

Aus dem Zentrum für klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter Leitung von Univ.-Prof. Dr. Dr. med. vet. habil. Ulrike Matis

**Retrospektive Analyse ausgewählter Frakturen der  
Schultergliedmaße bei der Katze –  
Behandlung und Ergebnisse**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der  
Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Andreas Peter Wetscher

aus Schwaz

München 2012

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan:                           Univ.-Prof. Dr. Braun  
Berichterstatter:               Univ.-Prof. Dr. Matis  
Korreferent:                    Univ.-Prof. Dr. Poulsen Nautrup

Tag der Promotion: 21. Juli 2012

*Meiner Familie*

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>II</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Definition, Einteilung und Entstehung von Frakturen.....</b>	<b>11</b>
1.1	Definition .....	11
1.2	Frakteureinteilung .....	11
1.2.1	Frakturformen.....	12
1.3	Frakturentstehung.....	15
<b>2</b>	<b>Diagnostik .....</b>	<b>18</b>
2.1	Klinisch-orthopädische Untersuchung .....	18
2.2	Bildgebende Untersuchung .....	19
<b>3</b>	<b>Frakturheilung .....</b>	<b>21</b>
3.1	Sekundäre Knochenheilung.....	21
3.2	Primäre Knochenheilung.....	23
<b>4</b>	<b>Frakturbehandlung.....</b>	<b>25</b>
4.1	Besonderheiten der Katze.....	25
4.2	Sofortmaßnahmen und konservative Behandlungsmöglichkeiten .....	27
4.3	Chirurgische Behandlungsprinzipien .....	29
<b>5</b>	<b>Frakturen der Schultergliedmaße .....</b>	<b>32</b>
5.1	Häufigkeit und Frakturlokalisation .....	32
5.2	Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung.....	33
5.3	Ursache.....	34
5.4	Übersicht der operativen Zugänge zu den Frakturgebieten .....	35
5.5	Behandlung und Ergebnisse von Skapulafrakturen .....	36
5.6	Behandlung und Ergebnisse von Humerusfrakturen.....	38
5.7	Behandlung und Ergebnisse von Radius-/Ulnafrakturen .....	46
5.8	Behandlung und Ergebnisse von Karpalfrakturen .....	51
5.9	Implantatentfernung .....	52
<b>III</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>54</b>
<b>1</b>	<b>Retrospektive Studie .....</b>	<b>54</b>
1.1	Patienten .....	54

---

1.2	Einteilung der Frakturen.....	54
<b>2</b>	<b>Kontrollstudie.....</b>	<b>56</b>
2.1	Befragung des Tierbesitzers .....	56
2.2	Klinisch-orthopädische Untersuchung .....	57
2.3	Röntgenuntersuchung.....	59
2.4	Klassifizierung der Frakturen.....	60
2.5	Statistische Auswertung .....	61
<b>IV</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>62</b>
<b>1</b>	<b>Frakturen des Schulterblatts.....</b>	<b>62</b>
1.1	Häufigkeit.....	62
1.2	Lokalisation und Form der Frakturen.....	62
1.3	Altersverteilung.....	63
1.4	Geschlechtsverteilung .....	64
1.5	Rasseverteilung .....	64
1.6	Unfallursache und zusätzliche Verletzungen .....	64
1.7	Behandlung und Ergebnisse .....	65
<b>2</b>	<b>Frakturen des Oberarms .....</b>	<b>68</b>
2.1	Häufigkeit.....	68
2.2	Lokalisation und Form der Frakturen.....	68
2.3	Altersverteilung.....	70
2.4	Geschlechtsverteilung .....	73
2.5	Rasseverteilung .....	73
2.6	Unfallursache und zusätzliche Verletzungen .....	74
2.7	Behandlung und Ergebnisse .....	75
2.7.1	Proximale Epiphyse und Metaphyse .....	76
2.7.2	Diaphyse.....	77
2.7.3	Distale Epiphyse und Metaphyse .....	81
2.7.3.1	Suprakondyläre Frakturen .....	81
2.7.3.2	Unikondyläre Frakturen .....	84
2.7.3.3	Bikondyläre Frakturen.....	86
2.7.3.4	Epikondyläre Frakturen.....	88
<b>3</b>	<b>Frakturen des Unterarms .....</b>	<b>89</b>
3.1	Häufigkeit.....	89

---

3.2	Lokalisation und Form der Frakturen.....	89
3.2.1	Kombinierte Radius- und Ulnafrakturen.....	89
3.2.2	Isolierte Radiusfrakturen .....	92
3.2.3	Isolierte Ulnafrakturen .....	93
3.3	Altersverteilung.....	94
3.4	Geschlechtsverteilung .....	95
3.5	Rasseverteilung .....	95
3.6	Unfallsursache und zusätzliche Verletzungen .....	95
3.7	Behandlung und Ergebnisse .....	97
3.7.1	Kombinierte Radius- und Ulnafrakturen.....	98
3.7.2	Isolierte Radiusfrakturen .....	104
3.7.3	Isolierte Ulnafrakturen .....	108
<b>4</b>	<b>Frakturen der Karpalknochen.....</b>	<b>112</b>
4.1	Häufigkeit.....	112
4.2	Lokalisation und Form der Frakturen.....	112
4.3	Altersverteilung.....	113
4.4	Geschlechtsverteilung .....	113
4.5	Rasseverteilung .....	113
4.6	Unfallsursache und zusätzliche Verletzungen.....	113
4.7	Behandlung und Ergebnisse .....	115
<b>5</b>	<b>Kontrollstudie.....</b>	<b>117</b>
5.1	Befragung des Tierbesitzers .....	117
5.2	Klinisch-orthopädische Untersuchung .....	119
5.3	Röntgenologische Untersuchung.....	121
<b>6</b>	<b>Übersichtsdarstellung der Gesamtresultate .....</b>	<b>126</b>
6.1	Alter, Rasse, Geschlecht.....	126
6.2	Unfallsursache .....	127
6.3	Frakturregion.....	129
6.3.1	Frakturtyp .....	131
6.3.2	Frakturform .....	132
6.3.3	Komplikationen.....	132
<b>V</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>135</b>
<b>VI</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>155</b>

<b>VII</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>157</b>
<b>VIII</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>159</b>
<b>IX</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>178</b>
<b>X</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>180</b>
<b>XI</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>183</b>
<b>XII</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>195</b>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

σ	Standardabweichung
A.	Arteria
AO	Arbeitsgruppe für Osteosynthese
Artt.	Articulationes
BCS	„body condition score“
bzw.	beziehungsweise
CRIF	„clamp rod internal fixator“
CT	Computertomografie
DCP	„dynamic compression plate“
EKH	Europäisch Kurzhaar
ESF	„external skeletal fixator“
HD	Hüftgelenksdysplasie
IM	intramedullär
ISG	Iliosakralgelenk
k.A.	keine Angabe
kVp	Kilovolt Peak
LC	„limited contact“
Lig.	Ligamentum
M.	Muskulus
mAs	Milliamperesekunde
MRT	Magnetresonanztomografie
n	Anzahl
N.	Nervus
n.b.	nicht beurteilbar
OP	Operation
PDS	Polydioxanon
Proc.	Processus
SH	Salter und Harris
VCP	„veterinary cuttable plate“
vk	Variationskoeffizient

## I EINLEITUNG

Der Grundsatz der Osteosynthese von Frakturen, nämlich die vollständige und rasche funktionelle Wiederherstellung der verletzten Gliedmaße, hat sich im Vergleich zur Mitte des 20. Jahrhunderts nicht wesentlich geändert (SCHATZKER, 2005). Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die Tiermedizin sich mit der Zeit mehr Wissen rund um die ätiologische Frakturentstehung und deren angemessene Versorgung angeeignet hat, nicht zuletzt durch die vermehrte Vorstellung von traumatisierten Patienten aufgrund der Zunahme an Haustierhaltungen sowohl in den städtischen als auch in den ländlichen Gebieten.

Eine ständige Weiterentwicklung wurde somit nicht nur von einzelnen Pionieren der Osteosynthese vorangetrieben, sondern auch mit der Gründung von Arbeitsgemeinschaften, die sich intensiv mit der Frakturbehandlung beschäftigten und neue Maßstäbe in der erfolgreichen Versorgung setzten (DENNY, 1996). Dazu zählt wohl die bekannteste Arbeitsgruppe für Osteosynthese-Fragen (AO-Gruppe), auch unter dem Namen „Arbeitsgruppe zur Studie interner Fixationsmethoden“ (ASIF-Gruppe) bekannt, gegründet 1958 und von der Veterinärmedizin im Jahre 1968 durch die Gründung der AO-Vet 1969 übernommen (KASA u. KASA, 1975). Die AO-Methodik wird über die exakte anatomische Reposition durch eine gewebeschonende Operationstechnik mit dem Ziel einer stabilen Osteosynthese unter Vermeidung von Immobilisierungsschäden charakterisiert (KASA u. KASA, 1975; SCHATZKER, 2005). Ein neues und jüngeres Prinzip in der Frakturversorgung wird heutzutage unter dem Begriff der biologischen Osteosynthese verstanden. Ähnlich der AO-Technik spielt ein minimalinvasiver Zugang mit Aufrechterhaltung der periostalen Blutgefäßversorgung eine wichtige Rolle, jedoch soll eine dynamische Stabilisierung eine frühe funktionelle Rehabilitation ermöglichen (ARON et al., 1995; KARNEZIS et al., 1998; MCLAUGHLIN, 1999; HORSTMAN et al., 2004).

Um Verbesserungen anzustreben und weitere Fortschritte zu erzielen, ist es notwendig, durch Langzeituntersuchungen vergangener Jahre Rückschlüsse auf gewählte Frakturversorgungen und etwaige dabei entstandene Komplikationen zu ziehen. Mithilfe von klinisch-orthopädischen und röntgenologischen

Nachkontrollen ist es möglich, gewisse Probleme im Heilungsverlauf darzustellen. Nur so können Fehler erkannt, die Wahl und Durchführung der Osteosynthese optimiert und dadurch der Patient selbst bestmöglichst und schonend versorgt werden.

Die Chirurgische Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München zählt zu einer der besten Einrichtungen auf dem Gebiet der Osteosynthese, da sehr viel Wert auf Forschungen und retrospektiven Studien gelegt wird (RADZIKOWSKI, 1971; KÖSTLIN, 1973; BRUNNBERG, 1974; FUCHS, 1978; EULER, 1979; STAIMER, 1980; BIDLINGMAIER, 1989; KNOBLOCH, 1990; BAUMER, 1992; KURZBACH, 2000).

Das Ziel meiner vorliegenden deskriptiven Studie basiert auf einer retrospektiven Langzeituntersuchung, indem Informationen von versorgten Frakturen der Vordergliedmaße (Schulterblatt, Ober-, Unterarm, Karpus) bei Katzen der letzten 20 Jahre gesammelt, aufgelistet und zusammen mit dem Ergebnis der klinischen und röntgenologischen Kontrollen verglichen und statistisch ausgewertet werden.

## II LITERATURÜBERSICHT

### 1 Definition, Einteilung und Entstehung von Frakturen

#### 1.1 Definition

„Fraktur: Knochenbruch, infolge eines momentanen einmaligen Traumas, längerer rhythmischer Beanspruchung (Ermüdungsbruch), herabgesetzter Belastungsfähigkeit (z.B. bei Osteomalazie) oder Knochenzerstörung (z.B. durch Tumor, pathologische Fraktur)“ (PSCHYREMBEL, 1997).

Eine Fraktur wird im Gegensatz zur Fissur als vollständige Zusammenhangstrennung der Knochenkontinuität bezeichnet (DENNY, 1996). Dies geschieht in den meisten Fällen aufgrund eines direkten Traumas (z.B. Stürze, Schläge, Autounfälle), wobei der Knochen häufig unmittelbar an der Stelle der höchsten Krafteinwirkung bricht. Jedoch besteht die Möglichkeit der indirekten Gewalteinwirkung, wie sie bei übermäßigen Muskelkontraktionen sowie unkoordinierten Bewegungen auftritt. Die Entladungsenergie wird auf schwächere Knochenareale geleitet, die dieser Belastung nicht standhalten. Typische Beispiele stellen Femurhals- oder Abrissfrakturen am Kalkaneus dar (ROUSH, 2005; SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). Bestimmte Faktoren begünstigen die Entstehung einer Fraktur. So brechen häufiger lange, von der Muskulatur wenig geschützte Knochen, wie Radius, Ulna oder Tibia, im Gegensatz zu kurzen und kompakten Knochen z.B. der Karpal- und Tarsalgelenke. Ebenso beeinflussen hormonelle Imbalancen, diätetische Mängel, Infektionen sowie lokale Knochenneoplasien die Knochenarchitektur und somit die Stabilität und Festigkeit negativ und führen zu einer pathologischen Fraktur bzw. Spontanfraktur (DENNY, 1996; ROUSH, 2005; SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007).

#### 1.2 Frakteureinteilung

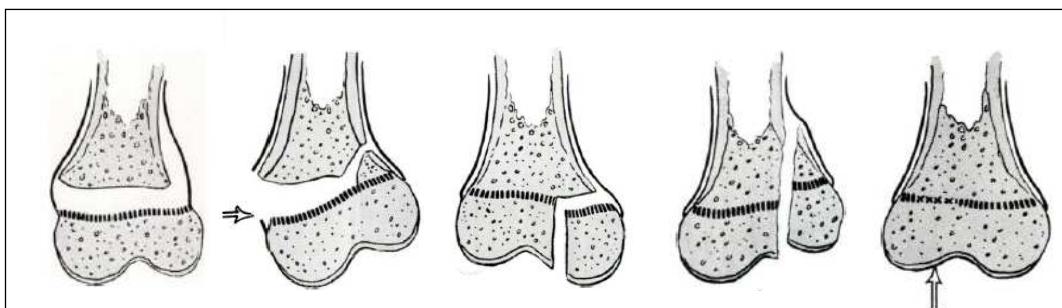
Bei der Einteilung von Frakturen sollte zunächst die Ursache (direktes oder indirektes Trauma), die anatomische Lokalisation, die Frakturform, der Schweregrad (inkomplette Frakturen, wie z.B. Knochenfissuren, Stauchungsfrakturen mit Vorwölbung der Kortikalis und monokortikale Grünholzfrakturen [besonders bei jungen Tieren] oder komplettete Frakturen

[einfach oder komplex]) und Kontamination ermittelt werden. Bei letzterem besteht eine Unterscheidung zwischen einer gedeckten und offenen Fraktur (SUMNER-SMITH, 1992; PIERMATTEI et al., 2006). Die gedeckte Form ist charakterisiert durch eine darüber liegende intakte Haut. Besteht eine Verbindung zwischen dem Frakturbereich und einer Hautwunde, wird von einem offenen Bruch mit erhöhter Infektionsgefahr gesprochen (GUSTILO et al., 1990). Nach TILLSON (1995) können drei Schweregrade offener Frakturen unterschieden werden. Bei Typ 1 wird die Haut kurzzeitig von innen durch ein Knochenfragment perforiert ( $\text{Läsion} < 1\text{cm}$ ), bei Typ 2 besteht eine kleine Wunde ( $> 1\text{ cm}$ ) mit mildem Weichteiltrauma, die mit der Fraktur in Verbindung steht und von Typ 3 wird gesprochen, wenn eine große Läsion mit extrem geschädigten oder nicht mehr vorhandenem Weichteilgewebe vorliegt. Diese Verletzung wird meist durch ein starkes externes Trauma hervorgerufen. TILLSON (1995) unterteilt diesen Typ in drei Untergruppen, ausgehend von der Möglichkeit eines Wundverschlusses. Ausreichend Gewebe für eine primäre Wundheilung wird durch den Typ 3a definiert, bei Typ 3b ist nur noch ein sekundärer Wundverschluss möglich und bei Typ 3c liegt eine massive Weichteilverletzung mit Beeinträchtigung der Gefäßversorgung im distalen Bereich der Extremität vor. Gemäß der anatomischen Lokalisation lassen sich am Beispiel eines langen Röhrenknochens die proximale Epiphyse und Metaphyse, die Diaphyse und die distale Metaphyse und Epiphyse beschreiben (SALOMON, 2005). Im Bereich des distalen Humerus kann beispielsweise eine spezifischere Einteilung der Frakturen in kondylär, bikondylär oder suprakondylär erfolgen (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007).

### 1.2.1 Frakturformen

Bei wachsenden, juvenilen Tieren finden bei Schädigungen im Bereich der Epiphysenfugen bzw. der Wachstumszonen (Epiphysis proximalis et distalis) die Bezeichnungen nach SALTER u. HARRIS (1963) Gebrauch (Abbildung 1). Als Komplikationen weisen sie auf einen möglichen vorzeitigen Fugenschluss mit Verkürzung der Extremität hin, wenn der entstandene Spalt mit Knochen ausgefüllt wird. Typ 1 einer Epiphyseolyse zeigt eine erweiterte Fuge, in den meisten Fällen ohne größere Dislokation, da die periostale Verbindung in der Regel intakt ist. Somit liegt eine gute Heilungsrate vor. Zusätzlich zur Verschiebung in der Epiphysenfuge findet man beim Typ 2, einer der häufigsten

Formen, einen metaphysären Keil mit Zerreißung des Periosts auf der konvexen Seite. Nach einer Reponierung zeigt sich eine sehr gute Heilung. Eine Zusammenhangstrennung durch die Epiphyse mit verbreiterter Fuge wird als Typ 3 bezeichnet. Somit liegt eine intraartikuläre Fraktur vor, die eine stufenlose Reponierung erfordert. Die Prognose einer guten Heilung hängt von der Aufrechterhaltung der Blutversorgung und der Genauigkeit der Reposition ab. Eine Kombination aus Metaphyse, die Fuge überquerend bis zur Epiphyse wird als Typ 4 verstanden und benötigt eine offene Korrektur. Diese Form wird oft am distalen Humerus gesehen. Bei Typ 5 handelt es sich im Gegensatz zu Typ 1 um eine Stauchung in der Wachstumsfuge ohne Dislokation der Epiphyse, vor allem im Bereich des distalen Radius und der proximalen Tibia. Dieser Typ wird oftmals übersehen, da die gestauchte Epiphyse im Röntgen nicht unmittelbar nach dem Trauma sichtbar ist. Der Schweregrad der Fraktur ist erst nach einiger Zeit beurteilbar, da durch die Schädigung der Osteoblastenaktivität (SUMNER-SMITH, 1992) eine Wachstumsstörung auftreten kann (SALTER u. HARRIS, 1963). Einen Typ 6 bezeichnet JOHNSON (2007) als einen partiellen, durch ein Trauma ausgelösten vorzeitigen Fugenschluss. Ein typisches Bild wäre eine Asymmetrie in der Fugenlinie.



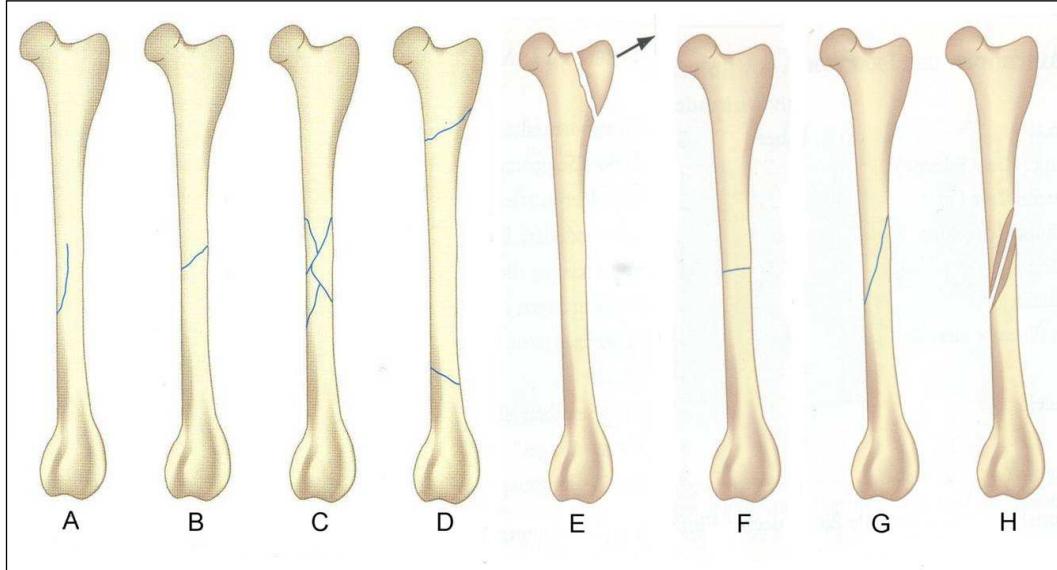
**Abb. 1: Epiphysenfrakturen der Wachstumsfuge.**

**Typ I:** Epiphysenfuge, **Typ II:** Epiphysenfuge u. Metaphyse, **Typ III:** Epiphysenfuge u. Epiphyse, **Typ IV:** Metaphyse u. Epiphyse, **Typ V:** Stauchung (modifiziert nach SALTER u. HARRIS, 1963).

Die Apophysen sind wichtige Knochenvorsprünge für den Ansatz von Muskelsehnen und Bändern (z.B. Tuberculum supraglenoidale scapulae, Tuber olecrani, Apophysis ossis carpi accessorii) mit teilweise eigenen Verknöcherungskernen (SALOMON, 2005). Bei Vorschädigungen oder übermäßiger Krafteinwirkung (z.B. Muskelzug) kann es vor allem bei juvenilen Tieren im Bereich der Apophysenfuge zu Ablösungen bzw. Abrissfrakturen (Apophysiorhexis) des betroffenen Knochenkerns führen. Für eine traumatische

Ablösung prädisponierte Apophysen sind z.B. der Proc. anconeus beim Deutschen Schäferhund, die Tuberositas tibiae bei Kleinhunden (SALOMON, 2005) und der Trochanter major, Kalkaneus sowie das Olekranon bei Katzen (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007).

Die weitere Einteilung der Frakturform hängt vom Verlauf der Frakturlinie ab (DENNY, 1996). Querfrakturen sind durch eine im rechten Winkel zur Knochenlängsachse, Schrägfrakturen durch eine zur Knochenlängsachse winkelig verlaufende und Spiralfrakturen durch eine um die Längsachse schraubenförmige Bruchlinie charakterisiert. Unter einer Impressions- oder Stauchungsfraktur wird ein Zusammendrücken der Fragmente verstanden. Eine Stückfraktur besteht aus mindestens drei Segmenten und bei einer Splitter- bzw. Trümmerfraktur ist der Knochen in mehrere Fragmente zerbrochen (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). Eine Übersicht findet sich in Abbildung 2.



**Abb. 2: Frakturformen.**

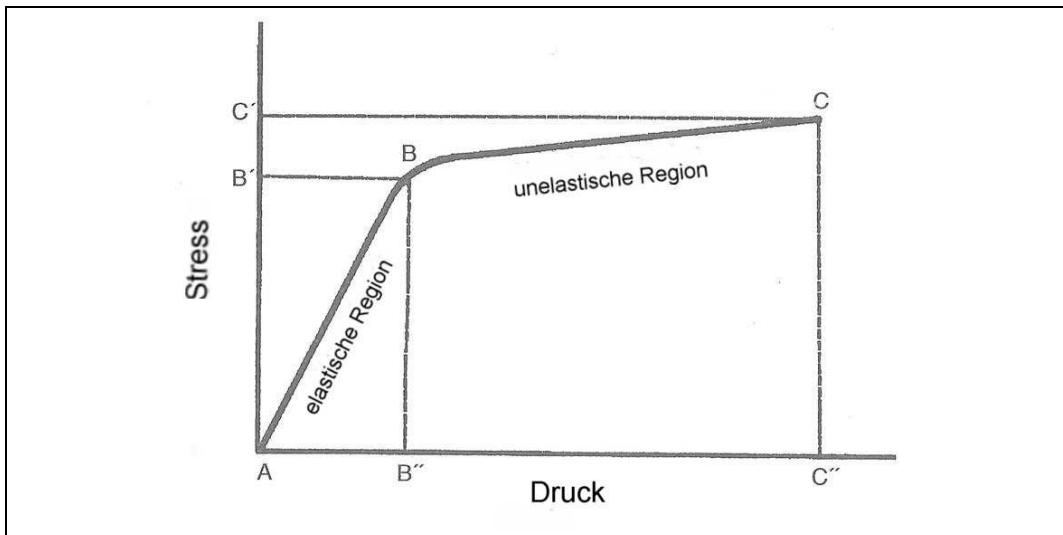
Inkomplette Fraktur (A), komplett Fraktur (B), Splitterfraktur (C), Stückfraktur (D), Abrissfraktur (E), Querfraktur (F), Schrägfraktur (G), Spiralfraktur (H) (modifiziert nach SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007).

Eine weitere Form der Frakteureinteilung für lange Röhrenknochen stellt das System der AO-Klassifizierung nach UNGER et al. (1990) dar. Mithilfe eines Zahlencodes werden die betroffenen Knochen (1 = Humerus, 2 = Radius/Ulna, 3 = Femur, 4 = Tibia/Fibula), die Frakturlokalisation (1 = proximal, 2 = diaphysär, 3 = distal) und der Schweregrad (A = einfache, B = keilförmige, C = komplexe Fraktur) erfasst. Am Unterarm wird in der Diaphyse zusätzlich ein proximaler und

distaler Bereich unterschieden. Durch eine weitere Einteilung in die Untergruppen 1–3 wird der Grad der Fragmentierung dokumentiert. Diese Methode beinhaltet ebenfalls eine Beschreibung einer möglichen Gelenkbeteiligung an den jeweiligen Knochenendabschnitten (A = extraartikulär, B = partiell artikulär, C = komplett artikulär, jeweils mit Untergruppen von 1–3). Als Beispiel für eine distale epiphysäre Humerus-Y-Splitterfraktur würde die Codierung 13–C3 gelten.

### 1.3 Frakturentstehung

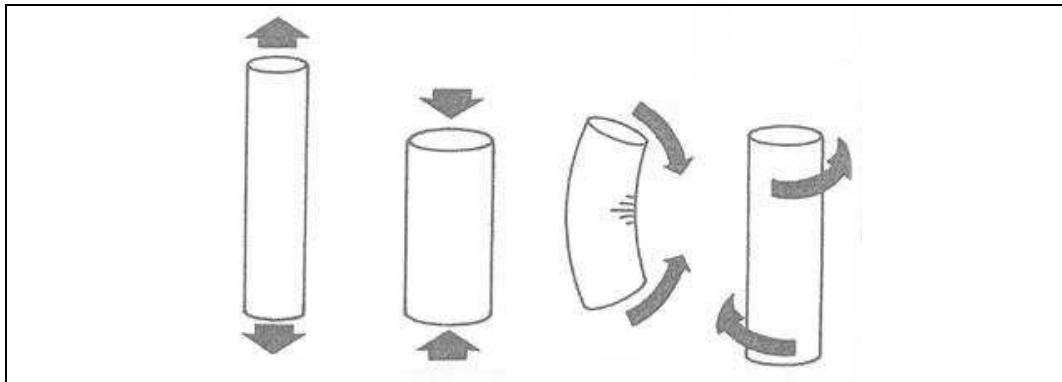
Bei der Entstehung einer Fraktur erfährt der Knochen eine übermäßige Krafteinwirkung, die seine Festigkeit und die damit verbundene Zerreißgrenze überschreitet (FRANKEL u. NORDIN, 2001; Abbildung 3). Unterhalb dieses Schwellenniveaus kommt es je nach Energieentladung zu einer reversiblen elastischen oder irreversiblen unelastischen Deformation (RADASCH, 1999).



**Abb. 3: Frakturentstehung.**

Elastische Region (A-B): reversible Knochendeformation, unelastische Region (B-C): irreversible Knochenverformung, Frakturentstehung (C) (modifiziert nach FRANKEL u. NORDIN, 2001).

Die Kräfte Kompression, Zug, Biegung, Torsion (Abbildung 4) treten einzeln oder kombiniert in unterschiedlicher Form auf. Bei Jungtieren kommt es wegen der höheren Elastizität des Knochens vor dem eigentlichen Bruch zu einer Verformung mit einer daraus resultierenden erschwerten korrekten Reposition (ROE, 1998; RADASCH, 1999; ROUSH, 2005).

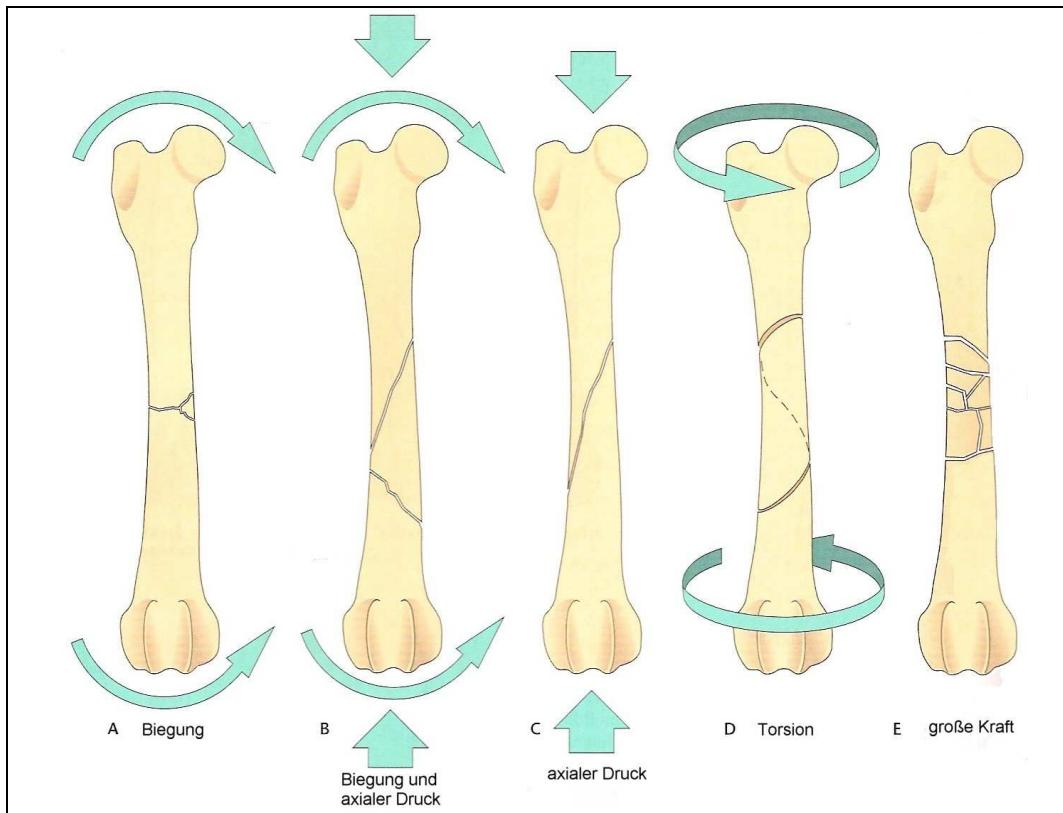


**Abb. 4: Formen der Krafteinwirkungen.**

Zug, Kompression, Biegung und Torsion (modifiziert nach FRANKEL u. NORDIN, 2001).

Wird ein Röhrenknochen Biegekräften ausgesetzt, so entstehen auf der einen Knochenseite Zug- und Dehnungskräfte, auf der anderen Seite zusätzlich Kompressions- bzw. Druckkräfte (RADASCH, 1999). Dies bewirkt eine beginnende Querfrakturierung des Knochens auf der Zugseite, wobei die Frakturlinie auf der Druckseite schrägverlaufend enden kann. Dabei besteht die Möglichkeit, dass zwei schräge Frakturlinien einen Keil bilden. Spiralfrakturen entstehen durch Torsionskräfte, Abriss- bzw. Avulsionsfrakturen durch Zugkräfte an den Insertionsstellen von Sehnen und Bändern und Schrägfäkturen aufgrund axialer Druckbelastung (Abbildung 5) (ROE, 1998; JOHNSON, 2007).

Die Geschwindigkeit der Krafteinwirkung auf den Knochen spielt für die Frakturentstehung eine wesentliche Rolle (ROE, 1998). Kräfte, die langsam am Knochen auftreffen und dabei nur wenig Energie in das umliegende Gewebe weiterleiten, begünstigen die Entstehung einfacher Frakturen (Quer-, Schräg-, Spiralfrakturen) am schwächsten Knochenareal. Hingegen bewirken Kräfte mit hoher Geschwindigkeit die Entstehung von Splitter- bzw. Trümmerfrakturen und von Weichteilschäden (ggf. offene Frakturen), da die große Energieentladung entlang der Frakturlinien in das angrenzende Gewebe geleitet werden (RADASCH, 1999).



**Abb. 5: Frakturlinien infolge von Krafteinwirkungen.**

Quer und schräg verlaufende Frakturlinie (A), schräge Splitterfraktur (B), Schrägfraktur (C), Spiralfraktur (D), nicht reponierbare Trümmerfraktur (E) (modifiziert nach JOHNSON, 2007).

Bei der Wahl der korrekten Methode einer Frakturversorgung müssen die durch Gewichtsbelastung und durch benachbarte Muskelkräfte hervorgerufenen Biege-, Torsions- und Druckkräfte unbedingt beachtet und richtig eingeschätzt werden (RADASCH, 1999). Um eine erfolgreiche Knochenheilung zu erzielen, ist es deshalb wichtig, nicht nur von der Stärke und Funktion geeignete Implantate zu verwenden, sondern dass die ausgewählte Fixation auch diesen Kräften entgegenwirken kann (JOHNSON, 2007).

## 2 Diagnostik

Katzen stellen eine Herausforderung für die orthopädische Untersuchung dar (LEONARD u. TILLSON, 2001). Im Gegensatz zum Hund bewegt sich die Katze in fremder Umgebung, wenn überhaupt, sehr vorsichtig und nur zaghaft. Oftmals liegen bei einer lahmenden Katze keine Hintergrundinformationen vor und beim Fehlen von zusätzlichen Traumazeichen können nur sehr schwer Rückschlüsse auf gewisse Bewegungsstörungen gezogen werden (VOSS u. STEFFEN, 2009). Diese Gegebenheit ist im Vergleich zum Hund auf eine eigenständigere Lebensweise zurückzuführen. VOSS u. STEFFEN (2009) schlagen vor, eine Liste an Differenzialdiagnosen zu erstellen und diese im Sinne einer ordentlichen Untersuchung und mit dem Einsatz diagnostischer Hilfsmittel abzuarbeiten, um eine spezifische Diagnose zu erhalten.

### 2.1 Klinisch-orthopädische Untersuchung

Eine klinische Untersuchung sollte stets vor einer orthopädischen Begutachtung durchgeführt werden, um vorab eventuelle gleichzeitige Erkrankungen aufzudecken, die unter anderem Schmerzreaktionen und Bewegungsunlust vortäuschen können und somit eine Verschleierung von Lahmheiten und Bewegungsstörungen bewirken (VOSS u. STEFFEN, 2009). Besonders bei Katzen mit orthopädischen Verletzungen aufgrund eines Traumas sollte eine gründliche klinische Allgemeinuntersuchung durchgeführt werden, da diese Patienten häufig zusätzliche und zum Teil lebensbedrohliche Verletzungen anderer Körperbereiche aufweisen, die die Prognose und den Heilungsverlauf stark negativ beeinflussen (ROUSH, 2005).

Eine Ganganalyse scheitert in den meisten Fällen an der Bewegungsunlust oder an einer übermäßigen geduckten Körperhaltung während der Fortbewegung in fremder Umgebung (CHANDLER u. BEALE, 2002). Trotzdem kann ein Versuch in einem ruhigen Untersuchungsraum oder durch Beobachtung außerhalb der Räumlichkeit gestartet werden. Ebenso liefern vom Besitzer von zuhause aus selbst gedrehte Filmsequenzen der Katze wichtige Rückschlüsse auf etwaige Lahmheiten bzw. Bewegungsstörungen (LEONARD u. TILLSON, 2001). Der weitere Verlauf einer orthopädischen Untersuchung gestaltet sich in einer Seitenvergleichenden Übersichtspalpation von proximal nach distal am stehenden Patienten mit einer folglich genaueren Beurteilung in Seitenlage beginnend an der

gesunden Extremität von distal nach proximal orientierend. VOSS u. STEFFEN (2009) weisen hierbei stets auf eine vorsichtige Manipulation ohne allzu großen Zwang hin. Jegliche Auffälligkeiten bei der Palpation der Knochen, Gelenke und Weichteilregionen, wie Asymmetrie, Schmerzen, Schwellungen, abnorme Beweglichkeit, Instabilität, Funktionsverlust und Krepitation werden notiert (PIERMATTEI et al., 2006). Da Katzen jedoch besonders unter Schmerzzuständen sehr unkooperativ sein können, wird in einigen Fällen eine Sedierung nach gründlich durchgeföhrter klinischer Untersuchung notwendig. Voraussetzung sollte ebenfalls ein vorher erhobener neurologischer Status der betroffenen Extremität sein (CHANDLER u. BEALE, 2002).

## 2.2 Bildgebende Untersuchung

Das Röntgen stellt wohl das wichtigste bildgebende Hilfsmittel in der Frakturdiagnostik des feline Patienten dar (OHLERTH et al., 2009). Frakturlokalisation und Frakturart können hervorragend eruiert werden, dies ermöglicht ein Planen der chirurgischen Vorgehensweise. Röntgenaufnahmen sollten mindestens in zwei Ebenen angefertigt werden. Bei Fissuren sind zum Teil mehrere Ebenen sowie Wiederholungsaufnahmen zu einem späteren Zeitpunkt nötig. Um eine mögliche Rotation, besonders bei Frakturen langer Röhrenknochen zu beurteilen, ist eine Ablichtung des proximalen und distalen Gelenks ratsam. Die Interpretation muss jedoch unbedingt zusammen mit den vorher erhobenen klinischen Befunden erfolgen (ROUSH, 2005; JOHNSON, 2007). HARARI (2002) empfiehlt, unausgewachsene Tiere < 1 Jahr alle 2–4 Wochen, 1- bis 10-jährige Patienten in 4- bis 6-wöchigen Intervallen und ältere Patienten alle 6–8 Wochen hinsichtlich des Heilungserfolgs zu kontrollieren.

Zu den weiteren möglichen bildgebenden Verfahren der Frakturdiagnostik zählen die Durchleuchtung, die Sonografie, die Kernspin- (MRT) und die Computertomografie (CT; ROUSH, 2005). Nur wenigen tierärztlichen Einrichtungen stehen diese Möglichkeiten zur Verfügung. Die Durchleuchtung wird hauptsächlich zur visuellen Überprüfung des korrekten Implantatsitzes bei der Frakturreponierung eingesetzt. Ein großer Nachteil stellt die extrem hohe Strahlenbelastung sowohl für den Patienten als auch für das anwesende Personal dar (ROUSH, 2005; OHLERTH et al., 2009). Die Sonografie kann aufgrund der Knochenundurchlässigkeit nur begrenzt verwendet werden. RISSELADE et al. (2005) beschreiben eine Ultraschall unterstützte Kontrolle der sekundären Heilung

unkomplizierter Frakturen an langen Röhrenknochen. Im Vergleich zum Röntgen kann die Diagnose einer erfolgreichen Frakturheilung mittels Sonografie schneller gestellt werden und erlaubt somit eine frühzeitigere Dynamisierung der betroffenen Extremität. Der Einsatz des MRT und der CT bleibt wegen des großen Aufwands und der damit verbundenen hohen Kosten Kliniken sowie diagnostischen Zentren vorbehalten. Zur Beurteilung werden vor allem das MRT bei Verletzungen des Weichteilgewebes, des Rückenmarks und der Nervenwurzeln und die CT bei Knochenläsionen zur dreidimensionalen Rekonstruktion herangezogen. Mit der Szintigrafie lässt sich der physiologische Zustand und die Aktivität des Knochens evaluieren, sie ermöglicht somit das Auffinden von akuten Osteomyelitiden, Knochensequestern und Pseudarthrosen (ROUSH, 2005; JOHNSON, 2007).

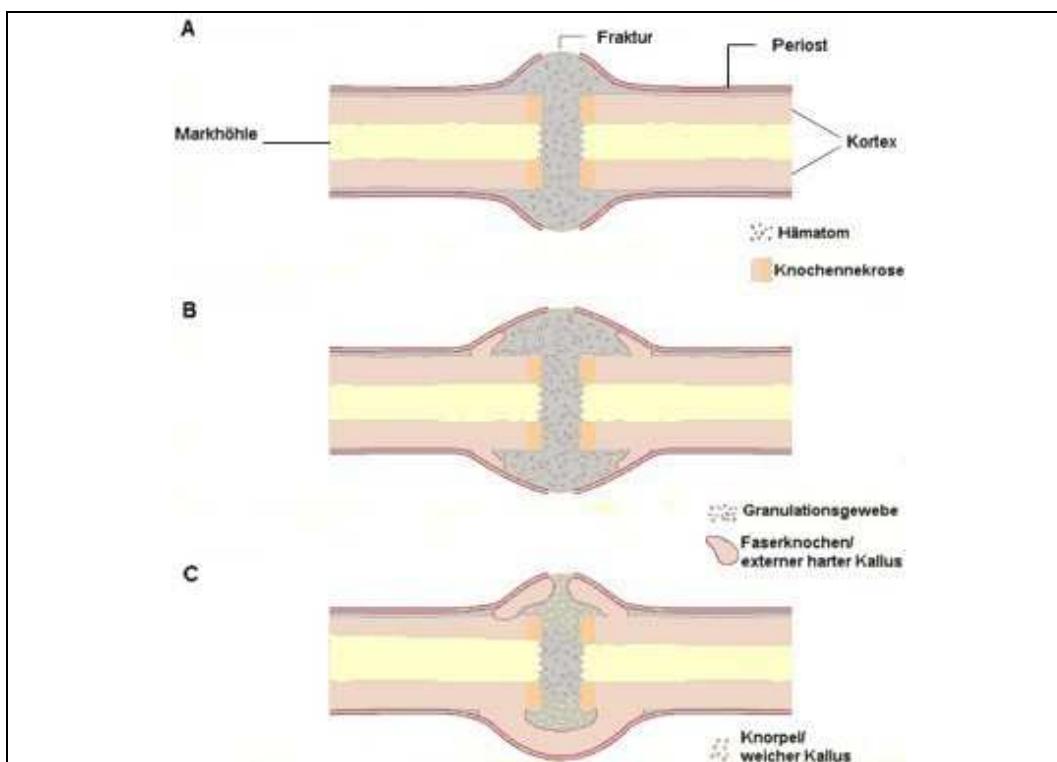
### 3 Frakturheilung

#### 3.1 Sekundäre Knochenheilung

Unter sekundärer oder auch indirekter Knochenheilung wird die Frakturstabilisation der dislozierten und beweglichen Fragmentenden durch die Ausbildung von Kallusgewebe verstanden (MCKIBBIN, 1978; MCKINLEY, 2003). Dabei spielen das umgebende Weichteilgewebe, das Periost/Endost sowie das Knochenmark eine wesentliche Rolle. Harter (externer) Kallus, der anfangs in Form einer dünnen knöchernen Manschette (Brückenkallus) für eine provisorische Festigkeit sorgt, wird von den Zellen (Differenzierung von Osteoprogenitorzellen [Vorstufe der Osteoblasten] zu Osteoblasten) (LIAN u. STEIN, 1992) des Periosts und der unterstützenden Blutversorgung des Weichteilgewebes gebildet (RHINELANDER, 1968). Neuer Faserknochen entsteht so direkt über intramembranöse Ossifikation. Der Frakturspalt wird mit weichem Kallus (Knorpel) ausgehend mit Knochenmark gefüllt und über die enchondrale Ossifikation in Knochen umgewandelt (Abbildung 6; PHILLIPS, 2005; WRAIGTHE u. SCAMMELL, 2006). Grundsätzlich gilt bei vermehrter Instabilität und Beweglichkeit der Frakturfragmente eine Zunahme an Kallusgewebe im Zusammenhang mit dem Auftreten einer massiveren Entzündungsreaktion, wie es in der Regel bei konservativen Behandlungsverfahren oder instabiler Fixation festzustellen ist (YAMAGISHI u. YOSHIMURA, 1955; HULTH, 1989).

Die sekundäre Knochenheilung läuft dabei in mehreren Phasen ab (MCKIBBIN, 1978; HULTH, 1989). Unmittelbar nach der Frakturentstehung kommt es zu Einblutungen in den Frakturspalt aufgrund beschädigter Gefäße der Markhöhle, des Periosts und der umgebenden Weichteile und somit zur Ausbildung eines Hämatoms. Die Blutversorgung kann dadurch nicht mehr für alle Knochenregionen aufrechterhalten werden, was folglich zu Ischämie und Absterben von Knochengewebe an den Fragmentenden und zu einer erhöhten Osteoklastenaktivität führt. Durch die Durchblutungsstörung und die nekrotischen Zellen wird die Entzündungskaskade mit den Begleitsymptomen Schwellung und Schmerz, die zur Immobilisation der betroffenen Extremität dienen, eingeleitet. Über chemotaktische Signale wandern monophagozytäre Zellen sowie lokale pluripotente mesenchymale Stammzellen, die über Proliferation zu Fibroblasten, Fibrozyten, Chondroblasten und Osteoblasten differenzieren, in das beschädigte

Areal ein. Mithilfe der Wachstumsfaktoren IL-1 (Interleukin 1), IL-6 (Interleukin 6), TGF- $\beta$  (transforming growth factor beta), IGF (insulin like growth factor), FGF (fibroblast growth factor), PDGF (platelet-derived growth factor) und BMP (bone morphogenetic proteins) (HULTH, 1989; LIEBERMAN et al., 2002; PHILLIPS, 2005) werden die Angiogenese und die Knochenheilung stimuliert (YAMAGISHI u. YOSHIMURA, 1955; PAUWELS, 1960; RHINELANDER, 1968; HULTH, 1989; LIAN u. STEIN, 1992; MCKINLEY, 2003; WRAIGTHE u. SCAMMELL, 2006).



**Abb. 6: Sekundäre Frakturheilung.**

Hämatom (A), Entzündungsphase (B), Reparaturphase (C) (modifiziert nach WRAIGTHE u. SCAMMELL, 2006).

Die Reparaturphase wird stark von der Größe der interfragmentären Bruchdehnung beeinflusst (ROUSH, 2005). Darunter wird die Dislokation der Fragmentenden während der Bewegung verstanden (CLAES u. HEIGELE, 1999). Knochengewebe toleriert eine Abweichung der Spaltgröße bzw. eine Bruchdehnung von nur 1–2 %, Knorpel bis zu 10 % und Bindegewebe 20 %. Unmittelbar nach einer Fraktur liegt eine Bruchdehnung von mehr als 100 % vor, d.h. von den Osteoblasten kann kein Knochen direkt geformt werden, da eine viel zu große Bruchdehnung vorliegt. Deshalb wird Ersatzgewebe, das eine höhere Zugfestigkeit aufweist und folglich die Bruchdehnung herabsetzt, gebildet. Dies

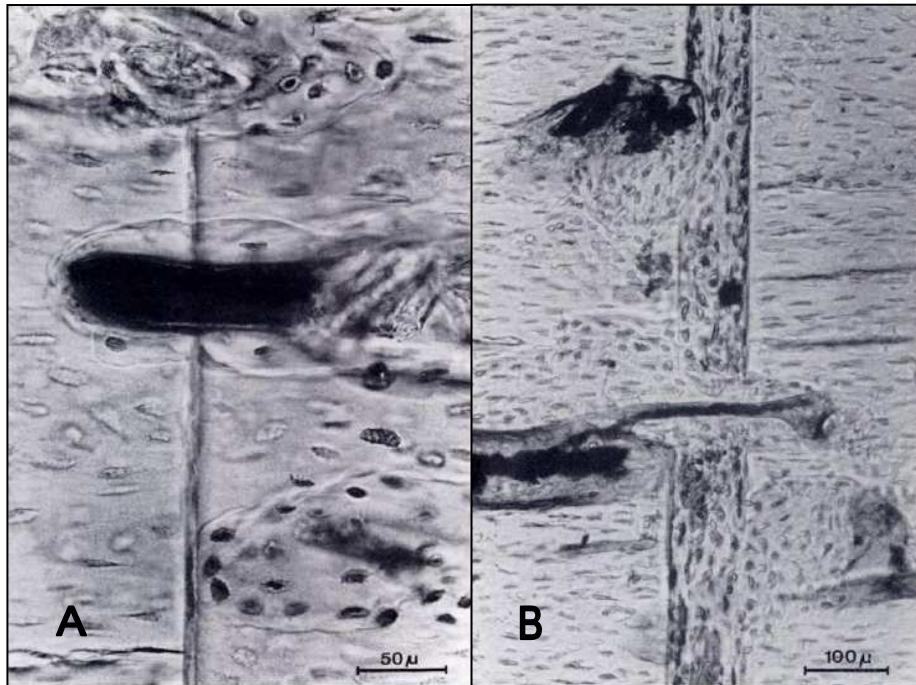
wird durch den fortschreitenden Abbau des Frakturhämatoms zu Granulationsgewebe umgesetzt (PAUWELS, 1960; RADASCH, 1999; RAHN, 2002; WRAIGHTE u. SCAMMELL, 2006). Im weiteren Verlauf entsteht aus dem Bindegewebe interfragmentärer Faserknorpel (weicher Kallus oder Knorpelkallus) und nach Einlagerungen von Kalksalzen durch enchondrale Ossifikation Faserknochen, der sich in der als Remodelling bezeichneten Phase in einem langsamem Prozess (über Jahre hinweg) durch das Einwirken von Zug- und Druckkräften und der natürlichen Osteoklasten-Osteoblasten-Aktivität (Wolff'sches Gesetz) (ALLGÖWER et al., 1971) in lamellären Knochen umwandelt (PAUWELS, 1960; EMERY u. MURAKAMI, 1967; WILLENEGGER et al., 1971; MÜLLER u. ENGELHARDT, 1987). Röntgenologisch zeichnet sich das Bild der sekundären Knochenheilung durch das Vorliegen eines deutlich sichtbaren endostalen und periostalen Kallus mit zunehmender Röntgendiffizite und einem schmäler werdenden Spalt aus (MORANDI et al., 2008).

