwendung resorbierbaren chirurgischen Nahtmaterials erübrigt sich eine Entfernung der Cerclagen.

3.3.4.5.2 Der Fixateur externe nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO)

Der Fixateur externe nach Maßgabe der AO mit entsprechenden Verbindungselementen wurde bei den hierfür in Frage kommenden Patienten aufgrund des hohen Eigengewichts für ungeeignet befunden und daher von dessen Verwendung abgesehen.

3.3.4.5.3 Modifizierter Fixateur externe

Als Komponenten zur Verankerung des Fixateur externe im Knochen wurden Kirschner-Drähte der Stärken 0,8 mm und 1,0 mm verwendet. Die Verbindung der einzelnen Metallstifte untereinander erfolgte entweder durch Polymethylmethacrylat (Technovit®) oder durch die Verwendung von thermoplastischem Material (Hexcelite®, Himed IP 2700®). Vor Insertion

der Metallstifte in den Knochen wurde dieser anhand der Röntgenaufnahmen auf das Vorhandensein von Fissuren geprüft, um eine weitere Schädigung des Knochens durch die Applikation des Apparates zu vermeiden. Beiderseits des Frakturspalts wurden möglichst zwei Kirschner-Drähte als Fixationsstifte in latero-medialem Verlauf in den Knochen eingedreht. An der Ulna wurden unilaterale Konstruktionen vom Typ I verwendet und die Kirschner-Drähte in einem Winkel von etwa 45° zur Knochenlängsachse in die Kompakta eingedreht. Die Stabilisierung von Tibiotarsus bzw. Metacarpus erfolgte mittels eines Fixateur externe Typ II bei annähernd rechtwinkliger Insertion. Folgende Vorgehensweisen fanden hierbei Verwendung:

- Bei der unilateralen Konstruktion wurden die Implantate kurz über dem Eintrittspunkt in den Knochen derart umgebogen, dass der Kirschner-Draht parallel zum Knochen verlief. Danach wurde die verbindende Komponente angebracht. Bei Verwendung von Polymethylmethacrylat (Technovit®) wurde die gebrauchsfertig angemischte Masse nach korrekter Ausrichtung der Fraktur zylinderförmig als eine durchgehende Säule den umgebogenen Metallstäben anmodelliert. Die dabei entstehende Reaktionswärme wurde durch Beträufeln mit gekühlter Kochsalzlösung gemindert, um das Ausmaß thermischer Knochennekrosen im Insertionsbereich der Kirschner-Drähte soweit als möglich zu begrenzen. Zur Vermeidung von Verlagerungen und Fehlstellungen der Frakturenenden zueinander musste die gesamte Konstruktion bis zum vollständigen Aushärten des Verbindungsmaterials in der vorgesehenen Position fixiert bleiben. Nachträgliche Stellungskorrekturen waren ohne eine Zerstörung der Verbindungskomponente nicht möglich. Bei der Verwendung von thermoplastischem Schienenmaterial zur Verbindung der Metallstifte wurden die überstehenden Drahtenden wie oben beschrieben umgebogen und anschließend miteinander verbunden. Hierzu wurde das Verbindungsmaterial derart zurechtgeschnitten, dass es die umgebogenen Drahtenden nach erfolgter Aushärtung sicher miteinander verband. Sodann wurden die Streifen in heißes Wasser gelegt (Hexcelite®) bzw. mit einer Wärmequelle bestrahlt (Himed IP 2700®), bis nach etwa dreißig Sekunden eine modellierfähige Konsistenz erreicht war. Nach Ausrichtung der Frakturenenden wurde den umgebogenen Kirschner-Drähten das Material anmodelliert. Bei der Verwendung von Himed IP 2700® konnten zudem nachträgliche Korrekturen durch abermalige Erwärmung des thermoplastischen Materials mit einem konventionellen Haarföhn vorgenommen werden.

- Beim Fixateur externe Typ II zur Verwendung am Tarsometatarsus wurden die überstehenden Kirschner-Drähte beiderseits jeweils durch den Zylinder einer Einwegspritze miteinander verbunden. Hierzu wurden der proximalste und der distalste Metallstift zunächst durch den Kunststoffkolben einer Seite und anschließend durch den Knochen gebohrt. Nach Austritt der Implantate auf der Gegenseite wurden diese dort durch den zweiten Kunststoffkolben gedreht und danach die überstehenden Enden mit einem Seitenschneider

entfernt. Schließlich wurden die näher zum Frakturspalt gelegenen Metallstifte in gleicher Weise platziert. Um eine sichere Verankerung der Kirschner-Drähte in den Spritzenkolben zu gewährleisten, wurden diese mit flüssigem Polymethylmethacrylat (Technovit®) aufgefüllt und aushärten lassen. Auch hier erfolgte zur Vermeidung thermischer Nekrosen das Beträufeln mit gekühlter Flüssigkeit. Zur Vermeidung von Verletzungen durch hervorstehende Enden der Metallstifte wurden die Kunststoffkolben zudem mit Verbandmull bedeckt und mit Leukoplast® überklebt.

- Beim Fixateur externe Typ II am Metacarpus wurden die beiderseits aus dem Knochen herausragenden Kirschner-Drähte parallel zum Knochen umgebogen und analog zur Vorgehensweise bei der unilateralen Konstruktion mit Himed IP 2700® verbunden.

3.3.4.6 Chirurgischer Wundverschluss

Zur Naht von Weichteilgewebe wurde die Naht-Technik den jeweiligen Erfordernissen angepasst; die Naht der Haut erfolgte mittels horizontal rückläufiger Nähte (U-Hefte). Als Nahtmaterial wurden Polyglycolsäure-Fäden (Dexon®) der Stärke 1,5 metric verwendet.



Abbildung 3:
Knochenzement (Sulfix-60®/
Sulcem 3®), Himed IP 2700®, selbst
gefertigte Cerclagedrahtführer aus
Injektionskanülen, Verschlussstopfen
für Luer-Konus und Polyacrylstäbe
der Stärken 2 und 4 mm (von hinten
nach vorne bzw. von links nach
rechts).

3.3.5 Postoperative Versorgung

Die postoperative Versorgung des Patienten gliedert sich in die Aufwachphase (Minuten bis Stunden), die Heilungsphase (Tage bis Wochen) und in die Rehabilitationsphase (Wochen bis Monate).

3.3.5.1 Aufwachphase

Bei der Verwendung von Isofluran als Anästhetikum erlangt der Patient Bewusstsein und Stehvermögen in der Regel innerhalb weniger Minuten wieder. Daher wurde das Tier bis zu diesem Zeitpunkt in der Hand gehalten und daraufhin während der ersten Stunden zunächst in eine Box in temperierter Umgebung (Zimmertemperatur) gesetzt. Die Zeit bis zum Wiederkehren von Bewusstsein und Stehvermögen wurde zudem genutzt, um eventuell erforderliche Fixationsverbände anzulegen.

3.3.5.2 Heilungsphase

3.3.5.2.1 Unterbringung und Fütterung

Die weitere Unterbringung erfolgte – kleine Singvögel ausgenommen – in überdachten Käfigvolieren von etwa 2,5 m² Grundfläche, deren Boden zum Schutz vor Verletzungen der Fußsohle mit leicht zu reinigendem und desinfizierendem Kunstrasen ausgelegt war. Zusätzlich wurden Sitzgelegenheiten aus Ästen unterschiedlichen Durchmessers angeboten. Kleinere Singvögel wurden während der Heilungsphase in Käfigen gehalten, deren Größe auf die Körpergröße des Patienten abgestimmt war.

Wasser und Futter standen ad libitum zur Verfügung. Im Rahmen der regelmäßigen physischen Untersuchungen wurden fortlaufend Gewichtskontrollen durchgeführt.

3.3.5.2.2 Medikamentöse Versorgung

Während der ersten sieben postoperativen Tage erhielten die Patienten routinemäßig eine antibiotische Behandlung. Zudem wurde zu Beginn der Heilungsphase an jedem zweiten Tag Calciumgluconat sowie ein Multivitaminpräparat intramuskulär appliziert, um eine ausreichende Versorgung mit Vitaminen und Mineralstoffen sicherzustellen und Frakturheilungsstörungen oder -verzögerungen aufgrund von Mangelzuständen zu verhindern. Im weiteren Verlauf wurde das Intervall ausgedehnt und die Injektionen wöchentlich im Zusammenhang mit den röntgenologischen Kontrolluntersuchungen vorgenommen.

3.3.5.2.3 Kontrolluntersuchungen

In den ersten Tagen nach einer Operation wurde die betroffene Gliedmaße im Rahmen des täglichen Verbandwechsels einer Wundkontrolle unterzogen und sowohl adspektorisch, als auch palpatorisch auf Anzeichen von Fraktur- oder Wundheilungsstörungen untersucht; erforderlichenfalls wurde eine Wundbehandlung durchgeführt. Im Rahmen der ersten Röntgenkontrolle am 7. Tag post operationem wurden zudem die Stabilität des Frakturbereichs und die freie Beweglichkeit der Gliedmaße überprüft. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurden während der Heilungsphase adspektorische und palpatorische Untersuchungen bei normalem Wund- und Frakturheilungsverlauf zumindest in drei- bis viertägigen Abständen vorgenommen. Bei klinischen Anzeichen einer Beeinträchtigung des Heilungsverlaufs wurden umgehend weiterführende Untersuchungen vorgenommen und entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen.

3.3.5.2.4 Entfernung von Einbindungen, Verbänden und Implantaten

Verbände und Einbindungen, die ergänzend zu operativen Therapiemaßnahmen angelegt worden waren und denen lediglich eine unterstützende Funktion zukam, wurden entfernt, sobald sichere Anzeichen einer Stabilisierung im Frakturbereich festgestellt werden konnten. Einbindungen, die als alleinige Therapiemaßnahme einer konservativen Frakturbehandlung ergriffen wurden, verblieben dagegen am Patienten, bis sich ein belastungsfähiger, röntgenologisch nachweisbarer Knochenkallus gebildet hatte. Verbände und Einbindungen wurden zumeist ohne Sedierung oder Anästhesie gewechselt bzw. entfernt.

Ausgenommen kurze intramedulläre Implantate, die zum Verbleib im Knochen bestimmt waren, wurde der Zeitpunkt der Implantatentfernung anhand des klinischen und röntgenologischen Befundes festgesetzt. Dabei war entscheidend, ob der Frakturbereich eine ausreichende Stabilität aufwies. Diese konnte bei Verwendung eines Fixateur externe aufgrund der Stabilität gegenüber axialen Kräften und Rotationskräften erst nach Entfernung bzw. Unterbrechung des Verbindungselementes definitiv verifiziert werden. Bei intramedullären Implantaten war demgegenüber eine Einschätzung der Belastungsfähigkeit des Knochenkallus durch Überprüfen der Bewegungsstabilität gegenüber vorsichtiger manueller Rotation möglich.

Wies der Frakturbereich eine zur Entfernung des Implantats ausreichende Festigkeit auf, wurde diese bei der Verwendung von Kirschner-Drähten ohne Anästhesiemaßnahmen vorgenommen. Die Entfernung des Fixateur externe wurde indes in Allgemeinanästhesie durchgeführt, da es sich hierbei einerseits um einen umfangreicheren Eingriff handelt und andererseits durch diese Vorgehensweise bei mangelnder Stabilität des Frakturbereichs nach

Entfernung des Verbindungselementes dieses umgehend hätte erneuert werden können, ohne dass zwischenzeitlich durch Abwehrbewegungen des Patienten eine weitere Traumatisierung des Frakturbereichs zu befürchten gewesen wäre.

3.3.5.2.5 Physiotherapie

Passive physiotherapeutische Maßnahmen wurden bei Frakturen von Knochen der Schultergliedmaße in der Regel 10-14 Tage post operationem eingeleitet und erfolgten während der Heilungsphase zeitgleich mit den übrigen Kontrolluntersuchungen in drei- bis viertägigem Abstand. Dabei wurde durch vorsichtiges Beugen und Strecken der Gliedmaße und durch behutsame Massage der betroffenen Weichteilgewebe – zuweilen unter Anästhesie – einer Bewegungseinschränkung entgegengewirkt.

Die aktive Physiotherapie dient der weiteren Beübung und Konditionierung des Patienten zur Vorbereitung auf die Erfordernisse in freier Wildbahn. Hierzu wurden die Tiere in geräumige Flugvolieren verbracht, die eine ausgedehntere Bewegung der Patienten erlauben und es dem Beobachter ermöglichen, das Flugvermögen und die Fähigkeit zum Beuteerwerb einzuschätzen.

Während die passive Physiotherapie besonders während der Heilungsphase eingesetzt wurde, stellte die aktive Bewegungstherapie in der Regel den Übergang zur Rehabilitationsphase dar.

3.3.5.3 Rehabilitationsphase

Die Dauer der Rehabilitationsphase richtete sich weitgehend nach dem Ausmaß der Verletzungen und dem Erfolg der Frakturbehandlung. Je unkomplizierter und schneller die Frakturheilung verlief und je rascher der normale Gebrauch der Gliedmaße wiedererlangt wurde, umso früher konnte der Patient in der Regel auch ausgewildert werden. Ausgenommen hiervon waren Begleitverletzungen oder -erkrankungen, die über die Dauer der Frakturbehandlung hinaus eine Haltung unter tierärztlicher Aufsicht oder in Gefangenschaft erforderlich machten.

3.3.5.3.1 Auswilderung

Sobald ersichtlich wurde, dass die Behandlung abgeschlossen und der Patient zum Überleben in freier Wildbahn befähigt war, wurde der Vogel freigelassen. Dabei musste nicht nur der Wildbahnfähigkeit, sondern auch der Jahreszeit, den klimatischen Bedingungen und dem Zugverhalten der dem jeweiligen Patienten zugehörigen Spezies Rechnung getragen werden.

Die aktive Physiotherapie wie auch die Auswilderung erfolgten zumeist in der Obhut staatlich anerkannter Wildvogelauffang- und Pflegestationen.

3.3.5.3.2 Euthanasie

Patienten, bei denen aufgrund eines negativen Verlaufs im Heilungsprozess eine Aussicht auf ein Leben in freier Wildbahn nicht abzusehen war, wurden euthanasiert. Gleiches galt für Patienten mit chronischen Erkrankungen ohne Aussicht auf Besserung des Gesundheitszustandes. Ebenso wurden Patienten, bei denen aufgrund ihrer Verletzung (Alter oder Ausmaß der Gewebeschädigung, körperliche Verfassung) eine Aussicht auf Heilung nicht bestand, unmittelbar nach der Diagnosestellung euthanasiert.

4 ERGEBNISSE

4.1 Gesamtübersicht

Als Grundlage der vorliegenden Untersuchung dienten 147 Wildvögel, die mit Frakturen unterschiedlicher Lokalisation vorgestellt wurden.

An 147 Patienten wurden insgesamt 237 frakturierte Knochen diagnostiziert. Hierbei handelt es sich in 149 Fällen um offene, 88 mal hingegen um gedeckte Brüche (siehe Tabelle 18 im Anhang). Die Knochen der Schultergliedmaße stellen dabei mit 198 Frakturen einen Anteil von 83,4 % gegenüber solchen der Beckengliedmaße mit 36 Frakturen, entsprechend 15,3 %. Hierbei sind der Schultergürtel mit 22 Knochenbrüchen und das Becken mit einer Fraktur bereits berücksichtigt. Die verbleibenden 1,3 % entfallen auf 2 Wirbelsäulenfrakturen und einen Bruch der Carina. Frakturen eines einzigen Knochens traten bei 78 Patienten, Brüche zweier Knochen bei 55 Vögeln auf; bei 8 Tieren waren drei, in 5 Fällen vier und bei einem Patienten fünf Knochen gebrochen.

Hinsichtlich des Frakturtyps wurden 33 Querfrakturen, 59 Schrägfrakturen, 97 Splitter- und 13 Trümmerfrakturen festgestellt. Keilfrakturen wurden bei 9, Stückfrakturen bei 14 und Spiralfrakturen bei 3 Vögeln diagnostiziert. Knochenfissuren waren zumeist mit anderen Frakturtypen vergesellschaftet; lediglich in einem Fall konnte eine Fissur als einzige Form der Knochenschädigung beobachtet werden. In 8 Fällen war es nicht möglich, eine genauere Einteilung des Frakturtyps vorzunehmen, da die geringe Knochengröße einen exakten Verlauf der Frakturlinie nicht erkennen ließ oder weil eine bereits geheilte Fraktur Rückschlüsse auf die ursprüngliche Frakturart nicht ermöglichte.

Der am häufigsten betroffene Knochen war die Ulna mit 57 Frakturen, gefolgt von Humerus (47) und Radius (43). Das Coracoid (15) lag bezüglich der Frakturhäufigkeit vor Os metacarpale majus und minus (je 14 Frakturen), Tibiotarsus (13), Femur (11) und Tarsometatarsus (10). Vergleichsweise selten traten Knochenbrüche von Clavicula (4), Scapula (3), Wirbelsäule (2), Becken (1), Sternum (1), Fingerknochen (1) und Zehen (1) in Erscheinung.

61 Patienten wurden aufgrund der Charakteristik der Verletzung (Grad, Alter, Ausmaß) vor Beginn jeglicher therapeutischer Maßnahmen euthanasiert, 4 Vögel starben kurz nach Vorstellung in der Klinik oder im Verlauf der Eingangsuntersuchung. In 82 Fällen wurde eine Behandlung eingeleitet. Hiervon verendeten 4 Tiere intra operationem, 18 Vögel starben innerhalb von drei Tagen nach Therapiebeginn. Von der letztgenannten Patientengruppe handelte es sich in 8 Fällen um konservativ und in 10 Fällen um operativ behandelte Tiere.

Ein weiterer Patient starb 48 Tage nach Therapiebeginn. 11 Vögel wurden im Verlauf der Behandlung euthanasiert; hiervon 6 Patienten aufgrund frakturbedingten Therapieversagens, 5 wegen ausbleibenden Therapieerfolgs in Bezug auf Begleiterkrankungen.

45 Patienten konnten nach Abschluss der Behandlung in die freie Wildbahn entlassen werden. Gemessen an der Zahl der therapierten Patienten entspricht dies einem Anteil von 54,9 %, im Hinblick auf die Gesamtzahl der Patienten 30,6 %. Bei 4 Patienten reichte das nach Abschluss der Behandlungsmaßnahmen erzielte Flugvermögen nicht aus, um die betreffenden Vögel in die Wildbahn zu entlassen.

Ein Kernbeißer, der nach 48 Tagen verstarb, zeigte eine deutliche Beeinträchtigung des Flugvermögens und es kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass dieser Patient die Wildbahnfähigkeit nicht wiedererlangt hätte. Der Flügel einer Stockente mit einer infizierten Humerussplinterfraktur (Patient Nr. 32) wurde ohne Versuch einer Frakturbehandlung im Bereich des Oberarmknochens amputiert, da die Unterbringung in einem Tierpark zuvor gesichert war. Bei einer Schleiereule verhinderte eine Verletzung der Flügelspannhaut die Auswilderung und bei einer Rabenkrähe mit Schussverletzung war das erzielte Ergebnis für eine Wiedereingliederung in die freie Wildbahn unzureichend.

Die ausgewilderten Vögel gehörten folgenden Spezies an: 13 Mäusebussarde (*Buteo buteo*), 2 Habichte (*Accipiter gentilis*), 5 Turmfalken (*Falco tinnunculus*), 2 Sperber (*Accipiter nisus*), 2 Waldkäuze (*Strix aluco*), 2 Steinkäuze (*Athene noctua*), 1 Waldohreule (*Asio otus*), 2 Rabenkrähen (*Corvus corone*), 1 Saatkrähe (*Corvus frugilegus*), 1 Graureiher (*Ardea cinerea*), 10 Stadttauben (*Columba livia domestica*), 1 Mehlschwalbe (*Delichon urbica*), 1 Rauchschwalbe (*Hirundo rustica*), 1 Buchfink (*Fringilla coelebs*), 1 Grünling (*Carduelis chloris*).

Um eine differenzierte Betrachtung und größtmögliche Übersicht zu gewährleisten, werden in den folgenden Abschnitten die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen zum einen nach der Behandlungsweise (4.2 Therapiemethode) und darauf folgend nach Skelettabschnitten (4.3 Lokalisation) gegliedert aufgeführt. Um Wiederholungen weitestgehend zu vermeiden, erfolgt die ausführlichere Beschreibung der erarbeiteten Ergebnisse im Abschnitt 4.3 Lokalisation.

4.2 Therapiemethode

4.2.1 Konservative Therapie

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die im Rahmen der vorliegenden Arbeit konservativ behandelten Patienten. Insgesamt wurden 44 Wildvögel mit 51 Frakturen auf diese Weise behandelt; davon 11 Frakturen mit Schienen- bzw. Gipsverband und 40 Frakturen mittels Einbindung bzw. Achter-Bandagen. 28 der konservativ therapierten Tiere

ERGEBNISSE

konnten ausgewildert werden. Ein Kernbeißer (Nr. 82) mit gelenknaher Ulnasplitterfraktur, die operativ nicht zu behandeln war, zeigte im Anschluss an die Frakturheilung eine deutlich eingeschränkte Flugfähigkeit und verstarb 48 Tage nach Behandlungsbeginn. 10 Vögel verendeten innerhalb der ersten drei Tage nach Vorstellung zur Untersuchung, 5 Patienten wurden euthanasiert: ein Patient (Nr. 9) aufgrund einer hochgradigen Lungenaspergillose, 2 (Nr. 36 und Nr. 71) infolge einer umfangreichen Nekrose im Wundbereich, ein weiterer (Nr. 49) als Konsequenz eines therapieresistenten Torticollis und ein Tier (Nr. 117) wegen eines Osteosarkoms.

Tabelle 2: Konservativ behandelte Patienten

Nr. ²	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
1	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
2	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
6	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus beidseits	Schienenverband	ausgewildert
7	Buntspecht (<i>Dendrocopos major</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
9	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Coracoid, Clavicula	Einbindung	Euthanasie
12	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Scapula	Einbindung	ausgewildert
15	Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>)	Scapula	Einbindung	ausgewildert
16	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Humerus	Einbindung	Exitus
18	Grünspecht (<i>Picus viridis</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
20	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	Einbindung, später OP	Exitus
22	Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
27	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Tibiotarsus	Schienenverband	Exitus
35	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
36	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Metacarpus	Schienenverband	Euthanasie
40	Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>)	Humerus	Einbindung	Exitus
43	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Coracoid, Clavicula	Einbindung	Exitus
45	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
46	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tibiotarsus	Schienenverband	ausgewildert
49	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Coracoid, Ulna	Einbindung	Euthanasie
50	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
58	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
64	Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
66	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
68	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
71	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	Euthanasie
82	Kernbeißer (<i>Coccothraustes coccothraustes</i>)	Ulna	Einbindung	Flugfähigkeit eingeschränkt, Exitus

² Patienten-Nummer (siehe Tabelle 18 im Anhang)

ERGEBNISSE

Fortsetzung Tabelle 2: Konservativ behandelte Patienten

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
84	Stadtdaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
86	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Metacarpus	Schienenverband	ausgewildert
91	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
92	Grauspecht (<i>Picus canus</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
93	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Humerus, Ulna	Einbindung	ausgewildert
95	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Scapula, Tarsometatarsus	Einbindung, Schienenverband	ausgewildert
104	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
105	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Metacarpus	Schienenverband	ausgewildert
106	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tarsometatarsus	Gipsverband	ausgewildert
110	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
111	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	Exitus
117	Schleiereule (<i>Tyto alba</i>)	Humerus	Einbindung	Euthanasie
118	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Coracoid, Clavicula	Einbindung	ausgewildert
129	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
134	Kleiber (<i>Sitta europaea</i>)	Ulna	Einbindung	Exitus
141	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
144	Grünling (<i>Carduelis chloris</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
146	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Wirbelsäule	Käfigruhe	ausgewildert

4.2.1.1 Käfigruhe

Käfigruhe als ausschließliche Therapiemaßnahme kam bei einem Turmfalken mit Fraktur der Wirbelsäule (Patient Nr. 146) zur Anwendung, da in diesem Fall andere Behandlungsformen ausschieden. Bei allen anderen Patienten wurde die ausschließliche Verwendung dieser Behandlungsmaßnahme als unzureichend erachtet. Im oben genannten Fall konnte hingegen durch die alleinige Ruhigstellung des Patienten sowohl eine Heilung der Fraktur als auch der anschließende physiologische Gebrauch der Beckengliedmaßen herbeigeführt werden.

4.2.1.2 Einbindung des Flügels

Die **einfache Einbindung** des verletzten Flügels mittels schwach adhäsiven Klebebands (Tesakrepp®) als einzige Therapiemaßnahme wurde bei Frakturen im Bereich des Schultergürtels und bei proximalen Humerusfrakturen eingesetzt. Manche Patienten zeigten insbesondere zu Beginn Schwierigkeiten beim Ausbalancieren des Körpers, die jedoch zumeist nach kurzer Gewöhnungszeit überwunden wurden.

Die **Achter-Bandage** wurde bei Frakturen im Bereich des Unterarmes und des Metacarpus angelegt. Diese Form der Einbindung bereitete den Patienten geringere Schwierigkeiten, das Gleichgewicht zu halten, da auch der verletzte Flügel in begrenztem Maß zum Ausbalancieren verwendet werden kann.

4.2.1.3 Schienenverband

Schienenverbände kamen im Bereich der Schultergliedmaße lediglich am Metacarpus zum Einsatz, da eine ausreichende Stabilisierung durch eine derartige Behandlungsform weiter proximal am Flügel nicht zu erzielen ist oder aber – bei singulärer Fraktur eines Unterarmknochens – zusätzlich zu einer Einbindung keinerlei Vorteile verspricht.

Von den Knochen der Beckengliedmaße bot sich der Gliedmaßenabschnitt distal des Femur für eine Behandlung mittels Stütz- oder Schienenverband an, sofern es sich hierbei um einfache Frakturen handelte. Als Schienenmaterial wurde thermoplastisches Material (Hexcelite®, Himed IP 2700®) verwendet.

4.2.2 Operative Therapie

4.2.2.1 Intramedulläre Fixation

4.2.2.1.1 Kirschner-Drähte

Eine Frakturbehandlung mit Kirschner-Draht erfolgte bei insgesamt 26 Patienten und 28 Frakturen. 11 der so versorgten Patienten verstarben innerhalb der ersten drei Tage post operationem. Ein Patient (Nr. 9) wurde aufgrund einer Begleiterkrankung euthanasiert, 2 Tiere mussten aufgrund eines unzureichenden Therapieergebnisses eingeschläfert werden und 12 Vögel konnten nach abgeschlossener Behandlung ausgewildert werden.

Eine Übersicht zeigt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 3: Patienten mit Kirschner-Draht

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Resultat
4	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	ausgewildert
9	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Femur	Euthanasie
16	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Tibiotarsus	Exitus
17	Eisvogel (<i>Alcedo attis</i>)	Humerus	Exitus
20	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	Exitus
21	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna beidseits	ausgewildert

ERGEBNISSE

Fortsetzung Tabelle 3: Patienten mit Kirschner-Draht

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Resultat
24	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Humerus	Exitus
38	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Exitus
51	Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>)	Humerus	ausgewildert
62	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Femur	Exitus
69	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Humerus	Exitus
74	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	ausgewildert
76	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Ulna	ausgewildert
79	Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)	Ulna	ausgewildert
87	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Euthanasie
89	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Humerus	nicht wildbahnfähig
93	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Femur	ausgewildert
95	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Tibiotarsus	ausgewildert
96	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Humerus	Exitus
99	Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)	Radius, Ulna	ausgewildert
100	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Humerus	Exitus
102	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	ausgewildert
114	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Femur	ausgewildert
116	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Radius	Exitus
119	Erlenzeisig (<i>Carduelis spinus</i>)	Ulna	Exitus
128	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Femur	ausgewildert

Im Bereich des Schultergürtels kam aufgrund der Morphologie und Größe der Knochen des Patientenspektrums lediglich das Coracoid zur operativen Therapie mit Kirschner-Drähten in Frage. Infolge des zur Versorgung dieses Knochens erforderlichen aufwendigen Zugangs und des vergleichsweise hohen Operationsrisikos durch die nahe liegenden Hauptgefäße des Herzens (COLES 1997) wurde zunächst die konservative Behandlung evaluiert. Da die so gewonnenen Ergebnisse ausgesprochen positiv ausfielen, konnte auch im weiteren Verlauf der Untersuchungen eine zwingende Indikation für eine operative Behandlung dieses Knochens nicht verzeichnet werden.

4.2.2.1.2 Kunststoffstäbe und Knochenzement

7 Patienten wurden mittels eines intramedullären Kunststoffimplantats versorgt. In 3 dieser Fälle wurde zusätzlich Knochenzement in die Markhöhle eingebracht. Die Kombination der beiden Materialien war in allen 3 Fällen mit Komplikationen behaftet, führte zur Euthanasie der so behandelten Patienten und letztlich auch dazu, dass im weiteren Verlauf der Untersuchung selbst bei Eignung der Fraktur zur Verwendung dieser Technik von der kombinierten Methode Abstand genommen wurde.

ERGEBNISSE

Tabelle 4: Patienten mit Kunststoffstab, bzw. Kunststoffstab und Knochenzement

Nr.	Spezies	Therapieform	Betroffene(r) Knochen	Resultat
3	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Kunststoffstab + Zement	Humerus	Euthanasie
5	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Kunststoffstab + Zement	Ulna	Euthanasie
19	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Kunststoffstab	Humerus	ausgewildert
41	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Kunststoffstab	Humerus	Euthanasie
42	Schleiereule (<i>Tyto alba</i>)	Kunststoffstab	Humerus	nicht wildbahnfähig
44	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Kunststoffstab + Zement	Humerus	Euthanasie
136	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Kunststoffstab	Humerus	ausgewildert

Die Verwendung von Kunststoffstiften ohne Zusatz von Knochenzement zeigte bei 2 Patienten mit komplizierten Frakturen ein außerordentlich positives Ergebnis. Bei einem weiteren Tier heilte der Knochenbruch komplikationslos. Die Auswilderung wurde in diesem Fall durch eine Verkürzung der Flügelspannhaut verhindert, die sich als Folge der Vernarbung einer bereits bei Vorstellung des Patienten vorhandenen Verletzung in diesem Bereich einstellte.

4.2.2.2 Externe Fixation

4.2.2.2.1 Cerclagen

Cerclagen als einzige Maßnahme zur Frakturversorgung wurden bei 2 Patienten eingesetzt. Ein Tier verstarb wenige Stunden nach der Operation, der verbleibende Vogel wurde nach Abschluss der Behandlung ausgewildert. Die überwiegende Zahl der Frakturen war aufgrund der Frakturcharakteristik zur alleinigen Verwendung von Cerclagen nicht geeignet. In einigen Fällen wurde eine ausreichende Stabilität der Frakturen jedoch erst durch die zusätzliche Applikation dieser Fixationsmaßnahme ermöglicht.

Tabelle 5: Patienten mit ausschließlicher Versorgung durch Cerclagen

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Anzahl von Cerclagen	Resultat
31	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	1	Exitus
106	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	2	ausgewildert

4.2.2.2.2. Fixateur externe

Der modifizierte Fixateur externe kam bei 7 Tieren zum Einsatz. Von diesen musste ein Patient aufgrund eines Therapieversagens im Zusammenhang mit einer weiteren Fraktur euthanasiert werden, 2 verendeten innerhalb der ersten beiden Tage nach der Operation, 4

Vögel wurden ausgewildert. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6: Patienten mit Fixateur externe

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Resultat
44	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tibiotarsus	Euthanasie
120	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Ulna	Exitus
137	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	ausgewildert
138	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	ausgewildert
139	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	Exitus
140	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Ulna	ausgewildert
147	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Metacarpus	ausgewildert

Zur Konstruktion des Fixateur externe wurden Kirschner-Drähte ohne Gewinde verwendet. Patient Nr. 44 musste aufgrund von Komplikationen im Zusammenhang mit einer gleichzeitig behandelten Humerusfraktur euthanasiert werden. Die postmortale Untersuchung des als Typ II ausgelegten Fixateur externe am Tibiotarsus ließ eine beginnende Lockerung des Fixationsapparates im Bereich der Verankerung im Knochen bereits am 9. Tag nach der Operation erkennen.

4.3 Lokalisation

4.3.1 Frakturen der Schultergliedmaße

4.3.1.1 Frakturen des Schultergürtels

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 19 Patienten mit Frakturen des Schultergürtels eingeliefert. Hiervon wiesen 4 Patienten zusätzlich Brüche an Knochen anderer Lokalisation auf (siehe Tabelle 18 im Anhang), 15 hingegen ausschließlich solche von Scapula, Clavicula und Coracoid. Von diesen Knochen war das Coracoid mit 15 Patienten am häufigsten betroffen. Frakturen der Clavicula wurden bei 4 und solche der Scapula bei 3 der vorgestellten Fundvögel diagnostiziert. Bei 16 der 19 Patienten war einer, bei 3 Tieren zwei Knochen des Schultergürtels betroffen.

2 Vögel wurden aufgrund des Ausmaßes der Begleiterkrankungen unmittelbar nach der Eingangsuntersuchung euthanasiert; therapeutische Maßnahmen wurden in 17 Fällen eingeleitet. 4 der behandelten Tiere starben innerhalb eines Tages nach Vorstellung in der Klinik infolge des Ausmaßes ihrer Verletzungen, 2 weitere wurden aufgrund von Begleiterkrankungen im Verlauf der Behandlung euthanasiert. Einen Überblick über die

ERGEBNISSE

Patienten mit Frakturen von Knochen des Schultergürtels, bei denen Therapiemaßnahmen eingeleitet wurden, gibt Tabelle 7.

Tabelle 7: Therapierte Patienten mit Frakturen des Schultergürtels

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
1	Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
7	Buntspecht (<i>Dendrocopos major</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
9	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Clavicula/Coracoid	Einbindung	Euthanasie *
12	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Scapula	Einbindung	ausgewildert
15	Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>)	Scapula	Einbindung	ausgewildert
18	Grünspecht (<i>Picus viridis</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
43	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Clavicula/Coracoid	Einbindung	Exitus
49	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Coracoid	Einbindung	Euthanasie *
68	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
91	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
92	Grauspecht (<i>Picus canus</i>)	Coracoid	Einbindung	Exitus
95	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Scapula	Einbindung	ausgewildert
110	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
118	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Clavicula/Coracoid	Einbindung	ausgewildert
129	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
141	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert
144	Grünling (<i>Carduelis chloris</i>)	Coracoid	Einbindung	ausgewildert

* = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung der Gesundheit durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung

Alleinige Frakturen der Clavicula traten nicht auf. Als Ursache für die 4 beschriebenen Claviculafrakturen kann die Einwirkung eines massiven Traumas vorausgesetzt werden, da in einem Fall eine Schussverletzung im Bereich des Schultergürtels und bei einem Tier ein Anprall gegen einen PKW bei zusätzlicher Fraktur des Coracoid für den Bruch des Gabelbeins verantwortlich war. In 2 weiteren Fällen blieb die Ätiologie unklar, jedoch war bei diesen beiden Patienten zusätzlich zur Clavicula in einem Fall das Coracoid und bei dem anderen Tier der proximale Humerus gebrochen.

Als Therapieform der Schultergürtelfrakturen wurde bei allen Patienten die konservative Behandlung gewählt.

Konservative Therapie

Die konservative Behandlung erfolgte ausnahmslos durch Einbindung des betroffenen Flügels am Körper während eines Zeitraumes von zwei bis drei Wochen.

2 Patienten mussten aufgrund von Begleiterkrankungen euthanasiert werden. Von den verbleibenden 12 Patienten wiesen 11 selbst bei zum Teil hochgradiger Dislokation der Knochenenden eine komplikationslose Heilung der Fraktur auf und konnten nach einem Zeitraum zwischen 20 und 56 Tagen nach Therapiebeginn in die Wildbahn entlassen werden. Störungen der Nahrungsaufnahme durch eine ausgedehnte Kallusbildung im Frakturbereich, wie von REDIG (1986b) beschrieben, wurden bei keinem der behandelten Patienten festgestellt. Bei einem Steinkauz konnte auch nach 28 Tagen röntgenologisch keine Kallusbildung verzeichnet werden. Trotzdem wurde die Flugfähigkeit wiedererlangt und das betreffende Tier war zum Zeitpunkt der Auswilderung in seinem Bewegungsvermögen nicht eingeschränkt. Eine Mehlschwalbe mit Bruch des Rabenschnabelbeins wies bereits nach 14 Tagen trotz hochgradiger Dislokation der Frakturrenden röntgenologisch eine deutliche Kallusbildung auf (siehe Abbildung 29 im Anhang) und konnte bereits nach 20 Tagen ausgewildert werden.

4.3.1.2 Frakturen des Humerus

Brüche des Oberarmknochens traten bei 47 Patienten auf. Von diesen zeigten 34 Tiere singuläre Frakturen des Humerus und 13 eine Kombination mit Frakturen anderer Knochen (siehe Tabelle 18 im Anhang).

25 der 47 von Humerusfrakturen betroffenen Wildvögel mussten aufgrund der Schwere ihrer Verletzung oder des fortgeschrittenen Alters der Fraktur mit entsprechend geringen Aussichten auf Heilung unmittelbar nach Diagnosestellung euthanasiert werden. Ein Tier starb wenige Stunden nach der Untersuchung. In 21 Fällen wurde eine Therapie eingeleitet. 6 dieser Patienten erlagen innerhalb weniger Tage ihren Verletzungen, einer verendete intra operationem, ein weiterer in der Aufwachphase. Die therapierten Patienten mit Humerusfrakturen sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Therapierte Patienten mit Humerusfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
3	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Humerus	Kunststoffstab + Zement	Euthanasie
16	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Humerus	Einbindung	Exitus
17	Eisvogel (<i>Alcedo attis</i>)	Humerus	Kirschner-Draht, C (5)	Exitus
19	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kunststoffstab, C (4)	ausgewildert
24	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Humerus	Kirschner-Draht, C (4)	Exitus

C = Cerclagen; (n) = Anzahl der Cerclagen; * = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung der Gesundheit durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung

ERGEBNISSE

Fortsetzung Tabelle 8: Therapierte Patienten mit Humerusfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
32	Stockente (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Humerus	Amputation	nicht wildbahnfähig
40	Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>)	Humerus	Einbindung	Exitus
41	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kunststoffstab, C (3)	Euthanasie
42	Schleiereule (<i>Tyto alba</i>)	Humerus	Kunststoffstab, C (4)	nicht wildbahnfähig
44	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kunststoffstab + Zement	Euthanasie
51	Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	ausgewildert
69	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	Exitus
74	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kirschner-Draht, C (3)	ausgewildert
87	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	Euthanasie
89	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	nicht wildbahnfähig
93	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Humerus	Einbindung	ausgewildert
96	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	Exitus
100	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Humerus	Kirschner-Draht, C (2)	Exitus
102	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Humerus	Kirschner-Draht	ausgewildert
117	Schleiereule (<i>Tyto alba</i>)	Humerus	Einbindung	Euthanasie*
136	Rabenkrähe (<i>Corvus corone</i>)	Humerus	Kunststoffstab, C (3)	ausgewildert

C = Cerclagen; (n) = Anzahl der Cerclagen; * = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung der Gesundheit durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung

Konservative Therapie

Die konservative Behandlung der Humerusfraktur wurde in 4 Fällen als Therapiemethode der Wahl erachtet. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war die Lokalisation der Fraktur proximal am Knochen in unmittelbarer Nähe zum Schultergelenk, die eine chirurgische Versorgung der Knochenläsion aufgrund des damit verbundenen Risikos als ungeeignet erscheinen ließ. Als Therapieform wurde die einfache Einbindung des Flügels an den Körper im Bereich des Thorax und in Höhe der Schwanzfedern gewählt. 2 dieser Patienten verendeten einen bzw. drei Tage nach Therapiebeginn an den Folgen der traumatisch bedingten Verletzungen. Eine Schleiereule (siehe Abbildung 19 im Anhang) wies nach sieben Tagen röntgenologisch osteolytische Veränderungen im Frakturbereich auf, worauf eine Probeexzision mit nachfolgender pathologisch-histologischer Bestimmung des betroffenen Gewebes durchgeführt wurde. Das untersuchte Gewebe erwies sich als Osteosarkom, das Tier wurde daraufhin euthanasiert. Bei dem verbleibenden Patienten, einem Waldkauz mit zusätzlicher Ulna- und Femurfraktur, konnte eine Restitutio ad integrum erzielt und der Vogel 37 Tage nach Beginn der Therapie ausgewildert werden.

Kurze intramedulläre Implantate

Kurze intramedulläre Kunststoffstifte aus Polyacryl (Plexiglas®) kamen bei einer Querfraktur und einer Schrägfraktur im Bereich des mittleren Knochendrittels sowie bei komplizierten Frakturen zweier weiterer Patienten zum Einsatz, die eine anderweitige chirurgische Versorgung aus technischen Gründen nicht ermöglichten. Im Falle einer Humerusstückfraktur bei einer Rabenkrähe mit schrägem Verlauf der Bruchlinien und teilweisem Substanzverlust des Knochens im Bereich der Frakturenenden konnten so proximales und distales Knochenende auf Distanz gehalten und die ursprüngliche Knochenlänge wieder hergestellt werden. Gleiches galt für die Oberarmfraktur eines Mäusebussards, die ebenfalls durch einen schrägen Verlauf der Frakturlinie über die gesamte Länge des mittleren Knochendrittels und zwei lange Knochensplitter charakterisiert war (siehe Abbildung 22 im Anhang). Ein Vorgehen nach der Shuttle-Pin-Methode war in beiden Fällen nicht erforderlich, da das Implantat infolge der Frakturcharakteristik ohne besonderen Aufwand in die verbliebenen Diaphysenfragmente eingeführt werden konnte, wohingegen sich die Rekonstruktion der Knochensäule aufgrund der Splitterbildung deutlich aufwendiger gestaltete. Mit dieser Therapiemethode konnte in den beiden genannten Fällen sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Die Frakturheilung verlief komplikationslos; die Vögel konnten nach 64 bzw. 51 Tagen ausgewildert werden. Auch bei einer Schleiereule mit Humerusquerfraktur, die mittels eines Kunststoffstifts nach der Shuttle-Pin-Methode therapiert wurde, heilte die Fraktur ohne besondere Zwischenfälle. Jedoch war in diesem Fall, bedingt durch eine Verletzung der Flügelspannhaut und der hieraus resultierenden Bewegungseinschränkung des Flügels, eine Rückkehr in die Wildbahn nicht möglich. Im Falle eines Mäusebussards mit Keilfraktur wurde der Kunststoffstab durch zwei Hemicerclagen proximal und distal des Frakturspalts gegen eine Dislokation innerhalb der Knochenhöhle fixiert. Die Bohrkanäle hierzu waren jedoch im Hinblick auf ein möglichst eng begrenztes Operationsfeld in vergleichsweise geringem Abstand zum Frakturspalt angebracht worden und erwiesen sich als Schwachstelle; der Polyacrylstift brach an einer dieser Stellen. Beide Patienten wurden euthanasiert.

Bei 2 weiteren Patienten, einem Mäusebussard mit Schrägfraktur und kurzem Verlauf der Frakturlinie, sowie bei einem Turmfalken mit Querfraktur – beide in Schaftmitte lokalisiert – wurden die Frakturen durch die Verwendung einer Kombination von intramedullärem Kunststoffstift mit Knochenzement behandelt. Die Schrägfraktur des Mäusebussards war im proximalen Bereich des mittleren Knochendrittels lokalisiert. 14 Tage post operationem kam es zu einem erneuten Bruch des Humerus etwa einen Zentimeter proximal der ursprünglichen Frakturstelle. Kunststoffstab und Zementsäule ragten hierbei nicht weit genug in die Knochenhöhle des proximalen Fragments, so dass Bewegungen des eingebundenen Flügels fokal am Ende des Implantats auf den Knochen einwirkten und die erneute Fraktur herbeiführten. Im Falle des Turmfalken gestaltete sich das Einbringen des Knochenzements

schwierig, da der Kunststoffstift selbst bei Wahl des kleinsten Durchmessers nur wenig Raum für den flüssigen Zement beließ. Am sechsten Tag nach der Operation brach der Kunststoffstab am Bohrkanal, durch den der Draht zum Zurückziehen des Implantats geführt wurde, weil die Zementsäule in ihrem Verlauf partielle Hohlrumbildungen aufwies.