### 3.2 Primäre Knochenheilung

Bei der primären oder direkten Knochenheilung findet eine direkte kortikale Heilung zweier Frakturenden statt (MCKIBBIN, 1978). Durch eine anatomische Rekonstruktion und Kompression der Frakturenden mittels Osteosynthese wird die dafür notwendige stabile biomechanische Umgebung geschaffen (O'SULLIVAN et al., 1989), sodass eine interfragmentäre Ruhigstellung (MÜLLER u. ENGELHARDT, 1987) mit nur minimaler Bewegungsmöglichkeit (MCKINLEY, 2003) erreicht wird. Dadurch liegt nur eine geringe interfragmentäre Bruchdehnung vor und es besteht keine funktionelle Indikation zur Ausbildung eines externen Brückenkallus (WRAIGHTE u. SCAMMELL, 2006). Somit werden weder sichtbarer Kallus noch Faserknorpel, sondern nach Gefäßeinsprössungen vom Periost und Endost sowie vom Markraum ausgehend Knochen produziert (RHINELANDER, 1968; MÜLLER u. ENGELHARDT, 1987). HULTH (1989) führt dies auf eine Unterdrückung des Entzündungsvorgangs und auf eine Verringerung der Ausschüttung von Wachstumsfaktoren durch interne Frakturfixation mittels Kompressionsplatten zurück.

Beträgt der Frakturspalt weniger als 0,1 mm, besteht die Möglichkeit des Remodellings über das Havers'sche System (Osteone) unmittelbar lamellären

Knochen in axialer Richtung nachzubilden (Kontaktheilung; RAHN et al., 1971). Bei einer interfragmentären Spaltbreite von 0,1–1 mm läuft hingegen eine Spaltheilung in zwei Schritten ab. Osteone, die zuerst longitudinal der Fraktur angeordnet sind, überbrücken anfangs den Spalt mit Faserknochen. Bevor letztlich die vollständige Wiederherstellung eintritt und die normale Knochenarchitektur hergestellt ist, werden in einem zweiten Schritt im Zuge des Umbaus des Havers'schen Remodellings die quer verlaufenden Lamellen von Osteoklasten durchbohrt und die Fraturenden mittels neuer Osteone in Längsrichtung des Knochens verfestigt (RAHN et al., 1971; MCKIBBIN, 1978; ROUSH, 2005). Abbildung 7 zeigt histologische Schnitte einer Fraktur in Kontakt- und Spaltheilung aus der Studie von RAHN et al. (1971) über experimentelle Osteotomien am Kaninchenknochen mit Kompressionsosteosynthese. Bei der primären Knochenheilung kann aus röntgenologischer Sicht auf keine eindeutigen Merkmale hingewiesen werden, lediglich ein Fehlen des periostalen Kallus, eine Abnahme der Röntgendiftiche an den Fraturenden sowie ein progressives Verschwinden der Frakturlinie sind bei einer Bildbetrachtung ersichtlich (MORANDI et al., 2008).



**Abb. 7: Kontakt- und Spaltheilung.**

Kontaktheilung: Ein Osteon kreuzt longitudinal der Knochenachse den Spalt (A), Spaltheilung: Osteone überbrücken zuerst den Frakturspalt quer der Knochenachse (B) (RAHN et al., 1971).

## 4 Frakturbehandlung

### 4.1 Besonderheiten der Katze

Nach wie vor wird von einigen Autoren auf veraltete und falsche Ansichten in der Frakturbehandlung bei Katzen hingewiesen (LARIN et al., 2001; CHANDLER u. BEALE, 2002; HARARI, 2002). Ein Beispiel wäre das bekannte Sprichwort, dass bei Katzen zwei Frakturenden im selben Raum liegend von alleine verheilen würden. In der Literatur wird verstärkt betont, dass Katzen nicht als kleine Hunde angesehen werden sollen und dass ihre Frakturversorgung nicht einfach und auch mit Komplikationen verbunden ist, wird wissenschaftlich belegt (EMERY u. MURAKAMI, 1967; NOLTE et al., 2005; SCOTT, 2005; HARASEN, 2009; WALLACE et al., 2009).

Allein schon die Betrachtung des Allgemeinverhaltens schließt ein gesondertes und angepasstes Behandlungsverfahren ein (SCOTT u. MCLAUGLIN, 2007). Dieser orthopädische Patient von kleiner Größe besitzt die Fähigkeit, aufgrund des leichten Gewichts und des athletischen Körperbaus eine verletzte Gliedmaße besser zu schützen und zu entlasten und somit funktionelle Ausfälle leichter zu kompensieren (SCOTT, 2005; HARASEN 2009). Die mangelnde Kooperation bei Manipulationen unter Schmerzen im Vergleich zum Hund, ihr unabhängiger und freier Lebensstil sowie der vorhandene Kletter- und Sprungtrieb erschweren jedoch jeden Untersuchungsvorgang und müssen für die Heilungs- bzw. Rekonvaleszenzphase berücksichtigt werden (SCOTT, 2005). RISSELANDER et al. (2005) bestätigen eine längere Knochenheilungszeit bei Katzen im Gegensatz zum Hund aufgrund einer besseren postoperativen Betreuung und Compliance von Seiten der Hundebesitzer.

Für eine erfolgreiche Frakturversorgung müssen die anatomischen Besonderheiten der Katze genauer betrachtet werden (CHANDLER u. BEALE, 2002). Generell weist der Katzenpatient im Vergleich zum Hund geradere Knochen mit dünner Kompakta auf (NICKEL et al., 2004), was z.B. das Einführen eines intramedullären Bohrdrashts erheblich erleichtert (CHANDLER u. BEALE, 2002). Zudem leiden sie abgesehen von der HD und Patellaluxation an weniger genetischen Wachstumsstörungen (SCOTT u. MCLAUGLIN, 2007). Außerdem besitzt die Katze eine stets knöcherne Klavikula in einer Länge von 20–50 mm und ihr Akromion ist nach kaudal zu einem Proc. suprähumatus erweitert (SALOMON, 2005). Das beim Hund vorhandene Foramen supratochleare fehlt

den Katzen und bringt dadurch eine höhere Resistenz gegenüber kondylären Humerusfrakturen mit sich (HARASEN, 2009). Oberhalb des Epicondylus medialis humeri befindet sich das feline Foramen supracondylare humeri, durch das der N. medianus und die A. brachialis verlaufen (SALOMON, 2005) und aufgrund der großen Verletzungsgefahr besonders bei Osteosynthesen mittels intramedullärer Nagelung oder perkutaner Fixation ein hohes Risiko birgt (ANGLEY-HOBBS u. STRAW, 2005). Im Bereich des kraniolateralen Ellbogens lichtet sich im Röntgenbild in 40 % der Fälle (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007) ein Sesambein im Ursprung des M. supinator ab und darf nicht mit Verkalkungen oder Chipfrakturen fehldiagnostiziert werden. Die Unterarmknochen, Radius und Ulna, weisen eine ausgeprägte Supinations- und Pronationsbewegung von 45–55° auf (SALOMON, 2005), was bei einer Frakturversorgung unbedingt beachtet werden sollte. So raten SCOTT u. MCLAUGHLIN (2007) bei der Katze beide Unterarmknochen insbesondere in gesplitteter Form zu stabilisieren, da die Beweglichkeit des Knochenpaares deutlich größer als beim Hund ist und eine einseitige Versorgung zu keiner adäquaten Stabilisation führt.

Die Fusionen der Ossifikationszentren bei der Katze werden in der Arbeit von SMITH (1969) dokumentiert. In unkastrierten Hauskatzen beginnt der normale Epiphysenfugenschluss ab einem Alter von vier Monaten und ist um den 20. Lebensmonat komplett beendet. Die Wachstumsfugen der distalen und mittleren Phalangen, des Os carpi accessorium, des proximalen Radius, des distalen Humerus und des Tuberculum supraglenoidale scapulae versiegen am frühesten, nämlich zwischen dem vierten und siebten Monat. Die Epiphysen des distalen Radius und der Ulna, des proximalen Humerus, der proximalen Tibia und Fibula und des distalen Femurs hingegen schließen am spätesten, nämlich zwischen dem 14. und 24. Monat. MAY et al. (1991), HOULTON u. MCGLENNON (1992) und ROOT et al. (1997) belegen in ihren Untersuchungen einen verzögerten Epiphysenfugenschluss bei kastrierten Katzen mit folglicher Erhöhung des Längenwachstums der Knochen. ROOT et al. (1997) sehen aus klinischer Sicht jedoch keine Prädisposition zu vermehrten Salter und Harris Frakturen bei Katzen mit verzögerten Fugenschluss. Bei der Fixation von Frakturen junger Tiere mit Beteiligung der Epiphysenfuge darf nach SUMNER-SMITH (1992) das Längenwachstum in der Epiphyse nicht gestört bzw. beeinflusst werden. Um den Bereich der Verknöcherung des verletzten Fugenknorpels begrenzt zu halten, ist

eine absolut korrekte Rekonstruktion notwendig (SCHEBITZ et al., 1981). Ansonsten führen sekundäre Veränderungen der Gelenkoberfläche zu unmittelbaren Auswirkungen auch auf der gegenüberliegenden Gelenkfläche und die entstandene Inkongruenz fördert die Ausbildung einer Arthrose und Lahmheit (SUMNER-SMITH, 1992).

#### **4.2 Sofortmaßnahmen und konservative Behandlungsmöglichkeiten**

Ein Patient mit einer ersichtlichen Fraktur stellt primär keine lebensbedrohliche Situation dar, hingegen können zusätzliche beim Unfall entstandene Verletzungen (z.B. Schock, Blutungen, innere Verletzungen, Kopftraumen, Verletzungen des Nervensystems) einen tödlichen Ausgang nehmen (VOSS u. STEFFEN, 2009). Traumatisierte Katzen sollten immer eine gründliche klinische Untersuchung erhalten. Vor der eigentlichen Frakturversorgung wird eine Stabilisierung des Allgemeinzustands mittels Schockbehandlung mit Infusionen, Sauerstoffzufuhr und ggf. Analgesie durchgeführt (CHANLDER u. BEALE, 2002). Laut SELCER et al. (1987) zeigen 57 % der Tiere mit Gliedmaßenfrakturen und nach CHANLDER u. BEALE (2002) 33 % bis 42 % aller Frakturpatienten Verletzungen im Bereich des unteren Atmungstrakts (Pneumothorax, Hämorthorax, Lungenkontusion) sowie posttraumatische Arrhythmien in Form von ventrikulären Extrasystolen. Thoraxröntgenaufnahmen und EKG dienen hierbei der genaueren diagnostischen Abklärung (CHANLDER u. BEALE, 2002; ROUSH, 2005).

Zur vorläufigen und permanenten Frakturstabilisierung können verschiedene Einsatzmöglichkeiten und Techniken von Verbänden, Schlingen, Splints (Schienen) und Casts bei distalen Frakturen unterhalb des Ellbogen- und Kniegelenks herangezogen werden (SCHMIDTKE, 1975; PRIEUR, 1976; LÖFFLER et al., 1978; FOX, 1988; PIERMATTEI et al., 2006). Am häufigsten werden ein mehrlagiger Robert-Jones-Verband oder Modifikationen davon angelegt, die sich hervorragend und sehr effektiv zur vorübergehenden Einschränkung der Gliedmaßenbewegung und zur Unterbindung massiver Weichteilschwellungen eignen. Zudem schützt ein Verband vor weiterer Kontamination bei offenen Frakturen und verhindert fortschreitende Weichteilverletzungen. Die Verwendung von Castbinden ermöglicht eine stabile und frühzeitige Form der Frakturreponierung. Castbinden benötigen zur Anfertigung keinen hohen Aufwand und lassen sich perfekt den anatomischen

Verhältnissen anmodellieren, sollte eine chirurgische Versorgung erst zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden können. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Komplikationen bei der korrekten Ausrichtung des proximalen und distalen Fragments aufgrund von Muskelkontraktionen erheblich vermindert. Castverbände werden häufig auch zur primären externen Frakturversorgung eingesetzt. Heutzutage wird anstelle von Gips auf synthetische Materialien zurückgegriffen, wie Fiberglas oder Polypropylensubstrat. Sie zählen laut JOHNSON (2007) zu den härtesten Castverbänden. Die Anwendung von Castverbänden beschränkt sich jedoch auf die distale Extremität (Radius und Ulna, Tibia, Metakarpus und Metatarsus), da für eine ausreichende Stabilisierung das proximale und das distale Gelenk in den Verband miteinbezogen werden müssen. Splints finden vor allem zur Frakturstabilisierung bei Jungtieren als unterstützende Funktion nach operativer Versorgung und bei Luxationen Gebrauch, werden aber auch zur temporären Immobilisierung eingesetzt. Metasplints werden bei Frakturen und Dislokationen im Bereich des Karpus und Metakarpus, Tarsus und Metatarsus, der Phalangen sowie des distalen Radius und der Ulna verwendet. Zur effektiven Schulter-, Ellbogen- und Hüftstabilisierung zählen z.B. Spica-Splints, die auch vorläufig Humerus- und Femurfrakturen ruhig stellen. Um eine Belastung einer betroffenen Extremität zu verhindern, wird am Tier eine Velpeau-Schlinge angelegt. Speziell bei Schulterluxationen, -frakturen und Frakturen des proximalen Humerus eignet sich die Velpeau-Schlinge mehr bei Hunden zur Immobilisierung. Katzen tolerieren dieses Verfahren in der Regel sehr schlecht (FOX, 1988; SUMMNER-SMITH, 1992; OAKLEY, 1999; CHANDLER u. BEALE, 2002; WEINSTEIN u. RALPHS, 2004; ROUSH, 2005; PIERMATTEI et al., 2006; JOHNSON, 2007). Grundsätzlich stellt die primäre Frakturversorgung mittels Verband und/oder Schienung eine sehr gute Form der gedeckten Reponierung dar, unter der Voraussetzung einer schnellen und guten Heilungstendenz, wie sie besonders bei jüngeren Patienten (LÖFFLER et al., 1978) < 1 Jahr (OAKLEY, 1999) zu erwarten ist. Etwa 50 % des proximalen und distalen Fragments sollten sich idealerweise überlappen und auf dem Kontrollröntgen in beiden Projektionsrichtungen zu sehen sein (TOMLINSON, 1991). PIERMATTEI et al. (2006) sehen in Grünholzfrakturen, Frakturen der langen Röhrenknochen von Jungtieren mit großzügig intaktem Periost und Impressionsfrakturen spezifische Indikationen. Bei inkompletten Grünholzfrakturen reicht nach SUMNER-SMITH

(1992) eine Käfigruhe als Therapie aus. Komplikationen bei vorläufigen oder primären konservativen Verfahren äußern sich durch mögliches Verrutschen des Verbands, Schwellungen der Gliedmaße distal des Verbands, Hautentzündungen und -reizungen mit Druckdolenz, Läsionen und vermehrten Schmerzen (JOHNSON, 2007). Schwerwiegendere Probleme zeigen sich durch verzögerte Heilung und Pseudarthrosen (ungenaue Reposition, ungenügende Stabilisierung), Fehlheilung und arthrotische Degenerationen sowie ischämischer Nekrose (TOMLINSON, 1991). Kleine Hunde und Toy-Rassen weisen bei primär konservativer Frakturversorgung, insbesondere des Antebrachiums, hohe Komplikationsraten im Heilungsverlauf mit Fehlheilung und Pseudarthrosen auf (VAUGHAN, 1964; SUMNER-SMITH u. CAWLEY, 1970).

#### **4.3 Chirurgische Behandlungsprinzipien**

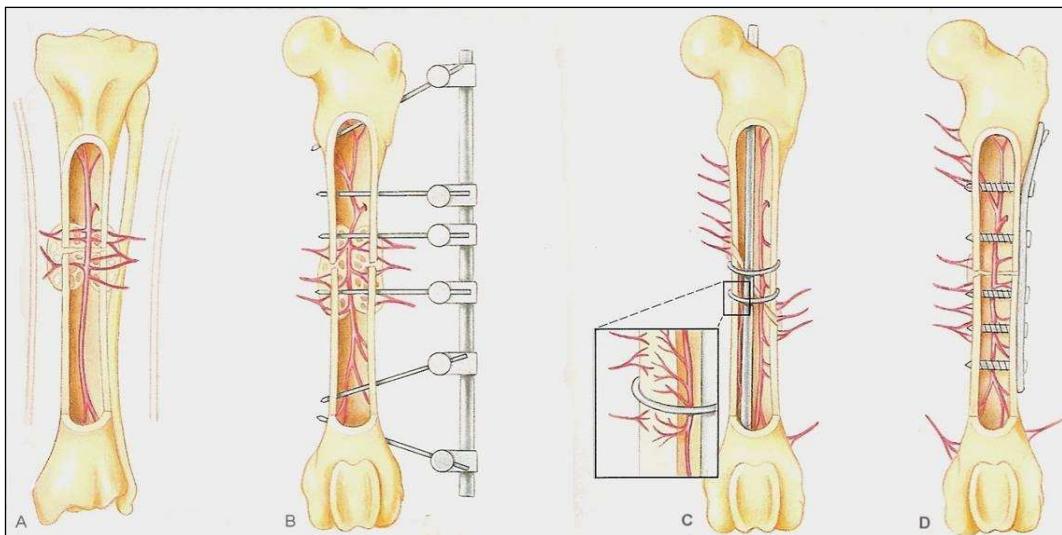
Der ursprüngliche Grundgedanke einer Frakturbehandlung durch genaue anatomische Rekonstruktion jedes einzelnen Fragments mittels rigider Stabilisierung zur schnellstmöglichen Funktionswiederherstellung (KASA u. KASA, 1975; PRIEUR, 1976, LÖFFLER et al., 1978) wird durch das Prinzip der biologischen Osteosynthese neu definiert (PERREN et al., 1991; ARON et al., 1995). Durch einen minimalinvasiven Zugang mit geringer Weichteilirritation, zunehmender Gewichtung einer anatomisch korrekten Positionierung der Gelenkoberflächen bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung und vor allem einer dynamischen Stabilisierung wird die Blutgefäßversorgung geschont, eine intraoperative Kontamination verringert, die Knochenbildung stimuliert und folglich eine frühere funktionelle Rehabilitation und eine Verminderung von Komplikationen im Heilungsverlauf erreicht (KARNEZIS et al., 1998; MCLAUGHLIN, 1999; HORSTMAN et al., 2004; ROUSH, 2005). Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Fixationstechniken für die Behandlung von Frakturen kann nach HARARI (2002) und SCOTT (2005) keine ideale Methode für einen bestimmten Knochen definiert werden, da die individuellen Unterschiede jedes Tieres, das Alter, die Frakturmorphologie, die technischen Fähigkeiten des Operateurs, die Ausrüstung und die Liquidität des Besitzers die Möglichkeiten limitieren. Die schnellstmögliche Behandlung, die rasche Induktion des Heilungsprozesses und die komplette Wiederherstellung der Funktion sind Ziele der Frakturversorgung (PERREN et al., 1991; PIERMATTEI et al., 2006). Dabei

müssen die Vorteile eines jeden Implantats voll ausgeschöpft und Nachteile auf ein Minimum reduziert werden (HARARI, 2002).

Der Erhalt der Blutgefäßversorgung und die Förderung der Revaskularisation sind für den Erfolg der Knochenheilung entscheidend (WILEY, 1974). Der spongiöse Knochen der Epiphyse und Metaphyse langer Röhrenknochen wird von den epiphysären (versiegen nach dem Wachstumsfugenschluss) sowie metaphysären Arterien reichlich versorgt. Aufgrund der ossären Trabekelstruktur mit der hohen Dichte an Blutgefäßen heilt dieser Abschnitt nach einer Fraktur deutlich früher und schneller (WILEY, 1974). Ungefähr auf Schaftmitte penetriert als Hauptgefäß die A. nutritia den Kortex und teilt sich in der Markhöhle in eine absteigende und aufsteigende medulläre Arterie auf, die die inneren 2/3–3/4 des Schafes versorgen (RHINELANDER, 1968) und über Anastomosen in Verbindung mit den metaphysären Gefäßen stehen. Dadurch kann laut WILEY (1974) die Blutversorgung nach Frakturen mit Verletzung der A. nutritia gewährleistet werden. Über weitere Aufzweigungen wird die gesamte endostale Oberfläche erreicht. Die periostalen Arterien stellen das dritte afferente Vaskularisationssystem dar, das das äußere Viertel bis Drittel des Kortex speist und mit den medullären Arteriolen anastomosiert (RHINELANDER, 1968). Durch dieses Netz an arteriellen Anastomosen ist es bei Verletzungen eines Knochenareals möglich, Blut rasch von einem System in das andere zu leiten (RHINELANDER, 1965).

Der Blutfluss im Knochen erfolgt zentrifugal von der Markhöhle zur periostalen Oberfläche und wird bei Frakturen stufenweise unterbrochen (BROOKES et al., 1961; RHINELANDER, 1968). Eine Hypertrophie sowie Hyperplasie afferenter Blutgefäße versuchen die medulläre Blutzufuhr wiederherzustellen. Vom umliegenden Weichteilgewebe entsteht eine temporäre extraossale Blutzufuhr, um den periostalen Kallus, die Knochenfragmente und den Kortex zusätzlich zu ernähren (RHINELANDER, 1965). Wird die periostale Blutzirkulation, wie es im Falle einer rigiden Plattenosteosynthese vorkommt, blockiert, können diese bedeckten Areale nicht mehr ausreichend versorgt werden (Abbildung 8D). Dies fördert die Entstehung eines reversiblen nekrotischen Bezirks longitudinal unter der Platte des externen Kortex (WILEY, 1974). RHINELANDER (1965, 1968) beschreibt Experimente bei Hunden nach intramedullärer Nagelung mit direktem Kontakt des Implantats zum Endost mit folglicher Devaskularisation des Kortex nach unterbundener medullärer Blutversorgung an der Berührungslokalisation.

Folglich sind das richtige Einführen und die Auswahl der geeigneten Größe des Marknagels von Bedeutung (O'SULLIVAN et al., 1989). Der Einsatz von Cerclagen nimmt keinen Einfluss auf die Blutversorgung (Abbildung 8C). Die periostale Zufuhr erfolgt über viele kleine in den Kortex ziehende Gefäße, die nicht longitudinal des Röhrenknochens verlaufen und somit nicht von einer Drahtcerclage abgeschnürt werden können. Diese Situation verhält sich ähnlich bei Verwendung von Knochenschrauben (RHINELANDER, 1968). NEWTON u. HOHN (1974) weisen jedoch bei einer Beeinträchtigung des venösen Blutflusses durch Instabilität (Implantatlockerung) auf eine Ansammlung von Stoffwechselprodukten und lokaler Ischämie der Kompakta mit möglicher Ausbildung einer Pseudarthrose hin. Die geringste Beeinträchtigung der Blutversorgung und des umliegenden Weichteilgewebes findet durch den Fixateur externe (Abbildung 8B) (HULTH, 1989; WALLACE et al., 1991; HAAS et al., 2003) und bei gedeckter Frakturreposition mit Anlegen eines Casts (Abbildung 8A) statt (JOHNSON, 2007).



**Abb. 8: Die Beeinflussung der Blutversorgung des Knochens durch unterschiedliche Fixationsmethoden.**

Konservativ (A), Fixateur externe (B), intramedulläre Marknagelung mit Drahtcerclagen (C), Plattenosteosynthese (D) (modifiziert nach JOHNSON, 2007).

## 5 Frakturen der Schultergelenkmaße

In den aus der Literatur gesammelten Fällen liegt ein funktionelles Spätergebnis vor, das von Autor zu Autor in unterschiedlicher Form definiert und interpretiert wird (EBEL, 1990; KURZBACH, 2000). Es wurde versucht, die Resultate einheitlich mit gut (keine bis geringgradig intermittierende Lahmheit bzw. Arthrose) oder unbefriedigend (dauerhafte geringgradige bis hochgradige Lahmheit, mittelgradige bis hochgradige Arthrose) zusammenzufassen. Nicht immer wurden Kontrollröntgenuntersuchungen durchgeführt, teilweise waren die Informationen nur über Befragungen der Katzenbesitzer erhältlich, die weitgehend exkludiert wurden.

### 5.1 Häufigkeit und Frakturlokalisation

Bei Frakturen einer Extremität ist bei Katzen bevorzugt die Hintergliedmaße mit einem Anteil von 50–75 % betroffen (HILL, 1977; PHILLIPS, 1979; UNGER et al., 1990; FLAGSTAD et al., 1999; VNUK et al., 2003; NOLTE et al., 2005). An der Vordergliedmaße liegt eine Beteiligung des Humerus von 3–14,5 % und der Unterarmknochen von 3–17,1 % vor (CARTER 1964; HILL, 1977; KNECHT, 1978; PHILLIPS, 1979; GRIFFON et al., 1994; NOLTE et al., 2005; SCOTT, 2005). Häufigkeitsangaben bezüglich Skapulafrakturen sind fast ausschließlich über Hunde zu finden und treten in 0,5–2,4 % der Fälle aller Frakturen auf (JOHNSTON, 1993; COOK et al., 1997). Allein PHILLIPS (1979) und NOLTE et al. (2005) beschreiben anhand einer größeren Katzenpopulation ( $n = 298$  und 344) eine Beteiligung des Schulterblatts mit 0,3–0,8 %. Frakturen der Karpalknochen tauchen bei ihren Auswertungen zu 0,3 und 1 % auf.

In der Regionenverteilung der Schultergelenkmaße gibt es Schwankungen, da HILL (1977), KNECHT (1978) und GRIFFON et al. (1994) ein vermehrtes Fraktaufkommen am Humerus im Gegensatz zu den Unterarmknochen beschreiben, VNUK (2003) ein Verhältnis von 1:1 erhielt und PHILLIPS (1979), WHITNEY u. MEHLHAFF (1987), UNGER et al. (1990) sowie NOLTE et al. (2005) ein häufigeres Vorkommen an Radius-/Ulnafrakturen verzeichnen. Bei Gelenkfrakturen ist mit 4,7 % die Skapula, mit 64,2 % der Humerus (92,6 % distale Epiphyse, 7,4 % proximale Epiphyse) und mit 31,1 % (am Ellbogengelenk) der paarige Unterarmknochen beteiligt (KURZBACH, 2000).

Am Schulterblatt treten vor allem Frakturen des Halses und des Akromions

(TORRINGTON, 1998) auf, die oftmals mit Instabilität und Dislokation (MCCARTNEY u. GARVAN, 2008) gekennzeichnet sind. HARARI u. DUNNING (1993) ermittelten beim Hund eine hohe Beteiligung des Korpus und der Spina scapulae. Avulsionen des Tuberculum supraglenoidale tauchen häufig bei unausgewachsenen Hunden < 7 Monaten auf (TORRINGTON, 1998).

Knochenbrüche am Humerus sind vorwiegend im mittleren und distalen diaphysären (PHILLIPS, 1979; STAIMER, 1980; EBEL, 1990; SCOTT, 2005) oder distalen Abschnitt (HILL, 1977; BAUMBERGER u. LAKATOS, 1978; UNGER et al., 1990) lokalisiert. Im Bereich der distalen Epiphyse treten bei der Katze häufiger bikondyläre als suprakondyläre und unikondyläre Frakturen auf (STAIMER, 1980; KURZBACH, 2000), die laut VANNINI et al. (1988b) oft in gesplitteter Form vorliegen. Über epikondyläre Absprengungen konnte nichts in Erfahrung gebracht werden. Der proximale Anteil ist selten in das Frakturgeschehen involviert. Vereinzelt treten Epiphysenlösungen, Frakturen des Caput humeri und Abrissfrakturen des Tuberculum majus auf (STAIMER, 1980).

HILL (1977) gibt keine Hinweise zur Frakturlokalisation an den Unterarmknochen. Nach PHILLIPS (1979) und UNGER et al. (1990) liegen hauptsächlich diaphysäre bis distal diaphysäre Radius-/Ulnafrakturen vor, was die Auswertungen von EBEL (1990) und WALLACE et al. (2009) unterstreicht. Isolierte Radius- bzw. Ulnafrakturen zeigen hingegen ein unterschiedliches Verteilungsmuster in den betroffenen Abschnitten. So vermerkte EULER (1979) ein häufigeres Vorkommen an distalen Epiphysenfrakturen bei isolierten Radiusknochenbrüchen. Bei der Ulna waren isoliert vermehrt das Olekranon, der proximale diaphysäre sowie distale epiphysäre Bereich betroffen.

Frakturen am Os carpi accessorium bei Katzen verzeichneten VOSS et al. (2009b) entweder distal an der Basis oder in gesplitteter Form, da die umgebenden Weichteile nur eine minimale Schutzfunktion haben (EARLEY u. DEE, 1980).

## 5.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung

Vorwiegend betroffen sind junge und unerfahrene Katzen (KOLATA et al., 1974; HILL, 1977) im ersten Lebensjahr (KÖSTLIN, 1973; FUCHS, 1978; EBEL, 1990). Bei PHILLIPS (1979) waren 80 % der vorgestellten Tiere jünger als drei Jahre. Bezüglich der Geschlechtsverteilung sind männliche Tiere häufiger betroffen (STAIMER, 1980; LANGLEY-HOBBS, 1997; SIMPSON, 2004; MACIAS et al., 2006; WALLACE et al., 2009). BAHN (1995) sieht in der

Rassenaufteilung keine Besonderheiten und Prävalenzen, da die Europäisch Kurzhaar mit über 90 % einheitlich dominiert (HILL, 1977; KURZBACH, 2000).

### 5.3 Ursache

WHITNEY u. MEHLHAFF (1987), FLAGSTAD et al. (1999) und VNUK et al. (2003) untersuchten in ihren Arbeiten Fälle mit Stürzen aus großer Höhe (Gebäude, Balkone, Fenster), dem sogenannten „high-rise-syndrom“. Zu 50 % (FLAGSTAD et al., 1999) und 46,2 % (VNUK et al., 2003) zogen sich die Katzen dabei eine Gliedmaßenfraktur zu, wobei mit 92 % der Bereich distal des Ellbogens an der Vorderextremität betroffen war (WHITNEY u. MEHLHAFF 1987). In den Angaben von EULER (1979), STAIMER (1980), VANNINI et al. (1988b) und EBEL (1990) ist die Hauptursache für eine Frakturentstehung an der Schultergliedmaße auf einen Sturz zurückzuführen. Aufgrund der großen Kraftübertragung bei einem Zusammenstoß mit einem Auto spielt diese Unfallursache bei der Frakturentstehung ebenfalls eine große Rolle (KOLATA et al., 1974; HILL, 1977; EULER, 1979). In einer retrospektiven Studie von PHILLIPS (1979) fielen dabei 70 % der erhobenen Frakturen auf den Oberarmknochen. Alle erfassten Schulterblattfrakturen von Hund und Katze waren dabei auf einen Unfall im Straßenverkehr zurückzuführen. Zu einem Großteil ist die Frakturursache bei Katzen nicht nachvollziehbar (KÖSTLIN, 1973; KOLATA et al., 1974; FUCHS, 1978; EULER, 1979; EBEL, 1990; LANGLEY-HOBBS et al., 1997; KURZBACH, 2000). Dies ist laut HILL (1977) besonders auf junge unerfahrene Katzen zutreffend, die erstmalig ihre Umgebung erkunden und so nicht unter Kontrollaufsicht ihrer Besitzer stehen. Tritte, Schläge (EULER, 1979; SIMPSON, 2004), Schussverletzungen (LANGLEY-HOBBS et al., 1997; KURZBACH, 2000), Einklemmen und Hängenbleiben (EBEL, 1990) sowie Bissverletzungen (WALLACE et al., 2009) werden ebenfalls als direktes Trauma aufgezählt.

Je nach Ursache leiden viele Katzen an zusätzlichen Verletzungen (VOSS u. STEFFEN, 2009). Am wichtigsten sind hier zum Teil lebensbedrohliche Thoraxtraumen mit Pneumothorax, Lungenkontusion und Hämorthorax zu nennen (GRIFFON et al., 1994). Zu 31,3 % (KOLATA et al., 1974), 90 % (WHITNEY u. MEHLHAFF, 1987) und 33,6 % (VNUK et al., 2003) sind solche Verletzungen nach Stürzen aus großer Höhe vorzufinden. Als häufigste zusätzliche Fraktur gibt EBEL (1990) die Kieferfraktur an und KOLATA et al. (1974) verzeichnen nach Autounfällen auffällig häufig eine Beckenbeteiligung.

## 5.4 Übersicht der operativen Zugänge zu den Frakturgebieten

Der Zugang zum Schulterblatt erfolgt im Allgemeinen von lateral auf Höhe der Spina scapulae und der Zugang zum Schultergelenk von kraniolateral (PIERMATTEI, 1996). Dadurch können Frakturen des Collum scapulae, der Cavitas glenoidalis und des Caput humeri optimal behandelt werden. Zur besseren Frakturdarstellung wird eine Osteotomie des Akromions mit anschließender Refixierung durch eine Drahtzuggurtung oder in Achtertour geführten Cerclagedrähten durchgeführt (BRUNNBERG u. WAIBL, 2007; FRANCH u. LOPEZ, 2007). PIERMATTEI (1996) beschreibt zudem die Möglichkeit einer Tenotomie der Pars acromalis des M. deltoideus bei sehr jungen Tieren, wenn das Akromion noch nicht verknöchert sein sollte. MCCARTNEY u. GARVAN (2008) empfehlen hingegen eine Retraktion des M. supraspinatus vom M. infraspinatus und der Pars acromalis des M. deltoideus. Über dieses Fenster ist unter Schonung des N. suprascapularis eine hervorragende Frakturreponierung möglich und es lassen sich eine verlängerte Operationszeit, eine erhöhte Implantatanzahl und zusätzliches Setzen eines Traumas verhindern. Ein weiterer Zugang von kranial erfordert eine Osteotomie des Tuberculum majus humeri (PIERMATTEI, 1996), das mittels Zuggurtung, zweier Zugschrauben oder Kirschner-Drähten refixiert wird (FRANCH u. LOPEZ, 2007).

Der Humerusschaft wird über einen kraniolateral geführten Hautschnitt erreicht (PIERMATTEI, 1996). Bei der Muskelretraktion wird auf die Schonung des N. radialis hingewiesen. Von medial (MONTGOMERY et al., 1988) kann der gesamte Knochen (Schaft, suprakondylärer Bereich, medialer Epikondylus) dargestellt werden, der sich laut PIERMATTEI (1996) besonders zur Plattenosteosynthese bei komplexen Frakturen eignet. Im distalen Abschnitt findet eine vorsichtige Freipräparierung der neurovaskulären Strukturen (N. medianus, A. brachialis) statt. Bei der Katze muss das Foramen supracondylare bedacht werden, dessen mediale Wand mit einem Rongeur entfernt wird, um ein Einklemmen des Nervs zu verhindern (SCOTT u. MC LAUGHLIN, 2007). Frakturen des Capitulum humeri werden von lateral oder kaudolateral repositioniert. Bei einer Verlängerung des Hautschnitts nach distal kann ebenso der Radiuskopf (Fraktur, Luxation) und die proximale Metaphyse erreicht werden. Auch hier sind die Äste des N. radialis zu schonen. Um einen bestmöglichen Überblick des gesamten Ellbogengelenks zu erlangen, empfiehlt sich eine kaudale Osteotomie des Olekranons bzw. der proximalen Ulnadiaphyse. Der osteotomierte

Teil wird mit einer Drahtzuggurtung stabilisiert (PIERMATTEI, 1996).

Zwischen dem Epicondylus lateralis humeri und dem Tuber olecrani wird über kaudolateral zum Olekranon und im distalen Bereich der Ulna (distal diaphysär, Proc. styloideus ulnae) von lateral zugegangen (FRANCH u. LOPEZ, 2007). Den Radiusschaft erreicht man nach PIERMATTEI (1996) am besten von medial (Hautschnitt vom Epicondylus medialis humeri bis Proc. styloideus radii möglich). Der laterale Zugang eignet sich hierbei besonders zur Behandlung kombinierter Unterarmfrakturen. FRANCH u. LOPEZ (2007) beschreiben einen kraniolateralen Zugang zum Radiusschaft. Vor dem Hautschnitt sollte der Verlauf der V. cephalica verfolgt werden. Um zum distalen Bereich des Radius und zum Karpus zu gelangen, wird von dorsal operiert. Für eine Panarthrodese des Karpalgelenks muss die Sehne des M. abductor pollicis longus durchtrennt werden. Bei maximaler Beugung des Gelenks können die Oberflächen der einzelnen Karpalknochen dargestellt werden (PIERMATTEI, 1996; FRANCH u. LOPEZ, 2007).

Das Os carpi accessorium wird über palmarolateral dargestellt. Nach Durchtrennung des lateralen Retinaculum flexorum muss der Ursprung vom M. abductor digitorum V abgesetzt werden, um den distomedialen Bereich des Os carpi accessorium freizulegen. Laut PIERMATTEI (1996) handelt es sich um die Lokalisation mit dem häufigsten Frakturvorkommen. Um nur ins Gelenk vorzustoßen, genügt die Retraktion des Muskels (PIERMATTEI, 1996; FRANCH u. LOPEZ, 2007).

## 5.5 Behandlung und Ergebnisse von Skapulafrakturen

Nur eine geringe Fallzahl an Schulterblattfrakturen bei Katzen wird in der Literatur beschrieben (BAHN, 1995; KURZBACH, 2000; PLESMAN et al., 2011), da Frakturen der Skapula oftmals übersehen werden. Die Ursache liegt in der recht hohen Stabilität dieser Frakturen aufgrund der Stützwirkung der umgebenden Muskulatur (MILLER, 1992).

Nach CHANDLER u. BEALE (2002) heilen Frakturen des Korpus und der Spina nach 2- bis 4-wöchiger Käfigruhe aus. Bei erhöhter Instabilität können ggf. eine Velpeau-Schlinge (OAKLEY, 1999), eine Platte oder auch eine Drahtcerclage in Achterschlinge angebracht werden (MILLER, 1992; TORRINGTON, 1998). Bei Verwendung einer Platte ist auf eine Bohrung in einem Winkel von ca. 45° zum Korpus zu achten, damit die Schrauben im dünnen Knochen ausreichend Halt

finden (BRUNNBERG u. WAIBL, 2007). Hals- und Glenoidfrakturen hingegen erfordern aufgrund einer häufigen Dislokation mit Gelenkbeteiligung und Verletzung des N. suprascapularis eine chirurgische Intervention (CHANDLER u. BEALE, 2002). Sehr kleine Fragmente der Cavitas glenoidalis werden einfach entfernt oder bei entsprechender Größe mit Pins und/oder Zugschrauben fixiert (JOHNSTON, 1993). Um das Platzieren der Schraube zu erleichtern, schlägt TORRINGTON (1998) vor, einen Gleittunnel im kaudalen Fragment vorzubohren und das Implantat von kaudokranial einzudrehen. Bei Frakturen des Collum scapulae kommen zusätzlich der Einsatz von Platten (gerade DCP oder T- bzw. L-Platte) infrage (MILLER, 1992; MCCARTNEY u. GARVAN 2008). Eine distale Dislokation des Tuberculum supraglenoidale nach erhöhter Zugbelastung durch die Ursprungssehne des M. biceps brachii wird mit Zugschrauben, Bohrdrähten, nach dem Prinzip der Drahtzuggurtung oder mit einer (Mini-) Platte gefestigt (BINNINGTON, 1974; BRUNNBERG et al., 1993; BRUNNBERG u. WAIBL, 2007). PLESMAN et al. (2011) erzielten mit einer partiellen Skapulektomie (30 %) des Tuberculum glenoidalis nach einer chronisch unversorgten Glenoidfraktur mit Ruptur des medialen Lig. glenohumerale ein gutes Ergebnis. Abrissfrakturen des Akromions durch Zugwirkung der Pars acromialis des M. deltoideus können nach MILLER (1992) konservativ oder mittels Cerclagennaht, Bohrdrähten sowie Drahtzuggurtung behandelt werden.

Nur wenige beschriebene Fälle bei der Katze ( $n = 9$ ) mit zum Teil lückenhaften Informationen konnten aus der Literatur gesammelt werden (Tabelle 1; BAHN, 1995; KURZBACH, 2000; PLESMAN et al., 2011). Alle nachkontrollierten Tiere zeigten ein gutes funktionelles Ergebnis.

**Tab. 1: Behandlung und Ergebnisse von Skapulafrakturen.**

(n\*): perioperativ verstorben.

Autor	Anzahl Fraktur & Lokalisation	Anzahl Versorgung	Anzahl Kompli- kation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Bahn (1995), Kurzbach (2000)	7 x Collum scapulae	3 x T-Platten 1 x gerade Platte	-	5 x gut	2 x
Kurzbach (2000), Plesman et al. (2011)	2 x Glenoid	1 x partielle Skapulekt- omie	(1*)	1 x gut	-
<b>gesamt</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	-	<b>6</b>	<b>2</b>

## 5.6 Behandlung und Ergebnisse von Humerusfrakturen

Konservative Behandlungsmethoden von Humerusfrakturen werden in der Literatur über Ruhigstellung des Patienten durch Käfighaltung (EISENMENGER, 1964; ORMROD, 1966; KNECHT, 1978) und den Einsatz von Verbänden oder Schienen (LÖFFLER et al., 1978) beschrieben. SCHMIDTKE (1975) und PRIEUR (1976) erkannten schon damals die limitierte Einsatzmöglichkeit, da die benachbarten Gelenke für eine dauerhaft korrekte Frakturfixation nicht ausreichend stabilisiert werden können und eine inadäquate Neutralisation der einwirkenden Kräfte erzielt wird (SIMPSON, 2004).

Die operative Versorgung von Epiphyseolysen des proximalen Humerus sollte während der Repositionierung der Fragmente unter Schonung des Fugenbereichs durchgeführt und die Kompression auf ein Mindestmaß (SCHEBITZ et al., 1981) reduziert werden, um Wachstumsstörungen zu vermeiden (CAMPBELL et al., 1959). Zum Einsatz kommen intramedulläre Kraftträger (kleinere Pins oder Kirschnerbohrdrähte) (LÖFFLER et al., 1978; STAIMER, 1980). Die Pins werden bei SH-1- und SH-2-Frakturen des Caput humeri vom distalen Tuberculum majus über die Epiphysenfuge in den Humeruskopf gesetzt. Bei seltenen Frakturen der gesamten proximalen Epiphysenfuge bringt man die Kraftträger normograd in den Schaft ein (BARDET et al., 1983; SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). Frakturen des Caput humeri beim ausgewachsenen Tier können mit Zugschrauben oder zwei parallel gelegten Bohrdrähten fixiert werden (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). BEDFORD (1969) verwendete dafür in einer Einzelfallbeschreibung eine durch Bohrkanäle der Spina scapulae und Tuberculum majus geführten Drahtcerclage, die so eine Dislokation der gelenksbildenden Flächen verhindern sollte. Ausrißfrakturen des Tuberculum majus durch Zug der Sehne des M. supraspinatus und Lösungen der gesamten proximalen Epiphyse beim adulten Tier werden in einem ähnlichen Prinzip, ggf. zusätzlich mit Drahtzuggurtung, versorgt (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). Besteht eine Verbindung der Fraktur nach distal in den diaphysären Bereich oder liegen komplexe, gesplitterte Brüche vor, kann eine Plattenosteosynthese erfolgen (TURNER, 2005).

Zwei der drei nachuntersuchten Katzen mit einer proximalen Humerusfraktur zeigten ein gutes Endresultat (Tabelle 2). Die Folgen einer ungenauen Reposition einer mit zwei Bohrdrähten operierten Epiphyseolyse SH-2 gaben EBEL (1990) mit Ausbildung einer Gelenksarthrose an. Die Angaben der Katzen von

KURZBACH (2000) konnten nicht getrennt vom Hund ermittelt werden.

**Tab. 2: Behandlung und Ergebnisse proximaler Humerusfrakturen.**

Autor	Anzahl Fraktur	Anzahl Versorgung	Anzahl Komplikation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Bedford (1969)	1 x Caput humeri	1 x Drahtcerclage	-	1 x gut	-
Löffler et al. (1978)	1 x Epiphyseolyse	1 x divergierende Bohrdrähte	-	1 x gut	-
Staimer (1980)	2 x Epiphyseolyse	2 x parallele Bohrdrähte	-	-	2 x
Bardet et al. (1983)	1 x Epiphyseolyse	1 x Bohrdraht	-	-	1 x
Ebel (1990)	1 x Epiphyseolyse	1 x Bohrdrähte	1 x ungenaue Reposition	1 x unbefriedigend	-
Kurzbach (2000)	3 x Epiphyse proximalis	k.A.	-	-	3 x
	1 x Caput humeri	k.A.	-	-	1 x
	1 x Tuberulum majus	1 x Zugschraube	-	-	1 x
<b>gesamt</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

Die intramedulläre Nagelung stellt eine häufige und effektive Methode für die Versorgung von Schaftfrakturen dar (ROUSH u. MCLAUGHLIN, 1998; MCLAUGHLIN, 1999; HARARI, 2002). Laut ORMROD (1966) und BAUMBERGER u. LAKATOS (1978) eignen sich besonders Steinmann-Nägel als intramedulläre Kraftträger zur Fixation der Fragmente unter Voraussetzung eines rotationsstabilen Sitzes. Nach PRIEUR (1976) finden zusätzlich vor allem der Küntscher-Nagel, die Bündelspickung und im proximalen und distalen Bereich der Roush-Pin sowie der Kirschner-Bohrdraht (LÖFFLER et al., 1978) Gebrauch. Die Implantate werden dabei gedeckt normograd in die Markhöhle oder offen unter Sichtkontrolle retrograd eingeführt. Der Ein- bzw. Austritt erfolgt lateral des Tuberulum majus, um eine Penetration des Schultergelenks zu vermeiden und sollte wie beim Hund beschrieben distal im medialen Epikondylus enden (BAUMBERGER u. LAKATOS, 1978). Weist die Verzahnung der Fragmente eine genügende Rotationsstabilität auf, wird keine weitere fixierende

Maßnahme benötigt (SCOTT u. MCLAUGHLIN, 2007). Bei der alleinigen Markraumfixation von Splitterfrakturen muss mit einer Gliedmaßenverkürzung und Heilung in Fehlstellung aufgrund ungenügender anatomischer Wiederherstellung und mangelnder Stabilität gerechnet werden (STAIMER, 1980). Eine modifizierte Version stellt der mit Schrauben bzw. Querbolzen proximal und distal gefestigte Verriegelungsnagel dar, der eine achsen- und längengerechte Stabilisierung (MATIS, 2007) und Neutralisation von Torsionskräften (MCLAUGHLIN, 1999) bewirkt sowie die zusätzliche Anbringung eines Fixateur externe Typ 1 in separierter Form (ANGLEY-HOBBS et al., 1997; HARARI, 2002) oder in direkter Verbindung mit dem intramedullären Pin als „tie-in“ Konfiguration (ARON et al., 1991). LARIN et al. (2001) beklagen die limitierte Einsatzmöglichkeit der intramedullären Nagelung aufgrund der schmalen Markhöhle im distalen Bereich langer Röhrenknochen der Katze. Dies wird von ANGLEY-HOBBS u. STRAW (2005) damit begründet, dass in der Hälfte der Fälle den Katzen in diesem Knochenabschnitt ein intramedullärer Kanal fehlt und ein gewaltsames Einführen eines Nagels in einer iatrogenen Fraktur oder Penetration der Fossa olecrani endet. Bei gegebener Indikation sollte ein Pin mit einem maximalen Durchmesser von 1,6 mm verwendet werden.

Eine ausgezeichnete Stabilisierung lässt sich mit dem Einsatz von Platten und Schrauben erzielen (CHANDLER u. BEALE, 2002). BAUMBERGER u. LAKATOS (1978) hatten bei ihren ersten Versuchen mit der Plattenosteosynthese von medial bei Katzen große Schwierigkeiten, da ihnen die anatomischen Unterschiede zum Hund nicht bewusst waren. Die am Knochen auf der Zugseite anmodellierten Platten wirken je nach Indikation komprimierend, neutralisierend oder abstützend (MATIS, 2007). Gewöhnlich werden VCP (BRÜSE et al., 1989), LC-DCP (PERREN et al., 1991) und DCP (PIERMATTEI et al., 2006) eingesetzt. Die Vorteile der schneidbaren Platte liegen im möglichen Kürzen auf die gewünschte Länge und der erhöhten Festigkeit durch Überlagerung zweier Platten (sandwiching). Bei Katzen finden die Kleinfragment- oder Miniplatten große Verwendung, die in unterschiedlichen Ausführungen erwerblich sind (MONTAVON et al., 1988). VOSS et al. (2009a) testeten bei Katzen und kleinwüchsigen Hunden eine Unilock-Platte, die ursprünglich in der humanen Kieferorthopädie Gebrauch findet und vorwiegend bei komplizierten Brüchen und zur Umversorgung von Pseudarthrosen eingesetzt wird. Das besondere System

weist einen Sperrmechanismus zwischen den Schraubenköpfen und den Plattenlöchern auf, der die Stabilität vergleichend eines Fixateur externe erreicht. Als Plattengröße für den Humerus empfehlen VOSS et al. (2009a) 2,4 mm. Von der Gesamtzahl an Komplikationen (19,7 %) war der Humerus jedoch mit 40 % beteiligt.

Der Einsatz eines Fixateur externe am Humerus ist limitiert, da der Knochen eng am Körper anliegt und so nur eine Platzierung eines Typ 1 oder zumindest im distalen Abschnitt eine bilaterale Konstruktion zulässt (SIMPSON, 2004). In gedeckter Applikationsform eignet sich der Fixateur externe besonders bei stark gesplitterten und infizierten Frakturen. Mindestens zwei Pins sollten in jedes Hauptfragment eingeführt werden (ANGLEY-HOBBS et al., 1997). Um eine Verletzung der neurovaskulären Strukturen im Foramen supracondylare und eine Penetration des N. radialis während des Einführens eines Pins im distalen Bereich zu umgehen, schlagen ANGLEY-HOBBS et al. (1997) vor, eine Winkelung des Bohrdralls von distolateral nach proximomedial zu wählen. Bei einer transkondylären Fixation sollte der Pin kranial des Epicondylus lateralis nach kraniodistal des Epicondylus medialis verlaufen, um nicht das Gelenk miteinzubeziehen (ANGLEY-HOBBS u. STRAW, 2005).

Das CRIF-System dient der internen extrakortikalen Osteosynthese mit minimalem Implantat-Knochenkontakt (ZAHN u. MATIS, 2004a) und besteht aus einem Rundstab mit beweglichen Klammern, durch die Schrauben zur Frakturstabilisierung in den Knochen verankert werden (SCHWANDT, 2001). ZAHN u. MATIS (2004b) behandelten 70 Katzen mit dem CRI-Fixator, darunter auch Tiere mit Oberarm- und Unterarmfrakturen und erhielten im Durchschnitt einen schnelleren Heilungsverlauf als bei einer Plattenosteosynthese. Komplikationen in Form einer Biegung des Stabes und verzögerter Heilung waren auf die Verwendung zu kleiner CRIF-Dimensionen und inkonsequenter Ruhighaltung der Patienten zurückzuführen. Im Gegensatz zur DCP ist das CRIF-System jedoch gegenüber Torsionskräften anfälliger (ZAHN et al., 2008).

Obwohl die Methodik und Genauigkeit der Nachuntersuchungen der einzelnen Autoren variieren, konnte zu 89,1 % der Fälle ( $n = 114$ ) ein gutes Behandlungsergebnis erzielt werden (Tabelle 3). Als häufigste Komplikation bei operativen Eingriffen am Humerusschaft wird eine Lockerung der Implantate (10) vor Bruch bzw. Biegung von Platten (3) und Refraktur (2) beschrieben. Eine Pseudarthrose verzeichneten EBEL (1990) und ANGLEY-HOBBS (1997) nach

einer Bündelnagelung bzw. einem unilateralen Fixateur externe.

**Tab. 3: Behandlung und Ergebnisse von Humerusschaftfrakturen.**

Autor	Anzahl Versorgung	Anzahl Komplikation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Ormrod (1966), Hill (1977), Baumberger u. Lakatos (1978), Knecht (1978), Phillips (1979), Simpson (2004)	28 x IM-Nagelung	-	28 x gut	-
Baumberger u. Lakatos (1978)	2 x Platten	2 x Lockerung	2 x unbefriedigend	-
Staimer (1980)	17 x IM-Nagelung	1 x Lockerung 7 x Verkürzung	3 x gut 1 x unbefriedigend	13 x
	12 x Platte (+ 7 x Schraube)	1 x Bruch	5 x gut	7 x
Brüse et al. (1989)	4 x Platten	-	4 x gut	-
Ebel (1990)	3 x konservativ	-	-	3 x
	21 x IM-Nagelung	1 x Pseudarthrose	6 x gut 2 x unbefriedigend	13 x
	6 x Platte	1 x Lockerung + 1 x Refraktur	2 x gut 1 x unbefriedigend	3 x
	1 x Cerclagen	1 x Fehlheilung	1 x gut	-
Knobloch (1990)	77 x Platte	3 x Lockerung 2 x Bruch/ Biegung	35 x gut 5 x k.A.	37 x
	21 x IM-Nagelung	1 x Lockerung	3 x gut 1 x k.A.	17 x
	2 x Schrauben	-	2 x gut	-
Aron et al. (1991)	4 x „tie-in“	-	4 x gut	-
Langley-Hobbs et al. (1997)	13 x ESF (+ 6 x Marknagel)	2 x Lockerung 1 x Pseudarthrose 1 x Refraktur	11 x gut 2 x unbefriedigend	-
Duhautois (2003)	5 x Ver- riegelungs- nagel	-	5 x gut	-

Fortsetzung nächste Seite.

**Tab. 3: Fortsetzung.**

Diaz-Bertrana et al. (2005)	5 x Verriegelungsnagel	1 x interkondylare Fraktur	5 x gut	-
<b>gesamt</b>	<b>221</b>	<b>26</b>	<b>128 (6 k.A.)</b>	<b>93</b>

PRIEUR (1976) empfiehlt bei suprakondylären Humerusfrakturen die Fixierung der Fragmente mittels Rushpinning und LÖFFLER (1978) die Kreuzspickung. Die Pins werden dabei jeweils vom Epicondylus lateralis und medialis nach proximal eingebracht. Bei STAIMER (1980) wurden dafür Kirschner-Bohrdrähte verwendet. Ein gutes Ergebnis erzielten KLAUSE et al. (1990) mit einer perkutanen Fixation. Da im distalen Fragment kaum Platz für genügend Pins ist, schlagen Langley-Hobbs et al. (1997) vor, einen transartikulären Fixateur externe anzubringen. Knochenplatten können an der kaudalen oder an der medialen Seite anmodelliert werden und sind besonders bei komplexen Frakturen geeignet (BRUNNBERG, 1974; MATTHIESEN u. WALTER, 1984). Zusätzlich eignet sich die Kombination mit Schrauben und Cerclagen (VANNINI et al., 1988b).

Im Falle einer Frakturierung durch die Gelenkflächen des Condylus humeri muss eine sorgfältige Reponierung und Stabilisierung der artikulären Läsionen erfolgen (LÖFFLER et al., 1978). Empfehlungen für die Behandlung unikondylärer Frakturen basieren auf einer internen Fixierung mittels Zugschraube von der Bruchseite ausgehend (WESTHUES, 1955; KNIGHT, 1959) und einem zusätzlich nach proximal gerichtetem Spickdraht (BRUNNBERG, 1974; PHILLIPS, 1979; MATTHIESEN u. WALTER, 1984; VANNINI et al., 1988b), um eine Rotation der Gelenkkrolle zu unterbinden. Die Anbringung einer Platte an Stelle eines Pins bietet eine weitere Fixierungsmöglichkeit (STAIMER, 1980).

Bei bikondylären Frakturen erfolgt die Berichtigung des intrakondylären Spalts mittels transkondylärer Zugschraube in Kombination mit einer weiteren Zugschraube (WESTHUES, 1995), Rush-Pin, Bohrdraht oder einer Knochenplatte (BRUNNBERG, 1974) für die Adaption des Kondylus an die Diaphyse. MACIAS et al. (2006) brachten zusätzlich lateral eine weitere epikondyläre Abstützplatte zur besseren Rotationsstabilisierung des lateralen Anteils des Kondylus an den Schaft an und erzielten damit eine sehr gute Frakturheilung. In einem Fall kam es nach Komplikationen zu einem Verlust der Beweglichkeit im Ellbogengelenk mit

deutlicher Lahmheit. KIRKBY et al. (2008) und SILVA et al. (2012) modellierten einen linear-zirkulären Fixateur externe an den gebrochenen Knochen an und erreichten damit besonders bei nicht rekonstruierbaren Splitterungen im suprakondylären Bereich ein gutes Resultat.

Das unbefriedigende Ergebnis (30,4 %) in der Versorgung distaler Humerusfrakturen ist in vielen Fällen auf eine ungenaue anatomische Reposition der Fragmente mit Stufenbildung zurückzuführen, das bei Frakturen mit Gelenkbeteiligung zu Veränderungen im Sinne einer sekundären Arthropathia deformans geführt hat (STAIMER, 1980; KURZBACH, 2000). Von 17 Tieren fielen 11 auf bikondyläre Frakturen (Tabelle 4), die somit eine deutlich ungünstigere Prognose im funktionellen Endresultat besitzen. Als Komplikationen wurden von den Autoren Implantatlockerung (4) mit Migration (2), Instabilität (4), Implantatbruch (2) und Infektion (2) genannt. Bei über 52,5 % der Katzen liegen keine Nachuntersuchungen vor.

**Tab. 4: Behandlung und Ergebnisse distaler Humerusfrakturen.**

Autor	Anzahl Fraktur	Anzahl Versorgung	Anzahl Komplikation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Phillips (1979)	2 x uni-kondylär	1 x konservativ 1 x Rush-Pin	-	2 x gut	-
	1 x bi-kondylär	1 x Amputation	-	1 x unbefriedigend	-
Staimer (1980)	8 x supra-kondylär	6 x Spickung 1 x Pin + Schrauben 1 x Platte	2 x instabil	4 x gut 3 x unbefriedigend	1 x
	6 x uni-kondylär	6 x Schraube + Pin/Platte	-	4 x gut 2 x unbefriedigend	-
	12 x bi-kondylär	12 x Schraube + Pin/Platte	-	4 x gut 4 x unbefriedigend	4 x
Vannini et al. (1988b)	4 x supra-kondylär	4 x Pins + Cerclagen	-	2 x gut	2 x
	2 x bi-kondylär	1 x Schraube + Platte	-	-	1 x
		1 x Pin	1 x Bruch	1 x unbefriedigend	-

Fortsetzung nächste Seite.

**Tab. 4: Fortsetzung.**

Ebel (1990)	3 x supra- kondylär	1 x konservativ	-	-	1 x
		2 x Kreuzspickung / Rushpinning	-	-	2 x
	2 x uni- kondylär	1 x konservativ	-	-	1 x
		1 x Schraube + Pin	-	1 x gut	-
	3 x bi- kondylär	1 x konservativ	-	-	1 x
		1 x Schraube + Pin + Cerclage 1 x Pin + Platte	-	2 x gut	-
Klause et al. (1990)	1 x supra- kondylär	1 x ESF	-	1 x gut	-
Kurzbach (2000)	14 x supra- kondylär	14 x k.A.	k.A.	2 x gut	12 x
	16 x uni- kondylär	1 x Schrauben	1 x Lockeung + 1 x Migration	1 x unbe- friedigend	-
		1 x k.A.	1 x Bruch	-	1 x
		14 x k.A.	-	4 x gut	10 x
	33 x bi- kondylär	4 x Schraube + Platte/Pin	1 x instabil 2 x Infektion 1 x Lockeung	1 x gut 1 x unbe- friedigend	2 x
		1 x Spickung	1 x instabil	1 x gut	-
		28 x k.A.	-	3 x gut 3 x unbe- friedigend	22 x
Macias et al. (2006)	5 x bi- kondylär	5 x Schraube + bilaterale Platten	1 x Lockeung + 1 x Migration	2 x gut 1 x unbe- friedigend	2 x
Kirkby et al. (2008)	2 x bi- kondylär	2 x ESF	-	2 x gut	-
Silva et al. (2012)	4 x bi- kondylär	4 x ESF	1 x Lockeung	4 x gut	-
<b>gesamt</b>	<b>118</b>	<b>118</b>	<b>14</b>	<b>56</b>	<b>62</b>

## 5.7 Behandlung und Ergebnisse von Radius-/Ulnafrakturen

Von den paarigen Unterarmknochen trägt der Radius die Hauptlast des Gewichts und sollte daher einer primären Stabilisierung unterliegen (HARARI, 2002). Bei intaktem Radius hingegen ist nicht immer eine Versorgung der Ulna indiziert (MCLAUGHLIN, 1999), außer es handelt sich um Splitterfrakturen der Speiche, Frakturen des Tuber olecrani, der Incisura trochlearis und des Proc. styloideus ulnae mit Instabilität im Karpalgelenk.

Eine konservative Behandlung mit Castverbänden eignet sich als Option zur chirurgischen Versorgung bei minimal dislozierten Radiusschaftfrakturen (ORMROD, 1966; HARARI, 2002) und intakter Ulna (OAKLEY, 1999). LÖFFLER et al. (1978) betonte schon die ausreichende Stabilisierung der leicht zu reponierenden Fragmente von Unterarmfrakturen durch einen Verband und Kunststoffschienen. Bei mangelhafter Reposition besteht die große Gefahr einer Heilung in Fehlstellung mit Funktionsbeeinträchtigung und röntgenologisch nachweisbaren Auswirkungen (Arthrosen) auf die Gelenke (EULER, 1979).

Proximale Radiusfrakturen betreffen die Metaphyse, den Fugenbereich oder das Caput radii und werden ggf. mit Kirschner-Bohrdrähten oder bei einer Beteiligung der Gelenkfläche mit Zugschraube oder T-Platte für eine interfragmentäre Kompression stabilisiert (PIERMATTEI et al., 2006). Die Plattenosteosynthese des Radius bei diaphysären Frakturen stellt eine sehr effektive Methode der Frakturbehandlung dar (ORMROD, 1966). Die Platten werden auf der Zugseite und somit im kranialen Bereich des Radius angebracht (HARARI, 2002). SARDINAS u. MONTAVON (1997) wählten bei vier Katzen eine mediale Applikation ohne jegliche Komplikationen in der Frakturheilung. Es sollte eine relativ dünne Plattenstärke gewählt werden, damit der darüberliegende Weichteilmantel einfacher vernäht werden kann (BRUSE et al., 1989). Gelegentlich wird zusätzlich ein intramedullärer Pin in die Ulna gesetzt (EBEL, 1990; WALLACE et al., 2009). Im distalen Bereich sollten mindestens zwei Schrauben im unteren Fragment Platz haben und aus diesem Grund werden oftmals T-Platten eingesetzt (SARDINAS u. MONTAVON, 1997). PRIEUR (1976) und ROUSH u. MCLAUGHLIN (1998) geben keine Empfehlung für die intramedulläre Nagelung des Radius ab. Der Knochen weist aufgrund seiner kleinen Markhöhle eine limitierte Einsatzmöglichkeit an angemessenen Pingrößen auf. Zudem wird beim Einsetzen des Pins das Karpal- oder Ellbogengelenk zu leicht penetriert. Verwendung finden Bohrdrähte als Kreuzspickung oder in

Kombination mit einer Zuggurtung bei distalen Frakturen der Meta- und Epiphysenfuge (PIERMATTEI et al., 2006). Ein Fixateur externe wird besonders bei offenen und nicht rekonstruierbaren Splitterfrakturen verwendet (DENNY, 1996; MILOVANCEV u. RALPHS, 2004) und wird von den Katzenpatienten sehr gut toleriert (MCCARTNEY, 1998). Um eine bessere Stabilität bei etwas proximaler gelegenen Radiusfrakturen zu erreichen, rät SCOTT (2005) einen Pin in die Ulna hindurch zubohren. Als unterstützende Funktion kann ebenfalls ein intramedullärer Bohrdraht in die Ulna getrieben werden (CHANDLER u. BEALE, 2002; WALLACE et al., 2009).

Frakturen des Olekranons werden mit intramedullären Nägeln (ROACH, 1955; PEDDIE, 1969), einer Zugschraube (WESTHUES, 1955) oder einer Drahtzuggurtung (ROUSH u. MCLAUGHLIN, 1998) stabilisiert. Aufgrund der schmalen Markhöhle müssen kleinere Implantatdurchmesser gewählt werden (MCLAUGHLIN, 1999). Nach PRIEUR (1976) reicht die Fixation des Olekranons mit einem Marknagel alleine nicht aus, da häufig durch den Zug der Trizepsmuskulatur eine Implantatbiegung auftritt. KNECHT (1978) erreichte ein gutes Ergebnis mit der Resektion des proximalen Fragments. Als Alternative steht die Plattenosteosynthese zur Verfügung (DENNY, 1996), die sich gut bei instabilen Frakturen (Splitterfrakturen) bewährt. Die Platte wird lateral oder kaudal an die Ulna anmodelliert und eignet sich auch bei Brüchen im diaphysären Bereich. Ulnafrakturen mit zusätzlicher Luxation des Radiuskopfs (Monteggia) im Humeroradialgelenk werden ebenfalls mit Marknagelung, Drahtzuggurtung oder Plattung versorgt. Das Radioulnargelenk hingegen kann intakt bleiben. Eine Separierung bzw. Luxation entsteht durch einen Riss des Lig. anulare und Lig. collaterale laterale sowie bei Beschädigung der interossären Membran zwischen den paarigen Unterarmknochen (PIERMATTEI et al., 2006). In einem Fall von IRUBETAGOYENA et al. (2011) rutschte der Radiuskopf unter dem intakten Lig. anulare hindurch und BUSH u. OWEN (2009) verzeichneten nur eine Durchtrennung der Membrana interossea. Die Reposition des luxierten Caput radii erfolgt primär durch Rekonstruktion der beschädigten Bandstrukturen bzw. durch Bandersatz mit Fadenmaterial oder sekundär durch eine Stabilisierung mit Cerclage, Zugschraube oder mittels Kirschner-Bohrdraht (SCHWARZ u. SCHRADER, 1984; BIDLINGMAIER, 1989; EBEL, 1990). Die Refixierung des Radius sollte unter Bedacht der physiologischen Beweglichkeit der Unterarmknochen gegeneinander durchgeführt werden, da eine erhöhte rigide

Fixation der Speiche mit einer zu großen Schraube an die Elle eine Radiuskopffraktur mit Inkongruenz im Ellbogengelenk verursachen kann (EULER, 1979). Um die Pronation und Supination nicht zu lange einzuschränken, schlagen SCHWARZ u. SCHRADER (1984) die Implantatentfernung postoperativ nach vier Wochen vor. Unbehandelte Relaxationen des Radiuskopfs können zur Ausbildung einer Nearthrose führen (KURZBACH, 2000). Mittels intramedullärer Fixation werden distale Frakturen des Proc. styloideus ulnae versorgt (DENNY, 1996). Aufgrund der Instabilität im Art. antebrachiocarpea ist eine unterstützende Stabilisierung in Form einer kurzen Schiene ratsam (PIERMATTEI et al., 2006).

Anhand der gesammelten literarischen Angaben wurde bei 305 Patienten (86,4 %) ein gutes Behandlungsergebnis bei Radius-/Ulnafrakturen erzielt (Tabelle 5). Die häufigsten unbefriedigenden Ergebnisse weisen die konservativ versorgten Katzen (18 von 42) auf, deren Fraktur bei 13 Tieren in Fehlstellung verheilte. Vier von EIBEL (1990) verzeichnete Fehlheilungen sind keiner Versorgungsmethode zuzuordnen. Die Komplikationsrate der 552 dokumentierten Fälle beträgt insgesamt 7,4 %. Pseudarthrosen (9), Relaxation des Caput radii bei Monteggia-Frakturen (7), Implantatbruch (5) und -lockerung (5) tauchen am häufigsten auf, gefolgt von Dislokation/ungenauer Reposition (3), verzögerter Heilung (3), Refraktur (3), Knocheninfektion (2), Wachstumsstörung (2), Avulsion der Trizepssehne (1) und Nekrose des distalen Unterarmbereichs (1).

**Tab. 5: Behandlung und Ergebnisse von Radius-/Ulnafrakturen.**

K: konservativ, M: Minimalosteosynthese, IM: intramedulläre Nagelung, P: Platte, F: Fixateur externe.

Autor	Anzahl Fraktur	Anzahl Versorgung	Anzahl Komplikation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Knecht (1978)	2 x Olekranon	1 x M, 1 x Exzision	-	2x gut	-
	5 x Radius/Ulna	2 x K 3 x IM	-	5 x gut	-
Euler (1979)	157 x Radius/Ulna	157 x K	12 x Fehlheilung	96 x gut 16 x unbefriedigend	45 x

Fortsetzung 1 nächste Seite.

**Tab. 5: Fortsetzung 1.**

Euler (1979)	76 x Radius/ Ulna	55 x P	3 x Bruch, 1 x Lockerung	41 x gut 7 x unbe- friedigend	7 x
		11 x M	-	8 x gut	3 x
		10 x IM	1 x ungenaue Reposition	7 x gut 1 x unbe- friedigend	2 x
Phillips (1979)	18 x Radius/ Ulna	13 x K	1 x verzögerte Heilung, 3 x Pseudarthrose	11 x gut 2 x unbe- friedigend	-
		5 x IM	1 x Bruch + 1 x Pseudarthrose	4 x gut 1 x unbe- friedigend	-
	2 x isoliert Radius	1 x K 1 x IM	-	2 x k.A.	-
	2 x Ole- kranon	1 x K 1 x IM	-	2 x k.A.	-
Schwarz u. Schrader (1984)	12 x Monteggia	12 x k.A.	1 x Lockerung, 2 x Relaxation Caput radii	5 x gut 3 x unbe- friedigend	4 x
Bidling- maier (1989)	9 x Monteggia	8 x IM 1 x M	4 x Relaxation Caput radii, 2 x Pseudarthrose	-	9 x
Ebel (1990)	5 x Ole- kranon 1 x Monteggia	6 x IM	4 x Fehlheilung, 2 x Refraktur, 1 x Pseudarthrose	-	6 x
	13 x K	3 x gut		10 x	
	14 x P	9 x gut		5 x	
	15 x IM	2 x gut 2 x unbe- friedigend		11 x	
	4 x F	1 x ungenaue Reposition	1 x unbe- friedigend	3 x	
	120 x P	1 x Infektion, 1 x Lockerung	59 x gut 2 x k.A.	59 x	
Knobloch (1990)	136 x Radius/ Ulna	15 x IM	-	10 x gut	5 x
		1 x M	-	1 x gut	-
		4 x P	-	4 x gut	-
Sardinas u. Montavon (1997)	4 x Radius/ Ulna				

Fortsetzung 2 nächste Seite.

**Tab. 5: Fortsetzung 2.**

Mc Cartney (1998)	5 x Radius/ Ulna	5 x F	1 x verzögerte Heilung	5 x gut	-
Kurzbach (2000)	3 x Radius/ Ulna	3 x IM	-	1x unbe- friedigend	2 x
	20 x Ole- kranon	19 x IM 1 x P	1 x Pseudarthrose	4 x gut 2 x unbe- friedigend	14 x
	10 x Mon- teggia	10 x k.A.	1 x Radius- relaxation	2 x gut 2 x unbe- friedigend	6 x
Haas et al. (2003)	7 x Radius/ Ulna	7 x F	1 x Fehlheilung	7 x gut	-
Gemmill et al. (2004)	2 x Radius	2 x F	-	2 x gut	-
Voss & Lies- kovsky (2007)	1 x distal Radius	2 x K	2 x Wachstums- störung	2 x gut	-
	1 x distal Ulna				
Wallace et al. (2009)	26 x Radius/ Ulna	1 x K	1 x Fehlheilung	-	1 x
		12 x F (+ 2 x IM Ulna)	1 x Refraktur, 1 x Nekrose, 1 x Dislokation, 1 x Pseudarthrose, 1 x IM Pinbruch	4 x gut 3 x unbe- friedigend	5 x
		11 x P (+ 4 x IM Ulna)	1 x Lockerung + 1x Infektion 1 x verzögerte Heilung Ulna	9 x gut 1 x unbe- friedigend	1 x
		1x P + F	-	-	1 x
		1 x IM	1 Avulsion der Trizepssehne	1 x gut	-
Bush u. Owen (2009), Irubeta- goyena et al. (2011)	2 x Mon- teggia	1 x P + IM 1 x P	1 x Pin Lockerung der Radiuskopf- fixation	2 x gut	-
<b>gesamt</b>	<b>552</b>	<b>552</b>	<b>41</b>	<b>353 (6 k.A.)</b>	<b>199</b>

## 5.8 Behandlung und Ergebnisse von Karpalfrakturen

Äußerst selten findet man bei Katzen Frakturen der Karpalknochen (PHILLIPS, 1979; NOLTE et al., 2005). Traumen am Karpus äußern sich hingegen viel häufiger mit Hyperextensionsverletzungen des Karpometakarpalgelenks und Ruptur des medialen Lig. collaterale (EARLEY u. DEE, 1980; VOSS et al., 2009b). Über den Hund existieren mehrere Fallberichte (HICKMAN, 1975; JOHNSON, 1987; TOMLIN et al., 2001). Frakturen des Os carpi accessorium treten generell isoliert oder in Kombination mit Band- und Sehnenverletzungen auf. Bei Frakturen des Os carpi intermedioradiale sind nicht immer beide Kortikales betroffen. Somit liegt nur eine geringe Dislokation vor (KÖSTLIN, 2007).

VOSS et al. (2009b) verweisen bezüglich der Behandlungsmethode auf eine konservative Ruhigstellung in 20°-Beugestellung des Karpalgelenks für ca. vier Wochen. In der Versorgung von größeren Fragmenten können kleine Schrauben oder Bohrdrähte verwendet werden. Ebenfalls stellt die Ruhigstellung des Gelenks mittels Plattenpanarthrodese (PARKER et al., 1981; DENNY u. BARR, 1991), gekreuzten Kirschner-Bohrdrähten (DENNY, 1996) oder Fixateur externe eine Option in der Frakturversorgung dar (CHANDLER u. BEALE, 2002). KÖSTLIN (2007) empfiehlt bei intraartikulären Frakturen eine möglichst korrekte Reposition, da meistens klinisch relevante arthrotische Veränderungen auftreten und Karpalfrakturen oftmals in einer Arthrodese mit typischer Ausbildung einer Ankylose enden (CHANDLER u. BEALE, 2002).

PHILLIPS (1979) beschreibt eine Fraktur des Os carpi accessorium einer Katze und eines Greyhounds mit Exzision des Knochenfragments und Resektion des M. abductor digiti V. Ein zufriedenstellendes Ergebnis konnte beim Hund erreicht werden, hingegen zeigte die Katze eine kontinuierliche milde Lahmheit (Tabelle 6). TOMLIN et al. (2001) diagnostizierten bei allen Hunden auf dem Kontrollröntgenbild eine Karpalgelenksarthrose mit vermehrten Sklerosierungen, unabhängig von der Versorgungsmethode.

**Tab. 6: Behandlung und Ergebnisse von Karpalknochenfrakturen.**

Autor	Anzahl Fraktur	Anzahl Versorgung	Anzahl Komplikation	Anzahl Ergebnis	Anzahl keine Kontrolle
Phillips (1979)	1 x Os carpi accessorium	1 x Exzision	-	1 x unbefriedigend	-
<b>gesamt</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>

### 5.9 Implantatentfernung

Eine Entfernung ist bei den heutigen modernen Implantaten nicht zwingend erforderlich (ROUSH, 2005) und wird von den Katzenbesitzern im Vergleich zum Hund weniger häufig gewünscht (EBEL, 1990). Eine Ausnahme muss bei bestehenden Schmerzanzeichen oder Lahmheiten aufgrund lokaler Weichteilschwellung, Implantatversagen und verzögerter Heilung durch lockere oder infizierte Implantate getroffen werden (EMMERSON u. MUIR, 1999; HARARI, 2002). PIERMATTEI et al. (2006) geben als Anhaltspunkt für die Plattenentfernung eine Zeittabelle (Tabelle 7) an. Vorher sollte immer ein Kontrollröntgen gemacht werden.

**Tab. 7: Entfernung von Knochenplatten.**

Alter	postoperative Zeit für Plattenentfernung
unter 3 Monate	4 Wochen
3-6 Monate	2-3 Monate
6-12 Monate	3-5 Monate
über 1 Jahr	5-14 Monate

Bei mit einem Fixateur externe fixierte Frakturen schlagen ARON et al. (1995) vor, die perkutanen Bohrdrähte einzeln von Zeit zu Zeit während der Heilungsphase zu extrahieren. Dadurch wird der Knochen langsam, aber stetig einer erhöhten Belastung ausgesetzt und das Remodelling des Fraktuskallus gefördert.

Bei Epiphysenfugenfrakturen junger Tiere sollte eine Implantatentfernung baldmöglichst erfolgen, um das Wachstum des Knochens nicht zu beeinträchtigen (SCHEBITZ et al., 1981). ROUSH u. MC LAUGHLIN (1998) werfen dem keine allzu große Bedeutung zu, da die meisten Fugenverletzungen unabhängig der Fixationsmethode zu einem frühzeitigen Schluss neigen. Keine Auswirkungen

sehen SCHEBITZ et al. (1981) bei der interfragmentären Kompression mit Zugschrauben oder Zuggurtung, wenn der Patient annähernd ausgewachsen ist. Ebenso sehen PIERMATTEI et al. (2006) keine negative Beeinflussung einer Plattenosteosynthese, wenn das Implantat keine Wachstumsfuge kreuzt und zum Zeitpunkt der klinischen Ausheilung wieder entfernt wird.

## III MATERIAL UND METHODEN

### 1 Retrospektive Studie

Mithilfe des Klinikverwaltungsprogramms wurden über 752 dokumentierte Fälle von insgesamt 850 Frakturen (beidseitig, Mehrfachfrakturen) des Schulterblatts, Ober- und Unterarms sowie des Karpus bei Katzen, die in den Jahren 1990–2010 an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellt worden waren, eruiert. Davon wiesen acht Katzen ein erneutes Trauma zu einem späteren, unabhängigen Zeitpunkt auf. Hinsichtlich der Absolutwerte der einzelnen Regionen hatten 43 Patienten eine Schulterblatt-, 265 eine Oberarm-, 457 eine Unterarm- und 11 eine Karpalfraktur. Davon waren bei einem Tier mit einem Knochenbruch des Oberarms zusätzlich das Schulterblatt und bei 23 Tieren mit Unterarmfrakturen zusätzlich das Schulterblatt (5), der Oberarmknochen (15) sowie der Karpus (3) betroffen.

#### 1.1 Patienten

Die erfassten Patienten wurden hinsichtlich ihrer Alters-, Rasse- und Geschlechtsverteilung ausgewertet. Ebenso wurden die Ursache der Frakturentstehung, zusätzliche Verletzungen, der Verletzungsgrad (isolierte Fraktur, multiple Frakturen, polytraumatisiert), die Frakturlokalisation sowie -form, die Wahl der Frakturversorgung mit entsprechendem Zugang und, wenn vorhanden, die Zeitspanne zwischen dem operativen Ersteingriff bis zur Implantatentfernung erfasst. Anhand der Aufzeichnungen von Nachuntersuchungen und Röntgenaufnahmen erfolgte schließlich eine Analyse des Heilungsverlaufs und von eventuellen Komplikationen.

#### 1.2 Einteilung der Frakturen

Um eine Übersicht über die unterschiedlichen Frakturen zu erhalten, wurde anhand der Röntgendokumentation zunächst eine Einteilung nach der Frakturlokalisation vorgenommen (Tabelle 8). So ergaben sich für die Skapula als Region die Cavitas glenoidalis, das Collum und das Corpus scapulae (proximal, medial, distal) sowie die Spina scapulae, für den Oberarm die proximale Epiphyse und Metaphyse (Epiphysenfuge, Caput humeri, Tuberculum majus/minus), die

Diaphyse (proximales, mittleres, distales Drittel) und die distale Metaphyse und Epiphyse (Epiphysenfuge, suprakondylär, unikondylär, bikondylär, epikondylär). Für den Unterarm erfolgte eine Gliederung in proximale Epiphyse und Metaphyse des Radius (Epiphysenfuge, Caput radii), des Olekranons der Ulna (Apophysenfuge, Tuber olecrani, mittleres, distales Olekranondrittel), der Diaphyse (proximales, mittleres, distales Drittel) und der distalen Metaphyse und Epiphyse von Speiche und Elle (Epiphysenfuge, Proc. styloideus lateralis et medialis). Des Weiteren wurden die Unterarmfrakturen in kombinierte Radius- und Ulnafrakturen sowie isolierte Radius- und isolierte Ulnaknochenbrüche unterteilt. Frakturen der Handwurzelknochen konnten dem Os carpi accessorium und nach ihrer Lokalisation der distalen Gelenksreihe zugeordnet werden. Zusätzlich wurden Verdachtsfälle einer möglichen Karpalfraktur miterfasst.

**Tab. 8: Gliederung der Frakturlokalisierungen.**

Schulter	Oberarm	Unterarm Radius/Ulna	Karpus
Corpus scapulae (proximal,medial, distal)	proximale Epiphyse u. Metaphyse	proximale Epiphyse u. Metaphyse/ Olekranon	Os carpi accessorium
Spina scapulae	Diaphyse	Diaphyse	distale Gelenksreihe
Collum scapulae	distale Metaphyse u. Epiphyse	distale Metaphyse u. Epiphyse	Verdacht
Cavitas glenoidalis	-	-	-

Hinsichtlich der Weichteildeckung wurde zwischen offenen und geschlossenen Frakturen sowie der Bruchform zwischen einfachen und komplexen Frakturen unterschieden. Zu den einfachen Knochenbrüchen zählten glatte Quer-, (lange und kurze) Schräg-, Spiral- und Stauchungsfrakturen, zu den komplexen Stück-, Splitter- bzw. Trümmerfrakturen und pathologische Frakturen.

## 2 Kontrollstudie

Durch eine klinische und röntgenologische Untersuchung konnte der Heilungsverlauf der Frakturen bei 45 Katzen erfasst und beurteilt werden. Die Besitzer der noch lebenden Patienten erklärten sich zu einer nochmaligen Kontrolle in der Chirurgischen Kleintierklinik bereit. Darüber hinaus gelang es, die Besitzer von 211 Katzen, darunter von 128 bereits verstorbenen Tieren, telefonisch über den Heilungsverlauf zu befragen. Die Datenerhebung erfolgte standardisiert anhand eines Fragebogens (siehe Anhang Abbildung 29 und 30). Von 371 Katzen hingegen war es nicht mehr möglich, Informationen einzuholen. So ergaben sich drei Ermittlungsgruppen:

1 = Nachuntersuchung in der Klinik (n = 45)

2 = telefonische Befragung (über den Heilungsverlauf inklusive bereits verstorbener Katzen; n = 211)

3 = Patient weggegeben, kurz nach OP verstorben oder keine Auskünfte vonseiten des Besitzers (n = 371)

### 2.1 Befragung des Tierbesitzers

Auf die Befragung des Tierbesitzers wurde sowohl im Rahmen der Nachuntersuchung an der Klinik als auch fernmündlich großer Wert gelegt, denn ihm ist es möglich, den Patienten in seiner natürlichen, häuslichen Umgebung zu beobachten und gegebenenfalls Veränderungen im Verhaltensmuster wahrzunehmen. Der dafür erstellte Fragebogen sollte mit oberflächlich formulierten Fragen die Wahrnehmungsfähigkeit des Besitzers, Veränderungen bzw. Lahmheiten zu erkennen, überprüfen und in Folge spezifisch Einschränkungen von 37 Katzen in ihren täglichen Tätigkeiten, insbesondere des Komfortverhaltens und der Fortbewegung, aufzeigen. Dabei wurde gezielt nach Schwierigkeiten beim Gehen, Laufen und Springen, eine komfortable Position einzunehmen, sich nach langen Pausen zu bewegen, sich zu strecken bzw. aufzurichten, zu ducken, beim Aufstehen, Niederlegen, Hochspringen, Runterspringen, bei der Benutzung der Katzentoilette, beim Stuhlgang, beim Putzen, eine Sitzstellung einzunehmen, sich auf glatten Böden zu bewegen, beim Spielen mit Spielzeug und nach Schwierigkeiten beim Spielen mit anderen Haustieren gefragt. Um ein einheitliches und aussagekräftiges Ergebnis zu

erhalten, wurde auf die Verwendung eines Benotungsschlüssels zurückgegriffen, wobei die Zahl 0 für kein Problem, 1 für wenige Probleme, 2 für einige Probleme, 3 für viele Probleme, 4 für unmöglich und n.b. für nicht beurteilbar stand. Zusätzlich wurde die Zufriedenheit des Besitzers mit dem Verlauf und dem Ergebnis in die Auswertung miteinbezogen. Eine Kopie des Fragebogens findet sich im Anhang (Abbildung 29 und 30).

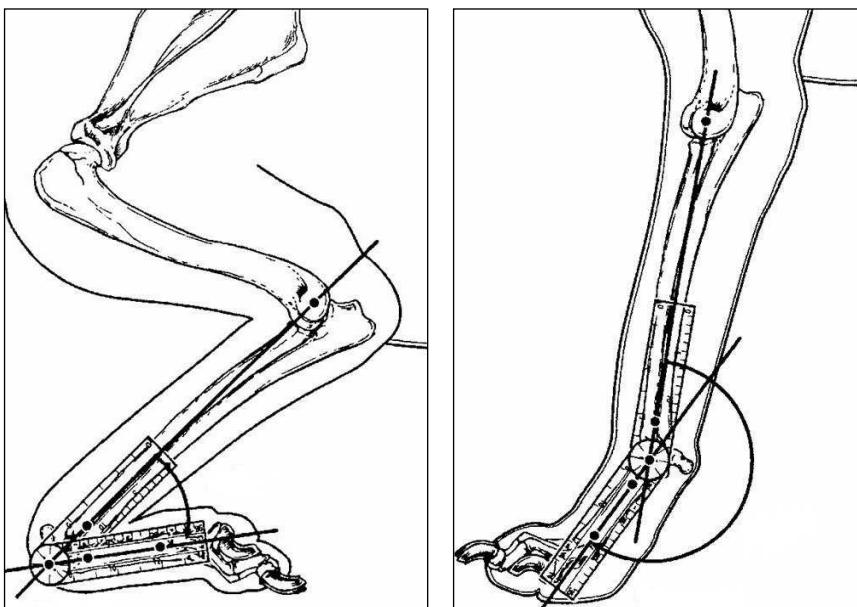
## **2.2 Klinisch-orthopädische Untersuchung**

Um vorab allgemeine Grunderkrankungen auszuschließen und somit eine Verschleierung oder Verstärkung von Lahmheiten und Bewegungsstörungen zu erkennen, wurde ein abgekürzter klinischer Untersuchungsgang durchgeführt. Zudem sollte dabei Kontakt zum Tier aufgebaut werden, um dessen Reaktion auf die Manipulation in einer fremden Umgebung durch den Untersuchenden studieren zu können. Besonderes Augenmerk wurde auf das Allgemeinverhalten, den Ernährungszustand („body condition score“: 1 = kachektisch, 2 = mindergut/sichtbare Taille, 3 = ideal/gut, 4 = sehr gut/keine sichtbare Taille, 5 = adipös), die Hautelastizität, die Kontrolle der Schleimhäute, die Adspektion der Mundhöhle, die Untersuchung der Mandibularlymphknoten, die Auskultation von Herz und Lunge und die Palpation des Abdomens gelegt.

Im Anschluss erfolgte eine orthopädische Untersuchung, aufgeteilt in Adspektion in der Bewegung (soweit möglich) und im Stand, Palpation und passive Bewegung. Obwohl eine Bewegungsanalyse in fremder Umgebung bei Katzen meist nicht durchführbar ist, wurden trotzdem gegebenenfalls Lahmheiten, Kusshandstellungen sowie Exo-, oder Endorotationen beim Vorführen der Extremität anhand einiger Schritte erfasst. Eventuelle neurologische Ausfälle wurden ebenso festgehalten. Im Stand und im Liegen wurde auf Fehlstellungen (Abduktion, Adduktion, Varus, Valgus, Supination, Pronation, Hyperextension, Hyperflexion), Asymmetrien (Atrophie, Schwellung) und auf die Belastung der betroffenen Gliedmaße geachtet. Umfangsvermehrungen, Schwellungen, fühlbare Muskel- und Knochenveränderungen, Instabilität jeder Art, Kreptitation, Schmerhaftigkeit, Fühlbarkeit von Implantaten, Gelenksfüllung und Gelenksversteifung wurden während des Palpierens untersucht und näher beschrieben.

Zusätzlich wurden, so weit eine Beurteilung am unsedierten Patienten möglich war, goniometrische Messungen in Flexions- und Extensionsstellung der beidseitigen Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenke vorgenommen. Dabei wurde

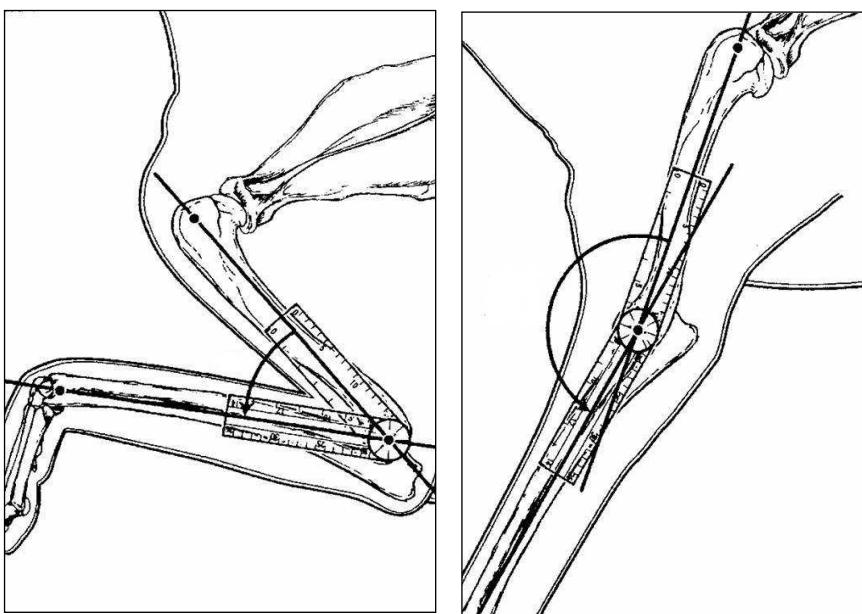
ein handelsübliches durchsichtiges Goniometer aus Plastik mit einer Winkelskalierung in 5°-Schritten verwendet. Wie in der Arbeit von JAEGGER et al. (2007) beschrieben und anhand der Bilder (Abbildung 9–11) von JAEGGER et al. (2002) dargestellt, wurden bei der Durchführung der Messungen der Karpalgelenke der distale Schenkel des Goniometers axial der Metakarpalia III und IV und der proximale Schenkel longitudinal der Achse des Antebrachiums (Verbindungslinie vom Proc. styloideus ulnae bis zum Epicondylus lateralis humeri) angelegt (Abbildung 9).



**Abb. 9: Goniometrische Messungen am Karpalgelenk.**

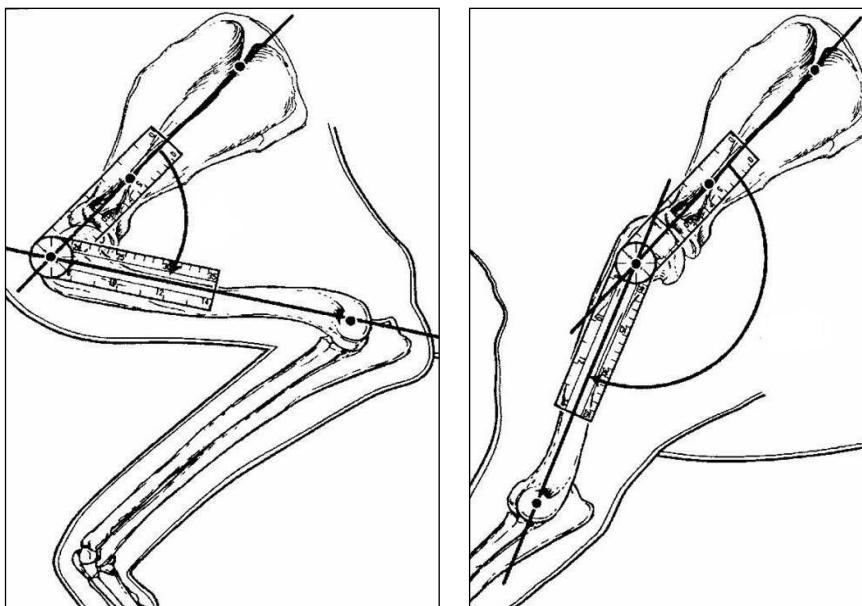
(Modifziert nach JAEGGER et al., 2002).

Beim Ellbogengelenk wurden als Bezugspunkte erneut die longitudinale Achse des Unterarms sowie die des Oberarms (Verbindungslinie vom Epicondylus lateralis humeri bis zum Tuberculum majus) herangezogen (Abbildung 10). Die Flexion und Extension des Schultergelenks wurden durch die Winkelmessungen zwischen der longitudinalen Achse des Humerus und der Spina scapulae bestimmt (Abbildung 11).



**Abb. 10: Goniometrische Messungen am Ellbogengelenk.**

(Modifziert nach JAEGGER et al., 2002)



**Abb. 11: Goniometrische Messungen am Schultergelenk.**

(Modifziert nach JAEGGER et al., 2002)

### 2.3 Röntgenuntersuchung

In der Röntgenabteilung der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik wurde die betroffene Gliedmaße der einzelnen Katzenpatienten in einer Standardaufnahme in zwei Ebenen, jeweils im mediolateralen und kraniokaudalen Strahlengang abgelichtet. Dabei wurde vom Karpalgelenk bis zum Schultergelenk aufgeblendet. Zum Seitenvergleich wurde ebenso von der zweiten Vorderextremität ein Grundbilderpaar angefertigt. Sollten benachbarte Gelenke

pathologische Befunde aufzeigen, wurde das entsprechende Gelenk zentriert in zwei Ebenen nachgeröntgt. Die Röntgendiagnostik wurde mit der digitalen Klinikröntgenanlage von SIEMENS<sup>1</sup> durchgeführt. Der Fokus-Tisch-Abstand betrug konstant 115 cm. Die verwendeten kVp- und mAs-Einstellungen finden sich in Tabelle 9 wieder. Die Betrachtung und eventuelle Nachbearbeitungen der Röntgenbilder erfolgte mit dem Syngo Imaging XS-Viewer von SIEMENS<sup>2</sup>. Mithilfe einer erstellten Checkliste fand eine spezifische Auswertung statt, wobei Schwerpunkte in der Begutachtung auf die angrenzenden Weichteile, die Knochen und die benachbarten Gelenke gesetzt wurden.

Folgende Parameter wurden kontrolliert:

- **Weichteile:** Mineralisierung, Gasansammlung, Schwellung, Atrophie
- **Knochen:** periostale/endostale Kontur, Dicke und Dichte der Kompakta, Dichte und trabekuläre Struktur des Knochenmarks, subchondrale Dicke und Dichte, Frakturheilungsverlauf (eingeschlossen möglicher Komplikationen), destruktive und proliferative Veränderungen, Achsenfehler, Gliedmaßenverkürzungen und -verlängerungen
- **Gelenke:** Ankylose, Inkongruenz, Veränderungen am Gelenkspalt, Band- und Kapselansatz, subchondrale Sklerosierung, Randwulstbildung, Osteophyten

Die vollständige Checkliste befindet sich zur Ansicht im Anhang.

**Tab. 9: Belichtungsdaten.**

Standardaufnahme (Ellbogengelenk zentriert)	48/4	50/4–4,5	kVp/mAs
Schultergelenk zentriert	57/10–12	58,5/6–12	
Karpalgelenk zentriert	45/3–3,6	-	

## 2.4 Klassifizierung der Frakturen

Mit dem AO-Codierungssystem nach UNGER et al. (1990) wurden 50 Frakturen der 45 nachuntersuchten Katzen klassifiziert. Darunter befanden sich 21 kombinierte Radius-/Ulnafrakturen (22-A [n = 13], 22-B [n = 3], 23-A [n = 5]), 15

---

<sup>1</sup> Siemens AG Axiom Luminos dRF, 2007, München, Deutschland

<sup>2</sup> Siemens AG Medical Solutions, Health Services, 2006, Erlangen, Deutschland

Humerusfrakturen (11-A [n = 2], 12-A [n = 5], 12-B [n = 1], 13-A [n = 2], 13-B [n = 2], 13-C [n = 3]), acht isolierte Frakturen des Radius (22-A [n = 5], 23-A [n = 3]), vier isolierte Frakturen der Ulna (21-B [n = 2], 22-A [n = 3]) und zwei Collumquerfrakturen der Skapula. Im Anhang sind die Illustrationen der unterschiedlichen Gruppen von Humerus- und Radius-/Ulnafrakturen nach UNGER et al. (1990) ersichtlich (Abbildung 31 und 32).