Markraumnagelung mit Kirschner-Drähten

Die intramedulläre Versorgung der Oberarmbrüche mit Kirschner-Draht fand bei 10 Frakturpatienten Verwendung. Zur Vermeidung von Rotationsbewegungen wurde der Flügel nach der operativen Versorgung während eines Zeitraumes von zwei bis drei Wochen zusätzlich am Körper eingebunden. Wo erforderlich, wurden Knochensplinter zusätzlich mit Hilfe von Cerclagen immobilisiert. 5 der so behandelten Tiere verendeten innerhalb von zwei Tagen nach der Operation an den Folgen des Unfalltraumas. Bei 3 Wildvogelpatienten verlief die Frakturheilung ohne Zwischenfälle; Beeinträchtigungen des Heilungsverlaufs durch Gelenkankylosen im Bereich des Ellbogengelenks oder avaskuläre Nekrosen wurden nicht beobachtet. Die Penetration des Knochens und der Weichteilgewebe in Nähe zum Ellbogengelenk war der Beweglichkeit des Flügels in diesem Bereich nicht abträglich. Dies galt auch im Fall eines erfolgreich behandelten Graureihers, bei dem das Implantat aufgrund des vergleichsweise geraden Verlaufs des Humerus den Knochen in geringerer Entfernung zum Gelenk penetrierte, als bei Spezies mit S-förmiger Krümmung des Oberarmknochens (siehe Abbildung 11 im Anhang). Bei einem Mäusebussard mit offener Humerusfraktur zeigten sich nach zwei Wochen röntgenologische Veränderungen einer Osteomyelitis. Da sich der Knochen als palpatorisch stabil erwies, wurde das Implantat entfernt und der Flügel abermals eingebunden. Nach fünf weiteren Tagen war der Oberarm im ursprünglichen Frakturbereich erneut gebrochen. Es ist davon auszugehen, dass die Belastungsfähigkeit des Kallusgewebes durch die entzündlichen Veränderungen zusätzlich negativ beeinflusst wurde und daher eine ausreichende Stabilität zum Zeitpunkt der Implantatentfernung nicht gegeben war. Die Fraktur einer Rabenkrähe mit Schussverletzung im proximalen Humerusbereich wurde ebenfalls mit einem Kirschner-Draht versorgt, wobei sich dessen Applikation infolge des Verlustes von Knochensubstanz im Frakturbereich schwierig gestaltete. Andere Therapieformen kamen jedoch aufgrund der Charakteristik des Knochenbruchs nicht in Betracht, so dass ein Therapieversuch unternommen wurde. Obwohl die Fraktur heilte, blieb eine möglicherweise auf die Schussverletzung zurückzuführende Einschränkung der Beweglichkeit im Bereich des Schultergelenks zurück, die eine Auswilderung nicht zuließ.

Cerclagen

Cerclagen kamen bei der Behandlung von Frakturen des Oberarmknochens als ergänzende Fixationsmaßnahme bei schrägem Verlauf der Frakturlinie in Kombination mit der

Verwendung von Kirschner-Draht bzw. kurzen intramedullären Implantaten, bei Knochenfissuren oder zwecks Immobilisierung von Knochensplittern zum Einsatz. Dabei wurden in 7 Fällen Cerclagen aus chirurgischem Draht und bei 3 Patienten Cerclagen aus Polyglycolsäure (Dexon®) der Stärke 1,5 metric verwendet, um eine zusätzliche Traumatisierung des Knochens durch das Verdrillen der Drahtenden zu vermeiden.

Fixateur externe

Zur Verwendung eines Fixateur externe war keine der Frakturen des Humerus geeignet, da entweder die Lokalisation der Fraktur oder der Verlauf der Frakturlinie eine Positionierung von jeweils zwei Kirschner-Drähten proximal und distal des Bruchspalts verhinderten oder aber aufgrund von Knochenfissuren ein gefahrloses Eindrehen der Kirschner-Drähte nicht möglich war.

4.3.1.3 Frakturen von Radius und/oder Ulna

Da Radius und Ulna zusammen das Zeugopodium des Flügels bilden, werden die als funktionelle Einheit agierenden Knochen gemeinsam aufgeführt und die Ergebnisse zusammenhängend dargestellt.

Frakturen von Radius und/oder Ulna traten bei 62 der vorgestellten Fundvögel auf. Brüche des Radius fanden sich insgesamt in 43 Fällen, solche der Ulna bei 56 Tieren, wobei singuläre Radiusfrakturen 5 mal und alleinige Brüche der Ulna 19 mal vorkamen. Gleichzeitige Frakturen beider Unterarmknochen konnten bei 37 Vögeln festgestellt werden. Ein Patient wurde mit bilateralen Ulnafrakturen vorgestellt. Von den 62 Patienten mit Knochenbrüchen im Bereich des Zeugopodiums wurden 30 Tiere keiner Frakturtherapie unterzogen, da die betreffenden Patienten zuvor verendeten oder aufgrund des klinischen Befundes euthanasiert werden mussten.

Bei 32 Vögeln wurde eine Frakturbehandlung vorgenommen. In dieser Patientengruppe fanden sich alleinige Frakturen des Radius bei 5 Vögeln, solche der Ulna hingegen bei 12 Tieren. In 15 Fällen handelte es sich um kombinierte Radius-/Ulnafrakturen, wobei die Brüche jeweils an den Unterarmknochen des gleichen Flügels lokalisiert waren. 3 der behandelten Patienten verendeten intra operationem, 7 weitere erlagen innerhalb der ersten beiden Tage nach Vorstellung in der Klinik den Folgen ihrer Verletzungen. Ein Vogel wurde aufgrund des ausbleibenden Therapieerfolges einer Begleiterkrankung euthanasiert, 2 weitere infolge von Komplikationen, die auf die Frakturtherapie zurückzuführen waren. Eine Übersicht der therapierten Patienten mit Frakturen des Zeugopodiums gibt Tabelle 9.

ERGEBNISSE

Tabelle 9: Therapierte Patienten mit Unterarmfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
2	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
4	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht C (2)	ausgewildert
5	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Radius Ulna	Kunststoffstab + Zement	Euthanasie
8	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius Ulna	Kunststoffstab	Euthanasie
20	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	zunächst Einbindung, dann Kirschner-Draht	Exitus
21	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna Ulna	Kirschner-Draht Kirschner-Draht	ausgewildert
22	Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
24	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Radius	Einbindung	Exitus
31	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	C (1)	Exitus
35	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
38	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht	Exitus
45	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
49	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Ulna	Einbindung	Euthanasie*
50	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
58	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
64	Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)	Radius	Einbindung	ausgewildert
76	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht	ausgewildert
79	Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht	ausgewildert
82	Kernbeißer <i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Ulna	Einbindung	nicht wildbahnfähig
93	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
99	Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht Kirschner-Draht	ausgewildert
104	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	ausgewildert
106	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Radius Ulna	C (2)	ausgewildert
111	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Ulna	Einbindung	Exitus
116	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht	Exitus

C = Cerclagen; (n) = Anzahl der Cerclagen; * = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung der Gesundheit durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung

ERGEBNISSE

Fortsetzung Tabelle 9: Therapierte Patienten mit Unterarmfraktur

119	Erlenzeisig (<i>Carduelis spinus</i>)	Radius Ulna	Kirschner-Draht	Exitus
120	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Radius Ulna	Fixateur externe	Exitus
134	Kleiber (<i>Sitta europaea</i>)	Ulna	Einbindung	Exitus
137	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Radius Ulna	Fixateur externe	ausgewildert
138	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Radius Ulna	Fixateur externe	ausgewildert
139	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Radius Ulna	Fixateur externe	Exitus
140	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Radius Ulna	Fixateur externe	ausgewildert

C = Cerclagen; (n) = Anzahl der Cerclagen; * = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung der Gesundheit durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung

Kombinierte Frakturen von Radius und Ulna wurden stets chirurgisch versorgt, da alleine durch konservative Therapiemaßnahmen eine Adaptation der Frakturenenden und eine stabile Fixation in aller Regel nicht zu erzielen ist. Andererseits war es in den meisten Fällen von Frakturen eines einzelnen Unterarmknochens möglich, die Frakturbehandlung mit konservativen Behandlungsmethoden durchzuführen, da der verbleibende intakte Knochen eine Dislokation in Längsrichtung der Knochenachse verhindert und gleichermaßen als Schiene für den gebrochenen Knochen dient.

Konservative Therapie

Brüche nur eines Unterarmknochens wurden mit 2 Ausnahmen auf konservative Weise behandelt, da die Mehrzahl der therapierten singulären Radius-, bzw. Ulnafrakturen eine nur geringgradige Dislokation der Frakturenenden aufwies; lediglich 4 Vögel wurden mit einer mittelgradigen Verlagerung der Knochenbruchenden vorgestellt. Von diesen stand bei einem Mäusebussard eines der Frakturfragmente der Ulna, bei einem weiteren Tier gleicher Spezies mit bilateralem Bruch der Elle beiderseits je ein Frakturende in Kontakt zum Radius, weshalb diese Patienten operativ versorgt wurden.

In Fällen konservativer Behandlung wurden Unterarmfrakturen zunächst durch Anlegen einer Achter-Bandage immobilisiert und der betreffende Flügel daraufhin zusätzlich durch Einbindung am Körper ruhig gestellt. Nach zwei Wochen wurde die Einbindung in der Regel entfernt und der Flügel für eine weitere Woche mittels Achter-Bandage fixiert. Ein Patient zeigte bei der ersten Röntgenkontrolluntersuchung eine hochgradige Dislokation der Ulna mit Kontakt zum Radius, woraufhin chirurgische Maßnahmen ergriffen wurden. Von den

verbleibenden 14 auf konservative Weise therapierten Patienten wiesen 5 Tiere Frakturen des Radius und 9 Brüche der Ulna auf. 3 Vögel starben innerhalb der ersten beiden Tage nach Beginn der Behandlung an den Folgen des Traumas, davon einer mit Radius- und 2 mit Ulnafraktur. Ein Sperber mit Bruch der Elle und zusätzlichem Schädeltrauma wurde aufgrund des Ausmaßes der letztgenannten Verletzung euthanasiert. Bei einem Kernbeißer konnte zwar die Heilung der Fraktur erzielt werden, die Beweglichkeit im Karpalgelenk war jedoch aufgrund der Gelenkbeteiligung- und der Komplexität der Fraktur herabgesetzt, so dass dieser Vogel zwar eine eingeschränkte Flugfähigkeit, jedoch nicht das zum Entlassen in die Freiheit erforderliche Flugvermögen erlangte. In den übrigen Fällen – 4 Radius- und 5 Ulnafrakturen – verlief die Frakturheilung komplikationslos und die Patienten wurden ausgewildert. Dabei war die Dauer der Rehabilitationsphase vergleichsweise kurz. 4 der 9 Patienten konnten in der vierten Woche nach Therapiebeginn ausgewildert werden. 3 weitere Patienten wurden in der fünften und die verbleibenden beiden Tiere in der sechsten Woche in die Freiheit entlassen.

Kurze intramedulläre Implantate

Kurze intramedulläre Implantate kamen bei 2 Patienten mit Unterarmbrüchen zum Einsatz. Bei einem Turmfalken mit Fraktur von Radius und Ulna wurde die Kombination eines Kunststoffstiftes mit intramedullär appliziertem Knochenzement zur Stabilisierung der Elle verwendet. Die Applikation des Knochenzements gestaltete sich hierbei schwierig, da selbst das Implantat mit dem geringsten verfügbaren Durchmesser nur wenig Raum beließ, um flüssigen Knochenzement einbringen zu können. Bei der zweiten Röntgenkontrolluntersuchung zeigte die Ulna über weite Teile des Knochens eine periostale Verschattung, die auf einen entzündlichen Prozess hindeutete (siehe Abbildung 54 im Anhang) und der Knochen erwies sich bei der klinischen Untersuchung im Frakturbereich als instabil. Trotz parenteraler Therapie mit Clindamycin breitete sich der Prozess weiter aus, bei der darauf folgenden Röntgenkontrolle eine Woche später war die periostale Verschattung stärker ausgeprägt als zuvor (siehe Abbildung 55 im Anhang); klinische Stabilität im Bereich des Bruchspalts war weiterhin nicht gegeben. Die parenterale antibiotische Behandlung wurde umgestellt, doch bei der darauf folgenden Kontrolluntersuchung waren die zuvor beobachteten röntgenologischen Veränderungen nur unwesentlich geringer ausgeprägt und Stabilität im Frakturbereich noch immer nicht zu verzeichnen. Der Patient wurde daraufhin euthanasiert und das veränderte Knochengewebe einer mikrobiologischen und pathologischen Untersuchung unterzogen. Der pathologische Befund ergab verdickte Frakturrenden und schwartige Verwachsungen des Knochens mit dem umliegenden Weichteilgewebe; eine Kallusbrückenbildung war nicht feststellbar. Die histologische Untersuchung enthüllte einen chronisch entzündlichen Prozess mit von Fremdkörperriesenzellen umgebenen Fremdkörperteilen (Knochenzement) und herdförmigen Knochengewebsnekrosen.

Die Ulnafraktur einer Stadttaube mit gleichzeitigem Bruch des Radius wurde mit einem Kunststoffstift versorgt, der per Shuttle-Pin-Methode in den Markraum eingebracht wurde. Nach sechs Tagen war das Weichteilgewebe im Frakturbereich hochgradig geschwollen. Die palpatorische Untersuchung ergab eine erneute Dislokation der Frakturrenden der Ulna; die darauf folgende röntgenologische bestätigte den zuvor erhobenen Befund und zeigte zudem die Entstehung eines schmalen Knochensplitters. Der Patient wurde anästhesiert und ein Zugang zum Frakturbereich gelegt. Aus der Wunde trat blutig-seröse Flüssigkeit aus. Der Kunststoffstift war in der Mitte im Bereich der Bohrstelle gebrochen, das Weichteilgewebe in der Umgebung der Bruchenden geschwollen und entzündlich verändert. Der Vogel wurde aufgrund der ausgeprägten Gewebeveränderungen und der daraus resultierenden geringen Aussicht auf eine Restitutio ad integrum euthanasiert.

Markraumnagelung mit Kirschner-Drähten

Die intramedulläre Versorgung des Zeugopodiums mit Kirschner-Draht fand insbesondere bei gleichzeitiger Fraktur beider Knochen Verwendung. 9 Patienten wurden auf diese Weise versorgt, wobei der Radius in 2 Fällen und die Ulna bei 6 Tieren betroffen war; bei einem Vogel wurde die Markraumnagelung an beiden Knochen durchgeführt.

2 Patienten mit Brüchen nur eines der beiden Unterarmknochen wurden ebenfalls mit intramedullären Kirschner-Drähten versorgt: Ein Sperber mit hochgradig dislozierter Ulnafraktur und ein Mäusebussard mit bilateralen Ulnafrakturen, beide mittelgradig disloziert – links als Stückfraktur und an der rechten Schwinge als Keilfraktur ausgebildet. Da dieser Vogel eine beidseitige Einbindung des Flügels am Körper nicht tolerierte, wurde eine Schwinge frei belassen. Bei allen anderen Patienten wurde zur Vermeidung von Rotationsbewegungen der gebrochene Flügel nach der operativen Versorgung während eines Zeitraumes von zwei bis drei Wochen zusätzlich am Körper fixiert.

3 der 9 Patienten verstarben intra operationem, ein weiterer zwei Tage nach dem chirurgischen Eingriff. 5 Vögel zeigten einen positiven Heilungsverlauf von Fraktur und Weichteilschäden. Von diesen wies eine Stadttaube nach Entfernung des Implantats einen um wenige Millimeter verkürzten Flügel auf, der auf den Verlust eines kleinen keilförmigen Knochenfragments zurückzuführen war. Diese anatomische Veränderung konnte von dem betreffenden Tier im Verlauf der Rehabilitationsphase jedoch vollständig kompensiert werden. Der Mäusebussard mit bilateraler Ulnafraktur (Patient Nr. 21) wies nach 14 Tagen an der rechten Elle eine Zone zunehmender Röntgendichte entlang der Kortikalis (siehe Abbildung 7 im Anhang) auf. Bei einer drei Tage später durchgeführten Kontrollaufnahme hatten sich die Veränderungen weiter ausgebreitet und zeigten deutliche Anzeichen einer Osteomyelitis. Da die Fraktur zu dieser Zeit bereits klinische Stabilität aufwies, wurde das

Implantat entfernt und dem Vogel während der folgenden zehn Tage Clindamycin parenteral verabreicht, der Flügel jedoch weiterhin eingebunden belassen. Nach 28 Tagen waren die entzündlichen Veränderungen röntgenologisch kaum noch wahrnehmbar (siehe Abbildung 10 im Anhang). Klinisch zeigte der Patient keinerlei Beeinträchtigung durch die Entzündung, so dass nach einer Rehabilitationsdauer von 49 Tagen die Auswilderung erfolgen konnte. Bei einem Habicht mit kombinierter Radius-/Ulnafraktur wurde zunächst nur die Elle mit einem Kirschner-Draht versorgt. Diese wies einige kleine Knochensplitter auf, doch war die daraus resultierende Verkürzung des Knochens nach Applikation des Implantats so ausgeprägt, dass die Radiusfragmente eine Überlagerung von ca. 5 mm und einen Winkel von etwa 20° zueinander aufwiesen. Durch Reposition und Stabilisation auch des Radius mittels Kirschner-Draht konnte schließlich eine gute Adaptation der Fraktarenden erzielt werden. Die Frakturheilung verlief jeweils ohne Zwischenfälle; die Patienten wurden nach 59, 23 bzw. 34 Tagen in die Wildbahn entlassen.

Schädigende Auswirkungen auf artikuläre Strukturen und damit auf die postoperative Beweglichkeit des Gelenks aufgrund des Austritts der Implantate in geringer Entfernung zum Ellbogengelenk wurden nicht verzeichnet. Eine Synostose beider Knochen trat ebenfalls nicht in Erscheinung.

Cerclagen

Die ausschließliche Verwendung von Cerclagen als chirurgische Therapiemaßnahme, ergänzt durch die Einbindung des Flügels am Körper kam bei 2 Patienten an der Ulna zum Einsatz. Hierbei handelte es sich bei einem der beiden Tiere um eine kombinierte Fraktur von Elle und Speiche. Der betreffende Mäusebussard mit Schussfraktur wies neben der Spiralfaktur, die sich über mittleres und distales Knochendrittel erstreckte, ausgeprägte Fissuren im distalen gelenknahen Bereich und im proximalen Knochendrittel auf. Da eine chirurgische Versorgung des Radius aufgrund der unmittelbaren Nähe der Splitterfraktur dieses Knochens zum Ellbogengelenk ausschied und eine anderweitige Versorgung der Ulna aufgrund der Fissuren zu riskant erschien, wurde die Spiralfaktur der Elle mit 2 Drahtcerclagen adaptiert. Der Patient wurde nach 58 Tagen in die Wildbahn entlassen. Bei dem verbleibenden Patienten mit singulärer Ulnafraktur wurde die Cerclage als therapeutische Maßnahme aufgrund des Ausmaßes der Dislokation gewählt und als Hemicerclage angelegt. Der Vogel starb wenige Stunden post operationem an den Folgen des Traumas. Bei einem weiteren Tier mit Radius-/Ulnafraktur wurde die Speiche mit einem Kirschner-Draht versorgt und an der Elle zur Fixation von Knochensplittern zwei Cerclagen angelegt. Beide Frakturen heilten komplikationslos, die Auswilderung erfolgte nach 44 Tagen.

Fixateur externe

Der Fixateur externe kam bei 5 Tieren mit kombinierter Radius-/Ulnafraktur zum Einsatz. Bei allen Patienten mit externer Fixation des Unterarms wurde die Elle als zu stabilisierender Knochen gewählt, da der größere Durchmesser dieses Knochens die Verwendung stärkerer Drähte gestattet und somit eine höhere Belastungsstabilität erzielt werden kann. Post operationem wurde der Flügel während der ersten Woche eingebunden, um den Heilungsprozess der Weichteilverletzungen zu fördern.

Ein Waldkauz mit polyostotischer Hyperostose wies durch eine Wunde im Frakturbereich einen offenen Zugang zum Frakturspalt auf, so dass eine intramedulläre Insertion eines Implantats ohne weitere chirurgische Maßnahmen zur Freilegung der Knochenenden hätte vorgenommen werden können. Diese Vorgehensweise war jedoch aufgrund der inhomogenen Einengung der Markhöhle infolge der starken Kalzifizierung nicht durchführbar, da der verbliebene Kanal ein Einbringen selbst von Drähten geringen Durchmessers nicht ermöglichte. Die Fraktur wurde daher mittels externer Fixation behandelt, der Vogel starb jedoch am Tag nach der Operation. Bei einem Sperber (Nr. 138) wurde im Verlauf der Therapieplanung eine röntgenologisch kaum wahrnehmbare Fissur nicht als solche erkannt. Der Bohrkanal des am weitesten distal gelegenen Kirschner-Drahts verlief in unmittelbarer Nähe zu dieser Fissur, ohne jedoch zunächst eine weitere Traumatisierung des Knochens hervorzurufen. Auch in den ersten Tagen nach der Operation erschien der Flügel im Verlauf der täglichen Untersuchung unauffällig. Erst nach sieben Tagen zeigte sich eine Achsenabweichung des Flügels und die röntgenologische Kontrolluntersuchung ergab die Entstehung einer weiteren Fraktur im Bereich des am weitesten distal positionierten Implantats. Nach erneuter Begutachtung des präoperativ angefertigten Röntgenbildes konnte die zuvor übersehene Fissur lokalisiert werden. Erste Anzeichen von Kallusbildung in den ursprünglichen Frakturbereichen waren bereits evident, eine Modifikation der Therapie wurde ebendeshalb nicht vorgenommen. Stattdessen wurde die Verbindung der Implantate untereinander durch eine weitere Lage thermoplastischen Materials verstärkt und der Flügel erneut eingebunden. Die Frakturheilung verlief ungestört, doch ergab sich im weiteren Verlauf der Behandlung eine Achsenknickung der Flügelspitze nach dorsal und nach Entfernung der Einbindung ein eingeschränkter Bewegungsumfang im Karpalgelenk mit Reduktion des Bewegungsradius auf etwa 135°. Durch intensive Physiotherapie konnte das physiologische Bewegungsmaß wieder hergestellt werden. Die verbliebene Achsenknickung erforderte eine Rehabilitationsphase von 211 Tagen, bis der Patient in die Wildbahn entlassen werden konnte.

Von 3 weiteren Patienten starb ein Sperber am zweiten Tag nach der Operation an den Folgen seiner Verletzungen. Bei den verbleibenden Patienten wiesen die Frakturen nach drei Wochen eine ausreichende klinische Stabilität auf, um die externe Fixation zu entfernen. Durch die

frühe Beübung der gebrochenen Gliedmaße bereits in der zweiten Woche post operationem zeigten die Vögel zum Zeitpunkt der Implantatentfernung keine wesentliche Bewegungseinschränkung der angrenzenden Gelenke. Die Auswilderung erfolgte nach 35 bzw. 46 Tagen.

4.3.1.4 Frakturen des Metacarpus

Brüche des Metacarpalskeletts fanden sich bei insgesamt 14 der vorgestellten Fundvögel. Dabei waren bei 10 Tieren ausschließlich die Metacarpalknochen, in 4 Fällen auch weitere Knochen des Flügels betroffen. Bei 5 Patienten traten die Brüche im Zusammenhang mit Schussfrakturen der Schwinge auf, wobei die Frakturen in 2 Fällen durch die unmittelbare Einwirkung eines Projektils auf den Knochen und bei den verbleibenden 3 Tieren durch anderweitige Krafteinwirkung hervorgerufen wurden. Diese Umstände erklären den hohen Grad der Weichteilschädigung bzw. den hohen Anteil der erforderlichen Euthanasien in dieser Patientengruppe. Frakturen des Metacarpalskeletts traten stets zugleich an beiden Mittelhandknochen auf.

10 Vögel wurden aufgrund des Ausmaßes der Begleiterkrankungen unmittelbar nach der Eingangsuntersuchung euthanasiert. Therapeutische Maßnahmen wurden in 4 Fällen eingeleitet, wovon ein Patient nach kurzer Zeit euthanasiert wurde. Die therapierten Patienten sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Therapierte Patienten mit Metacarpusfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
36	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Mc minus Mc majus	Schienenverband	Euthanasie
86	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Mc minus Mc majus	Schienenverband	ausgewildert
105	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Mc minus Mc majus	Schienenverband	ausgewildert
147	Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	Mc minus Mc majus	Fixateur externe	ausgewildert

Mc = Metacarpus

3 Patienten wurden auf konservative Weise behandelt, da die Frakturen zur Verwendung eines Fixateur externe nicht geeignet waren und intramedulläre Behandlungsmethoden mit Kirschner-Draht aufgrund der hohen iatrogenen Traumatisierungsgefahr, insbesondere für die angrenzenden Gelenke, nicht in Erwägung gezogen wurden. Ein Patient wurde mit einem Fixateur externe versorgt.

Konservative Therapie

Die konservative Behandlung erfolgte mittels eines Schienenverbands, dessen starre Komponente aus zwei mit Verbandmull gepolsterten und auf die erforderliche Größe zurechtgeschnittenen Streifen Himed IP 2700® bestand, von denen je einer dorsal und ventral dem Metacarpalbereich angelegt und dann durch zirkulär – zwischen den Federschäften verlaufende – schmale Streifen Tesakrepp® verbunden wurden.

Zudem wurde der Flügel der konservativ versorgten Patienten mit einer Achter-Bandage versehen und zusätzlich am Körper eingebunden.

Bei einem Patienten (Nr. 36) war der Frakturbereich zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung hochgradig mit Schmutz kontaminiert. Der konservativen Behandlung ging infolgedessen eine umfassende Wundversorgung voraus. Dennoch zeigten sich nach drei Tagen ausgedehnte Bezirke des Weichteilgewebes im Wundbereich nekrotisch verändert; der Vogel musste euthanasiert werden. Bei einem Turmfalken (Nr. 86) verlief die Frakturheilung komplikationslos. Nach 17 Tagen war röntgenologisch eine deutliche Kallusbrückenbildung nachweisbar, woraufhin der Schienenverband entfernt wurde. Eine Einschränkung des Bewegungsausmaßes im Bereich der angrenzenden Gelenke war nicht festzustellen, so dass der Vogel in eine Flugvoliere umgesetzt und nach insgesamt 45 Tagen ausgewildert werden konnte. Ein weiterer Turmfalke (Nr. 105) zeigte hinsichtlich der Knochenheilung ebenfalls ermutigende Ergebnisse. Nach 16 Tagen erwies sich die Fraktur im Verlaufe einer Kontrolluntersuchung als palpatorisch stabil, so dass zunächst der Schienenverband und zwei Tage später die Einbindung des Flügels entfernt wurde. Im Rahmen der darauf folgenden Röntgenkontrolle am 21. Tag wurde eine Lageabweichung des distalen Frakturfragments von der Knochenlängsachse nach ventral um etwa 15° festgestellt (siehe Abbildung 48-51 im Anhang). Die Fraktur zeigte sich nach wie vor palpatorisch stabil, Kallusbildung war evident. Korrekturen der Fehlstellung wurden nicht vorgenommen; stattdessen wurde der Vogel in eine Flugvoliere verbracht, um die Auswirkung der Knochenfehlstellung auf das Flugvermögen einzuschätzen. Zunächst zeigte sich eine deutliche Beeinträchtigung der Flugfertigkeit, die jedoch mit zunehmendem Flugtraining kompensiert wurde, so dass der Patient nach 86 Tagen in die Wildbahn entlassen wurde.

Fixateur externe

Ein Turmfalke (Nr. 147) mit offener Fraktur beider Metacarpalknochen wurde mit einem Fixateur externe des Os metacarpale majus versorgt, der aus drei Kirschner-Drähten von 0,8 mm Durchmesser bestand. Von diesen wurden zwei proximal und – aufgrund eines kurzen distalen Fragments – lediglich einer distal des Frakturspalts eingedreht und anschließend mit thermoplastischem Material verbunden (siehe Abbildung 53 im Anhang). Zudem wurde der

Flügel eingebunden, um eine zusätzliche Traumatisierung des Wundbereichs zu verhindern. Trotz positiven Heilungsverlaufs wurde der Fixationsapparat erst am 28. Tag entfernt (siehe Patient Nr. 105). Die Beweglichkeit des Flügels war aufgrund der Ruhigstellung des Flügels für kurze Zeit geringfügig eingeschränkt. Dem konnte durch physiotherapeutische Maßnahmen entgegengewirkt und der Vogel nach 48 Tagen ausgewildert werden.

4.3.2 Frakturen der Beckengliedmaße

4.3.2.1 Frakturen des Femur

Von 11 Tieren mit Femurfrakturen wiesen 6 zugleich Brüche weiterer Knochen auf. 5 Vögel mussten aufgrund des Ausmaßes ihrer Verletzungen oder wegen des Frakturalters nach der Eingangsuntersuchung euthanasiert werden, ein Patient starb wenige Stunden nach Vorstellung in der Klinik an den Verletzungsfolgen. In 5 Fällen wurden therapeutische Maßnahmen eingeleitet. Die behandelten Patienten sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Therapierte Patienten mit Femurfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
9	Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	Femur	Kirschner-Draht	Euthanasie*
62	Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	Femur	Kirschner-Draht	Exitus
93	Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	Femur	Kirschner-Draht	ausgewildert
114	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Femur	Kirschner-Draht	ausgewildert
128	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Femur	Kirschner-Draht	ausgewildert

* = Euthanasie aufgrund erheblicher Beeinträchtigung des Gesundheitszustands durch zusätzliche Erkrankung ohne Aussicht auf Heilung.

Die Frakturen des Femur wurden bei allen zu behandelnden Patienten mit Kirschner-Draht versorgt, da insbesondere aufgrund der Frakturlokalisation im proximalen Knochendrittel von einer Versorgung mittels Fixateur externe abgesehen wurde. Bei einem Vogel mit einer bereits einige Tage alten Fraktur wäre die Verwendung alternativer Therapiemethoden infolge starker Muskelverkürzung und einer damit verbundenen hochgradigen Verkürzung der Knochenlängsachse zudem nicht möglich gewesen.

Kirschner-Draht

In 2 Fällen mit gedeckter Femurfraktur wurde der Zugang vom Trochanter femoris ausgehend mit normograder Insertion des Implantats in den Knochen gewählt. Um eine Traumatisierung des Kniegelenks durch die Trokarspitze des Kirschner-Drahts zu vermeiden, wurde nach Vorbohren eines Kanals in den Trochanter das Implantat aus dem Knochen herausgezogen,

um 180° gedreht und mit dem atraumatischen Schaftende voran bis zum Ende der Markhöhle eingeführt (siehe Abbildung 38 im Anhang) und anschließend die Trokarspitze mit einer Zange gekappt. In diesem Zusammenhang trat bei einem Mäusebussard (Patient Nr. 114) eine unerwartete Komplikation auf: der infolge der natürlichen Krümmung der Markhöhle nicht vollständig bis zum distalen Ende derselben vorgeschobene Kirschner-Draht wurde auf eine Länge gekürzt, dass dieser die Hautwunde um ca. 1 cm überragte, wodurch das Implantat am Ende der Therapie problemlos hätte entfernt werden können. Im Verlauf der Behandlung glitt der Kirschner-Draht infolge der geringfügigen Bewegung im Frakturspalt um etwa einen halben Zentimeter nach distal in die Markhöhle. Hierdurch rückte das Ende des Stahlstifts näher zur Fossa trochanterica und verursachte während des Zeitraumes bis zur darauf folgenden Wundkontrolle durch die Bewegung der Gliedmaße eine mechanische Irritation der Haut und des umliegenden Gewebes, welche zur Bildung einer Caro luxurians führte. Da zu diesem Zeitpunkt eine röntgenologische Vereinigung der Knochenenden bereits stattgefunden hatte, wurde das Implantat entfernt und eine Wundversorgung vorgenommen. Die Caro luxurians ließ sich durch Touchieren mit einer 10 %igen Lösung von m-Cresolsulfonsäure-Formaldehyd-Polykondensat (Lotagen®) erfolgreich therapieren; die Wundheilung schritt ohne weitere Komplikationen voran und war nach acht Tagen abgeschlossen. Bei den weiteren Behandlungen mittels Kirschner-Drähten wurde das hervorstehende Ende des Implantats mit einem handelsüblichen Verschlussstopfen aus Gummi für Luer-Spritzen versehen. Bei Stahlstiften, deren Durchmesser die Verwendung von Verschlussstopfen nicht ermöglichte, wurde dem hervorstehenden Ende des Kirschner-Drahts statt dessen eine kleine Kugel aus Polymethylmethacrylat (Technovit®) anmodelliert, die zuverlässig vor der zuvor beschriebenen Gewebetraumatisierung schützte.

Bei 2 weiteren Patienten mit offener Femurfraktur wurde der Zugang vom Wundbereich ausgehend mit retrograder Insertion des Kirschner-Drahts gewählt, da in diesem Bereich ohnehin chirurgische Manipulation und Wundversorgung erforderlich waren und ein Zugang zum Oberschenkelknochen durch den freiliegenden Knochen bereits gegeben war. Bei einem Mäusebussard mit gedeckter Keilfraktur und hochgradiger Verkürzung der Knochenlängsachse infolge Muskelkontraktur (Patient Nr. 128) wurde ebenfalls die retrograde Methode mit Zugang von lateral gewählt, um die aufgrund der enormen Muskelspannung schwierige Prozedur der Einführung des Implantats unter Sichtkontrolle vornehmen zu können. Ein isolierter Knochenkeil wurde entfernt, da die Integration dieses Fragments in physiologischer Position aufgrund der hohen Zugwirkung der verkürzten Muskulatur nicht möglich war. Postoperativ wurden die Patienten während der ersten Tage auf engem Raum gehalten, um eine übermäßige Bewegung der verletzten Gliedmaße zu unterbinden.

Während 2 Vögel aufgrund traumatisch bedingter Begleitverletzungen verstarben bzw. euthanasiert werden mussten, konnten 2 Vögel nach 5 bzw. 6 Wochen in die Wildbahn

entlassen werden. Bei dem zuvor erwähnten Mäusebussard mit Keilfraktur verlief die Frakturheilung ebenfalls ohne Zwischenfälle, aufgrund des intraoperativ entfernten Knochenkeils war das Bein nach Abschluss des Heilungsvorgangs jedoch gegenüber der gesunden Gliedmaße geringgradig verkürzt. Diese anatomische Veränderung schien den Vogel nicht zu behindern und der Gebrauch der Gliedmaße war in keiner Weise eingeschränkt.

4.3.2.2 Frakturen des Tibiotarsus

12 Patienten mit Fraktur des Tibiotarsus wurden im Untersuchungszeitraum vorgestellt. In 4 Fällen war nur der Tibiotarsus, bei 8 Tieren zusätzliche Knochen am Frakturgeschehen beteiligt. Ein Vogel wies bilaterale Tibiotarsusfrakturen auf. Bei 6 Tieren wurden die Verletzungen als nicht therapierbar erachtet und die betreffenden Vögel sogleich euthanasiert. Bei einem weiteren Tier mit zusätzlicher Femurfraktur war der Bruch des Tibiotarsus bereits unter geringgradiger Fehlstellung des distalen Gliedmaßenbereichs verheilt und bedurfte keiner weiteren therapeutischen Maßnahmen. 5 Patienten wurden einer Frakturbehandlung unterzogen; von diesen verstarben 2 Vögel binnen drei Tagen nach Behandlungsbeginn an den Folgen des Unfalltraumas. Ein Mäusebussard mit zusätzlicher Fraktur des Humerus wurde aufgrund der Entstehung einer weiteren Fraktur im Bereich dieses Knochens nach neun Tagen euthanasiert. Die behandelten Patienten mit Tibiotarsusfraktur sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Therapierte Patienten mit Tibiotarsusfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
16	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Tibiotarsus	Kirschner-Draht	Exitus
27	Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	Tibiotarsus	Schienenverband	Exitus
44	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tibiotarsus	Fixateur externe	Euthanasie
46	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tibiotarsus	Schienenverband	ausgewildert
95	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Tibiotarsus	Kirschner-Draht	ausgewildert

Konservative Therapie

Bei 2 Patienten wurde die konservative Behandlungsform gewählt. In einem dieser Fälle verhinderten zum Teil ausgedehnte Fissuren sowohl im proximalen, als auch im distalen Frakturfragment den Einsatz chirurgischer Methoden, bei einem anderen Tier war die Fraktur proximal am Knochen im gelenknahen Bereich lokalisiert und nur geringgradig disloziert, so dass auch hier einer nicht invasiven Methode der Vorzug gegeben wurde. In beiden Fällen

erfolgte die Behandlung durch Schienenverband aus Himed IP 2700®, der sowohl Tibiotarsus als auch Laufbein in die Fixation einbezog und in physiologisch gewinkelter Position angelegt wurde.

Einer der beiden konservativ behandelten Patienten erlag am Tag nach Behandlungsbeginn seinen Verletzungen, bei dem verbleibenden Vogel erfolgte die Auswilderung nach 34 Tagen.

Kirschner-Draht

2 weitere Patienten wurden intramedullär mit Kirschner-Drähten versorgt. In einem Fall war die Fraktur zur Verwendung eines Fixateur externe zu weit distal lokalisiert. Da es sich zudem um eine Schrägfraktur handelte, wurde die Fixation mittels Kirschner-Drähten gewählt. Zusätzlich wurde ein Schienenverband angelegt, um Rotationsbewegungen im Frakturbereich zu unterbinden. Ein Steinkauz mit Fraktur des Tibiotarsus bei gleichzeitiger Tarsometatarsusfraktur zeigte eine deutliche Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens. Die Lokalisation der Fraktur hätte die Verwendung eines Fixateur externe ermöglicht, die Anästhesiedauer für die Versorgung mit dieser Methode wurde jedoch als kritisch eingeschätzt. Durch eine konservative Behandlung beider Frakturen hätte hingegen keine ausreichende Stabilität erzielt werden können. Daher wurde die Tibiotarsusfraktur durch intramedulläre Versorgung mittels Kirschner-Draht fixiert und die Fraktur des Laufbeins gleichzeitig durch einen Schienenverband ruhig gestellt, der zudem einer Rotation der Gliedmaße im Frakturbereich entgegenwirkte. Bei einem Patienten (Nr. 16) kam die retrograde, bei einem weiteren (Nr. 95) die normograde Methode mit Ein-, bzw. Austritt des Implantats im distalen Bereich des Tibiotarsus zur Anwendung. Patient Nr. 16 verstarb nach drei Tagen, der verbleibende Steinkauz (Nr. 95) mit zusätzlichen Frakturen von Tarsometatarsus, Scapula und Becken konnte nach 36 Tagen ausgewildert werden.

Fixateur externe

Bei einem Mäusebussard mit Schrägfraktur des Tibiotarsus im mittleren Knochendrittel bei gleichzeitiger Humerusfraktur fand im Bereich des Unterschenkelknochens der Fixateur externe Typ II Verwendung. Die Implantate waren hierbei beiderseits durch den Zylinder einer Injektionsspritze miteinander verbunden, der mit Polymethylmethacrylat (Technovit®) gefüllt worden war. Am neunten Tag nach der Operation trat am Humerus in Zusammenhang mit einem weiteren Knochenbruch eine zusätzliche Fraktur in Erscheinung, woraufhin der Patient euthanasiert wurde. Zu diesem Zeitpunkt war eine beginnende Lockerung des Fixationsapparates im Bereich der Verankerung im Knochen festzustellen.

4.3.2.3 Frakturen des Tarsometatarsus

Knochenbrüche im Bereich des Laufbeins wurden bei 9 Vögeln diagnostiziert. 5 dieser Tiere wiesen zusätzlich Frakturen anderer Knochen auf; in 4 Fällen war ausschließlich der Tarsometatarsus gebrochen, wobei einer dieser Patienten bilaterale Laufbeinfrakturen erlitt. 3 polytraumatisierte Patienten mussten aufgrund des Ausmaßes ihrer Verletzungen unmittelbar nach Einlieferung in die Klinik euthanasiert werden, in 6 Fällen wurden behandelnde Maßnahmen eingeleitet. Die therapierten Patienten sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 13: Therapierte Patienten mit Tarsometatarsusfraktur

Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Therapieform	Resultat
6	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
66	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
71	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	Euthanasie
84	Stadttaube (<i>Columba livia domestica</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
95	Steinkauz (<i>Athene noctua</i>)	Tarsometatarsus	Schienenverband	ausgewildert
106	Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	Tarsometatarsus	Gipsverband	ausgewildert

In sämtlichen Fällen von Laufbeinfrakturen wurde der konservativen Behandlung der Vorzug gegeben. Dies war dadurch begründet, dass sich bei Frakturen dieses Knochens die Ruhigstellung der beiden angrenzenden Gelenke durch konservative Therapiemaßnahmen vergleichsweise einfach erzielen lässt und in keinem der Fälle chirurgische Maßnahmen aufgrund der Charakteristik der Fraktur als zwingend erforderlich erachtet wurden.

Konservative Behandlung

Die konservative Behandlung erfolgte mittels thermoplastischen Materials (Hexcelite®, Himed IP 2700®), das der mit Polsterwatte geschützten Gliedmaße angelegt wurde. Bei einem rastlosen und aggressiven Mäusebussard wurde ein Gipsverband gewählt, um die übermäßige Bewegung und Belastung der verletzten Gliedmaße durch das vergleichsweise hohe Gewicht des Schienenmaterials zu erschweren. Die Taube mit bilateralen Tarsometatarsusfrakturen (Patient Nr. 6) wurde zudem in eine Hängevorrichtung verbracht.

Ein Patient (Nr. 71) ließ nach acht Tagen den Austritt blutig-seröser Flüssigkeit aus der Hautwunde im Frakturbereich erkennen. Die daraufhin durchgeführte Wundversorgung blieb ohne Erfolg. Innerhalb von zwei weiteren Tagen bildete sich eine Umfangsvermehrung des betreffenden Bereichs aus. Am 11. Tag waren bei einer vorzeitig durchgeführten Röntgenkontrolluntersuchung ein isolierter Knochensplitter und Anzeichen eines

entzündlichen Vorgangs am Laufbein zu erkennen. Bei der daraufhin eingeleiteten operativen Untersuchung des Frakturbereichs konnte ein nekrotischer Knochensplinter entfernt werden. Da sich der Knochen im Frakturbereich in weiten Teilen nekrotisch darstellte, wurde der Patient euthanasiert. Bei einem weiteren Patienten (Nr. 106) zeigte sich nach erfolgter Knochenheilung röntgenologisch eine *Dislocatio ad longitudinem cum contractione*, wobei das distale Frakturende des proximalen Knochenfragmentes der *Facies dorsalis* des kurzen, distalen Laufbeinfragmentes auflag und die Gliedmaße um ca. 0,5 cm verkürzt wurde (siehe Abbildung 56 im Anhang). Dieser röntgenologische Befund manifestierte sich nach Entfernung der Fixation klinisch in einer eingeschränkten Extensionsfähigkeit insbesondere der *Phalanx proximalis* der dritten und vierten Zehe. Durch einen operativen Eingriff wurde ein Teil des überragenden Knochenendes abgetragen und zugleich das Schrotprojektil entfernt, welches sich in diesem Bereich befand (siehe Abbildung 57 im Anhang). Nach weiteren 13 Tagen wurde der betreffende Fuß normal belastet und ließ auch hinsichtlich der Gebrauchsfähigkeit der Gliedmaße keine Einschränkungen erkennen.

In den übrigen Fällen verlief die Therapie ohne Zwischenfälle; allein die röntgenologische Dokumentation des Heilungsverlaufs bei dem Patienten mit Gipsverband gestaltete sich während der ersten Wochen schwierig, da aufgrund der vergleichsweise hohen Röntgendichte des Materials Anzeichen einer Kallusbildung erst in einem fortgeschrittenen Stadium der Frakturheilung wahrgenommen werden konnten.

Eine Stadttaube mit unvollständiger Fraktur des *Tarsometatarsus* belastete die betroffene Gliedmaße bereits nach sieben Tagen wieder vollständig und konnte nach insgesamt zehn Behandlungstagen freigelassen werden.