## **2.5 Statistische Auswertung**

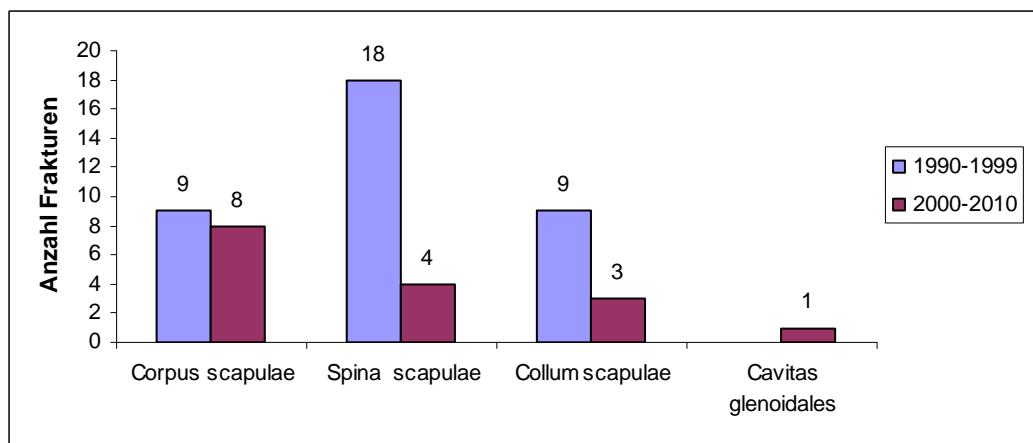
Im Zuge der statistischen Analyse fand eine populationsbeschreibende Untersuchung statt. Neben einer deskriptiven Auswertung wurde eine schließende Statistik bei einzelnen, das klinische und röntgenologische Endresultat beeinflussenden Faktoren durchgeführt. Die Überprüfung der Signifikanz erfolgte in einer Vierfeldertafel mittels Chi<sup>2</sup>-Test. Für die Auswertung kleinerer Fallzahlen wurde der Fischer-Exakt-Test herangezogen. Das Signifikanzniveau betrug 5 %, indessen konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$  von signifikanten Unterschieden in der Verteilung der Ergebnisse gesprochen werden.

## IV ERGEBNISSE

### 1 Frakturen des Schulterblatts

#### 1.1 Häufigkeit

In den letzten 20 Jahren wurden 43 Katzen mit 52 Frakturen der Skapula vorgestellt, davon 36 Frakturen (69,2 %) zwischen 1990–1999 und 16 Frakturen (30,8 %) zwischen 2000–2010 (Abbildung 12).



**Abb. 12: Topografische Verteilung der Skapulafrakturen.**

#### 1.2 Lokalisation und Form der Frakturen

Die Frakturen am Schulterblatt ließen sich in vier Regionen einteilen mit einer Beteiligung des Corpus scapulae von  $n = 17$  (32,7 %), der Spina scapulae von  $n = 22$  (42,3 %), des Collum scapulae von  $n = 12$  (23,1 %) und der Cavitas glenoidalis von  $n = 1$  (1,9 %) (Tabelle 10). Siebenmal kam es bei einer Fraktur des Corpus scapulae zu einer Mitbeteiligung der Spina scapulae und 1-mal waren aufgrund einer Splitterfraktur das Corpus, die Spina und das Collum scapulae zusammen betroffen. Am häufigsten frakturierte der mittlere Anteil des Corpus scapulae ( $n = 7$ ) gefolgt vom proximalen und distalen Drittel (jeweils  $n = 5$ ). Der Bereich des Margo cranialis war mit  $n = 12$  eindeutig einer vermehrten Belastung ausgesetzt. In drei Fällen war eine Längsfraktur vorhanden und in nur zwei Fällen wurde eine Splitterfraktur diagnostiziert, davon 1-mal als offene. Spina scapulae Frakturen wurden vermehrt von 1990–1999 beobachtet. In diesem Zeitraum wurde einem Eintrag zufolge eine einzelne Katze mit einer Fissur des Proc. suprhamatus vorgestellt, ansonsten waren nur Brüche proximal des Akromions verzeichnet.

Das Collum scapulae wies bei vier Patienten eine Splitterfraktur und 7-mal eine Querfraktur auf. In einem Fall konnte kaudal eine Absprengung der Cavitas glenoidalis festgestellt werden.

**Tab. 10: Frakturlokalisationen Skapula.**

(n): Splitterfraktur, (n<sup>^</sup>): offen, (n<sup>\*</sup>): Fissur Proc. suprähamatus.

	<b>1990–1999</b>	<b>2000–2010</b>	<b>n (%)</b>
Corpus scapulae proximal	1	4	-
Corpus scapulae medial	4	3 (1 <sup>^</sup> )	-
Corpus scapulae distal	4 (1)	1	<b>17 (32,7)</b>
Spina scapulae	18 (1 <sup>*</sup> )	4	<b>22 (42,3)</b>
Collum scapulae	9 (3)	3 (1)	<b>12 (23,1)</b>
Cavitas glenoidalis	-	1	<b>1 (1,9)</b>
<b>n (%)</b>	<b>36 (69,2)</b>	<b>16 (30,8)</b>	<b>52 (100)</b>

### 1.3 Altersverteilung

Acht Patienten waren < 1 Jahr, 14 bis zu fünf Jahre alt und 19 Tiere hatten zum Zeitpunkt der Frakturentstehung ein Lebensalter von > 5 Jahren. Bei zwei Katzen waren keine Eintragungen bezüglich des Geburtsdatums vermerkt und deshalb konnte nur anhand der Röntgenbildbetrachtung der Wachstumsfugen eine Altersschätzung vorgenommen werden, wodurch beide Patienten älter als zwei Jahre einzustufen waren (Tabelle 11). Das Durchschnittsalter betrug 5,4 Jahre (0,17–18,7 Jahre, adult: > 2 Jahre ≈ Wert 6,  $\sigma = 4,83$ ,  $vk = 0,89$ , Median = 4,75).

**Tab. 11: Altersverteilung mit Frakturlokalisationen Skapula.**

(n): mit Spina und Collum scapulae.

	$\leq 3$	$\leq 7$	$\leq 12$	$1-2$	$2-5$	$5-10$	$> 10$	<i>ad- ult</i>	<b>n</b>
	<i>Monate</i>				<i>Jahre</i>				
Corpus scapulae	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (1)	4 (2)	3 (2)	4 (1)	-	<b>17</b>
Spina scapulae	-	2	1	1	1	5	2	2	<b>14</b>
Collum scapulae	1	-	-	4	2	4	-	-	<b>11</b>
Cavitas glenoidalis	-	-	-	-	-	-	1	-	<b>1</b>
<b>n</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>43</b>

## 1.4 Geschlechtsverteilung

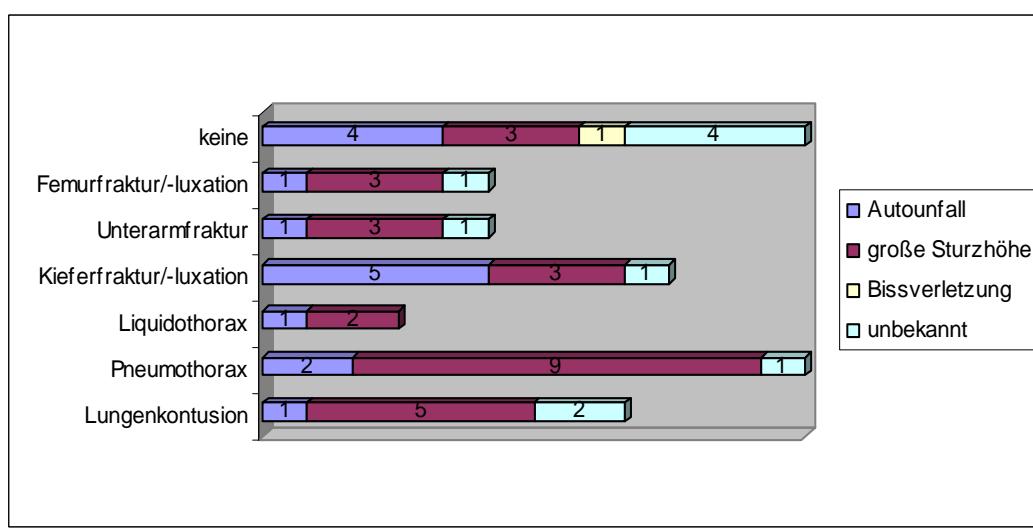
Der männliche Anteil lag bei 23, der weibliche bei 20 Tieren. Von den männlichen waren 18 und von den weiblichen Katzen 11 zum Zeitpunkt des Unfalls kastriert.

## 1.5 Rasseverteilung

Von den 43 Patienten waren 32 EKH, zwei Siamesen, eine Deutsch Langhaar und eine Karthäuser vertreten. Sieben wurden als Hauskatze definiert.

## 1.6 Unfallursache und zusätzliche Verletzungen

Die Hauptkausalität für eine Frakturentstehung am Schulterblatt war auf Stürze aus größerer Höhe (Fenster, Balkon, Dach) zurückzuführen ( $n = 17$ ). Zwölf Katzen wurden von einem Auto angefahren und 2-mal waren Bissverletzungen von Hunden für einen Knochenbruch (1-mal als offene Splitterfraktur) verantwortlich. Keine Erklärung für die Unfallsursache konnte bei 12 Tieren gefunden werden. Zusätzliche Verletzungen wurden bei 31 von 43 Patienten diagnostiziert. Fünfzehn zogen sich dabei eine weitere Fraktur bis mehrere Frakturen zu und bei 20 Katzen lag ein zum Teil lebensbedrohliches Thoraxtrauma vor. Achtmal wurden eine Lungenkontusion, 12-mal ein Pneumothorax (davon 7-mal in Form eines Hämatopneumothorax) und 3-mal ein Liquidothorax (davon 2-mal als Hämothorax) diagnostiziert. In Abbildung 13 werden die häufigsten zusätzlich entstandenen Verletzungen in Zusammenhang mit der Unfallsursache grafisch dargestellt. In Tabelle 12 werden alle zusätzlich entstandenen Verletzungen in Zusammenhang mit der Unfallsursache aufgelistet.



**Abb. 13: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Skapulafrakturen.**

**Tab. 12: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Skapulafrakturen.**

	<i>n</i>	<i>Auto-unfall</i>	<i>große Sturzhöhe</i>	<i>Bissverletzung</i>	?
<b>Schock</b>	5	1	2	-	2
<b>Weichteilverletzung</b>	6	1	3	1	1
<b>Epistaxis</b>	3	-	2	-	1
<b>Achillessehnenruptur</b>	1	1	-	-	-
<b>Seitenbandruptur</b>	1	-	1	-	-
<b>Lungenkontusion</b>	8	1	-	5	2
<b>Pneumothorax</b>	12	2	9	-	1
<b>Liquidothorax</b>	3	1	2	-	-
<b>traumatische Gaumenspalte</b>	3	-	2	-	1
<b>Kieferfraktur</b>	7	3	3	-	1
<b>Kieferluxation</b>	2	2	-	-	-
<b>Humerusfraktur</b>	1	1	-	-	-
<b>Unterarmfraktur</b>	5	1	3	-	1
<b>Femurfraktur</b>	4	-	3	-	1
<b>Femurluxation</b>	1	1	-	-	-
<b>Metakarpalfraktur</b>	1	-	1	-	-
<b>Beckenfraktur</b>	1	-	-	-	1
<b>Rutenabriß</b>	2	2	-	-	-
<b>Diastase ISG</b>	1	-	1	-	1
<b>Wirbelfraktur</b>	1	1	-	-	-
<b>Commotio spinalis</b>	1	-	1	-	-
<b>Commotio cerebri</b>	2	1	-	-	1
<b>keine</b>	12	4	3	1	4

### 1.7 Behandlung und Ergebnisse

Von 43 eingelieferten Katzen mit 52 Frakturen der Skapula wurden neun mit 11 Frakturen behandelt. Ein Patient verstarb (Exitus letalis) kurz nach Einlieferung in die Tierklinik bevor weitere Maßnahmen eingeleitet werden konnten. Nach einem Zusammenstoß mit einem Auto litt die Katze neben lebensbedrohlichen Thoraxverletzungen an Frakturen des Corpus scapulae mit Spina scapulae, des Unterkiefers, des sechsten Lendenwirbels und des Kreuzbeins sowie an einem Rutenabriß.

Die Behandlung der neun Patienten erfolgte 1-mal konservativ und 8-mal operativ (Tabelle 13). Bei der konservativen Therapieform wurde eine gedeckte Reposition einer Fraktur des Korpus im Bereich des Margo cranialis bei einer 3,9 Jahre alten Katze durchgeführt. Während einer Nachuntersuchung konnte keine Lahmheit oder Fehlheilung ermittelt werden.

**Tab. 13: Behandlung von Skapulafrakturen.**

<b>Fraktur</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Versorgung</b>	<b>Zusatz</b>
Corpus scapulae	1	konservativ	-
	1	4 Cerclagen	offene Fraktur, gesplittert
Spina scapulae	1	2 Bohrdrähte	-
	3	T-Mini-Platte	3-mal Akromion-Osteotomie
	1	2 Kleinfragment-Platten	gesplittert, 1-mal Akromion-Osteotomie
Collum scapulae	1	Mini-DCP	-
	1	Mini-DCP, 2 Bohrdrähte, 2 Zugschrauben	gesplittert
	1		
Corpus, Spina, Collum scapulae	1		

Operiert wurde zum frühestmöglichen Zeitpunkt nach Einlieferung der Patienten bzw. nach Stabilisierung des Allgemeinzustands aufgrund schwerer Thoraxverletzungen (Mittelwert 3,5 Tage,  $\sigma = 3,0$ ,  $vk = 0,85$ , Median = 2,5). Der Zugang erfolgte von lateral. Zweimal wurde eine Frakturversorgung (Minimalosteosynthese) mit Bohrdrähten alleine (Spina) oder Drahtcerclagen (offene Splitterfraktur des Korpus) gewählt. Bei Frakturen im Bereich des Collum scapulae wurde 5-mal eine Plattenosteosynthese mittels Kompressionsverfahren angewandt. Eine Splitterfraktur konnte mit zwei Kleinfragmentplatten stabilisiert werden. Zudem waren zur besseren Darstellung des Frakturgebiets vier Akromion-Osteotomien durch eine Insertionslösung der Pars acromalis M. deltoideus angezeigt. Das vorläufig isolierte Akromion wurde entsprechend mit einem Bohrdraht alleine (1) oder mittels Drahtzuggurtung (3) fixiert. Bei einer Splitterfraktur mit Beteiligung des Corpus, der Spina und des Collum scapulae wurde eine Kombinationsosteosynthese unter Verwendung einer Mini-DCP, zweier Bohrdrähte sowie zweier Zugschrauben durchgeführt. Das posteroperative Ergebnis war bis auf einen Fall (ungenaue Reponierung einer Schulterblatthalsfraktur) stets korrekt. Nach der Frakturheilung 52 Wochen postoperativ folgte bei einer einzigen Katze eine Implantatentfernung (T-Platte).

Zwölf von 42 möglichen Patienten wurden klinisch und vor allem röntgenologisch nachkontrolliert, durchschnittlich 2,3 Jahre (0,05–15 Jahre,  $\sigma = 4,40$ ,  $vk = 1,93$ , Median = 0,19) nach Ersteinlieferung (Tabelle 14).

**Tab. 14: Zeitspanne nachuntersuchter Schulterblattfrakturen.**

<b>Zeitpunkt der Kontrolle</b>	<b>≤ 1 Monat</b>	<b>≤ 6 Monate</b>	<b>≤ 1 Jahr</b>	<b>&gt; 1 Jahr</b>
<b>Anzahl</b>	3	4	1	4

Im Heilungsverlauf gab es keine wesentlichen Komplikationen. Die konservativ versorgte Fraktur zeigte eine geringgradige Dislokation mit guter Belastung der betroffenen Extremität. In drei Fällen wurden eine kleine Stufe im Bereich des Frakturspalts (2) und eine Fehlstellung (1) diagnostiziert. Der Knochen einer Katze reagierte nach einer Plattenosteosynthese mit massiven periostalen Reaktionen kaudal des Implanats. Ein Patient mit einer unversorgten Fraktur des Korpus verstarb während einer Implantatentfernung am Radius der kontralateralen Seite aufgrund eines akuten Kreislaufversagens (Narkosezwischenfall). Bei der präoperativen Untersuchung war die Katze an der betroffenen Extremität lahmheitsfrei. Eine Gliedmaßenamputation musste bei einem lahmen Tier wegen eines zusätzlichen Plexusabisses mit negativem Schmerzempfinden, Torsions- und Achsenfehlstellung sowie Muskelkontrakturen im Bereich des Karpus acht Monate nach Erstvorstellung vollzogen werden. Neun nachuntersuchte Katzen ohne besondere Behandlung zeigten keine Lahmheit oder Arthrosen im Schultergelenk (Tabelle 15).

**Tab. 15: Ergebnis von Frakturen der Skapula.**

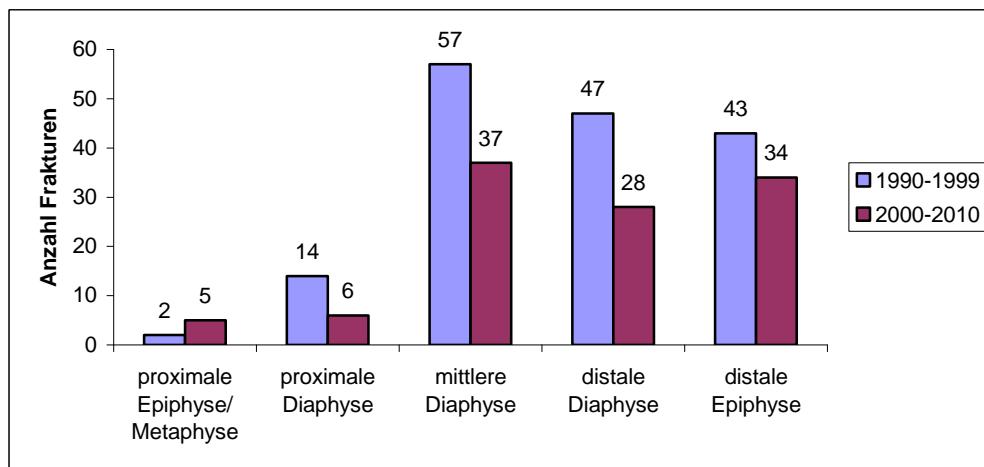
o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n\*): keine Therapie.

<i>Fraktur</i>	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Corpus scapulae	3	-	-	-	3 (2*)
Corpus u. Spina scapulae	2	-	1	-	3 (3*)
Spina scapulae	2	-	-	-	2 (2*)
Collum scapulae	4	-	-	-	4 (2*)
<b>n</b>	<b>11</b>	-	<b>1</b>	-	<b>12</b>

## 2 Frakturen des Oberarms

### 2.1 Häufigkeit

Im Zeitraum von 1990–2010 wurden 265 Katzen mit 274 Humerusfrakturen protokolliert. Der Humerus von fünf Patienten war beidseits und von vier Patienten an zwei verschiedenen Lokalisationen der ipsilateralen Seite frakturiert. In einem Fall standen keine genaueren Informationen zur Verfügung, weder über die Lokalisation noch über die Bruchform. In der Frakturgesamtzahl wurde dieser Patient mit einer Fraktur inkludiert (0,4 %). In der Verteilung der betroffenen Knochenabschnitte ergab sich eine prozentuelle Beteiligung der proximalen Epiphyse/Metaphyse mit 2,5, der Diaphyse mit 69 und der distalen Epiphyse mit 28,1 (Abbildung 14). Von 1990–1999 wurden um 20 % mehr verletzte Tiere als in den Jahren 2000–2010 verzeichnet.



**Abb. 14: Topografische Verteilung der Humerusfrakturen.**

### 2.2 Lokalisation und Form der Frakturen

Oberarmfrakturen betrafen in mehr als der Hälfte der Fälle die Diaphyse (69 %). Der mittlere Anteil des Schaftes war hierbei mit 49,7 % am häufigsten frakturiert. Seltener traten Knochenbrüche im distalen Schaftbereich mit 39,7 % auf und mit nur 10,6 % war die proximale Diaphyse beteiligt. In der distalen Epiphyse lokalisierte Frakturen machten 28,1 % der Gesamtzahl aus und auch hier lag in den Jahren vor 2000 eine höhere Fallzahl vor. Die proximale Humerusmetaphyse (1,4 %) sowie die proximale Epiphyse (1,1 %) waren hingegen kaum vertreten (Tabelle 16).

**Tab. 16: Frakturlokalisationen am Humerus.**

(n): Fraktur beidseits.

	<b>1990–1999</b>	<b>2000–2010</b>	<b>n (%)</b>
proximale Epiphyse	1	2	<b>3 (1,1)</b>
proximale Metaphyse	1	3	<b>4 (1,4)</b>
proximale Diaphyse	14	6	<b>20 (7,3)</b>
mittlere Diaphyse	57 (1)	37	<b>94 (34,3)</b>
distale Diaphyse	47	28	<b>75 (27,4)</b>
distale Epiphyse	43 (1)	34 (3)	<b>77 (28,1)</b>
?	-	1	<b>1 (0,4)</b>
<b>n (%)</b>	<b>163 (59,5)</b>	<b>111 (40,5)</b>	<b>274 (100)</b>

Unter den Frakturen der proximalen Epiphyse und Metaphyse waren eine totale Epiphyseolyse mit metaphysärem Fragment des Caput humeri (SH-2), eine Abrissfraktur des Tuberculum majus, eine Lyse des Tuberculum minus, eine Querfraktur, eine Stauchungsfraktur und zwei pathologische Frakturen (1-mal gesplittert). Bei einer Katze existierte zudem eine weitere Fraktur am ipsilateralen Knochen im Bereich der distalen Epiphyse. Nach einer proximal metaphysären Querfraktur war zusätzlich das Capitulum humeri frakturiert.

Die diaphysären Knochenbrüche ließen sich im proximalen Drittel in vier Querfrakturen, zwei Schrägfakturen, eine Spiralfraktur, drei Splitterfrakturen, eine Knickfraktur und neun pathologische Frakturen (3-mal gesplittert), im mittleren Drittel in 23 Querfrakturen, 20 Schrägfakturen (4-mal mit Ausbruchskeil), 14 Spiralfrakturen (4-mal mit Drehkeil), 31 Splitterfrakturen und drei pathologische Frakturen (1-mal beidseits) und im distalen Schaftdrittel in 16 Querfrakturen, 15 Schrägfakturen (2-mal mit Ausbruchskeil), 14 Spiralfrakturen (4-mal mit Drehkeil), 28 Splitterfrakturen und zwei pathologische Frakturen (1-mal gesplittert) einteilen. In drei Fällen konnte die Form der Fraktur nicht ermittelt werden. Zusammenfassend fanden sich am häufigsten im proximalen Bereich pathologische Frakturen und im mittleren sowie distalen Drittel Splitterfrakturen (33 % und 37,3 %). Eine offene Fraktur bestand in fünf Fällen, 2-mal Grad 1 mit sichtbaren Gaseinschlüssen und 1-mal Grad 3 mit massivem Weichteilverlust. Drei Katzen hatten zudem eine weitere Fraktur am ipsilateralen Knochen im Bereich der distalen Epiphyse. Nach einer diaphysären Schrägfaktur war zusätzlich der suprakondyläre Bereich zersplittert, nach einer diaphysären

Spiralfraktur die Trochlea humeri sowie nach einer distal diaphysären Spiralfraktur das Capitulum humeri frakturiert. Eine weitere Besonderheit stellte die Mitbeteiligung des Epicondylus lateralis humeri nach einer langen distal diaphysären Schrägf Fraktur bei zwei Patienten dar.

Frakturen der distalen Epiphyse wurden in 22 suprakondyläre (2-mal beidseits, 6-mal gesplittert, 1-mal pathologisch), 35 bikondyläre (1-mal beidseits, 18-mal gesplittert), 18 unikondyläre (1-mal gesplittert) und zwei epikondyläre unterteilt. Eine Katze hatte neben einem bikondylären Bruch an der kontralateralen Seite eine Fraktur des Capitulum humeri. Bei den unikondylären Knochenbrüchen waren 3-mal die Trochlea humeri und 15-mal das Capitulum humeri (1-mal mit offenen Fugen nach SH-3) betroffen. Bei den isoliert epikondylären Formen handelte es sich jeweils um den Epicondylus medialis. Eine offene Fraktur wurde 2-mal beobachtet. Eine Veranschaulichung der erfassten Frakturformen unter Berücksichtigung des Alters wird im folgenden Kapitel 2.3 in den Tabellen 18–21 abgebildet.

### 2.3 Altersverteilung

Jünger als ein Jahr waren 111 (41,9 %) der Patienten, 87 (32,8 %) bis zu fünf Jahre alt und 54 (20,4 %) hatten ein noch höheres Alter (Tabelle 17). Bei insgesamt 19 Tieren waren keine Eintragungen bezüglich des Alters vermerkt. Anhand der Röntgenbildbetrachtung konnte bei 17 Katzen eine Alterseinschätzung vorgenommen werden, in zwei Fällen existierten jedoch keine Röntgenbilder. Drei Patienten waren jünger als sieben Monate, ebenso waren drei jünger als 12 Monate (statistisch in die Gruppe der Patienten < 1 Jahr eingeordnet) und 11 älter als zwei Jahre einzustufen. Das Durchschnittsalter betrug 3,6 Jahre (0,08–22,8 Jahre, adult  $\approx$  Wert 6,  $\sigma = 4,74$ ,  $vk = 1,3$ , Median = 1,5).

**Tab. 17: Altersverteilung mit Frakturlokalisationen Humerus.**

(n): Fraktur beidseits, (n\*): 2. Fraktur ipsilateral.

	$\leq 3$	$\leq 7$	$\leq 12$	1–2	2–5	5–10	> 10	adult	?	n
	Monate			Jahre					%	
proximale Epiphyse	-	2	1	-	-	-	-	-	-	3
proximale Metaphyse	-	1	1	-	-	1	-	1	-	4
		(1*)								1,5
proximale Diaphyse	1	-	2	1	3	-	13	-	-	20
mittlere Diaphyse	11	11	13	25 (1*)	11	9	9	3	1	93
distale Diaphyse	5	11	14	16 (1*)	12	9	6	2	-	75
distale Epiphyse	18 (3)	16	4 (1)	7	12	4	3	5	-	69
?	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
										0,4
n	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>265</b>
%	13,2	15,5	13,2	18,5	14,3	8,7	11,7	4,2	0,7	100

Frakturen der proximalen Epiphyse und Metaphyse wurden entweder bei Katzen < 1 Jahr oder aufgrund von pathologischer Frakturen in einem Alter > 5 Jahren diagnostiziert (Tabelle 18).

**Tab. 18: Alters- und Formverteilung der proximalen Humerusepiphysen-/metaphyse.**

Tub.: Tuberculum, (n\*): Splitterfraktur, (n+): zusätzliche Fraktur distale Epiphyse.

	Epi-physeo-lyse	Tub. majus	Tub. minus	Quer-fraktur	Stauchungs-fraktur	patho-logische Fraktur	n
< 7 Monate	1	1	-	1 (1+)	-	-	3
< 12 Monate	-	-	1	-	1	-	2
5–10 Jahre	-	-	-	-	-	1 (1*)	1
adult	-	-	-	-	-	1	1
n	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>7</b>

Die Mehrzahl der diaphysären Frakturen lag bei Tieren < 1 Jahr (36,2 %) (Tabelle 19 und 20). Hierbei waren die Quer- und Schrägfractionen am häufigsten vertreten. Katzen im zunehmenden Alter zeigten mehrheitlich gesplitterte und Patienten > 10 Jahre pathologische Knochenbrüche.

**Tab. 19: Alters- und Formverteilung einfacher Humerusschaftfrakturen.**

P: proximal, M: medial, D: distal, (n+): zusätzliche Fraktur distale Epiphyse.

	Quer-fraktur			Schräg-fraktur			Spiral-fraktur			Knick-fraktur			n
	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D	
< 3 Monate	-	6	3	-	3	1	-	2	-	1	-	-	16
< 7 Monate	-	4	3	-	3	5	-	4	3	-	-	-	22
< 12 Monate	2	-	1	-	5	3	-	3	3	-	-	-	17
1–2 Jahre	-	9	3	-	2	3	-	2 (1+)	5	-	-	-	24
2–5 Jahre	-	3	2	1	2	-	-	-	2 (1+)	-	-	-	10
5–10 Jahre	-	2	1	-	2 (1+)	3	-	1	-	-	-	-	9
> 10 Jahre	2	-	1	1	3	-	1	2	1	-	-	-	11
adult	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
n	4	24	15	2	20	15	1	14	14	1	-	-	110

**Tab. 20: Alters- und Formverteilung komplexer Humerusschaftfrakturen.**

P: proximal, M: medial, D: distal, (n\*): Splitterfraktur, (n): beidseits.

	Splitter-fraktur			pathologische Fraktur			Fraktur ?			n
	P	M	D	P	M	D	P	M	D	
< 3 Monate	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
< 7 Monate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
< 12 Monate	-	5	7	-	-	-	-	-	-	12
1–2 Jahre	-	11	5	1 (1*)	-	-	-	1	-	18
2–5 Jahre	2	6	8	-	-	-	-	-	-	16
5–10 Jahre	-	4	5	-	-	-	-	-	-	9
> 10 Jahre	1	2	2	8 (2*)	2 (1)	2 (1*)	-	-	-	17
adult	-	2	1	-	-	-	-	1	-	4
?	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
n	3	31	28	9	2	2	-	3	-	78

Frakturen der distalen Epiphyse umfassten am häufigsten bikondyläre Formen bei 34 Katzen (46,6 %) und kamen im zunehmenden Patientenalter vermehrt in

gesplitterter Art vor. Suprakondyläre Frakturen betrafen vorwiegend junge Tiere bis zu einem Alter von drei Monaten. Auch die Capitulum-Frakturen wurden oft innerhalb des ersten Lebensjahrs beobachtet. Die Tabelle 21 zeigt alle Katzen inklusive zweiter ipsilateraler Fraktur ( $n = 73$ ). Die kontralaterale unikondyläre Frakturierung muss von der Gesamtzahl ( $n = 74$ ) separiert werden.

**Tab. 21: Alters- und Formverteilung der distalen Humerusepiphyse.**

(n): beidseits, (n\*): Splitterfraktur, (n+): Fraktur kontralateral.

	supra-kondylär	bi-kondylär	Trochlea humeri	Capitulum humeri	epi-kondylär	n
< 3 Monate	11 (2, 3*)	2 (1*)	1	5 (1*, 1+)	-	<b>19</b>
< 7 Monate	4	7 (1*)	1	5	-	<b>17</b>
< 12 Monate	1 (1*)	3 (1)	-	-	-	<b>4</b>
1–2 Jahre	-	4 (3*)	1	3	-	<b>8</b>
2–5 Jahre	1 (1*)	11 (9*)	-	1	-	<b>13</b>
5–10 Jahre	2 (1*)	2	-	-	2	<b>6</b>
> 10 Jahre	1	1 (1*)	-	-	-	<b>2</b>
adult	-	4 (3*)	-	1	-	<b>5</b>
<b>n</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>74</b>

## 2.4 Geschlechtsverteilung

Der männliche Anteil lag bei  $n = 150$  (56,6 %), der weibliche bei  $n = 113$  (42,6 %). Das Geschlecht von zwei Fundtieren wurde nicht vermerkt. Von den männlichen Tieren waren 88 (58,7 %) und von den weiblichen Tieren 52 (46,0 %) zum Zeitpunkt des Unfalls kastriert.

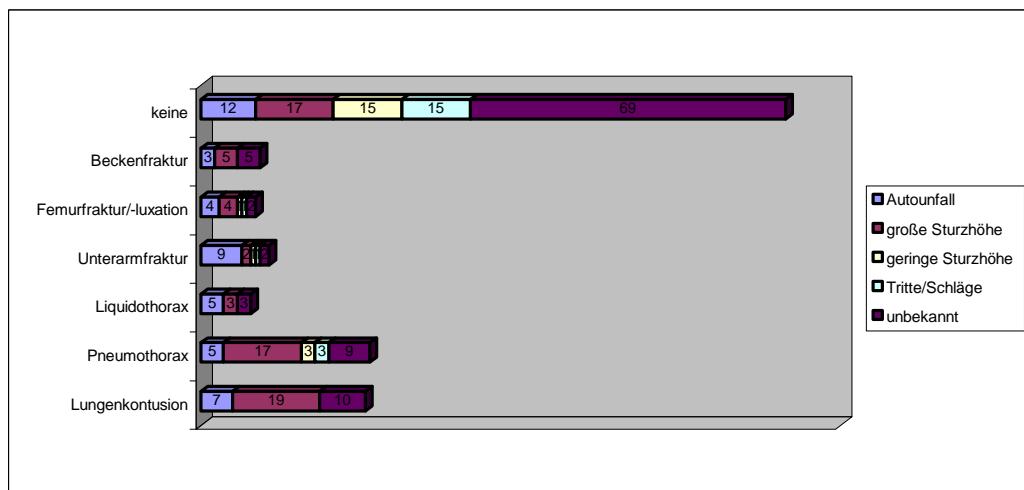
## 2.5 Rasseverteilung

Auffällig häufig waren von den 265 Patienten die Europäisch Kurz- bzw. Langhaarkatzen mit 198 Tieren (74,7 %) vertreten. Die weiteren Rassen beschränkten sich auf 11 Perser (4,2 %), drei Siamesen (1,1 %), drei Maine Coon (1,1 %), zwei Karthäuser (0,7 %) und zwei Angora (0,7 %). Jeweils ein Vertreter (0,4 %) fiel auf Deutsch Langhaar, British Shorthair, Abessiner, Russisch Blau, Orientalisch Kurzhaar, Balinese und Burma. 39 Katzen (14,7 %) wurden als Hauskatze definiert.

## 2.6 Unfallursache und zusätzliche Verletzungen

Der Hauptgrund für die Frakturentstehung am Oberarm war mit n = 62 (23,4 %) auf Stürze aus größerer Höhe (Fenster, Balkon, Dach) zurückzuführen, gefolgt von n = 40 (15,1 %) Unfällen im Straßenverkehr und n = 21 (7,9 %) Stürze aus geringer Höhe (Mauer, Baum, Treppe, Stuhl, Tisch, Schrank, Badewanne, Kratzbaum). Als weitere Ursachen wurden acht Verletzungen durch Tritte bzw. Schläge (3 %), sechs Schussverletzungen (2,3 %), jeweils drei Knochenbrüche (1,1 %) nach dem Einklemmen in einer Tür oder einem Spalt, Hängenbleiben im Fenster oder Kleiderbügel oder nach einem Kampf mit einem Hund, zwei Bissattacken (0,8 %) und zwei Verletzungen während Mäharbeiten (0,8 %) vermerkt. In zwei Fällen (0,8 %) entstand eine Fraktur, nachdem sich eine Person versehentlich auf die Katze gesetzt hatte. Einmal (0,4 %) frakturierte der Knochen nach einer Spongiosaentnahme. Keine Erklärung für die Unfallsursache konnte zu einem Großteil von n = 112 (42,2 %) gefunden werden.

Zusätzliche Verletzungen wurden bei 128 von 265 Patienten (48,3 %) diagnostiziert. In Abbildung 15 werden die häufigsten und in Tabelle 22 alle zusätzlich entstandenen Verletzungen mit den wichtigsten Unfallsursachen aufgelistet und grafisch dargestellt.



**Abb. 15: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Humerusfrakturen.**

Eine weitere Fraktur bis mehrere Frakturen zogen sich dabei 55 Katzen (43 %) zu. Am häufigsten waren der Unterarm (16-mal, davon nur 2-mal an der kontralateralen Extremität und 2-mal beidseits), das Becken (14-mal) und der Oberschenkelknochen (11-mal) betroffen. Bei 66 Katzen (51,6 %) wurde ein zum

Teil lebensbedrohliches Thoraxtrauma mit Lungenkontusion (36-mal), Pneumothorax (35-mal, davon 11-mal in Form eines Hämatopneumothorax) und Liquidothorax (11-mal, davon 9-mal Hämothorax) diagnostiziert. In sieben Fällen wiesen die Patienten eine intraabdominale Verletzung auf (Zwerchfellruptur, Hernia abdominalis, Nierenblutung, Lebertrauma).

**Tab. 22: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Humerusfrakturen.**

	<i>n</i>	<i>Auto-unfall</i>	<i>große Sturzhöhe</i>	<i>geringe Sturzhöhe</i>	<i>Tritt/Schlag</i>	?
<b>Schock</b>	16	3	9	-	-	4
<b>Weichteilverletzung</b>	21	5	2	-	1	13
<b>Epistaxis</b>	3	-	1	-	-	2
<b>Augenverletzung</b>	2	2	-	-	-	-
<b>traumatische Myokarditis</b>	1	1	-	-	-	-
<b>abdominale Verletzung</b>	7	2	1	-	-	4
<b>Lungenkontusion</b>	36	7	19	-	-	10
<b>Lungenödem</b>	3	-	1	-	-	2
<b>Pneumothorax</b>	35	5	17	3	-	9
<b>Liquidothorax</b>	11	5	3	-	-	3
<b>traumatische Gaumenspalte</b>	1	-	1	-	-	-
<b>Kieferfraktur</b>	9	4	1	-	-	4
<b>Rippen-/Sternum-fraktur</b>	5	1	2	-	-	2
<b>Schulterfraktur</b>	1	1	-	-	-	-
<b>Schulterluxation</b>	1	-	-	-	-	1
<b>Luxatio antebrachium</b>	7	1	3	-	-	3
<b>Unterarmfraktur</b>	16	9	2	1	-	2
<b>Metakarpalfraktur</b>	3	-	1	-	-	2
<b>Femurfraktur</b>	11	3	4	1	1	2
<b>Femurluxation</b>	2	1	-	-	-	-
<b>Sprunggelenksfraktur</b>	2	-	1	-	-	1
<b>Metatarsalfraktur</b>	3	-	2	-	-	-
<b>Beckenfraktur</b>	14	3	5	-	-	5
<b>Rutenabriß</b>	2	-	-	-	1	1
<b>Diastase ISG</b>	9	2	4	-	-	2
<b>Wirbelfraktur</b>	2	-	2	-	-	-
<b>Wirbelluxation</b>	1	-	1	-	-	-
<b>Commotio cerebri</b>	6	4	1	-	-	1
<b>keine</b>	137	12	17	15	8	69

## 2.7 Behandlung und Ergebnisse

Von 265 eingelieferten Katzen mit 274 Humerusfrakturen wurden 234 Tiere (88,3 %) mit 242 Frakturen behandelt. Dabei wurde 4-mal ein konservativer und 230-

mal ein chirurgischer Eingriff vorgenommen, darunter in drei Fällen eine totale Gliedmaßenamputation, 2-mal aufgrund einer pathologischen Schaftfraktur (Osteosarkom) und 1-mal nach dem Vorliegen einer über zwei Wochen alten offenen Diaphysenfraktur. Kurz nach der Klinikaufnahme verstarben 26 Patienten mit 27 Frakturen, sie wurden auf Wunsch des Besitzers oder aufgrund einer ungünstigen Prognose euthanasiert. Die Mehrheit dieser Katzen (11) hatte eine pathologische Fraktur. Zwölf Katzen wiesen zusätzlich lebensbedrohliche Verletzungen auf. Ein Tier verstarb unmittelbar postoperativ nach einer Plattenosteosynthese (Exitus letalis). Bei vier Katzen wurde weder eine konservative noch eine chirurgische Behandlung durchgeführt. Operiert wurde zum frühestmöglichen Zeitpunkt nach Einlieferung der Patienten in die Klinik bzw. nach Stabilisierung des Allgemeinzustands aufgrund schwerer Thoraxverletzungen durchschnittlich nach 2,3 Tagen ( $\sigma = 1,9$ ,  $vk = 0,83$ , Median = 2). Die Implantatentfernung ( $n = 70$ ) erfolgte im Durchschnitt nach 30,2 Wochen ( $\sigma = 28,34$ ,  $vk = 0,94$ , Median = 25,9). Nach der Behandlung wurden 135 der 238 möglichen Katzen (56,7 %) zur Nachuntersuchung vorgestellt (0,01–4,68 Jahre, Mittelwert = 0,7 Jahre,  $\sigma = 0,996$ ,  $vk = 1,40$ , Median = 0,36).

### 2.7.1 Proximale Epiphyse und Metaphyse

Fünf von sieben Katzen (2-mal Euthanasie) mit einer Fraktur der proximalen Epiphyse/Metaphyse wurden operiert. Der Zugang erfolgte entweder von kranial, lateral, kraniolateral oder kraniomedial. Als Fixation dienten eine intramedulläre Markraumnagelung mit Bohrdrähten nach Kirschner (3), ein Rush-Pin isoliert (1) oder eine Stellschraube mit Bohrdraht (1) (Tabelle 23).

**Tab. 23: Frakturbehandlung der Epiphysis/Metaphysis proximalis humeri.**

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
proximale Epiphyseolysis	1	2 Bohrdrähte	1-mal Pinlockerung
Apophyseorhexis Tuberculum minus	1	2,0-er Stellschraube, 1 Bohrdraht	-
Apophyseolyse Tuberculum majus	1	2 Bohrdrähte	-
metaphysäre Querfraktur	1	1 Rush-Pin	monokortikal, proximodistal
metaphysäre Stauchungsfraktur	1	4 Bohrdrähte	2 proximodistal, 2 distoproximal

Das postoperative Ergebnis zeigte in allen Fällen eine korrekte Frakturreposition. Lediglich bei einer Katze kam es zu einer Komplikation in Form einer Implantatlockerung eines Pins, wobei keine Korrekturmaßnahme eingeleitet wurde. Eine Implantatentfernung wurde bei zwei Tieren vorgenommen. Klinisch und röntgenologisch wurden vier von fünf möglichen Patienten innerhalb eines Monats ( $n = 1$ ), eines  $\frac{1}{2}$  Jahres ( $n = 2$ ) und nach 3,4 Jahren ( $n = 1$ ) nach Ersteinlieferung nachkontrolliert. Bei drei Katzen konnten weder Lahmheiten noch Arthrosen der benachbarten Gelenke festgestellt werden. Eine geringgradige Omarthrose an der betroffenen Extremität entwickelte ein Patient nach einer Apophyseorhexis des Tuberculum minus, wobei die Implantate nicht entfernt wurden. Diese Katze lief zudem bei der klinischen Untersuchung geringgradig Lahm (Tabelle 24).

**Tab. 24: Ergebnis der Epiphysis/Metaphysis proximalis humeri Frakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose.

Fraktur	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Epiphyseolysis proximalis	1	-	-	-	1
Tuberculum minus	-	-	-	1	1
Tuberculum majus	1	-	-	-	1
metaphysäre Querfraktur	1	-	-	-	1
<b>n</b>	<b>3</b>	-	-	<b>1</b>	<b>4</b>

### 2.7.2 Diaphyse

Von 188 Tieren mit Schaftfrakturen wurden vier konservativ und 161 chirurgisch (1-mal beidseits, drei Amputationen) versorgt (20 verstorben, davon 1-mal postoperativ). Die konservative Therapie wurde nur bei einfachen Frakturen (zwei Quer-, eine Schräg-, eine Spiralfraktur) gewählt und bestand zum einen aus einer Ruhigstellung des gesamten Patienten durch Haltung in einem Käfig oder einem umfunktionierten Kinderlaufstall und zum anderen aus einer Verbandsbehandlung (2-mal nach Robert-Jones). Zudem waren die betroffenen Katzen zum Zeitpunkt der Frakturversorgung nicht älter als drei Monate. In zwei Fällen musste aufgrund einer zunehmenden Fragmentdislokation eine chirurgische Fixation einer Querfraktur mittels intramedullärer Markraumnagelung und eine Versorgung einer Schrägfaktur mittels Kompressionsplattenosteosynthese durchgeführt werden.

Im Zuge einer chirurgischen Intervention wurden zu 51,6 % eine Plattenosteо-

synthese, zu 30,4 % eine Kombinationsosteosynthese mit Platte, zu 13,7 % eine Minimalosteosynthese und zu 2,5 % ein Clamp Rod Internal Fixator (CRIF) (1-mal kombiniert) angewandt (Tabelle 25).

**Tab. 25: Behandlung diaphysärer Humerusfrakturen.**

oF: offene Fraktur, (n+): postoperativ verstorben.

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
Querfraktur	13	Minimalosteosynthese	-
	25	Plattenosteosynthese	2-mal oF
	1	Kombinationsosteosynthese	-
	1	CRIF	-
Schrägfraktur	5	Minimalosteosynthese	-
	17	Plattenosteosynthese	(1+)
	9	Kombinationsosteosynthese	-
	1	CRIF	-
Spiralfraktur	9	Plattenosteosynthese	-
	16	Kombinationsosteosynthese	-
	1	CRIF	-
Splitterfraktur	2	Minimalosteosynthese	-
	32	Plattenosteosynthese	1-mal oF
	23	Kombinationsosteosynthese	-
	1	Kombinationsosteosynthese mit CRIF	-
pathologische Fraktur	2	Minimalosteosynthese	-

Von den verwendeten Platten waren 69,7 % DCP (davon 11-mal Kleinfragmentplatten), 20,4 % einfache Lochplatten (zum Teil schneidbar), 8,3 % LC-DCP (1-mal aus Titan) und 0,8 % (jeweils 1-mal) Abstütz- und LC-Unilock-Platten. Der Zugang erfolgte hauptsächlich von medial (79,7 %), von lateral (16,5 %) und von kraniolateral (3,8 %). Eine Osteotomie des Foramen supracondylare zur Schonung des N. medianus und der A. brachialis wurde laut OP-Bericht 68-mal und eine Myotomie des M. pectoralis superficialis 14-mal vorgenommen. In einem Fall war zur besseren Darstellung bei einer distal diaphysären Spiralfraktur mit zusätzlicher Beteiligung des Condylus lateralis eine Olekranonosteotomie indiziert, die mittels Zuggurtung wieder reponiert wurde.

Einfache Frakturen wurden zumeist mit Kompressionsplatten alleine (51) oder bei zusätzlicher Fissur- bzw. Splitterbildung und Entstehung von Ausbruch- sowie Drehkeilen von Schräg- und Spiralfrakturen in Kombination mit Zugschraube

(14), Cerclage (10), Zugschraube und Cerclage (1) oder Bohrdraht (1) versorgt. In drei Fällen fiel die Entscheidung zur Frakturstabilisierung auf die Verwendung eines CRI-Fixators. Als Minimalosteosynthese fand die intramedulläre Markraumfixation mit Nägeln nach Kirschner (11) oder Steinmann (4) kombiniert mit Cerclagen (3) und ebenso der Einsatz von Zugschrauben alleine (1) oder zusammen mit einem intramedullären Pin (1) Gebrauch. Bei einer Katze musste ein *alio loco* gesetzter Marknagel gekürzt werden, da dieser weit ins Ellbogengelenk ragte. Komplexe, gesplitterte Frakturen wurden zu 94,8 % mit Platten alleine (32) oder kombiniert mit Zugschraube (15), Cerclage (6), Bohrdraht (1) oder Schraube und Bohrdraht (1) behandelt. Eine Splitterfraktur wurde mit einem CRIF und Zugschraube fixiert. Bei zwei Knochenbrüchen pathologischen Ursprungs wurde trotz schlechter Prognose versucht, mit Minimalosteosynthese eine rigide Frakturstabilisierung zu erzielen. Eine proximal diaphysäre Trümmerfraktur wurde mit einem Marknagel, Bohrdraht und Cerclage sowie eine proximal diaphysäre Querfraktur mit einem intramedullären Pin versorgt, da der Knochen für eine Platte zu weich war.

Intraoperative Komplikationen ergaben sich aus Splitterbildung eines Knochenfragments während der Repositionierung (6), das entweder belassen, entfernt oder mit einer Zugschraube fixiert werden konnte. Eine Besonderheit stellte das Abbrechen einer Bohrerspitze dar, deren Stück *in situ* belassen werden musste und folglich ins umliegende Weichteilgewebe auswanderte. Das postoperative Ergebnis zeigte nach 139 Operationen eine zufriedenstellend korrekte Frakturreponierung. Rotationsfehler (4), Achsenfehlstellung (4), ungenaue Reponierung (4), Wahl zu großer Implantate zum Teil mit Gelenkbeteiligung (8), deutliche Fragmentverkürzung (1) und massiver Knochendefekt im Frakturspalt (1) konnten ebenfalls diagnostiziert werden. Bei zwei Katzen mit deutlicher Achsenfehlstellung wurde jeweils 2-mal eine Korrekturosteosynthese durchgeführt. Ein zufriedenstellendes Ergebnis war in beiden Fällen nicht zu erreichen. Eine für das Tier zu groß gewählte Platte (2,7 mm) wurde in einem Fall in einer Nachoperation ausgetauscht (2,0 mm). Als häufigste Komplikation traten Implantatlockerungen von Bohrdrähten oder einzelner Plattenschrauben (12) auf. Dies führte 2-mal zu einer Migration mit anschließender Entfernung der gelockerten Pins. Infektionen (5) wurden konservativ (1) behandelt oder erforderten einen Implantatwechsel (4), 2-mal in Form eines CRI-Fixators und 1-mal in Form eines Fixateur externe. Die Ursache

für eine massive Infektion mit bereits nekrotischem Periost bei einem Patienten war auf Tupferreste in der OP-Wunde zurückzuführen. Nach einem folglichen Austausch der Knochenplatte in eine Mini-DCP kam es aufgrund eines Plattenaustrisses mit Refraktur zu einer Umversorgung (schneidbare Lochplatte mit Drahtcerclagen). Eine Teilimplantatentfernung mit Spongiosaeinlagerung musste nach erneuter Lockerung einzelner Schrauben vorgenommen werden. Bei insgesamt drei primären Plattenaustrissen (1-mal mit Refraktur) wurde ein Implantatwechsel vorgenommen. In einem Fall war zusätzlich eine Spongioplastik nötig. Eine Verbiegung eines CRI-Fixators erforderte den Austausch des Implantats von der ursprünglich verwendeten 2,0 mm Stärke auf 2,7 mm. Keine Nachversorgung erhielten drei weitere Tiere mit Implantatbiegungen (2) oder Implantatbruch einer Cerclage (1). Weiterhin waren verzögerte Heilung (5) und Instabilität durch ungenügsame Fixierung mittels intramedullären Pins (2) zu verzeichnen. Bei 42 Katzen wurden die Implantate ganz oder zum Teil entfernt, 3,8 % häufiger in den Jahren 1990–1999. Von 165 möglichen Tieren wurden 92 (55,8 %) klinisch und röntgenologisch nachkontrolliert (0,01–4,58 Jahre, Median = 0,35, Tabelle 26).