4.3.3 Sonstige Frakturen

4.3.3.1 Frakturen der Wirbelsäule

2 Patienten – eine Elster (Nr. 77) und ein Turmfalke (Nr. 146) – wurden im Untersuchungszeitraum mit Frakturen der Wirbelsäule vorgestellt. Bei der Elster handelte es sich um einen offenen, durch ein Projektil hervorgerufenen Knochenbruch (siehe Abbildung 13 im Anhang), bei dem Turmfalken hingegen um eine gedeckte Fraktur. Die Fraktur war in beiden Fällen im Bereich der letzten beiden Brustwirbel lokalisiert. Der Turmfalke war mit Lähmungen beider Beine in einem Tierheim abgegeben und dort eine Woche lang gehalten worden. Nachdem sich der Zustand im Verlauf dieser Zeit nicht verändert hatte, erfolgte die Einweisung in die Klinik für Vögel und Reptilien. Die auffällige Röntgendichte im Frakturbereich (siehe Abbildung 20 im Anhang) deutete darauf hin, dass das Frakturgeschehen bereits länger als eine Woche zurücklag. Der Patient wurde zunächst in einem nach oben offenen Karton in abgedunkelter Umgebung untergebracht. Am neunten Tag nach der Einlieferung konnte der Vogel stehen und Greifbewegungen mit den Zehen

ausführen, am Ende der zweiten Woche erfolgte die Umsetzung in eine kleine Voliere und nach einer weiteren Woche waren keine Einschränkungen im Bewegungsablauf feststellbar. Die Auswilderung erfolgte 41 Tage nach Vorstellung in der Poliklinik. Die Elster wurde aufgrund des Verletzungsausmaßes euthanasiert.

4.3.3.2 Frakturen des Beckens

Lediglich ein Patient mit Bruch des Beckenknochens wurde vorgestellt. Dabei handelte es sich um einen Steinkauz (Patient Nr. 95) mit zusätzlichen Frakturen von Scapula, Tibiotarsus und Tarsometatarsus (siehe Abbildung 61 im Anhang). Die Beckenfraktur war im Bereich des Os ilium lokalisiert. Da die Beweglichkeit des Patienten aufgrund des Schienenverbands am Bein ohnehin deutlich eingeschränkt war, und der Bruch des Beckenknochens keine ersichtlichen klinischen Beschwerden hervorzurufen schien, wurde die Fraktur des Beckens ohne weitere therapeutische Maßnahmen belassen. Röntgenologisch konnte der Heilungsverlauf anhand der zunehmenden Kallusbildung während der Dauer des stationären Aufenthalts verfolgt werden. Der Steinkauz wurde nach 36 Tagen ausgewildert.

4.3.3.3 Frakturen der Zehen

Einer Stadttaube mit Fraktur der Phalanx proximalis des Digitus II bei hochgradiger Schädigung des Weichteilgewebes wurden die Zehenglieder distal des Frakturbereichs amputiert. Die Wunde war nach sieben Tagen verheilt; der Vogel konnte freigelassen werden.

4.4 Sonstige Ergebnisse

Im Hinblick auf die **Frakturursache** kann nur für einen vergleichsweise geringen Teil der Fälle gesicherte Angaben gemacht werden.

So erlitten 20 Patienten Frakturen, die auf Schussverletzungen zurückzuführen waren. Gemessen an der Gesamtzahl der Frakturpatienten entspricht dies einem Anteil von 13,6 %. Unter den betroffenen Tieren befanden sich 4 Stadttauben (*Columba livia domestica*), 3 Mäusebussarde (*Buteo buteo*), 3 Rabenkrähen (*Corvus corone*), 2 Turmfalken (*Falco tinnunculus*), 2 Ringeltauben (*Columba palumbus*), 2 Stockenten (*Anas platyrhynchos*) und jeweils ein Individuum der Spezies Sperber (*Accipiter nisus*), Elster (*Pica pica*), Türkentaube (*Streptopelia decaocto*) und Graureiher (*Ardea cinerea*). In 14 Fällen handelte es sich um Luftgewehr-Projektile (sogenannte Diabolo-Geschosse), 2 Vögel wurden durch Schrotprojekte verletzt und in 4 Fällen konnte keine genaue Aussage hinsichtlich des Projektils getroffen werden. 16 der betroffenen Vögel mussten aufgrund der Verletzung (Schwere, Alter, Ausmaß) umgehend euthanasiert werden. Von 4 behandelten Patienten konnten 2 erfolgreich ausgewildert werden. In einem Fall konnte die Heilung der Fraktur

erzielt und in gewissem Maß auch das Flugvermögen wiederhergestellt werden. Dies gelang jedoch trotz intensiver physiotherapeutischer Maßnahmen nur bis zu einem Grad, der für eine Rehabilitation des Vogels in die Wildbahn als nicht ausreichend erachtet wurde. Ein weiterer Patient wurde aufgrund einer nicht therapierbaren Begleiterkrankung euthanasiert.

Bei 17 weiteren Tieren war die Unfallursache bekannt. Dabei war in 8 Fällen ein Zusammenstoß mit einem Kraftfahrzeug, in einem Fall mit einem Flugzeug, in 3 Fällen ein Anprall gegen eine Fensterscheibe, bei 2 Vögeln gegen Drähte von Stromfreileitungsanlagen der ursächliche Auslöser für das Frakturgeschehen. 2 Tiere wurden von einer Katze gefangen und ein Nestling fiel bei Holzfällarbeiten mit einem Baum zu Boden.

Darüber hinaus wurden die Tiere in 28 Fällen in unmittelbarer Nähe zu einer stark befahrenen Straße oder Autobahn, in 2 weiteren Fällen neben einer Eisenbahnlinie vorgefunden.

Osteomyelitiden traten im Verlauf der Frakturbehandlung bei 5 Patienten auf (siehe Tabelle 18 im Anhang), was gemessen an der Zahl therapierter Tiere (n=82) einem Anteil von 6 % entspricht. In 4 Fällen handelte es sich dabei um offene Frakturen, in einem Fall um einen gedeckten Knochenbruch. Als Therapieform waren bei 4 dieser Patienten intramedulläre Fixationstechniken gewählt worden, bei einem Tier mit offener Fraktur war die Behandlung auf konservative Weise erfolgt. Röntgenologisch konnten Anzeichen einer Osteomyelitis jeweils bei der nach 14 Tagen durchgeführten zweiten Röntgenkontrolle festgestellt werden. Die nach sieben Tagen routinemäßig angefertigten Röntgenaufnahmen ließen demgegenüber keine Hinweise auf entzündliche Veränderungen des Knochens erkennen (siehe Abbildung 58 im Anhang). Klinische Beschwerden, die auf ein Krankheitsgeschehen im Knochen hindeuteten, wurden bei keinem der betroffenen Tiere beobachtet. Die parenterale antibiotische Behandlung zeigte sich bei 2 Tieren erfolgreich, wohingegen ein Patient aufgrund schwerwiegender Komplikationen (Sequestrierung, Wundinfektion) und ein weiterer wegen einer erneuten Zusammenhangstrennung des Knochens im Bereich der ursprünglichen Fraktur euthanasiert wurden. Im letzteren Fall (Patient Nr. 87) war das Implantat nach Diagnose der entzündlichen Veränderungen am 15. Tag nach Behandlungsbeginn vorsorglich entfernt worden, nachdem die Humerusfraktur palpatorisch stabil erschien. Trotz weiterer Ruhigstellung brach der Knochen erneut am 19. Tag. Ein Turmfalke mit gedeckter Fraktur ließ trotz antibiotischer Therapie keine Besserung des Krankheitsbildes erkennen. In diesem Fall war die Fraktur mittels einer Kombination aus intramedullärem Kunststoffstab und Knochenzement behandelt worden. Im Rahmen der postmortalen pathologisch-histologischen Untersuchung wurden Fremdkörperriesenzellen im Umgebungsbereich des Implantats festgestellt.

ERGEBNISSE

Ein **Tumor** am Oberarmknochen wurde bei einem Patienten (Nr. 117) mittels Probeexzision und nachfolgender pathologisch-histologischer Untersuchung festgestellt, nachdem im Röntgenbild lytische Bezirke am proximalen Humerus den Verdacht einer neoplastischen Veränderung aufwarfen (siehe Abbildung 19 im Anhang). Das Gewebe wurde als Osteosarkom identifiziert.

Intraoperative Todesfälle mussten bei 4 Patienten verzeichnet werden, wobei in 2 Fällen nicht die Anästhesie per se als Todesursache zu werten ist. Ein Erlenzeisig verstarb infolge des intraoperativen Blutverlustes und bei einem Sperber kam es während der Operation infolge der Rückenlage zu einer Verlegung der Trachea durch gekröpfte Futterteile. Dies hatte eine Asphyxie zur Folge und führte so zum Tode des Patienten.

2 Sperber erlitten gegen Ende der Operation einen Atemstillstand. Der Versuch einer Reanimation blieb jeweils erfolglos. Beide Patienten zeigten in der pathologischen Untersuchung ein massives Schädelhämatom mit intrazerebralen Blutungen und Nierenschwellung, eines der Tiere zudem eine Leberschwellung.

5 DISKUSSION

Nachdem seit Mitte der Siebziger Jahre eine Reihe von Publikationen verschiedene Methoden der Frakturversorgung bei Vögeln thematisiert hatten, ist seit Ende der Neunziger Jahre ein deutlicher Rückgang in der diesbezüglichen Anzahl von Veröffentlichungen zu verzeichnen. Mit wenigen Ausnahmen (HOLZ 2003, HATT et al. 2007) folgten keine weiteren klinischen Daten zur Verwendung der Basiskonzepte aviärer Frakturtherapie (konservative Therapie, intramedulläre Frakturversorgung, Fixateur externe). Statt dessen zeichnete sich eine Fokussierung des Interesses auf den auch als „Tie-in Fixateur“ bezeichneten Hybridfixateur (REDIG 2000a, GARCIA-GRAMSER et al. 2003) ab.

Bezüglich der verfügbaren Information zur aviären Frakturbehandlung hebt REDIG (2001) hingegen hervor, dass sich im Zusammenhang mit der klinischen Anwendung verschiedener Methoden der Frakturbehandlung beim Vogel nur eine geringe Zahl von Publikationen auch unter quantitativen Aspekten mit dem Behandlungsergebnis befasst und selten Informationen zum weiteren Therapieverlauf im Hinblick auf den Erfolg der Frakturversorgung dargelegt werden.

Die Anzahl der in der vorliegenden Arbeit untersuchten 147 Frakturpatienten ermöglicht es nicht, zu jeder der untersuchten Behandlungsmethoden repräsentative und allgemein gültige Aussagen zu treffen.

Dennoch konnten anhand der gewonnenen Erkenntnisse und erzielten Ergebnisse einige gängige Methoden in der aviären Frakturtherapie auf ihre Zweckmäßigkeit, Praktikabilität und das mit ihnen verbundene Risiko evaluiert und die Gültigkeit der bislang oftmals auf subjektiven Einschätzungen oder der persönlichen Favorisierung einer bestimmten Behandlungsmethode beruhenden Aussagen überprüft werden.

Zudem bieten die im Verlauf der vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse die Möglichkeit, Vorschläge hinsichtlich therapieflankierender Maßnahmen zu unterbreiten, welche bislang in der einschlägigen Fachliteratur wenig Beachtung finden.

5.1 Vorkommen

Art und Häufigkeit in der Klinik vorgestellter Vögel sind nach SCHUSTER (1996) von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, so dass eine Repräsentativität der registrierten Frakturpatienten hinsichtlich der Spezies fraglich ist. Dennoch weist das Spektrum der zur Behandlung vorgestellten Vogelarten der vorliegenden Untersuchung gewisse Parallelen zur Lebensweise der betroffenen Spezies auf. So fanden sich unter den eingelieferten Wildvögeln weitaus häufiger Kulturfolger als störungsempfindliche Spezies, die aufgrund ihrer versteckten Lebensweise oder einer entsprechenden Distanz zu menschlichen Siedlungen kaum unter den Patienten zu finden waren. Eine Ausnahme bilden die kleinen Singvogelarten,

welche im Verhältnis zur Populationsgröße vergleichsweise selten zur Behandlung vorgestellt wurden (vgl. 5.2).

Die Häufigkeit des Vorkommens von Frakturen bei den Patienten der vorliegenden Arbeit im Hinblick auf die Lokalisation deckt sich in weiten Bereichen mit vergleichbaren Angaben in der Fachliteratur (REDIG 1986a, ISENBÜGEL 1988, CONZEMIUS und KOPF 1991, HOWARD und REDIG 1993, HATT et al. 1996, SCHUSTER 1996) (vgl. Tabelle 14 im Anhang). Die Mehrzahl der Frakturen bei frei lebenden Vögeln findet sich im Bereich des Flügels und ist ursächlich in häufigen Kollisionsunfällen begründet (SCHUSTER, 1996), wohingegen die Knochen der Beckengliedmaße prozentual erheblich seltener (zwischen 13,7 % und 26,1 % in den o. g. Publikationen) vertreten sind.

5.2 Frakturalter

Das Spektrum an Vogelarten, welches den beiden Gruppen (n=27) mit länger zurückliegendem Frakturgeschehen bzw. alten verheilten Frakturen zuzuordnen war, beschränkt sich mit wenigen Ausnahmen (3 Stockenten) auf die Ordnungen Greifvögel (*Accipitriformes*), Falken (*Falconiformes*) und Eulen (*Strigiformes*). Eine Erklärung für diesen Befund liefert einerseits die Vermutung, da insbesondere bei Greifvögeln, Falken und Eulen eine überwiegende Fortbewegung am Boden in Menschnähe mit Krankheit bzw. Verletzung assoziiert wird, wohingegen eine solches Verhalten bei den kleinen Singvogelarten aufgrund des vertrauten Erscheinungsbildes als arttypisch erachtet wird und diese Gruppe von Wildvögeln daher seltener von Menschen aufgenommen und einer medizinischen Versorgung zugeführt wird. Hinzu kommt das größere Spektrum an natürlichen Feinden mit dem entsprechend höheren Risiko, bei Einbuße der Mobilität von diesen erbeutet zu werden. So fand sich unter den 27 Patienten, die den beiden Gruppen mit länger zurückliegendem Frakturgeschehen bzw. alten verheilten Frakturen zuzuordnen waren, kein Individuum der kleineren Singvogelspezies.

Entgegen der Vermutungen von SCHUSTER (1996), dass zum Beuteerwerb auf ein exzellentes Flugvermögen angewiesene Vögel (z. B. Sperber) nach einem Flügelbruch rasch dem Hungertod ausgeliefert sind, zeigten von den eigenen Patienten 3 Sperber mit Flügelfrakturen ein bereits längere Zeit zurückliegendes Frakturgeschehen und 2 Habichte und 1 Baumfalke alte, bereits verheilte Frakturen des Flügels, so dass die Anpassungsfähigkeit der betreffenden Spezies an die Verfügbarkeit des Nahrungsspektrums womöglich höher einzuschätzen ist, als bislang angenommen. Zudem ist der Energiebedarf durch die verminderte körperliche Aktivität (Beutejagd) signifikant reduziert.

Bei alten, insbesondere offenen Frakturen mit röntgenologisch evidenter Brückenkallusbildung oder weiter vorangeschrittenem Knochenheilungsprozess war die Prognose infaust; bei keinem der betreffenden 9 Patienten konnte der Befund der Eingangsuntersuchung einen Therapieversuch rechtfertigen. Knochenheilung in Fehlstellung,

DISKUSSION

zumeist infektiös bedingte umfangreiche Gewebenekrosen im Bereich von Muskel- und Sehngewebe, in den Knochenkallus einbezogene Verwachsungen von Weichteilgewebe sowie nekrotische Frakturenenden bei zahlreichen offenen Frakturen waren für die ungünstige Prognose verantwortlich. Nur wenig günstiger lagen die Verhältnisse bei jenen Frakturen, die röntgenologisch durch erkennbare Kallusbildung im Frakturbereich imponierten und deren Frakturgeschehen zumindest zwei Wochen zurücklag. In dieser Patientengruppe waren insbesondere nekrotische Frakturenenden bei offenen Brüchen mit hervorstehenden Knochenenden und infektiös bedingte, zum Teil umfangreiche Weichteilnekrosen, aber auch komplizierte Knochenbrüche ohne Aussicht auf erfolgreiche Heilung für die schlechte Prognose ausschlaggebend – von 17 betroffenen Tieren konnte lediglich eines erfolgreich behandelt und ausgewildert werden. Demgegenüber mussten 15 Wildvögel mit Frakturen, welche aus einem längere Zeit zurückliegenden Frakturgeschehen resultierten, ohne weitere Therapie euthanasiert werden. Diese Befunde korrelieren eng mit der Aussage von CONZEMIUS (1995), der solchen Frakturen im Falle gedeckter Knochenbrüche eine Tendenz zur Formation nicht korrigierbarer Fehlstellungen und bei offenen Frakturen eine Neigung zu Infektion und Nekrose zuschreibt.

Weitaus besser stellten sich die Aussichten auf einen erfolgreichen Abschluss der Behandlung sowohl bei den Patienten mit frischen, als auch bei jenen mit erst wenige Tage alten Frakturen dar, wobei die Erfolgsquote der ausgewilderten Vögel bei diesen beiden Tiergruppen nur unwesentlich differierte. Von den Patienten mit frischen Frakturen konnten 30 der insgesamt 85 Tiere nach abgeschlossener Behandlung in die Wildbahn entlassen werden (35,3 %); berücksichtigt man die Zahl der ohne Therapie euthanasierten Tiere, so ergibt sich ein Anteil von 52,6 %, während sich dieser Anteil bei den Wildvögeln mit wenige Tage zurückliegendem Frakturgeschehen auf 13 von 35 Patienten, entsprechend 37,1 % bzw. 54,2 % der therapierten Tiere, bezifferte (vergleichbare Daten konnten in der gesichteten Fachliteratur nicht ermittelt werden). Im Grunde wäre eine deutlich bessere Erfolgsaussicht der Patientengruppe mit frischen Frakturen im Vergleich zu den Wildvögeln mit einige Tage zurückliegenden Frakturen zu erwarten gewesen. Das vergleichbare Verhältnis beider Patientengruppen ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass von den Patienten mit frischen Frakturen während der ersten Tage in Behandlung ein nicht unbeträchtlicher Anteil den Begleitverletzungen erlag (20 von 21 Patienten, die während der Therapie verendeten, starben innerhalb der ersten drei Tage nach der Eingangsuntersuchung). Die Fundvögel, welche mit einem wenige Tage zurückliegenden Frakturgeschehen in der Klinik vorgestellt wurden, stellten somit bereits eine Selektion dar und können als „Überlebensfraktion“ der Patienten mit frischen Frakturen erachtet werden. Der weitaus größte Teil der während der Therapie verendeten Fundvögel mit frischen Frakturen verstarb innerhalb der ersten beiden Tage nach Behandlungsbeginn, wobei die Therapieform (jeweils 5 operativ und 5 konservativ behandelte Patienten) keinen wesentlichen Einfluss auf dieses Ereignis auszuüben schien. Das Ausmaß der Fraktur begleitenden Verletzungen zeigt sich unter anderem in Untersuchungen

von REINARZ (1999) zur Todesursache von 13 unter der Behandlung verstorbener Frakturpatienten der vorliegenden Untersuchung, bei denen in 10 Fällen schwerwiegende Folgen eines traumatischen Unfallgeschehens vorlagen, die sich zumeist als Ruptur von Lunge und/oder Leber mit entsprechend ausgedehnten Blutungen in die Körperhöhle, sowie als Hämatome des Schädeldachs mit zum Teil ausgeprägten Hirnblutungen manifestierten. Ferner war zu konstatieren, dass unter prognostischen Gesichtspunkten weitere Einflüsse im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Alter einer Fraktur zu sehen sind. So stellte der Zeitfaktor bei offenen Frakturen, die in erheblich stärkerem Maße negativen Einflüssen (Nekrose der Knochenenden, Kontamination des Frakturbereichs, Wundmyiasis) unterworfen sind, einen weitaus stärker limitierenden Faktor in der Behandlung von Knochenbrüchen dar, als dies bei geschlossenen Frakturen der Fall war.

5.3 Schussfrakturen

Die Schwere der Verletzungen und die geringe Erfolgsquote im Zusammenhang mit der Behandlung von Knochenbrüchen, die infolge der Einwirkung von Projektilen auftraten, erklärt sich aus dem Umstand, dass bei den meisten Frakturgeschehen mit Anprall auf Flächen oder Gegenstände ein stumpfes Trauma als kausaler Faktor für die Zerstörung der Knochenintegrität verantwortlich zeichnet, jedoch nur ein Teil dieser Fälle sekundär durch die Einwirkung spitzer oder scharfkantiger, durch das Frakturgeschehen entstandener Knochenstrukturen, ausgedehnte Schäden des Weichteilgewebes hervorruft und so als offene Fraktur imponiert. Bei Schussfrakturen ist die einwirkende kinetische Energie hingegen auf eine kleine Fläche konzentriert und ruft stets unmittelbar eine ausgeprägte Zerstörung umliegenden Weichteilgewebes hervor, deren Ausmaß von vielerlei Faktoren (verwendete Schusswaffe und Projektil, Entfernung etc.) abhängt. So handelte es sich zwar bei 14 der 20 betroffenen Vögel um ein frisches Frakturgeschehen, dennoch mussten 16 Patienten mit Schussfrakturen wegen des beträchtlichen Ausmaßes der Gewebeschädigung als prognostisch infaust eingestuft und ohne Therapie euthanasiert werden. Hierbei erwies sich die meist ausgedehnte und massive Schädigung der umliegenden Weichteilgewebe aus therapeutischer Sicht häufiger als limitierender Faktor, als das Ausmaß der Knochenschädigung.

Vergleichbare Angaben bezüglich der Häufigkeit von Schussfrakturen waren in der Fachliteratur nicht zu ermitteln. Zwar beziffern mehrere Autoren anhand von Sektionsbefunden vornehmlich von Greifvögeln und Eulen den Anteil der Schussverletzungen als vermeintliche Todesursache (GLÜNDER et al. 1986, KOHLER 1992, SIMPSON 1993, VILLFORTH 1995, KRONE et al. 2003), Hinweise auf das Vorkommen oder die Häufigkeit von Frakturen infolge der Schussverletzungen sowie auf die Projektilart sind in diesen Berichten hingegen nicht verzeichnet.

5.4 Offene/geschlossene Frakturen

Von 61 vor der Einleitung therapeutischer Maßnahmen euthanasierten Patienten stehen 52 Vögeln mit offenen Frakturen lediglich 4 Tiere mit gedeckten Knochenbrüchen gegenüber (5 Tiere wiesen sowohl offene, als auch geschlossene Frakturen auf). Betrachtet man demgegenüber die Therapieergebnisse, so finden sich unter 45 ausgewilderten Patienten 25 Vögel mit offenen und 20 mit geschlossenen Frakturen. Aus der weiteren Analyse der Daten geht hervor, dass offenen Knochenbrüchen insbesondere im Zusammenhang mit Schussfrakturen und bei längere Zeit zurückliegendem Frakturgeschehen eine schlechte Prognose beschieden ist. Zudem stellt die in der wärmeren Jahreszeit auftretende Wundmyiasis einen gewissen Risikofaktor dar. Konnte ein Patient mit offener Fraktur keiner der genannten Risikogruppen zugeordnet werden, waren die Chancen auf einen erfolgreichen Abschluss der Behandlung im Vergleich zu den Patienten mit geschlossenen Knochenbrüchen deutlich weniger diskrepant (55 % vs. 45 %). Infolgedessen ermöglicht eine weitergehende Differenzierung bezüglich der Ätiologie des Frakturgeschehens und der Wundcharakteristik eine im Hinblick auf die Prognose offener Frakturen exaktere Einschätzung, als die einfache Bewertung der Integrität des Integuments im Frakturbereich, wie in einigen Publikationen (FORBES 1998, SOUZA et al. 2004) verallgemeinernd dargestellt.

5.5 Frakturen der Schultergliedmaße und des Schultergürtels

5.5.1 Frakturen des Schultergürtels

Alleinige Frakturen der Clavicula traten bei den untersuchten Patienten nicht in Erscheinung. Dieses Untersuchungsergebnis korreliert mit der beachtlichen Elastizität des Gabelbeins und deckt sich mit dem Befund, dass Brüche dieses Knochens ausschließlich mit der Einwirkung eines massiven Traumas assoziiert waren.

Die niedrige Anzahl beschriebener Scapulafrakturen ist der geringgradigen negativen Auswirkung auf das Flugvermögen zuzuschreiben. Es steht demnach zu vermuten, dass die Ursache für eine Beeinträchtigung der Flugfähigkeit in diesen Fällen vornehmlich in der traumatischen Auswirkung auf die Weichteilstrukturen des Oberarmes zu suchen ist, als in der Zusammenhangstrennung des Schulterblatts. Zudem wird bei zahlreichen Vogelspezies die röntgenologische Darstellung der Scapula durch ihre schlanke, säbelförmige Gestalt in Verbindung mit der anatomischen Lage des Knochens erschwert, wodurch Frakturen dieses Knochens beim Vogel zuweilen übersehen werden dürften. Die genannten Faktoren würden die geringe Anzahl klinisch belegter Scapulafrakturen in der Literatur erklären, die neben den 3 Patienten der vorliegenden Untersuchungen nur bei CONZEMIUS und KOPF (1991) mit einem Fall und bei HATT et al. (1996) mit 3 Wildvögeln dokumentiert sind.

Von den Patienten mit Frakturen im Bereich des Schultergürtels konnten 73,3 % ausgewildert werden, womit diese Patientengruppe eine vergleichsweise günstige Prognose aufweist. Dieses Ergebnis entspricht annähernd dem der Studie von HOWARD und REDIG (1993), die 71 % der 21 behandelten Patienten mit Schultergürtelfrakturen in die Wildbahn entließen, wobei es sich in diesen Fällen ausschließlich um Coracoidfrakturen handelte. Auch ist der Anteil der Vögel der eigenen Untersuchung, die nach Diagnosestellung ohne weitere Therapiemaßnahmen belassen und euthanasiert werden mussten, mit 2 Tieren (entsprechend 10,5 % der Patienten mit Frakturen des Schultergürtels) gering. Die positiven Ergebnisse lassen sich auf mehrere Umstände zurückführen: zum einen ist – wie zuvor beschrieben – die Scapula durch ihre wenig exponierte Lage und straffe Anbindung an den Thorax nur geringen traumatischen Einflüssen ausgeliefert und die biegsame Konstruktion der Furcula vermag einen Großteil der einwirkenden Kräfte aufzufangen. Folgeverletzungen der umliegenden Weichteilgewebe durch scharfkantige dislozierte Frakturen sind im Bereich des Schultergürtels nicht in nennenswertem Umfang zu erwarten. Des Weiteren wurde durch die ausschließlich konservativ erfolgte Behandlung eine weitere Traumatisierung des Frakturbereichs durch einen operativen Zugang vermieden. Im Übrigen sind die Knochen des Schultergürtels an der Fortbewegung des Vogels eher passiv in Form eines Stütz- und Halteapparates beteiligt; eine Fehlausrichtung der Knochenachse hat somit eine im Vergleich zu den langen Röhrenknochen der Schultergliedmaße geringere nachteilige Auswirkung auf das Flugvermögen zur Folge. Im Laufe der Untersuchungen stellte sich zudem heraus, dass gerade zu einer erfolgreichen Heilung von Frakturen der Schultergürtelknochen eine Reposition der Frakturfragmente in eine korrekte anatomische Lage zwar wünschenswert, doch nicht zwingend erforderlich ist, um nach Abschluss der Therapie eine zur Auswilderung ausreichende Flugleistung zu erzielen. So zeigten – übereinstimmend mit Beobachtungen von REDIG (2001) – selbst hochgradig dislozierte Frakturen im Bereich des Schultergürtels (siehe Abbildung 14-17 u. Abbildung 26-29 im Anhang) eine erstaunliche Heilungstendenz und nach Abschluss der Behandlung eine unbeeinträchtigte Funktionalität.

Eine Einschränkung der Futterpassage des Oesophagus, wie sie von REDIG (1986b) bei 2 Greifvogelpatienten beschrieben und aufgrund der Ausbildung eines umfangreichen Knochenkallus auf die konservative Therapie der Coracoidfrakturen zurückgeführt wurde, konnte indes – selbst in Fällen ausgeprägter Kallusbildung (siehe Abbildung 17 im Anhang) – bei keinem Patienten der vorliegenden Studie beobachtet werden.

Angesichts der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lässt sich die prinzipielle Forderung zahlreicher Autoren nach einer operativen Therapie, insbesondere im Fall dislozierter Coracoidfrakturen bei Vögeln, die auf ein präzises Flugvermögen angewiesen sind (REDIG 1986a und 1986b, MARTIN und RITCHIE 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997, FORBES 1998, HOLZ 2003), wie auch die von COLES (1997) nach einer generellen chirurgischen Behandlung von Coracoidfrakturen bei Vogelpatienten über 500 g Körpermasse bzw. die von HOWARD und REDIG (1994) bei Tieren über 300 g Körpermasse, zur

Wiederherstellung des Flugvermögens nicht halten. Übereinstimmend mit den eigenen Ergebnissen propagieren REDIG (2001) und (HELMER und REDIG 2006) die konservative Behandlung von Coracoidfrakturen, nachdem die zuvor von den Autoren geforderte chirurgische Versorgung des Rabenschnabelbeins (REDIG 1986b und 1986c, HOWARD und REDIG 1994) keine zufrieden stellenden Ergebnisse (25 % erfolgreich therapierte Patienten) erbracht hatte. Auch kann die Vermutung von CONZEMIUS (1995) entkräftet werden, der angesichts der geringen Inzidenz von Schultergürtelfrakturen (namentlich 1 Scapulafraktur) in einer Untersuchung an 58 Frakturpatienten mit Knochenbrüchen im Bereich der Schultergliedmaße davon ausgeht, dass Frakturen des Schultergürtels stets von Traumata verursacht werden, deren Krafteinwirkung so hoch ist, dass die betroffenen Vögel ihren Verletzungen unmittelbar oder kurze Zeit nach dem Auftreten des traumatischen Ereignisses erliegen und somit nicht zur Untersuchung vorgestellt werden.

5.5.2 Humerusfrakturen

Ein beträchtlicher Anteil der während des Untersuchungszeitraumes eingelieferten Patienten mit Brüchen des Oberarmknochens (n=24, entsprechend 51,1 % der vorgestellten Wildvögel mit Humerusfrakturen) musste unmittelbar nach Diagnosestellung euthanasiert werden. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war zumeist eine umfangreiche, irreparable Schädigung von Weichteilgewebe im Frakturbereich, die mitunter durch den vergleichsweise hohen Anteil von Schussfrakturen in dieser Patientengruppe (n=6, entsprechend 30 % aller Patienten mit Schussfrakturen) bedingt war. Weitere 6 Patienten wurden mit alten, zum Teil in Fehlstellung geheilten Frakturen vorgestellt, so dass letztlich 36 % der Humerusfrakturen behandelt wurden – ein Anteil, der mit den Daten von HATT et al. (1996) von 32 % und HOWARD und REDIG (1993) von 39 % behandelter Wildvögel mit Oberarmfrakturen vergleichbar ist.

Abgesehen von den Patienten mit bereits bei Einlieferung in die Klinik geheilten Oberarmbrüchen handelte es sich überwiegend um instabile Frakturen, so dass – bedingt durch das Eigengewicht des Flügels – bei Bewegung der Schwinge die teilweise scharfkantigen Frakturen oftmals eine weitere Traumatisierung des umliegenden Weichteilgewebes hervorrufen, was den hohen Anteil offener Frakturen in dieser Patientengruppe (70,2 %) erklärt. Vergleichbare Zahlen finden sich bei CONZEMIUS (1995), der bei Patienten mit Oberarmbrüchen in 74 % offene Frakturen diagnostizierte. Auch HOWARD und REDIG (1993) führen die geringe Erfolgsrate der ausgewilderten Greifvögel mit Humerusfrakturen von 32 % der therapierten Tiere vor allem auf die hohe Anzahl (59 %) offener Frakturen zurück, die in vielen Fällen mit nekrotischen Frakturen assoziiert waren und geringe Aussicht auf Heilung aufwiesen. Eine weitere Ursache für die unvorteilhafte Prognose hinsichtlich einer Wiederauswilderung bei den Patienten der vorliegenden Untersuchung findet sich im hohen Anteil an Vögeln (n=8, entsprechend 34,8 %), der

während der Therapie verstorben ist. Dieser Umstand lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass bei einem beträchtlichen Teil der Vögel das auslösende Trauma während des Fluges eintritt und aufgrund der anatomischen Gegebenheiten die auf den Humerus einwirkenden Kräfte beim Auf- oder Anprall auch an Rumpf und Schädel zum Teil erhebliche Läsionen hervorrufen.

Sehr weit proximal gelegene Frakturen sind chirurgisch schwierig zu versorgen, da der Oberarmknochen in diesem Bereich aufgrund der ausgeprägten Pneumatisation in Verbindung mit einem weiten Markraum wenig Halt für Implantate bietet (MCCLUGGAGE 1993). Demgegenüber gestaltete sich die konservative Behandlung bei 4 der eigenen Patienten mit hoch proximal lokalisierter Fraktur infolge der Stabilisierung durch die in diesem Bereich kräftig ausgebildeten Muskelmassen vergleichsweise einfach. Bei der durch Einbindung ruhig gestellten Schwinge war Bewegung im Frakturbereich nicht in nennenswertem Maß zu verzeichnen. Dieser Befund deckt sich mit der Aussage von MCCLUGGAGE (1993), der gleichfalls der Muskulatur in diesem Bereich eine ausreichende Stützfunktion zuschreibt. Positive Resultate mit der konservativen Therapie von Humerusfrakturen erzielte auch REDIG (1986b), der 18 Greifvögel auf diese Weise behandelte und hiervon 13 in die Wildbahn entlassen konnte. Den vergleichsweise hohen Anteil konservativ versorgter Brüche (26,5 %) des Oberarmknochens begründet der Autor damit, dass es sich hierbei in den meisten Fällen um gedeckte Frakturen handelte, die zum Zeitpunkt ihrer Vorstellung fast vollständig geheilt waren. In Anbetracht der geschilderten Ergebnisse scheint die Forderung von CONZEMIUS (1995) nach einer obligat operativen Therapie von Brüchen des Oberarmknochens nicht gerechtfertigt, wenngleich die konservative Behandlung von Humerusfrakturen nur in einer vergleichsweise geringen Zahl von Fällen angezeigt sein wird.

Bei Frakturen des mittleren und distalen Knochendrittels wurde operativen Therapiemethoden aus Gründen der höheren Stabilität der Vorzug gegeben. Dabei gestaltete sich die Applikation von Kirschner-Drähten unproblematisch. Obgleich MACCOY (1982) und REDIG (2003) aufgrund eines erhöhten Risikos der Entstehung einer Gelenkankylose von der retrograden Methode mit Austritt des Implantats distal am Humerus Abstand nehmen, wurde diese Methode bei einigen der eigenen Patienten mit Erfolg angewendet. Die Aussage von REDIG (2003), wonach eine retrograde Positionierung der Stifte am distalen Humerus in einer Penetration des Ellbogengelenks resultiert, kann anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden und auch die Nähe des Austrittspunktes zum Ellbogengelenk hatte in den untersuchten Fällen auf dessen Beweglichkeit nach abgeschlossener Heilungs- und Rehabilitationsphase keinen negativen Einfluss. TRAH und WRIEG (1984) und MACCOY (1987) halten demgegenüber eine gefahrlose Anwendung von penetrierenden Metallimplantaten nur bei solchen Vogelarten für gegeben, deren natürliche Krümmung des Humerus das Einführen des Implantats von distal auf normograde Weise ohne Beeinträchtigung der Gelenkstrukturen erlaubt und auch COLES (1997) sieht eine erheblich

geringere Gefahr der Gelenkschädigung durch das Implantat bei Spezies mit einer S-förmigen Krümmung des Humerus. Die eigenen Untersuchungen deuten indessen an, dass auch bei weniger deutlich gekrümmtem Humerus der Abstand vom Austrittspunkt des Implantats zum Ellbogengelenk ausreichen kann, um nach abgeschlossener Behandlung eine unbeeinträchtigte Funktion dieses Gelenks zu gewährleisten, wie das Resultat bei dem auf diese Weise therapierten Graureiher mit ausgesprochen geradem Verlauf der Knochenlängsachse (siehe Abbildung 11 im Anhang) zeigt. Nach abgeschlossener Behandlung war keine Beeinträchtigung der Gelenkfunktion zu verzeichnen, so dass die kategorische Beschränkung dieser Methode auf solche Spezies, die eine ausgeprägte Krümmung des Humerus aufweisen, entbehrlich erscheint. Zudem besteht die Möglichkeit, dass eine posttherapeutische Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit nicht zwangsläufig durch die Schädigung der Gelenkstrukturen selbst, sondern möglicherweise auch durch eine Traumatisierung der Sehne des *Musculus triceps brachii* hervorgerufen werden kann, welche beim Einbringen von Implantaten zu vermeiden ist (HOWARD und REDIG 1994). Die von CONZEMIUS (1995) vertretene Ansicht, die intramedulläre Verwendung von Kirschner-Drähten sei bei Humerusfrakturen aufgrund der weiten Markraumhöhle und der somit erforderlichen Implantate großen Durchmessers generell ungeeignet, da hierdurch eine hohe Gefahr von Weichteilverletzungen impliziert würde, kann angesichts der eigenen Erfahrungen mit dieser Therapiemethode nicht bestätigt werden. Wenngleich der auch von LEVITT (1989) und MACCOY (1996) angesprochene geringe Halt, den der Humerus intramedullären Implantaten aufgrund der weiten Markhöhle im metaphysären Bereich bietet, als nachteiliger Aspekt bei der Verwendung von Kirschner-Drähten zu werten ist, konnte durch die Wahl von Drähten mit entsprechendem Durchmesser ($\frac{2}{3}$ der Markraumweite) eine ausreichende axiale Stabilität erzielt werden. Darüber hinaus bietet das Trabekelgeflecht, welches beim vorsichtigen Einführen des Implantats nur partiell zerstört wird, besonders im weiten Markhöhlenbereich des proximalen Humerus zusätzlichen Halt, so dass – gegebenenfalls ergänzt durch Cerclagen und in Kombination mit einer Einbindung des Flügels am Körper – in den meisten Fällen eine ausreichende Stabilität der Fixation gegeben ist. Das Gewicht der verwendeten Edelstahlimplantate (CONZEMIUS 1995) war bei der vorliegenden Untersuchung nicht von Bedeutung, da sämtliche Kirschner-Drähte entfernt wurden, sobald der frakturierte Knochen eine röntgenologisch wahrnehmbare Kallusbildung aufwies und sich klinisch stabil zeigte. Eine Einschränkung des Gebrauchs intramedullärer Metallimplantate am Humerus auf eine Körpermasse von 100 g bis 1000 g (GYLSTORFF und GRIMM 1998) erscheint wenig praxisgerecht, da sich die Verwendung dieser Methode sowohl bei einem Graureiher von 1500 g (Patient Nr. 51), als auch bei einem Eisvogel von 28 g Körpermasse mit Stückfraktur des Oberarmknochens (siehe Abbildung 62 u. 63 im Anhang) unproblematisch gestaltete. Eine avaskuläre Nekrose des distalen Humerus infolge einer umfangreichen Schädigung der *Arteria nutritia* durch intramedulläre Implantate, wie von CHAFFEE (1973) anhand eines Fallberichts geschildert, wurde im Rahmen der eigenen

DISKUSSION

Untersuchungen nicht festgestellt. Angesichts der Beobachtung von WEST et al. (1996a und 1996b), dass eine intakte intramedulläre Blutzirkulation für die Knochenheilung am Humerus nicht von entscheidender Bedeutung ist und in Ermangelung weiterer klinischer Berichte über ein solches Krankheitsgeschehen, ist das Risiko eines derartigen Zwischenfalls als außerordentlich gering einzustufen, zumal selbst im Zusammenhang mit der Verwendung von Knochenzement (Gefahr der thermischen Schädigung intramedullärer vaskulärer Strukturen durch die Polymerisationshitze) keine diesbezüglichen Komplikationen beschrieben sind.

Die Kombination von Kunststoffstäben mit Knochenzement bei der Versorgung von Humerusfrakturen in 2 Fällen erbrachte keine zufrieden stellenden Ergebnisse. Bei einem der beiden Patienten brach der Kunststoffstift an jener Stelle, an welcher der Faden zum Zurückziehen des Implantats nach Adaptation der Frakturrenden geführt wurde. Einen solchen Zwischenfall mussten desgleichen DEGERNES et al. (1993) bei einem Patienten verzeichnen, bei dem der Kunststoffstab an der Bohrstelle gebrochen war und auch LEVITT (1989) verweist auf das Risiko einer Konzentration der Belastung an den Bohrlöchern der transfixierten Kunststoffstifte, die zur Zusammenhangstrennung des Implantats führen kann. Die von BENNETT (1997) angesprochene Gefahr der Entstehung von Stressfrakturen am Ende des Kunststoffimplantats wurde im Rahmen der Behandlung eines Patienten der vorliegenden Studie bekräftigt.

Durch die alleinige Verwendung von Polyacrylstiften bei 4 Wildvögeln mit Humerusfraktur ließen sich bei 3 Tieren ausgesprochen positive Resultate erzielen. Dabei kam diese Methode bei 2 Patienten mit komplizierten Brüchen zum Einsatz, die durch andere verfügbare Methoden nicht zu stabilisieren gewesen wären. Die Fixation des Polyacrylstabes durch Hemicerclagen proximal und distal des Frakturspalts zur Vermeidung einer Dislokation des Implantats verdeutlichte abermals die folgenschwere Beeinträchtigung der Stabilität des Polyacrylstiftes durch einen Bohrkanal, da das Implantat bei dem betreffenden Patienten an einer dieser Stellen brach. Bei den verbleibenden Vögeln, an deren Implantat das Anbringen von Bohrlöchern zur Fixierung nicht erforderlich war, erwies sich der Kunststoffstift als ausreichend stabil.

Die von BENNETT (1997) positiv bewertete frühe Gebrauchsfähigkeit der frakturierten Gliedmaße und der Beginn von Rehabilitationsmaßnahmen ab dem siebten Tag post operationem, wie auch die Empfehlung von SIMPSON (1996), bei der Verwendung intramedullärer Fixationsmethoden am Humerus die postoperative Einbindung des Flügels auf die ersten fünf Tage zu beschränken, sind vor dem geschilderten Hintergrund skeptisch zu bewerten, da zu einem solch frühen Zeitpunkt die Existenz eines belastbaren Kallusgewebes bzw. einer ausreichenden Rotationsstabilität nicht gegeben ist. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse empfiehlt sich eine vorsichtige und stufenweise Erhöhung der Beübung und Bewegungsfreiheit, um insbesondere im Falle der Versorgung mit

intramedullären Kunststoffimplantaten eine Zerstörung der für zahlreiche Noxen empfänglichen Fixationsmethode zu vermeiden.

Wenngleich SIMPSON (1996) und BENNETT (1997) die Verwendung des Fixateur externe bei offenen Humerusfrakturen als Methode der Wahl erachten und MCCLUGGAGE (1993), MARTIN und RITCHIE (1994), MACCOY (1996) sowie COLES (1997) diese Methode zur Behandlung von Brüchen des Oberarmknochens empfehlen, fanden sich dennoch unter den 21 therapierten Patienten der eigenen Untersuchungen lediglich 2 Fälle, die eine solche Vorgehensweise ermöglicht hätten. Bei den übrigen Brüchen war die Frakturlinie entweder zu weit proximal bzw. distal gelegen, um eine sichere Verankerung einer ausreichenden Zahl von Implantaten zu gewährleisten oder aber Fissuren verhinderten ein gefahrloses Einbringen in den Knochen. Die beiden relevanten Vögel waren einer Therapie mittels Polyacrylstäben unterzogen worden, um diese Methode zu evaluieren.

5.5.3 Radius-/Ulnafrakturen

Das signifikant häufigere Auftreten singulärer Ulnafrakturen – verglichen mit alleinigen Knochenbrüchen der Speiche – ist durch die anatomischen Unterschiede der beiden Knochen zu begründen. Der Radius weist im Vergleich zur Ulna bei nur geringfügig kürzerer Knochenlänge einen deutlich geringeren Durchmesser auf und ist zudem durch eine kleinere Kontaktfläche weniger umfassend in die angrenzenden Gelenkflächen des Ellbogen- und Metacarpalgelenkes eingebunden. Diese anatomischen Gegebenheiten lassen darauf schließen, dass die auf den Radius einwirkende kinetische Energie – im Vergleich zur Ulna – aufgrund der größeren Biegsamkeit des Knochens besser absorbiert werden kann, so dass bei einer Gewalteinwirkung von cranial die Speiche trotz der exponierteren Lage eine geringere Tendenz zur Zusammenhangstrennung zeigt. Dennoch weist der Radius zumeist eine ausreichende Stabilität auf, um bei gebrochener Elle das Gewicht des Flügels zu tragen. Hierdurch gestaltet sich bei singulären Frakturen sowohl von Radius, als auch der Ulna die konservative Behandlung unkompliziert, da der verbliebene intakte Knochen gleichsam als Schiene für den geschädigten Unterarmknochen dient und die Ruhigstellung der Fraktur daher meist ohne größeren Aufwand durch eine Achter-Bandage oder das Einbinden des Flügels zu erzielen ist. Diese von mehreren Autoren bevorzugte Vorgehensweise (TRAH und WRIEG 1984, REDIG 1986b, MCCLUGGAGE 1993, MARTIN und RITCHIE 1994) erbrachte bei den eigenen Untersuchungen fast durchweg positive Resultate. Lediglich bei 2 Patienten wurde abweichend von diesem Behandlungsschema verfahren: ein Mäusebussard mit bilateraler Ulnafraktur zeigte sich sehr temperamentvoll und unruhig und ließ durch alleiniges Anlegen von Achter-Bandagen eine sichere Ruhigstellung der Frakturbereiche nicht erwarten, weshalb beide Frakturen mit Kirschner-Drähten versehen wurden und bei einem Sperber mit Stückfraktur der Ulna wurde nach einer Woche konservativer Therapie eine chirurgische

Behandlung eingeleitet, da ein Frakturende disloziert war und in Kontakt zur Speiche stand. Die von MACCOY (1996) und von GYLSTORFF und GRIMM (1998) empfohlene Beschränkung der konservativen Behandlung eines einzelnen Unterarmknochens auf nicht oder nur geringfügig dislozierte Frakturen kann anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nicht ausreichend bewertet werden, da es sich bei fast allen Patienten mit singulären Unterarmfrakturen um geringgradig dislozierte Brüche handelte.

Bezüglich der Hospitalisierungsdauer konnten entgegen der Aussage von HOWARD und REDIG (1994) keine signifikanten Unterschiede zwischen konservativ und chirurgisch behandelten Patienten beobachtet werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch eine operative Therapie in manchen Fällen eine bessere Adaptation der Frakturenden zu erzielen ist, demgegenüber durch die konservative Behandlung eine zusätzliche Traumatisierung des Fraktur- bzw. Wundbereiches unterbleibt. Faktoren wie Lokalisation und Ausmaß der Fraktur waren bei der konservativen Behandlung der eigenen Wildvogelpatienten im Hinblick auf das Therapieresultat von untergeordneter Bedeutung. Sowohl Vögel mit gelenknahen, als auch solche mit diaphysär lokalisierten Frakturen konnten – ebenso wie Tiere mit Stück- oder Splitterfrakturen eines Unterarmknochens – auf diese Weise erfolgreich behandelt und ausgewildert werden.

Die kategorische Forderung von REDIG (2003), Frakturen des Radius aufgrund der Tendenz zur Entstehung von Synostosen stets mit intramedullären Implantaten zu versorgen steht den Empfehlungen zahlreicher Autoren (TRAH und WRIEG 1984, LEVITT 1989, MACCOY 1996, SIMPSON 1996, BENNETT 1997) entgegen, die ein solches Vorgehen allenfalls bei signifikant dislozierten Brüchen für erforderlich halten und wird auch durch die Befunde der vorliegenden Studie nicht gestützt.

Das Risiko einer Überlastungsfraktur des Radius bei konservativer Behandlung von Knochenbrüchen der Elle (LEVITT 1989, MACCOY 1996) kann offensichtlich durch Ruhigstellung des Flügels mittels Bandagen oder Einbindung am Körper bis zur Ausbildung eines belastungsfähigen Kallusgewebes weitestgehend vermieden werden. Bei den eigenen auf diese Weise behandelten Patienten mit singulärer Ulnafraktur trat ein derartiger Zwischenfall im Verlauf der Behandlung nicht in Erscheinung.

Die chirurgische Versorgung von Unterarmfrakturen wurde insbesondere bei Brüchen beider Unterarmknochen einer Schwinge erforderlich. Dabei erwies sich, analog zu Empfehlungen von TRAH und WRIEG (1984) und SIMPSON (1996), in Fällen ohne signifikante Dislokation die alleinige Behandlung der Ulna als probates Mittel, um eine Heilung beider Knochen zu erzielen. Korrespondierend mit der Aussage von HOWARD und REDIG (1994) die demgegenüber bei komplexen Ulnafrakturen, welche mit einfachen Brüchen des Radius assoziiert sind, die chirurgische Versorgung der Speiche bevorzugen, fand sich auch unter den eigenen Patienten ein Tier, das infolge einer ausgeprägten Splitterfraktur der Elle bei einfachem Bruch der Speiche auf diese Weise therapiert wurde.

In Übereinstimmung mit der von MACCOY (1996) angeratenen Vorgehensweise kann bei sehr temperamentvollen Vögeln auch eine singuläre Unterarmfraktur chirurgische Behandlungsmaßnahmen erfordern, wenn – wie bei einem der eigenen Patienten – die alleinige Versorgung eines der beiden Brüche eine zuverlässige Stabilisierung des Frakturbereichs nicht in ausreichendem Maß gewährleistet.

Die von MACCOY (1996) und HELMER und REDIG (2006) geäußerten Bedenken hinsichtlich der Entstehung von Gelenkankylosen oder anderweitiger Einschränkungen der Gelenkfunktion durch die Verwendung intramedullärer Kirschner-Drähte mit retrogradem Austritt des Implantats an der proximalen Ulna konnten im Verlauf der eigenen Untersuchungen indes nicht bestätigt werden. Eine generelle Kontraindikation dieser Therapieform (HELMER und REDIG 2006) scheint auf Basis der vorliegenden Daten nicht gegeben.

Zur weiteren Evaluierung des Heilungsverlaufs bei Verwendung intramedullärer Kirschner-Drähte fand in 5 Fällen mit Frakturen beider Unterarmknochen der modifizierte Fixateur externe Verwendung. Obwohl die mittels Fixateur externe versorgten Patienten bereits einige Tage nach der Operation den Flügel bewegen konnten, zeigten sich weder klinisch, noch röntgenologisch für den weiteren Heilungsverlauf signifikante Unterschiede in der Frakturheilung. Dieser Befund, sowie die durch beide Methoden erzielten vergleichbaren Zeitspannen bis zur Rehabilitation der Wildvögel deuten darauf hin, dass die Heilungs- und Rehabilitationsphase in nicht unerheblichem Maß durch Faktoren beeinflusst wird, welche nicht in direktem Zusammenhang mit der angewandten Therapiemethode stehen (siehe Kapitel 5.7.1.3).

Obwohl in der Fachliteratur mehrfach auf die Gefahr einer Synostosenbildung zwischen Radius und Ulna hingewiesen wird (LEVITT 1989, McCLUGGAGE 1993, HOWARD und REDIG 1994, CONZEMIUS 1995, MACCOY 1996, BENNETT 1997, COLES 1997, REDIG 2003) finden sich in der Fachliteratur lediglich 2 klinisch dokumentierte Fälle (CONZEMIUS 1995, CHRISTEN et al. 2005). Im Verlauf der eigenen Untersuchungen trat eine solche Komplikation nicht in Erscheinung. Die geringe klinisch nachgewiesene Inzidenz von Synostosen des Unterarms lässt vermuten, dass es sich hierbei um eine – gemessen an der Zahl therapierter Patienten – überaus seltene Komplikation im Zusammenhang mit der Behandlung von Unterarmfrakturen handelt. Die von MACCOY (1996) im Falle dislozierter proximaler Radiusfrakturen bei Tieren unter 3000 g Körpermasse vorgeschlagene Exzision des Radiusfragments zur Vermeidung der Synostosenbildung ist vor dem gegebenen Hintergrund aus therapeutischer Sicht nicht zu rechtfertigen.

Die verzeichneten Therapiefehlschläge bei intramedullärer Verwendung eines Kunststoffstabes auch in Verbindung mit Knochenzement sind nicht als spezifisch für die Anwendung am Unterarm zu erachten, sondern auf die dieser Methode behafteten

Unzulänglichkeiten zurückzuführen, weshalb die detaillierte Besprechung dort erfolgt (Kapitel 5.7.2.2).

Cerclagen als alleinige Form der chirurgischen Therapie kamen bei 2 Patienten zur Anwendung; sie erwiesen sich bei einem Mäusebussard mit singulärer Ulnafraktur und mittelgradiger Dislokation der Ulna mit Kontakt zum Radius als hilfreiches und einfach zu applizierendes Mittel zur Adaptation der Fraktarenden. Auch als alleinige chirurgische Behandlungsmaßnahme an der Elle eines Mäusebussards mit kombinierter Radius-Ulnafraktur zeigten sich Cerclagen geeignet. Diese Form der Therapie ist jedoch als Ausnahme in der Behandlung derartiger Frakturen zu erachten, da es sich hierbei um eine Spiralfraktur mit Stufenbildung handelte, die bereits nach korrekter Reposition eine beachtliche Stabilität bot. Zudem wären andere Therapieformen aufgrund mehrerer Fissuren in diesem Knochen mit hohen Risiken verbunden gewesen und eine chirurgische Versorgung des Radius schied aufgrund der Lokalisation in Gelenknähe aus.

Auch wenn der Fixateur externe bei Frakturen des Unterarms von manchen Autoren (MCCLUGGAGE 1993, MACCOY 1996, BENNETT 1997) bevorzugt eingesetzt wird, wenn der Patient auf ein präzises Flugvermögen angewiesen ist, wurde – wie bereits zuvor beschrieben – bei den eigenen Patienten kein entscheidender Vorteil gegenüber der Versorgung mit intramedullären Stahlimplantaten verzeichnet.

Zusammenfassend konnte die von REDIG (1986a) erzielte hohe Erfolgsquote konservativ behandelter Unterarmfrakturen (60 %), welche von HATT et al. (1996) mit 93 % noch deutlich übertroffen wird, auch im Verlauf der eigenen Untersuchungen bestätigt werden, wohingegen die Ergebnisse der eigenen operativ behandelten Patienten mit Radius-/Ulnafrakturen mit 50 % ausgewilderten Tieren im Vergleich zu 29 % bei REDIG (1986a) und 33 % bei HATT et al. (1996) günstiger ausfielen. Auch die Feststellung, dass – falls eine Heilung erzielt werden kann – diese in der Regel nach drei Wochen erreicht und die Flugfähigkeit nach etwa sechs Wochen wiederhergestellt ist (REDIG 1986a), deckt sich weitestgehend mit den in der vorliegenden Studie erarbeiteten Erkenntnissen.

5.5.4 Metacarpusfrakturen

Die Prognose für eine Wiederherstellung des Flugvermögens im Anschluss an die Behandlung von Metacarpusfrakturen wird von MCCLUGGAGE (1993), MACCOY (1996) und von SIMPSON (1996) als schlecht eingestuft, was sowohl auf die kritische Blutversorgung durch eine einzige Arterie (BENNETT 1997), als auch auf die starke Schädigung des spärlich vorhandenen Weichteilgewebes durch die Traumaursache (REDIG 2000) zurückgeführt wird. Während die Knochen von Stylopodium und Zeugopodium beim

Anprall gegen Hindernisse durch die cranial vorgelagerte, einen Teil der kinetischen Energie absorbierende Flügelspannhaut eine gewisse Abschwächung der auf die Knochenstruktur einwirkenden Kraft erfahren, weisen die miteinander verschmolzenen Metacarpalknochen eine hohe Stabilität bei fehlender Biegungselastizität und geringem Schutz durch umgebendes Weichteilgewebe auf, wodurch die Einwirkung eines Traumas auf diesen Bereich die häufig beschriebene starke Schädigung der Knochen (Splitter- und Trümmerfrakturen) hervorruft. Bedingt durch die geringe Anzahl eigener therapierter Patienten mit Metacarpusfrakturen lässt die Analyse der erworbenen Daten keine allgemein gültige Aussage zu Vor- bzw. Nachteilen der durchgeführten Behandlungen zu. Dennoch rechtfertigen die erzielten Ergebnisse sowohl mit der konservativen, als auch mit der operativen Behandlung dieser Frakturen mittels Fixateur externe einen Therapieversuch, sofern Frakturcharakteristik und Ausmaß der Begleitverletzung dies ermöglichen.

Die konservative Behandlung in Form einer Kombination von Einbindung des Flügels in Verbindung mit einer Schienung der Knochen in Anlehnung an HOWARD und REDIG (1994) erbrachte gute (Patient Nr. 86), bzw. zufrieden stellende Ergebnisse (Patient Nr. 105), wobei letzteres auf eine zu frühe Entfernung des Schienenmaterials zurückzuführen war. Gleichwohl dürfte insbesondere bei Brüchen beider Knochen im proximalen Bereich die Ruhigstellung der Fraktur durch konservative Maßnahmen über einen ausreichend langen Zeitraum schwierig zu erzielen sein.

Die Eignung des Fixateur externe zur aussichtsreichen Versorgung von Metacarpusfrakturen (MARTIN und RITCHIE 1994, SIMPSON 1995, REDIG 2003) konnte im Verlauf der eigenen Untersuchungen bestätigt werden. Dabei scheint eine Beschränkung der Verwendung auf größere Vogelspezies (MCCLUGGAGE 1993, HOWARD und REDIG 1994, BENNETT 1997) nicht zwingend erforderlich und auch die von COLES (1997) als Grenzwert für die praktikable Nutzung des Fixateur am Metacarpus angegebene Körpermasse von 200 g erweist sich angesichts der Körpermasse des eigenen Patienten (im Mittel 180 g) als eine vergleichsweise pessimistische Einschätzung. Die Darstellung von REDIG (1986b), die initiale chirurgische Behandlung einer offenen Fraktur ziehe stets den Verlust der Flügelspitze nach sich, deckt sich nicht mit dem vorliegenden Ergebnis.

Unterschiede im Heilungsverlauf im Sinne einer verzögerten Frakturheilung (REDIG 1986b) im Vergleich zur Therapie anderer Skelettabschnitte konnten nicht verzeichnet werden.

5.6 Frakturen der Beckengliedmaße, des Beckens und der Wirbelsäule

5.6.1 Femurfrakturen

Die Aussage von LEVITT (1989), wonach Frakturen des Femur aufgrund der schwer zu erzielenden Ruhigstellung des Hüftgelenks als problematisch für die konservative Therapie anzusehen sind und die Schilderung von BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), Verbände seien zur Behandlung von Brüchen des Oberschenkels ungeeignet, konnten durch die eigenen Beobachtungen bestätigt werden. Der Oberschenkel ist beim Vogel aufgrund der anatomischen Lage unmittelbar lateral von Thorax und Abdomen in Verbindung mit der vergleichsweise weit nach distal reichenden Kniefalte einer Versorgung mit Stützverbänden oder Schienen schwer zugänglich. Alle im Verlauf der eigenen Untersuchung vorgestellten Patienten mit Femurfrakturen wiesen zumeist hochgradig instabile Brüche des Oberschenkelknochens auf, bei denen eine derartige Therapieform keine ausreichende Ruhigstellung des Frakturbereiches gewährleisten würde. Dennoch sollte bei entsprechender Indikation auch die von SPINK (1978) und MCCLUGGAGE (1993) bei älteren, bzw. nicht mehr frischen Frakturen mit hochgradiger und praktisch irreversibler Muskelverkürzung vorgeschlagene konservative Behandlung mittels Käfigruhe in Erwägung gezogen werden, da selbst unbehandelte Femurfrakturen bei Wildvögeln in einer Weise heilen können, die den erforderlichen Gebrauch der Gliedmaße trotz beträchtlicher Verkürzung der Beinlänge ermöglicht, wie sowohl eine Untersuchung von GREGORY und WILKINS (1991) an Wildtauben, als auch ein röntgenologischer Nebenbefund bei einem der eigenen Wildvogelpatienten belegen (siehe Abbildung 40 u. 41 im Anhang).

Gute Resultate ließen sich durch die Versorgung der behandelten Patienten mit intramedullären Kirschner-Drähten erzielen. Dabei erbrachten bei den eigenen Untersuchungen sowohl die von TRAH und WRIEG (1984) und von BENNETT (1997) propagierte normograde Insertion des Implantats via *Fossa trochanterica*, als auch die von REDIG (1986a), LEVITT (1989), und MCCLUGGAGE (1993) bevorzugte retrograde Methode mit Austritt des Stahlstiftes in diesem Bereich positive Ergebnisse. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, offene Frakturen vom Wundbereich aus retrograd und geschlossene Brüche ohne zusätzliche Traumatisierung des Oberschenkels gedeckt von der *Fossa trochanterica* ausgehend zu versorgen. Die Gefahr einer zusätzlichen Traumatisierung des Weichteilgewebes im Frakturbereich durch die Trokarspitze des Implantats bei der normograden Insertion in das distale Frakturfragment und unzureichender Adaptation der Frakturrenden kann vermieden werden, wenn bei Verwendung eines Stiftes mit rundem Schaftende nach Durchstoßen der Kompakta im Bereich der *Fossa trochanterica* mittels Trokarspitze das Implantat wieder herausgezogen, umgedreht und mit dem stumpfen Ende voran bis zum Ende der Markhöhle des distalen Frakturfragments eingeführt wird.

Abschließend wird der aus dem Knochen herausragende Teil des Stahlstiftes auf die entsprechende Länge gekürzt. Dabei kann eine Traumatisierung der Hüftmuskulatur durch das Implantat (vgl. Punkt 4.3.2.1) mittels eines handelsüblichen Verschlussstopfens aus Gummi für Luer-Spritzen oder eine kleine Kugel aus Polymethylmethacrylat (Technovit®) verhindert werden. Diese Vorgehensweise wurde der von TRAH und WRIEG (1984) vorgeschlagenen Methode, das Implantat dicht unter der Haut oder nahe am Knochen abzuschneiden und gegebenenfalls zu versenken, bevorzugt, da die Entfernung des Implantats auf diese Weise ohne Ausschaltung des Schmerzempfindens vorgenommen werden kann.

Die mittels intramedullärer Kirschner-Drähte erzielte axiale Stabilität war in allen praktizierten Fällen als ausreichend zu bezeichnen, wohingegen eine Rotationsneigung durch den kräftigen Muskelzug der Oberschenkelmuskulatur und die dadurch entstehenden Kompressionskräfte im Frakturbereich zwar reduziert, Drehbewegungen der Gliedmaße dennoch nicht gänzlich unterbunden wurden. Bei einfachen Knochenbrüchen des Oberschenkels war das Anlegen eines zusätzlichen Schienenverbandes (BENNETT 1997) entbehrlich, da die Patienten häufig bereits nach kurzer Zeit die angebotenen Sitzgelegenheiten (Äste entsprechenden Durchmessers) annahmen und diese – nach einer vorübergehenden Phase des Schonens (vgl. REDIG 2003, Punkt 2.6.4.2.2) – mit den Zehen der geschädigten Gliedmaße in physiologischer Weise umfassten, wodurch eine Rotation des Beins distal des Frakturbereichs weitestgehend vermieden wurde.

Die Verwendung eines modifizierten Fixateur externe dürfte sich bei Individuen mit bereits einige Tage zurückliegendem Frakturgeschehen schwierig gestalten, da einer in solchen Fällen häufig vorzufindenden hochgradigen Verkürzung der Gliedmaße durch die kräftig ausgebildete Oberschenkelmuskulatur (MCCLUGGAGE 1993), die auch bei den eigenen Patienten beobachtet wurde, nur mühsam entgegengewirkt werden kann und die exakte Ausrichtung der Knochenachse während der Härtungsphase der Verbindungskomponente hierdurch erheblich behindert wird.

5.6.2 Tibiotarsusfrakturen

Wenngleich die konservative Behandlung des Tibiotarsus mit Schienenverbänden von zahlreichen Autoren in vielen Fällen als ausreichend erachtet wird (BUSH 1986, HESS 1994, BARONETZKY-MERCIER 1995, GYLSTORFF und GRIMM 1998), zeichnen sich dennoch anhand der gesichteten Literatur einige Einschränkungen ab, die auch im Verlauf der eigenen Untersuchungen Bestätigung fanden.

Eine mit klinisch zufrieden stellendem Erfolg durchgeführte konservative Behandlung bestätigte die von GYLSTORFF und GRIMM (1998) beschriebenen Einschränkungen, dass sich bei Vögeln zwischen 100 g und 1000 g durch die konservative Frakturbehandlung des Tibiotarsus weder eine korrekte Reposition, noch eine stabile Fixation erzielen lässt. Eine

vollständige Ruhigstellung des Frakturbereichs konnte mittels Schienenverband nicht erzielt werden, wodurch im Heilungsverlauf eine Verlagerung der Bruchenden im Sinne einer Dislocatio ad latus und die Ausbildung eines umfangreichen Knochenkallus resultierten. Dennoch wurde eine belastbare Verbindung der Knochenenden erzielt und der Patient wies nach Abschluss der Behandlung keine Einschränkungen beim Gebrauch der Gliedmaße auf.

Der Fixateur externe fand bei einem Mäusebussard (Patient Nr. 44) mit zusätzlicher Humerusfraktur Verwendung. Bedingt durch Komplikationen im Zusammenhang mit der Therapie des Oberarmknochens (vgl. Punkt 4.3.1.2), musste der Patient am neunten Tag der Behandlung euthanasiert werden. Bei der postmortalen Untersuchung wurde eine beginnende Lockerung im Bereich zweier Kirschner-Drähte festgestellt. Dies bestätigt im Ansatz die Erfahrungen von REDIG (1986c) mit der alleinigen Verwendung des Fixateur externe vom Typ II, der diese Behandlungsform am Tibiotarsus aufgrund einer vorzeitigen Lockerung der Konstruktion als schwierig einstuft.

Ein von MACCOY (1996) konstatiertes gehäuftes Auftreten von Osteomyelitiden als Begleiterscheinung im Rahmen der Behandlung von Tibiotarsusfrakturen wurde weder bei den beiden Patienten der eigenen Untersuchungen verzeichnet, noch fanden sich vergleichbare Hinweise in der gesichteten Literatur.

5.6.3 Tarsometatarsusfrakturen

Im Vergleich zu den Frakturen des Tibiotarsus zeigten solche des Laufbeins aufgrund der zahlreichen Sehnen, die dem Knochen vergleichsweise straff anliegen und diesem gleichsam als eine Art Korse eine gewisse Stabilität bieten, eine geringere Neigung zur Dislokation, sofern diese Weichteilstrukturen weitestgehend intakt verblieben waren. Zudem ließ sich eine Ruhigstellung des Frakturbereichs mittels Schienenverband recht einfach und mit geringem Aufwand erzielen. Angesichts dieser Gegebenheiten scheint es stringent, dass eine Vielzahl von Autoren (TRAH und WRIEG 1984, REDIG 1986b, McCLUGGAGE 1993, HESS 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997, COLES 1997, GYLSTORFF und GRIMM 1998) der konservativen Behandlung von Tarsometatarsusfrakturen in Form von Schienenverbänden den Vorzug geben. Die so behandelten Patienten der eigenen Untersuchung zeigten bis auf eine Ausnahme (Patient Nr. 71, vgl. Punkt 5.9.1) einen positiven Heilungsverlauf. Die Verwendung einer Gipsschiene wird beim Vogel aufgrund des hohen Eigengewichts dieser Fixierungsmaßnahme im allgemeinen als ungeeignet erachtet (GRIMM 1978). Bei einem temperamentvollen Mäusebussard mit multiplen Schussfrakturen (Patient Nr. 106) war ein Gipsverband zur Behandlung einer distalen Laufbeinfraktur insbesondere des hohen Gewichts der Fixation wegen gewählt worden. Bereits am ersten Tag nach der Behandlung zeichnete sich ab, dass infolge der Unrast des äußerst lebhaften Vogels ein hohes Risiko zusätzlicher

Traumatisierung bestand und der Schienenverband des Laufbeines sich als unzureichend erweisen könnte. Durch die Verwendung eines Gipsverbandes wurde eine bessere Stabilität der Fraktur erzielt; zudem ermüdete das Tier infolge des beachtlichen Eigengewichts der Fixierung zusehends schneller, wodurch die Motivation zu übermäßiger Bewegung deutlich gemindert wurde.

Die positiven Erfahrungen der eigenen Untersuchung mit der konservativen Behandlung von Laufbeinfrakturen unterstreicht das Potenzial dieser Behandlungsform bei unkomplizierten Brüchen des Tarsometatarsus, zumal dadurch die von REDIG (1986b), McCLUGGAGE (1993) und BENNETT (1997) hervorgehobene Gefahr der Entstehung einer avaskulären Nekrose des distalen Gliedmaßenbereichs infolge einer Schädigung der Blutversorgung durch Manipulation im Frakturbereich vermieden wird. Vor dem Hintergrund der geschilderten Ergebnisse scheint die Forderung von HOWARD und REDIG (1993), Frakturen des Tarsometatarsus ausschließlich mittels eines Fixateur externe Typ II zu versorgen, nicht gerechtfertigt.

5.6.4 Zehenfrakturen

In der Fachliteratur finden sich konkrete Daten zur Häufigkeit des Vorkommens von Zehenfrakturen lediglich bei SOUZA et al. (2004), wo sich der Anteil auf 11 % aller Frakturen der Beckengliedmaße beziffert und mit einer Erfolgsquote von 86 % ausgewilderter Patienten die günstigste Prognose erzielte. Die im Verlauf der eigenen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse beschränken sich auf eine komplikationslos verlaufene Amputation im Bereich der Phalanx proximalis des Digitus II.

Bei der Entscheidung zur Amputation muss berücksichtigt werden, dass den einzelnen Zehen bei verschiedenen Spezies eine unterschiedliche Bedeutung zukommt. Bei Greifvögeln sollten die Zehen (insbesondere Digitus I) nach Möglichkeit vollständig erhalten werden, da diese zum Ergreifen und teilweise auch zum Töten der Beute („Griffötter“) auf eine ausreichende Gebrauchsfähigkeit der Zehen angewiesen sind.

5.6.5 Frakturen der Beckenknochen und der Wirbelsäule

In klinischen Studien zur Frakturbehandlung des Vogels finden sich Daten hinsichtlich des Vorkommens von Wirbelsäulen- bzw. Beckenfrakturen lediglich bei HATT et al. (1996) mit einem Anteil an der Gesamtzahl der Frakturen von jeweils 1 %. Dieser Umstand ist zweifellos auf das geringe Vorkommen der genannten Erkrankungen zurückzuführen, die sich auch in der vorliegenden Arbeit mit 2 Wirbelsäulenfrakturen und dem Bruch eines Beckenknochens niederschlägt. Korrespondierend mit Aussagen von WITHROW (1982), LEVITT (1989), McCLUGGAGE (1993), BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995), HARCOURT-

BROWN (1996) und GYLSTORFF und GRIMM (1998), die zur Versorgung von Becken- oder Wirbelsäulenfrakturen die konservative Behandlung bevorzugten, erbrachte die Therapie der eigenen Patienten mittels Käfigruhe in beiden Fällen ein positives Ergebnis, wohingegen HATT et al. (1996) keines der betroffenen Tiere auswildern konnten. BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) weisen auf die Möglichkeit der operativen Bohrdrahtklammerung bei Dislokation der Frakturenden hin. Nähere Angaben bezüglich der Vorgehensweise und der zu erwartenden Ergebnisse finden sich indes weder in der entsprechenden Publikation, noch in der einschlägigen Fachliteratur.

5.7 Konservative Frakturbehandlung

Die Behandlung von Knochenbrüchen mit konservativen Therapiemethoden stellt die einfachste Möglichkeit einer Frakturversorgung dar. Dieser sollte beim traumatisierten Vogel aufgrund des erhöhten Anästhesierisikos eine besondere Stellung eingeräumt werden (CONZEMIUS 1995). Eine gewissenhafte Indikationsbeschränkung stellt dabei eine wesentliche Maßnahme zur Vermeidung der in der Fachliteratur beschriebenen Komplikationen dar. Nach MACCOY (1996) wird die Gefahr iatrogenen Schädigung durch eine Operation häufig unterschätzt, weshalb die konservative Therapie vorzuziehen sei, wenn der zu erwartende Erfolg durch eine solche Therapie nicht geringer einzuschätzen ist, als durch eine operative Versorgung.

So sind beispielsweise Humerusfrakturen zwar nicht – wie von CONZEMIUS (1995) erachtet – gänzlich ungeeignet zur konservativen Behandlung, doch angesichts der eingeschränkten Möglichkeiten, mit konservativen Therapiemaßnahmen bei der überwiegenden Zahl von Brüchen des Oberarmknochens eine zuverlässige Ruhigstellung des Frakturbereichs über einen angemessenen Zeitraum zu erzielen und der Bedeutung eines anatomisch weitestgehend korrekt ausgerichteten und funktionstüchtigen Flügels bei Wildvögeln, sollte diese Behandlungsform ausgewählten Fällen, wie beispielsweise hoch proximal lokalisierten Frakturen, vorbehalten bleiben. Demgegenüber deuten die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen an, dass selbst hochgradig dislozierte und komplexe Frakturen im Bereich des Schultergürtels auf konservative Weise erfolgreich wiederherzustellen sind und sich somit nur in Einzelfällen Indikationen für eine chirurgische Behandlung dieser Knochen ergeben dürften, wenngleich einige Autoren auf die Notwendigkeit der chirurgischen Versorgung dislozierter Coracoidfrakturen hinweisen (REDIG 1986b, MARTIN und RITCHIE 1994, MACCOY 1996, BENNETT 1997, HOLZ 2003). Zur Ruhigstellung der Schultergliedmaße wurde das Fixieren nur eines Flügels am Körper (REDIG 1986b) von den Patienten weitaus besser toleriert als das von ALTMAN (1977) propagierte Einbinden beider Schwingen.

Gleichwohl lässt die relativ hohe Anzahl konservativ erfolgreich behandelter Knochenbrüche (n=34) in der vorliegenden Untersuchung nicht notwendigerweise auf eine Überlegenheit

dieser Therapiemethode per se schließen, da eine konservative Behandlung nicht an jedem Knochen oder bei jeder Frakturart gleichermaßen eingesetzt werden kann. Sie beschränkt sich auf ein gewisses Spektrum von Frakturtypen und Lokalisationen. So weisen Humerus- und Femurfrakturen bei konservativer Frakturbehandlung sicherlich nur in ausgewählten Fällen eine Erfolg versprechende Prognose auf.

Eine konservative Therapie kann auch angezeigt sein, wenn chirurgische Methoden aus spezifischen Gründen nicht durchführbar sind: wenn beispielsweise Faktoren wie Frakturtyp, Vogelgröße, Technik bzw. verfügbares Instrumentarium nicht miteinander zu vereinbaren sind und der erforderliche Gebrauch der Gliedmaße in sinnvollem Verhältnis zu dem zu erwartenden Erfolg der konservativen Behandlung steht. Berichte von GREGORY und WILKINS (1991) über Wildvögel mit alten und geheilten Frakturen, die sich dennoch in der Natur behaupten konnten, sowie die beiden Patienten der vorliegenden Untersuchung mit alten, verheilten Frakturen (siehe Abbildung 37, 40 u. 41 im Anhang) unterstreichen diese Möglichkeit.

Eine verlängerte Rekonvaleszenz aufgrund der Schwierigkeit, durch die konservative Behandlung eine vollständige Ruhigstellung der Fraktur zu erzielen (BENNETT 1997, HELMER und REDIG 2006), konnte im Verlauf der eigenen Untersuchungen nicht beobachtet werden.

5.8 Operative Frakturbehandlung

5.8.1 Intramedulläre Frakturbehandlung

Die häufig geäußerten Bedenken, eine Behandlung von Frakturen mittels intramedullärer Implantate könne aufgrund einer Beeinträchtigung der endostalen Kallusbildung, einen negativen Einfluss auf die Behandlungsdauer oder den Behandlungserfolg ausüben (BUSH 1977, BUSH 1983, KOCK 1983, COLES 1988, MARTIN und RITCHIE 1994, HATT et al. 2007), führte neben dem oftmals angeführten Risiko der Schädigung von Gelenkstrukturen oder angrenzenden Weichteilgewebes bei der Verwendung von Kirschner-Drähten und Steinmann-Nägeln in der Vergangenheit zu einer überaus kritischen Einstellung vieler Autoren entsprechender Publikationen gegenüber dieser Therapiemethode.

Derartige Vorbehalte stützen sich vornehmlich auf Aussagen von BUSH (1981), der zwei Faktoren, nämlich eine instabile Fixation und eine Therapiemethode, die den Einsatz intramedullärer Metallimplantate erfordert, für eine Unterbindung oder Verlängerung des Heilungsprozesses verantwortlich macht. Diese Annahme wird durch eine frühere Veröffentlichung des gleichen Autors zur Verwendung des Fixateur externe beim Vogel (BUSH 1977) bekräftigt, nach welcher der überwiegende Anteil der Kallusbildung bei der Frakturheilung des Vogels intramedullär stattfindet. In diesem Zusammenhang verweist der

Autor auf experimentelle Untersuchungen von BUSH et al. (1976) und MONTALI und BUSH (1976), die in einer xeroradiologischen und histologischen Studie an Tauben die Knochenheilung des Vogels verifizierten (beide Veröffentlichung legen die gleiche Studie zugrunde). Hierbei wurden die experimentell herbeigeführten Frakturen an Humerus, bzw. Radius und Ulna jedoch in keiner Weise geschient oder auf sonstige Weise behandelt oder gestützt, so dass die aus dieser Untersuchung resultierenden Daten bezüglich der verschiedenen Anteile der Kallusbildung (endostal, periostal) nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse bei intramedullärer oder externer Frakturstabilisierung zu übertragen sind. Zudem geht weder aus dieser Studie, noch aus einer weiteren zitierten und ähnlich angelegten experimentellen Untersuchung von NEWTON und ZEITLIN (1977) an Tauben hervor, dass der überwiegende Anteil der Kallusbildung intramedullär erfolgte. Stattdessen betonen NEWTON und ZEITLIN (1977) als Schlussfolgerung ihrer Studie, dass der Einsatz intramedullärer Stahlimplantate – verglichen mit der externen Stabilisierung einer Fraktur – die beste Lösung zur Frakturversorgung sei, sofern eine Penetration der Gelenkfläche durch die Implantate vermieden wird.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergaben keine Hinweise, welche auf eine Verzögerung der Frakturheilung durch den Einsatz intramedullärer Implantate und einer damit verbundenen Beeinträchtigung der endostalen Kallusbildung hindeuten. Sie stützen vielmehr die Ansicht von GRIMM (1988); demnach „darf die Ausbildung eines periostalen Kallus nicht als Zeichen einer nicht optimalen Frakturversorgung interpretiert werden. Im Gegenteil erfordert die Knochenbruchheilung bei Aves eine starke periostale Kallusbildung.“ Dies sei darauf zurückzuführen – so der Autor weiter –, dass bei den meist dünnwandigen Röhrenknochen dieser Klasse die alleinige Ausbildung eines endostalen Kallus zusammen mit dem meist schwach ausgebildeten kortikalen Kallus der dünnwandigen Röhrenknochen ohne periostalen Kallusanteil nicht stark genug sei, um den statisch-dynamischen Krafteinwirkungen im Verlauf der Frakturheilung standzuhalten. WEST et al. (1996b) weisen zudem auf die Möglichkeit hin, dass beiden Kallusanteilen eine unterschiedliche Funktion zukommt, wobei periostaler Kallus für die Stabilität der Fraktur, endostaler Kallus hingegen vornehmlich für die Umbauvorgänge des in Heilung befindlichen Knochens verantwortlich ist.

Nach eigenen Beobachtungen wird durch die Verwendung intramedullärer Implantate das Ausmaß endostaler Kallusbildung zwar verringert, dies zeigte jedoch klinisch weder Auswirkung auf die Qualität noch auf die Zeitdauer der Frakturheilung und korreliert mit dem Befund von KUZMA und HUNTER (1991), dass eine intramedulläre Knochenzementsäule die Ausbildung eines endostalen Kallus zwar behindert, klinisch auf die Frakturheilung jedoch keine Auswirkung zu haben scheint. Die klinischen und röntgenologischen Befunde der vorliegenden Arbeit legen die Vermutung nahe, dass bei Verhinderung oder Einschränkung der Möglichkeit zur Bildung eines endostalen Kallus der periostale Anteil verstärkt gebildet wird, um das Defizit an endostalem Kallus zu kompensieren. Auf diese

Weise ließe sich das Ausbleiben eines signifikanten zeitlichen Unterschieds in der Heilungsgeschwindigkeit zwischen intramedullärer Frakturtherapie und der Versorgung mittels Fixateur externe erklären. Somit steht zur Diskussion, ob dem periostalen Anteil des Knochenkallus an der Frakturheilung nur eine unterstützende und nachgeordnete Funktion zukommt und dieser nur dann in verstärktem Maße in Erscheinung tritt, wenn Bewegung im Frakturbereich zu verzeichnen ist (BUSH 1977). Auch steht der Nachweis eines quantifizierbaren Vorteils einer vorwiegend endostal ablaufenden Kallusbildung nach wie vor aus.

Bei der Versorgung von Flügelfrakturen erwies sich im Verlauf der eigenen Untersuchungen die zusätzliche Einbindung der Schwinge zum Erzielen einer ausreichenden Rotationsstabilität als eine hilfreiche ergänzende Maßnahme zur intramedullären Frakturbehandlung. In der Fachliteratur finden sich sowohl Befürworter einer solchen Vorgehensweise (SPINK 1978, CONZEMIUS und KOPF 1991, CONZEMIUS 1995, REDIG 2000b), als auch Veröffentlichungen, die einer postoperativen Ruhigstellung des Flügels ablehnend gegenüberstehen und auf ein damit verbundenes hohes Risiko der Beeinträchtigung der Gelenkbeweglichkeit hinweisen (MARTIN und RITCHIE 1994, SIMPSON 1996, BENNETT 1997). Dass die postoperative Ruhigstellung des Flügels schwerlich als alleinige Ursache für eine ausbleibende Wildbahnfähigkeit verantwortlich zu machen ist, deuten Berichte zur erfolgreichen Therapie von Ellbogengelenksluxationen mittels transartikulärer Fixation während eines Zeitraums von sieben bis zehn Tagen (REDIG 2001), bzw. mittels transartikulärer Fixation oder Einbindung des Flügels über sieben bis fünfzehn Tage (MARTIN et al. 1993) an. Würde alleine die Ruhigstellung des Gelenkes eine nachhaltige Beeinträchtigung der Gelenkbeweglichkeit zur Folge haben, sollte ein Therapieerfolg, wie er durch die Ruhigstellung eines luxierten Gelenkes erzielt wird, nicht zu erwarten sein.

5.8.1.1 Kirschner-Draht

Kirschner-Drähte weisen ein umfangreiches Spektrum an Einsatzmöglichkeiten hinsichtlich Lokalisation und Frakturtyp auf, welches durch die Kombination mit Cerclagen zudem beträchtlich erweitert werden kann. Nur wenige Frakturarten scheinen primär ungeeignet für den Einsatz intramedullärer Stahlimplantate. Hierzu zählen neben ausgedehnten Splitter- und Trümmerfrakturen auch ältere Frakturen, bei denen der Knochenheilungsprozess bereits im Gange und die Markhöhle durch Kallusgewebe teilweise oder vollständig verschlossen ist. Auch bei Patienten mit polyostotischer Hyperostose kann bei ausgeprägten Formen selbst die Verwendung von Implantaten geringen Durchmessers an einer umfangreichen und ungleichmäßigen Einengung der Markhöhle scheitern (Patient Nr. 120).

Entgegen der häufig geäußerten Bedenken hinsichtlich der Entstehung von Gelenkankylosen im Zusammenhang mit der Verwendung intramedullärer Stahlimplantate (ALTMAN 1982,

PUTNEY 1983, BLASS 1987, LEVITT 1989, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1995, SIMPSON 1995, MACCOY 1996), traten im Verlauf der eigenen Untersuchungen keine Zwischenfälle in Erscheinung, die diesbezüglich ein erhöhtes Risiko erkennen ließen. Lediglich in einem Fall wurde im Zusammenhang mit einer Kirschner-Nagelung nach Abschluss der Behandlung eine bleibende Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit verzeichnet, wobei es sich um einen Patienten mit Schussfraktur handelte und die Bewegungseinschränkung im Bereich des Schultergelenkes vermutlich auf eine durch das Projektil hervorgerufene Weichteilschädigung zurückzuführen war.

Die eingeschränkte Beweglichkeit eines Gelenks bei intramedullärer Versorgung mit Kirschner-Drähten ist in einem Teil der Fälle möglicherweise in stärkerem Maß auf eine Versteifung des Gelenks bzw. der beteiligten Weichteilstrukturen infolge Schonung oder Inaktivität der betroffenen Gliedmaße zurückzuführen, als auf eine Gelenkschädigung durch das Implantat selbst. (Auch konservativ behandelte Vögel, deren Flügel während der Heilungsphase über einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen eingebunden war, brauchten eine gewisse Zeit der Beübung, bis die Gebrauchsfähigkeit der zuvor ruhig gestellten Gliedmaße wiederhergestellt war). So erachten COONEY und MUELLER (1994) im Zusammenhang mit der aviären Frakturtherapie neben der Schädigung von Gewebestrukturen durch das Implantat selbst auch die vorzeitige oder verspätete Entfernung von Implantaten als Ursache für Gelenkankylosen. Darüber hinaus kann eine fehlende oder unzureichende Physiotherapie nach Meinung der Autoren zu einer Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit in erheblichem Maße beitragen.

Die Stärke der intramedullär verwendeten Kirschner-Drähte wurde – übereinstimmend mit BUSH (1974), GRIMM (1978) und ALTMAN (1982) – so gewählt, dass diese die Markhöhle weitgehend ausfüllten, ohne beim Eindrehen Dehnungskräfte und damit das Risiko einer weiteren Fragmentierung des Knochens zu erzeugen (MACCOY 1982, SIMPSON 1996). Die aus den o. g. Forderungen resultierende Stärke der Implantate von ca. $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ des Markhöhlendurchmessers ermöglichte eine angemessene axiale Stabilität der versorgten Frakturen. Die Verwendung von Implantaten geringerer Durchmesser zur Schonung der Arteria nutritia und Förderung endostaler Kallusbildung (BENNETT 1997) bietet ein geringeres Maß an Stabilität und ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht erforderlich (vgl. Punkt 5.7.2).

Die Entnahme der Kirschner-Drähte nach erfolgter Frakturheilung gestaltete sich unkompliziert, da die Implantate die Haut – je nach Vogelgröße – um 0,5-1 cm überragten, wodurch sie mit einer Klemme erfasst und problemlos entfernt werden konnten. Die Prozedur dauert nur wenige Sekunden und kann nach dem Ermessen des Autors ohne Ausschaltung des Schmerzempfindens erfolgen; Schmerzreaktionen wurden hierbei nicht beobachtet. Eine von MACCOY (1982) beschriebene weitere Anästhesie zur Implantatentfernung wird bei der o. g. Vorgehensweise in der überwiegenden Zahl der Fälle nicht erforderlich sein und stellt nach Auffassung des Autors ein entbehrliches Narkoserisiko dar.

Die Versorgung von Frakturen mit Kirschner-Drähten erwies sich bei den Patienten der vorliegenden Untersuchung im Rahmen der ausgewählten Indikationen als Erfolg versprechende Behandlungsmethode. Sofern eine intensive Betreuung mit Erfolgskontrollen in kurzen Intervallen während der Heilungsphase und eine physiotherapeutische Versorgung auch in der daran anschließenden Rehabilitationsphase gewährleistet sind, sollten die mit dieser Therapiemethode verbundenen Risiken auf ein geringes Maß zu reduzieren sein.