**Tab. 26: Zeitspanne nachuntersuchter Humerusschaftfrakturen.**

Zeitpunkt der Kontrolle	≤ 1 Monat	≤ 6 Monate	≤ 1 Jahr	> 1 Jahr
Anzahl	13	43	24	12

Während der klinischen Untersuchung konnte bei 85 Katzen keine Lahmheit festgestellt werden. Vereinzelt wurden zusätzlich sichtbare Muskelatrophien (3), Exorotation (2), verstärkte Supination (1) oder Karpus valgus (1) an der betroffenen Extremität diagnostiziert. Obwohl ein Tier eine palpierbare hochgradige Humerusdeformation hatte, zeigte dieses in der Bewegung keine Lahmheit. In der röntgenologischen Betrachtung der lahmheitsfreien Katzen wiesen vier eine Arthrose im Ellbogengelenk auf. Hochgradig arthrotische Veränderungen entstanden behandlungsunabhängig bei zwei Splitterfrakturen, eine Fraktur mit bereits länger zurückliegendem Trauma. In zwei Fällen kam es behandlungsabhängig nach instabiler konservativer Frakturversorgung und ungenauer Fragmentreponierung einer ipsilateralen Fraktur des Condylus medialis zu einer Gelenksstufenbildung mit vermehrter Sklerosierung, Exostosenproduktion und folglicher Extensionseinschränkung. Weiterhin konnten Knochendeformationen (3), „stress protection“ (3), Osteopenie (3) und

Knochenverkürzungen (4) bzw. -verlängerungen (2), die ebenso mit Achsen- (8) und Rotationsfehlstellungen (1) von den Patienten hervorragend kompensiert wurden, festgestellt werden. Die übrigen sieben nachkontrollierten Katzen waren undeutlich geringgradig (3) bis geringgradig und mittelgradig lahm (4). Keinen Grund für die Lahmheit fand man in drei Fällen. Bei einem Patienten verursachte eine gelockerte Schraube mit Infektion eine Bewegungsauffälligkeit und bei einem lahmen Tier musste aufgrund eines Abrisses des Plexus brachialis mit reduzierter Pfotensensibilität die Gliedmaße amputiert werden. Nur zwei zeigten im Röntgenbild Veränderungen im Sinne einer Arthropathia deformans im Ellbogengelenk (nach einer *allo loco* behandlungsabhängigen Fehlheilung mit Radialislähmung, Streckhemmung, Torsionsfehlstellung und Exorotation) und im Schultergelenk (Achsenfehlstellung, postoperatives Ergebnis war zufriedenstellend) (Tabelle 27).

**Tab. 27: Ergebnis von diaphysären Humerusfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose.

Fraktur	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Querfraktur	21	1	1	-	23
Schrägfraktur	14	-	1	-	15
Spiralfraktur	14	1	-	-	15
Splitterfraktur	31	2	3	2	38
pathologisch Fraktur	1	-	-	-	1
<b>n</b>	<b>81</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>92</b>

### 2.7.3 Distale Epiphyse und Metaphyse

#### 2.7.3.1 Suprakondyläre Frakturen

Alle 22 suprakondylären Frakturen der 20 Patienten (2-mal beidseits) wurden chirurgisch versorgt (Tabelle 28), 13 minimalosteosynthetisch und neun mit einer Knochenplatte (fünf DCP, drei Lochplatten, eine Unilock-Titanplatte), davon 6-mal in Form einer Kombinationsosteosynthese. Dabei fanden zusätzlich zur Platte entweder Zugschrauben (1), ein Bohrdraht (1), Zugschraube und Bohrdraht zusammen (2) oder Drahtzuggurtung (1) mit weiteren Bohrdrähten (1) Gebrauch. Einfache als auch schräg zur Diaphyse verlaufende Frakturen (Y-förmig) wurden durch Kreuzspickung (1), Bohrdraht isoliert (1), Zugschraube mit einem Pin oder mehreren Bohrdrähten (11) versorgt.

**Tab. 28: Behandlung suprakondylärer Humerusfrakturen.**

<b>Fraktur</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Versorgung</b>	<b>Zusatz</b>
einfache Fraktur	1	Kreuzspickung	-
	1	einzelner Bohrdraht	-
	7	Bohrdraht und Zugschraube	1-mal gesplittert
	1	DCP	-
Schrägfraktur (Y-förmige)	4	Bohrdraht und Zugschraube	4-mal Zugang beidseits
	1	Unilock-Titanplatte	-
	3	Kombinationsosteosynthese	-
Splitterfraktur	1	DCP	-
	2	Kombinationsosteosynthese	1-mal Zugang beidseits
pathologische Fraktur	1	Kombinationsosteosynthese	-

Operiert wurde 7-mal von lateral und 10-mal von medial. Ein beidseitiger Zugang musste bei einer schweren Splitterfraktur gewählt werden, indem eine Kleinfragmentplatte medial plaziert wurde und von lateral aus mehrere Pins zur Splitterfixierung gebohrt und eine Drahtzuggurtung durch das Capitulum humeri angelegt wurden. Ebenso erfolgte der Zugang bei vier suprakondylären Y-Frakturen. Eine Osteotomie des Foramen supracondylare wurde 5-mal, eine Myotomie des M. pectoralis superficialis 1-mal und eine Olekranonosteotomie 2-mal durchgeführt. Eine Drahtzuggurtung mit zwei Pins fixierte im Anschluss das Olekranon wieder an die Ulna.

Das postoperative Ergebnis zeigte in 18 Fällen eine korrekte Frakturreponierung, Stufenbildung im Ellbogengelenk (2), Achsenfehlstellung (1) oder geringgradige Fragmentdislokation (1). In einem Fall wurde mit einer Korrekturosteosynthese versucht, eine Stufe im Gelenk zu beheben. Dabei wurde eine Kreuzspickung durch eine Mini-DCP nach erneuter Ausrichtung der Kondylen über eine transkondyläre Zugschraube ersetzt. Der Patient wies jedoch nach wie vor eine Inkongruenz im Ellbogengelenk auf. Als Komplikationen im Heilungsverlauf ergaben sich Implantatlockerungen einzelner Plattenschrauben und Bohrdrähte (5), Plattenbiegung mit Schraubenlockerungen/-migration (1) und Instabilität mit Fragmentdislokation sowie „stress protection“ (1). Ein Patient musste nach einer Refraktur aufgrund eines osteorealen Syndroms euthanasiert werden. Eine Amputation infolge eines zunehmend osteolytischen Knochens (Sarkom) mit

folglicher Implantatlockerung war fünf Monate nach der Frakturversorgung in einem Fall unumgänglich. Ebenfalls wurde die Gliedmaße bei einer Katze nach einer schweren Splitterfraktur mit fortschreitender Osteolyse abgetrennt, wobei zuvor eine anfangs konservativ behandelte Osteomyelitis mit Plattenlockerung und Migration der Bohrdrähte eine frühzeitige Entfernung der Implantate erforderlich machte. Die Implantate wurden bei 12 Katzen ganz oder zum Teil entfernt. Fünfzehn der 20 Patienten kamen vermehrt innerhalb der ersten sechs Monate zu einer klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung (0,03–4,68 Jahre, Median = 0,21, Tabelle 29).

**Tab. 29: Zeitspanne nachuntersuchter suprakondylärer Humerusfrakturen.**

Zeitpunkt der Kontrolle	≤ 1 Monat	≤ 6 Monate	≤ 1 Jahr	> 1 Jahr
Anzahl	1	11	-	3

Alle Tiere liefen während der klinischen Adspektion lahmheitsfrei, trotz zum Teil schwerwiegender Komplikationen. Nur bei zwei war zusätzlich eine ausgeprägte Muskelatrophie sicht- und palpierbar. Zudem hatte eine Katze eine Beuge- sowie Streckhemmung im Ellbogengelenk, bei der sich im Röntgenbild eine Arthrose bestätigte, die sich wegen einer Knochenverkürzung nach einer Splitterfraktur entwickelt hatte. Weitere arthrotische Veränderungen im Sinne einer Arthropathia deformans mit vermehrter Sklerosierung, Osteophytenbildungen und Inkongruenz wurden häufiger nach Y-förmigen Frakturen gesichtet, 2-mal behandlungsabhängig nach ungenauer Reposition. Ein Patient hatte schon vor dem Unfall eine Arthrose im Ellbogengelenk der frakturierten Seite. Eine beidseitige einfache gesplitterte und schräge Fraktur verheilte in massiver Verformung der Kondylen und knöchernen Ausziehung der Gelenkflächen beider Ellbögen. In einem Fall kam es nach der Bruchversorgung mit einem einzigen Bohrdraht zu einer Längenverkürzung (2 cm) (Tabelle 30). Neun Patienten wurden nach der röntgenologischen Begutachtung als arthrosefrei eingestuft.

**Tab. 30: Ergebnis von suprakondylären Humerusfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n\*): Schrägf Fraktur kontralateral.

Fraktur	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
einfache Fraktur	3 (1*)	3 (1*)	-	-	6
Y-förmige Fraktur	3	5	-	-	8
Splitterfraktur	2	-	-	-	2
pathologische Fraktur	1	-	-	-	1
<b>n</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	-	-	<b>17</b>

**2.7.3.2 Unikondyläre Frakturen**

Siebzehn von 18 Katzen mit einer unikondylären Fraktur wurden chirurgisch behandelt. Mit einer transkondylären 2,0er Zugschraube sowie einer etwas kleineren, weiter proximal gesetzten 1,5er Zugschraube wurde eine Fraktur der Trochlea humeri versorgt. Der Oberarmknochen war zudem diaphysär spiralförmig gebrochen und wurde mit einer Platte stabilisiert. Der mediale Kondylus einer weiteren Katze konnte mit einer transkondylären Zugschraube an den lateralen Kondylus fixiert werden. Gegen eine mögliche Rotation wurden zusätzlich zwei Antirotationspins jeweils von medial nach proximal eingetrieben. Der Zugang erfolgte von medial und 2-mal wurde eine Osteotomie des Foramen supracondylare durchgeführt. Das postoperative Ergebnis war korrekt (2) oder unbefriedigend aufgrund einer interkondylären Stufe (1) mit behandlungsabhängigen Folgen. Die Implantate verblieben *in situ*.

Operiert wurden 14 von 15 Katzen (1-mal verstorben) mit einer Fraktur des Capitulum humeri. Von lateral aus wurde der Condylus lateralis entweder mit einer transkondylären Zugschraube befestigt und ein Bohrdraht zur Rotationsstabilität vorgetrieben (8) oder mit zwei transkondylären Zugschrauben fixiert (2). Bei einer schon vier Wochen alten Fraktur musste eine Olekranonosteotomie durchgeführt werden. Das Olekranon wurde mit einer Drahtzuggurtung (zwei Pins) wieder reponiert. In einem Fall war proximal des Capitulum humeri ein Fragment ausgebrochen, das zusätzlich zur Versorgung des Kondylus (zwei transkondyläre Zugschrauben, drei Antirotationspins) mit zwei Zugschrauben fixiert werden konnte. Aufgrund einer ipsilateralen distalen diaphysären Spiralf Fraktur wurde in den frakturierten Condylus lateralis einer Katze zwei Zugschrauben von medial transkondylär eingeschraubt. Zur besseren

Darstellung wurde die Möglichkeit einer Olekranonosteomie genutzt, wie auch in einem weiteren Fall einer Condylus-lateralis-Reposition mit drei Zugschrauben, zwei Antirotationspins und einer Drahtcerclage. Keine Rekonstruktion war bei einem in zwei Teile gesplittenen Capitulum humeri mit offenen Fugen (SH-3, ohne metaphysären Keil) möglich. Die Bruchstücke mussten gänzlich entfernt werden. Lediglich eine zusätzliche Radiusluxation konnte mit einer Hemicerclage behandelt werden, die nach einer Relaxation mit der Anbringung einer zweiten Cerclage und einer Velpau-Schlinge erneut in Stellung gebracht werden musste. Das postoperative Ergebnis war in 13 Fällen als korrekt oder aufgrund der Fragmentextirpation mit einer Gelenksstufe zu bewerten. Bei zwei Tieren wurden die Implantate wieder entfernt.

Zwei von drei möglichen Patienten mit einer Fraktur der Trochlea humeri konnten nach zwei Wochen und 1,5 Monaten klinisch und röntgenologisch erneut kontrolliert werden. Drei der 14 Patienten mit Capitulum-humeri-Frakturen wurden innerhalb der ersten sechs Monate und ein Patient innerhalb des ersten Jahres nachuntersucht. Bei drei weiteren Katzen erstreckte sich die Zeitspanne > 1 Jahr (0,08–4,56 Jahre, Median = 0,94). Keine der untersuchten Katzen ließ in der Bewegung eine Lahmheit erkennen und sechs von neun Tieren waren im Röntgenbild arthrosefrei (Tabelle 31), obwohl ein Patient eine Stufenbildung und ein weiterer eine Subluxation im humeroradialen Gelenk hatte.

**Tab. 31: Ergebnis von unikondylären Humerusfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose.

<i>Fraktur</i>	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Trochlea humeri	1	1	-	-	2
Capitulum humeri	5	2	-	-	7
<b>n</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	-	-	<b>9</b>

Eine ungenaue reponierte Fraktur der Trochlea humeri mit Exorotation und vermehrter Supinationsstellung zeigte aufgrund einer Stufenbildung im Ellbogengelenk arthrotische Veränderungen. Eine hochgradige Arthropathia deformans ohne Lahmheitsanzeichen entwickelte eine Katze nach einer Condylus-lateralis-Fraktur, nachdem der Unfall zum Zeitpunkt der Versorgung bereits vier Wochen zurücklag. Zusätzlich konnte im Röntgenbild desselben Patienten 20 Wochen vor der Implantatentfernung eine behandlungsunabhängige Subluxation

des Radius diagnostiziert werden. Eine weitere Katze nach einer Fraktur des Capitulum humeri hatte behandlungsunabhängige arthrotische Zeichen mit Beugehemmung.

### 2.7.3.3 Bikondyläre Frakturen

Operiert wurden 31 von 34 Katzen (2-mal Euthanasie, 1-mal Exitus letalis) mit 32 Frakturen. Der Zugang erfolgte fast ausschließlich von medial. Eine Frakturdarstellung für eine Kombinationsosteosynthese mit Platte wurde unter anderem von lateral (1) und kaudolateral mit Osteotomie des Olekranons (1) durchgeführt. Die Frakturreponierung mittels transkondylärer Zugschraube, intramedullären Bohrdraht, vier Rush-Pins und einer zusätzlichen Stellschraube erforderte einen beidseitigen Zugang. Eine Minimalosteosynthese wurde im Fall einer Trümmerfraktur mit vier Zugschrauben (1-mal transkondylär gebohrt) und bei einer drei Monate alten Katze mit einer transkondylären Zugschraube und zwei Bohrdrähten betrieben. Eine Kombinationsosteosynthese mit Platte (26) oder CRIF (2) kam 28-mal zum Einsatz (Tabelle 32). Dabei wurde mit einer transkondylären Zugschraube der interkondylär frakturierte Kondylus rekonstruiert und mit einer Platte bzw. einem CRIF an das proximale Fragment rotationsstabil befestigt. Bei einer bereits *alio loco* behandelten Katze musste zuvor das alte Implantat aufgrund eines Ausisses entfernt werden. In drei Fällen wurde nach Anpassung der Platte an die Knochenkontur die distalste Plattenschraube direkt transkondylär eingedreht. Zusätzliche Stabilität wurde unter Verwendung eines intramedullären Bohrdrähts alleine (1) oder mit Cerclage (1), mehrerer Zugschrauben (2) oder einer Zugschraube mit Cerclage (1) erreicht. Ein Patient wurde nach einer offenen Splitterfraktur mit einer reinen Plattenosteosynthese (distale Schraube transkondylär) versorgt. Mehr als die Hälfte der Frakturen (18) lagen zudem in gesplitteter Form vor. Eine Fixation der Splitter konnte mit einer Schraube bis mehreren Zugschrauben (5), Zugschraube mit Cerclage (3) oder Pin (1), Bohrdrähten (2), Bohrdrähte mit Cerclage (1) oder Cerclage alleine (1) erzielt werden.

Unter den verwendeten Platten befanden sich 16 DCP (davon 2-mal Kleinfragmentplatte), sechs einfache Lochplatten (zum Teil schneidbar), jeweils zwei LC-DCP sowie Unilock-Titanplatten und eine Abstützplatte. Eine Osteotomie des Foramen supracondylare zur Gefäßschonung wurde laut OP-Bericht 12-mal, eine Myotomie des M. pectoralis superficialis 5-mal und eine

Olekranonosteotomie 7-mal durchgeführt. Eine entsprechende Reponierung des Olekranons erfolgte mittels Drahtzuggurtung (zwei Bohrdrähte).

**Tab. 32: Behandlung bikondylärer Humerusfrakturen.**

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
ohne Splitter	2	Minimalosteosynthese	-
	11	Kombinationsosteosynthese mit Platte	1-mal Fraktur beidseits
	1	Kombinationsosteosynthese mit CRIF	-
mit Splitter	1	Minimalosteosynthese	-
	1	Plattenosteosynthese	offene Fraktur
	15	Kombinationsosteosynthese mit Platte	1-mal offene Fraktur
	1	Kombinationsosteosynthese mit CRIF	-

Das postoperative Ergebnis zeigte nach 29 Eingriffen eine zufriedenstellende korrekte Frakturreponierung. Achsenfehlstellung (1) und Stufenbildung am Kondylus nach ungenauer Rekonstruierung (1) konnten ebenfalls diagnostiziert werden. Ein massiver Defekt nach einer gesplittenen Fraktur erforderte die Einlagerung von Spongiosa fünf Tage nach der Erstversorgung. Als Komplikationen traten verzögerte Heilung (3) und Implantatlockerungen (3) auf. Bei einem Patienten fand eine Umversorgung einer offenen Splitterfraktur statt, indem die angebrachte gelockerte Platte mit zwei transkondylären Titanschrauben ausgetauscht wurde. Zum Zeitpunkt der endgültigen Entfernung der Implantate konnte bei dieser Katze eine erneute Lockerung mit Knocheninfektion festgestellt werden. Der Festigkeitsverlust der gesamten distalen Plattschrauben mit zusätzlicher Bohrdrahtmigration verursachte bei einem Tier hochgradige proliferative Zubildungen am Knochen. Aufgrund einer ipsilateralen, nicht heilenden Radius-Ulnafraktur musste die Gliedmaße amputiert werden. Keine Nachversorgung erhielt ein Patient nach einer Lockerung der transkondylären Zugschraube. Infolge einer daraus resultierenden interkondylären Dislokation und Instabilität kam es zu einer Refraktur des lateralen Kondylus mit folglicher Pseudarthrosenbildung, wobei sich die Pseudarthrose im weiteren Heilungsverlauf wieder festigte. Bei 13 Katzen wurden die Implantate teilweise oder vollständig entfernt. Von 31 möglichen Tieren wurden 19 Katzen nach Ersteinlieferung (0,03–2,71 Jahre, Median = 0,57) wieder vorgestellt (Tabelle 33).

**Tab. 33: Zeitspanne nachuntersuchter bikondylärer Humerusfrakturen.**

Zeitpunkt der Kontrolle	$\leq 1$ Monat	$\leq 6$ Monate	$\leq 1$ Jahr	$> 1$ Jahr
Anzahl	2	5	7	5

Bei einem Großteil der Patienten war während der klinischen Untersuchung keine Lahmheit sichtbar (Tabelle 34). Davon zeigten nur zwei Katzen im Röntgenbild arthrothische Veränderungen, 1-mal behandlungsabhängig nach einer unversorgten Kondylus-Refraktur. Weiterhin wurden Streck- (3) bzw. Beugehemmung (2), Muskelatrophie (1) und nach der röntgenologischen Untersuchung Achsenfehlstellung (1) sowie eine Knochenverlängerung (1) erfasst, was von den betroffenen Tieren hervorragend kompensiert wurde. Ein Patient ohne Arthrose, jedoch mit einem großen Splitter in den umliegenden Weichteilen, zeigte eine undeutlich geringgradige Lahmheit. Eindeutig lahm waren zwei Katzen aufgrund einer behandlungsabhängigen hochgradigen Arthrose mit Ausbildung einer Ankylose des Ellbogens, nachdem bei einer kontaminierten Splitterfraktur eine ungenügsame Fixationsmethode gewählt wurde und eine Stufenbildung am Kondylus postoperativ unbehandelt blieb.

**Tab. 34: Ergebnis von bikondylären Humerusfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits.

Fraktur	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
ohne Splitter	10 (1)	1	-	-	11
mit Splitter	5	1	1	2	9
<b>n</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>20</b>

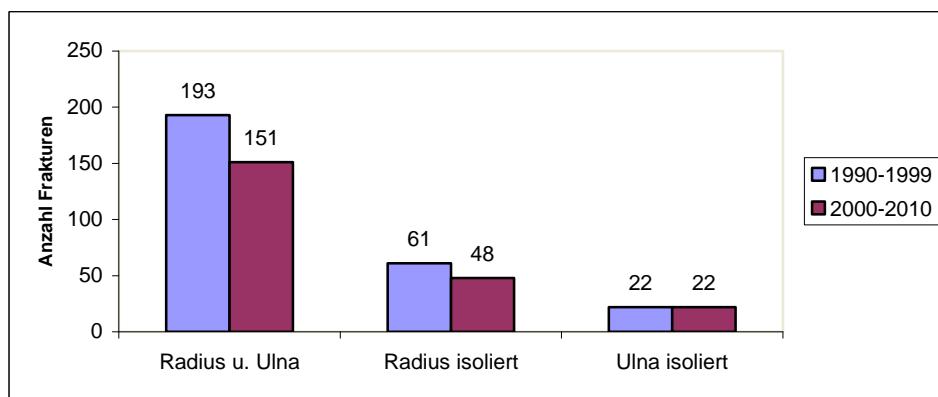
#### 2.7.3.4 Epikondyläre Frakturen

Zwei Katzen hatten nach unbekannter Ätiologie eine Absprengung am Epicondylus medialis und wiesen einen Pneumothorax, eine Radialislähmung und Luxatio antebrachii auf. Als Nebenbefund wurde bei beiden Tieren Verkalkungen am Flexorenursprung diagnostiziert. Nur in einem Fall wurde operiert. Da eine Rekonstruierung des frakturierten Epikondylus nicht möglich war, wurde eine Entfernung des abgesprengten Knochenstücks beschlossen. Um eine seitliche, mediale Stabilität zu erhalten, wurde ein Seitenbandersatz mit zwei Schrauben, Unterlagsscheiben und Drahtcerclage angelegt. Der Zugang erfolgte von kaudomedial. Keiner der Patienten wurde nachkontrolliert.

### 3 Frakturen des Unterarms

#### 3.1 Häufigkeit

Laut dem Klinikverwaltungsprogramm wurden zwischen 1990–2010 über 457 Katzen mit insgesamt 512 Knochenbrüchen des Unterarms erfasst. Davon waren 344-mal (69,2 %) Radius und Ulna kombiniert frakturiert, 23-mal gleichzeitig beide Unterarme und 9-mal trat eine isolierte Fraktur (6-mal Radius, 3-mal Ulna) kontralateral auf. Zudem wiesen 12 Patienten eine zusätzliche Fraktur an der ipsilateralen Seite auf (Gesamtfrakturzahl n = 356). Isolierte Radius- (1-mal mit zusätzlicher isolierter Ulnafraktur kontralateral) und Ulnafrakturen waren mit jeweils 109 (21,9 %) und 44 (8,9 %) Fällen vertreten. Vier Katzen hatten den Radius bzw. drei Katzen die Ulna beider Seiten gebrochen. Eine Fraktur an zwei verschiedenen Lokalisationen der ipsilateralen Seite konnte am Radius 1-mal und an der Ulna 2-mal festgestellt werden (Gesamtfrakturzahl Radius n = 110, Ulna n = 46). Im Fall einer kombinierten Radius-/Ulnafraktur lagen keine genaueren Informationen vor, weder über die Lokalisation noch über die Bruchform. Von 1990–1999 wurden um 12,4 % mehr verletzte Tiere als in den Jahren 2000–2010 verzeichnet (Abbildung 16).



**Abb. 16: Topografische Verteilung der Unterarmfrakturen.**

#### 3.2 Lokalisation und Form der Frakturen

##### 3.2.1 Kombinierte Radius- und Ulnafrakturen

Übermäßige Krafteinwirkungen auf den Knochen können bei gemeinsamen Unterarmfrakturen oftmals zu Brüchen an verschiedenen Lokalisationen führen. So frakturierten Radius und Ulna zu 18,6 % an unterschiedlichen Stellen. Im Bereich des Schaftes war der Radius gegenüber der Ulna geringgradig vermehrt

(6,7 %) betroffen, hingegen zeigten sich bei der Elle gegenüber der Speiche höhere Frakturzahlen im proximalen (Olekranon) (0,3 %) sowie distalen Abschnitt (Metaphyse, Epiphyse) (6,4 %). Generell war die Diaphyse am häufigsten gebrochen (Radius: 84,9 %, Ulna: 78,2 %), besonders im mittleren Drittel, gefolgt von der distalen Epiphyse (12,2 % bzw. 14,2 %). Distale metaphysäre Frakturen machten 2,3 % bzw. 6,7 % aus, hingegen konnten am Radius keine in der proximalen Epiphyse lokalisierten Knochenbrüche festgestellt werden. Die Ulna wies lediglich eine einzige Fraktur im Bereich des Olekranons auf. In einem Fall aus dem Jahre 1991 lagen keine Eintragungen über die Lokalisation und Form vor. Eine Fundkatze von 2005 zeigte nach einer alten Schussverletzung eine schwere offene Trümmerfraktur des Ellbogens. Dabei waren alle gelenksbildenden Strukturen (distaler Humeruskondylus, proximale Radiusepiphyse/-metaphyse, Olekranon, proximale Radius- und Ulnadiaphyse) zersplittert (Tabelle 35).

**Tab. 35: Frakturlokalisationen kombiniert am Unterarm.**

(n): 2. Fraktur ipsilateral.

	1990–1999		2000–2010		n (%)	
	Radius	Ulna	Radius	Ulna	Radius	Ulna
Olekranon	-	-	-	1	-	<b>1</b> (0,3)
proximale Diaphyse	18	17	7	5	<b>25</b> (7,3)	<b>22</b> (6,4)
mittlere Diaphyse	90	83 (1)	60	58	<b>150</b> (43,6)	<b>141</b> (41,0)
distale Diaphyse	59 (2)	58	58	48 (2)	<b>117</b> (34,0)	<b>106</b> (30,8)
distale Metaphyse	3	8	5	15 (2)	<b>8</b> (2,3)	<b>23</b> (6,7)
distale Epiphyse	22	26	20 (3)	23 (2)	<b>42</b> (12,2)	<b>49</b> (14,2)
proximale ½ Unterarm	-	-	1	1	<b>1</b> (0,3)	<b>1</b> (0,3)
?	1	1	-	-	<b>1</b> (0,3)	<b>1</b> (0,3)
<b>n</b>	<b>193</b>		<b>151</b>		<b>344</b>	
%	56,1		43,9		100	

Eine einfache Schrägfaktur im Bereich der Incisura semilunaris war beim einzigen Olekranonbruch zu verzeichnen. Frakturen der proximalen Diaphyse machten von Seiten des Radius zehn Quer-, drei Schräg-, eine Grünholz- und 11 Splitterfrakturen und der Ulna vier Quer-, sechs Schräg- (2-mal mit Ausbruchskeil), eine Grünholz-, drei Stück- und acht Splitterfrakturen aus. Das

mittlere Drittel wies 84 Quer-, 21 Schräg- (2-mal mit Ausbruchskeil), eine Spiral-, eine Grünholz-, vier Stück- und 39 Splitterfrakturen (Radius) sowie 75 Quer-, 22 Schräg- (1-mal mit Ausbruchskeil), eine Spiral- (mit Drehkeil), fünf Grünholz-, drei Stück- und 35 Splitterfrakturen (Ulna) auf. Eine Monteggia-Luxationsfraktur nach einer diaphysären Ulnaquerfraktur mit Radiuskopfluxation und zusätzlicher diaphysärer Radiusquerfraktur wurde ebenfalls vorgefunden. Achtzig Quer- (1-mal pathologisch), 16 Schräg- (2-mal mit Ausbruchskeil), eine Spiral-, drei Grünholz-, zwei Stück-, 16 Splitter- und eine pathologische Fraktur (Radius) sowie 59 Quer- (1-mal pathologisch), 20 Schräg- (1-mal mit Ausbruchskeil), drei Spiral-, sieben Grünholz-, zwei Stück-, 16 Splitter- und eine pathologische Fraktur (Ulna) konnten im distalen Schaftdrittel festgestellt werden. Eine zweite Frakturlinie am ipsilateralen Knochen nach kombinierten Radius- und Ulnaschaftfrakturen hatten jeweils der Radius (4) mit drei Epiphyseolysen und einer weiteren, im distalen Diaphysendrittel gelegenen Fraktur und die Ulna (4) mit zwei Epiphyseolysen und zwei distal metaphysären Frakturen. Zusammenfassend entstanden am Knochenschaft am häufigsten Querfrakturen sowohl am Radius (59,6 %) als auch an der Ulna (51,7 %). Werden die einzelnen Abschnitte betrachtet, so kamen nur im proximalen Drittel Splitterfrakturen gegenüber Querfrakturen am Radius um 4 % und an der Ulna um 18,2 % häufiger vor.

In der distalen Metaphyse war der Radius 6-mal quer gebrochen und 2-mal gesplittert, die Ulna hingegen wies 20 Quer-, zwei Schräg-, eine Stück- sowie zwei Splitterfrakturen zu 56 % durch die Epiphysenlinie verlaufend auf. Frakturen der distalen Epiphyse ließen sich von Seiten des Radius in vier Styloidfrakturen (1-mal gesplittert, 1-mal mit metaphysärem Fragment, 2-mal Y-förmig) und 41 Epiphyseolysen einteilen. Unter den Lysen waren nach Salter und Harris 21-mal Typ 1, 17-mal Typ 2 (1-mal gesplittert), 2-mal Typ 3 und 1-mal Typ 4 (gesplittert) zu finden. Bei der Ulna frakturierte unterhalb der Epiphysenlinie 4-mal der Proc. styloideus lateralis und 47-mal war die Wachstumsfuge betroffen, 25-mal Typ 1, 18-mal Typ 2 (1-mal gesplittert), 1-mal Typ 3 und 3-mal Typ 4 (3-mal gesplittert). Nach drei kombinierten Unterarmepiphyseolysen und einer distal epiphysären Fraktur konnte 1-mal am Radius und 3-mal an der Ulna derselben Extremität eine weitere, in der Diaphyse lokalisierte Fraktur beschrieben werden. Offene Frakturen wurden insgesamt 28-mal notiert und lagen 10-mal in gesplitterter Form vor. Achtmal konnte Grad 1, 4-mal Grad 2 (3-mal nach einer

Schussverletzung), 3-mal Grad 2–3 und 5-mal Grad 3 (1-mal beidseits) beobachtet werden. Keine Klassifizierung wurde in acht Fällen durchgeführt.

### 3.2.2 Isolierte Radiusfrakturen

Meistens war bei isolierten Radiusfrakturen die Diaphyse betroffen (66,3 %). Dabei frakturierte das distale Drittel mit 37-mal häufiger als das mittlere (27-mal) sowie das proximale Drittel (9-mal). Frakturen der distalen Epiphyse zeigten sich 28-mal (25,5 %), der distalen Metaphyse 7-mal (6,4 %) und nur 2-mal (1,8 %) traten Knochenbrüche in der proximalen Epiphyse auf. Der proximale metaphysäre Abschnitt war nicht vertreten (Tabelle 36).

**Tab. 36: Frakturlokalisationen isoliert am Radius.**

(n): 2. Fraktur ipsilateral.

	<b>1990–1999</b>	<b>2000–2010</b>	<b>n (%)</b>
proximale Epiphyse	-	2	<b>2 (1,8)</b>
proximale Diaphyse	8	1	<b>9 (8,2)</b>
mittlere Diaphyse	9	18	<b>27 (24,5)</b>
distale Diaphyse	23	14	<b>37 (33,6)</b>
distale Metaphyse	4	3	<b>7 (6,4)</b>
distale Epiphyse	18 (1)	10	<b>28 (25,5)</b>
<b>n</b>	<b>62</b>	<b>48</b>	<b>110</b>
%	56,4	43,6	100

In der proximalen Epiphyse konnten zwei Absprengungen am Caput radii diagnostiziert werden. Unter den Knochenbrüchen der proximalen Diaphyse waren fünf Quer-, drei Splitter- (1-mal mit proximaler Ulnasubluxation) und eine Grünholzfraktur vertreten. Im mittleren Bereich waren es 17 Quer- (2-mal beidseits), sechs Schräg- (1-mal mit Ausbruchkeil), vier Splitterfrakturen und im distalen Drittel 17 Quer- (1-mal mit distaler Ulnaluxation), 12 Schräg-, eine Spiral-, eine Splitter- sowie sechs Grünholzfrakturen. Zusätzlich war bei einer diaphysären Radiusschrägfraktur auf der kontralateralen Gliedmaße das Olekranon isoliert quer gebrochen und eine diaphysäre Querfraktur wies zudem eine distal epiphysäre Trümmerfraktur auf. Viermal traten zudem Fissuren an der Ulna auf. Ausschließlich querverlaufend (7) frakturierte der Radius in der distalen Metaphyse oberhalb der Epiphysenlinie (1-mal mit distaler Ulnaluxation). In einem Fall zog die Bruchlinie T-förmig nach distal und beteiligte die Epiphyse. Frakturen der distalen Epiphyse wurden in 22 Epiphyseolysen, fünf Frakturen des

Proc. styloideus radii (3-mal mit Ulnaluxation, 1-mal beidseits, 1-mal zertrümmert) und eine epiphysäre Stauchungsfraktur (T-förmig) unterteilt. Unter den Epiphyseolysen konnten nach Salter und Harris sechs vom Typ 1, zehn vom Typ 2 mit metaphysärem Fragment (1-mal beidseits), drei vom Typ 3, zwei vom Typ 4 (1-mal gesplittert) und eine vom Typ 5 (Fugenstauchungstrauma) mit metaphysären Fissuren festgestellt werden. Eine offene Fraktur Grad 2 wurde 1-mal nach einer Schussverletzung beobachtet.

### 3.2.3 Isolierte Ulnafrakturen

Isolierte Frakturen der Ulna waren vorwiegend im Bereich der proximalen Diaphyse ( $n = 19$ ) sowie des Olekranons ( $n = 17$ ) lokalisiert. Das mediale und distale Schaftdrittel ( $n = 1$  und 5) wie auch die distale Metaphyse ( $n = 1$ ) und Epiphyse ( $n = 3$ ) waren seltener betroffen (Tabelle 37).

**Tab. 37: Frakturlokalisationen isoliert an der Ulna.**

(n): 2. Fraktur ipsilateral.

	1990–1999	2000–2010	n
Olekranon	9	8	<b>17</b>
proximale Diaphyse	7	12	<b>19</b>
mittlere Diaphyse	1	-	<b>1</b>
distale Diaphyse	4 (1)	1	<b>5</b>
distale Metaphyse	-	1	<b>1</b>
distale Epiphyse	2	1 (1)	<b>3</b>
<b>n</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>46</b>

Das Olekranon ließ sich in drei Regionen einteilen: So ergaben sich proximal zwei Lysen des Tuber olecrani, im mittleren Bereich der Incisura semilunaris vier Quer-, zwei Schräg- und eine Trümmerfraktur und distal auf Höhe der Kronenfortsätze drei Quer-, eine kontralaterale Trümmer- und eine Abrissfraktur. Zwei weitere gesplitterte Knochenzusammenhangstrennungen am distalen Olekranon waren den Luxationsfrakturen nach Monteggia zuzuschreiben. Eine Besonderheit stellte der Bruch des Proc. anconeus einer Katze im Jahr 2001 dar. Unter den Frakturen der proximalen Diaphyse waren lediglich eine Quer- und eine Stückfraktur mit zusätzlicher ipsilateraler distaler diophysärer Schrägfaktur aus den Jahren 1990–1999 zu verzeichnen. Siebzehn Frakturen lagen nämlich als Monteggia-Frakturen vor, wobei in zwei Quer-, vier Schräg- (1-mal mit

Ausbruchskeil) und 11 Splitterfrakturen (2-mal beidseits, 1-mal mit zusätzlicher Fraktur des Ulnastyloids) unterteilt werden konnte. Im mittleren Schaftdrittel wurde eine Schrägf Fraktur und im distalen Drittel wurden eine Quer-, drei Schrägf Frakturen und erneut eine Monteggia-Schrägf Fraktur festgestellt. Eine distal metaphysäre Schrägfissur durch die Epiphysenlinie wies ein Tier nach dem Touchieren mit einem Auto auf. Zwei weitere Katzen hatten eine Fraktur des Proc. styloideus lateralis und in einem Fall lag eine Epiphyseolyse mit metaphysärem Fragment (SH-2) vor.

Offene Frakturformen wurden 2-mal mit Grad 1, 1-mal mit Grad 2 und 1-mal unbekannten Grades aufgenommen.

### 3.3 Altersverteilung

Jünger als ein Jahr waren 163 (35,6 %) Katzen, 204 (44,7 %) waren bis zu fünf Jahre alt und 67 (14,7 %) hatten ein noch höheres Alter. Bei insgesamt 30 Tieren waren keine Eintragungen bezüglich des Alters vorhanden, jedoch konnte anhand der Röntgenbildbetrachtung eine ungefähre Alterseinschätzung durchgeführt werden. Jünger als sieben Monate wurden zwei, jünger als 12 Monate fünf Patienten geschätzt (statistisch in die Gruppe der Katzen < 1 Jahr eingeordnet) und mindestens älter als zwei Jahre wurden die restlichen 23 (5,0 %) eingestuft (Tabelle 38). Das Durchschnittsalter betrug 3,0 Jahre (0,08–18,8 Jahre, adult  $\approx$  Wert 6,  $\sigma = 3,42$ ,  $vk = 1,16$ , Median = 1,5).

**Tab. 38: Altersverteilung der Unterarmfrakturen.**

(n): Fraktur beidseits, (n+): isolierte Fraktur kontralateral.

	$\leq 3$	$\leq 7$	$\leq 12$	$1-2$	$2-5$	$5-10$	$> 10$	adult	n
	Monate			Jahre					%
Radius/Ulna kombiniert	10 (1) (2+)	41 (5) (3+)	58 (8) (3+)	79 (4)	64 (2)	29 (1)	16 (1)	15 (1)	<b>312</b> 68,3
Radius isoliert	6	13	24 (1) (1+)	21 (2)	23 (1)	5	7	5	<b>104</b> 22,8
Ulna isoliert	1	6	4	5	12 (3)	5	5	3	<b>41</b> 8,9
<b>n</b>	<b>17</b>	<b>60</b>	<b>86</b>	<b>105</b>	<b>99</b>	<b>39</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>457</b>
%	3,7	13,1	18,8	23,0	21,7	8,6	6,1	5,0	100

### **3.4 Geschlechtsverteilung**

Der Anteil der männlichen Tiere lag bei n = 266 (58,2 %), der Anteil weiblicher Tiere bei n = 191 (41,8 %). Zum Zeitpunkt des Unfalls waren 167 Kater (36,5 %) und 81 Kätzinnen (17,7 %) kastriert.

### **3.5 Rasseverteilung**

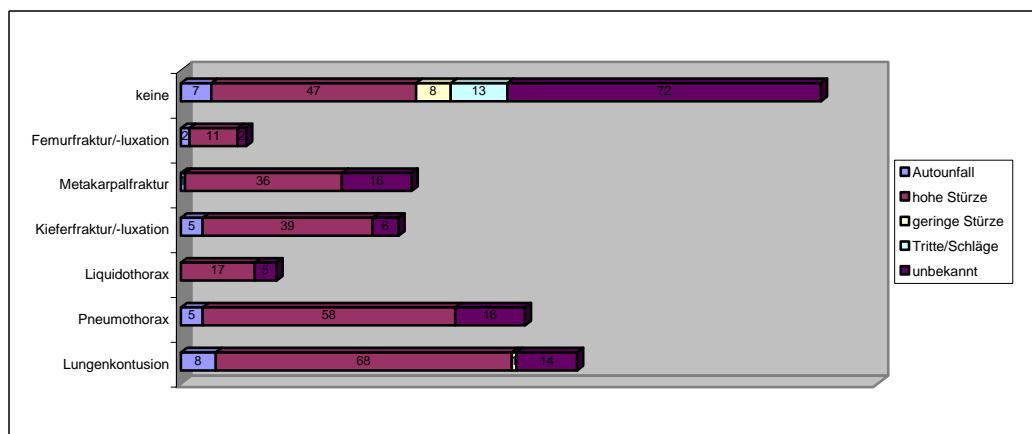
Die Europäisch Kurz- bzw. Langhaarkatze war von den 457 Patienten mit 328 Tieren (71,8 %) am häufigsten vertreten. Weitere betroffene Rassen verteilten sich auf 21 Perser (4,6 %), zehn Siamesen (2,2 %), neun Maine Coon (2 %), sechs Angora (1,3 %), vier Karthäuser (0,9 %), vier Norwegische Waldkatzen (0,9 %) und drei Abessiner (0,7 %). Jeweils zwei Vertreter (0,4 %) fielen auf British Shorthair, Somali und Deutsch Langhaar. Nur 1-mal (0,2 %) wurde eine Ragdoll sowie eine Burma bestimmt. Als Hauskatze wurden 64 Katzen (14 %) definiert.

### **3.6 Unfallursache und zusätzliche Verletzungen**

Für die Frakturentstehung am Unterarm waren in 237 Fällen (51,9 %) hauptsächlich Stürze aus größerer Höhe (Fenster, Balkon, Dach) verantwortlich, gefolgt von 41 Autounfällen (9 %) und Stürzen aus geringer Höhe (Baum, Schacht, Treppe, Schrank, Stuhl, Sofa, Regal, Kratzbaum) mit 12 Fällen (2,6 %). Als weitere Gründe wurden zehn Verletzungen nach Tritten bzw. Schlägen (2,2 %), acht Knochenbrüche (1,7 %) nach dem Hängenbleiben im Fenster oder in einem Kleiderbügel, sieben Schussverletzungen (1,5 %) und sieben Frakturen (1,5 %) nach dem Einklemmen in einer Tür oder einem Spalt und jeweils drei Biss- und Mähverletzungen (0,7 %) notiert. In zwei Fällen (0,4 %) entstand nach einem Kampf bzw. nach einer Verfolgung durch einen Hund eine Fraktur und 1-mal (0,2 %) wurde ein Zusammenstoß mit einem Fahrrad angegeben. Keine Erklärung für die Unfallsursache konnte zu einem Großteil von n = 126 (27,6 %) gefunden werden.

Zusätzliche Verletzungen wurden bei 290 von 457 Patienten (63,5 %) diagnostiziert. Eine weitere Fraktur bis mehrere Frakturen zogen sich dabei 140 Katzen (30,6 %) zu. Am häufigsten waren besonders nach Stürzen aus großer Höhe die Metacarpalia (54-mal) sowie der Kiefer (38-mal) vor dem Oberarmknochen (15-mal), dem Becken (13-mal) und dem Oberschenkelknochen (13-mal) betroffen. Ein zum Teil lebensbedrohliches Thoraxtrauma mit Lungenkontusion (91-mal), Pneumothorax (79-mal, davon 14-mal in Form eines

Hämatopneumothorax), Pneumomediastinum (2-mal) und Liquidothorax (22-mal, davon 11-mal Hämorthorax) konnte bei 165 Katzen (36,1%) diagnostiziert werden. In neun Fällen wiesen die Patienten eine intraabdominale Verletzung auf (Zwerchfellruptur, Hernia abdominalis, Magen-, Leber-, Milzruptur, traumatische Pankreatitis).



**Abb. 17: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Unterarmfrakturen.**

In Abbildung 17 werden die häufigsten und in Tabelle 39 alle zusätzlich entstandenen Verletzungen mit den wichtigsten Unfallursachen aufgelistet und grafisch dargestellt.

**Tab. 39: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Unteramfrakturen.**

	n	Auto-unfall	große Sturzhöhe	geringe Sturzhöhe	Tritt/Schlag	?
<b>Schock</b>	22	3	15	1	-	1
<b>Weichteilverletzung</b>	58	11	22	1	-	15
<b>Epistaxis</b>	24	-	23	-	-	1
<b>Augenverletzung</b>	6	1	1	-	-	2
<b>traumatische Myokarditis</b>	1	1	-	-	-	-
<b>abdominale Verletzung</b>	9	2	6	-	-	1
<b>Seitenbandruptur</b>	2	-	2	-	-	-
<b>Lungenkontusion</b>	91	8	68	1	-	14
<b>Lungenödem</b>	3	-	3	-	-	-
<b>Pneumothorax</b>	79	5	58	-	-	16
<b>Pneumomediastinum</b>	2	1	1	-	-	-
<b>Liquidothorax</b>	22	-	17	-	-	5
<b>Schädelfraktur</b>	7	-	6	-	-	-

Fortsetzung nächste Seite.

**Tab. 39: Fortsetzung.**

	<i>n</i>	<i>Auto-unfall</i>	<i>große Sturzhöhe</i>	<i>geringe Sturzhöhe</i>	<i>Tritt/Schlag</i>	?
<b>traumatische Gaumenspalte</b>	21	-	18	-	-	3
<b>Kieferfraktur</b>	38	4	30	-	-	4
<b>Kieferluxation</b>	12	1	9	-	-	2
<b>Rippen-/Sternum-fraktur</b>	4	1	1	-	-	2
<b>Schulterfraktur</b>	5	1	3	-	-	1
<b>Humerusfraktur</b>	15	9	2	-	-	2
<b>Luxatio cubiti</b>	5	2	3	-	-	-
<b>Luxatio antebrachium</b>	4	-	4	-	-	-
<b>Karpalfraktur</b>	3	-	3	-	-	-
<b>Karpalluxation</b>	13	3	7	-	-	3
<b>Metakarpalfraktur</b>	54	1	36	-	-	16
<b>Femurfraktur</b>	13	1	10	-	-	2
<b>Femurluxation</b>	2	1	1	-	-	-
<b>Unterschenkelfraktur</b>	12	4	4	-	-	3
<b>Tarsalfraktur</b>	5	-	3	-	-	1
<b>Tarsalluxation</b>	3	1	1	-	-	1
<b>Metatarsalfraktur</b>	6	1	4	-	-	-
<b>Zehenfraktur</b>	9	4	3	-	-	2
<b>Beckenfraktur</b>	13	2	5	1	-	4
<b>Rutenabriß</b>	1	1	-	-	-	-
<b>Diastase ISG</b>	7	2	3	1	-	1
<b>Wirbelfraktur</b>	1	-	1	-	-	-
<b>Wirbelluxation</b>	1	-	1	-	-	-
<b>Commotio cerebri</b>	3	-	2	-	-	1
<b>keine</b>	167	7	47	8	13	72

### 3.7 Behandlung und Ergebnisse

Von 457 eingelieferten Katzen mit 512 Unterarmfrakturen wurden 438 Katzen (95,8 %) mit 492 Frakturen versorgt. Dabei kam 88-mal eine konservative Therapieform mit der Empfehlung zur Ruhigstellung des Patienten in einem Käfig oder einem umfunktionierten Kinderlaufstall für mindestens sechs Wochen und 390-mal eine chirurgische Methode zum Einsatz, darunter 1-mal eine totale Gliedmaßenamputation nach einer offenen Trümmerfraktur des gesamten Ellbogengelenks. Trotz ergriffener Behandlungsmaßnahmen konnten 12 Tiere mit 17 Frakturen nicht mehr gerettet werden. Sie verstarben noch am selben Tag (Exitus letalis) oder mussten maximal drei Tage postoperativ aufgrund der Folgeerscheinungen schwerer zusätzlicher Verletzungen (Pneumonie, traumatische Myokarditis, Magenwandruptur mit konsekutiver Peritonitis) euthanasiert werden. Zehn Patienten mit 11 Frakturen verstarben vor einer

Versorgung kurz nach Klinikaufnahme oder wurden auf Wunsch des Besitzers oder aufgrund einer ungünstigen Prognose eingeschläfert. Keine Behandlung wurde bei neun Tieren durchgeführt. Zum frühestmöglichen Zeitpunkt nach der Einlieferung der Patienten in die Klinik bzw. nach Stabilisierung des Allgemeinzustands aufgrund schwerer Thoraxverletzungen wurde durchschnittlich nach 2,1 Tagen ( $\sigma = 1,9$ ,  $vk = 0,89$ , Median = 2) operiert.

### 3.7.1 Kombinierte Radius- und Ulnafrakturen

Von 321 Katzen mit kombinierten Radius- und Ulnafrakturen wurden 313 mit 348 Frakturen versorgt (3-mal keine Therapie, fünf Tiere verstorben). Konservativ wurden 34 Frakturen behandelt, 27 einfache, drei komplexe Unterarmknochenbrüche (+ eine Fraktur mit unbekannter Lokalisation und Form) und drei Katzen mit einer distalen Epiphyseolyse SH-1. Eine offene Trümmerfraktur wurde jedoch nur vorläufig provisorisch mit einem Verband stabilisiert. Die Katze verstarb, bevor weitere Maßnahmen ergriffen werden konnten. Ebenfalls wollte ein Besitzer eine endgültige Versorgung beim Haustierarzt durchführen lassen. Das Durchschnittsalter betrug 1,84 Jahre (0,3–16,8 Jahre,  $\sigma = 3,69$ ,  $vk = 1,999$ , Median = 0,45). Davon waren 25 Tiere jünger als ein Jahr und 29 unter zwei Jahren alt. Nach gedeckter Fragmentreponierung erfolgte eine Immobilisierung der betroffenen Extremität mittels Scotch-Cast (21) oder Verband (13). Die Fragmente konnten 24-mal zufriedenstellend korrekt in Stellung gebracht werden, 7-mal zeigte sich auf den Kontrollröntgenaufnahmen eine Achsenfehlstellung und 3-mal war die Fraktur nicht exakt reponiert worden. Dislokation und Instabilität (8) sowie Rotation der Pfote unter dem Verband (5) waren die häufigsten Komplikationen. Eine erneute gedeckte Reponierung (1-mal mit Castverlängerung) reichte in zwei Fällen als Nachversorgung aus, ansonsten musste 5-mal eine Platte am Radius angelegt und 1-mal ein intramedullärer Bohrdraht in die Ulna getrieben werden. Im Zuge einer Umversorgung mit einer transkondylären Zugschraube und einem Pin konnte eine zersplitterte dislozierte distale Radiusepiphysenrekonstruktion und an das proximale Fragment mittels Kreuzspickung adaptiert werden. Die dazugehörige distale metaphysäre Ulnasplitterfraktur wurde mit einer Spickung befestigt. In drei Fällen erfolgte keine Nachversorgung der Dislokation und Rotationsfehlstellung.

Einer chirurgischen Behandlung wurden 302 bzw. 314 kombinierte Unterarmfrakturen (inklusive zweiter Fraktur ipsilateral am Radius [5] und an der

Ulna [7]) unterzogen. Davon wurde bei 302 Radiusfrakturen (98,4 %) ein Eingriff durchgeführt (Tabelle 40), hingegen erfolgte bei nur 83 Ulnafrakturen (26,9 %) 77-mal eine operative Stabilisierung (Tabelle 41). Einer Fundkatze mit einem offenen, durch eine Schussverletzung vollkommen zertrümmerten Ellbogengelenk musste die betroffene Extremität amputiert werden.

Mit einer Platte isoliert (86 %), mittels Kombinationsosteosynthese (7 %), einem CRIF (3,1 %) oder einem Fixateur externe (2,3 %) wurden 257 diaphysäre Radiusfrakturen versorgt. Nach Stabilisierung der Ulna wurde bei zwei Tieren der gebrochene Radius lediglich mit Nahtmaterial an die Elle fixiert oder mit einem zusätzlich angelegten Verband gestützt. In einem Fall genügte die Entfernung eines verbogenen radialen Pins nach einer instabilen Osteosynthese *alio loco*. Zwei proximal diaphysäre Splitterfrakturen und eine ipsilaterale distal diaphysäre Querfraktur blieben unbehandelt. Unter den verwendeten Platten fanden sich DCP (156, davon 48-mal Kleinfragmentplatten), einfache Lochplatten (55, davon 3-mal als Abstützplatte, zum Teil schneidbar), T-Platten (30) und AO-Platten (2). Bei drei Katzen wurden zwei Knochenplatten übereinander gelegt (*sandwiching*) und die Frakturlinien einer Stückfraktur proximal (DCP) und distal (T-Platte) getrennt reponiert. In kombinierter Form wurden für die Festigung von Fissuren, Keilen und Splittern Zugschrauben (9), Cerclagen (8), Nahtmaterial (3) oder Bohrdrähte (1) benutzt. Bei acht von 26 offenen Frakturformen fand ein Fixateur externe Gebrauch. Die Zugänge erfolgten von kranial (52 %), kraniolateral (41,6 %), kraniomedial (5,6 %) und medial (0,8 %).

Acht distale metaphysäre und 41 distale epiphysäre Frakturen wurden hauptsächlich mittels Minimalosteosynthese (87,8 %) therapiert. Der Eingriff erfolgte 39-mal durch Kreuzspickung (1-mal in doppelter Ausführung, 4-mal mit einem weiteren Pin), 2-mal durch intramedulläre Nagelung, 1-mal durch Rushpinning und 1-mal durch eine Drahtzuggurtung einer distalen epiphysären Radiusluxationsfraktur mit metaphysärem Keil. Eine ggf. intertrochleare Fragmentierung (SH-3, Y-Fraktur) konnte entweder mit einem transepiphysären Bohrdraht (3) oder zwei Compact-Hand-Schrauben (1) versorgt werden. Einer offenen SH-1-Epiphyseolyse wurde zusätzlich zur Kreuzspickung ein Fixateur externe angebracht. Die Fraktur verheilte unter Ausbildung einer Ankylose. Bei zwei weiteren Katzen mit einem offenen Bruch kam ein Fixateur externe und in zwei Fällen aus den Jahren 2003 und 2004 eine Plattenosteosynthese zum Einsatz. Die Bruchstücke einer distal metaphysären Querfraktur konnten erfolgreich mit

einer T-Platte aneinander gefügt werden sowie eine distale SH-2-Epiphysenfraktur mit Biegung der alio loco gelegten Implantate. Eine ausschließlich gedeckte Reponierung fand bei einer zusätzlichen ipsilateralen Epiphyseolyse SH-2 statt. Die Zugänge erfolgten von kranial (80,4 %), kraniolateral (15,2 %) und kaudolateral (4,4 %).

**Tab. 40: Behandlung des Radius von kombinierten Unterarmfrakturen.**

oF: offene Fraktur, (n\*): 2. Fraktur ipsilateral, (n+): verstorben.

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
diaphysär (2*)	221	Plattenosteosynthese	15-mal beidseits, 13-mal oF, 49-mal gesplittert, (1*, 7+)
	18	Kombinationsosteosynthese mit Platte	1-mal beidseits, 7-mal gesplittert
	6	Fixateur externe	5-mal oF, 3-mal gesplittert, (1+)
	6	CRIF	2-mal oF, 1-mal gesplittert, (1+)
	2	andere Verfahren	1-mal gesplittert
	1	Entfernung alter Implantate	-
distal metaphysär	5	Minimalosteosynthese	1-mal oF, 1-mal gesplittert
	1	Plattenosteosynthese	-
	2	Fixateur externe	2-mal oF, 1-mal gesplittert
distal epiphysär (1*)	38	Minimalosteosynthese	2-mal beidseits, 2-mal oF, (2*, 1+)
	1	Plattenosteosynthese	-
	1	Kombinationsosteosynthese mit Fixateur externe	1-mal oF, 1-mal gesplittert

Nur 77 Ulnaknochen mit 83 Frakturen aller kombinierter Unterarmbrüche wurden operiert und in nur zwei Fällen ohne den Radius (proximal diaphysäre Splitterfrakturen) miteinzuschließen. Aufgrund von Komplikationen musste jedoch 13-mal eine Nachversorgung eingeleitet werden. Hauptsächlich (90,9 %) fand eine Markraumnagelung statt. Nur bei drei Katzen erfolgte eine zusätzliche Stabilisierung mittels Achterdrahtschlinge (Zuggurtung). Weitere Cerclagen wurden zur Behandlung einer Schrägf Fraktur (1), Fixierung von Splittern (1) oder einer Radiusluxation nach einer diaphyären Monteggia-Querfraktur (1) eingesetzt. Zugleich konnte bei fünf Patienten mit der intramedullären Bolzung eine weitere

ipsilaterale distal epiphysäre (2), distal metaphysäre (2) und distal diaphysäre (1) Fraktur miterfasst werden. Zwischen 1990 und 1999 fiel bei drei Katzen die Wahl auf die Verwendung von Mini-DCP (2) und einfache Lochplatten (1). Ein Besitzer wünschte anfangs nach einer Radius-, Ulnaschrägfraktur seiner Katze keine chirurgische Intervention. Die Ausbildung einer Pseudarthrose erforderte schließlich den Einsatz einer Plattenosteosynthese mit Spongiosaeinlagerung. Nach Stabilisierung des Radius wurde bei zwei Tieren die gebrochene Ulna lediglich mit Nahtmaterial an die Speiche fixiert und in einem Fall mit einem zusätzlich angelegten Scotch-Cast gestützt. Üblicherweise wurde derselbe Zugang, der beim Radius erfolgte, gewählt. In 17 Fällen musste der Hautschnitt gesondert kaudolateral (8), kaudal (6) oder lateral (3) angesetzt werden.

**Tab. 41: Behandlung der Ulna von kombinierten Unterarmfrakturen.**

oF: offene Fraktur, (n\*): 2. Fraktur ipsilateral, (n+): verstorben.

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
Olekranon	1	intramedulläre Nagelung mit Drahtzuggurtung	-
diaphysär (4*)	33	intramedulläre Nagelung (1-mal mit Hemicerclage Caput radii)	1-mal beidseits, 3-mal oF, 10-mal gesplittet, (1+)
	2	intramedulläre Nagelung mit Drahtzuggurtung (+ 1-mal 2 Cerclagen)	2-mal gesplittet
	3	Plattenosteosynthese	1-mal gesplittet
	3	andere Verfahren	-
distal metaphysär	12	intramedulläre Nagelung	1-mal oF, 1-mal gesplittet
distal epiphysär (2*)	22	intramedulläre Nagelung	4-mal oF, (1+)
	1	andere Verfahren	(1+)

Intraoperative Komplikationen ergaben sich aus der Splitterung eines Knochenendstücks während der Repositionierung (3) und dem Abbrechen einer Bohrerspitze (1), die *in situ* belassen werden musste. Das postoperative Ergebnis einer zufriedenstellenden, bestmöglichen Fragmentreponierung von 302 kombinierten Unterarmfrakturen wurde 285-mal (94,4 %) als korrekt bewertet. Ungenaue Reponierung (8), Achsenfehlstellung (4), Wahl zu großer Implantate mit zum Teil Gelenkbeteiligung (3) und Rotationsfehlstellung (1) konnten ebenfalls befunden werden. Im weiteren Heilungsverlauf ergaben sich einige

Komplikationen. Eine Dislokation der Frakturenden trat in 23 Fällen ein, 17-mal an unversorgten Ulnafrakturen, die zum Teil mittels Bohrdraht (8), zusätzlichem Scotch-Cast (5), Plattenosteosynthese (5) oder Fixateur externe (2) nachbehandelt wurden. Die erhöhte Druckbelastung auf eine Radiusplatte aufgrund einer stark dislozierten, instabilen Ulnaschrägfraktur verursachte proximal davon eine Refraktur. Neben einem Plattenwechsel wurde auch die Ulna mit einer Drahtzuggurtung fixiert. Bei den eingesetzten Implantaten kam es generell zu Lockerungen (16, davon 5-mal mit Migration), Plattenaustrissen (5), Biegungen (4) und Materialversagen bzw. Implantatbruch (3). Ein Austausch des betroffenen Implantats erfolgte 8-mal, eine Entfernung 5-mal. Zwei Tiere zeigten zudem proximal des Plattenaustrisses eine Refraktur am Radius, die in einem Fall mit einer Zuggurtungsplatte überbrückt wurde. Eine sekundäre Stabilisierung der Ulna mit einem Fixateur externe in Kombination mit einem intramedullären Bohrdraht geschah ebenfalls nach einem Implantataustriss am Radius. Die gelöste Platte wurde durch zwei übereinander gelegten DCP (sandwiching) ausgetauscht. Eine verzögerte Frakturheilung (16), Infektionen (8, zur Hälfte der Fälle nach offenen Frakturen) mit Sequesterbildung (3) und „stress protection“ (3) sowie eine Refraktur (1) proximal einer Kreuzspickung stellten weitere Komplikationen dar. Neun Patienten mit gestörter Heilungstendenz bildeten eine Pseudarthrose aus. Sechs Katzen benötigten folglich eine Nachversorgung, indem noch platzierte Implantate entfernt und durch neue (DC-, Titan-, Lochplatten, Hofman-Finger-Extraktor an die Ulna) mit Spongiosaeinlagerungen (5) ersetzt wurden. Mit einer massiven Osteomyelitis reagierte eine Katze auf transplantierte Rippensegmente, die zu einer totalen Knochenauflösung des distalen Radius und einer Lyse mit hochgradiger Instabilität des gesamten Karpus führte. Insgesamt 11 Tiere erlagen postoperativ an ihren zum Teil schwerwiegenden sekundären Verletzungen und in drei Fällen konnte keine gliedmaßenerhaltende Maßnahme getroffen werden. Diese Katzen wiesen nach komplexen Frakturen massive nekrotische Weichteilschäden und hochgradige lytische Knochenbezirke mit zunehmendem Abbau auf. Bei 104 Patienten (36,7 %) fand eine vollständige oder teilweise Entfernung der Implantate nach durchschnittlich 23 Wochen statt ( $\sigma = 15,0$ ,  $vk = 0,65$ , Median = 22,4).

Klinisch und röntgenologisch konnten 185 von 304 Katzen (60,9 %) nachkontrolliert werden (Tabelle 42). Der Durchschnitt betrug 0,76 Jahre (0,01–13,32 Jahre,  $\sigma = 1,81$ ,  $vk = 2,37$ , Median = 0,26) nach Erstvorstellung.

**Tab. 42: Zeitspanne nachuntersuchter Radius-/Ulnafrakturen.**

<b>Zeitpunkt der Kontrolle</b>	<b>≤ 1 Monat</b>	<b>≤ 6 Monate</b>	<b>≤ 1 Jahr</b>	<b>&gt; 1 Jahr</b>
<b>Anzahl</b>	24	108	33	20

Keine Lahmheit zeigten 172 Katzen (93 %), wobei sechs Tiere (1-mal an beiden Extremitäten) eine im Röntgenbild bestätigte Arthrose des Ellbogen- (3) oder Karpalgelenks (3) hatten. Ein Patient davon litt an einer distalen Radius- und Ulnaepiphyseolyse nach SH-1 und wurde ausschließlich mit einem Kreppverband behandelt. Ein vorzeitiger Fugenschluss bewirkte eine folgenschwere Radiusverkürzung mit Luxation des Caput radii und Ausbildung einer Inkongruenz im Ellbogengelenk. Eine undeutliche Lahmheit fiel bei sieben Katzen auf, sieben hingegen liefen mittelgradig bis hochgradig lahm. Die Ursache ging bei vier Katzen von arthrotischen Veränderungen im Karpal- (3) bzw. Ellbogengelenk (1) aus und bei drei Tieren entwickelte sich eine massive Reizung auf die Knochenimplantate, die folglich entfernt werden mussten. Zwei Tiere lahmten kontinuierlich nach einer durchgeführten Panarthrodese des Karpalgelenks aufgrund einer atrophen Pseudarthrose. Bei einem Patienten war zudem der kontralaterale Unterarm ebenfalls frakturiert, an dem keine Bewegungseinschränkungen ersichtlich waren. Während der klinischen Untersuchung konnten neben Achsen- (15) oder Rotationsfehlstellung (5) auch Flexionshemmung (10), Flexions- und Extensionshemmung (1) und Hyperextension (1) des Karpus sowie Weichteilschwellungen (2) festgestellt werden. Eine lokal beschränkte oder an mehreren Lokalisationen auftretende Synostose beider Unterarmknochen wurde im Röntgenbild 25-mal beobachtet. Weitere röntgenologische Befunde waren Achsenknick (7), Radiusverkürzungen (5) nach Epiphyseolysen (2), Osteopenie bzw. Knocheninaktivitätsatrophie (6), „stress protection“ (4), Stufe im Ellbogengelenk (3), 1-mal mit arthrotischen Zeichen und deutlicher Deformation der distalen Epiphyse mit hochgradiger Exostosenbildung im Fugenbereich (3). Eine totale Knochenuflösung des distalen Radiusabschnitts und der gesamten Karpalknochen hatte ein Patient mit einer offenen distal metaphysären Trümmerfraktur aufgrund massiver Komplikationen im Heilungsverlauf (Tabelle 43).

**Tab. 43: Ergebnis kombinierter Unterarmfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits.

Versorgung	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
konservativ	13	1	-	-	14
chirurgisch	167 (14)	6 (1)	10	4	187
<b>n</b>	<b>180</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>201</b>

**3.7.2 Isolierte Radiusfrakturen**

Behandelt wurden 105 isolierte Radiusfrakturen von 100 der insgesamt 105 Tieren (4-mal keine Therapie, 1-mal Euthanasie). Die Wahl auf eine konservative Versorgung fiel 49-mal über Anbringung eines Scotch-Casts (31), eines Verbands (17) oder eines Light-Casts (1). Immobilisiert wurden 35 einfache Frakturen, neun distale Epiphyseolysen (2-mal Typ 1, 5-mal Typ 2, 2-mal Typ 3), vier komplexe Knochenbrüche und in einem Fall eine T-förmige Fraktur der distalen Epiphyse. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 2,39 Jahre ( $\sigma = 3,72$ ,  $vk = 1,55$ , Median = 0,9), wobei 31 jünger als ein Jahr und 34 < 2 Jahren waren. Eine ausreichend zufriedenstellende Fragmentreponierung wurde 43-mal erreicht, 4-mal war ein Achsenknick sichtbar, 3-mal musste eine ungenaue Ausrichtung der Frakturenden und 2-mal eine Dislokation festgehalten werden. Aufgrund Instabilität, zunehmender Dislokation und Rotationsfehlstellung (11) wurde eine Korrektur mittels Platte (5), Platte und Zugschraube (1) oder Cerclage (1), Kreuzspickung (1), Rushpinning (1) oder zwei Zugschrauben alleine (1) durchgeführt. Im Fall einer Dislokation in der Wachstumsfuge und nach einer bei der Radiusreponierung entstandenen Ulnaschrägfraktur wurde keine Nachversorgung eingeleitet. Eine bereits mit zwei Zugschrauben umversorgte Schrägfraktur musste ein weiteres Mal nach einer Fragmentsplitterung mit Implantatlockerung und Ausriß der Schrauben mit einer Zuggurtungsplatte stabilisiert werden. Sechs Patienten hatten zudem häufiger den Verband bzw. den Cast verloren, was letztlich bei einer Katze aufgrund der ständigen Instabilität und Bruchdehnung zur Ausbildung einer vorzeitigen Pseudarthrose führte.

Eine chirurgische Frakturversorgung wurde 56-mal durchgeführt (Tabelle 44): 33 Platten- (58,9 %), 18 Minimal- (32,1 %), drei Kombinationsosteosynthesen (5,4 %) und zwei Einsätze eines Fixateur externe (3,6 %). Die Zugänge erfolgten dabei 35-mal von kranial, 13-mal von kraniolateral, 4-mal von medial und 1-mal

von kraniomedial. Die Fixateure wurden jeweils in kraniolateraler Ausrichtung montiert.

**Tab. 44: Behandlung isolierter Radiusfrakturen.**

oF: offene Fraktur, (n\*): 2. Fraktur ipsilateral.

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
diaphysär (1*)	1	Minimalosteosynthese	-
	31	Plattenosteosynthese	2-mal verstorben, 1-mal Komplikationen
	2	Kombinationsosteosynthese mit Platte	1-mal gesplittet, 1-mal Komplikationen
	1	Kombinationsosteosynthese mit Fixateur externe	gesplittet, Komplikationen
	1	Fixateur externe	oF, gesplittet
distal metaphysär	2	Minimalosteosynthese	1-mal Komplikationen
	2	Plattenosteosynthese	-
distal epiphysär	15 (1*)	Minimalosteosynthese	1-mal beidseits, 2-mal gesplittert (1*), 2-mal Komplikationen
	1	Fixateur externe	Komplikationen

Von 36 diaphysären Frakturen wurden 33 mit Platten versorgt oder mit einer Zugschraube zur Splitterstabilisierung (1) und einer Zugschraube und Cerclage zur Fixierung eines Ausbruchkeils einer Schrägfraction mit Radiuskopfluxation kombiniert. Unter den verwendeten Knochenplatten waren DCP (21, davon neun Kleinfragmentplatten), T-Platten (5), einfache Loch- (5) und Unilock-Platten (1) sowie LC-DCP (1). Bei zwei Splitterfrakturen wurde die Anwendung eines Fixateur externe (1-mal kombiniert mit zwei Cerclagen zur Splitterfixierung) bevorzugt und eine Schrägfraction konnte komplikationslos mit zwei einzelnen Zugschrauben reponiert werden. Eine zusätzliche ipsilaterale Trümmerfraktur der distalen Radiusepiphysen wurde mittels Minimalosteosynthese fixiert. Bei Knochenbrüchen im Bereich der distalen Metaphyse wurden T-Platten angeschraubt (2) oder es erfolgte von distal ausgehend eine Kreuzspickung mit zwei Bohrdrähten nach Kirschner (2). Bei 15 von 16 Frakturen der distalen Epiphysen wurde eine Minimalosteosynthese betrieben, 13-mal in Form einer Kreuzspickung. In zwei Fällen musste zusätzlich die zersplitterte Epiphysen (1-mal nach SH-4) rekonstruiert werden, indem bei einer Katze zwei weitere Pins transepophysär und bei einem anderen Patienten mehrere Bohrdrähte

transepiphysär, von proximal nach distal und quer an die benachbarte Ulna verlaufend eingebracht wurden. Mit einer transepiphysären Zugschraube und einem intramedullären Pin war es möglich, zwei Absprengungen am Proc. styloideus radii zu fixieren. Eine isolierte Radiusepiphyseseolyse SH-4 mit einer Karpalgelenksluxation wurde anfangs mit einem Fixateur externe behandelt. Aufgrund von Komplikationen im Heilungsverlauf musste jedoch eine Panarthrodese vorgenommen werden.

Intraoperativ kam es insgesamt bei drei Katzen während der Radiusreponierung zu einer Fraktur der Ulna, die nur in einem Fall mit einem intramedullären Pin versorgt werden musste. Das postoperative Ergebnis wurde als korrekt (52) oder nicht zufriedenstellend aufgrund ungenauer Reponierung (2), Wahl zu großer Implantate (1) und Rotationsfehlstellung (1) bestimmt. Neun Patienten mit 11 Frakturen hatten zum Teil schwerwiegende Komplikationen im Heilungsverlauf, zwei verstarben wenige Tage postoperativ. Die Instabilität des Caput radii mit Relaxation wurde bei einer Katze mit einer neuen Hemicerclage beseitigt. Nach einer Implantatbiegung unterstützte bei einem weiteren Tier ein zusätzlich angelegter Scotch-Cast dessen metaphysäre Querfraktur. Insgesamt konnten vier Implantatlockerungen bei drei Katzen festgestellt werden. In einem Fall kam es zu einer Migration eines Bohrdrashts einer Kreuzspickung, den sich der Patient vermutlich selbstständig entfernt haben musste, da dieser auf einer Röntgenkontrolle nicht mehr auszumachen war. Der Festigkeitsverlust aller distalen Pins eines Fixateur externe wurde mit der vollständigen Implantatentfernung behoben. Die Lockerungen der Kreuzspickungen einer beidseitigen distalen Epiphysenfraktur mit Ulnaluxation sollte in zwei getrennten Operationen korrigiert werden. Anfangs wurde die rechte Extremität mittels T-Platte und 1,5er Zugschraube in der Ulna umversorgt, jedoch führte ein Auriss der Platte und eine linksseitige Osteomyelitis zu einer beidseits vollständigen Implantatentfernung und vorläufigen konservativen Frakturstabilisierung (Robert-Jones-Verband). Sechs Tage später wurde an der rechten Seite ein Fixateur externe angebracht, der nach zwei Wochen im Zuge einer Sequesterotomie und Spongioplastik gegen eine Karpalgelenksathrodese mit zwei T-Platten ausgetauscht wurde. Währenddessen hatte sich am linken Radius eine Pseudarthrose gebildet, deren Defekt zu einem späteren Zeitpunkt mit Spongiosa aufgefüllt mit einer T-Platte fixiert wurde und sich dadurch auch wieder festigte. Laut Aufzeichnungen war rechts ein erneuter Plattenwechsel (2,0er Lochplatte)

mit Spongiosaeinlagerung durchgeführt worden. Schlussendlich führten eine im Kontrollröntgen beidseits sichtbare Knocheninfektion sowie eine Implantatlockerung zur erneuten totalen Implantatentfernung. Die Instabilität und Dislokation einer Ulnaluxation einer distal epiphysären Radiustrümmerfraktur wurde in einem anderen Fall mit einer Hemicerclage nachversorgt. Dieselbe Katze entwickelte zudem eine instabile Luxation im Karpus, die eine Arthrodese mit Spongiosaeinlagerung aus dem proximalen Humerus erforderlich machte. Ebenfalls musste bei einem weiteren Patienten eine Plattenpanarthrodese (mit Spongioplastik) des Karpalgelenks durchgeführt werden, nachdem eine Knocheninfektion mit „stress protection“ aller proximalen Pins eines Fixateur externe und Lyse aller Ossa carpi diagnostiziert wurde. Das Tier hatte eine distale Radiusepiphyseolyse SH-4 mit unbekannter Ätiologie. Eine vollständige oder partielle Implantatentfernung erfolgte bei 21 Tieren (32,8 %) durchschnittlich nach 15,7 Wochen ( $\sigma = 12,1$ ,  $vk = 0,77$ , Median = 11,7).

Eine klinische und röntgenologische Nachkontrolle war bei 59 von 102 Tieren (57,8 %) im Durchschnitt 0,79 Jahre (0,01–14,75 Jahre,  $\sigma = 2,61$ ,  $vk = 3,30$ , Median = 0,14) nach Ersteinlieferung möglich (Tabelle 45).

**Tab. 45: Zeitspanne nach untersuchter isolierter Radiusfrakturen.**

Zeitpunkt der Kontrolle	$\leq 1$ Monat	$\leq 6$ Monate	$\leq 1$ Jahr	$> 1$ Jahr
Anzahl	19	28	7	5

Keine Lahmheiten und Bewegungseinschränkungen sowie Anzeichen arthrotischer Veränderungen der benachbarten Gelenke konnten 54-mal festgestellt werden, obwohl die untersuchenden Tierärzte Achsenfehlstellungen (6), Hautreizzungen mit Weichteilschwellungen (4), Flexions- (2) und Extensionshemmung (1) im Karpalgelenk und Muskelatrophie mit Kusshandstellung (1) sowie Synostosen (2), proximale Radiusluxation (1), distale Ulnaluxation (1) und massive Exostosen (1) im Röntgenbild befundenen (Tabelle 46). Weichteilschwellung, Beugehemmung im Karpus und kaum Belastung der betroffenen Extremität (hochgradig lahm) wies ein Patient nach der chirurgischen Behandlung einer gesplitteten SH-4-Epiphyseolyse trotz entfernter Implantate und unauffälligem Röntgen auf. Hingegen konnte in vier Fällen die Ursache für eine Lahmheit abgeklärt werden. Hochgradige Gelenksveränderungen (Karpus) und ein eingeschränkter Bewegungsablauf waren 3-mal auf eine Panarthrodese mit schweren Komplikationen im Heilungsverlauf zurückzuführen. Eine Katze

entwickelte nach der Kreuzspickung einer Epiphysenfraktur (SH-2) eine Beugehemmung im entsprechenden Karpalgelenk. Im Röntgenbild war zudem aufgrund eines vorzeitigen Wachstumsfugenschlusses mit Radiusverkürzung eine Inkongruenz mit Arthrose im Karpal- und Ellbogengelenk sichtbar. Während einer geplanten Korrekturosteotomie kam es zu einem Narkosezwischenfall mit tödlichem Ausgang.

**Tab. 46: Ergebnis isolierter Radiusfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits.

<i>Fraktur</i>	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Caput radii	1	-	-	-	1
diaphysär	36	-	-	-	36
distal metaphysär	2	-	-	-	2
distal epiphysär	16 (1)	-	1	5 (1)	22
<b>n</b>	<b>55</b>	-	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>61</b>

### 3.7.3 Isolierte Ulnafrakturen

Von 41 Katzen (4-mal Euthanasie, 2-mal keine Therapie) wurden 39 Frakturen (35 Tiere) 5-mal konservativ und 32-mal chirurgisch behandelt. Die konservative Methode umfasste die Verwendung eines Scotch-Casts (3) oder eines Verbands (2). Unter den Frakturen waren eine Quer- und zwei Schrägfäkturen, eine distale Epiphyseolyse SH-2 und eine distale metaphysäre Schrägfissur durch die Epiphysenlinie des Proc. styloideus ulnae. Ein Tier war jünger als zwei Jahre, vier waren älter als zwei Jahre bzw. zwei älter als zehn Jahre (1,5–10,7 Jahre, Median = 6,9). Eine korrekte Frakturstellung wurde in allen Fällen erhoben.

Die chirurgische Behandlung (Tabelle 47) bestand 30-mal aus einer intramedullären Nagelung entweder mit einem Pin (14) oder mit zwei Bohrdrähten (16). Mittels Drahtcerclage wurde 18-mal eine zusätzliche Zuggurtung angebracht. Der Zugang erfolgte dabei entweder von kaudal (14), kaudolateral (10), lateral (4), medial (1) oder kaudomedial (1). Mit einer Cerclage wurde versucht, vorhandene Splitter anatomisch korrekt an den Knochen anzufügen. Der luxierte Radius von 17 Monteggia-Frakturen wurde mit einer Cerclage (7), Hemicerclage (3) oder einer Vicryl- bzw. Synthofilschlinge (3) an die Ulna verankert, wobei in einem Fall einer distal diaphysären Monteggia-Schrägfäkture nur die Radiusluxation von lateral versorgt wurde. Zwischen 1990

und 1999 konnte durch eine Kapselstraffung (2) und eine Naht des rupturierten Lig. anulare radii (1) eine ausreichende Fixation erreicht werden. Eine einfache Reponierung genügte bei einer Katze, damit der Radiuskopf stabil im Gelenk zu liegen kam. Das isolierte Fragment eines Proc. anconeus wurde von kaudolateral entfernt. Die ipsilaterale Absprengung des Ulnastyloids einer Monteggia-Fraktur blieb vorerst unversorgt und eine zusätzliche distale diaphysäre Schrägf Fraktur einer proximal diaphysären Stückfraktur wurde durch die Markraumnagelung mitfixiert. Eine intraoperative Komplikation ergab sich durch den Bruch eines Bohrdras während des Einbohrens in den Markraum, dessen Stück nicht entfernt werden konnte.

**Tab. 47: Behandlung isolierter Ulnafrakturen.**

(n\*): 2. Fraktur ipsilateral.

Fraktur	Anzahl	Versorgung	Zusatz
Olekranon	11	intramedulläre Nagelung mit Drahtzuggurtung	1-mal Komplikationen
Proc. anconeus	1	Fragmentextirpation	-
Monteggia (1*)	1	Radiusluxation: Vicrylschlinge durch Bohrkanal des Olekranons	-
	6	intramedulläre Nagelung mit Drahtzuggurtung	3-mal gesplittet, 3-mal Komplikationen
	10	intramedulläre Nagelung ohne Drahtzuggurtung (5-mal Cerclage für Splitter)	6-mal gesplittet, 4-mal Komplikationen
diaphysär (1*)	1	intramedulläre Nagelung mit Drahtzuggurtung	-
	2	intramedulläre Nagelung ohne Drahtzuggurtung	1-mal mit Scotch-Cast

Das postoperative Ergebnis war 30-mal als korrekt zu bewerten. Einmal wurde ein zu langer Bohrdras verwendet, der nochmals gekürzt werden musste und bei einem Tier wurde eine Stufe im Ellbogengelenk mit relativer Radiusverkürzung festgestellt. Komplikationen chirurgisch versorgter isolierter Ulnafrakturen traten in neun Fällen auf, davon waren sieben Monteggia-Frakturen (5-mal gesplittet). Zwei Implantatlockerungen (1-mal mit Pinmigration) blieben unversorgt, obwohl sich bei einer Katze eine Pseudarthrose bildete, die sich jedoch wieder von selbst festigte. Zweimal kam es zu einer Relaxation des Radiuskopfs nach der Fixierung

mit einer Draht- und einer Vicrylschlinge. Bei einer Katze wurde eine neue Cerclage durch beide Humeruskondylen gelegt, die nach 12 Tagen aufgrund eines Bruches entfernt wurde. Der Radius des zweiten Tieres war mit einer Cerclage und zwei Stellschrauben an die Ulna refixiert worden, jedoch kam es auch hier zu einem Implantatversagen des Drahtes und zu einer erneuten Subluxation. Ein zudem unversorger Implantatbruch beider Ulnamarknägel verursachte schlussendlich eine verzögerte Frakturheilung mit Pseudarthrosenbildung der Ulna und vollständiger Knochenlyse der gesamten proximalen Radiusepiphysen und -metaphysen. Eine instabile Versorgung einer Olekranonquerfraktur mit einer Drahtzuggurtung und einem intramedullären Pin erforderte das Einführen eines zweiten Nagels. Eine zunehmende Dislokation einer ipsilateralen zusätzlichen Fraktur des Ulnastyloids konnte mit zwei parallelen Bohrdrähten stabilisiert werden. Aufgrund einer verzögerten Heilung einer proximal diaphysären Monteggia-Splitterfraktur einer Katze wurden sämtliche Implantate (Drahtzuggurtung mit zwei intramedullären Pins) entfernt und der Frakturspalt mit Spongiosa des Oberarmknochens ausgefüllt. Eine Woche später war eine erneute Spongioplastik mit Rippenteilen und Mark aus dem Humerus sowie eine Frakturstabilisierung mit einer Unilock-Titanplatte erforderlich, nachdem eine oligotrophe Pseudarthrose mit lytischen Bereichen diagnostiziert wurde. Die Katze entwickelte jedoch eine hochgradige Osteomyelitis, woraufhin eine Umversorgung (Fixateur externe Typ 1) durchgeführt werden musste. Die Pseudarthrose (atroph) festigte sich nach der dritten Spongiosaeinlagerung aus dem Os ilium. Ein weiterer Patient mit beidseitiger Monteggia-Splitterfraktur zeigte nach der Primärversorgung (intramedullärer Marknagel ohne Drahtzuggurtung) eine Ellbogengelenksluxation an beiden Extremitäten mit einseitiger Implantatbiegung. Als Korrekturmaßnahme wurde der verbogene Marknagel entfernt und durch zwei Bohrdrähte mit Drahtzuggurtung ersetzt sowie kontralateral der bereits vorhandene Marknagel mit einer Drahtzuggurtung gesichert und über einen seitlichen Bandersatz (lateral und medial) mit zwei Schrauben, Unterlagsscheiben und Cerclagen die Gelenksluxation stabilisiert. Die Implantate wurden bei 12 Katzen im Durchschnitt 24,6 Wochen ganz oder zum Teil entfernt ( $\sigma = 13,4$ ,  $vk = 0,54$ , Median = 21,2). Von 37 möglichen Tieren wurden 29 durchschnittlich 0,81 Jahre (0,02–4,39 Jahre,  $\sigma = 1,08$ ,  $vk = 1,33$ , Median = 0,40) nach Ersteinlieferung klinisch und röntgenologisch nachkontrolliert (Tabelle 48).

**Tab. 48: Zeitspanne nachuntersuchter isolierter Ulnafrakturen.**

Zeitpunkt der Kontrolle	$\leq 1$ Monat	$\leq 6$ Monate	$\leq 1$ Jahr	$> 1$ Jahr
Anzahl	4	13	5	7

Keine Lahmheit konnte bei 26 Patienten festgestellt werden (Tabelle 49). Die klinische Untersuchung ergab bei diesen Tieren bis auf eine Beuge- und Streckhemmung (1) bzw. eine isolierte Beugehemmung (1) des Ellbogengelenks, Muskelatrophie (1), Carpus valgus (1) und einer vermehrten Supinationsstellung des Unterarms (1) keine spezifischen Auffälligkeiten. Im Röntgenbild hingegen zeigten sechs Katzen arthrotische Veränderungen im Ellbogengelenk, in einem Fall an beiden Gliedmaßen. Dreimal war die Arthrose auf behandlungsabhängige Komplikationen im Heilungsverlauf zurückzuführen, da eine beidseitige Monteggia-Splitterfraktur ungenügend fixiert wurde, eine Radiusrelaxation und somit eine Gelenksinkongruenz unversorgt blieb und bei einer weiteren Katze der Reiz für arthrotische Zubildungen durch einen durch beide Humeruskondylen ziehenden Draht gesetzt wurde. Ein Patient zeigte eine undeutliche Lahmheit und zwei weitere Katzen lahmten im geringgradigen und hochgradigen Ausmaß und wiesen zudem eine Gelenkversteifung mit eindeutiger Beuge- und Streckhemmung auf. Röntgenologische Veränderungen im Sinne einer Arthropathia deformans mussten mit einer unversorgten behandlungsabhängigen humeroradialen und einer behandlungsunabhängigen humeroulnaren Inkongruenz im Ellbogengelenk zur Kenntnis genommen werden. Die geringgradige Lahmheit eines Patienten war nicht auf die isolierte Ulnafraktur, sondern auf eine vorhandene Omarthrose nach einer ipsilateralen proximalen Humerusfraktur zurückzuführen.

**Tab. 49: Ergebnis von isolierten Ulnafrakturen.**

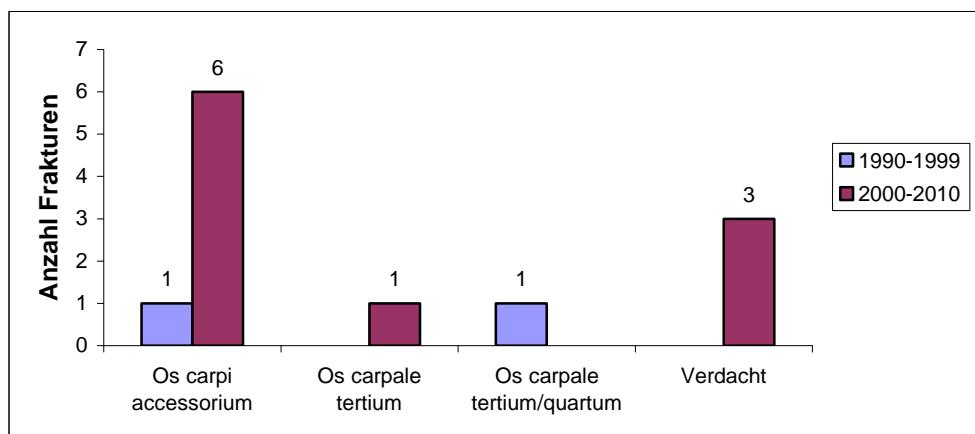
o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits.

Fraktur	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Olekranon	9	1	-	-	10
Monteggia	7 (1)	6 (1)	-	3	16
Proc. anconeus	1	-	-	-	1
diaphysär	3	-	-	-	3
distal epiphysär	1	-	-	-	1
<b>n</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>31</b>

## 4 Frakturen der Karpalknochen

### 4.1 Häufigkeit

An der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik wurden in den Jahren 1990–2010 11 Katzen mit Verdacht auf 12 Frakturen (ein Patient beidseits) der Karpalknochen vorgestellt. Zwei Frakturen wurden zwischen 1990 und 1999 und zehn Frakturen zwischen 2000 und 2010 dokumentiert (Abbildung 18).



**Abb. 18: Topografische Verteilung der Karpalfrakturen.**

### 4.2 Lokalisation und Form der Frakturen

Am häufigsten war das Os carpi accessorium betroffen ( $n = 7$ ), davon 3-mal mit einer Fraktur an der Knochenbasis. Eine Fraktur des Os carpale tertium konnte im Jahre 2010 mit Sicherheit diagnostiziert werden, wobei eine Chip- bzw. Absprengfraktur von 1998 dem dritten oder vierten Karpalknochen der distalen Gelenksreihe nicht eindeutig zuzuordnen war (Tabelle 50).

**Tab. 50: Frakturlokalisationen Karpus.**

(n): beidseits.

	1990–1999	2000–2010	n
Os carpi accessorium	1	6 (1)	7
Os carpale tertium	-	1	1
Os carpale tertium/quartum	1	-	1
Verdacht	-	3	3
<b>n</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>12</b>

In drei Fällen konnte lediglich ein Verdacht auf eine mögliche Fraktur ausgesprochen werden. Entweder lagen Röntgenbilder von schlechter Qualität und zum Teil in nur einer Ebene abgelichtet zur Beurteilung vor oder eine Fraktur war aufgrund von stark dislozierten Serienfrakturen der Metakarpalknochen mit Luxationen in den Artt. carpometacarpeae nicht deutlich erkennbar.

#### 4.3 Altersverteilung

Drei Patienten waren jünger als ein Jahr, fünf bis zu fünf Jahre alt und nur eine Katze war älter. Bei zwei Tieren waren keine Eintragungen bezüglich des Alters vermerkt, aus diesem Grund konnte anhand der Röntgenbildbetrachtung nur eine Altersschätzung vorgenommen werden, wobei beide älter als zwei Jahre einzustufen waren (Tabelle 51). Das Durchschnittsalter betrug 3,0 Jahre (0,7–7,5 Jahre, adult  $\approx$  Wert 6,  $\sigma = 2,48$ ,  $vk = 0,84$ , Median = 2,0).

**Tab. 51: Altersverteilung mit Frakturlokalisierungen Karpus.**

(n): beidseits.

	$\leq 12$ <i>Monate</i>	1–2	2–5 <i>Jahre</i>	5–10	adult	<b>n</b>
Os carpi accessorium	3	2 (1)	1	-	-	<b>6</b>
Os carpale tertium	-	-	-	1	-	<b>1</b>
Os carpale tertium/quartum	-	-	-	-	1	<b>1</b>
Verdacht	-	1	1	-	1	<b>3</b>
<b>n</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>11</b>

#### 4.4 Geschlechtsverteilung

Der männliche Anteil belief sich auf neun, der weibliche auf zwei Tiere. Zum Zeitpunkt des Unfalls waren von den männlichen Katzen fünf und von den weiblichen eine kastriert.

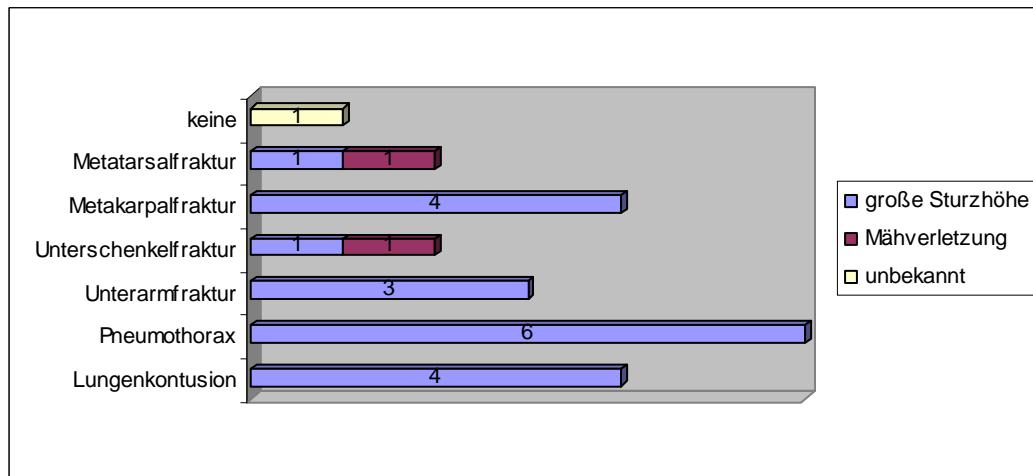
#### 4.5 Rasseverteilung

Eindeutig lag der Schwerpunkt in der Rasseverteilung zugunsten der EKH mit acht Vertretern gefolgt von jeweils einer Katze der Rasse Karthäuser, Perser und Abessinier.

#### 4.6 Unfallsursache und zusätzliche Verletzungen

Die Hauptursache für die Frakturentstehung der Karpalknochen war 8-mal auf Stürze aus größerer Höhe (Fenster, Balkon, Dach) zurückzuführen. Zweimal

konnte keine Erklärung für den Knochenbruch gefunden werden und ein Patient wurde während Mäharbeiten von einer Maschine verletzt. Zusätzliche Verletzungen wurden bei zehn von 11 Patienten diagnostiziert. Acht zogen sich dabei eine weitere Fraktur bis mehrere Frakturen zu und sieben Katzen litten an einem zum Teil lebensbedrohlichen Thoraxtrauma mit Lungenkontusion und Pneumothorax.



**Abb. 19: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Karpalfrakturen.**

In Abbildung 19 werden die häufigsten zusätzlich entstandenen Verletzungen mit der Unfallsursache grafisch dargestellt. In Tabelle 52 werden alle zusätzlich entstandenen Verletzungen mit der Unfallsursache aufgelistet.

**Tab. 52: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Karpalfrakturen.**

	n	große Sturzhöhe	Mähverletzung	?
<b>Schock</b>	2	1	-	1
<b>Weichteilverletzung</b>	3	1	1	1
<b>Epistaxis</b>	1	1	-	-
<b>Lungenkontusion</b>	4	4	-	-
<b>Pneumothorax</b>	6	6	-	-
<b>Kieferfraktur</b>	1	1	-	-
<b>Schädelfraktur</b>	1	1	-	-
<b>Unterarmfraktur</b>	3	3	-	-
<b>Unterschenkelfraktur</b>	2	1	1	-
<b>Metakarpalfraktur</b>	4	4	-	-
<b>Metatarsalfraktur</b>	2	1	1	-
<b>keine</b>	1	-	-	1

#### 4.7 Behandlung und Ergebnisse

Von 11 eingelieferten Katzen mit Verdacht auf 12 Frakturen wurden acht Tiere mit neun Frakturen behandelt. Bei einem Patienten mit einem beidseitigen Knochenbruch wurde nur eine 1-seitige Versorgung durchgeführt. Keine Behandlung war bei drei Tieren erwünscht. In einem Fall lag der Verdacht auf eine Fraktur in der laterodistalen Karpalgelenksreihe vor, doch Serienfrakturen der Metacarpalia proximalis direkt an der Basis mit Luxationen der dritten, vierten und fünften Metakarpalia sowie der laterodistalen Karpalgelenksreihe ließen keine deutliche Fraktur erkennen. Zudem war die Qualität der angefertigten Röntgenbilder stark zu bemängeln. Zwei Patienten wurden nach der Diagnosestellung auf Wunsch des Besitzers oder aufgrund einer ungünstigen Prognose euthanasiert. Ein Tier hatte nach einem Fenstersturz zusätzlich zur Fraktur des Os carpale tertium lebensbedrohliche Thoraxverletzungen. Bei der anderen Katze handelte es sich um eine offene Karpalgelenksluxation im Art. antebrachiocarpea mit geringgradiger Drehung des Os carpi intermedioradiale. Eine eindeutige Fraktur war nicht ersichtlich, ebenso war die Unfallsursache nicht bekannt. Acht Patienten waren 7-mal konservativ und 1-mal operativ versorgt worden (Tabelle 53). Bei der konservativen Therapieform wurde 6-mal auf die Verwendung von Verbänden (5-mal Kreppverband) bei fünf Frakturen des Os carpi accessorium sowie bei einem Verdachtsfall zurückgegriffen. Dabei handelte es sich um einen Patienten, dessen Unfallsursache nicht bekannt war. Aufgrund schlechter Röntgenaufnahmen mit Verdrehung der Pfote und einer daraus resultierenden fehlenden Einsicht in das Karpalgelenk, war die Möglichkeit zur genauen Frakturbeurteilung nicht gegeben. Zur Versorgung einer Chipfraktur des Os carpale tertium oder quartum nach einem Fenstersturz wurde der Einsatz eines Scotch-Casts zur Stabilisierung gewählt. In den ersten Röntgenbildern waren zusätzlich Veränderungen des Os carpi accessorium im Sinne einer Deformation zu sehen. Bei Kontrollröntgenaufnahmen zu einem späteren Zeitpunkt war zudem in den Stressaufnahmen eine Subluxation des Os carpi ulnare zu beobachten.