5.8.1.2 Kunststoffstäbe/Knochenzement

Die Verwendung intramedullärer Kunststoffstäbe, wie auch der Gebrauch von Knochenzement erfordern eine sorgfältige Indikationsstellung, da bei auftretenden Komplikationen wie Osteomyelitiden oder Fremdkörperreaktionen eine nachträgliche Entfernung des eingebrachten Materials mit erheblichem Aufwand und hohem Risiko für den Patienten verbunden ist (HARCOURT-BROWN 1996). Daher wird von einigen Autoren (MARTIN und RITCHIE 1994, BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL 1995, BENNETT 1997) gefordert, auf den Einsatz dieser Methoden bei offenen kontaminierten Frakturen zu verzichten, wenngleich die Mehrzahl der Verfasser von Abhandlungen zur aviären Frakturbehandlung mittels Knochenzement und/oder Kunststoffstiften diese Methode auch bei offenen Frakturen anwendet (MACCOY 1982, ROWLEY und PSHYK 1982, HAAS und TRAH 1988, DEGERNES et al. 1989, KUZMA und HUNTER 1989, CONZEMIUS und KOPF 1991, KUZMA und HUNTER 1991, DEGERNES et al. 1993, CONZEMIUS 1995) oder lediglich Patienten mit stark kontaminierten oder gar infizierten Frakturen von der Versorgung mit dieser Therapiemethode ausschließt (DEGERNES et al. 1989, CONZEMIUS und KOPF 1991, DEGERNES et al. 1993, CONZEMIUS 1995, HARCOURT-BROWN 1996, SIMPSON 1996). Ungewissheit besteht zudem hinsichtlich der Langzeitverträglichkeit dauerhaft im Knochen verbleibender Implantate aus Kunststoff/Knochenzement bei Vögeln, da Untersuchungen hierzu fehlen (REDIG 2001). Dies ist bei in Obhut des Menschen gehaltenen Vögeln, die einer regelmäßigen Beobachtung unterliegen und weiteren Behandlungsmaßnahmen zugänglich sind, als weniger problematisch zu erachten, verglichen mit der Anwendung bei Wildvögeln, bei denen nach erfolgter Auswilderung eine Möglichkeit der Nachbehandlung zumeist nicht besteht. Beide Komponenten weisen darüber hinaus eine im Vergleich zu Stahlimplantaten deutlich geringere axiale Belastbarkeit auf. Aus diesem Grund empfehlen manche Autoren die zusätzliche Einbindung der so versorgten Gliedmaße nach der Operation (KUZMA und HUNTER 1989, CONZEMIUS und KOPF 1991, DEGERNES et al. 1993, SIMPSON 1996, BENNETT 1997). BENNETT (1997) erachtet hierfür einen Zeitraum von sieben bis zehn Tagen post operationem als angemessen, während DEGERNES et al. (1993) eine Ruhigstellung der Gliedmaße für ein bis drei Wochen und KUZMA und HUNTER (1989) für zwei Wochen nach der Operation propagieren. Eine solche Vorgehensweise scheint angesichts der im Vergleich zu Edelstahlimplantaten

geringeren Stabilität dieser Materialien sinnvoll, steht jedoch dem im Zusammenhang mit dieser Therapiemethode angeführten positiven Aspekt einer frühen Beübungsmöglichkeit der versorgten Gliedmaße (HAAS und TRAH 1988, MARTIN und RITCHIE 1994, CONZEMIUS 1995) entgegen. Die Resultate der eigenen Untersuchungen bestätigen, dass die durch Einbindung der Schwinge an den Körper während eines Zeitraumes von zwei bis drei Wochen (HARCOURT-BROWN 1996) erzielte Stabilität bei ungestörtem Frakturheilungsprozess ausreicht, um eine mögliche Fehlstellung durch Rotation der Knochenfragmente zu verhindern. Eine kürzere Ruhigstellung ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse, wie auch der in der Fachliteratur dokumentierten Komplikationen in Verbindung mit dieser Behandlungsmethode (siehe nachfolgend) nicht anzuraten.

Der von HAAS und TRAH (1988) beschriebene Fall eines zehn Tage nach Versorgung einer offenen Humerusfraktur mittels intramedullär appliziertem Knochenzement ausgewilderten Turmfalken ist insbesondere vor dem Hintergrund der Überwachung des Therapieverlaufs kritisch zu sehen, da mögliche Komplikationen des Heilungsprozesses (Fremdkörperreaktion, entzündliche Veränderungen, ausbleibende Vereinigung der Frakturrenden, Infektion des Knochens etc.) auf diese Weise nicht erfasst werden können und eine vorangeschrittene Frakturheilung zu diesem Zeitpunkt nicht zu erwarten ist.

Angesichts der in der Fachliteratur (BORMAN et al. 1978, MACCOY 1982, ROWLEY und PSHYK 1982, PUTNEY et al. 1983, HAAS und TRAH 1988, LIND et al. 1988, KUZMA und HUNTER 1989, DEGERNES et al. 1993, CONZEMIUS 1995) dokumentierten klinischen oder experimentellen Fälle zur Behandlung von Frakturen der langen Röhrenknochen mit Kunststoffstäben, Knochenzement, Kombinationen der beiden Materialien miteinander oder mit anderen Methoden, wie dem Fixateur externe oder der Plattenosteosynthese erschließt sich eine Vielfalt möglicher Komplikationen: verzögerte oder ausbleibende Frakturheilung (BORMAN et al. 1978, MACCOY 1982, DEGERNES et al. 1993), Infektion des Knochens (MACCOY 1982), Bildung eines Fistelkanals als Folge eines Knochenzementrests im Gewebe (BORMAN et al. 1978), Achsknickung des Knochens nach abgeschlossener Frakturheilung (CONZEMIUS, 1995) oder während der Behandlung (BENNETT 1997), Bruch des Implantats im Bereich eines Bohrlochs (DEGERNES et al. 1993) oder an anderer Stelle (DEGERNES et al. 1993, MATHEWS et al. 1994), Bruch des Knochens am Ende des Implantats (MACCOY 1983, KUZMA und HUNTER 1991) oder in einem Bereich, an dem die Zementsäule Lücken aufwies (KUZMA und HUNTER 1991). Von insgesamt 94 in der gesichteten Fachliteratur beschriebenen Wildvogelpatienten, die mittels Kunststoffstiften, Knochenzement, einer Kombination beider Materialien miteinander oder mit Knochenplatten versorgt wurden, konnte eine Frakturheilung in 61 Fällen erzielt werden, in 21 dieser Fälle wurde das Flugvermögen dabei von den Autoren als nicht ausreichend zur Auswilderung erachtet; 36 dieser 61 Frakturpatienten (entsprechend 38,3 % der insgesamt auf diese Weise behandelten Patienten) konnten in die Wildbahn entlassen werden oder zeigten eine uneingeschränkte Gebrauchsfähigkeit der behandelten Gliedmaße (bei den o. g. Zahlen

ist das mehrfache Erscheinen der gleichen Patienten in verschiedenen Publikationen eines oder mehrerer Verfasser berücksichtigt [KUZMA und HUNTER 1989 und KUZMA und HUNTER 1991, DEGERNES et al. 1989 und DEGERNES et al. 1993 sowie CONZEMIUS und KOPF 1991 und CONZEMIUS 1995], bei einer weiteren Veröffentlichung von HOWARD und REDIG (1993) aus der gleichen Klinik wie DEGERNES et al. (1989) und DEGERNES et al. (1993) wird zumindest eine teilweise Überschneidung der Patientendaten vermutet, konnte jedoch nicht bestätigt werden, so dass diese Daten einbezogen wurden). Ungeachtet des beachtlichen Spektrums an Komplikationen und Zwischenfällen und der durchschnittlichen Erfolgsquote wird dieser Behandlungsmethode von der überwiegenden Mehrzahl der Autoren ein enormes Potenzial bei der Frakturbehandlung und eine Überlegenheit gegenüber der Versorgung mit intramedullären Stahlimplantaten zugeschrieben.

Demgegenüber werden in den gesichteten Publikationen insgesamt 112 mittels Kirschner-Drähten behandelte Wildvogelpatienten aufgeführt, von denen 66 Vögel geheilt und von diesen wiederum 44 Tiere (entsprechend 39,3 % der insgesamt auf diese Weise behandelten Vögel) ausgewildert werden konnten. Angesichts dieser im Hinblick auf die Auswilderung nur geringfügig differierenden Erfolgsquoten, wie auch der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, lässt die Verwendung von Kunststoffstiften bzw. Knochenzement den in der Literatur häufig angeführten Vorteil einer frühen Gebrauchsfähigkeit der betreffenden Gliedmaße infolge der Schonung von Gelenkstrukturen (LIND et al. 1988, DEGERNES et al. 1993, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997) bzw. eine generelle Überlegenheit dieser Methode gegenüber der konventionellen Verwendung intramedullärer Stahlimplantate nicht erkennen.

Als nachteilige Auswirkung der im Knochen verbleibenden Kunststoffstifte im Vergleich zur temporären Implantation von Stahlstiften könnte sich zudem die dauerhafte Zerstörung der Knochen trabekel erweisen, welche die starke Belastbarkeit des Vogelknochens sicherstellen (CONZEMIUS 1995, COLES 1997, PASSI und GEFEN 2005). Nach der Entfernung eines Stahlimplantats werden diese neu gebildet (COLES 1997), wobei sie sich nach den postoperativ entstandenen statischen Gegebenheiten ausrichten. Knochenzement bzw. Kunststoffstifte verbleiben hingegen in der Markhöhle und verhindern so eine teilweise oder auch weitgehende Neubildung bzw. Umbauvorgänge der Knochenbälkchen. Es ist ungeklärt, ob die intramedullär verbleibenden Implantate auf Dauer eine ähnlich gute Stabilisierung des Knochens bewirken wie die physiologischerweise ausgebildeten Trabekel, zumal diese den Knochen auch gegenüber Torsionskräften stabilisieren und durch Umbauvorgänge den statischen Erfordernissen dynamisch angepasst werden können. Hinzu kommt die Ungewissheit bezüglich der Langzeitverträglichkeit der verwendeten Materialien im aviären Gewebe (MARTIN und RITCHIE 1994, REDIG 2001). MEINERS (2007) erachtet die interne Fixation mit Implantaten nach dem Shuttle-Pin-Verfahren bei Wildvögeln für

ungeeignet, da durch das im Knochen verbleibende Implantat Gewicht und Schwerpunkt des Vogels erhöht bzw. verändert sind.

5.8.1.2.1 Kunststoffstäbe

Bei den eigenen Untersuchungen wurden anstelle der in den meisten anderen Studien verwendeten Polypropylenstäbe solche aus Polyacryl (Plexiglas®) verwendet. Diese Entscheidung war darin begründet, dass auch Frakturen an kleineren Wildvogelpatienten (<250 g Körpermasse) mit dieser Methode evaluiert werden sollten und Stäbe aus Polypropylen von entsprechend geringem Durchmesser, um eine zusätzliche Zementsäule in den Markraum einbringen zu können ($\varnothing=2$ mm), auch nach intensiver Recherche nicht verfügbar waren. Da Polyacrylatstäbe in den erforderlichen Größen kommerziell erhältlich waren und die Kunststoffstifte verschiedenen Durchmessers aus dem gleichen Werkstoff geformt sein sollten, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ausschließlich Polyacrylstäbe verwendet. Weitere Berichte über die Verwendung dieses Werkstoffs finden sich nur bei CONZEMIUS und KOPF (1991), die jedoch im späteren Verlauf ihrer Studien anstelle selbst zurechtgeschnittener quadratischer Polyacrylstäbe Insulinspritzenkolben aus Polypropylen verwendeten.

Beiden Werkstoffen gemeinsam ist eine deutlich geringere Stabilität im Vergleich zu Edelstahlimplantaten oder Knochenzement, die durch das Anbringen von Bohrlöchern (z. B. REDIG 1986c, LIND et al. 1988, BENNETT 1997) oder Kerben (z. B. LIND et al. 1988, DEGERNES und LIND 1989, BENNETT 1997) zusätzlich gemindert wird. Auf das Risiko einer Konzentration von Belastungskräften im Bereich der Bohrlöcher von Kunststoffstäben wird auch von LEVITT (1989) und DEGERNES et al. (1993) hingewiesen; im Rahmen der eigenen Untersuchungen wurde eine Zusammenhangstrennung des Kunststoffimplantats im Bereich des Bohrlochs in 3 von 4 Fällen beobachtet. Da derartige Zwischenfälle auch in Verbindung mit Polypropylenstäben beobachtet wurden (DEGERNES et al. 1993), sollte beim Gebrauch von Kunststoffstäben auf das Anbringen von Bohrlöchern nach Möglichkeit gänzlich verzichtet werden und der Stift statt dessen – wie von CONZEMIUS (1995) beschrieben – mit Hilfe einer feinen Pinzette oder Arterienklemme in der Markhöhle in Position bewegt werden.

Bei der Verwendung intramedullärer Kunststoffstäbe ergeben sich in Zusammenhang mit dem Shuttle-Pin-Verfahren aufgrund der geringen Implantatlänge (begrenzt auf die Ausdehnung der Markhöhle des längeren Knochenfragments) bei den meisten Frakturtypen Probleme hinsichtlich der Fixierung des Stiftes an der vorgesehenen Stelle. Durch den nach Positionierung des Implantats im Knochen verbleibenden Freiraum neigt dieses zur Dislokation innerhalb der Markhöhle, dem auf unterschiedlichem Wege (Ruhigstellung der Gliedmaße, zusätzliche Verwendung von Knochenzement) entgegenzuwirken versucht wird. MACCOY (1983) und LEVITT (1989) empfehlen in diesem Kontext die zusätzliche

Applikation dünner Kirschner-Drähte, die in jedem Frakturfragment als Querstifte durch Knochen und Kunststoffstift geführt und bei denen die überstehenden Enden entfernt werden, um so den Polypropylenstab im Knochen zu verankern und zudem Rotationsbewegungen zu verhindern (siehe Abbildung 5 im Anhang). MACCOY (1983) beobachtete dabei im Rahmen einer experimentellen Studie an 6 Tauben und der klinischen Anwendung bei 4 Wildvögeln eine Migration der Stahlstifte bei allen derart behandelten Patienten, die nach Angaben des Autors klinisch jedoch keine Auswirkungen gezeigt hat. Die langfristigen Folgen der mechanischen Irritation auf angrenzende Gewebestrukturen bleiben dabei aufgrund der frühzeitigen Euthanasie der experimentellen Patienten ungeklärt; über den abschließenden Verbleib der Wildvogelpatienten wird keine Aussage getroffen. Das beträchtliche Potenzial der langfristigen Schädigung des umgebenden Weichteilgewebes durch die scharfkantigen Enden der hervorstehenden Querstifte lässt diese Methode zumindest für den Einsatz bei Wildvogelpatienten als bedenklich erscheinen.

Die Zusammenhangstrennung des bei einem der eigenen Patienten mittels Hemicerclagen fixierten Kunststoffstabs war auf den geringen Abstand zwischen Bohrloch und Frakturspalt zurückzuführen, wodurch die Cerclage in einem Bereich der Konzentration axialer Krafteinwirkung positioniert war und das Implantat trotz Einbindung des Flügels an einer der Bohrstellen brach. Durch ein Anbringen der Cerclage in größerer Distanz zum Frakturspalt wäre dieser Zwischenfall gegebenenfalls zu vermeiden gewesen.

Ein wichtiges Augenmerk erfordert neben dem Durchmesser auch die Längenausdehnung der Markhöhle beider Knochenfragmente, welche das Kunststoffelement aufnehmen soll. Das kürzere Knochenfragment muss bei der Shuttle-Pin-Methode ausreichend lang bemessen sein, um dem Stift sicheren Halt zu bieten, da sonst Gliedmaßenfehlstellungen durch eine mangelhafte Ausrichtung der Knochenlängsachse hervorgerufen werden können. So verzeichnete CONZEMIUS (1995) in 3 Fällen eine Achsenknickung des Knochens, weil das Implantat bei der Versorgung von Splitterfrakturen nicht tief genug im kürzeren Knochenfragment versenkt werden konnte.

Bei 2 Patienten (Nr. 19, Nr. 136), deren Knochenbrüche durch die alleinige Verwendung von Polyacrylstäben behandelt wurden, ermöglichte die Charakteristik der Frakturen die Verwendung eines die Markhöhle im Hinblick auf Durchmesser und Länge größtenteils ausfüllenden Kunststoffstiftes, der mit geringem Aufwand und ohne das Anbringen von Bohrlöchern eingesetzt werden konnte. Dabei wurden die Knochen trabekel nur soweit zerstört, dass ein sicherer Sitz des Implantats in den verbliebenen proximalen und distalen Knochenfragmenten gewährleistet war. Im Gegensatz zur Verwendung bei Querfrakturen und kurzen Schrägfrakturen, bei der sich die Biegekräfte auf einen eng umschriebenen Bereich des Implantats konzentrieren, erfolgte hier eine Verteilung der einwirkenden Belastung auf eine größere Fläche, so dass der Kunststoffzylinder einer gleichmäßigeren Materialbelastung ausgesetzt und das Risiko einer Zusammenhangstrennung des Implantats reduziert war. Bei

einem der beiden Vögel (Patient Nr. 19, siehe Abbildung 22-25 im Anhang) konnte ferner allein durch die zusätzliche Wirkung des Polyacrylstifts als Stützpfiler zwischen den beiden Knochenfragmenten die ursprüngliche Knochenlänge wiederhergestellt werden. Diese Vorgehensweise erbrachte bei beiden Patienten sehr gute Ergebnisse, zumal eine aussichtsreiche Versorgung der Frakturen aufgrund ihrer Charakteristik mit anderen Maßnahmen schwerlich zu erzielen gewesen wäre. Durch die Verwendung von markraumfüllenden Stiften bei geeignetem Frakturtyp (lange Schrägfrakturen, ausgeprägte Splitterfrakturen, Stückfrakturen mit ausgedehntem Zwischenfragment) lassen sich demnach die wesentlichen Risiken vermeiden, mit denen die Verwendung intramedullärer Kunststoffimplantate behaftet ist: der Verzicht auf das Anbringen von Bohrlöchern reduziert die Gefahr einer Implantatfraktur und die Verwendung von ausreichend langen, die Diaphyse ausfüllenden Kunststoffstäben verringert das von BENNETT (1997) beschriebene Risiko von Frakturen des Knochens am Implantatende infolge einer Konzentration von Belastungskräften in diesem Bereich. Zudem entfällt im Gegensatz zur Shuttle-Pin-Methode die Notwendigkeit einer zusätzlichen Fixierung des Stifts im Knochen, da durch die markraumfüllende Längenausdehnung des Kunststoffstiftes eine Dislokation innerhalb der Markhöhle verhindert wird.

5.8.1.2.2 Kunststoffstäbe in Verbindung mit Knochenzement

Die Beweggründe, welche zur Kombination intramedullärer Kunststoffstäbe mit Knochenzement führten, werden in der ersten Publikation zu dieser Therapiemethode (LIND et al. 1988) nicht erläutert. BENNETT (1997) begründet diese mit einer erhöhten Rotationsstabilität und einer größeren Widerstandsfähigkeit gegenüber Biegekräften, wohingegen CONZEMIUS (1995) den Insulinkolbenstift als Brücke und Leitschiene für den einzubringenden Knochenzement erachtet. Da der in die Markhöhle eingebrachte Knochenzement keine adhäsive Verbindung mit dem Knochen eingeht, ist die von BENNETT (1997) angeführte Rotationsstabilität mit dieser Methode nur zu erzielen, wenn die Markhöhle physiologischerweise einen elliptoiden Durchmesser oder der Knochen im Diaphysen- und Metaphysenbereich eine merkliche Krümmung aufweist. Der größte Vorteil der zusätzlichen Applikation von Knochenzement ist nach eigener Einschätzung eher in der Verhinderung von Dislokationen des kurzen Implantats innerhalb der Markhöhle nach dessen Positionierung an der vorgesehenen Stelle zu sehen. Durch die Verwendung dünnerer Kunststoffstäbe, die eine zusätzliche Applikation von Knochenzement in den zwischen Implantat und Endost verbleibenden Raum ermöglichen, kann der Stift in der beabsichtigten Position nach Aushärten der viskösen Masse fixiert werden. Die Angaben in der Fachliteratur bezüglich des zur Verwendung dieser Methode geeigneten Patientenspektrums variieren beachtlich. Während DEGERNES et al. (1989) die Anwendbarkeit dieser Methode bei Vögeln jeglicher Größe für möglich halten, gleichzeitig jedoch bei Patienten unter 75 g Körpermasse für

unpraktikabel erachten, weisen DEGERNES und LIND (1989) in einer Publikation auf eine begrenzte Anwendbarkeit bei Patienten unter 500 g Körpermasse hin und COLES (1997) beziffert die Mindestmasse auf 600 g. DEGERNES et al. (1993) befürchten aufgrund des Markhöhlendurchmessers gar Schwierigkeiten bei Patienten von einer Masse unter 1000 g.

Es hat sich im Verlauf der eigenen Untersuchung gezeigt, dass durch die Kombination dieser beiden Materialien bereits bei Vögeln mit einer Körpermasse von etwa 250 g die Gewährleistung einer vollständigen, das Kunststoffimplantat umgebenden Säule von Knochenzement nicht sicher gewährleistet werden kann. Bei der Verwendung eines Polyacrylstifts von 2,0 mm Durchmesser in der einen etwa 3,0-3,5 mm Durchmesser aufweisenden Markraumhöhle des Humerus eines Turmfalken (*Falco tinnunculus*) verbleibt zwischen Implantat und Knochen somit lediglich ein Spalt von 0,5-0,75 mm, der zur Füllung mit Knochenzement zur Verfügung steht. Von DEGERNES et al. (1989), DEGERNES et al. (1993) und von BENNETT (1997) wird weiterhin vorgeschlagen, mit einem Skalpell Einschnitte in spitzem Winkel quer zur Längsachse am Kunststoffstift anzubringen (nach DEGERNES et al. (1993) auf mindestens 80 % der Länge des Implantats), um eine bessere Verbindung zwischen Implantat und Knochenzement zu gewährleisten. Diese Kerben vergrößern jedoch den Außendurchmesser des Implantats zusätzlich, so dass sich unter den beschriebenen Bedingungen ein durchgehender Knochenzementmantel kaum erzielen lässt. Darüber hinaus wird durch eine derartige Vorgehensweise die Stabilität der Kunststoffkomponente beeinträchtigt. So verzeichnete BENNETT (1997) bei der Versorgung einer Tibiotarsusfraktur einer Schleiereule (*Tyto alba*) trotz des zusätzlichen Gebrauchs von Knochenzement eine Achsknickung des Kunststoffstifts. Auch kann bei der Verwendung eines Polypropylenstifts von 3 mm Durchmesser am Humerus einer Waldohreule (*Asio otus*) von 220 g Körpermasse (DEGERNES et al. 1993) der umgebenden Zementsäule keine stabilisierende, sondern allenfalls eine fixierende Komponente zugeschrieben werden.

Komplikationen sind insbesondere bei kleinen und mittelgroßen Patienten zu befürchten, da bei diesen zwischen Implantat und Knochen nur wenig Raum zum Einbringen von Knochenzement verbleibt und somit ein hohes Risiko der Entstehung substanzfreier Kavernen besteht. Je nach Ausmaß und Lokalisation dieser Hohlrumbildungen ergibt sich eine mehr oder minder starke Beeinträchtigung der Stabilität.

Für die Verwendung bei kleineren Patienten scheinen die von CONZEMIUS und KOPF (1991) und von CONZEMIUS (1995) verwendeten Insulinspritzenkolben mit kreuzförmigem Querschnitt besser geeignet als die zylindrisch geformten Kunststoffstäbe, da das einzubringende Volumen an Knochenzement bei der Verwendung solcher Stifte deutlich größer und die Gefahr der Entstehung von Luft einschüssen reduziert ist.

Das von BENNETT (1997) beschriebene Risiko der Entstehung zusätzlicher Frakturen in einem eng umschriebenen Knochenbereich am Ende des Implantats infolge einer Belastungskonzentration durch die einwirkende Muskelkraft kann aufgrund eines derartigen

Vorfalls bei einem der eigenen Patienten bestätigt werden. Hierbei reichte bei einer Fraktur am Übergang vom mittleren zum proximalen Humerusdrittel weder der Polyacrylstift, noch die Zementsäule weit genug in den proximalen Bereich des Oberarmknochens, so dass aus dem proximalen Knochenfragment vom Frakturspalt ausgehend eine Knochenspanne von etwa 2 cm Länge herausbrach (Patient Nr. 44).

PUTNEY et al. (1983) konstatierten in einer experimentellen Studie an 15 Tauben zur Versorgung von Humerusfrakturen mit Knochenzement bei den meisten Tieren eine Fremdkörperreaktion, die durch eine Ansammlung von Riesenzellen an der Grenzfläche zwischen Knochenzement und fibrösem Bindegewebe imponierte. Diese Reaktion wurde durch histologische Untersuchungen der am 30. Tag post operationem euthanasierten Tauben diagnostiziert, wobei zwischen dem 10. und 30. Tag keine histologischen Untersuchungen erfolgt waren. Die Fremdkörperreaktion schien sich im Laufe der Zeit zurückzubilden; Anzeichen für eine Bildung von Granulomen wurden nicht festgestellt. Demgegenüber waren die histologischen Veränderungen in einer experimentellen Untersuchung von MATHEWS et al. (1994) zur Kombinierten Verwendung von Knochenzement und Kunststoffstift von einer fibrösen Einkapselung geprägt und Riesenzellen selten beobachtet. Bei einem Turmfalken (*Falco tinnunculus*) der eigenen Untersuchungen (Patient Nr. 5) entwickelte sich demgegenüber eine chronisch-entzündlicher Prozess mit von Fremdkörperriesenzellen umgebenen Knochenzementteilen und herdförmigen Knochengewebsnekrosen (siehe Abbildung 54 u. 55 im Anhang). Experimentelle Untersuchungen von MACCOY (1983) an 6 Tauben, deren mit Kunststoffstäben versorgte Humerusfrakturen histologisch keinerlei Hinweise auf eine Fremdkörperreaktion erkennen ließen, legen die Vermutung nahe, dass die beobachtete Fremdkörperreaktion bei dem eigenen Patienten nicht durch das Kunststoffimplantat sondern durch den Knochenzement hervorgerufen wurde.

Skeptisch zu bewerten ist auch die im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Methode oftmals beschriebene frühe Gebrauchsfähigkeit des Flügels innerhalb weniger Stunden oder Tage nach der operativen Versorgung des Knochens (LIND et al. 1988, DEGERNES et al. 1993, MARTIN und RITCHIE 1994, BENNETT 1997), da diese nicht aufgrund einer Wiederherstellung der Knochenintegrität, sondern allein durch die mechanische Stützfunktion des eingebrachten Implantats erzielt wird und durch fehlende oder unzureichende Rotationsstabilität ein Risiko von Fehlstellungen nach Abschluss der Frakturheilung gegeben ist.

Die Ergebnisse der eigenen Arbeiten zur kombinierten Verwendung von Kunststoffstiften und Knochenzement bei den behandelten Wildvögeln waren wenig ermutigend. Angesichts des Patientenspektrums von überwiegend kleineren bis mittelgroßen Wildvogelspezies wurde

daher im weiteren Verlauf der Untersuchung auf diese Methode verzichtet, zumal sich keine zwingende Indikation für eine kombinierte Anwendung der beiden Materialien erschloss.

5.8.2 Externe Fixationsmethoden

5.8.2.1 Cerclagen

Cerclagen erwiesen sich insbesondere bei der Versorgung von Schrägfrakturen mittels Kirschner-Drähten als unentbehrliche Ergänzung zum Erzielen einer ausreichenden axialen Stabilität. Ebenso waren sie ein unerlässliches Mittel zur Stabilisierung von Knochenfissuren und wurden zur Fixierung von Knochensplintern eingesetzt. Den ausschließlich positiven Erfahrungen in der klinischen Anwendung im Rahmen dieser Arbeit und ihren vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten stehen einige in der Fachliteratur aufgeführte Nachteile gegenüber, die jedoch bei den untersuchten Patienten keine Beeinträchtigung des Heilungsverlaufs erkennen ließen. Entgegen der Befürchtungen von CONZEMIUS (1995), Drahtcerclagen könnten Muskel- oder Sehnenbewegung behindern oder sich bei Verbleib am Knochen durch die Haut bohren, wurden derartige Komplikationen bei den untersuchten Patienten nicht beobachtet.

Die Ergebnisse bezüglich der Verwendung von Cerclagen aus Nahtmaterial (Dexon®) sind von geringer Aussagekraft, da 2 der 3 auf diese Weise therapierten Patienten (Nr. 16, Nr. 17) 2 bzw. 3 Tage post operationem verstarben.

In Ermangelung kommerziell erhältlicher Drahtumführungsadeln passender Größe für den Einsatz bei kleinen bis mittelgroßen Vögeln wurden solche aus Kanülen verschiedener Größen durch Umbiegen, Absägen der Spitze und Entgraten der Schnittkante selbst angefertigt (siehe Abbildung 3). Hierdurch konnten Gewebetraumatisierungen als Folge der Applikation von Drahtschlingen verhindert werden. Wenn bei der Verwendung von Drahtcerclagen die verdrehten Enden zudem parallel zur Knochenlängsachse und in sicherer Entfernung von vaskulären und neuronalen Strukturen zu liegen kommen, sollte ein Verletzungsrisiko durch den chirurgischen Draht (CONZEMIUS 1995) weitgehend auszuschließen sein. Korrespondierend mit BENNETT (1997) wurde nach abgeschlossener Frakturheilung auf eine zweite Operation zur Entfernung der Drahtschlinge (CONZEMIUS und KOPF 1991) verzichtet, um eine erneute Traumatisierung des Wundbereichs und eine damit verbundene Verlängerung der Hospitalisierungsdauer zu vermeiden. Keiner der solchermaßen behandelten Wildvögel zeigte aufgrund der geschilderten Vorgehensweise im Beobachtungszeitraum klinische Beeinträchtigungen der versorgten Gliedmaße.

Die Forderung von MEINERS (2007), auf die Anwendung von Cerclagen ganz zu verzichten, da diese den Blutfluss erheblich einschränken und dadurch den Heilungserfolg in Frage stellen, ist in gesichteten Literatur ohne Beispiel und kann angesichts der

Frakturcharakteristik beim Vogel, wie auch den vorliegenden Ergebnissen nicht nachvollzogen werden.

5.8.2.2 Fixateur externe

Im Verlauf der eigenen Untersuchungen erwies sich lediglich eine vergleichsweise geringe Zahl der Frakturen als zur alleinigen Verwendung eines Fixateur externe geeignet. Oftmals verhinderten Lokalisation, Frakturtyp oder Fissuren eine sichere Anbringung einer ausreichenden Zahl von Stahlimplantaten beiderseits des Frakturspalts (BENNETT 1997).

In der Fachliteratur wird auf einige mit der Applikation des Fixateur externe verbundene Risiken hingewiesen. Neben den von einer Vielzahl von Autoren (z. B. HARCOURT-BROWN 1996, MACCOY 1996, REDIG 2000a) dargelegten allgemeinen Risiken, wie der Zerstörung neurovaskulärer Strukturen und der Infektionsgefahr im Eintrittsbereich der Implantate, berichten SPINK (1978) und HARCOURT-BROWN (1996) von einem erhöhten Risiko der iatrogenen Schädigung kleiner Knochen durch die Verwendung des Fixateur externe. Desgleichen war bei einem Sperber (*Accipiter nisus*) (Patient Nr. 138) der eigenen Untersuchung im Verlauf der Behandlung (zwischen dem vierten und siebten Tag post op.) eine zusätzliche Fraktur der Ulna entstanden. Eine bei der röntgenologischen Evaluierung der Fraktur übersehene Knochenfissur trug in diesem Fall als prädisponierender Faktor in entscheidendem Maß zur Entstehung des weiteren Frakturereignisses bei und unterstreicht den Stellenwert einer sorgfältigen röntgenologischen Evaluation der Fraktur und des gesamten betroffenen Knochens für einen komplikationslosen Therapieverlauf. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk auf das Vorhandensein kleinster Fissuren gelegt werden, da nach Berichten von KOCK (1983) selbst ausgedehnte Fissuren an präoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen nicht immer zu diagnostizieren sind. Insbesondere bei kleineren Vögeln können solche Knochenschäden auch bei sorgfältiger Untersuchung leicht übersehen werden.

Die Auffassung von LEVITT (1989), der unilaterale Fixateur externe sei als primäre Fixationsmaßnahme aufgrund der dünnen Kortex des Vogelknochens und der damit assoziierten schlechten Verankerungsmöglichkeit der Implantate ungeeignet, deckt sich nicht mit den eigenen Untersuchungsergebnissen. Die unilaterale Konstruktion erwies sich bei den Patienten der vorliegenden Studie als hinreichend widerstandsfähig, Lockerungen der Kirschner-Drähte wurden nicht verzeichnet. In diesem Kontext muss jedoch hervorgehoben werden, dass ausgedehnte Flugübungen in entsprechenden geräumigen Volieren erst nach Entfernung des Apparates ermöglicht wurden.

Einige der in der Fachliteratur herausgestellten Vor- und Nachteile ließen sich nicht bestätigen. Die von BUSH (1974) und von MACCOY (1996) dargelegte Möglichkeit, mittels Fixateur externe Kompression auf den Frakturspalt ausüben und dadurch eine primäre

Frakturheilung erzielen zu können, kann angesichts der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, wie auch mangels entsprechender Erfahrungsberichte in der Fachliteratur nicht ermessens werden. Eine primäre Frakturheilung beim Vogel ist bislang nicht eindeutig nachgewiesen. Obgleich BENNETT (1997) unter Berufung auf eine Arbeit von KUZMA und HUNTER (1991) die primäre Frakturheilung beim Vogel im Zusammenhang mit der Plattenosteosynthese für gegeben hält, findet sich in der entsprechenden Publikation, auf welche sich diese Aussage bezieht, kein Hinweis auf eine derartige Feststellung, so dass die Schlussfolgerung von BENNETT (1997) als spekulativ zu erachten ist. REDIG (2000a) schließt im Zusammenhang mit der Versorgung einer Femurfraktur bei einem Hybridfalken (Gerfalke x Wanderfalke) mittels Tie-in Fixateur und 4 Cerclagen aufgrund des Ausbleibens einer röntgenologisch sichtbaren Kallusbildung auf eine primäre Frakturheilung. Bedauerlicherweise werden zum Verifizieren des Befundes außer Röntgenaufnahmen zu einem Zeitpunkt 5, 9 und 11 Wochen post operationem keine wissenschaftlich verwertbaren Daten oder Nachweise erbracht.

Als ausgesprochen schwierig stellte sich die Erhaltung der ursprünglichen Knochenlänge bei dislozierten Femurfrakturen mit Verkürzung der Knochenlängsachse bei bereits einige Tage zurückliegendem Frakturgeschehen dar, zumal bei den betroffenen Patienten die Verkürzung der kräftigen Oberschenkelmuskulatur eine korrekte Ausrichtung des Knochens beträchtlich erschwerte. Eine Dehnung der Weichteilstrukturen auf die ursprüngliche Länge bei gleichzeitiger manueller Fixierung der Knochenfragmente in korrekter Ausrichtung während der gesamten Härtungs- bzw. Abkühlungsphase der Verbindungskomponente eines Fixateur externe war nicht gewährleistet. Aus diesem Grunde wurde bei 2 Patienten mit Schrägfrakturen des Femur eine Kirschner-Nagelung vorgenommen und somit eine geringgradige Verkürzung des Knochens in Kauf genommen, die nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahmen klinisch keine Auswirkungen zeigte. Durch die Verwendung eines Kirschner-Drahts blieb die manuelle Dehnung der Muskulatur auf den kurzen Zeitraum begrenzt, bis das Implantat in die Markhöhle eingeführt und in die beabsichtigte Position vorgeschoben war.

Der Durchmesser der Kirschner-Drähte, welche für die Gestaltung des Fixateur externe verwendet wurden, entsprach etwa 25 % des Knochendurchmessers und zeigte sich ausreichend stabil, um eine zuverlässige Fixierung zu gewährleisten ohne dabei – außer bei durch Fissur zusätzlich geschädigtem Knochen (s.o. Patient Nr. 138) – eine zusätzliche Schädigung desselben herbeizuführen. Anhand der Untersuchungsergebnisse konnte somit weder die Darstellung von MACCOY (1997), Implantate mit einem Durchmesser von mehr als 20 % des Knochendurchmessers implizierten ein zu hohes Risiko der Knochentraumatisierung, noch die Ansicht von GRIMM (1993), ein Durchmesser von weniger als 30 % gewährleiste keine sichere und stabile Konstruktion, bestätigt werden.

Vorteile einer Therapie mittels Fixateur externe aufgrund einer ausgedehnten endostalen Kallusbildung (BUSH 1981, 1983 u. 1986) wurden bei den Patienten der vorliegenden Arbeit nicht verzeichnet. Darüber hinaus steht der Nachweis eines merklichen oder eindeutig quantifizierbaren Vorteils einer vorwiegend endostal ablaufenden Kallusbildung nach wie vor aus (vgl. Punkt 5.7.2). Auch lässt die von CRUZ (1991) im Zusammenhang mit der Verwendung des Fixateur externe veranschlagte Heilungsdauer des Humerus von etwa 50 Tagen (röntgenologische Anzeichen periostaler Brückenbildung und intramedullärer Kallusbildung ab dem 30.-35.Tag), ebenso wie die Ergebnisse einer Untersuchung von KOCK (1983), der bei Einsatz des Fixateur externe an 11 Patienten eine röntgenologische Heilungsdauer zwischen drei und acht Wochen verzeichnete (drei Wochen bei einem Patienten, sechs Wochen bei 2 Patienten und acht Wochen bei einem weiteren Patienten), nicht auf einen verkürzten Heilungsprozess bei nahezu ungehinderter endostaler Kallusbildung schließen. Der in der Literatur mehrfach angesprochene Vorteil einer axialen Ruhigstellung bei gleichzeitiger Rotationsstabilität und der damit verbundenen Möglichkeit einer frühzeitigen Beübung kurze Zeit nach der Operation (BUSH 1981, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996, BENNETT 1997) konnte im Verlauf der eigenen Untersuchungen klinisch nicht bestätigt werden. MACCOY (1982) und REDIG (1986a) weisen überdies darauf hin, dass bei Verwendung des Fixateur externe eine frühzeitige, intensive Belastung der frakturierten Gliedmaße häufig eine Lockerung der Verankerung im Knochen zur Folge hat.

Ebenso stehen dem von BENNETT (1997) im Zusammenhang mit der Verwendung des Fixateur externe beschriebenen Vorteil, den Fixationsapparat bei schlecht heilenden Frakturen über einen längeren Zeitraum von nötigenfalls mehreren Monaten am Knochen belassen zu können, eine Vielzahl von Berichten entgegen, welche über die vorzeitige Lockerung der Verankerung des Apparates im Knochen bereits während der physiologischen Heilungsdauer informieren (MACCOY 1982, REDIG 1986, LIND 1988, LEVITT 1989, MARTIN und RITCHIE 1994, MACCOY 1996). Auch die vorzeitige Lockerung einer externen Fixation vom Typ II am Tibiotarsus bei einem der eigenen Patienten bereits neun Tage post operationem stützt diese Aussagen. Die Verwendung von Kirschner-Drähten mit Gewinde hätte aufgrund der besseren Verankerung im Knochen (DEGERNES et al. 1998) vermutlich eine stabilere Konstruktion erzielt.

Ein zuverlässiger und dauerhafter Sitz der Implantate im Knochen scheint insbesondere bei Konstruktionen vom Typ I einen kritischen Faktor darzustellen (LIND et al. 1988, LEVITT 1989, MARTIN und RITCHIE 1994). Bei den eigenen Patienten konnten im Zusammenhang mit der unilateralen, uniplanaren Anordnung der Elemente am Flügel selbst bei Verwendung von Kirschner-Drähten ohne Gewinde keine Lockerung der Implantate festgestellt werden. Dieser Befund dürfte sowohl auf die Bewegungseinschränkung während der ersten beiden Wochen der Heilungsphase, als auch auf die zumeist im Winkel von ca. 45° in den Knochen

eingedrehten Kirschner-Drähte zurückzuführen sein. Infolgedessen ist zu bedenken, dass die frühe Beübung der verletzten Gliedmaße das Risiko einer Bewegungseinschränkung nach Abschluss der Therapie möglicherweise mindert, aufgrund der Gefahr einer frühzeitigen Lockerung der Knochenverankerung jedoch das Wagnis einer instabilen Frakturversorgung impliziert.

Bezüglich der Verbindungskomponente ergaben sich sowohl in der praktischen Handhabung, als auch hinsichtlich der Produkteigenschaften deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Materialien.

Wie bereits beschrieben, wurde der Fixateur externe nach Maßgabe der AO mit entsprechenden Verbindungselementen bei dem untersuchten Patientenspektrum aufgrund des hohen Eigengewichts für ungeeignet befunden und kam demzufolge nicht zum Einsatz.

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden ein Zwei-Komponenten-Präparat auf Methylmethacrylat-Basis (Technovit®), sowie zwei thermoplastische Materialien (Hexcelite®, Himed IP 2700®) evaluiert. Das Methylmethacrylat-Präparat weist während des Härtungsvorgangs der gemischten Komponenten eine stark exotherme Reaktion auf, wobei die entstehende Hitze durch die Kirschner-Drähte auf den Knochen übertragen wird, so dass eine Kühlung des Materials erforderlich wird. Nach Aushärtung des Gemischs erwies sich die Fixation als ausgesprochen stabil. Das vergleichsweise hohe Gewicht der angefertigten Verbindungskomponente aus diesem Material wurde insbesondere bei der Verwendung am Flügel als nachteilig empfunden. Auch ist zum Zeitpunkt der Begutachtung der angefertigten Röntgenkontrollaufnahmen auf korrekten Sitz der Implantate und exakte Ausrichtung der Knochenachsen eine Korrektur des externen Fixationsapparates nicht mehr möglich (MACCOY 1996), so dass bei unbefriedigender Ausrichtung das Verbindungsmaterial mit vergleichsweise hohem Aufwand durchtrennt und erneut verbunden werden muss.

Die verwendeten thermoplastischen Materialien zeigten eine geringere Festigkeit als das Methylmethacrylat-Präparat, waren demgegenüber jedoch von geringerem Gewicht, einfacher zu handhaben und entwickelten zudem keine Polymerisationshitze, sondern mussten zum Erzielen der zum Verarbeiten erforderlichen Plastizität erwärmt werden und kühlten während des Erstarrens ab. Die aus Hexcelite® modellierten Komponenten gingen keine adhäsive Verbindung zu den Metallimplantaten ein, so dass zusätzliche Maßnahmen erforderlich wurden, um das Verbindungsmaterial in der vorgesehenen Position sicher zu fixieren. Aus diesem Grund erwies sich Himed IP 2700® als Verbindungskomponente gegenüber Technovit® und Hexcelite® überlegen, da dieses sich durch seine Materialstruktur den Kirschner-Drähten besser anfügt und darüber hinaus den schwierigen Vorgang der korrekten Ausrichtung des Knochens (LIND 1988, HARCOURT-BROWN 1996) erleichtert, indem nachträgliche Stellungskorrekturen durch die Erwärmung des Materials mit einem konventionellen Haarföhn ohne Schwierigkeit durchzuführen sind. Außerdem können zu dem

Zeitpunkt, da die Entfernung des Implantats vorgesehen ist, durch Erwärmen des Materials zunächst die Stabilität der Knochenverbindung geprüft und bei nicht ausreichender Belastungsfähigkeit des Knochenkallus die Verbindungselemente belassen werden. Einschränkungen in der Anwendung ergeben sich hinsichtlich des Patientenspektrums. Aufgrund der geringeren Stabilität der thermoplastischen Materialien –insbesondere von Himed IP 2700® – im Vergleich zu Methylmethacrylat und des Fixateur externe nach Maßgabe der AO sollten dieses nur bei kleinen bis mittelgroßen Patienten Verwendung finden.

Um die Kontaktfläche zwischen den Kirschner-Drähten und der Verbindungskomponente zu vergrößern und eine möglichst hohe Stabilität zu erzielen, wurde bei 4 Patienten die von BENNETT (1995) bevorzugte Variante gewählt, bei der die unilateral angebrachten Implantate in einem Winkel von ca. 45° in den Knochen eingedreht und die hervorstehenden Enden zur Knochenmitte hin umgebogen werden, so dass sie möglichst parallel zum Knochen verlaufen. Die so gestalteten Fixationsapparate wiesen eine deutlich bessere Verankerung im Knochen auf, als die Implantate, welche die Fragmente in rechtem Winkel zur Knochenlängsachse penetrierten.