**Tab. 53: Behandlung von Karpalfrakturen.**

Fraktur	Anzahl	Versorgung
Os carpi accessorium	5	konservativ
	1	Fixation mit 0er PDS
Chipfraktur Os carpale tertium/quartum	1	konservativ (Scotch-Cast)
Verdacht	1	konservativ

Eine 12 Monate alte Katze hatte nach einem Fenstersturz eine Fraktur des Os carpi accessorium mit proximaler Fragmentdislokation. Nach Stabilisierung des Allgemeinzustands aufgrund eines stumpfen Thoraxtraumas mit Lungenkontusion und Pneumothorax erfolgte am sechsten Tag nach Einlieferung eine Fixierung des frakturierten Karpalknochens mit einem 0er PDS Nahtmaterial. Der Zugang erfolgte von lateral.

Vier von neun möglichen Patienten wurden klinisch und vor allem röntgenologisch in einer zeitlichen Spannweite von einem Monat ( $n = 1$ ), eines  $\frac{1}{2}$  Jahres ( $n = 2$ ) und nach 1,3 Jahren ( $n = 1$ ) kontrolliert, durchschnittlich 0,4 Jahre (0,02–1,3 Jahre,  $\sigma = 0,60$ ,  $vk = 1,48$ , Median = 0,15) nach Ersteinlieferung. Im Heilungsverlauf gab es keine Komplikationen, lediglich eine Katze reagierte auf eine Verbandstherapie mit Druckdolenz und bei einem Patient kam es drei Tage nach dem Anlegen des Verbands zu einer 90°-Drehung der Pfote. Der einzige operativ versorgte Patient zeigte sechs Wochen nach dem Eingriff noch eine vorsichtige Belastung der betroffenen Gliedmaße mit geringgradiger Lahmheit ohne arthrotische Veränderungen. Ansonsten konnten bei den nachuntersuchten Katzen, wie in Tabelle 54 ersichtlich, keine Lahmheiten und Arthrosen im Karpalgelenk festgestellt werden.

**Tab. 54: Ergebnis von Frakturen der Karpalknochen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits, \*: operative Versorgung.

Fraktur	<i>o L</i> <i>o A</i>	<i>o L</i> <i>m A</i>	<i>m L</i> <i>o A</i>	<i>m L</i> <i>m A</i>	<i>n</i>
Os carpi accessorium	3 (1)	-	1*	-	4
Chipfraktur Os carpale tertium/quartum	1	-	-	-	1
<b>n</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>5</b>

## 5 Kontrollstudie

### 5.1 Befragung des Tierbesitzers

Nach Aussortierung der Katzen, die bereits als verstorben eingetragen waren (88), deren aktueller Aufenthaltsort nicht rückverfolgt werden konnte (20 Findlinge) und deren betroffene Gliedmaße amputiert werden musste (9), wurde versucht, 627 Patientenbesitzer telefonisch zu erreichen. Keine nützlichen Informationen (Gruppe 3) waren bei 371 Katzen (59,2 %) einholbar (zu 64,4 % alleine im Zeitraum von 1990–1999), da der Patient kurz nach der OP verstarb, weggegeben wurde oder von Seiten des Besitzers keine Auskünfte erhältlich waren (keine gültige Telefonnummer, Umzug, Todesfall, Desinteresse). Eine telefonische Befragung war bei insgesamt 211 Katzenhaltern möglich (Gruppe 2), wobei 128 Tiere (71,1 % vor dem Jahr 2000) zum Zeitpunkt des Anrufs bereits als verstorben galten. Für eine Nachuntersuchung konnten 45 Tierbesitzer gewonnen werden (Gruppe 1), die statistisch nach Abzug der 128 verstorbenen Patienten 9 % der Gesamtzahl ausmachten (Tabelle 55). Die Befragung der Besitzer fand durchschnittlich nach 10,05 Jahren (0,36–20,59 Jahre,  $\sigma = 5,70$ ,  $vk = 0,57$ , Median = 10,78) statt.

**Tab. 55: Fallzahlen der Ermittlungsgruppen.**

(n+): verstorben.

Ermittlungsgruppe	1990–1999	2000–2010	n
1	6	39	45
2	103 (91+)	108 (37+)	211 (128+)
3	239	132	371
<b>Gesamtzahl der Patientenbesitzer</b>			<b>627</b>

Die Auswertung der Fragebögen ergab zu einem Großteil von  $n = 209$  (81,6 %) keine Auffälligkeiten im Heilungsverlauf. Lahmheiten und Schmerzäußerungen bei Katzen mit Oberarm- und Unterarmfrakturen wurden von 26 Tierhaltern beobachtet, wobei 11 permanent lahm liefen. Die übrigen Katzen zeigten eine intermittierende Lahmheit, insbesondere bei kalter Witterung mit Schonhaltung der betroffenen Extremität nach erhöhter Belastung (z.B. nach Treppenlauf, Sprung aus größerer Höhe) oder unmittelbar nach dem Liegen. Die spezifische Befragung über Einschränkungen im Komfortverhalten und in der Fortbewegung lieferten 37 Patienten nach Schulterblatt- (2), Oberarm- (13) und

Unterarmfrakturen (22), jedoch waren nur 16 davon lahm. Eine prozentuelle Übersicht der Einteilung in die verschiedenen Schwierigkeitsgrade findet sich in der Tabelle 56.

**Tab. 56: Einschränkungen nach Schwierigkeitsgraden in Prozent.**

S: Schulter, O: Oberarm, U: Unterarm.

Problem	Grad			1			2			3			4	n.b.
	S	O	U	S	O	U	S	O	U	O				
Gehen	-	0,7	3,9	-	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
Laufen	-	1,3	3,9	-	-	1,9	-	2,6	-	-	-	-	-	
Springen	-	1,3	7,2	-	0,7	3,9	-	2,6	1,3	-	0,5			
komfortable Position	-	0,7	1,9	-	0,7	0,7	-	-	-	-	1,0			
nach Pausen bewegen	-	1,3	1,9	-	0,7	-	-	-	-	-	2,8			
Strecken	-	1,9	1,9	-	-	-	-	-	-	-	0,5			
Ducken	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0			
Aufstehen	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5			
Niederlegen	-	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	-	0,5			
Hochspringen	-	1,9	4,6	0,7	0,7	5,3	-	2,6	1,3	-	-			
Runterspringen	0,7	1,9	5,9	0,7	0,7	4,6	-	2,6	1,3	-	-			
Katzentoilette	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	27,3			
Stuhlgang	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Putzen	-	0,7	1,9	-	0,7	1,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3			
Sitzstellung	-	0,7	0,7	-	-	0,7	-	-	-	-	0,3			
glatte Böden	1,3	0,7	1,9	-	-	0,7	-	-	-	-	16,1			
mit Spielzeug spielen	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	-	23,7			
mit Haustieren spielen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	25,5			
Gesamtzahl Schwierigkeiten n = 152						Gesamtzahl n.b. n = 392								

Keine genauere Beschreibung konnten 107 (27,3 %) aller Befragten über das Kotverhalten (Freigänger) abgeben. Keine Beurteilung erfolgte zudem häufiger über das Spielverhalten der Katzen mit anderen Haustieren n = 100 (25,5 %) oder mit Spielzeug n = 93 (23,7 %) und über die Sicherheit der Tiere, sich auf glatten Böden n = 63 (16,1 %) zu bewegen.

Mit dem funktionellen Ergebnis waren 246 (95,7 %) Besitzer zufrieden (Tabelle 57).

**Tab. 57: Urteil nach Besitzerbefragung.**

(n): zusätzliche Frakturlokalisation am Unterarm.

<b>Region</b>	<b>Besitzer zufrieden</b>	<b>Besitzer unzufrieden</b>	<b>keine Lahmheit</b>	<b>Lahmheit</b>
Schulterblatt	13 (2)	-	13 (2)	-
Oberarm	78 (6)	-	66 (6)	12
Unterarm	154 (4)	9	149 (3)	14 (1)
Karpus	1	1	2	-

Negative Anmerkungen über Schwierigkeiten mit der häuslichen Ruhigstellung der Katze (15), bleibende psychische Verhaltensstörungen des Tieres postoperativ (11), zu hohe Kosten (8), die Wahl der Frakturversorgung (3) und den Umgang mit dem Besitzer (1) wurden in seltenen Fällen angegeben. Unzufrieden mit der Behandlung waren neun Tierhalter nach Knochenbrüchen des Unterarms. Eine Katze mit kardiovaskulärer Erkrankung musste nach einer konservativ korrekt versorgten isolierten Radiusschaftfraktur euthanasiert werden. In zwei Fällen wandten sich die Besitzer an ihren Haustierarzt, da sich bei einer konservativen Therapie einer isolierten distalen Radiusepiphyseolyse nach SH-2 der Verband häufiger löste und die Versorgung einer nicht lebensbedrohlichen kombinierten Radius-/Ulnaschaftfraktur auf den Folgetag der Einlieferung angesetzt wurde. Ebenfalls unzufrieden mit dem Ergebnis zeigten sich die Besitzer nach sechs chirurgisch versorgten Radius-/Ulnafrakturen (3-mal gesplittert) nach verzögerter Frakturheilung in Achsen- und Rotationsfehlstellung, nach einer durch einen Plattenaustriss bedingten Umversorgung und nach einer Panarthrodese des Karpalgelenks aufgrund einer ausgeprägten Pseudarthrose. Nach Angaben eines Tierhalters entwickelte ein Patient eine Durchtrittigkeit im Karpalgelenk der betroffenen Seite. Die Fraktur wurde damals mit einer Platte versorgt, Kontrolluntersuchungen liegen keine vor. Ein weiterer Besitzer einer Katze mit beidseitiger Fraktur des Os carpi accessorium war mit der konservativen Verbandstherapie und dem Endresultat nicht zufrieden, obwohl der Patient keine Lahmheit oder Bewegungseinschränkungen aufwies.

## 5.2 Klinisch-orthopädische Untersuchung

Zur Kontrollvisite konnten 45 Besitzer von Katzen mit 50 Frakturen gewonnen werden, wobei sich sechs Tiere einen Knochenbruch zwischen 1990 und 1999 und sich bei 39 Tieren das Trauma in den Jahren 2000–2010 zugetragen hatte. Die

betroffenen Lokalisationen teilten sich wie folgt auf: Schulterblatt (2), Oberarmknochen (13; 1-mal zweite Fraktur ipsilateral), Unterarmknochen (29; 3-mal beidseits) sowie Oberarm und Unterarm gemeinsam (1). Die Untersuchung fand durchschnittlich nach 5,83 Jahren (0,36–14,29 Jahre,  $\sigma = 3,95$ ,  $vk = 0,68$ , Median = 5,69) statt.

Die klinische Untersuchung erfolgte gemäß der erstellten Checkliste und ergab bei jeder vorgestellten Katze keine Lahmheitsvortäuschenden Befunde. Nur in einem Fall war eine nähere Inspizierung aufgrund eines erhöhten Aggressionsverhaltens unmöglich. Ebenfalls zeigten 28 Tiere keine orthopädischen Beeinträchtigungen. Bei fünf bzw. 12 Katzen mit Oberarm- bzw. Unterarmfrakturen konnten Fehlstellungen (9-mal Achsenknick, 4-mal Rotation, 2-mal Hyperextension), Asymmetrien (4), Muskelveränderungen (3), palpierbare Knochenveränderungen (6), Schmerhaftigkeit über dem ehemaligen Frakturgebiet (2) und Gelenksversteifungen mit Beuge-/Streckhemmung (Karpus 12, Ellbogen 9) diagnostiziert werden. Zusätzlich war bei einem Patient eine einzelne unter der Haut verschiebbliche Schraube spürbar. In der Bewegung war eine genaue Analyse möglicher Lahmheiten und Einschränkungen zum Teil wegen Bewegungsunlust oder Laufen in Duckstellung äußerst schwer umzusetzen. Nichtsdestotrotz wurde bei vier Katzen eine gerade sichtbare (Grad 1) und bei zwei eine deutlich sichtbare (Grad 2) Lahmheit festgestellt. Nur vier der lahmen Tiere zeigten im Röntgen pathologische Veränderungen. Ein Patient mit einer Flexionshemmung des Karpalgelenks fiel besonders durch einen steifen Gang auf, da dieser während der Be- und Entlastungsphase eines Schrittzzyklus keine Abrollbewegungen der Pfote durchführen konnte. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 58. Die Winkelmessungen wurden im Anschluss bei allen Katzen durchgeführt. Die Auswertungen der goniometrischen Messungen sind im Anhang in Tabelle 67 ersichtlich. Bei fünf unkooperativen Tieren musste jedoch die goniometrische Untersuchung abgebrochen werden. Eine Beeinträchtigung des Bewegungsumfangs des Schultergelenks konnte bei keinem der Patienten ermittelt werden (Medianwert Flexion: 40°, Extension: 170°). Die Beugehemmungen im Ellbogengelenk äußerten sich von geringgradig (40°, Verlust von 33,3 %) bis hochgradig (110°, Verlust von 266,7 %). Die Streckhemmung (1-mal nicht messbar) zeigte einen Bewegungsverlust von 11,8 % (150°). Die Medianwerte betrugen 30° in der Flexion und 167,5° in der Extension. Einschränkungen in der Flexion des Karpus zeigten sich ebenfalls in

geringgradiger ( $37,5^\circ$ , Verlust von 87,5 %) bis hochgradiger ( $130^\circ$ , Verlust von 550 %) Form. In einem Fall lag eine Gelenksversteifung aufgrund einer Arthrodese (nicht messbar) vor. Zwei Katzen wiesen eine Hyperextension ( $205^\circ$ ,  $227,5^\circ$ ) auf, wobei eine deutlich sichtbare Durchtrittigkeit des Karpalgelenks hatte (Median Beugung:  $25^\circ$ , Streckung:  $190^\circ$ ).

**Tab. 58: Übersicht der pathologischen klinisch-orthopädischen Befunde.**

Frakturform	Klinik	Lahmheit	sonstige Befunde
13-A2, 22-A1	o.b.B.	Grad 2	-
11-A2	o.b.B.	keine	geringgradige Beugehemmung Ellbogen
12-A3	o.b.B.	keine	hochgradige Beuge-/Streckhemmung Ellbogen, deutlicher Achsenknick (Valgus)
21-B1	o.b.B.	Grad 1	-
22-A1 (beidseits)	o.b.B.	Grad 1	beidseits hochgradige Beuge-/Streck- hemmung Ellbogen + rechter Karpus (Arthrodese)
22-A1	BCS 5	keine	geringgradige Beugehemmung Karpus
22-A1	o.b.B.	keine	mittelgradige Beugehemmung Karpus, steifer Gang
22-A2	o.b.B.	Grad 1	deutliche Beugehemmung Karpus
22-B2	o.b.B.	Grad 2	beidseits geringgradige Beuge- hemmung Ellbogen + hochgradige Beugehemmung linker Karpus mit Hyperextension
22-A3	o.b.B.	Grad 1	-
23-A2 (beidseits)	o.b.B.	keine	beidseits geringgradige Beugehemmung Karpus
23-A2	o.b.B.	keine	geringgradige Beugehemmung Karpus
23-A2	BCS 5	keine	hochgradige Beugehemmung Karpus
23-A2	o.b.B.	keine	hochgradige Beugehemmung Karpus
23-A3	o.b.B.	keine	Hyperextension, deutliche Beugehemmung Karpus

### 5.3 Röntgenologische Untersuchung

Von den 45 Katzen konnten 42 röntgenologisch untersucht werden. Einen Überblick der wichtigsten röntgenologischen Veränderungen verschafft Tabelle 59. Den Vorschlag, die Gliedmaßen der unkooperativen Tiere (1-mal beidseits) in Sedation abzulichten, willigten deren Besitzer nicht ein. Bei den Verletzungen handelte es sich um 22-A1- (n = 1, Versorgung des Radius mittels T-Platte, in

situ), 22-A2- ( $n = 2$ , beidseitige Versorgung des Radius mittels T-Platte und der Ulna mittels intramedullären Pins) und 23-A2-Frakturen ( $n = 1$ , Versorgung des Radius SH-1 mittels Kreuspickung, SH-2 der Ulna unversorgt). Laut Aufzeichnungen der letzten durchgeführten Kontrollen konnten bei keinem der drei Tiere pathologische Befunde erhoben werden. In den eigenen Untersuchungen zeigte die 22-A1-Fraktur eine mittelgradige Beugehemmung des Karpalgelenks und die 23-A2-Fraktur in der klinischen Begutachtung eine Valgus- sowie vermehrte Supinationsstellung des Karpus mit geringgradiger Beugehemmung.

Die röntgenologische Untersuchung zweier Katzen nach einer Schulterblatt-halsfraktur (beide Tiere ohne Lahmheit) bestätigte bei einem Patienten eine geringgradige Omarthrose mit isolierten Verkalkungen am Proc. hamatus und verdicktem Tuberculum infraglenoidale.

Die gemeinsame Oberarm- und Unterarmfraktur zeigte im Röntgenbild im Bereich der ehemaligen Fraktur am Humerus einen unregelmäßigen verdickten Schaft sowie am Radius eine knöcherne Aufreibung mit fraglicher Synostose. Die Arthrose im Ellbogen mit verbreitertem Spalt und die humeroulnare Inkongruenz sowie die daraus resultierende Lahmheit waren auf die suprakondyläre Humerussplitterfraktur zurückzuführen. Zudem ergab die Längenmessung des Oberarmknochens eine Verlängerung um 1,7 %.

Bei vier Oberarmfrakturen zeigten sich keine röntgenologischen Veränderungen. Als Zufallsbefund wurde bei einer Katze an der gesunden Extremität durch die Seitenvergleichende Aufnahme im Schultergelenk eine hochgradige Arthrose ohne Lahmheit nachgewiesen. Insgesamt konnten sieben Längendifferenzen erhoben werden, 6-mal Knochenverkürzungen (zwischen 1,7–8,5 %), 1-mal Knochenverlängerung (um 2,7 %). Infolge einer Verkürzung entwickelte ein Patient eine mittelgradige Omarthrose mit kaudaler Ausziehung am Caput humeri nach einer proximal metaphysären Stauchungsfraktur im Alter von neun Monaten, die sich laut Besitzer durch eine Lahmheit besonders nach erhöhter Aktivität bemerkbar machte. Als Besonderheit war eine Ausgleichsverlängerung der Ulna nach einer Schaftquerfraktur bei einem zwei Monate alten Patienten sowie ein durch das Längenwachstum nach distal mitgezogener intramedullärer Pin zu vermerken. Nach einer distal suprakondylären Y-förmigen Fugenlösung (SH-4) zeigte eine Katze eine radioulnare Inkongruenz ohne Folgen und eine zusätzliche

geringgradige Arthrose im Karpometakarpalgelenk mit Deformation des Os carpi accessorium. Des Weiteren waren im Ellbogengelenk verstärkt subchondrale Sklerosierungen (5), Verkalkungen des Band-/Kapselansatzes (4), Randwulstbildungen (2) und „stress protection“ unter der Knochenplatte (1) sichtbar. Ein Patient erlitt laut Auskunft nach der Frakturversorgung ein erneutes Trauma. Da das Tier keine Verletzungen aufwies, wurde vom Besitzer keine Untersuchung veranlasst. Im Kontrollröntgen hingegen konnte eine Plattenbiegung im 90°-Winkel nachgewiesen werden. Der Humerus verheilte demnach in Valgus- und Recurvatum-Fehlstellung und der gesamte Knochen war osteopenisch. Erstaunlicherweise hatte die Katze bis auf eine Gelenksversteifung aufgrund des hochgradig verdrehten Ellbogens und einer geringgradigen Omarthrose mit Glenoidumformung keine Bewegungseinschränkungen. An der gesunden Seite wurde eine mittelgradige Cubarthrose diagnostiziert.

Die röntgenologische Untersuchung bestätigte bei 14 Katzen (1-mal beidseits), die sich eine Unterarmfraktur zugezogen hatten, keine signifikanten Veränderungen. Verkalkungen im Bereich der Flexorenursprünge des Ellbogens (8) gefolgt von geringgradigen Randwulstbildungen (7), Osteophyten (6), einzelnen Aufhellungszonen bei noch vorhandenen Implantaten (4), subchondraler Sklerosierung (4), intramedullärer Verdichtung (3) und geringgradiger „stress protection“ (1) traten bei einigen Tieren ohne jegliche Auswirkungen auf. Bei sechs Tieren verkürzten sich der Radius und die Ulna zwischen 2,8–18,7 % bzw. 2,3–13,8 %. Das Durchschnittsalter betrug 7,2 Monate ( $s = 1,5$ ,  $vk = 0,21$ , Median = 7,5), zwei Katzen hatten eine Fraktur der Wachstumsfuge, was in einem Fall (isoliert Radius SH-1) zu einem frühzeitigen Fugenschluss führte. Diese Katze entwickelte eine palmare Ankylose des Karpalgelenks mit arthrotischen Röntgenzeichen, was sich klinisch in einer hochgradigen Beugehemmung und Hyperextension ohne Lahmheit äußerte. Ein anderer Patient litt aufgrund der Längendifferenz an einer Cubarthrose mit sichtbarer Lahmheit nach Ausbildung einer Gelenksstufe. Ebenfalls eine Arthropathia deformans im Ellbogengelenk konnte bei weiteren Katzen im geringgradigen (1) oder hochgradigen Ausmaß (2-mal beidseits) nachgewiesen werden. Letztere zog sich eine beidseitige Monteggia-Splitterfraktur mit Luxation des Os carpi intermedioradiale zu. Nach Komplikationen in der Bruchversorgung verheilten die Frakturen unter Ausbildung einer Inkongruenz beider Ellbogengelenke mit Verkalkungen am Band- und Kapselansatz sowie massiver seitlicher Knochenspannenproduktion an.

der rechten Seite. Der rechte Karpus wies zudem eine Ankylose nach einer Arthrodese auf. Eine Lahmheit wurde nur an dieser Extremität beobachtet. Weiterhin konnten Achsenfehlstellungen (Valgus 3, Varus 2, Antecurvatum 1), Migration einer einzelnen Plattenschraube ohne Reizung (1) und eine nicht konsolidierte Fraktur mit diffuser Weichteilschwellung (1) diagnostiziert werden. Zu dieser verzögerten Knochenheilung kam es aufgrund des Schweregrads der Verletzung (offene Splitterfraktur, massive Weichteiltraumatisierung). Die Frakturlinie war gut abgrenzbar und am Radius bildete sich am medialen Spalt reichlich Kallusgewebe. Eine zusätzliche Subluxation der mittleren Karpalgelenksreihe wurde schon bei der Erstvorstellung diagnostiziert. Die Lahmheit dieser Katze war auf Schmerzen durch die Weichteilschwellung und nicht auf die beginnende Entstehung einer Omarthrose zurückzuführen. Bei einem weiteren Patienten konnte ebenfalls eine Omarthrose im Anfangsstadium diagnostiziert werden.

**Tab. 59: Übersicht der pathologischen röntgenologischen Befunde.**

Frakturform	Röntgenbefunde	Arthrose
Collum-querfraktur	Miniplatte in situ, Osteophyten	geringgradige Omarthrose
13-A2, 22-A1	DCP in situ, Verlängerung um 2 mm, humeroulnare Inkongruenz	mittelgradige Cubarthrose
11-A3	4 Pins in situ, Verkürzung um 9 mm	mittelgradige Omarthrose
12-A2	DCP in situ, geringgradige „stress protection“, Verkürzung um 2 mm	-
12-A2	Verlängerung um 3 mm	-
12-A3	3 Pins in situ, Verkürzung um 7 mm	-
12-A3	Miniplatte in situ, Verkürzung um 8 mm, Ausgleichsverlängerung Ulna um 3 mm	-
12-A3	LCP in situ, Biegung, Inkongruenz, Valgus + Recurvatum humeri	geringgradige Omarthrose
12-B1	DCP + Zugschraube in situ, Verkürzung um 4 mm	-
13-B2	2 Pins + Zugschraube in situ, Verkürzung um 2 mm	-
13-C1	radioulnare Inkongruenz ohne Folgen	-
22-A1 (beidseits)	beidseits Inkongruenz Ellbogengelenk, Spangenbildung rechts, Synostose fraglich, Arthrodese Karpus rechts	beidseits hochgradige Cubarthrose
22-A1	Verkürzung Radius + Ulna 3 mm	-

Fortsetzung nächste Seite.

**Tab. 59: Fortsetzung.**

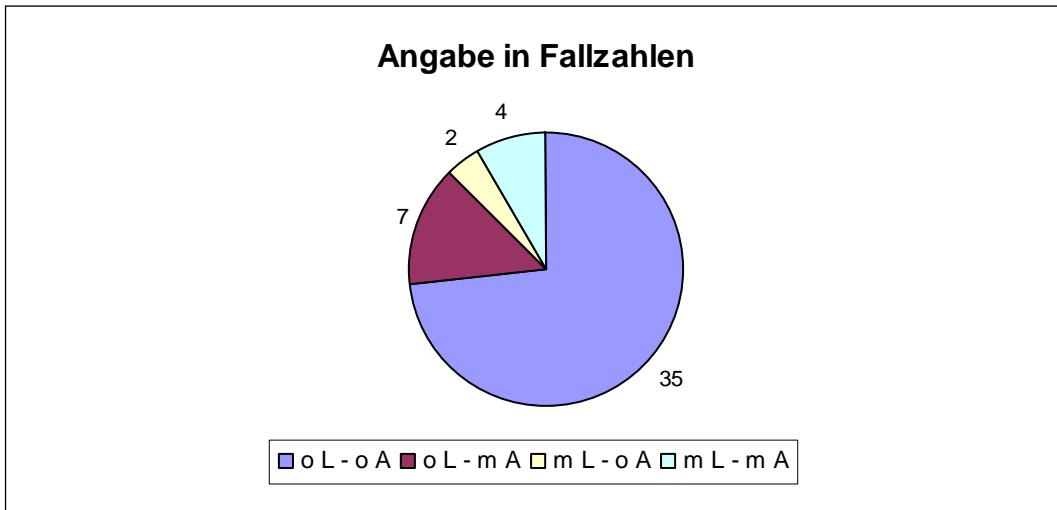
22-A2	Mini-DCP in situ, Tendinopathie	geringgradige Cubarthrose
22-A2	beidseits Auflagerungen Karpalgelenk	geringgradige Omarthrose
22-A2	Platte in situ, Inkongruenz, Verkürzung Radius 6 mm + Ulna 4 mm	geringgradige Cubarthrose
22-A2	DCP in situ, Migration 1 Schraube, Verkürzung am Radius 5 mm	-
22-B2	Fraktur nicht konsolidiert, DCP in situ, Subluxation Art. mediocarpea	geringgradige Omarthrose
23-A2	Verkürzung Radius 9 mm + Ulna 10 mm	-
23-A2	3 Pins in situ, distale Synostose, Verkürzung Radius 18 mm + Ulna 16 mm, metaplastische Verkalkungen	-
23-A3	Verkürzung Radius 15 mm + Ulna 8 mm, Ankylose Karpus	mittelgradige Karpalarthrose

In der Tabelle 60 wird das Ergebnis der Kontrolluntersuchung im Bezug auf Lahmheit und Arthrose aufgelistet und in der Abbildung 20 grafisch dargestellt. Katzen, die nicht geröntgt werden konnten, wurden nach einem Vergleich der Besitzerauskunft mit den letzten eingetragenen Untersuchungsergebnissen in die jeweilige Kategorie eingeordnet (3-mal ohne Lahmheit - ohne Arthrose).

**Tab. 60: Ergebnis der Kontrollstudie.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose,  
\*: Oberarm- und Unterarmknochen gemeinsam.

Region	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Skapula	1	1	-	-	2
Humerus	11	2	-	1*	14
Radius/Ulna	23	4	2	3	32
<b>n</b>	<b>35</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>48</b>

**Abb. 20: Ergebnis der Kontrollstudie.**

(o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose).

## 6 Übersichtsdarstellung der Gesamtresultate

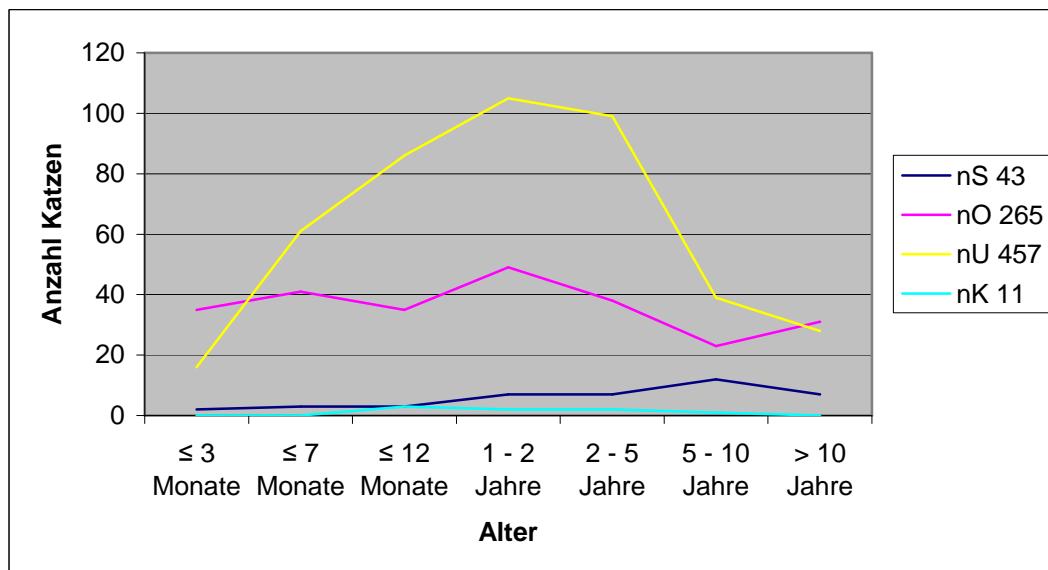
### 6.1 Alter, Rasse, Geschlecht

Von den insgesamt 752 betroffenen Katzen betrug das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des Traumas 3,31 Jahre (0,08–22,8 Jahre,  $\sigma = 3,99$ ,  $vk = 1,21$ , Median = 1,50). Am häufigsten verunfallten Tiere < 1 Jahr (36,4 %) mit einer kontinuierlichen Abnahme der Fallrate entsprechend der Erhöhung des Lebensalters der Patienten (Tabelle 61).

**Tab. 61: Altersverteilung anhand der Patientengesamtzahl.**

Alter	$\leq 1$ Jahr	$\leq 2$ Jahre	$\leq 5$ Jahre	$\leq 10$ Jahre	$> 10$ Jahre	adult	?	n (%)
n (%)	<b>274</b> (36,4)	<b>160</b> (21,3)	<b>142</b> (18,9)	<b>73</b> (9,7)	<b>63</b> (8,4)	<b>38</b> (5,0)	<b>2</b> (0,3)	<b>752</b> (100)

Unter Betrachtung der Verteilung des Alters der einzelnen Frakturregionen zeigt die Abbildung 21 ein vermehrtes Frakturaufkommen im Bereich des Schulterblatts (nS) innerhalb des fünften und zehnten Lebensjahrs ( $p < 0,001$ ). Bei den Oberarm- (nO) und Unterarmfrakturen (nU) waren laut Diagramm die meisten Katzen im Alter von 1–2 Jahren betroffen, wobei es sich um eine zufällige Verteilung handelt. Karpalfrakturen (nK) erstreckten sich ersichtlicherweise gleichmäßig auf 7–12 Monate alte und 1–10-jährige Tiere.



**Abb. 21: Frakturregionen im Altersvergleich.**

(nS: Anzahl Schulter, nO: Anzahl Oberarm, nU: Anzahl Unterarm, nK: Anzahl Karpus).

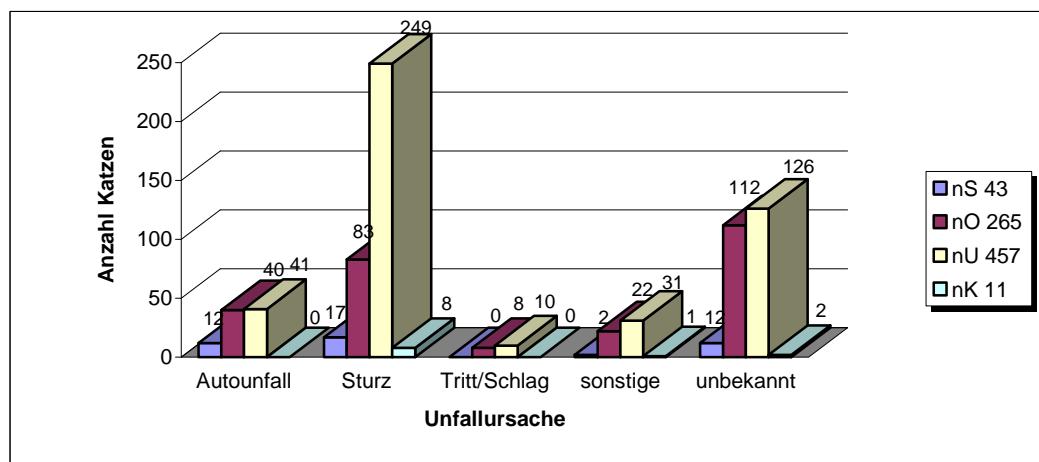
Die Europäisch Kurz- bzw. Langhaarkatze machte mit 547 (72,7 %) Tieren den größten Anteil aus, gefolgt von den 107 (14,2 %) unspezifisch definierten Hauskatzen. 32 Perser (4,3 %), 14 Siamesen (1,9 %), 12 Maine Coon (1,6 %) und acht Angora (1,1 %) sowie acht Karthäuser (1,1 %) wurden ebenfalls häufiger beobachtet. Die restlichen Rassen beschränkten sich auf fünf (0,7 %) Abessiner, vier (0,5 %) Deutsch Langhaar, vier (0,5 %) Norwegische Waldkatzen, drei (0,4 %) British Shorthair, zwei (0,3 %) Burma, zwei (0,3 %) Somali und jeweils eine Rasse (0,1 %) Balinese, Orientalisch Kurzhaar, Ragdoll und Russisch Blau.

Die Geschlechterverteilung lag mit  $n = 436$  (58 %) männlich zu  $n = 314$  (41,8 %) weiblich zugunsten der Kater. Das Geschlecht von zwei Fundtieren (0,2 %) war nicht vermerkt. Zum Zeitpunkt des Unfalls waren von den männlichen Patienten 270 (61,9 %) und von den weiblichen 140 (44,6 %) kastriert.

## 6.2 Unfallursache

Zu den Unfallursachen für die Entstehung von Frakturen an der Schultergliedmaße zählten 349-mal Stürze (33-mal aus geringer Höhe) (46,4 %), 82-mal Autounfälle (10,9 %) und 18-mal Tritt-/Schlagverletzungen (2,4 %). Unter sonstige sind mit 54 Fällen (7,2 %) Traumata durch Hundebiss bzw. -kampf, Schussverletzung, Mähmaschine, Einklemmen, Hängenbleiben, Draufsetzen, Fahrradunfall und Frakturierung nach Spongiosaentnahme zusammengefasst.

Einen Großteil nehmen die unbekannten Ätiologien mit 249 Fällen (33,1 %) ein. Im Hinblick auf die einzelnen Frakturregionen zeigt sich in der Abbildung 22 ein recht einheitliches Verteilungsmuster. Bei genauerer Betrachtung waren um 45,5 % überproportional häufiger die Unterarmknochen (nU) nach Stürzen als nach Zusammenstößen mit einem Auto ( $p < 0,001$ ) betroffen, verglichen mit dem Oberarmknochen (nO), der mit 16,2 % vermehrt nach Fensterstürzen frakturierte. Humerus und Radius/Ulna weisen in der Bruchentstehung bis auf den Sturz keine signifikanten Abweichungen auf. Demzufolge neigen Katzen nach einem Fall vermehrt zu Radius-/Ulnafrakturen ( $p < 0,001$ ). Die Karpalknochen (nK) wurden trotz geringer Fallzahl fast ausschließlich nach Stürzen gebrochen, was sich in der statistischen Auswertung nicht bestätigte ( $p = 0,073$ ). Bei den Tritt- und Schlagverletzungen lässt sich kein Zusammenhang zwischen Ursache und Lokalisation sowie Form herleiten.

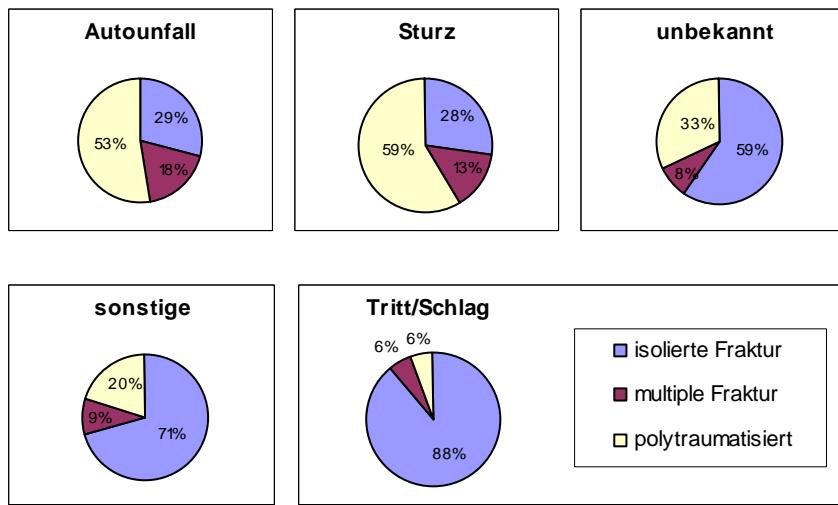


**Abb. 22: Frakturregionen im Ursachenvergleich.**

(nS: Anzahl Schulter, nO: Anzahl Oberarm, nU: Anzahl Unterarm, nK: Anzahl Karpus).

Polytraumatisiert waren 43 Katzen (52,4 %) nach einem Autounfall und 206 Katzen (59 %) nach einem Sturz (Abbildung 23). Thoraxverletzungen wiesen 25 (30,5 %) bzw. 172 (49,3 %) Tiere auf, die deutlich vermehrt nach einem Fall aus einer Höhe auftraten ( $p = 0,002$ ). Durch das Trauma im Straßenverkehr entstanden bei  $n = 24$  (29,3 %) isolierte Frakturen und bei  $n = 15$  (18,3 %) multiple Frakturen. Eine ähnliche Verteilung liegt bei Fenstersturzkatzen mit  $n = 96$  (27,5 %) und  $n = 47$  (13,5 %) vor. Ein auffällig häufiges Vorkommen an isolierten Frakturen konnte bei den unbekannten sowie sonstigen Unfallursachen und den Tritt- und Schlagverletzungen festgestellt werden ( $p < 0,001$ ).

Nach Tritten bzw. Schlägen zeigten die Tiere in 16 von 18 Fällen keine Begleitverletzungen. Eine Katze litt unter Mehrfachfrakturen und eine weitere Katze war polytraumatisiert ohne Beteiligung des Thorax. Bei den unter sonstige zusammengefassten Ursachen hatten fünf multiple Knochenbrüche. Elf waren polytraumatisiert, davon lediglich drei mit Thoraxverletzungen. Von den unbekannten Unfallursachen wiesen 81 (32,5 %) eine Polytraumatisierung auf.



**Abb. 23: Verletzungsgrad nach Unfallursache.**

### 6.3 Frakturregion

In der Summe aller Frakturen  $n = 850$  ergab sich eine Beteiligung der Skapula mit  $n = 52$  (6,1 %), des Humerus mit  $n = 274$  (32,3 %), von Radius und Ulna mit  $n = 512$  (60,2 %) und des Karpus mit  $n = 12$  (1,4 %). Nach Ergänzung der Ergebnisse aus den eigenen Untersuchungen mit der retrospektiven Auswertung konnten davon insgesamt 419 Fälle nachkontrolliert werden. Für die einzelnen Regionen bedeutet dies eine Nachuntersuchung von 13 von 42 Patienten mit Schulterblatt-, 140 von 238 mit Oberarm-, 275 von 434 mit Unterarm und vier von neun Katzen mit Karpalknochenfrakturen im Durchschnitt 1,35 Jahre nach Erstvorstellung (0,01–15,0 Jahre,  $\sigma = 2,69$ ,  $vk = 2,0$ , Median = 0,35, Tabelle 62).

**Tab. 62: Zeitspanne aller nachuntersuchter Fälle.**

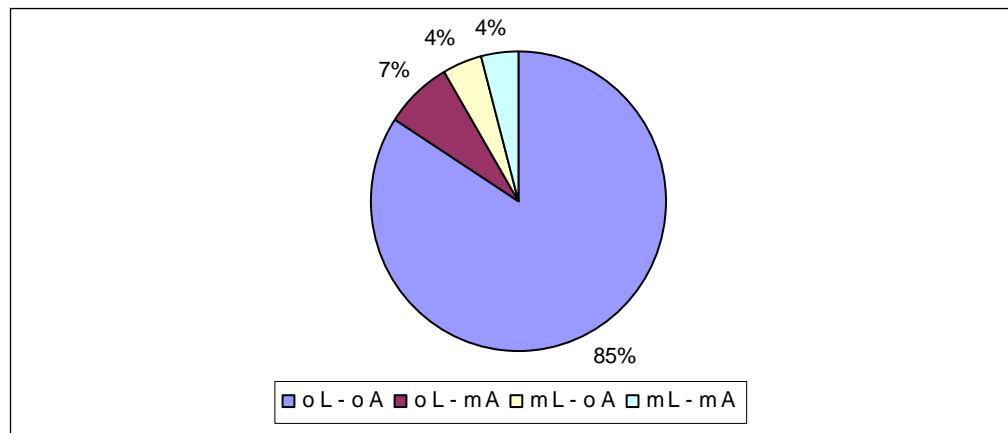
Zeitpunkt der Kontrolle	$\leq 1$ Monat	$\leq 6$ Monate	$\leq 1$ Jahr	$> 1$ Jahr
Anzahl	62	193	74	90
%	14,8	46,0	17,7	21,5

In Tabelle 63 wird das funktionelle Gesamtergebnis der Frakturregionen im Überblick dargestellt und in Abbildung 24 grafisch erfasst. Beidseitige Frakturen mit identischem Endergebnis wurden erkenntlich dargestellt. Zwei Tiere mit einer Humerusfraktur sowie eine Katze mit einer Schulterblattfraktur hatten einen Knochenbruch am Unterarm der kontralateralen Gliedmaße und drei weitere Patienten mit einer beidseitiger Fraktur wiesen an den Extremitäten ein unterschiedliches Resultat auf und müssen zur Bestimmung der tatsächlichen Fallzahl ( $n = 419$ ) abgezogen werden.

**Tab. 63: Gesamtergebnis der Frakturregionen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose, (n): beidseits, (n\*): zusätzlich Unterarmfraktur kontralateral.

Region	<i>o L</i> <i>o A</i>	<i>o L</i> <i>m A</i>	<i>m L</i> <i>o A</i>	<i>m L</i> <i>m A</i>	<i>n</i>
Skapula	11	1	-	-	12
Skapula u. Humerus	-	-	1	-	1
Humerus	110 (3)	17 (1)	4	4	135
Humerus u. Radius/Ulna	6 (1*)	1	-	2	9
Radius/Ulna	250 (19)	14 (1)	13	13 (1)	290
Radius/Ulna u. Karpus	-	-	1	-	1
Karpus	4 (1)	-	-	-	4
<b>n</b>	<b>381</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>452</b>



**Abb. 24: Gesamtergebnis der Frakturregionen.**

(o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose).

Mit 85 % wurde ein gutes Resultat erzielt, bei dem die Katzen weder eine Lahmheit noch Arthrosen zeigten. Lahm waren 8 % der Tiere und insgesamt 11 % hatten arthrotische Veränderungen in den Gelenken entwickelt. Die

Humerusfrakturen schnitten im Gegensatz zu den Unterarmfrakturen mit 16 zu 9,4 % Gelenksarthrosen deutlich schlechter ab ( $p = 0,047$ ), hingegen besteht zwischen den lahmen Patienten der unterschiedlichen Regionen keine Signifikanz.

### 6.3.1 Frakturtyp

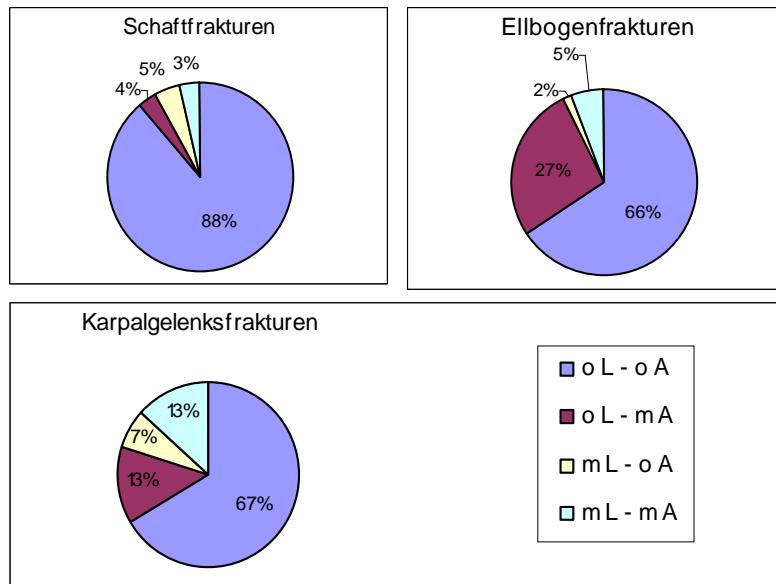
In Bezug des funktionellen Ergebnis auf den Frakturtyp (Tabelle 64, Abbildung 25) hatten Katzen nach Schaftfrakturen zu 7 % arthrotische Veränderungen. Nach Frakturen mit Gelenkbeteiligung litten in der Summe 31,4 % der Tiere an Gelenksarthrosen. Von den Schultergelenksfrakturen konnten keine Katzen nachuntersucht werden.

**Tab. 64: Gesamtergebnis der Schaft- und Gelenksfrakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose.

Frakturtyp	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
Schaft	277	11	15	10	313
Art. cubiti	36	15	1	3	55
Art. antebrachiocarpea	10	2	1	2	15

Auftretende Lahmheiten zeigen eine zufällige Verteilung. Die Prognose für die Entstehung von arthrotischen Veränderungen nach Gelenkfrakturen ist hochgradig signifikant schlechter ( $p < 0,001$ ).



**Abb. 25: Gesamtergebnis von Schaft- und Gelenkfrakturen.**

(o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose).

### 6.3.2 Frakturform

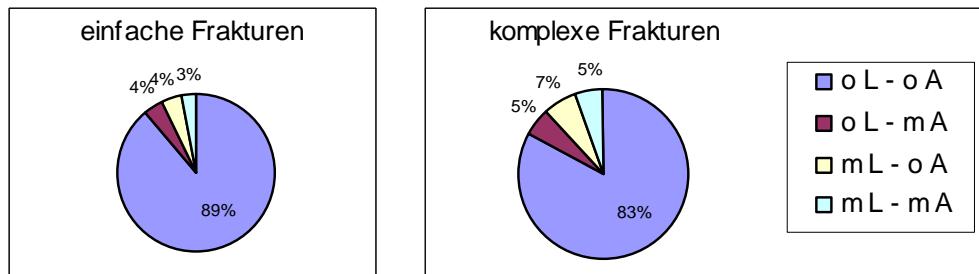
Die Frakturform (Tabelle 65) nimmt keinen Einfluss auf das Endergebnis, weder in Bezug auf eine Lahmheit ( $p = 0,121$ ) noch in der Ausbildung einer Arthrose ( $p = 0,298$ ). Bei komplexen Frakturen ist hingegen mit einer komplizierteren Knochenbruchheilung zu rechnen ( $p < 0,001$ ). Im Heilungsverlauf aller Patienten ergaben sich bei einfachen Frakturen ( $n = 410$ , 5-mal in offener Form) 56 Komplikationen (13,7 %) und die weniger häufig vorkommenden komplexen Frakturen ( $n = 206$ , 4-mal in offener Form) zeigten mit 65 Heilungsstörungen (31,6 %) mehr Komplikationen.

**Tab. 65: Gesamtergebnis einfacher und komplexer Frakturen.**

o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose.

Frakturform	<i>o L</i>	<i>o L</i>	<i>m L</i>	<i>m L</i>	<i>n</i>
	<i>o A</i>	<i>m A</i>	<i>o A</i>	<i>m A</i>	
einfach	216	10	10	7	243
komplex	98	6	8	6	118

Die Abbildung 26 stellt grafisch das Gesamtresultat prozentuell dar und bildet bei den komplexen Knochenbrüchen in allen Bereichen nur ein geringgradig schlechteres Resultat.



**Abb. 26: Gesamtergebnis einfacher und komplexer Frakturen.**

(o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose).