Entgegen der Aussage von MARTIN und RITCHIE (1994), wonach der Fixateur externe bei ruhigen Patienten ohne Operation oder Anästhesie entfernt werden kann, ist – im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der Verwendung intramedullärer Stahlimplantate – zur Entfernung eines Fixateur externe aufgrund der stabileren Verankerung im Knochen und der umfangreicheren Manipulationsmaßnahmen eine Allgemeinanästhesie dringend angeraten.

5.9 Therapieflankierende Maßnahmen

5.9.1 Diagnosestellung

Das Anfertigen von Röntgenbildern zur Diagnosestellung wird von COONEY und MUELLER (1994), CONZEMIUS (1995) und von BROWN und LUEBBERT (2003) unter Anästhesie vorgenommen. Eine solche Vorgehensweise setzt die Narkosefähigkeit des Patienten voraus und kann bei entsprechender Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens die Entscheidung, ob Art und Ausmaß der vorliegenden Erkrankung eine Therapie rechtfertigen, in erheblichem Maß verzögern. Zur Verkürzung der Latenzzeit wurde die Röntgeneingangsuntersuchung bei den Wildvögeln der vorliegenden Arbeit ohne Betäubung vorgenommen.

5.9.2 Postoperative Versorgung

Bei der Behandlung von Wildvögeln ist eine stationäre Aufnahme von Frakturpatienten unerlässlich, um im Rahmen der Nachbehandlung jederzeit eine medikamentöse Therapie, Wundkontrollen, Röntgenkontrolluntersuchungen und physiotherapeutische Maßnahmen zu ermöglichen.

5.9.2.1 Wundrevision

COONEY und MUELLER (1994) führen eine erste Wundkontrolle zwei bis drei Tage post operationem, sowie nach zehn Tagen und schließlich in einwöchigen Abständen durch. Nach eigenem Befinden sind diese Intervalle zu Beginn der Therapie nicht ausreichend kurz bemessen. In Übereinstimmung mit REDIG (2003) sollte eine erste Wundrevision innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem chirurgischen Eingriff erfolgen. Bei den eigenen Patienten hat sich im Zusammenhang mit der operativen Frakturversorgung die tägliche Wundkontrolle innerhalb der ersten postoperativen Tage bewährt und erwies sich im Sinne einer frühzeitigen Erkennung von Wundheilungsstörungen als ausgesprochen effektiv. So konnten beim Auftreten von Komplikationen – beispielsweise bei entzündlichen Vorgängen – rasch Gegenmaßnahmen ergriffen oder aber bei der Entwicklung ausgedehnter, irreparabler Gewebenekrosen die Therapie vorzeitig abgebrochen werden. Auf diese Weise wurden bei 12 Patienten (14,6 % der Tiere, bei denen eine Therapie eingeleitet wurde) innerhalb von zwei Wochen nach Behandlungsbeginn Störungen der Fraktur- oder Wundheilung festgestellt. Da die operativ versorgten Patienten zur routinemäßigen Applikation der parenteralen Antibiose während der ersten sieben Tage post operationem ohnehin kurzzeitig fixiert werden mussten, war die durch die Wundkontrolle verursachte zusätzliche Belastung gering. Durch das vergleichsweise kurze Intervall der im weiteren Behandlungsverlauf zeitgleich mit den Röntgenkontrolluntersuchungen und/oder physiotherapeutischen Behandlungen erfolgten Wundrevisionen konnten Komplikationen zeitnah diagnostiziert werden. Die Mehrzahl der weiteren in der Fachliteratur propagierten Kontrollintervalle (siehe Tabelle 15 im Anhang) erscheinen angesichts der vorliegenden Ergebnisse zu lange bemessen. Hierdurch entsteht bei Komplikationen von Wund- oder Frakturheilung eine zum Teil ausgedehnte Zeitspanne bis zur Diagnose des Krankheitsgeschehens, wodurch Gegenmaßnahmen erst nach einer entsprechenden Latenzzeit ergriffen werden können und die Chance auf eine aussichtsreiche Frakturbehandlung gemindert wird oder aber Patienten ohne Aussicht auf Heilung vermeidbare Schmerzen erdulden.

5.9.2.2 Röntgenkontrolle

Eine ausschließlich palpatorische Kontrolle der Knochenheilung muss angesichts der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als unzureichend erachtet und kategorisch abgelehnt werden. Einerseits können insbesondere bei chirurgischen Fixationsmaßnahmen Umfang und Festigkeit der Knochenverbindung vor Entfernung der Implantate palpatorisch nicht hinreichend abgeschätzt werden, andererseits bleiben pathologische Veränderungen und Störungen der Frakturheilung lange Zeit unbemerkt. In Anbetracht der vergleichsweise raschen Knochenheilung des Vogels wurden im Rahmen der eigenen Arbeit Intervalle der Röntgenkontrolluntersuchungen von sieben Tagen für sinnvoll erachtet. Eine Allgemeinanästhesie der Patienten, wie von COONEY und MUELLER (1994), CONZEMIUS (1995), COLES (1997) und BROWN und LUEBBERT (2003) propagiert, wurde nur in Ausnahmefällen bei komplizierten Frakturen, unkooperativen Patienten und insbesondere bei der alleinigen Verwendung intramedullärer Kunststoffimplantate verwendet, um eine Zerstörung des Implantats durch heftige Abwehrbewegungen zu vermeiden. Die routinemäßige Narkose der Patienten zur Anfertigung von Röntgenkontrollaufnahmen ist nach Ansicht des Verfassers entbehrlich.

Wie von ZEDLER und SALEH (1965) beschrieben, ist die Röntgenkontrolle keine verlässliche Methode zur frühzeitigen Beurteilung der Knochenbruchheilung; werden Röntgenkontrolluntersuchungen jedoch lediglich zur Überprüfung der klinischen Vereinigung der Frakturenden frühestens nach drei Wochen angefertigt (REDIG 1986a, ISENBÜGEL 1988, BENNETT 1997), so bleibt wesentliches Potenzial dieser Untersuchungsmethode ungenutzt.

Bei zahlreichen Patienten der eigenen Untersuchung war bereits anhand der zweiten Kontrolluntersuchung nach 14 Tagen röntgenologisch eine Kallusbildung feststellbar. Dieser frühe Nachweis des Knochenheilungsprozesses ist darauf zurückzuführen, dass bei vielen Patienten das Frakturgeschehen zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung bereits einige Tage zurücklag. Indes war bei den meisten Patienten der vorliegenden Studie eine Kallusbildung nach 21 Tagen röntgenologisch evident. Somit dienen die am 7. und 14. Tag nach Behandlungsbeginn angefertigten Röntgenbilder vorwiegend einer Überprüfung der Position der Frakturfragmente, der Verifizierung einer korrekten Implantatposition und der Kontrolle auf pathologische Veränderungen; nach diesem Zeitpunkt angefertigte Aufnahmen werden vorwiegend zur Beurteilung der Ausbildung einer knöchernen Verbindung zwischen den Frakturfragmenten und der Frakturausrichtung herangezogen. Derart kurz bemessene Kontrollintervalle bieten demnach bei Dislokationen der Frakturenden, bei der Lageveränderung von Implantaten, der Entstehung von Fissuren oder zusätzlichen Knochenfragmenten sowie bei entzündlichen Veränderungen des Knochens die Möglichkeit einer rechtzeitigen Intervention, bevor irreparable Schäden entstehen oder Knochen in Fehlstellung heilen. Zudem können – wie im Fall des Osteosarkoms bei einem Patienten –

auch ausbleibende Kallusbildung bzw. lytische Knochenbezirke auf ein Krankheitsgeschehen hindeuten. Im Gegensatz zu den in der Fachliteratur zumeist vorgeschlagenen Röntgenkontrollintervallen (siehe Tabelle 15 im Anhang) bietet das der eigenen Arbeit zugrunde liegende Schema insbesondere im Hinblick auf eine rechtzeitige Erkennung pathologischer Prozesse Vorteile. Diese manifestierten sich unter anderem in einer frühzeitigen Diagnose von Osteomyelitiden. Bei allen 5 Patienten der vorliegenden Studie, die einen entzündlichen Prozess des Knochengewebes aufwiesen, konnten diese anhand der am 14. Tag, nicht jedoch auf den 7 Tage nach der Operation angefertigten Röntgenaufnahmen nachgewiesen werden. Waren hingegen am 21. Tag röntgenologisch noch keine derartigen Veränderungen sichtbar, so traten auch im weiteren Verlauf der Behandlung keine entzündlichen Knochenveränderungen in Erscheinung. Dieser Befund ist von klinischer Relevanz, da – korrespondierend mit NEWTON und ZEITLIN (1977) und WITHROW (1982) – auf die entzündliche Knochenveränderung zurückzuführende klinische Beschwerden nicht zu verzeichnen waren.

Ob pathologische Prozesse mit dem von REDIG (2003) vorgeschlagenen Schema (Röntgenkontrolle nach 10-14 Tagen, nach 20-24 Tagen, danach in 2-wöchigen Abständen) in vergleichbarer Weise erfasst werden können, bleibt zu überprüfen.

Entgegen der Vorgehensweise von HARCOURT-BROWN (1996) wurden wöchentliche Röntgenkontrollen auch bei geschlossenen Frakturen vorgenommen, um die korrekte Ausrichtung der Knochen bis zur klinischen Stabilität der Fraktur und gegebenenfalls den einwandfreien Sitz von Implantaten zu überprüfen.

5.9.2.3 Physiotherapie

Durch Physiotherapie kann in vielen Fällen mit eingeschränkter Beweglichkeit der betroffenen Gliedmaße die normale Gelenkfunktion wieder hergestellt werden, sofern keine irreversible Schädigung entsprechender Gewebestrukturen vorliegt.

Obgleich die Mehrzahl der Autoren die Bedeutung einer frühen Gebrauchsfähigkeit der behandelten Gliedmaße hervorhebt und in Kontext zu den Vor- bzw. Nachteilen der verschiedenen Therapiemethoden setzt, wird im Allgemeinen eine postoperative Ruhigstellung der betreffenden Gliedmaße für einen gewissen Zeitraum (zumeist eine Zeitspanne zwischen ein und zwei Wochen) angeraten (z. B. KUZMA und HUNTER 1989, CONZEMIUS und KOPF 1991, DEGERNES et al. 1993, SIMPSON 1996, BENNETT 1997), um den Unzulänglichkeiten der jeweiligen Therapiemethode entgegenzuwirken, eine Beeinträchtigung der Kallusbildung zu verhindern und die Heilung des Weichteilgewebes zu ermöglichen – angesichts der bei Wildvogelpatienten häufig vorzufindenden umfangreichen Weichteilverletzungen und der oftmals komplexen Frakturen eine zweckmäßige Vorgehensweise, die sich auch bei eigenen Patienten bewährt hat.

Allgemein gültige Aussagen, zu welchem Zeitpunkt eine Beübung einsetzen sollte, können nach Ansicht des Verfassers nicht getroffen werden, da zahlreiche Faktoren (Frakturtyp, Ausmaß der Weichteilschädigung, Vogelspezies, Behandlungsmethode etc.) diese Entscheidung wesentlich beeinflussen. So kann bei einfachen Frakturen und stabiler Fixationsweise (Fixateur externe, intramedulläre Kirschner-Implantate) die gebrochene Gliedmaße erheblich früher beübt bzw. belastet werden, als im Falle komplexer Frakturen bzw. weniger stabiler Fixationsmethoden (konservative Behandlung, Cerclagen als alleinige chirurgische Therapiemaßnahme, intramedulläre Kunststoffimplantate).

Der von COONEY und MUELLER (1994) propagierten Vorgehensweise, während der frühen Heilungsphase des Knochens Verbandwechsel und passive Physiotherapie unter Allgemeinanästhesie durchzuführen, wurde zunächst nur bei unruhigen Patienten oder komplexen Frakturen durchgeführt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Prozedur am anästhesierten Patienten eine bessere Einschätzung der tatsächlichen Beweglichkeit der Gliedmaße ermöglicht. Zudem sollten physiotherapeutischen Maßnahmen in Anbetracht einer potenziellen Schmerzhaftigkeit (HOEFLE und BLANCO 2001) stets unter Ausschaltung des Schmerzempfindens erfolgen.

Das verfrühte Entfernen von Fixationsmaßnahmen oder Implantaten kann sich als Abweichungen von der physiologischen Knochenachse (Patient Nr. 105), übermäßige Kallusbildung im Frakturbereich oder gar als erneuter Bruch (Patient Nr. 87) manifestieren, damit den klinischen Folgen einer nicht ausreichend stabilen Frakturversorgung entsprechen und unterstreicht die von COONEY und MUELLER (1994) durch eine nicht zeitgerechte Entfernung von Implantaten beschriebenen Risiken.

Die aktive Physiotherapie setzt zu jenem Zeitpunkt ein, da der Patient nach Abschluss orthopädischer bzw. chirurgischer Therapiemaßnahmen in entsprechend geräumigen Volieren eigenständig den Grad der Gebrauchsfähigkeit der verletzten Gliedmaße(n) beüben und dem Betreuer die Beurteilung der physischen Leistungsfähigkeit ermöglichen kann. Diese Phase der Rehabilitation wurde insbesondere bei den Greifvogelpatienten in der überwiegenden Zahl der Fälle von Pflegestationen übernommen, deren Leiter über eine falknerische Ausbildung verfügen. Die körperliche Unversehrtheit, ein optimaler Ernährungszustand und eine – sowohl in Bezug auf das Habitat, als auch die klimatischen Bedingungen – gesicherte Nahrungsgrundlage in der Umgebung der Auswilderungslagerung wurden dabei als wesentliche Grundvoraussetzung für eine aussichtsreiche Auswilderung erachtet. Darüber hinaus kann ein möglichst geschlossenes Gefieder einen wertvollen Beitrag zum Gelingen der Rehabilitation leisten, da eine großzügige Entfernung von Federn im Rahmen einer chirurgischen Frakturversorgung den erforderlichen Energieaufwand zur Thermoregulation erheblich beeinträchtigt und die Entfernung von Schwungfedern die Flugfähigkeit

beeinträchtigen und dadurch die den Zeitpunkt der Auswilderung erheblich verzögern kann (BROWN und LUEBBERT 2003).

Die Anwendung des von REDIG (1993) speziell für Greifvögel entwickelten Trainingsregimes, welches eine Standardisierung in Bezug auf Flugstrecke, Frequenz der Beübung, Beurteilung von Blutparametern zur Evaluierung der Leistungsfähigkeit (Hämatokrit, Serumeiweiß, Leukozytenzahl, Milchsäuregehalt) mit dem Ziel eine möglichst objektive Einschätzung der physischen Leistungsfähigkeit der betreffenden Vögel vornehmen zu können, war aufgrund der räumlichen und technischen Gegebenheiten nicht realisierbar. Ebenso war die telemetrische Überwachung der Tiere im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aus personellen Gründen und aufgrund der damit verbundenen Kosten nicht möglich. Dennoch konnte sich der Verfasser in mehreren Fällen und zum Teil über eine ununterbrochene Flugstrecke von einigen Kilometern unmittelbar nach der Freilassung vom Flugvermögen der ausgewilderten Patienten überzeugen.

5.10 Sonstige Ergebnisse

5.10.1 Osteomyelitis

Bezüglich der Häufigkeit des Auftretens von Osteomyelitiden im Kontext mit der Therapie von Frakturen finden sich in der Fachliteratur nur spärliche Angaben. Die Daten von KOCK (1983), der im Zusammenhang mit der Verwendung des modifizierten Fixateur externe bei 11 Wildvögeln 2 Fälle von Osteomyelitis verzeichnet und die wenig präzisen Angaben von NEWTON und ZEITLIN (1977) und von BENNETT (1997) schließen eine weitergehende Interpretation der Daten im Hinblick auf mögliche Gemeinsamkeiten oder Gesetzmäßigkeiten aus.

Osteomyelitiden traten im Verlauf der eigenen Untersuchungen bei 5 Patienten (entsprechend 6 % der therapierten Tiere) in Erscheinung. In Übereinstimmung mit Berichten von NEWTON und ZEITLIN (1977) und WITHROW (1982) waren klinisch keine Anzeichen einer Erkrankung festzustellen. Durch eine zeitlich engmaschig durchgeführte röntgenologische Kontrolle der Frakturheilung konnten die pathologischen Veränderungen jedoch bereits spätestens zwei Wochen nach Therapiebeginn diagnostiziert und dementsprechend rasch – in der akuten Phase des Geschehens – behandelt werden. Dies mag dazu beigetragen haben, dass in 2 von 5 Fällen weder eine verzögerte Frakturheilung, noch ein beträchtlicher Anstieg des Auftretens von Frakturkrankheiten (BENNETT, 1997) verzeichnet wurden. Die in Zusammenhang mit einer Fremdkörperreaktion aufgetretene Osteomyelitis bei dem mit Kunststoffimplantat und Knochenzement therapierten Patienten erwies sich demgegenüber als resistent bezüglich der eingeleiteten antibiotischen Behandlung mit mehreren Präparaten. Desgleichen berichten PUTNEY et al. (1983) im Zusammenhang

mit der experimentellen Verwendung von Knochenzement bei 10 Tieren von der Einkapselung der Implantate durch eine Zone fibrösen Gewebes, bestehend aus Entzündungszellen und einer Akkumulation von Fremdkörperriesenzellen. Die Autoren sahen jedoch keine Anhaltspunkte für eine dauerhafte Gewebealteration mit der potenziellen Bildung von Granulomen oder verkäsenden Arealen. Die Ursache für die ausbleibende Rückbildung der beschriebenen Gewebeveränderung bei dem Patienten der eigenen Untersuchungen bleibt indessen unklar, unterstreicht jedoch die Notwendigkeit einer regelmäßigen röntgenologischen Überwachung des Heilungsverlaufs.

Die vorzeitige Entfernung eines Implantats zur Vermeidung einer Beeinträchtigung des Heilungsvorgangs führte bei einem Patienten der vorliegenden Studie vier Tage darauf zu einer erneuten Zusammenhangstrennung des in Heilung befindlichen Kallusgewebes. Eine frühe Belastung des Frakturbereichs – zumal in Verbindung mit einer Schwächung der Knochenstruktur durch die entzündlichen Vorgänge – impliziert demnach in besonderem Maß das Risiko einer Überlastung des Kallusgewebes und ist kritisch zu beurteilen.

Von den an Osteomyelitis erkrankten Vögeln steht ein konservativ behandelter Patient mit offener Fraktur 4 mittels intramedullärer Fixationsmaßnahmen versorgten Wildvögeln gegenüber (3 Tiere mit offener und ein Patient mit gedeckter Fraktur). Dieser Sachverhalt scheint die von MARTIN und RITCHIE (1994), wie auch von BARONETZKY-MERCIER und SEIDEL (1995) geäußerte Befürchtung, eine derartige Frakturversorgung berge in besonderem Maß das Risiko der Entstehung einer Osteomyelitis, zu stützen. Demgegenüber deuten die beiden von KOCK (1983) klinisch belegten Fälle, bei denen die entzündlichen Knochenveränderungen im Zusammenhang mit der Frakturversorgung durch einen Fixateur externe auftraten, an, dass eine eindeutige Verbindung zwischen dem Auftreten der besagten Gewebeveränderung und einzelnen operativen Behandlungsmethoden – zumindest aufgrund der klinisch verfügbaren Daten – nicht möglich ist.

Im Gegensatz zu röntgenologischen Veränderungen, wie sie im Zusammenhang mit der Osteomyelitis bei aviärer Tuberkulose festgestellt werden (siehe Abbildung 60 im Anhang), manifestierten sich die entzündlichen Veränderungen bei den eigenen Patienten im Frühstadium der Erkrankung weniger als osteolytische Bereiche, sondern vielmehr als proliferative periostale Reaktionen, die sich entlang des Knochens ausbreiteten. MARTIN und RITCHIE (1994), wie auch BENNETT (1997) weisen darauf hin, dass es in einem frühen Stadium der Knochenheilung oft schwierig ist, zwischen periostalem Knochenkallus und einer Osteomyelitis zu unterscheiden, da beide röntgenologisch als periostale Proliferation und Sklerose mit erhöhter medullärer Knochendichte in Erscheinung treten. Allerdings bleibt nach eigenen Beobachtungen eine periostale Reaktion, wie sie im frühen Verlauf der Knochenheilung in Erscheinung tritt, auf eine vergleichsweise eng umschriebene Zone des

Frakturbereichs begrenzt, wohingegen die Erscheinungen im Gefolge einer Osteomyelitis eine deutliche Tendenz zur Ausbreitung über weite Bereiche des Knochens aufweisen. Die frühzeitig einsetzende antibiotische Behandlung der eigenen Patienten könnte für das Ausbleiben der in der Fachliteratur beschriebenen Bildung von Granulomen oder einer Ansammlung verkäsender, purulenter Massen (NEWTON und ZEITLIN 1977, MARTIN und RITCHIE 1994, HARCOURT-BROWN 1996) verantwortlich sein. Statt dessen bildeten sich die Veränderungen – mit Ausnahme des Patienten, dessen entzündliche Knochenveränderungen in einer Fremdkörperreaktion auf das intramedullär eingebrachte Polymethylmethacrylat des Knochenzements begründet waren – innerhalb von zwei Wochen vollständig zurück.

Der von MARTIN und RITCHIE (1994) zur Vermeidung von Osteomyelitiden geforderte Verzicht auf Implantate im Frakturbereich offener Brüche scheint angesichts der Ergebnisse der eigenen Untersuchung nicht gerechtfertigt, da sich unter den im Verlauf der vorliegenden Studie behandelten und ausgewilderten Wildvögeln 12 Tiere mit offenen Frakturen befanden, die mittels intramedullärer Fixationsmethoden versorgt wurden und keine diesbezüglichen Veränderungen aufwiesen. Darüber hinaus wurden vergleichbare Komplikationen von KOCK (1983) bei mittels Fixateur externe versorgten Frakturen beschrieben.

5.10.2 Tumore

Bei Wildvögeln werden Tumore ausgesprochen selten diagnostiziert. Ob dies aus einer geringen Inzidenz, der seltenen Erkennung der Erkrankung oder einer ausbleibenden Verbreitung um das Wissen solcher pathologischen Prozesse resultiert, ist ungewiss. Es steht zu vermuten, dass nur wenige betroffene Tiere in Menschenhand gelangen und die überwiegende Zahl an den Folgeerscheinungen der Krankheit verendet oder von Prädatoren erfasst wird. Von den in menschlicher Obhut gepflegten oder therapierten Wildvögeln dürfte zudem ein Teil der Tiere unerkannt den Folgeerscheinungen neoplastischer Erkrankungen erliegen, da nur eine vergleichsweise geringe Zahl dieser Patienten einer röntgenologischen Kontrolle oder gar postmortal einer sachkundig durchgeführten Sektion unterzogen wird. FORBES et al. (2000) konnten in einer aufwendig durchgeführten Recherche (Literaturrecherche, Versenden einer Anfrage per Fax, Post oder E-Mail bei Veterinären in Europa, Nordamerika, Nord- und Ostafrika sowie Asien und Australien, Veröffentlichung des Anliegens in veterinärmedizinischen und pathologischen Fachzeitschriften) 122 Tumore bei Vögeln der Ordnungen *Falconiformes* und *Strigiformes* ermitteln, wobei diese Recherche sich nicht auf Wildvögel beschränkte, sondern in Gefangenschaft gehaltene Tiere einschloss. Lediglich 6 dieser Tiere (3 Wildvögel, 3 Tiere in Privathaltung) waren an Tumoren des knöchernen Gewebes erkrankt; von diesen waren 3 bereits zuvor von KOSTKA et al. (1988) bzw. HEIDENREICH (1996) sowie HAHN et al. (1998) im Rahmen einer Publikation

beschrieben worden. Obgleich eine genetische Prädisposition aufgrund von Inzucht (LATIMER 1994) und die Exposition gegenüber potenziellen Karzinogenen (FORBES et al. 2000) bei in Gefangenschaft gehaltenen Tieren die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Neoplasien möglicherweise erhöhen, spielen solche Faktoren bei Tieren der freien Wildbahn eine zu vernachlässigende Rolle in der Karzinogenese.

Demzufolge wird die Diagnose von Tumoren bei Wildvögeln im allgemeinen, insbesondere aber solcher des Bewegungsapparates als Ursache für den Verlust der Wildbahntauglichkeit auch weiterhin ein seltenes Ereignis darstellen. Gleichwohl sollten derartige Veränderungen im Rahmen der klinischen Untersuchung und bei der Diagnosestellung Berücksichtigung finden.

5.11 Fazit

Abschließend zeigt sich, dass der Erfolg in der Frakturversorgung von Wildvögeln nicht notwendigerweise auf einfache Frakturen an wenigen Knochen beschränkt bleibt. Durch die vielfältigen Möglichkeiten der Osteosynthese und eine weitere Verbreitung der Inhalationsnarkose in der Vogelmedizin sind in den vergangenen drei Jahrzehnten die Aussichten auf eine erfolgreiche Behandlung auch komplizierter Frakturen erheblich gestiegen, sofern Weichteilgewebe oder Gelenke nicht irreversibel geschädigt sind. Wesentliche Faktoren, welche die Aussichten auf eine erfolgreiche Behandlung von Wildvogelpatienten entscheidend beeinflussen, finden sich im Alter der Frakturen zum Zeitpunkt der Vorstellung des Patienten, der Ätiologie des Frakturgeschehens und der Wundcharakteristik: ein bereits längere Zeit zurückliegendes Frakturgeschehen (> 1 Woche) – zumal in Verbindung mit einer offenen Fraktur – hat nur geringe Aussichten auf eine funktionelle Wiederherstellung des betroffenen Knochens. Auch Schussfrakturen sind aufgrund ihrer zumeist verheerenden Auswirkung auf die betroffenen Gewebe, die stets mit Zusammenhangstrennungen im Weichteilbereich und offenen Knochenbrüchen einhergehen, mit einer äußerst ungünstigen Prognose behaftet. Zudem können klimatische Bedingungen einen zusätzlichen Einfluss auf das Wundgeschehen nehmen (Myiasis).

Weiterhin kann konstatiert werden, dass im Rahmen der operativen Frakturbehandlung mittels kurzer intramedullärer Implantate (Kunststoffstifte, Kunststoffstifte in Verbindung mit Knochenzement) und des Fixateur externe der oftmals in den Vordergrund gestellten frühzeitigen Beübungsmöglichkeit der frakturierten Gliedmaße mit einem dadurch verbundenen Vorteil bei der Rehabilitation gegenüber der intramedullären Verwendung von Kirschner-Drähten in der Praxis nicht die herausragende Bedeutung zukommt, die ihr in einer Vielzahl von Lehrbüchern und Veröffentlichungen ohne klinischen Hintergrund zugeschrieben wird. Die konservative Behandlung erwies sich insbesondere bei der Versorgung von Frakturen des Schultergürtels, singulären Radius- oder Ulnafrakturen, sowie

DISKUSSION

bei Brüchen von Wirbelsäule und Becken als eine leistungsfähige Therapieform mit beachtlichem Potenzial bei vergleichsweise geringem Aufwand und überschaubaren Risiken. Die in zeitlich angemessenen Intervallen von 7 Tagen erfolgende Durchführung von Röntgenkontrolluntersuchungen bietet die Möglichkeit, bei Komplikationen im Zusammenhang mit der Frakturheilung rechtzeitig Gegenmaßnahmen zu ergreifen oder bei Prozessen mit infauster Prognose die Behandlung vorzeitig zu beenden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Thomas J. Herrmann

Klinische Untersuchungen zum Frakturgeschehen bei einheimischen Wildvögeln unter besonderer Berücksichtigung konservativer und operativer Therapiemaßnahmen

Klinik für Vögel und Reptilien, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Eingereicht im Januar 2008

143 Seiten, 63 Abbildungen, 18 Tabellen, 151 Literaturangaben, Anhang

Schlüsselwörter: Wildvögel, Frakturen, Therapie

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die in der Fachliteratur am häufigsten beschriebenen Formen der aviären Frakturtherapie anhand von 147 Wildvogelpatienten mit 237 gebrochenen Knochen im Hinblick auf ihre Einsatzmöglichkeiten, den Stellenwert, sowie auf Vorteile und Risiken der jeweiligen Methoden überprüft und die in der Literatur getroffenen Aussagen den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen gegenübergestellt. Weiterhin wurden die publizierten Informationen bezüglich therapiebegleitender Maßnahmen einer kritischen Prüfung unterzogen und um die eigenen Erkenntnisse ergänzt.

Rund 55 % der therapierten Wildvögel konnten nach Abschluß der klinischen Versorgung ausgewildert werden, wobei die therapeutische Erfolgsquote von Patienten mit frischen Frakturen und denjenigen, deren Frakturereignis wenige Tage zurücklag nur unwesentlich differierte. Demgegenüber wiesen Tiere mit älteren oder bereits in Heilung befindlichen Knochenbrüchen eine schlechte Prognose auf.

Fast 27 % der Vögel verstarben während der Behandlung an den Folgen ihres Traumas oder einer Begleiterkrankung, etwas mehr als 13 % wurden aufgrund eines unbefriedigenden Heilungsverlaufs oder Therapieversagens euthanasiert und in etwa 5 % der Fälle reichte das erzielte Ergebnis zur Wiedereingliederung in die freie Wildbahn nicht aus.

Von den untersuchten Therapiemethoden erwies sich lediglich die intramedulläre Versorgung mittels kurzer Polyacrylstäbe nach der „Shuttle-Pin“-Methode sowie die Kombination dieser Implantate mit Knochenzement bei Patienten unter 300 g Körpergewicht als problematisch. Bei einem der auf diese Weise behandelten Patienten wurde zudem eine therapieresistente Osteomyelitis als Folge einer Fremdkörperreaktion auf das eingebrachte Material dokumentiert. Positive Erfahrung konnte in zwei Fällen mit der Verwendung eines die Markhöhle weitestgehend ausfüllenden Polyacrylstabes bei ausgedehnten Splitterfrakturen gesammelt werden – eine bislang nicht beschriebene Variante bei der Versorgung mit Markraumimplantaten.

ZUSAMMENFASSUNG

Sowohl die Therapie der geschädigten Knochen mit einem modifizierten Fixateur externe bei geeigneter Frakturcharakteristik, als auch die Markraumnagelung mit Kirschner-Drähten erbrachten zumeist die angestrebten Ergebnisse. Der in der Literatur häufig betonte Vorteil kurzer intramedullärer Implantate, wie auch des Fixateur externe gegenüber einer Markraumnagelung mit Stahlstiften aufgrund einer früheren Beübungsfähigkeit der verletzten Gliedmaße konnte anhand der eigenen Ergebnisse nicht bestätigt werden. Klinische Vorteile infolge einer ungehinderten endostalen Kallusbildung bei Verwendung des Fixateur externe im Vergleich zu intramedullären Implantaten waren nicht zu ermitteln. Die Zeitdauer bis zur Auswilderung der Patienten war in der überwiegenden Zahl der Fälle weniger von der Therapieform, als vielmehr von Frakturausmaß und -lokalisierung bestimmt.

Die Ergebnisse der konservativen Behandlung waren – eine entsprechende Eignung der Fraktur für das Verfahren vorausgesetzt – bei vergleichsweise geringem Risiko den operativen Methoden zumindest ebenbürtig.

Für eine chirurgische Versorgung von Schultergürtelfrakturen ergab sich keine zwingende Indikation; selbst hochgradig dislozierte Coracoidfrakturen konnten mittels konservativer Behandlung funktionell wieder hergestellt werden.

Die röntgenologische Kontrolluntersuchung in siebentägigen Intervallen während der ersten 3 Behandlungswochen bewährte sich dabei im Hinblick auf das zeitnahe Befunden von Therapiezwischenfällen, ausbleibenden Therapieerfolgen und insbesondere zur frühzeitigen Diagnose entzündlicher Knochenveränderungen.

7 SUMMARY

Thomas J. Herrmann

Clinical studies concerning fracture events in native wild birds with special consideration to conservative and surgical therapy

Clinic for Birds and Reptiles, Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig

Submitted in January 2008

143 pages, 63 figures, 18 tables, 151 references, appendix

Keywords: wild birds, fractures, therapy

This study examined the methods of avian fracture therapy most commonly described in scientific literature in regard to their usability, their significance/value as well as their advantages and risks. For this purpose 147 wild birds with 237 fractured bones were treated with different methods, depending on the type of fracture. The results were compared to relevant statements found in specialist literature. In addition, published information about supportive treatment was analysed and supplemented with specific additional findings.

It was possible to release about 55% of the treated wild birds back into the wild after therapy. The rate of success in therapy showed little difference between patients with fresh fractures and those with fractures that had occurred a few days previously. In contrast to this, animals with older fractures or fractures that were already in an advanced stage of untreated healing process showed a poor prognosis.

Almost 27% of the birds died during therapy as a consequence of the initial trauma or accompanying diseases, a little more than 13% had to be euthanized because of an unsatisfactory healing process or failure of fracture repair and in about 5% of the cases the results were not sufficient for rehabilitation into the wild.

Among the examined methods of therapy only intramedullary application of short polyacryl rods with the shuttle pin technique and the combination of these implants with bone cement in patients with a body-weight below 300g showed unsatisfactory results. One patient treated by this method developed a therapy-resistant osteomyelitis as a consequence of a foreign-body reaction. Positive results were achieved in two cases with the use of a polyacryl rod filling most of the bone cavity in extended comminuted fractures – a variation of internal fixation not previously described.

Treatment with a modified external fixator as well as intramedullary fixation with Kirschner wires resulted in the required outcome in most cases whereas unimpaired endosteal callus

SUMMARY

formation, often associated with the use of an external fixator, did not result in clinical advantages. Trials did not confirm an earlier return to function by the use of short intramedullary implants or of the external fixator compared to internal fixation with intramedullary pins, which is often emphasised in scientific literature. In most cases duration of hospitalisation and of captivity depended on the extent and site of bone injury rather than on method of therapy.

Results of conservative treatment and surgery were similar in terms of low risk – as long as the method of therapy matched the type of fracture.

There was no requirement for surgical therapy of fractures of the shoulder girdle. Even severely dislocated fractures of the coracoid returned to normal function through conservative treatment.

Weekly radiological examination at intervals of seven days during the first three weeks of therapy proved essential to identify early complications in the healing of the fracture, failure in the healing process, or, in particular, early diagnosis of osteomyelitis.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Ackermann J, Porter S. Femoral head ostectomy in a Red-Shouldered Hawk (*Buteo lineatus*). J Avian Med Sur 1995; 9 (2):127-30.

Altman RB. Disorders of the skeletal system. In: Petrak ML, editor. Diseases of Cage and Aviary Birds. 2nd ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1982:382-94.

Arus A. A technique for the immobilization of bird legs with light weighted splints from aluminium cans. Proceedings of the European Conference on Avian Medicine and Surgery; 1993; Utrecht. p. 70-4.

Baronetzky-Mercier A, Seidel B. Greifvögel und Eulen. In: Göltenboth R, Klös HG, editors. Krankheiten der Zoo- u. Wildtiere. Berlin: Blackwell Wissenschaftsverlag; 1995. p. 459-61.

Baumel JJ. Osteologia. In: Baumel JJ, editor. Nomina anatomica avium. London: Academic Press Ltd.; 1979. p. 53-121.

Bennett RA, Yeager M, Trapp A. Tissue reaction to five suture materials in pigeons (*Columba livia*). Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1992; New Orleans. p. 212-8.

Bennett RA. Surgical considerations. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR, editors. Avian medicine: Principles and Application. Lake Worth: Wingers Publishing; 1994. p. 1081-95.

Bennett RA. Review of orthopedic surgery. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1995; Philadelphia. p. 291-6.

Bennett RA. Orthopedic surgery. In: Altman RB, Clubb SL, Dorrestein GM, Quesenberry KE, editors. Avian Medicine and Surgery. Philadelphia: WB Saunders Company; 1997. p. 733-66.

Bezzel E, Prinzinger R. Ornithologie. Stuttgart: UTB Verlag; 1990.

Blass CE. Orthopedics. In: Burr EW, editor. Companion bird medicine. Ames: Iowa State University Press; 1987. p. 155-65.

LITERATURVERZEICHNIS

- Borman ER, Putney DL. Repair of a wing fracture with methyl methacrylate bone cement. VM and SAC. 1978;73:794.
- Borman ER, Putney DL, Jessup D. Use of acrylic bone cement in avian orthopedics. J Am Anim Hosp Assoc. 1978;14:602-4.
- Brinker WO, Hohn RB, Prieur WD. Manual of internal fixation in small animals. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1984.
- Brinker WO, Piermattei DL, Flo GL. Orthopädie und Frakturbehandlung beim Kleintier. Stuttgart: Schattauer Verlag; 1993.
- Brown CS, Luebbert J. Wild bird rehabilitation for the practicing veterinarian. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 2003; Pittsburgh. p. 277-84.
- Bush M. Avian Orthopedics. Annual Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians; 1974; Atlanta. p. 111-3.
- Bush M, James AE. Some considerations of practice of orthopedics in exotic animals. J Am Anim Hosp Assoc. 1975;11:587-94.
- Bush M, Montali RJ, Novak GR, James AE. The healing of avian fractures: A histological xeroradiographic study. J Am Anim Hosp Assoc. 1976; 12:768-73.
- Bush M. External fixation of avian fractures. JAVMA. 1977;171:943-6.
- Bush M. Avian fracture repair using external fixation. In: Cooper JE, Greenwood AG, editors. Recent Advances in the Study of Raptor Diseases. Keighley: Chiron Publications Ltd.; 1981. p. 83-93.
- Bush M. External fixation to repair long bone fractures in larger birds. In: Kirk RW, editor. Current Veterinary Therapy VIII, Small Animal Practice. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1983. p. 630-3.
- Bush M. Laparoscopy and surgery. In: Fowler M, editor. Zoo and wild animal medicine. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1986. p. 254-61.

LITERATURVERZEICHNIS

Cannon CA. Non-surgical fracture repair. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1995; Philadelphia. p. 491-8.

Carmichael S. The external fixator in small animal orthopedics. J Small Anim Pract. 1991;32:486-93.

Chaffee VM. Sequela to intramedullary fixation of the humerus in an osprey. VM and SAC. 1973;68:892-4.

Chin SC, Lin AC. The internal pin in bone cement applied to pigeon`s humeral fracture fixation. Memoirs of the College of Agriculture, National Taiwan University. 1989;29 (2):145-64.

Christen C, Fischer I, von Rechenberg B, Flückiger M, Hatt JM. Evaluation of a maxillofacial miniplate compact 1.0 for stabilization of the ulna in experimentally induced ulnar and radial fractures in pigeons (*Columba livia*). J Avian Med Surg. 2005; 19(3):185-90.

Coles BH. Innere Medizin und Chirurgie bei Vögeln. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; 1988. p. 163-83.

Coles BH. Wing problems. In: Benyon PH, Forbes NA, Lawton PC, editors. Manual of Psittacine Birds. Ames: Iowa State University Press; 1996. p. 134-46.

Coles BH. Avian medicine and surgery. Oxford, London: Blackwell Science Ltd.; 1997. p. 173-94.

Conzemius T, Kopf N. Treatment of fractures in wild birds: Indications and possibilities. Proceedings of the European Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1991; Wien. p. 118-23.

Conzemius T. Beitrag zur Frakturbehandlung der Schwinge bei wildlebenden Greifvögeln und Eulen [Dissertation med. vet]. Wien: Univ. Wien; 1995.

Cooney J, Mueller L. Postoperative management of the avian orthopedic patient. In: Fudge, AM, Redig P, editors. Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine, Vol. 3. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1994. p. 100-7.

LITERATURVERZEICHNIS

Cruz JJ, Falceto MV, Cruz AM, Atares M. Humeral external fixation in raptors. Proceedings of the European Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1991; Wien. p. 125-30.

Degernes LA, Lind PJ. Methyl methacrylate bone cement in avian orthopedics. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1989; Seattle. p. 268-73.

Degernes LA, Lind PJ, Olson DE, Redig PT. Evaluating avian fractures for use of methyl methacrylate orthopedic technique. *J Avian Med Surg.* 1989;3:64-7.

Degernes LA, Lind PJ, Redig PT. Raptor orthopedics using methyl methacrylate and polypropylene rods. In: Redig PT, Cooper JE, Remple JD, Homer DB, editors. *Raptor Biomedicine*. Keighley: Chiron Publications Ltd.; 1993. p. 122-7.

Degernes LA, Roe, S, Abrams CF jr. Holding power of different pin designs and pin insertion methods in avian cortical bone. *Vet Surg.* 1998; 27(4):301-6.

Denny H. *Orthopädische Chirurgie am Hund*. Stuttgart: Enke Verlag; 1983.

Elkins AD, Herron MR. Management of avian fractures -1: Anesthetic and intraoperative considerations. *VM and SAC.* 1982;77:587-91.

Elkins AD, Blass CE. Management of avian fractures -2: Pins and wires. *VM and SAC.* 1982;77:825-8.

Ferrell ST, Graham JE, Swaim SF. Avian wound healing and management. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 2002; Monterrey. p. 337-46.

Forbes NA, Cooper JE, Higgins RJ. Neoplasms of birds of prey. In: Lumeij JT, Remple JD, Redig PT, Lierz M, Cooper JE, editors. *Raptor Biomedicine III*. Lake Worth, Florida: Zoological Education Network; 2000. p. 127-45.

Forbes NA. Avian orthopedics. *Veterinary Q;* 1998; 20 Suppl 1:69-70.

Fowler ME. Ossification of the long bones in raptors. In: Cooper JE, Greenwood AG, editors. *Recent Advances in the Study of Raptor Diseases*. Keighley: Chiron Publications Ltd.; 1981. p. 75-82.

Ganter M. Untersuchungen zur Narkose mit Ketamin-HCl, Xylazin, Diazepam, Clomazepam und Pentobarbital-Na bei Tauben [Dissertation med. vet]. Hannover: TiHo. Hannover; 1986.

Garcia-Gramser A, Rodriguez-Quiros J, Benito de la Vibora J, Villaverde-Morcillo S, SanRoman F. Treatment of fractures in birds by intramedullary pin-external skeletal fixator tie-in technique: a review of 34 cases. Proceedings of the European Conference on Avian Medicine and Surgery; 2003; Tenerife. p. 353-7.

Gill BJ. Healed long-bone fractures in wild birds. New Zeal Vet J 1988;36:95-6.

Glünder G, Siegmann O, Heffels-Redmann U, Friedrichs M, Hinz KH, Heidmann W. Untersuchungsbefunde von in der Wildbahn verendeten Greifvögeln und Eulen. 5. DVG-Tagung über Vogelkrankheiten; 1986; München. p. 178-86.

Gregory NG, Wilkins LJ. Broken bones in the common pigeon. Vet Rec 1991;128-154.

Grimm F, Jakoby J. Krankheiten bei Patienten der Klinik des Lehrstuhls für Krankheiten des Hausgeflügels, der Zier- und Zoovögel München im Jahre 1976. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 1977;90:123-5.

Grimm F. Unterschenkelfrakturen des Greifvogels und deren Behandlungsmöglichkeiten. Der Praktische Tierarzt 1978;59:684-6.

Grimm F. Experimentelle Untersuchungen zur aviären Wundheilung an osteotomierten und frakturierten Tibiotarsen bei Verwendung eines „Fixateur externe“ [Habilschr. vet. Med]. München: Univ. München; 1988.

Grimm F. Fracture healing in predatory birds, with special consideration given to a modified external fixator. In: Redig PT, Cooper JE, Remple JD, Homer DB, editors. Raptor Biomedicine. Raptor Biomedicine. Keighley: Chiron Publications Ltd.; 1993. p. 136-40.

Grimm F, Siebels W. Perkutane Osteosynthese beim Vogel mit optimierten "Fixateur externe". 5. DVG-Tagung über Vogelkrankheiten; 1986; München. p. 213-6.

Grimm F, Rübel A. Greifvögel: Gliedmaßen/Diverses. Schnepfe/Greifvögel: Abnorme Röntgenbefunde/Diverses. In: Rübel GA, Isenbügel E, Wolverkamp P, editors. Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren. Hannover: Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei; 1991. p. 148-53.

Gylstorff I, Grimm F. Vogelkrankheiten. Stuttgart: Ulmer Verlag; 1998. p. 516-27.

LITERATURVERZEICHNIS

Haas D, Trah, M. Knochenzement in der Vogelorthopädie - Ein Beitrag zur operativen Frakturversorgung bei größeren Vögeln (Fallberichte). *Kleintierpraxis* 1988;33:179-82.

Hahn KA, Jones MP, Peterson MG, Patterson MM. Clinical and pathological characterization of an osteoma in a barred owl. *Avian Pathology* 1998;27:306-8.

Harcourt-Brown NH. Foot and leg problems. In: Benyon PH, Forbes NA, Harcourt-Brown NH, editors. *Manual of Raptors, Pigeons and Waterfowl*. Ames: Iowa State University Press; 1996. p. 147-59.

Harcourt-Brown NH. Orthopedic conditions that affect the avian pelvic limb. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2002. Jan;5(1):49-81.

Hatt JM, Baumgartner R, Isenbügel E. Diagnostik und medizinische Betreuung von Greifvögeln in einer Zusammenstellung der Fälle von 1985-1994. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 1996; 138:434-40.

Hatt JM, Christen C, Sandmeier P. Clinical application of an external fixator in the repair of bone fractures in 28 birds. *Vet Rec* 2007. 160(6):188-94.

Heard DJ. Anaesthesia and analgesia. In: Altman RB, Clubb SL, Dorrestein GM, Quesenberry KE, editors. *Avian Medicine and Surgery*. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1997. p. 807-27.

Heidenreich M. Greifvögel: Krankheiten, Haltung, Zucht. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschaftsverlag; 1996. p. 212-5.

Helmer P, Redig PT: Surgical resolution of orthopedic disorders. In: Harrison GJ, Lightfoot TL, editors. *Clinical Avian Medicine*. Palm Beach Florida: Spix Publishing; 2006; p. 761-73.

Hess RE. Management of orthopedic problems of the avian pelvic limb. In: Fudge, AM, Redig P, editors. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, Vol. 3. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1994. p. 63-72.

Hoefle U, Blanco JM. Greifvogelrehabilitation. In: Krone O, Müller K. 1. Berliner Greifvogelseminar; 2001; Berlin. p. 75-83.

Holz PH. Coracoid fractures in wild birds: repair and outcomes. *Aust Vet J* 2003. 81(8):469-71.

LITERATURVERZEICHNIS

Howard PE. The use of bone plates in the repair of avian fractures. *J Am Anim Hosp Assoc* 1990;26:613-22.

Howard DJ, Redig PT. Analysis of avian fracture repairs: Implications for captive and wild birds. *Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians*; 1993; Nashville. p. 78-83.

Howard DJ, Redig PT. Orthopedics of the wing. In: Fudge, AM, Redig P, editors. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, Vol. 3. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1994. p. 51-61.

Hummel G. *Anatomie und Physiologie der Vögel*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer; 2000.

Isenbügel E. Medizinische Betreuung und Auswilderung verunfallter Greifvögel. *DVG-Tagung Fachgr. Kleintierkrankheiten*; 1988; Mannheim. p. 6-32.

Jakoby JR, Kösters J. Voraussetzung zur Wiederauswilderung von rehabilitierten Wildvogelpatienten. *Tierärztliche Praxis* 1990;18:503-5.

James AE, Montali RJ, Novak GR, Bush M. The use of xeroradiographic imaging to evaluate fracture repair in avian species. *Skeletal Radiology* 1978;2:161-8.

King AS, McLelland J. *Form and function in birds*. London: Academic Press; 1989.

Kirchner S. Beitrag zum röntgenologischen Nachweis der Ossifikation des Skeletts der jungen Brieftaube (*Columba livia forma domestica*) [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 1991.

Koc B, Alkan B, Gützel N. Repair of wild avian fractures of extremities through operation. *Veteriner Hekimler Dernegi Dergisi* 1989;59:90-8.

Kock MD. The use of a modified Kirschner-Ehmer apparatus in avian fracture repair. *J Small Anim Pract* 1983;221:383-90.

Kohler W. Auswertung veterinärmedizinischer Befunde bei Wildvögeln - erhoben im Rahmen des vom Lande Niedersachsen geförderten Programmes: „Wissenschaftliche Untersuchung über die Auswirkung von Schafstoffen auf die Vogelwelt Niedersachsens.“ [Dissertation med. vet]. Hannover: TiHo. Hannover; 1992.

LITERATURVERZEICHNIS

König HE, Liebich HG. Anatomie und Propädeutik des Geflügels. Stuttgart: Schattauer Verlag; 2001.

Kostka V, Krautwald ME, Tellhelm B, Schildger B. A contribution to radiographic examination of bone alterations in psittacines, birds of prey and pigeons. Proceedings of the Association of Avian Veterinarians; 1988; Houston. p 37-59.

Kostka V. Röntgenologische Untersuchungen am Rumpf- und Gliedmaßenskelett von Zier- und Wildvögeln: anatomische, physiologische und pathologische Befunde. [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 1992.

Krautwald ME, Tellhelm B, Hummel G, Kostka V, Kaleta EF. Atlas zur Röntgenanatomie und Röntgendiagnostik der Ziervögel. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey; 1992.

Krone O, Langgemach T, Sömmer P, Kenntner N. Causes of mortality in White-tailed Sea Eagles from Germany. In: Helander B, Marquiss M, Bowerman W, editors. Sea Eagle 2000. Proc. Swedish Soc. For Nat. Conserv./SNF. Stockholm, Schweden: SNF; 2003. p 211-8.

Küntsch G. Die Behandlung von Knochenbrüchen bei Tieren durch Marknagelung. Arch Wiss Prakt Tierheilk 1940; 75:262-75.

Kuzma A, Hunter B. Avian fracture repair using intramedullary bone cement and plate fixation. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1989; Seattle. p. 177-81.

Kuzma A, Hunter B. A new technique for avian fracture repair using intramedullary polymethylmethacrylate and bone plate fixation. J Am Anim Hosp Assoc 1991;27:239-48.

Latimer KS. Oncology. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR, editors. Avian medicine: Principles and Application. Lake Worth: Wingers Publishing; 1994. p. 640-672.

Lierz M. Investigations of free-ranging raptors discovered injured or debilitated in Germany. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 2000, Portland. p. 139-41.

Levitt L. Avian orthopedics. Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian 1989;11:899-929.

LITERATURVERZEICHNIS

Lind PJ, Gushwa DA, Vanek JA. Fracture repair in two owls using polypropylene rods and acrylic bone cement. *AAV Today* 1988;2:128-132.

Lind PJ, Degernes LA, Olson DE, Redig PT. Bone cement/polypropylene rod orthopedic technique. *J Avian Med Surg* 1989;3:203-5.

Mathews KG, Wallace LJ, Redig PT, Bechtold JE, Pool RR, King VL. Avian fracture healing following repair with intramedullary biodegradable rods and cyanoacrylate adhesive vs. polypropylene rods and polymethylmethacrylate. *Vet Comp Orth Trauma* 1994;4:158-169.

McCluggage DM. Fracture repair in the avian patient. *Proceedings of the European Conference on Avian Medicine and Surgery*; 1993; Utrecht. p. 61-9.

McCluggage DM. The application of splints, bandages and collars. *Proceedings of the European Conference on Avian Medicine and Surgery*; 1993; Utrecht. p. 75-85.

MacCoy DM. Management of avian fractures using Kirschner-Ehmer half- and full-pin splints. *Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians*; 1982; Atlanta. p. 148-52.

MacCoy DM. High density polymer rods as an intramedullary fixation device in birds. *J Am Anim Hosp Assoc* 1983;19:767-72.

MacCoy DM. Techniques of fracture treatment in birds and their indications: External and internal fixation. *Proceedings of the 1st International Conference on Zoological and Avian Medicine*; 1987; Oahu. p. 549-63.

MacCoy DM, Redig PT. Surgical approaches to and repair of wing fractures. *Proceedings of the 1st International Conference on Zoological and Avian Medicine*; 1987; Oahu. p. 564-77.

MacCoy DM. Orthopedic surgery. In: Roskopf WJ, Woerpel R, editors. *Diseases of Cage and Aviary Birds*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 722-38.

Marlow JB, Seibels RE. A technique for repairing fractures in birds. *VM and SAC* 1981;76:742-4.

Martin HD, Bruecker KA, Herrick DD, Scherpelz J. Elbow luxation in raptors: A review of eight cases. In: Redig PT, Cooper JE, Remple JD, Homer DB, editors. *Raptor Biomedicine*. Keighley: Chiron Publications Ltd; 1993. p. 199-206.

LITERATURVERZEICHNIS

Martin HD, Ritchie BW. Orthopedic surgical techniques. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR, editors. Avian medicine: Principles and Application. Lake Worth: Wingers Publishing; 1994. p. 1137-69.

Mathews KG, Wallace LJ, Redig PT, Bechtold JE, Pool RR, King VL. Avian fracture healing following stabilization with intramedullary polyglycolic acid rods and cyanoacrylate adhesive versus polypropylene rods and polymethylmethacrylate. VCOT 1994; 7:158-69.

Meiners M. Frakturversorgung der Beckengliedmaße beim Vogel mittels Kombinations-Osteosynthese mit Fixateur externe und integriertem Marknagel (External Skeletal Fixator Intramedullary-Pin "tie-in"). [Dissertation med. vet]. München: Univ. München; 2007.

Montali RJ, Bush M. Avian fracture repair, radiographic and histopathologic correlation. Annual Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians; 1975; San Diego. p. 150-4.

Newton CD, Zeitlin S. Avian fracture healing. J Am Vet Med Assoc 1977;170:620-5.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Vollmerhaus B. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 1. Bewegungsapparat. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey; 2003.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Vollmerhaus B. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 5. Anatomie der Vögel. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey; 2004.

Orosz SE, Ensley PK, Haynes CJ Avian surgical anatomy: thoracic and pelvic limbs. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1992.

Orosz SE. Clinical considerations of the thoracic limb. The Veterinary Clinics of North America/Exotic Animal Practice 2002. Jan;5(1):183-212.

Paddleford RR, Erhard W. Anästhesie bei Kleintieren. Stuttgart, New York: Schattauer Verlag; 1992. p. 334-5.

Passi N, Gefen A. Trabecular bone contributes to strength of the proximal femur under mediolateral impact in the avian. J Biomech Eng 2005;127(1):198-203.

Porter SL. Vehicular trauma in owls. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians; 1990; Phoenix. p. 164-70.

LITERATURVERZEICHNIS

- Putney DL, Borman ER, Lohse CL. Methylmethacrylate fixation of avian humeral fractures: a radiographic histologic study. *J Am Anim Hosp Assoc* 1983;19:773-82.
- Redig PT. A clinical review of orthopedic techniques for use in raptor rehabilitation. In: M Fowler, editor. *Zoo and wild animal medicine*. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1986a. p. 388-402.
- Redig PT. Evaluation and nonsurgical management of fractures. In: Harrison GJ, Harrison LR, editors. *Clinical avian medicine and surgery*. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1986b. p. 380-94.
- Redig PT. Basic orthopedic surgical techniques. In: Harrison GJ, Harrison LR, editors. *Clinical avian medicine and surgery*. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1986c. p. 596-8.
- Redig PT, Howard D, Talbot B. Of pins, wires, bone cement and hexelite for the repair of avian fractures. *AAV Manual of Avian Laboratory Procedures*; 1992. p. 35-42.
- Redig PT. Methods of evaluating the readiness of rehabilitated raptors for release. *Raptor rehabilitation notes*. The Raptor Center of Minnesota; 1993. p. 157-160.
- Redig, P. T. Decision-making in avian orthopedics. *Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians*; 1998; St. Paul. p. 253-63.
- Redig PT. The use of an external skeletal fixator-intramedullary pin tie-in (ESF-IM Fixator) for treatment of longbone fractures in raptors. In: Lumeij JT, Remple JD, Redig PT, Lierz M, Cooper JE, editors. *Raptor Biomedicine III*. Lake Worth, Florida: Zoological Education Network.; 2000a. p. 239-53.
- Redig PT. Fractures. In: Samour J, editor. *Avian Medicine*. London: Mosby; 2000b. p 131-65.
- Redig PT. Effective methods for management of avian fractures and other orthopaedic problems. *Proceedings of the 6th European AAV-DVG Conference 2001*; Munich. p. 26-42.
- Redig PT. Orthopedic principles and methods for the humerus, antebrachium, femur and tibiotarsus of birds. *Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians 2003*; Pittsburgh. p. 285-95.

LITERATURVERZEICHNIS

Reinarz G. Untersuchungen über die Todesursachen freilebender Greifvögel und Eulen in Hessen unter besonderer Berücksichtigung parasitologischer, mykologischer und virologischer Befunde [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 1999.

Roth, AJ, Jones GS, French TW. Incidence of naturally-healed fractures in the pectoral bones of North American Accipiters. *Journal of Raptor Research* 2002; 36:229-30.

Rowley J, Pshyk BW. Repair of a fractured humerus in a red-tailed hawk. *VM and SAC* 1981;76:1180-2.

Rowley J, Pshyk BW. Use of a fluoropolymer plastic intramedullary pin to repair a fractured humerus in a hawk. *VM and SAC* 1982;77:1395-6.

Rübel GA. Greifvögel: Stammskelett/Gliedmaßenskelett. In: Rübel GA, Isenbügel E, Wolverkamp P, editors. *Atlas der Röntgendiagnostik bei Heimtieren*. Hannover: Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei; 1991. p. 142-5.

Salomon FV. *Lehrbuch der Geflügelanatomie*. Jena, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; 1993.

Satterfield WC, O'Rourke K. External skeletal fixation in avian orthopedics using a modified through-and-through Kirschner-Ehmer splint technique (The Boston Technique). *J Am Anim Hosp Assoc* 1981;17:635-7.

Schebitz H, Brass W. *Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende*. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey; 1975.

Schuster S. Untersuchungen zu Häufigkeit, Lokalisation und Art von Frakturen beim Vogel [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 1996.

Scott CD. Intramedullary fixation of a fractured humerus in a wild owl. *Can Vet J* 1968;9:98-9.

Schwarze E, Schröder L. *Kompendium der Geflügelanatomie*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; 1985.

Simpson GN. Wing problems. In: Benyon PH, Forbes NA, Harcourt-Brown NH, editors. *Manual of Raptors, Pigeons and Waterfowl*. Ames: Iowa State University Press; 1996. p. 169-79.

LITERATURVERZEICHNIS

Simpson VR. Cause of mortality and pathological conditions observed in Common Buzzards (*Buteo buteo*) in Cornwall, England. Proceedings of the European Conference on Avian Medicine and Surgery; 1993; Utrecht. p. 423-40.

Sinn LC. Anaesthesiology. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR, editors. Avian medicine: Principles and Application. Lake Worth: Wingers Publishing; 1994. p. 1066-80.

Souza MJ, Fields EL, Degernes LA. Thoracic and pelvic limb fracture and luxation management in raptors: a five year retrospective study. Journal of Wildlife Rehabilitation 2004;27(3-4):5-13.

Spink RR. Fracture repair in rehabilitation of raptors. VM and SAC 1978;73:1451-5.

Taylor TG, Simkiss K, Stringer DA. The skeleton: Its structure and metabolism. In: Bell and Freeman, editors. Physiology and biochemistry of the domestic fowl. Vol. 2. London, New York: Academic Press; 1971. p 621-640.

Tiemeier OW. Repaired bone injuries in birds. The Auk 1941;58:350-9.

Trah M, Wrieg HH. Operative Frakturversorgung bei Kleinvögeln. Kleintierpraxis 1984;29:133-42.

Villforth YM. Krankheiten und Todesursachen von Greifvögeln und Eulen [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 1995.

West PG, Rowland GR, Budsberg SC, Aron, DN. Histomorphometric and angiographic analysis of the humerus in pigeons. AJVR 1996a;57:982-6.

West PG, Rowland GR, Budsberg SC, Aron, DN. Histomorphometric and angiographic analysis of bone healing in the humerus of pigeons. AJVR 1996b;57:1010-5.

Westfall ML, Egger EL. The management of long bone fractures in birds. Iowa State Veterinarian 1979;41(2):81-7.

Wingfield WE, Deyoung DW. Anesthetic and surgical management of eagles with orthopedic difficulties. VM and SAC 1971;67:991-3.

Withrow SJ. General principals of fracture repair in raptors. The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian 1982;4:116-21.

LITERATURVERZEICHNIS

Zedler W, Saleh M. Über die Heilung von Knochenbrüchen der Vögel. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 1965;78:249-54.

Zürn FA. Die Krankheiten des Hausgeflügels. Weimar: Verlag Bernhard Friedrich Voigt; 1882. p. 215-219.

9 ANHANG

Tabelle 14: Übersicht über die Angaben verschiedener Autoren zur Frakturverteilung bei Wildvögeln im Hinblick auf die Frakturlokalisation, gemessen in Prozent an der Gesamtzahl aufgetretener Frakturen

Autor	REDIG (1986a)	HOWARD und REDIG (1993)	CONZEMIUS und KOPF (1991)	ISENBÜGEL (1988)	SCHUSTER (1996)	HATT et al. (1996)	HERRMANN (2008)
Frakturen	n = 210	n = 731	n = 55	n = 116	n = 429	n = 263	n = 237
Humerus	32,9 %	28,2 %	25,5 %	25,0 %	25,9 %	32,3 %	19,8 %
Radius		18,2 %			15,4 %		18,2 %
Ulna		26,3 %			22,6 %		24,1 %
Radius/Ulna (zus.)	35,2 %		40,0 %	48,3 %		22,8 %	
Metacarpus	10,0 %	9,8 %	9,1 %	6,0 %	10,0 %	15,6 %	11,8 %
Scapula	-	-	1,8 %	-		2,3 %	1,3 %
Coracoid	3,3 %	3,8 %	-	-		4,9 %	6,3 %
Femur	2,4 %	3,7 %	1,8 %	5,2 %	6,5 %	6,9 %	4,6 %
Tibiotarsus	12,9 %	7,0 %	12,7 %	9,5 %	15,2 %	10,7 %	5,5 %
Tarsometatarsus	3,3 %	3,0 %	9,1 %	3,4 %	4,4 %	1,1 %	4,2 %
Sonstige	-	-	-	2,6 %		3,4 %	4,2 %
Gesamt	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

n = Anzahl untersuchter Frakturen

Tabelle 15: Angaben zur klinischen Verlaufskontrolle von Frakturen bei Wildvögeln in der Literatur

Autor	Palpatorische Untersuchung	Röntgen-Kontrolle
BENNETT (1997)	∅	erste Röntgenkontrolle 3 Wochen post op.; danach in zweiwöchigen Intervallen bis die knöcherne Vereinigung röntgenologisch sichtbar ist
COONEY und MUELLER (1994)	nach 2-3 Tagen und nach 10 Tagen post op., danach wöchentlich bis die Heilung abgeschlossen ist.	unmittelbar post op., sowie 10 Tage, 3 Wochen und 5 Wochen post op., jeweils in zwei Ebenen
HARCOURT-BROWN (1996)	∅	wöchentliche Röntgenkontrollen bei Patienten mit offenen Frakturen
HELMER und REDIG (2006)	liefert zusätzliche Information bezüglich der Frakturstabilität	Röntgenkontrolle post op. und nach 10-14 Tagen
ISENBÜGEL (1988)	∅	nach 3-4 Wochen
KUZMA und HUNTER (1989)	∅	in 2 bis 4-wöchigen Intervallen bis zur Heilung
LEVITT (1989)	in zweiwöchigen Intervallen	periodisch (ohne genauere Angabe)
LIND et al. (1988)	∅	unmittelbar post op. und in Intervallen (ohne genauere Angabe) bis 7 Wochen post op.
REDIG (2003)	∅	erste Röntgenkontrolle zwischen 10. und 14. Tag post op, eine zweite zwischen 20. und 24. Tag, danach in 2-wöchigen Abständen
MARTIN u. RITCHIE (1994)	∅	postoperative Röntgenbilder in 2 bis 4-wöchigen Abständen

∅ = keine Angaben

Tabelle 16: Literaturangaben zu Indikationen für die konservative Therapie von Frakturen der Schultergliedmaße

Autor	Anzahl d. Tiere	Betroffener Knochen					
		Schultergürtel	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	
BARONETZKY-MERCIER UND SEIDEL (1995)	Ø	S: Körperverband C/n.d.: Verband F/n.d.: Verband	p/n.d.: Körperverband	p: 8-Verband	p/n.d.: 8-Verband d/n.d.: 8-Verband	-	
BENNETT (1997)	Ø	S: Käfigruhe C/n.d.: Käfigruhe F: Käfigruhe	p: Flügel einbinden	8-Verband o. Braille-Schlinge nicht bei kombinierten Radius-/Ulna-frakturen	8-Verband o. Braille-Schlinge	8-Verband oder Braille-Schlinge; in einigen Fällen operative Fixation	
COLES (1997)	Ø	können ohne Therapie belassen werden; nicht bei Vögeln > 500 g mit Coracoïdfrakturen	-	Flügel einbinden	Flügel einbinden	Schienenverband	
CONZEMIUS (1995)	10	S: Käfigruhe	-	8-Verband o. Schiene aus Röntgenfilm nicht bei starken Splitterfrakturen o. kombinierten Radius-/Ulnafrakturen	8-Verband o. Schiene aus Röntgenfilm	Schiene aus Röntgenfilm, nicht bei dislozierten Frakturen oder sehr großen Vögeln	
GRIMM (1978)	Ø	Ø	p.: Käfigruhe	Ø	Ø	Ø	
GYLSTORFF und GRIMM (1998)	Ø	Käfigruhe oder Verband	nur bei unvollständigen Frakturen	Flügel einbinden	Flügel einbinden	-	
HOWARD und REDIG (1994)	Ø	C: Vögel < 300 g: Flügel einbinden	Ø	einfache, n.d. Frakturen: 8-Verband	n.d. Frakturen der Diaphyse u. distale Frakturen: 8-Verband	Schienenverband, 8-Verband	

Ø = keine Angaben

- = nicht möglich

n.d. = nicht bzw. minimal disloziert

S = Scapula

C = Coracoid

F = Furcula

p = proximal

d = distal

8-Verband = Achter Bandage

Fortsetzung Tabelle 16: Literaturangaben zu Indikationen für die konservative Therapie von Frakturen der Schultergliedmaße

Autor	Anzahl d. Tiere	Betroffener Knochen				
		Schultergürtel	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus
KUZMA und HUNTER (1991)	Ø	Ø	-	-	-	-
LEVITT (1989)	Ø	Käfigruhe	-	n.d.: Flügel einbinden, 8-Verband o. Braille-Schlinge	Ø	Braille-Schlinge
MACCOY (1997)	Ø	bei kleinen Vögeln: Körperverband	Vögel < 50 g, geschlossene Diaphysenfrakturen u. proximale Frakturen; Flügel einbinden	Vögel < 100 g, n.d. Frakturen; Käfigruhe, Braille-Schlinge o. 8-Verband	Braille-Schlinge o. 8-Verband	Schienenverband, 8-Verband
MARTIN und RITCHIE (1994)	Ø	n.d.: Flügel einbinden	Ø	n.d.: Käfigruhe o. Flügel einbinden bei nicht dislozierten kombinierten Diaphysenfrakturen beider Knochen Flügel einbinden o. 8-Verband	Käfigruhe und Flügel einbinden	n.d.: 8-Verband

Ø = keine Angaben
 - = nicht möglich
 n.d. = nicht bzw. minimal disloziert

S = Scapula
 C = Coracoid
 F = Furcula

p = proximal
 d = distal
 8-Verband = Achter Bandage

Fortsetzung Tabelle 16: Literaturangaben zu Indikationen für die konservative Therapie von Frakturen der Schultergliedmaße

Autor	Anzahl d. Tiere	Betroffener Knochen					
		Schultergürtel	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	
REDIG (1986b)	∅	Flügel einbinden u. Käfigruhe; C: nur bei n.d. Frakturen	geschlossene Frakturen: Flügel einbinden und 8-Verband	p., geschlossene Frakturen: Flügel einbinden; geschlossene distale Frakturen u. Diaphysenfrakturen: 8-Verband o. Braille-Schlinge, bei kleinen Vögeln Flügel einbinden; offene distale Frakturen u. Diaphysenfrakturen: 8-Verband	p., geschlossene Frakturen: 8-Verband; geschlossene distale Frakturen u. Diaphysenfrakturen: 8-Verband o. Braille-Schlinge;	Schienenverband und 8-Verband	
SPINK (1978)	∅	einfache, n.d. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung	einfache, n.d. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung	einfache, n.d. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung	einfache, n.d. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung	einfache, n.d. Frakturen ohne Gelenkbeteiligung	
SIMPSON (1996)	∅	n.d.: Käfigruhe	-	8-Verband bei Diaphysenfrakturen	8-Verband bei Diaphysenfrakturen	-	
WITHROW (1982)	∅	Käfigruhe, nicht bei hochgradig dislozierten Coracoïdfrakturen	∅	n.d.: Käfigruhe	n.d.: Käfigruhe	∅	

∅ = keine Angaben

- = nicht möglich

n.d. = nicht bzw. minimal disloziert

S = Scapula

C = Coracoïd

F = Furcula

p = proximal

d = distal

8-Verband = Achter Bandage

Tabelle 17: Literaturangaben zu Indikationen für die konservative Therapie von Frakturen der Beckengliedmaße

Autor	Anzahl d. Tiere	Betroffener Knochen				
		Femur	Tibiotarsus	Tarsometatarsus	Zehen	
BARONETZKY-MERCIER UND SEIDEL (1995)	Ø	-	Schienenverband, modifizierte Thomas-Schiene	Schienenverband, modifizierte Thomas-Schiene	Schienenverband	
BENNETT (1997)	Ø	Ehmer-Schlinge, Spica-Verband	n.d. Frakturen, wenn geringgradige Verkürzung der Gliedmaße akzeptabel; Schroeder-Thomas-Schiene, Tape-Verband bei Vögeln < 200 g	Schroeder-Thomas-Schiene, Tape-Verband, verstärkter Fußsohlenverband	Schienenverbände	
GRIMM (1978)	Ø	p.: Käfigruhe	Fixatonsverband, Schienenverband	Ø	Ø	
GYLSTORFF und GRIMM (1998)	Ø	Femurhalsfrakturen	nur bei Vögeln < 100 g; Fixatonsverband, modifizierter Robert-Jones-Verband; distale, geschlossene Frakturen bei größeren Vögeln mit Schienenverband	geschlossene, einfache Frakturen bei Stelzvögeln: gepolsterter Fixationsverband	gepolsterter Verband	
HESS (1994)	Ø	-	p.: Schroeder-Thomas-Schiene; Diaphysenfrakturen u. distale Frakturen: Schienenverband Vögel bis 500 g: Tape-Verband	Schroeder-Thomas-Schiene, Schienenverband, Vögel bis 500 g: Tape-Verband	Polsterverband, Schienenverband	
HARCOURT-BROWN (1996)	Ø	-	-	Diaphysenfrakturen u. distale Frakturen: Schienenverband	Schienenverband	

Ø = keine Angaben
 - = nicht möglich
 n.d. = nicht bzw. minimal disloziert

S = Scapula p = proximal
 C = Coracoid d = distal
 F = Furcula

Fortsetzung Tabelle 17: Literaturangaben zu Indikationen für die konservative Therapie von Frakturen der Beckengliedmaße

Autor	Anzahl d. Tiere	Betroffener Knochen			
		Femur	Tibiotarsus	Tarsometatarsus	Zehen
LEVITT (1989)	Ø	-	Ehmer-Schlinge, Sattelverband	Ehmer-Schlinge, Sattelverband, Schienenverband	Schienenverband
MACCOY (1997)	Ø	Vögel < 100 g u. größere Vögel mit minimal dislozierten Frakturen: Einbindung	Robert-Jones-Verband, Schienenverband, modifizierte Thomas-Schiene	Schienenverband	Schienenverband (nicht bei größeren Spezies)
REDIG (1986b)	Ø	Wassergeflügel: Käfigruhe; ausgeprägte Splitterfrakturen: Schienenverband	Vögel < 100-150 g: Tape-Verband; ausgeprägte Splitterfrakturen: Schroeder-Thomas-Schiene	konservative Therapie indiziert; ohne Angabe der Methode	Schienenverband
SPINK (1978)	Ø	-	Schienenverband	Schienenverband	Ø
WITHROW (1982)	Ø		Schienenverband		

Ø = keine Angaben

- = nicht möglich

n.d. = nicht bzw. minimal disloziert

S = Scapula p = proximal

C = Coracoid d = distal

F = Furcula

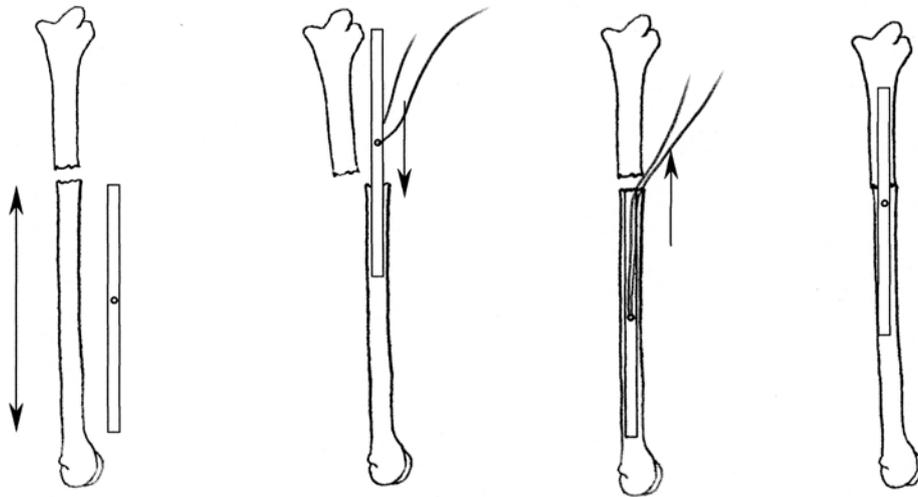


Abbildung 4: „Shuttle-Pin“ Verfahren. Den Kunststoffstift an die Größe des längeren Frakturfragmentes anpassen und mit zentralem Führungsloch versehen, durch welches ein Zugfaden geführt wird. Einbringen des Implantats in die Markhöhle des längeren Frakturfragmentes und nachfolgende Adaptation der Frakturrenden. Endgültige Positionierung des Implantats mittels Zugfaden, der hiernach entfernt wird (von links nach rechts).



Abbildung 5: Kunststoffimplantat mit Querstiften fixiert (nach MACCOY, 1982). Zur Vermeidung von Dislokationen des Implantats innerhalb der Markhöhle wird der Kunststoffstift mittels jeweils eines Kirschner-Drahts beiderseits des Frakturspalts in der beabsichtigten Position fixiert und der Metallstift entsprechend gekürzt.



Abb. 6: unmittelbar post operationem



Abb. 7: rechte Schwinge
14 Tage post op.

Abb. 6-10: Mäusebussard (Nr. 21), bilaterale Ulnafraktur.

Nach 14 Tagen erste Hinweise auf einen entzündlichen Prozess der rechten Ulna durch zunehmende Röntgendichte entlang der Kortikalis (Abb. 7). Die am 17. postoperativen Tag angefertigte Kontrollaufnahme (Abb. 8) zeigt eine Ausweitung der Verschattungszone, während die Ulna der kontralateralen Gliedmaße (Abb. 9) keine vergleichbaren Veränderungen aufweist. Auf der am 28. Tag nach der Operation angefertigten Aufnahme (Abb. 10) ist eine deutliche Rückbildung der periostalen Reaktion zu verzeichnen.



Abb. 8: rechte Schwinge
17 Tage post op.



Abb. 9: linke Schwinge 17
Tage post op.



Abb. 10: rechte Schwinge 28 Tage
post op.

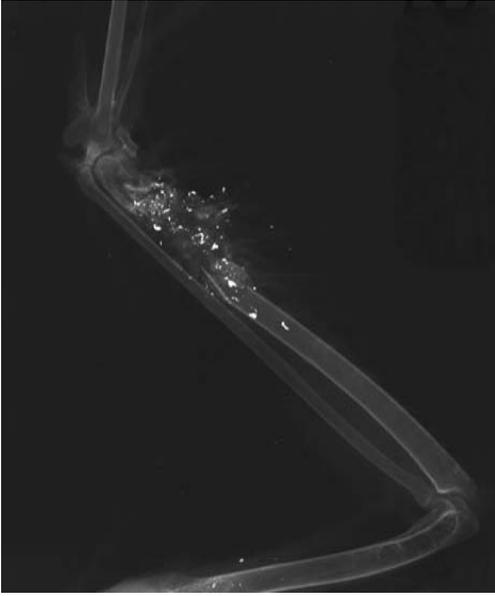


Abb. 12 (rechts oben):
Mäusebussard (Nr. 85), durch
Projektil hervorgerufene Trümmer-
fraktur der Ulna.



Abb. 13 (rechts unten):
Elster (Nr. 77), Eingangsuntersu-
chung. Wirbelsäulenfraktur durch
Diabolo-Projektil

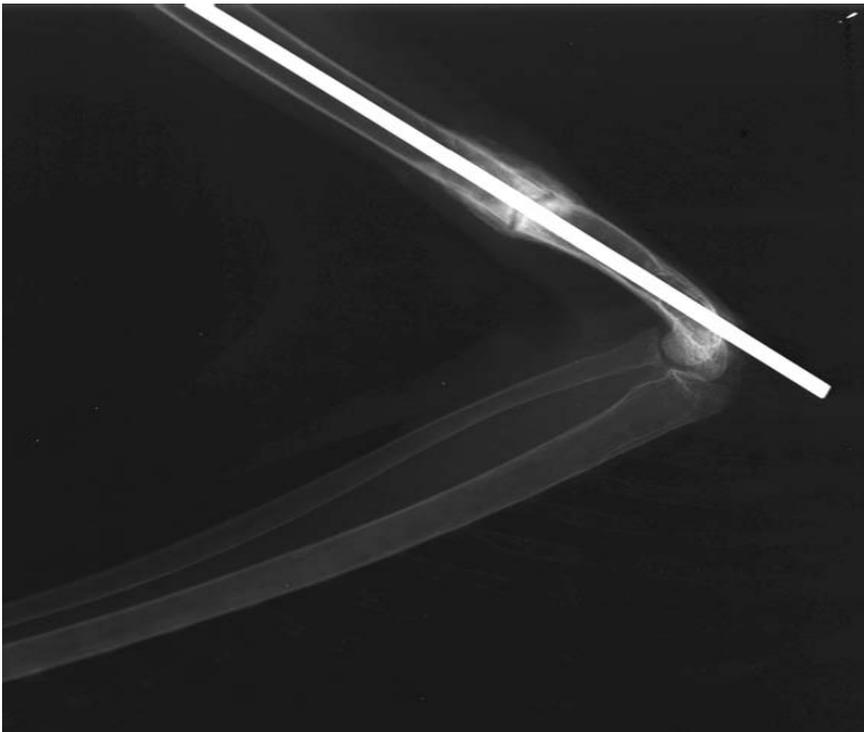


Abb. 11 (oben) Graureiher (Nr. 51): Zustand 28 Tage post op.
unmittelbar vor Entfernen des Implantats; Humerus mit geradem
Verlauf der Knochenachse, trotz intramedullären Implantats
ausgeprägte endostale und lediglich geringgradige perostale
Kallusbildung.



Abb. 14: Eingangsuntersuchung

Abb. 14-17:
Waldohreule (Nr. 118), Claviculafraktur,
hochgradig dislozierte Coracoidfraktur,
konservative Therapie.
Trotz hochgradiger Dislokation der
Frakturenden Bildung eines
(umfangreichen) Knochenkallus.



Abb. 15: nach 28 Tagen

Abb. 17 (unten): Offenkundig keine
Einschränkung der Nahrungspassage
durch die ausgeprägte Kallusbildung



Abb. 16: nach 35 Tagen

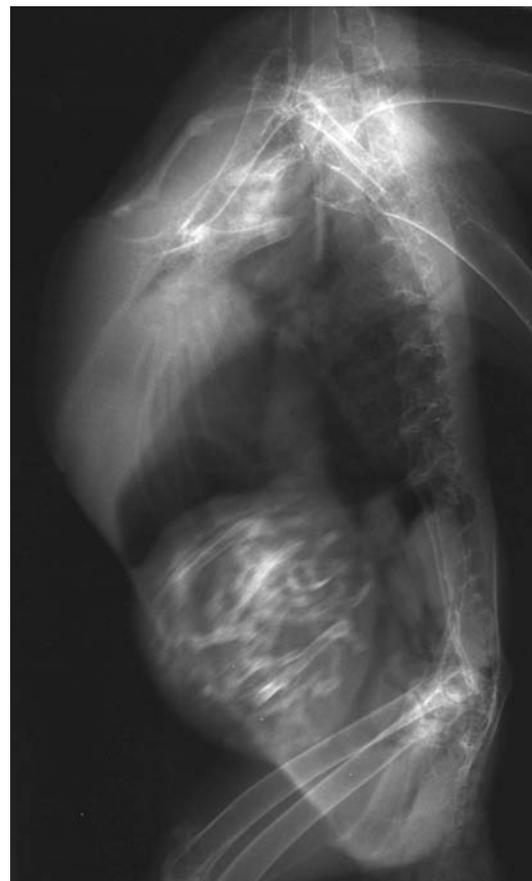


Abb. 17: nach 35 Tagen



Abb. 18



Abb. 19

Abb. 18: Haustaube (Nr. 12), Fraktur der Scapula, Diagnose durch Überlagerung mit Coracoid und gefülltem Kropf erschwert. Die Pfeile markieren die beiden Frakturrenden.

Abb. 19: Schleiereule (Nr. 117), Zustand bei Eingangsuntersuchung. Pathologisch-histologische Diagnose: Osteosarkom.



Abb. 20



Abb. 21

Abb. 20 u. 21: Turmfalke (Nr. 146), Wirbelsäulenfraktur. Aufnahmen der Eingangsuntersuchung (Abb. 20) mit Verschattung im Bereich der letzten Brustwirbel. Abb. 21 zeigt den Zustand nach 21 Tagen Käfigruhe.



Abb. 22: Einganguntersuchung

Abb. 22-25: Mäusebussard (Nr.19), offene Splitterfraktur des Humerus. Intramedullärer Kunststoffstift in Verbindung mit Cerclagen, deutliche Kallusbildung bereits nach 14 Tagen.



Abb. 23: 3 Tage post op.

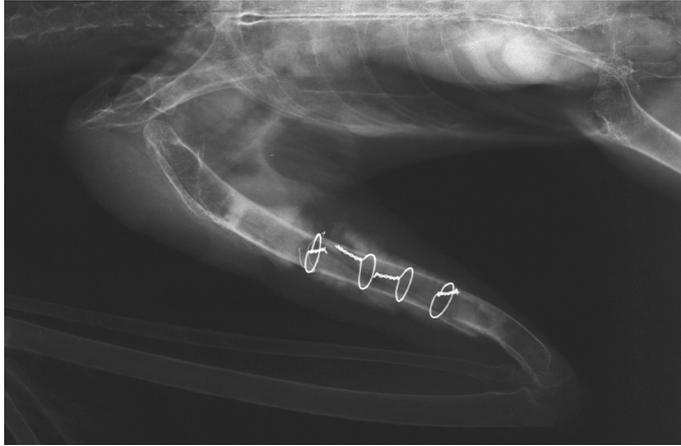


Abb. 24: 14 Tage post op.



Abb. 25: 49 Tage post op.



Abb. 26



Abb. 27

Abb. 26 u. 27: Mäusebussard (Nr. 110), Coracoidsplinterfraktur
Hochgradig dislozierte Fraktur, nach 28 Tagen röntgenologisch ausgeprägte Kallusbildung sichtbar.

Abb. 26-29: Trotz hochgradiger Dislokation der Frakturrenden und konservativer Therapie Heilung der Knochenbrüche unter Bildung eines ausreichend stabilisierenden Knochenkallus; in beiden Fällen konnte die Wildbahntauglichkeit erzielt werden.



Abb. 28



Abb. 29

Abb. 28 u. 29: Mehlschwalbe (Nr. 1) Coracoidfraktur
Hochgradig dislozierter Knochenbruch, der bereits nach 14 Tagen eine eng umschriebene Verschattungszone im Bereich der Kallusformation erkennen lässt.

ANHANG



Abb. 30



Abb. 31

Abb. 30 u. 31: Mäusebussard (Nr. 45), Ulnasplitterfraktur, konservative Therapie; Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 30) und nach 21 Tagen (Abb. 31).



Abb. 32

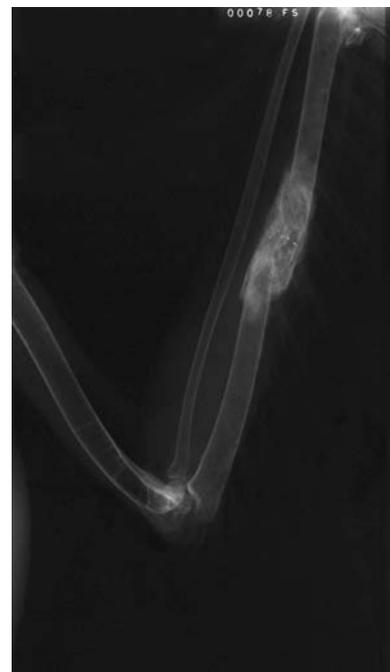


Abb. 33

Abb. 32 u. 33: Mäusebussard (Nr. 104), Trümmerfraktur der Ulna durch Projektil-einwirkung (Schrotabtrieb als röntgendichte Partikel im unmittelbaren Frakturbereich). Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 32) und nach 21 Tagen konservativer Behandlung (Abb. 33).



Abb. 34

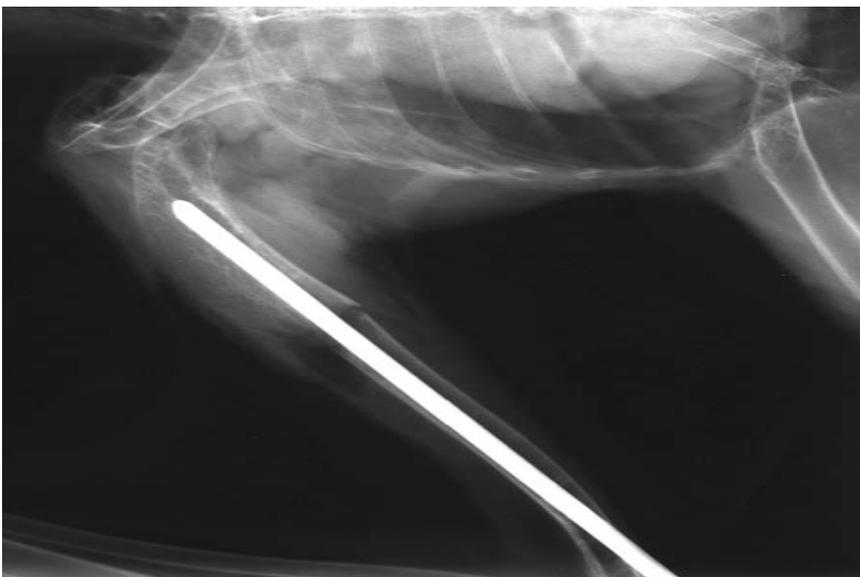


Abb. 35



Abb. 36

Abb. 34-36: Mäusebussard (Nr. 102), Humerusfraktur; Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 34), unmittelbar nach der operativen Versorgung mit Kirschner-Draht (Abb. 35) und 21 Tage post op. (Abb. 36). Neben periostaler Kallusbildung ist auch eine deutliche endostale Kallusbildung feststellbar.



Abb. 37

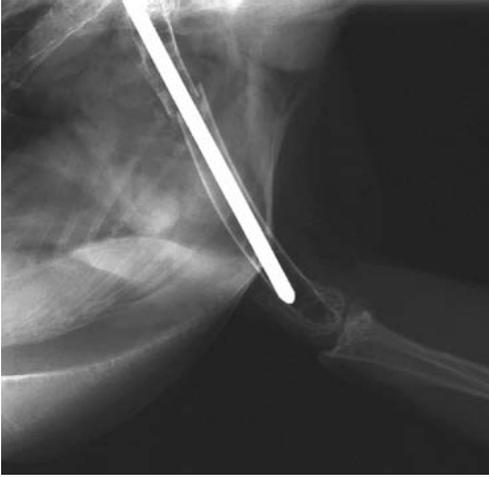


Abb. 38



Abb. 39



Abb. 40



Abb. 41

Abb. 37-39 (obere Reihe): Mäusebussard (Nr. 114), Femurfraktur. Alte, bereits verheilte Tibiotarsusfraktur als Zufallsbefund bei der Eingangsuntersuchung (Abb. 37, Pfeil), Zustand unmittelbar post op. (Abb. 38) und nach 28 Tagen (Abb. 39).

Abb. 40 u. 41 (links): Mäusebussard, alte, bereits geheilte Femurfraktur als Zufallsbefund bei einem Wildvogelpatienten (daher nicht in der Patientendatei gelistet). Die Fraktur schien den Patienten nicht zu behindern oder in seiner Beweglichkeit einzuschränken.

Abb. 42-44 (obere Reihe): Rabenkrähe (Nr. 136) Humerusfraktur; Intramedullärer Kunststoffstift in Verbindung mit Cerclagen. Nach 21 Tagen umfangreiche Kallusbildung. Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 42), post op. (Abb. 43) und nach 21 Tagen (Abb. 44).



Abb. 44



Abb. 43



Abb. 42

Abb. 45-47 (untere Reihe): Sperber (Nr. 137) mit Radius-Ulnafraktur, Verkürzung der Unterarmmuskulatur bei Eingangsuntersuchung, Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 45), unmittelbar post op. (Abb. 46) und nach 28 Tagen (Abb. 47).

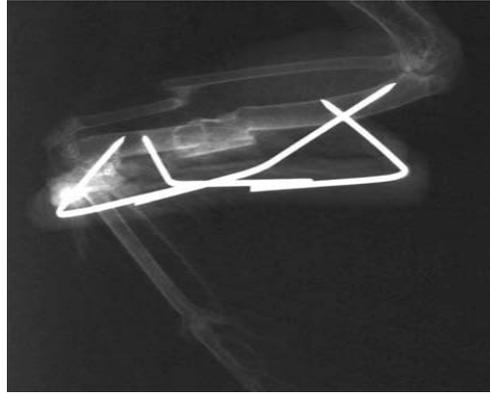


Abb. 47

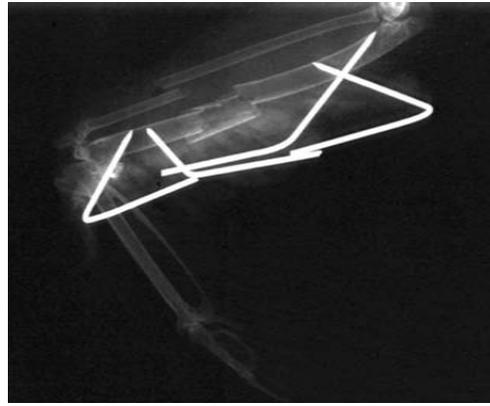


Abb. 46



Abb. 45

ANHANG

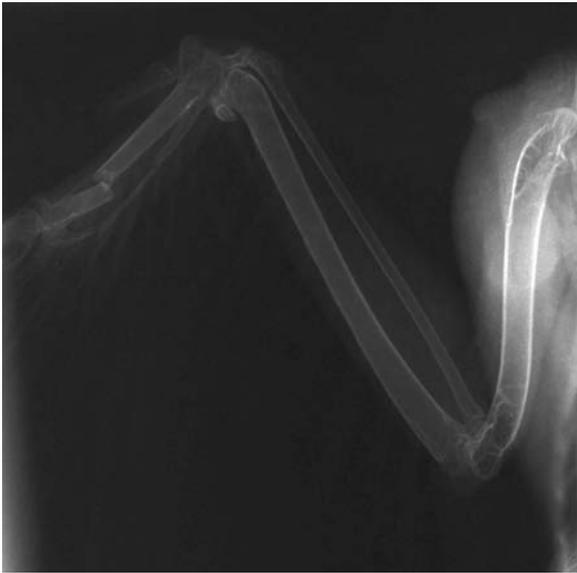


Abb. 48

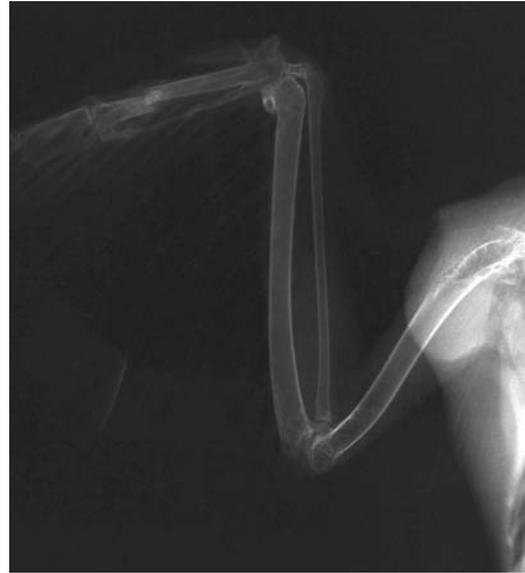


Abb. 49

Abb. 48-51: Turmfalke (Nr. 105) mit Metacarpusfrakturen.

Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 48) und am 14. Tag konservativer Behandlung (Abb. 49). Entfernung des Schienenmaterials am 16. Tag nachdem sich die Fraktur palpatorisch stabil zeigte. Die caudo-craniale Kontrollaufnahme am 21. Tag (Abb. 50) zeigt eine deutliche Abweichung der Flügelspitze von der Knochenlängsachse, während die Situation auf dem medio-lateralen Röntgenbild (Abb. 51) unverändert erscheint.



Abb. 50

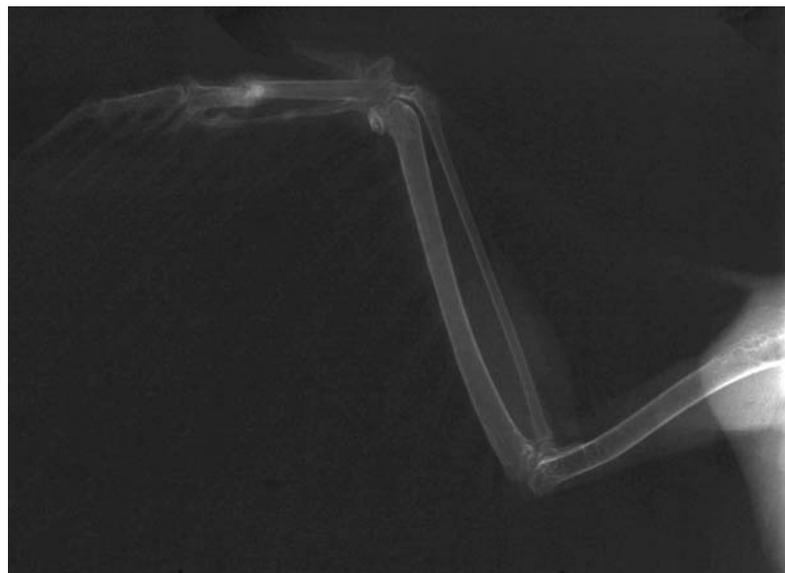


Abb. 51



Abb. 52



Abb. 53

Abb. 52 u. 53: Turmfalke (Nr.147), Metacarpusfrakturen.
Zustand bei der Eingangsuntersuchung und nach der postoperativen Versorgung mit einem modifizierten Fixateur externe.



Abb. 54 Turmfalke (Nr. 5), 14 Tage post op.



Abb. 55 Turmfalke (Nr. 5), 21 Tage post op.

Abb. 54 u. 55: Therapieresistente Osteomyelitis nach Frakturversorgung der Ulna mit intramedullärem Kunststoffstift und Knochenzement, pathologisch-histologische Diagnose: chronisch-entzündliches Geschehen mit Ansammlung von Fremdkörperriesenzellen und herdförmigen Knochengewebsnekrosen



Abb. 56

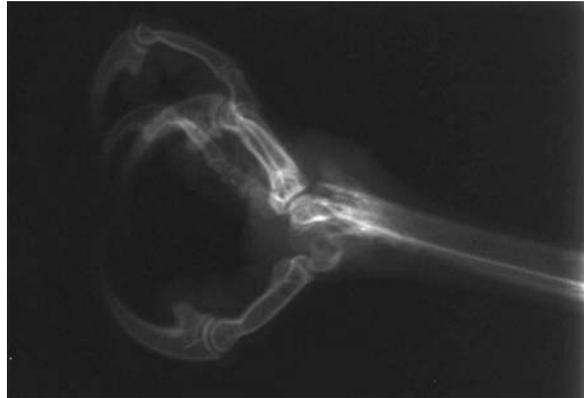


Abb. 57

Abb. 56 u. 57: Mäusebussard (Nr. 106), Tibiotarsusfraktur. Nach 21 Tagen (Abb. 56) eingeschränkte Extensionsfähigkeit im Metatarso-Phalangealgelenk der dritten Zehe infolge eines Knochenvorsprungs, der durch Stauchung der gelenknahen Fraktur entstanden war. Nach Entfernung des Schrotprojektils und chirurgischer Kürzung des Knochenvorsprungs (Abb. 57) war die Bewegungseinschränkung aufgehoben.



Abb. 58



Abb. 59

Abb. 58 u. 59: Mäusebussard (Nr. 87), Humerusfraktur
 Am 7. Tag nach der Operation keine röntgenologische Anzeichen einer entzündlichen Knochenveränderung (Abb. 58). Die Folgeaufnahme am 14. Tag (Abb. 59) zeigt Bereiche periostaler Verschattung (Osteomyelitis).

ANHANG



Abb. 60



Abb. 61

Abb. 60: Turmfalke (nicht in Patientendatei gelistet), Osteomyelitis, Tuberkulose, röntgenologisch sichtbare Knochenveränderungen in beiden Tarsometatarsus und in der linken Ulna.

Abb. 61: Steinkauz (Nr. 95), Zustand bei Eingangsuntersuchung. Frakturen von Scapula, Becken (Pfeil), Tibiotarsus und Tarsometatarsus. Entwicklungsartefakte und Artefakte im Bereich des linken Hüftgelenks.



Abb. 62



Abb. 63

Abb. 62 u. 63: Eisvogel (Nr. 17), Humerusfraktur, Kirschner-Nagelung. Zustand bei Eingangsuntersuchung (Abb. 62) und post op. (Abb. 63), Entwicklungsartefakte

Anmerkungen zu nachfolgender Tabelle 18:

Lokalisation: Zur möglichst exakten Beschreibung des Frakturverlaufs wird der Knochen in drei Abschnitte gleicher Länge unterteilt. Einen proximalen (p), einen mittleren (m) und einen distalen (d) Bereich, wobei jedes dieser Teilstücke einem Drittel der Gesamtlänge des Knochens entspricht. Auf anatomische Gegebenheiten wie Epiphyse, Metaphyse und Diaphyse wurde hierbei keine Rücksicht genommen. Erstreckte sich die Fraktur über mehrere Knochenabschnitte, so wurden die betreffenden Zonen dementsprechend in der Tabelle aufgeführt.

Das proximale und distale Knochendrittel wurden zusätzlich in drei weitere gedachte Zonen gleicher Länge unterteilt. Befand sich der Frakturbereich hierbei jeweils in der dem Gelenk am nächsten liegenden Zone, die demnach einem neuntel der Gesamtlänge des Knochens entspricht, so wurde die Fraktur als gelenknahe (g) bezeichnet.

Dislokation der Frakturenden: Bei der Beurteilung der Stellung der Bruchenden zueinander wurde der röntgenologische Befund als Grundlage der Beurteilung zu Rate gezogen. Der klinische Befund instabiler Frakturen weicht hiervon zuweilen ab, da er durch Faktoren wie Haltung der Gliedmaße und Abwehrbewegungen des Patienten einer gewissen Dynamik unterworfen ist.

Frakturalter: Als frisch (f) wurde eine Fraktur bezeichnet, wenn sie röntgenologisch durch eine deutliche, scharfkantige Zeichnung der Knochenränder im Frakturbereich charakterisiert war. Emphysematöse Veränderungen im unmittelbaren Frakturbereich bei pneumatisierten Knochen sowie ein bei offenen Frakturen erkennbarer frischer Wundbereich dienten als weitere Anhaltspunkte für ein nur kurze Zeit zurückliegendes Frakturgeschehen. Zeichneten sich röntgenologisch die Fraktur­ränder der Knochenfragmente hingegen durch eine zunehmende Unschärfe aus, waren bereits erste Anzeichen von Kallusbildung erkennbar oder makroskopisch deutlich wahrnehmbare Wundheilungsvorgänge bzw. im Falle des Auftretens subkutaner Hämatome eine infolge Hämoglobinabbaus grünliche Veränderung der Blutbeule sichtbar, so wurde die Fraktur als einige (> 3) Tage alt (ä) eingestuft.

Deutliche Kallusbildung und eine hohe Röntgendichte des Gewebes im Frakturbereich deuten auf ein bereits längere Zeit (i. d. R. > 14 Tage) zurückliegendes Frakturgeschehen (t) hin.

Als alte Fraktur (a) wurde der Zustand der knöchernen Wiedervereinigung der Bruchenden angesehen, bei dem kein im Umbau befindliches Kallusgewebe mehr

ANHANG

festgestellt werden konnte. Auch das klinische und röntgenologische Erscheinungsbild der Pseudarthrose wurde in diese Kategorie eingestuft.

Es muss im Hinblick auf die obigen Zeitangaben berücksichtigt werden, dass die Dauer der Frakturheilung von vielen Faktoren (Lage der Frakturrenden zueinander, Stabilität der Fraktur, Körpergröße u. Stoffwechsellage des Vogels etc.) abhängt und die entsprechenden Angaben nur als Näherungswerte zu erachten sind.

Beweglichkeit: In dieser Kategorie ist die Stabilität der Fraktur, also die Beweglichkeit der Frakturrenden zueinander verzeichnet.

In nachfolgender Tabelle 18 verwendete Abkürzungen:

<u>Betroffene(r) Knochen:</u>	<u>offen/gedeckt:</u>	<u>Therapieform:</u>	<u>Verbleib:</u>
Sc = Scapula	o = offene Fraktur	K = konservative Therapie	W = ausgewildert
Cl = Clavicula	g = gedeckte Fraktur	(E) = Einbindung, auch Achterbandage oder Braille-Schlinge	Ex = Exitus
Co = Coracoid	<u>Dislokation der Frakturenden:</u>	(S) = Schienenverband	E = Euthanasie ohne weitere Therapie
H = Humerus	Ax = Dislocatio ad axim	(Kr) = Käfigruhe	T = Euthanasie während der Behandlung
R = Radius	La = Dislocatio ad latus	KD = Kirschner-Draht	a = wegen Frakturalter
U = Ulna	Lo = Dislocatio ad longitudinem	Kst = Kunststoffstift	b = wegen Begleiterkrankung
Mi = Os metacarpale minus	cc = cum contractione	Z = Knochenzement	v = wegen Therapieversagens
Ma = Os metacarpale majus	cd = cum distractive	C (n) = Cerclagen (Anzahl)	St = nicht wildbahnfähig
P1 = Phalanx I	+ = geringgradig	Fix.ex. = Fixateur externe	S = Schussfraktur
F = Femur	++ = mittelgradig	Amp. = Amputation	
Tt = Tibiotarsus	+++ = hochgradig	- = keine Therapie	
Tmt = Tarsometatarsus	<u>Frakturalter:</u>	<u>Röntgenkontrolle</u>	
Dig = Digitus	f = frische Fraktur	Rö = Röntgenkontrolluntersuchung	
Ws = Wirbelsäule	ä = einige Tage alte Fraktur	w = Woche	
Pv = Becken	h = länger zurückliegendes Frakturgeschehen, in Heilung	- = keine Kallusbildung	
Ca = Carina	a = alte, bereits geheilte Fraktur	± = schwache Kallusbildung	
<u>Frakturtyp:</u>	<u>Beweglichkeit:</u>	+ = deutliche Kallusbildung	
q = Querfraktur	s = stabil	O = röntgenologische Anzeichen einer Osteomyelitis	
sr = Schrägfraktur	i = instabil	? = nicht beurteilbar	
Spl = Splitterfraktur	<u>Sonstige Befunde/Anmerkungen:</u>	<u>Ergebnis:</u>	
Stk = Stückfraktur	mittelgr. = mittelgradig	W = ausgewildert	
Spi = Spiralfraktur	hochgr. = hochgradig	Eutha. = Euthanasie	
Kl = Keilfraktur	z. T. = zum Teil	Pathol. = Pathologische Untersuchung	
Tr = Trümmerfraktur	O = Osteomyelitis	h = Stunde(n)	
Fs = Fissur		d = Tag(e)	
<u>Lokalisation:</u>		w = Woche(n)	
p = proximales Knochendrittel			
m = mittleres Knochendrittel			
d = distales Knochendrittel			
g = gelenknah			

Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen/ Frakturtyp	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturarter	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/ Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
1	Mehlschwalbe	Co/sr	d	g	Ax +++	ä	i		K (E)	±	+	+			W nach 20 d	W
2	Waldkauz	U/Spl	p	g	La +	f	s		K (E)	-	+	+	+	±	W nach 39 d	W
3	Turmfalke	H/q	m	g	La +++ Lo cc +++	ä	i		Kst + Z						Kunststoffstift am 6. d an Bohrstelle gebrochen, Eutha.	T/v
4	Haustaube	R/Kl U/Spl	p pgm	o	beide La +++ Lo cc ++	f i	i		R/KD U/C (2)	-	-	+	+	+	Knochen geringgradig verkürzt; W nach 44 d	W
5	Turmfalke	R/sr U/q	pg m	g	beide La ++ Lo cc +	f i	i		U/Kst + Z	-	O	O	O		Fraktur nach 21 d noch instabil, Eutha.; Pathol.-histol.: chronisch entzündlicher Prozess mit Fremdkörperriesenzellen	T/v
6	Haustaube	Tmt/q Tmt/q	m m	g	beide La +	f i	i		K (S)	-	-	+	+	+	W nach 27 d	W
7	Buntspecht	Co/sr	pg	g	Lo cc +++	f	i		K (E)						Exitus nach 1 d	Ex
8	Haustaube	R/q U/sr	m m	g	beide La +++ Lo cc ++	f i	i		U/Kst						am 7. d Kunststoffstift an Bohrstelle gebrochen, Splitterbildung, Eutha.	T/v
9	Ringeltaube	Co/sr Cl F/sr	d d p	o	alle Ax +++	f i i	i	Schussverletzung im Brustbereich	F/KD ; Co u. Cl/ K (E)						Allgemeinbefinden schlecht wegen Aspergillose; Eutha. nach 6 d	T/b S
10	Turmfalke	H/sr	m	o	Lo cc +++	a	i	ältere Fraktur, Kallusbildung	-							E/a
11	Haustaube	R/Spl U/Spl	m pgm	o	Lo cc +++	f	i	hochgr. Weichteiltrauma	-							E
12	Haustaube	Sc/sr	p	g	La +++	f	i		K (E)	-	-	+			W nach 25 d	W

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
13	Ringeltaube	Co/Spl	pgm	o	Ax +++ Lo cc ++	f i	i	Geschoss in Brustwand, hochgr. Weichteiltrauma	-							ES
14	Steinkauz	H/q	p	o	Ax +++	ä i	i	Knochen u. Weichteilgewebe im Frakturbereich nekrotisch, Unterarm kalt	-							E
15	Saatkrähe	Sc/q	p	g	Ax +++	ä s	s	Geschoss subkutan im abdominalen Bereich	K (E)	-	+				W nach 23 d	W
16	Steinkauz	H/q Tt/sr	pg d	g	H/La ++ Tt/La +++ Lo cc +++	f i i	i		H/K (E); Tt/KD, C (2)						nach 2 d Diarrhoe, Exitus nach 3 d	Ex
17	Eisvogel	H/Stk	md	g	La +++ Lo cc +++	f i	i	mittleres Knochenfragment mit ausgedehnter Fissur	KD, C (5)						Exitus nach 2 d	Ex
18	Grünspecht	Co/sr	dg	g	La ++	f i	i		K (E)						Exitus nach 1 d	Ex
19	Mäusebussard	H/Spl	md	o	La +++ Lo cc +++	ä i	i	Wundmyiasis im Frakturbereich	Kst, C (4)	-	+	+	±		Einbindung nach 21 d entfernt, fliegt nach 35 d, W nach 64 d	W
20	Sperber	U/Stk	pm	g	La +	f i	i	nach 1 w Dislokation des Fragments mit Kontakt zu Radius	zunächst K (E) dann KD						Exitus intra operationem	Ex
21	Mäusebussard	U/Stk U/KI	pm pg	o	beide La ++	ä i i	i	Vogel kann mit beidseitig eingebundenen Flügeln Gleichgewicht nicht halten	KD beider- seits	-	+	+	+	+	nach 17 d wegen O Implantat rechts entfernt, Fraktur stabil, O nach 35 d röntgenologisch nicht mehr nachweisbar, W nach 49 d	W
22	Rauchschwalbe	U/sr	d	g	Ax +	f s	s		K (E)	-	+				W nach 25 d	W

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
23	Baumfalke	H/sr F/Spl Tt/Stk Tmt/sr	dg d pd p	o g g g	Ax ++ Ax ++ La ++ La +	a 	i i i i	Abszess im Bereich der Humerusfraktur; Pseudarthrosebildung am Femur	-							E/a
24	Turmfalke	H/Spl R/q	pm p	g g	Ax +++ La ++	f i	i i	H/KD, C (4)	H/KD, C (4)						Exitus 1 d post operationem	Ex
25	Buntspecht	R/Spl U/Spl	p pg	g g	beide La +++	f s	s s	Luxationsfraktur der proximalen Ulna	-							E
26	Mäusebussard	R/Spl U/Spl	m m	o m	beide Ax +++	a i	i i	alte Fraktur	-							E/a
27	Sperber	Tt/sr	pg	g	La +	f s	s		K (S)						Exitus nach 1 d	Ex
28	Habicht	R/q U/Spl	m pm	o pm	beide Ax +++	a i	i i	Pseudarthrose, Pododermatitis, Pharynxabszess	-							E/a
29	Haustaube	U/Spl	mdg	g	La ++	f i	i								Exitus während Untersuchung	Ex
30	Baumfalke	R/sr U/Spl	d d	o d	beide Ax +++	f i	i i								Exitus nach wenigen h	Ex
31	Mäusebussard	U/Spi	m	o	La ++	f i	i		C wegen Dislokation						Exitus wenige h post operationem	Ex
32	Stockente	H/Spl	mdg	o	La +++ Lo cc +++	h i	i	Wundinfektion	Amp.						abgegeben in Tierpark nach 12 d	St
33	Haustaube	Mi/Spl Ma/Spl	pg	o	Ax ++	f i	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S
34	Haustaube	H/Spl	p	o	Lo cc +++	f i	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
35	Hausstaube	R/Spl	m	o	La +	ä	s		K (E)	-	+				W nach 31 d	W
36	Mäusebussard	Mi/Spl Ma/Spl	md	o	beide Ax ++	ä	i	Wundbereich hochgr. kontaminiert	K (S)						nach 3 d Gewebe im Wundbereich nekrotisch; Eutha.	T/b
37	Schleiereule	H/sr	md	o	La +++ Lo cc +++	f	i								Exitus nach wenigen h	Ex
38	Mäusebussard	R/Spl U/Spl	m	o	beide Ax +++	ä	i		U/KD						Exitus nach 2 d	Ex
39	Hausstaube	Ca H/Tr Tmt/Spl/d	M d	o g	H/La +++ Lo cc +++ Ca/La ++	f	i	linker Fuß fehlt vollständig; am rechten Fuß fehlen 2 Zehen	-							E
40	Fischadler	H/Spl	pg	g	La +++	f	i	Fraktur des Caput humeri	K (E)						Exitus nach 1 d	Ex
41	Mäusebussard	H/KI	m		La +++ Lo cc ++	ä	i		Kst, C (4)	-					Kst nach 14 d an Bohrstelle gebrochen; Eutha.	T/v
42	Schleiereule	H/sr	pm	o	Lo cc +++	f	i	Verletzung der Flügelspannhaut	Kst, C (4)	-	+	+			Verkürzung der Flügelspannhaut; Beweglichkeit des Flügels eingeschränkt	St
43	Ringeltaube	Cl Co/Spl	d md	g	alle Ax +++	f	i	Blut im Schnabel	K (E)						Exitus nach wenigen h	Ex
44	Mäusebussard	H/sr Tt/sr	m	g	beide La ++	f	i		H/Kst + Z, Tv/ Fix.ex.	-					am 9. d Knochen im proximalen Bereich refrakturiert	T/v
45	Mäusebussard	U/Spl	pm	g	La +	ä	i		K (E)	+	+	+			fliegt nach 21 d, W nach 31 d	W
46	Mäusebussard	Tt/sr	m	g	La +	f	i	2 Knochenfissuren, über mittleres Knochenendrittel	K (S)	-	-	+			W nach 34 d	W
47	Rabenkrähe	H/Spl	pm	o	A +++	f	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
48	Mäusebussard	H/Spl	m	o	La +++ Lo cc++	h	i	Mundinfektion; Weichteilgewebe im Frakturbereich nekrotisch	-							E
49	Sperber	Co/Spl U/Spl	pm pm	g	La +++ La +	f i	i	Schädeltrauma, Torticollis	K (E)						Torticollis therapieresistent; Eutha. nach 7 d	T/b
50	Haustaube	R/q	m	o	La +	f	s		K (E)	-	+				W nach 26 d	W
51	Graureiher	H/q	d	o	Ax +++ Lo cc +++	ä	i		KD	-	+				W nach 40 d	W
52	Graureiher	R/Spl U/Spl	pg pg	o	beide La ++	f i	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S
53	Haustaube	Cl H/Stk	pg pg	g o	La +++ La ++	f i	i	rechter Augenbulbus verletzt, partieller Verlust des Corpus vitreum	-							E
54	Turmfalke	U/Spl R/q	m m	o	beide Ax +++	h i	i	hervorstehende Frakturenden nekrotisch	-							E
55	Sperber	Mi/Stk Ma/Spl	m m	o	beide Ax ++	h i	i	Wundinfektion	-							E
56	Haustaube	U/Spl	pm	o	La +	f	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S
57	Haustaube	Dig II/q	dg	o	Ax ++	f	i	Fraktur der Phalanx proximalis, hochgr. Weichteilschädigung	Amp.					W nach 7 d		W
58	Haustaube	R/sr	m	g	La +	ä	s		K (E)	-	+				W nach 28 d	W
59	Waldohreule	H/Stk	pm	o	Ax +++ Lo cc +++	h	i	hervorstehende Frakturenden nekrotisch	-							E

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturalter	Beweglichkeit	Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
60	Stockente	Mi/Spl Ma/Spl	d d	o	Ax + La +	h i	i i	Schussverletzung	-						intra operationem: irreparable Schädigung neurogener u. vaskulärer Strukturen, Euthanasie	E S
61	Mäusebussard	R/sr U/Spl	d d	o	beide Ax +++	h i	i i	hervorstehende Frakturenden nekrotisch	-							E
62	Waldohreule	F/sr	m	g	Ax +++	f	i	Kornealäsion	KD						Exitus nach 3 d	Ex
63	Sperber	H/sr	dg	o	Ax +++ Lo cc ++	h	i	Wundinfektion, hochgr. Muskelkontraktur	-							E
64	Habicht	R/sr	pg	g	La +	f	s		K(E)	-	+				W nach 31 d	W
65	Turmfalke	Mi/Spl Ma/Spl	pg	o	Ax +++	ä	i	hochgr. Weichteiltrauma	-							E
66	Haustaube	Tmt/sr	dg	o	Ax +	f	i		K(S)	-	+				W nach 24 d	W
67	Turmfalke	U/q	pg	g	Ax +++	ä	i	alte Fraktur des Ma (verheilt)	-							E
68	Mäusebussard	Co	dg	g	Ax +++	f	i	Luxationsfraktur des Co an Verbindung zu Sternum; reponiert	K(E)	-	-				W nach 30 d	W
69	Waldohreule	H/sr	p	g	Ax +++	f	i		KD						Exitus nach 1 d	Ex
70	Mäusebussard	H/Spl	m	o	La +++ Lo cc +++	f	i	hochgr. Weichteiltrauma, hochgr. Muskelkontraktur	-							E
71	Mäusebussard	Tmt/sr	md	o	Ax +	f	i		K(S)	-	O				nach 11 d im Wundbereich nekrotischer Knochensplinter sichtbar, Wunde infiziert, Eutha.	T/V

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
72	Mäusebussard	H/Spl Tt/Spl	m dg	o	H/ La +++ Lo cc ++ Tt/ La ++	ä i	i	Zerstörung d. Weichteilgewebes im Bereich der Tt-Fraktur	-							E
73	Mäusebussard	Mi/Spl Ma/Stk P1/sr	dg md	o	beide Ax + Lo cd	f i	i	Gelenkkapsel des Metacarpalgelenks zerstört	-							E
74	Mäusebussard	H/Kl	pm	g	La +++ Lo cc +	f i	i		KD, C (3)	-	+				W nach 49 d	W
75	Mäusebussard	H/Spl	mdg	o	Lo cc +++	a s	s	alte Fraktur, stabil, Knochen hochgr. verkürzt	-							E/a
76	Haustaube	R/Spl U/q	md d	o	beide Ax ++	f i	i	hochgr. Hämatom	U/KD	-	±				W nach 34 d	W
77	Elster	Ws/ Spl		o	-	f s	s	Projektill steckt in Ws, Allgemeinbefinden hochgr. gestört	-							E S
78	Habicht	H/sr	d	o	Ax ++	a s	s	ältere Fraktur, nahe am Gelenk, in Heilung befindlich	-							E/a
79	Buchfink	R/q U/sr	m m	o	beide La +++	f i	i		U/KD	-	+				W nach 23 d	W
80	Turmfalke	H/q R/sr U/q	dg pg pg	o	alle La ++	a i i	i	H, R u. U im Bereich des Ellbogengelenks osteolytisch, Osteomyelitis in H, R u. U	-							E/a

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Anmerkungen Befunde/ Sonstige	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
81	Stockente	R/Spl U/Spl F/Spl Tt/Tr Tmt/Spl	md md dg mdg pm	o	R/Ax + U/Ax + F/La ++ Tt/La +++ Tmt/Ax +	f i i i i i	i i i i i i	polytraumatisierter Patient, Allgemeinbefinden hochgr. gestört	-							E
82	Kernbeißer	U/Spl	dg	g	La +++	f	s	K (E)	K (E)	-	+	+			Flugfähigkeit eingeschränkt, Exitus nach 48 Tagen	St
83	Goldammer	Mi/Tr Ma/Tr	pm pm	o	beide La +++	f i	i i	Weichteilgewebe im Frakturbereich hochgr. geschädigt	-							E
84	Hausstaube	Tmt/Fs	md	g	-	f	s	K (S)	K (S)	-					Bein wird nach 7 d normal belastet, W nach 10 d	W
85	Mäusebussard	U/Tr	mdg	o	La +	h	i	Schussverletzung, hervorste- hende Frakturrenden nekrotisch	-							E S
86	Turmfalke	Mi/Spl Ma/Spl	md md	g	beide Ax ++	f i	i i	K (S)	K (S)	-	+	+			W nach 45 d	W
87	Mäusebussard	H/sr	p	o	Ax +++	f	i	KD	KD	-	-	O			KD nach 15 d wegen O entfernt, H nach 19 d refrakturiert, Eutha.	T/v
88	Mäusebussard	H/Tr	md	o	La +++ Lo +++	f	i	Weichteilgewebe im Fraktur- bereich vollständig zerstört	-							E

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenenden	Frakturart	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
89	Rabenkrähe	H/Spl	p	o	Ax +++	ä	i	Schussverletzung, mittelgr. Schädigung von Weichteilgewebe im Frakturbereich	KD	-	+	+	+	Rö. nach 5 w	Fraktur geheilt, Beweglichkeit des Flügels im Schultergelenk eingeschränkt	St S
90	Haustaube	R/sr U/Tr Mi/Spl Ma/Spl	dg dg pgm p	o	La + La + La ++ La ++	f	i i i i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S
91	Steinkauz	Co/q	m	g	La +++	f	i		K (E)	-	-	-	-		W nach 56 d	W
92	Grauspecht	Co/sr	m	g	Lo cc +++	ä	i		K (E)						Exitus nach 1 d	Ex
93	Waldkauz	H/q U/q F/q	p m p	g g o	H/La + U/La + F/La +++	f	s s l		H u. U/ K (E), F/KD	-	+	+	+		KD nach 17 d wegen O entfernt, nach 28 d röntgenologisch keine O mehr nachweisbar, W nach 37 d	W
94	Waldkauz	H/Tr U/Spl F/Spl	dg d d	g	La + La + Ax ++	f	i i i	polytraumatisierter Patient, Allgemeinbefinden hochgr. gestört	-							E
95	Steinkauz	Sc/sr Pv/q Tt/sr Tmt/q	d m m m	g g g o	Sc/La +++ Pv/Ax ++ Tt/Ax +++ Tmt/La +	f	s s l l		Sc/K (E) Tt/KD Tmt/K (S)	-	-	+	+	+	W nach 36 d	W
96	Waldohreule	H/sr	p	o	La +++	ä	i		KD						Exitus post operationem in Aufwachphase	Ex
97	Mäusebussard	H/Spl Tt/Spl Tt/ Spl	md md dg	o	Ax +++ Ax + La +++	f	i	Allgemeinbefinden hochgr. gestört	-							E

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturalter	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
98	Türkentaube	H/Tr	md	o	Ax ++ Lo cc +++	ä	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteiltrauma	-							E S
99	Habicht	R/sr U/Spl	p p	o	beide Ax +++	ä	l		R/KD U/KD	-	+	+			W nach 59 d	W
100	Sperber	H/sr	md	o	Ax +++ Lo cc +++	ä	i		KD, C (2)						Exitus intra operationem	Ex
101	Mäusebussard	H/sr	pg	g	La +++ Lo cc +++	a	s	alte Fraktur, stabil	-							E/a
102	Mäusebussard	H/q	m	g	La +++ Lo cc +++	f	i		KD	-	-	+	+	+	W nach nach 53 d	W
103	Mäusebussard	R/sr U/Stk	p pm	o	La +++ Lo cc +++	h	i	Wundinfektion, Weichteilgewebe im Frakturbereich z. T. nekrotisch	-							E
104	Mäusebussard	U/Tr	m	o	La ++	ä	s	Schussverletzung, Weichteilgewebe im Frakturbereich mittelgr. geschädigt	K (E)	±	+	+			W nach 27 d	W S
105	Turmfalke	Mi/Stk Ma/q	md d	o	beide La +	f	l		K (S)	-	+	+			Schiene nach 16 d entfernt (Fraktur klinisch stabil); zu früh, daher Achsabweichung, W nach 86 d	W
106	Mäusebussard	R/Spl U/Spi, 2 Fs Tmt/sr	pg mdg dg	o	La + La ++ Ax +++	f	i	Schussverletzung, mittelgr. Weichteiltrauma	U/C (2) Tmt/Gips	-	+	+	+	+	Kallusbildung an Tmt wegen Gips zunächst nicht beurteilbar, W nach 58 d	W S

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturalter	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
107	Mäusebussard	Tt/Spl	m	o	La +++ Lo cc +++	h	i	Verwachungen von Knochen u. Weichteilgewebe	-							E
108	Turmfalke	R/Spl U/Tr	pm pm	o	beide La +++	ä	i	Schussverletzung, hervorste- hende Frakturenden nekrotisch	-							E S
109	Schleiereule	F/q	p	g	La +++	f	i								Exitus nach wenigen h	Ex
110	Mäusebussard	Co/Spl	m	g	Ax ++	f	i		K (E)	-	+	+	+	+	W nach 42 d	W
111	Mäusebussard	U/Spl	m	g	Ax +	ä	s	Schädeltrauma	K (E)						Exitus nach 2 d	Ex
112	Mäusebussard	R/Spl U/Spl	d dg	o	beide La +++ Lo cc +++	ä	i	Wundinfektion, hochgr. Weichteiltrauma	-							E
113	Mäusebussard	R/sr U/Spl	d md	o	Ax +++	f	i	Weichteilgewebe im Fraktur- bereich hochgr. geschädigt	-							E
114	Mäusebussard	F/sr Tt	p md	o	Ax +++	f a	l s	alte, verheilte Tibiotarsusfraktur	F/KD	-	±	+	+	+	W nach 39 d	W
115	Waldohreule	H/q	m	o	La +++ Lo cc ++	h	i	hervorstehende Frakturenden nekrotisch	-							E
116	Sperber	R/Kl U/Spl	m pm	o	La +++ La ++	f	i		R/KD						Exitus intra operationem	Ex
117	Schleiereule	H/q	pg	g	-	ä	s	hochgr. Schwellung im Frakturbereich	K (E)	-	-				Probeexzision nach 7 d wegen Osteolyse, histologische Diagnose: Osteosarkom; Eutha nach 15 d.	T/b

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturalter	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/ Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
118	Waldohreule	Co/sr Ci	m p	g	La +++	f	i		K (E)	-	+	+	+	+	W nach 43 d	W
119	Erlenzeisig	R/q U/Stk	m pm	g	La +++	ä	i		U/KD						Exitus intra operationem	Ex
120	Waldkauz	R/KI U/KI	m m	o	Ax ++	f	i	polyostotische Hyperostose	U/Fix.ex.						Exitus nach 1 d	Ex
121	Mäusebussard	R/Spl U/Spl	p m	o	Ax +++	h	i	ältere Fraktur, Muskulatur z. T. nekrotisch	-							E
122	Haustaube	Mi/Spl Ma/Spl	m m	o	beide La +++	ä	i	Weichteilgewebe z. T. nekrotisch; Wunde infiziert	-							E
123	Mäusebussard	R/q U/Spl	m m	o	beide La +++ Lo cc +++	ä	i	Weichteilgewebe z. T. nekrotisch, Wunde infiziert	-							E
124	Star	R/sr F/Stk	p mdg	g o	R/La ++ F/La +++ Lo cc +++	f	i	Allgemeinbefinden hochgr. Gestört	-							E
125	Amsel	H/KI	pg	o	La +++ Lo cc +++	f	i	subkutanes Emphysem	-						intra operationem: adäquate Frakturversorgung nicht möglich, Eutha.	E
126	Sperber	R/Spl U/Tr Mi/Spl Ma/Tr	d dg pg pg	o	alle Ax +++	f	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteil- u. Knochen trauma	-							E S

ANHANG

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturart	Beweglichkeit	Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
127	Mäusebussard	H/sr	dg	o	La +++ Lo cc +++	ä	i	Gewebe im Frakturbereich nekrotisch	-							E
128	Mäusebussard	F/Kl	m	g	La +++ Lo cc +++	ä	i	hochgr. Muskelverkürzung,	KD	±	+	+	+		W nach 49 d	W
129	Mäusebussard	Co/sr	m	g	La +++ Lo cc ++	ä	i		K (E)	-	±	+	+	+	W nach 52 d	W
130	Rabenkrähe	H/Stk U/sr	mdg pg	o	H/ La +++ Lo cc +++ U/ La ++ Lo cc +	f	i	Schussverletzung, Gelenkkapsel des Ellbogengelenkes vollständig zerstört	-							E S
131	Türkentaube	R/Spl U/Spl	md md	o	Ax +++	ä	i	hervorstehende Frakturrenden nekrotisch, Wundinfektion	-							E
132	Mäusebussard	R/Spl U/Spl	p pg	o	La ++ La +	h	i	ältere Fraktur, Nekrose des Weichteilgewebes im Frakturbereich	-							E
133	Mäusebussard	F/sr	md	g	La +++ Lo cc +++	a	i	alte Fraktur, Pseudarthrosebildung	-							E/a
134	Kleiber	U/Stk	md	g	Ax +	f	s	Schädeltrauma	K (E)						Exitus am selben d	Ex
135	Mäusebussard	Tt/Spl	d	o	Ax +++	f	i	Weichteilgewebe im Frakturbereich vollständig zerstört	-							E
136	Rabenkrähe	H/Spl	pmd	o	La +++	f	i	2 Drahtcerclagen, 1 Dexon®-Cerclage	Kst, C (3)	-	+	+	+		W nach 51 d	W
137	Sperber	R/sr U/Spl	m m	o	Ax +++	f	i	bei Eingangsuntersuchung Verkürzung der Unterarmmuskulatur	U/Fix.ex.	-	-	+	+	+	W nach 46 d	W

Fortsetzung Tabelle 18: Patientendaten

Patient Nr.	Spezies	Betroffene(r) Knochen/ Frakturtyp	Lokalisation	offen/gedeckt	Dislokation der Frakturenden	Frakturarter	Beweglichkeit	Sonstige Befunde/ Anmerkungen	Therapieform	Rö. nach 1 w	Rö. nach 2 w	Rö. nach 3 w	Rö. nach 4 w	Rö. nach 5 w	Ergebnis	Verbleib
138	Sperber	R/sr U/sr	m m	g	Ax ++	ä	i		U/Fix.ex.	+	+	+	+		nach 1 w Fraktur durch Fix. ex. am distalsten KD, nachfolgend Achsabweichung, W nach 211 d	W
139	Sperber	R/sr U/Spl	d m	g	La ++	f	i		U/Fix.ex.	-					Exitus nach 2 d	Ex
140	Turmfalke	R/sr U/q	d m	g	U/La+ R/Lo cc +	f	i		U/Fix.ex.	-	+	+	+		W nach 35 d	W
141	Rabenkrähe	Co/sr	p	g	Ax ++	f	i		K (E)	-	±	+	+		W nach 32 d	W
142	Sperber	R/sr U/Spl	d m	o	U/La +++ R/ La +++ Lo cc +++	h	i	ältere Fraktur, hochgr. Weichteilschädigung	-							E
143	Stockente	R/Spl U/Spi	m pm	o	beide La ++	h	i	Schussverletzung, ältere Fraktur, Wundinfektion	-							E S
144	Grünfink	Co/Spl	pm	g	Lo cc ++	f	i		K (E)	-	+				W nach 24 d	W
145	Turmfalke	H/Spl U/sr Mi/Spl Ma/Spl	p dg pg pg	o g o o	H/La g +++	f	i	Schussverletzung, hochgr. Weichteilschädigung	-							E S
146	Turmfalke	Ws		g		h	s	Fraktur der Wirbelsäule im Bereich der letzten Brustwirbel	K (Kr)	+	+	+	+		W nach 41 d	W
147	Turmfalke	Mi Ma/Spl	md	o	Ax ++	f	i		Ma/Fix.ex	-	-	+	+		W nach 48 d	W

DANKSAGUNG

Frau Prof. Dr. M.-E. Krautwald-Junghanns danke ich für die Überlassung des Themas, für die freundliche Unterstützung, die zahlreichen wertvollen Anregungen und für unerschöpfliche Geduld und Wohlwollen bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. E. F. Kaleta möchte ich für seinen überaus kompetenten Rat und die stete Bereitschaft, sein umfangreiches Fachwissen bereitwillig weiterzugeben, danken.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Vögel und Reptilien, insbesondere Susanne für die praktische Einführung in die orthopädische Chirurgie des Vogels, Helmut für fachliche Anregungen und eine unvergessliche kollegiale Zusammenarbeit sowie Dörte, Antoinette und Melanie für ihre unschätzbare Hilfe bei weiterführender Diagnostik bzw. bei der medizinischen und pflegerischen Versorgung der behandelten Vögel.

Weiterer Dank gebührt den Mitarbeitern zahlreicher Wildvogelauffang- und Pflegestationen, allen voran Herrn Feder, Frau Sheppard, Wolfgang Gruszka und Sonja Lüchow für die Überweisung und Betreuung der Wildvogelpatienten.

Frau PD Dr. I. Jürgensen und Herrn Dr. A. Michel danke ich für die Möglichkeit zur Digitalisierung meiner Röntgenbilder sowie ihre Anleitung zur Durchführung dieser Arbeiten.

Carmen und Patrick Lavin danke ich herzlich für das Redigieren des Kapitels „Summary“.

Meinen Eltern danke ich zutiefst für jegliche Form der Unterstützung während meines Studiums und der Anfertigung der vorliegenden Arbeit. Ihr Vertrauen in mein Tun waren mir Ansporn und Rückhalt zugleich.

Besonders herzlicher Dank gilt meiner Frau Anne, die mich in jeder erdenklichen Weise unterstützt hat, insbesondere für die stetige Ermutigung und ihren liebevollen Zuspruch in Phasen der Verzagtheit. Dank schulde ich auch meinen Kindern Jonathan und Charlotte für ihr Verständnis und ihre Nachsicht für die Zeit und Aufmerksamkeit, die sie durch die Fertigstellung meiner Arbeit entbehren mussten.

Ich danke meinen Großeltern, die durch die Vermittlung ihrer Faszination für Tiere den Grundstein für meine Berufswahl gelegt haben.

Schließlich danke ich all jenen, die – obwohl nicht namentlich genannt – in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.



édition scientifique

VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFBENGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN 3-8359-5359-1



9 783835 953598