### 6.3.3 Komplikationen

Insgesamt erfolgte eine Behandlung von 754 Frakturen der Skapula (11), des Humerus (242), des Radius und der Ulna (492) und der Karpalknochen (9) von 673 Katzen. Komplikationen, unabhängig ob in isolierter oder kombinierter Form, traten nur an den Oberarm- und Unterarmknochen 177-mal bei 91 Katzen auf (Tabelle 66). Dies entspricht einer Komplikationsrate von 23,5 %. Von 42 offenen

Frakturformen verstarben sieben Tiere. Bei 11 Katzen entstanden Komplikationen im Heilungsverlauf und bei weiteren vier musste die Gliedmaße amputiert werden.

**Tab. 66: Übersicht an Komplikationen.**

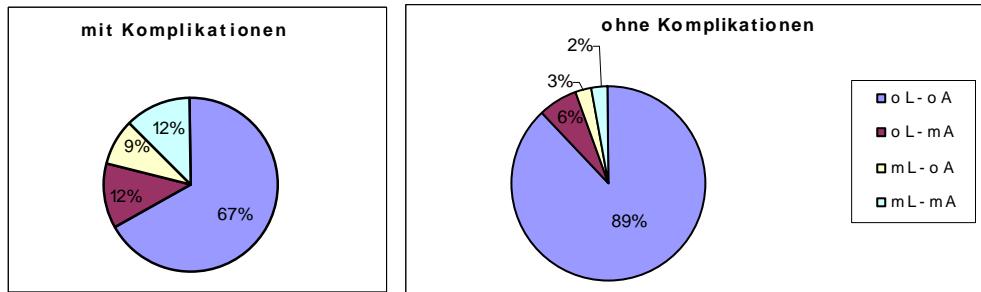
(%)\*: prozentueller Anteil der versorgten Humerusfrakturen (n = 242) und Radius-, Ulnafrakturen (n = 492), (n\*): offene Fraktur.

<i>Region Komplikation</i>	<i>Humerus (%)*</i>	<i>Radius/ Ulna (%)*</i>	<i>n (%) gesamt</i>	<i>% aller Frakturen (n = 754)</i>
Implantatlockerung (3*)	<b>24</b> (9,9)	<b>25</b> (5,1)	<b>49</b> (27,7)	6,5
verzögerte Heilung (6*)	<b>8</b> (3,3)	<b>18</b> (3,7)	<b>26</b> (14,7)	3,4
Infektion (4*)	<b>7</b> (2,9)	<b>13</b> (2,6)	<b>20</b> (11,3)	2,6
Implantatbiegung/-bruch (1*)	<b>6</b> ((2,5))	<b>12</b> (2,4)	<b>18</b> (10,2)	2,4
Pseudarthrose (4*)	<b>1</b> (0,4)	<b>16</b> (3,2)	<b>17</b> (9,6)	2,3
Implantatmigration (1*)	<b>5</b> (2,1)	<b>9</b> (1,8)	<b>14</b> (7,9)	1,9
„stress protection“ (3*)	<b>5</b> (2,1)	<b>6</b> (1,2)	<b>11</b> (6,2)	1,5
Plattenausriss (1*)	<b>4</b> (1,7)	<b>6</b> (1,2)	<b>10</b> (5,6)	1,3
Refraktur	<b>4</b> (1,7)	<b>4</b> (0,8)	<b>8</b> (4,5)	1,1
Wachstumsstörung	<b>1</b> (0,4)	<b>3</b> (0,6)	<b>4</b> (2,3)	0,5
<b>n</b> (%)	<b>65</b> (26,9)	<b>112</b> (22,8)	<b>177</b> (100)	<b>23,5</b>

Am häufigsten traten in der Summe Lockerungen der Implantate (27,7 % bzw. 6,5 %) insbesondere am Humerus ( $p = 0,013$ ), vor verzögerter Bruchheilung und Knocheninfektion auf. Pseudarthrosen wurden fast ausschließlich an den Unterarmknochen diagnostiziert ( $p = 0,016$ ). In der Verteilung zwischen Oberarm (65) und Unterarm (112) schienen Radius und Ulna 1,7-mal häufiger betroffen zu sein, jedoch zeigt sich unter Berücksichtigung der Gesamtzahl der Frakturen der jeweiligen Regionen keine erhöhte Prädisposition ( $p = 0,2$ ). Die Komplikationsrate ist nach Oberarmfrakturen geringgradig schlechter (26,9 zu 22,8 %), was sich mit dem Chi<sup>2</sup>-Test nicht bestätigen ließ.

Eine Folgebehandlung im Sinne eines Austauschs von Knochenimplantaten (41) oder deren Entfernung (20) wurde 61-mal durchgeführt. Viermal musste eine Totalamputation der betroffenen Extremität vorgenommen werden. Keine Nachversorgung erfolgte bei 34 Katzen. Ein gutes funktionelles Resultat ohne Lahmheit und Arthrose konnte bei 54 (67 %) von 81 nachuntersuchten Tieren erreicht werden. Somit endeten zumindest 83 (46,9 %) nachkontrollierte Komplikationen noch mit einem zufriedenstellenden Ergebnis. Zwanzig Patienten

(24 %), davon die Hälfte mit andauernder Lahmheit, entwickelten arthrotische Veränderungen in den benachbarten Gelenken. Das Therapieergebnis schnitt bei Frakturen mit Komplikationen im Vergleich zur komplikationslosen Knochenheilung signifikant ( $p < 0,001$ ) schlechter ab (Abbildung 27).



**Abb. 27: Gesamtergebnis nachuntersuchter Komplikationen.**

(o L: ohne Lahmheit, o A: ohne Arthrose, m L: mit Lahmheit, m A: mit Arthrose).

## V DISKUSSION

**Häufigkeit:** In den Jahren 1990–2010 wurden an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München 850 Frakturen bei 752 Katzen diagnostiziert. Die Frakturen verteilten sich auf das Schulterblatt (52), die Oberarmknochen (274), die Unterarmknochen (512) sowie die Karpalknochen (12). Unter Betrachtung aller in diesem Zeitraum an der Tierklinik diagnostizierten Frakturpatienten (7606) liegt eine Beteiligung der Katzen mit Frakturen der Skapula zu 0,6 %, des Humerus zu 3,5 %, von Radius und Ulna zu 6 % und der Karpalknochen zu 0,1 % vor. Ähnliche Resultate finden sich für den Oberarmknochen bei CARTER (1964) und NOLTE et al. (2005) sowie für die Unterarmknochen bei KNECHT (1978) und PHILLIPS (1979). Die Häufigkeit des Schulterblatts bleibt absolut im Rahmen der von PHILLIPS (1979) und NOTLE et al. (2005) erhobenen Daten mit 0,3–0,8 %. Ein deutlich niedrigeres Vorkommen taucht bei den eigenen Auswertungen der Karpalknochen auf (0,1 % zu 0,3–1 %) und bestätigt die Seltenheit der Frakturen. In der Verteilung innerhalb der Frakturregionen waren Radius und Ulna mit 60,2 % gegenüber dem Humerus mit 32,3 %, der Skapula mit 6,1 % und den Karpalknochen mit 1,4 % häufiger betroffen. Somit zeigen die Unterarmknochen eine höhere Tendenz zur Frakturierung, was sich schon in den Studien von EULER (1979) und STAIMER (1980) bestätigte. In den eigenen Untersuchungen schnitten die Humerusfrakturen im Gegensatz zu den Unterarmfrakturen in Bezug auf die prognostische Heilungsrate mit 16 zu 9,4 % Gelenksarthrosen deutlich schlechter ab. Dies liegt an der eindeutig höheren distalen Frakturbeteilung des Oberarmknochens mit 81,4 zu 18,6 % und der allgemein höheren Neigung der Katze zur Arthrosebildung am Ellbogen (CLARKE et al., 2005; GODFREY, 2005).

**Lokalisation und Frakturform:** Am Schulterblatt wurden vier Regionen mit einer Beteiligung der Spina scapulae, des Corpus scapulae, des Collum scapulae und der Cavitas glenoidalis in absteigender Häufigkeit (Tabelle 10) diagnostiziert. In einigen Fällen lässt sich jedoch keine einzelne lokale Frakturstelle bestimmen, da die Frakturlinie gelegentlich vom Körper zum Hals ziehend eine Separierung des Akromions und der Spina bewirken kann (BINNINGTON, 1974). Keine Übereinstimmung konnte mit BAHN (1995) und KURZBACH (2000) hergeleitet

werden, die die Schulterblatthalsfrakturen häufiger beobachteten, da das Collum scapulae im Verhältnis zum Korpus relativ schmal ausgebildet ist (NICKEL et al., 2004) und dadurch eine Sollbruchstelle bildet (KURZBACH, 2000). Dislokation und Instabilität des Halses werden zusätzlich durch Kontraktionen des M. biceps brachii, M. coracobrachialis und M. teres minor hervorgerufen (JOHNSTON, 1993). Eine Fraktur des Tuberculum supraglenoidale scapulae wurde in dieser Studie nicht vermerkt. Nach wie vor scheint eine Avulsion verstärkt bei jungen Hunden nach indirekter Gewalteinwirkung durch schnelles Rückziehen der Extremität bei gespannter Bizepssehne (BINNINGTON, 1974) aufzutreten (BRUNNBERG et al., 1993; HARARI u. DUNNING, 1993). Ebenfalls stellten JOHNSTON (1993) und COOK et al. (1997) eine häufigere Frakturierung der Gelenkpfanne bei Hunden als bei Katzen fest. KURZBACH (2000) ermittelte ein Verhältnis von 6:1. Die Ursache ist in den tierartlich unterschiedlichen anatomischen Gegebenheiten des Schultergelenks zu finden. Die Gelenkpfanne ist bei der Katze deutlich kleiner als der Oberarmkopf und sorgt durch diese Größendifferenz für eine bessere Beweglichkeit (VOLLMERHAUS et al., 1994). Das Tuberculum supraglenoidale scapulae ist beim Hund prominenter und weiter nach kranial gebogen (NICKEL et al., 2004). Eine axiale Überlastung begünstigt deshalb die Entstehung einer Fraktur (RADASCH, 1999).

Mehr als die Hälfte der Oberarmfrakturen (69 %) befanden sich im diaphysären Bereich (Tabelle 16), vor allem im mittleren Schaftdrittel (49,7 %). Eine Übereinstimmung lässt sich mit STAIMER (1980) und EBEL (1990) finden. Der distale Humerusabschnitt war mit 28,1 % am Frakturgeschehen involviert. STAIMER (1980) hingegen beobachtete mit 45 % einen wesentlich höheren Anteil an distal epiphysären Frakturen und knüpft eher an Ergebnisse des Hundes an, die eine vermehrte Frakturierung besonders im distalen Abschnitt aufweisen (EHRLEIN, 1967; RADZIKOWSKI, 1971; PHILLIPS, 1979; EBEL, 1990). Katzen neigen im Allgemeinen aufgrund anatomischer Unterschiede zum Hund zu weniger Frakturen des distalen Condylus humeri (BARDET et al., 1983; VANNINI et al., 1988a). Ihre Fossa olecrani ist nicht perforiert, folglich bildet sich durch das Fehlen des Foramen supratrochleare, das sich direkt im Übergang von der Gelenksrolle zum Schaft befindet (KNIGHT, 1959), keine Schwachstelle und somit kein Angriffspunkt. Ein stärkerer und geraderer epikondylärer Kamm bietet eine bessere Resistenz gegenüber vermehrter Belastung (BARDET et al., 1983; VANNINI et al., 1988a). Durch die exponierte Stellung bzw. den

exzentrisch liegenden lateralen Kondylus des Hundes, der zudem Hauptlastträger ist (MATTHIESEN u. WALTER, 1984), findet eine zusätzliche Abschwächung dieser anatomischen Konstruktion statt (KNIGHT, 1959; BRUNNBERG, 1974). Axiale Kompressionskräfte, die beim Auftreffen der Gliedmaße typischerweise nach einem Sturz über die humeroradiale Verbindung an den Humerus geleitet werden, verursachen eine erhöhte Konzentration an Scherkräften im interkondylären Bereich und greifen über den schwächeren Epikondyluskamm die Diaphyse an (RADASCH, 1999). Das Resultat ist eine Isolierung des Capitulum. Frakturen der distalen Epiphyse umfassten in der vorliegenden Arbeit am häufigsten bikondyläre Formen (45,5 %) vor suprakondylären (28,6 %) und unikondylären (23,9 %) bzw. vor Frakturen des Capitulum (19,5 %) und der Trochlea humeri (2,6 %). Im zunehmenden Patientenalter war ein erhöhter Splitterungsgrad ersichtlich. In der Literatur wird von einer ähnlichen Verteilung gesprochen (STAIMER, 1980; KURZBACH, 2000). Die Mehrzahl der diaphysären Frakturen lag ebenfalls im zunehmenden Alter in gesplitteter Form vor (34,9 %). Quer- und Schrägfractionen waren am häufigsten bei Tieren < 1 Jahr vertreten (36,2 %).

Bei gemeinsamen Unterarmfrakturen kam es oftmals zu Brüchen an verschiedenen Lokalisationen. So frakturierten Radius und Ulna zu 18,6 % an unterschiedlichen Stellen. Im Bereich des Schaftes war der Radius gegenüber der Ulna um 6,7 % geringgradig vermehrt betroffen, hingegen zeigten sich bei der Elle gegenüber der Speiche höhere Frakturzahlen im proximalen (Olekranon) sowie distalen Abschnitt (Metaphyse, Epiphyse). Generell war die Diaphyse des Radius zu 84,9 % und der Ulna zu 78,2 % am häufigsten gebrochen, wie bei EULER (1979) und WALLACE et al. (2009) speziell im mittleren Drittelpunkt (Tabelle 35). Ähnliche Ergebnisse liegen für die distale Epiphyse (12,2 % Radius bzw. 14,2 % Ulna) vor. Isolierte Radiusfrakturen (Tabelle 36) waren hauptsächlich in der Diaphyse (66,3 %) vor der distalen Epiphyse (25,5 %) und isolierte Frakturen der Ulna (Tabelle 37) vorwiegend im Bereich der proximalen Diaphyse sowie des Olekranons lokalisiert. Zusammenfassend entstanden von den kombinierten und isolierten Formen am Knochenschaft am häufigsten Querfrakturen sowohl am Radius (58,4 %) als auch an der Ulna (49 %). Splitterfrakturen wurden wie bei EBEL (1990) seltener diagnostiziert (Radius: 20,3 %, Ulna: 23,8 %). Luxationsfrakturen nach Monteggia werden im Allgemeinen selten gesehen, aber im Vergleich zum Hund stellen sie eine relativ häufige Verletzungsform bei der

Katze dar (SCHWARZ u. SCHRADER, 1984; BIDLINGMAIER, 1988; KURZBACH, 2000). Mit 4,1 % Gesamtteilnahme aller Unterarmfrakturen, hauptsächlich im proximalen Drittel lokalisiert, konnte in den eigenen Erhebungen ein höherer Prozentsatz als bei EULER (1979) mit 0,7 % und EBEL (1990) mit 1,7 % vorgefunden werden. Mehr als die Hälfte lag zudem in gesplitteter Form vor. Frakturen des Proc. anconeus treten ebenfalls kaum bei der Katze auf (CHANDLER u. BEALE, 2002). Aus den eigenen Untersuchungen geht eine Frakturierung des Proc. anconeus eines zehn Monate alten Patienten nach einem Fenstersturz hervor und MEDL u. HURTER (2010) dokumentierten zwei Fälle bei adulten Katzen, eine davon mit demselben Vorbericht. Die Ursache, vermuten sie, liegt in der extremen Belastung des Ellbogens bei der Landung und der starken Flexion verbunden mit einer Rotation im Gelenk.

Das Os carpi accessorium war im Bereich des Karpus am häufigsten betroffen, davon bei drei von sieben Tieren mit einer Fraktur direkt an der Knochenbasis (Tabelle 50). Diese Form und Lokalisation wird nicht selten bei den Greyhound-Rennhunden gesehen (JOHNSON, 1987). Prinzipiell entstehen sie bei diesen Rassen durch exzessive Zugbelastung der inserierenden Muskelsehnen, wenn das gesamte Gewicht in der Kurve der Rennbahn auf einer der vorderen Extremitäten ruht (HICKMAN, 1975). Am besten werden sie im Röntgenbild in mediolateraler Projektionsrichtung in Extensionsstellung des Karpus abgebildet (JOHNSON, 1987). Frakturen in der distalen Karpalgelenksreihe manifestieren sich als kleine Chipfrakturen an der dorsalen Oberfläche, die aufgrund der geringen Dislokation (KÖSTLIN, 2007) röntgenologisch zum Teil schwer erkennbar sind (PIERMATTEI et al., 2006). Eine Fraktur des Os carpale tertium konnte mit Sicherheit diagnostiziert werden, wobei in einem Fall eine Absprengung nicht eindeutig dem dritten oder vierten Os carpale zuzuordnen war.

Mit insgesamt 30 % aller erhobenen Frakturen neigt der Katzenknochen zu einem stärkeren Maß an Splitterungen und Fissurenbildung (LÖFFLER et al., 1978). Besonders nach Fensterstürzen beobachtete KURZBACH (2000) einen höheren Splitterungsgrad, was sie anhand eines Vergleichs zum Hund mit einer in der Regel größeren Fallhöhe erklärte. Rückführbar ist diese Gegebenheit auf die unterschiedliche Knochenfestigkeit. Die Kortikalis des spröden Katzenknochens weist eine höhere Druckbruchfestigkeit, aber eine geringere Deformationsfähigkeit auf (CLAES u. HUTZSCHENREUTER, 1977). Gegen literarische Erwartungen von BARDET et al. (1983) und KURZBACH (2000)

konnte in den eigenen Auswertungen kein Einfluss komplexer Frakturen auf das funktionelle Endergebnis bestätigt werden. Dies ist vermutlich auf die zunehmende Vorgehensweise nach dem Prinzip der biologischen Osteosynthese erklärbar. Die anatomische Rekonstruktion der einzelnen Splitter verletzt nicht nur weitere Blutgefäße (MCKINLEY, 2003), sondern erhöht indirekt die interfragmentäre Bruchdehnung, die sich in konzentrierter Form auf viele kleine Spalten verteilt. Die Bruchdehnung ist nicht proportional der Größe des Frakturspalts (O'SULLIVAN et al., 1989). Dadurch wird die Heilung und das funktionelle Resultat negativ beeinflusst (REEMS et al., 2003). Mit der biologischen Osteosynthese ist es möglich, den Heilungsprozess zu optimieren. Die Bruchdehnung zwischen den großen Spalten wird reduziert und Mikrobewegungen, die die Heilungsphase anregen und aufrechterhalten, können über eine größere Fläche wirken (HORSTMAN et al., 2004). Trotzdem ist nach statistischer Auswertung in dieser Studie bei komplexen Frakturen mit einer komplizierteren Knochenbruchheilung zu rechnen. Nach einfachen Frakturen (5-mal in offener Form) entstanden bei 13,7 % Komplikationen und nach komplexen Frakturen (4-mal in offener Form) bei 31,6 %. Bei vermehrter Neigung zur Fissurenbildung der Katze steigt das Risiko, dass sich diese zu einem späteren Zeitpunkt öffnen und z.B. Implantatlockerungen verursachen oder sich zu einer vollständigen Fraktur weiterentwickeln. Durch die erhöhte Neigung zur Splitterbildung besteht zudem eine größere Gefahr von Heilungsstörungen mehrerer avaskulärer Fragmente (HULTH, 1989).

Frakturen, die an gelenksbildenden Strukturen lokalisiert sind, neigen zu einer stärkeren Ausbildung von Arthrosen. Während nach eigenen Ermittlungen nach Schaftfrakturen zu 7 % arthrotische Veränderungen diagnostiziert wurden, bestätigt sich nach Gelenkfrakturen zu 31,4 % eine deutlich schlechtere Prognose. Die Ursache liegt meistens in technisch-operativen Fehlern, wie inadäquate Reponierung und Stabilisierung der artikulären Läsionen, Implantatmigration, verlängerter Ruhigstellung des Gelenks oder verzögerter Frakturversorgung (BARDET et al., 1983). Diese Faktoren begünstigen die typische posttraumatische sekundäre Ausbildung von degenerativen Gelenkknorpel-, subchondralen Sklerosierungen, periartikulären Osteophyten und Gelenkkapselverdickungen (LASCELLES, 2010). Implantate werden auch zum Teil bei Frakturen, die nicht ins Gelenk ziehen (z.B. Schulterblatthals) periartikulär angebracht und reizen somit das Gelenk in einem bestimmten Ausmaß

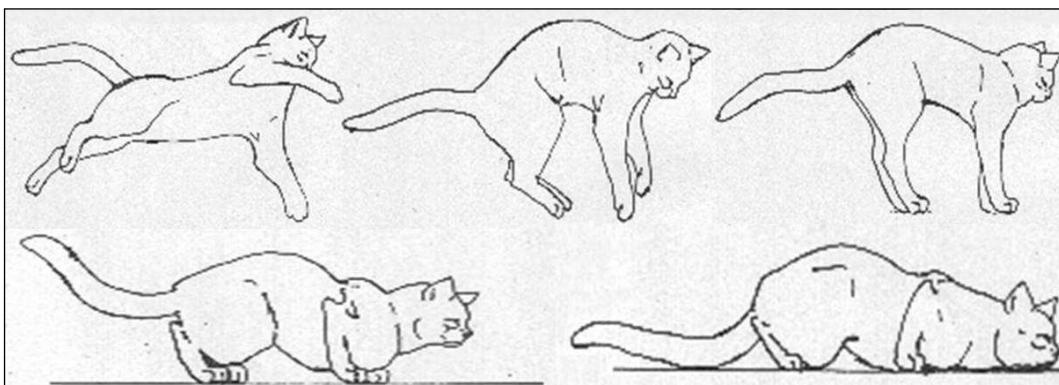
(MCCARTNEY u. GARVAN, 2008). CLARKE et al. (2005) sehen zu etwa 25 % feline degenerative Gelenkerkrankungen als Folge eines Traumas, jedoch lässt sich in mehr als 50 % der Fälle kein erkennbarer Grund ableiten. Bei den eigenständig untersuchten Katzen konnten acht von 11 Arthrosen der betroffenen Gliedmaße einer Ursache zugeordnet werden, im Gegensatz zu den anderen acht Patienten, gebildet aus der Summe der restlichen drei und der weiteren fünf diagnostizierten arthrotischen Gelenken an der gesunden Extremität. Auch wenn in der Literatur oftmals die traumainduzierte feline degenerative Gelenkerkrankung erwähnt wird, gibt es nach LASCELLE (2010) keine Studien, die den Zusammenhang einer progressiven Destruktion von Gelenkstrukturen nach einem Gelenktrauma evaluieren.

**Alter, Geschlecht und Rasse:** Das höhere Unfallrisiko liegt bei Tieren < 1 Jahr (36,4 %). Ein deutlich höherer Prozentsatz ist bei PHILLIPS (1979) zu finden, bei dem fast die Hälfte (49,5 %) im ersten Lebensjahr betroffen war. Vor allem die Frakturierung des Humerus (41,9 %) und des Radius und der Ulna (35,6 %) traten in den eigenen Erhebungen vorwiegend bei jungen Tieren auf. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen EULER (1979), STAIMER (1980) und EBEL (1990). Die erhöhte Rate bei Jungkatzen kann vermutlich auf die Unerfahrenheit der Tiere und die geringere Knochenfestigkeit zurückgeführt werden (KÖSTLIN, 1973; KOLATA et al., 1974; FUCHS, 1978; GRIFFON et al. 1994). HILL (1977) geht davon aus, dass sich die Tiere mit zunehmendem Alter besser mit den Gefahren in ihrer Umwelt und Umgebung zurechtfinden. Vermutlich meiden ältere Katzen den Straßenverkehr, sind weniger schreckhaft und stürzen somit weniger häufig von schmalen Fensterbrettern. Der abnehmende Spieltrieb und die damit verbundene Jagd nach Vögeln oder Spielgegenständen erklärt zudem wahrscheinlich ein verminderter Risiko von Bäumen, Dächern, Balkonen etc. zu fallen (VNUK et al., 2003). Die Betrachtung der festgestellten deutlichen Abnahme der Fallrate entsprechend der Erhöhung des Lebensalters der Patienten (Tabelle 61) unterstreicht diese Theorien. Obwohl in der Summe mehr männliche (58 %) als weibliche Tiere (41,8 %) betroffen waren, kann von keiner Geschlechtsprädisposition gesprochen werden. Ob es sich um die größere Verbreitung eines Geschlechts oder den natürlichen Sexualtrieb männlicher Katzen handelt, muss, wie es EBEL (1990) formuliert, offen bleiben. KOLATA et al. (1974) sehen eine erhöhte Anfälligkeit männlicher Individuen aufgrund des

verstärkten Dranges zum Streunern und der größeren Aggressionsbereitschaft zur Interaktion. Laut eigener Auswertung waren jedoch zum Zeitpunkt des Unfalls immerhin 61,9 % der männlichen Katzen kastriert. Aufgrund des Risikos der inkorrekten Geschlechtsbestimmung während der Klinikaufnahme, besonders bei kastrierten Tieren und durch falsche Besitzerangaben ist eine Abweichung des tatsächlichen Wahrheitswerts durchaus plausibel. In der Rassenverteilung macht eindeutig die Europäisch Kurz- bzw. Langhaarkatze den höchsten Anteil mit 72,7 % aus, obwohl in der Literatur von einer noch größeren Dominanz gesprochen wird. Zu 14,2 % wurde unspezifisch die Hauskatze definiert, wobei dieser Prozentsatz höchstwahrscheinlich zur EKH addiert werden kann. Es wird davon ausgegangen, dass exotischere Tiere eher als reine Wohnungskatzen gehalten werden und somit einer geringeren Verletzungsgefahr ausgesetzt sind.

**Ursache und Grad der Verletzung:** Die Beobachtungen der häufigsten Frakturursache von EULER (1979), STAIMER (1980) und VANNINI (1988b) wurde in der eigenen Datenerhebung übereinstimmend durch einen Sturz bestätigt. Um das Vierfache trat ein Fall aus einer Höhe (46,4 %) häufiger als ein Unfall im Straßenverkehr (10,9 %) auf. EBEL (1990) versucht eine Erklärung im natürlichen Klettertrieb zu finden. Rücksicht muss sicherlich auf die geografische Lage, von wo die Auswertungen durchgeführt worden waren, genommen werden. In den städtischen Bereichen ist vermehrt mit einer reinen Haus- bzw. Wohnungshaltung und daher eher mit Sturzverletzungen zu rechnen. Die Abnahme an Freigängern und das somit geringere Konfrontationsrisiko mit einem Auto könnten ebenfalls einen Grund für das hohe Sturzaufkommen darstellen, zumal HILL (1977) mit 43 % und PHILLIPS (1979) mit 86,4 % häufiger von Autounfällen berichteten. Einen Großteil nehmen wie in anderen Studien (KÖSTLIN, 1973; KOLATA et al., 1974; FUCHS, 1978; BIDLINGMAIER, 1988; LANGLEY-HOBBS et al., 1997) die unbekannten Ätiologien ein, in dieser Arbeit zu 33,1 %. Anhand der zusätzlichen Verletzungen lässt sich äußerst schwer ein konkretes Trauma bestimmen. Auffällig ist jedoch der hohe Anteil an isolierten Frakturen mit 59 %, wobei hier die Katzen erfasst wurden, die aufgrund des Verletzungsgrads noch fähig waren, selbstständig nach Hause zu laufen. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass ein wesentlicher Prozentsatz der unbekannten Traumata den Verkehrsunfällen zu zuschreiben ist, nicht nur weil Autounfälle eine sehr hohe Mortalitätsrate aufweisen (KOLATA et al., 1974),

sondern generell Hauskatzen ohne Auslauf einer besseren Kontrolle unterliegen. Ein weiterer wesentlicher Faktor stellt die Ehrlichkeit des Besitzers in der Anamnesenerstellung dar, der womöglich durch einen unabsichtlichen oder aber auch bewussten Schlag bzw. Tritt eine Fraktur verursacht haben könnte und dies aus moralischen Gründen nicht angibt. In den eigenen Untersuchungen zeigt sich zudem eine überproportional häufige Frakturierung der Unterarmknochen nach Stürzen im Vergleich zu den übrigen Regionen der Schultergliedmaße. Dies erklärt die hohe Beteiligung von Radius und Ulna mit insgesamt 60,2 % der Frakturgesamtzahl und bestätigt die Aussage von WHITNEY u. MEHLHAFF (1987), dass der Großteil der Knochenbrüche an der Vorderextremität den distalen Bereich des Ellbogens betrifft. Polytraumatisiert waren 59 % der Katzen nach einem Sturz und 52,4 % nach einem Autounfall. Die Gefahr sich lebensgefährliche Thoraxverletzungen mit Lungenkontusion, Pneumothorax, Pneumomediastinum und Liquidothorax zu zuziehen, erweist sich hingegen deutlich größer nach einem Fall (49,3 zu 30,5 %) und findet Anklang an die Resultate von FLAGSTAD et al. (1998) und VNUK et al. (2003). Eine Begründung lässt sich im Sturz- und Aufprallverhalten nach BARTH (1990) finden (Abbildung 28). Katzen landen gleichzeitig mit allen vier Pfoten in einer horizontalen Körperlage. Beim Aufprall werden die Gliedmaßen maximal gebeugt, was eine enorme Dämpfung bewirkt. BARTH (1990) erklärt weiterhin, dass die Druckerhöhung durch den folgenden Aufprall des Thorax und Abdomens nur über die Atemwege abgeleitet werden kann, dies erklärt mit dem Aufschlagen des Kopfes in der Endphase des Sturzes die typischen Kopf- und Thoraxverletzungen. Katzen mit orthopädischen Verletzungen aufgrund eines Traumas sollten daher immer gründlich klinisch und röntgenologisch abgeklärt werden (ROUSH, 2005; VOSS u. STEFFEN, 2009) und ggf. ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden (WHITNEY u. MEHLHAFF).



**Abb. 28: Sturz und Aufprallverhalten.**

(Modifiziert nach BARTH, 1990).

Die Katze zeigt ein höheres Risiko für Thoraxtraumen als der Hund, zugleich bietet die Konstruktion des Brustkorbs einen besseren Schutz und eine größere Überlebenschance (VOLLMERHAUS et al., 1999a). VOLLMERHAUS et al. (1999b) belegen in ihren Messungen eine erhöhte Bewegungsexkursion des kegelförmigen im Gegensatz zum starren fassförmigen, aber stabilen Thorax des Hundes. Aufgrund der größeren Flexibilität und Beweglichkeit der Rippen bleibt ihnen die notwendige Inspirationsreserve, um außergewöhnliche Belastungen zu bewältigen. Die Mortalitätsrate nach einem stumpfen Thoraxtrauma ist bei Hunden mit 16 % (GUTBROD, 1981) höher als die der Katze mit 4 % (MEYERZUERPEN, 1982).

**Behandlung und Ergebnisse von Skapulafrakturen (Tabelle 63):** Nur bei neun von 43 Katzen war eine Behandlung der Skapula erforderlich. Dies beweist die hohe Eigenstabilität dieser Frakturen aufgrund der Stützwirkung der umgebenden Muskulatur (MILLER, 1992). Eine gedeckte Reposition einer Fraktur des Corpus scapulae mit empfohlener vierwöchiger Käfigruhe (CHANDLER u. BEALE, 2002) reichte aus, um ein zufriedenstellendes Endergebnis ohne Lahmheit oder Fehlheilung zu erhalten. Operativ versorgt wurden drei Splitterfrakturen (1-mal Drahtcerclagen, 1-mal Plattenosteosynthese, 1-mal Kombinationsosteosynthese mit Platte) und vier instabile Brüche des Collum scapulae (4-mal Plattenosteosynthese, Abbildung 33 im Anhang) sowie eine Fraktur der Spina scapulae (Bohrdrahtosteosynthese). In einem Fall entwickelte sich nach einer Plattenosteosynthese eine Arthrose im Gelenk mit isolierten Verkalkungen am Proc. hamatus und verdicktem Tuberculum infraglenoidale und eine Katze lahmt aufgrund eines Abrisses des Plexus brachialis. Ansonsten zeigten auch die unversorgten Frakturen ein sehr gutes Resultat, dies knüpft an die Ergebnisse von

BAHN (1995), KURZBACH (2000) und PLESMAN et al. (2011) an. Die Skapula weist generell einen guten und schnellen Heilungserfolg aufgrund eines hohen Anteils an myoperiostaler Verbindungen (JOHNSTON, 1993) und der daraus resultierenden guten Durchblutung der Knochenplatte (PIERMATTEI et al., 2006) auf. Ob die unversorgte intraartikuläre Absprengung kaudal an der Cavitas glenoidalis negative Auswirkungen mit sich zog, muss unbeantwortet bleiben, da keine Nachuntersuchungen vorliegen. In der Literatur wird jedenfalls eine anatomische Rekonstruktion (JOHNSTON, 1993) mittels einer internen Fixierung (PIERMATTEI et al., 2006) oder die Entfernung der Fragmente (PLESMAN et al., 2011) geraten.

**Behandlung und Ergebnisse von Humerusfrakturen (Tabelle 63):** Als Fixationsmethode der proximalen Epiphyse/Metaphyse wurde hauptsächlich die intramedulläre Nagelung (4) oder die Kombination mit einer Stellschraube (1) angewandt (Abbildung 34 im Anhang). Eine Epiphyseolysis proximalis SH-2 konnte, wie von STAIMER (1980) beschrieben, mit zwei parallelen vom Tuberculum majus aus senkrecht auf den vorderen Abschnitt der Epiphysenfuge bis in die hintere Kompakta des distalen Fragments eingebrachten Bohrdrähten gesichert werden. Mit dieser Operationsmethode soll eine Beeinträchtigung der Wachstumsfuge verhindert werden. Im Gegensatz zu STAIMER (1980), der die Möglichkeit einer Erfolgskontrolle dieser Technik verwehrt blieb, zeigte die Katze in dieser Arbeit weder eine Beeinflussung im Längenwachstum noch Einschränkungen im funktionellen Endergebnis. Arthrotische Veränderungen ergaben sich zweimal behandlungsunabhängig, wobei eine proximal metaphysäre Stauchungsfraktur eine deutliche Knochenverkürzung hatte.

Die konservative Therapie wurde nur bei einfachen Schaftfrakturen gewählt und bestand zum einen aus einer Ruhigstellung des gesamten Patienten durch Haltung in einem Käfig oder einem umfunktionierten Kinderlaufstall und zum anderen aus einer Verbandsbehandlung. Zudem handelte es sich bei den betroffenen Tieren um sehr junge Katzen, was eine Voraussetzung für eine schnelle und gute Heilungstendenz ist (LÖFFLER et al., 1978). Die Hälfte der Fälle benötigte jedoch aufgrund zunehmender Fragmentdislokation eine interne Fixation. Die benachbarten Gelenke können für eine dauerhaft korrekte Frakturruhigstellung nicht ausreichend immobilisiert werden (SCHMIDTKE, 1975; PRIEUR, 1976).

Die operative Versorgung erfolgte hauptsächlich mittels Plattenosteosynthese zu

$n = 132$  (49-mal in kombinierter Form), vor allem bei komplexen, gesplitterten Brüchen (94,8 %) und lieferte in 60 von 71 nachuntersuchten Fällen ein gutes Resultat (Abbildung 35 im Anhang). Dies unterstreicht den Vorteil und die Vielseitigkeit der Plattenosteosynthese auch bei schwierig zu reponierenden Frakturen zu einem Erfolg zu kommen (STAIMER, 1980). Drei von sechs Misserfolgen mit Ausbildung von Gelenkarthrosen basierten auf behandlungsabhängigen Fehlern durch ungenaue Reponierung mit Stufenbildung einer ipsilateralen Fraktur des Condylus humeri, ungenaues Plattenanmodellieren mit deutlichem Achsenknick und einer Knochenverkürzung. Mit der intramedullären Nagelung konnte in allen 15 Kontrolluntersuchungen keine Lahmheit oder Arthrosen festgestellt werden. Besondere Indikationen sind Quer- sowie kurze Schrägfakturen (STAIMER, 1980; EBEL, 1990) sowie lange Schräg- und Spiralfrakturen unter Voraussetzung eines rotationsstabilen Sitzes und zusätzlichen Anlegens von Cerclagen (ORMROD, 1966; BAUMBERGER u. LAKATOS, 1978). Da in der Hälfte der Fälle den Katzen ein intramedullärer Kanal im schmalen distalen Knochenabschnitt fehlt, sollte das Einführen eines Nagels ohne Gewalt erfolgen, um eine iatrogene Fraktur oder Penetration der Fossa olecrani zu vermeiden (ANGLEY-HOBBS u. STRAW, 2005). Einen erfolgreichen Einsatz verbuchte der CRI-Fixator, zumal er bei zwei von vier Knocheninfektionen als neues Implantat verwendet wurde und in allen kontrollierten Fällen zu einem guten Ergebnis führte. Eine Biegung des CRI-Fixators erforderte einmal den Austausch des Implantats von der ursprünglich verwendeten 2,0 mm Stärke auf 2,7 mm. Bei zu kleinen CRIF-Dimensionen besteht die Gefahr einer Biegung des Stabes (ZAHN u. MATIS, 2004b), da das System im Gegensatz zur Platte gegenüber Torsionskräften anfälliger ist (ZAHN et al., 2008). Ein Fixateur externe eignet sich besonders bei stark gesplitterten und infizierten Frakturen (ANGLEY-HOBBS et al., 1997), wurde aber wegen der limitierten Einsatzmöglichkeit nur in einem Fall nach Komplikationen als sekundäre Stabilisierung verwendet. Die in der Literatur gesammelten Behandlungsergebnisse (89,1 %, Tabelle 3) fielen in etwa gleich günstig aus (87,4 %), obwohl aufgrund der unterschiedlichen Genauigkeit in der Evaluierung ein direkter Vergleich nicht legitim ist.

Suprakondyläre Frakturen wurden entweder mittels Minimal- (13) oder Plattenosteosynthese (9) behandelt. Bei kurzem distalem Fragment eignet sich die Kreuzspickung (Abbildung 36 im Anhang) oder das Rushpinning (PRIEUR,

1976; STAIMER, 1980) und bei komplexen Frakturen ist das Anmodellieren einer Knochenplatte von medial (BRUNNBERG, 1974) in Kombination mit Schrauben und Cerclagen (VANNINI et al., 1988b) günstiger. Schräg zur Diaphyse verlaufende Frakturen (Y-förmig) (drei gut von acht) hatten im Vergleich zu einfachen Frakturen (drei gut von sechs) etwas schlechtere Resultate erreicht.

Unikondyläre Frakturen sollten zur Vermeidung einer sekundären Arthropathia deformans sorgfältig ohne Stufenbildung des Condylus humeri reponiert werden (LÖFFLER et al., 1978). Dabei empfiehlt es sich von der Bruchseite ausgehend (WESTHUES, 1955) eine transkondyläre Zugschraube einzudrehen und mittels proximal gerichteten Bohrdrähten die Gelenksrolle gegen eine Rotation zu schützen (MATTHIESEN u. WALTER, 1984; Abbildung 34 im Anhang). Die eigenen Resultate (sieben gut von zehn) decken sich mit den aus der Literatur gesammelten (11 gut von 14). Die häufigste Form der Stabilisierung bei bikondylären Frakturen stellte die Kombinationsosteosynthese mit Platte (26) oder CRI-Fixator (2) dar und erreichte in 14 von 17 überprüften Fällen ein sehr gutes Ergebnis. Voraussetzung ist ein ausreichend langes distales Fragment des rekonstruierten Condylus humeri, damit mindestens zwei Schrauben Halt finden (STAIMER, 1980). Die Bohrung für die distalste Plattenschraube kann dabei direkt transkondylär durchgeführt werden. Dieses Operationsverfahren ermöglicht einen einseitigen Zugang zum Frakturgebiet, das im Sinne einer vermindernten Weichteilirritation Vorteile in der Heilung birgt. Die Verwendung von weiteren Schrauben oder Bohrdrähten anstelle der Platte nahm in zwei von drei Kontrollen einen guten Ausgang.

**Behandlung und Ergebnisse von Radius-/Ulnafrakturen (Tabelle 63):** Von den paarigen Unterarmknochen trägt der Radius die Hauptlast des Gewichts und sollte daher einer primären Stabilisierung unterliegen (HARARI, 2002). Zu 98,4 % wurden der Radius bei kombinierten Unterarmfrakturen und die Ulna lediglich zu 26,9 % chirurgisch versorgt. Eine Nachbehandlung war aufgrund der Instabilität und Dislokation der Ulna in nur 4,3 % der Fälle erforderlich.

Eine konservative Therapieform wurde zu 18,4 % gewählt. Eine anatomisch exakte Reposition ist im Bereich der Diaphyse nicht erforderlich, wenn sich die Fragmente ohne Achsen- und Rotationsfehler fixieren lassen, da dadurch eine geringe Parallelverschiebung der Fragmentenden ausgeglichen wird (EULER,

1979). Vor allem im wachstumsintensiven Alter wird eine geringgradige Seitenverschiebung oder Achsenknickung spontan korrigiert (MATIS et al., 1985). PIERMATTI et al. (2006) sehen in geschlossenen Frakturen, Grünholzfrakturen, sich nach der Reponierung gegenseitig stützenden Fragmentenden und Frakturen bei Jungtieren mit großzügig intaktem Periost Indikationen. Somit kann bei Epiphyseolysen vom Typ 1 und 2 ohne größere Dislokation durch die periostale Verbindung eine gute Heilungsrate erzielt werden (SALTER u. HARRIS, 1993). Zwei SH-3-Fugenlösungen erreichten in dieser Arbeit auch ein gutes Resultat. In einem Fall führte ein vorzeitiger Fugenschluss einer SH-1 mit Radiusverkürzung zu einer Luxation im humeroradialen Gelenk mit Ausbildung einer Arthrose. Dass bei isolierten Frakturen durch die Stützwirkung des intakten Knochens eine höhere Stabilität gegeben ist (OAKLEY, 1999; WEINSTEIN u. RALPHS, 2004), konnte in den eigenen Auswertungen nicht bestätigt werden. Eine Umversorgung benötigten zehn Katzen nach kombinierten und 11 nach isolierten Brüchen. Insgesamt konnte bei 37 nachkontrollierten Katzen 36-mal ein gutes Resultat erzielt werden. Schlechter schnitten die Patienten bei EULER (1979) und PHILLIPS (1979) ab.

Die Plattenosteosynthese hat sich als geeignetes Verfahren zur Fixierung von Schaftfrakturen am Radius erwiesen und wurde entsprechend häufig (94 %) herangezogen. Je nach Indikation wird die Platte nach interfragmentärer Kompression durch Zugschrauben in neutralisierender oder komprimierender Form verwendet (MATIS, 2007). Im distalen Bereich war der Einsatz einer T-Platte besonders gefragt, da durch die Konstruktionsform mindestens zwei Schrauben im unteren Fragment platziert werden können (SARDINAS u. MONTAVON, 1997). In nur drei Fällen musste aufgrund von Komplikationen die Platte durch einen Fixateur externe ausgetauscht werden. Die perkutane Transfixation wird besonders bei offenen und nicht rekonstruierbaren Splitterfrakturen verwendet (DENNY, 1996; MILOVANCEV u. RALPHS, 2004), obwohl in dieser Studie bei neun von 27 offenen Frakturen der Fixateur externe die erste Wahl war.

Olekranonfrakturen wurden immer und diaphysäre Ulnafrakturen hauptsächlich (83 %) mit einer intramedullären Nagelung fixiert (Abbildung 37 im Anhang). Um zusätzliche Stabilität gegen die stark einwirkenden Kräfte der inserierenden Strecksehnen des Ellbogens aufzubringen (ORMROD, 1966), wird eine Drahtzuggurtung in Achterschlinge angelegt (ROUSH u. MCLAUGHLIN, 1998).

Der frakturierte Proc. anconeus wurde von kaudolateral extirpiert und heilte komplikationslos. Eine Fixierung der Fragmente ist aufgrund der kleinen Größe schwer möglich oder nicht durchführbar (MEDL u. HURTER, 2010).

Die operative Versorgung der Monteggia-Fraktur ist notwendig, da die Rückverlagerung des Caput radii und der Ulnafragmente meist nicht gedeckt gelingt (BIDLINGMAIER, 1988). Unbehandelte Luxationen (KURZBACH, 2000) und instabil fixierte Ulnafrakturen (SCHWARZ u. SCHRADER, 1984) können zur Ausbildung einer Pseudarthrose führen. Der luxierte Radius von 18 Monteggia-Frakturen wurde mit unterschiedlichen Methoden an die Ulna refixiert. Der Einsatz einer Cerclage (4-mal Hemicerclage) führte in fünf von zehn Nachkontrollen zu einem guten Ergebnis. Keine Arthrosen wurden nach einer einfachen Reponierung des Radiuskopfes und einer Ligamentnaht beobachtet und arthrotische Zubildungen wiesen Patienten nach einer Kapselstraffung auf, wobei bei einem Tier durch eine unversorgte Radiusrelaxation eine Pseudarthrose entstand. Das schlechteste Ergebnis erzielte eine primäre Vicrylschlingenfixation, da eine Relaxation mit zwei Schrauben und einer Cerclage in einer Knochenlyse des Caput radii und Pseudarthrose der Ulnafraktur endete. Die rigide Schraubenstabilisierung, die bei Hunden empfohlen wird (SCHWARZ u. SCHRADER, 1984), hebt die physiologische Beweglichkeit der Pronation und Supination am Unterarm bei der Katze auf und kann zur Radiuskopffraktur führen (EULER, 1979).

SH-1- und SH-2-Epiphyseolysen des Radius wurden durch Kreuzspickung oder Rushpinning (Abbildung 38 im Anhang), Epiphyseolysen der Ulna durch eine distale Markraumnagelung stabilisiert. Damit konnten auch distal metaphysäre Frakturen versorgt werden. Um eine zusätzliche Traumatisierung der Wachstumszone zu vermeiden, sollten die Bohrdrähte möglichst senkrecht zur Fuge eingebracht werden (MILTON et al., 1980). Einer offenen SH-1-Epiphyseolyse wurde zusätzlich zur Kreuzspickung ein Fixateur externe angebracht. Die Fraktur verheilte unter Ausbildung einer Ankylose. Bei intraartikulären Epiphysenfrakturen (inklusive SH-3 und SH-4) wird die Epiphyse stufenlos rekonstruiert und mit Bohrdrähten proximal an die Metaphyse adaptiert (EULER, 1979). Die intertrochleare Bruchlinie wurde in dieser Studie bei jungen Katzen mittels transepiphysären Bohrdrahts, bei erwachsenen Tieren mit einer Kompressionsschraube oder einer Drahtzuggurtung fixiert. Im Falle einer isolierten Radiusepiphyseolyse SH-4 mit Karpalgelenksluxation fand primär eine

Behandlung mit einem Fixateur externe statt. Aufgrund von Komplikationen im Heilungsverlauf musste jedoch eine Panarthrodese vorgenommen werden. Aufgrund der Instabilität im Art. antebrachioocarpea durch Zug der Kollateralbänder (EARLEY u. DEE, 1980) wird eine unterstützende Stabilisierung in Form einer kurzen Schiene empfohlen (PIERMATTEI et al., 2006).

Die gesammelten Fälle aus Tabelle 5 erreichten mit 86,4 % zu 85,3 % in etwa denselben guten Heilungserfolg, obwohl ein direkter Vergleich schwierig ist. In der Literatur waren die häufigsten unbefriedigenden Ergebnisse der konservativen Frakturbehandlung zu zuschreiben. Monteggia-Frakturen zeigten in dieser Arbeit eine hohe Arthrosefrequenz (acht von 16 Nachkontrollen), wie bei EULER (1979) und KURZBACH (2000). Geringgradig bessere Resultate weisen SCHWARZ u. SCHRADER (1984) vor.

**Behandlung und Ergebnisse von Karpalknochenfrakturen (Tabelle 63):** Das Mittel der Wahl stellte die konservative Verbandstherapie dar. Eine Chipfraktur des Os carpale tertium/quartum wurde mit einem Scotch-Cast stabilisiert. Ob die von VOSS et al. (2009b) empfohlene vierwöchige Ruhigstellung eingehalten wurde, geht nicht aus den eigenen Untersuchungen hervor. Ein gutes Ergebnis wurde bei allen nachuntersuchten Patienten erreicht, was aufgrund der geringen Fallzahl und der recht kurzen Kontrollzeitspanne nicht als aussagekräftig angesehen werden kann. Beim Greyhound wird keine konservative Behandlung bei Frakturen des Os carpi accessorium empfohlen. Laut HICKMAN (1975) kommt es durch Kontraktionen des M. abductor digiti V zu einer fibrinösen Heilung. Nur in einem Fall wurde eine proximal dislozierte Fraktur des Os carpi accessorium operiert, indem das Fragment mittels Nahtmaterial refixiert wurde. Ähnlich dem Ergebnis von PHILLIPS (1979) nach einer Fragmentextirpation zeigte die Katze eine kontinuierliche milde Lahmheit mit vorsichtiger Belastung. Arthrotische Veränderungen mussten bei keiner Katze festgestellt werden, hingegen diagnostizierten TOMLIN et al. (2001) bei allen Hunden mit Frakturen des Os carpi intermedioradiale auf dem Kontrollröntgenbild unabhängig der Versorgungsmethode eine Osteoarthritis im Karpalgelenk mit vermehrter Sklerosierung. Häufig werden nämlich die Gelenkknorpel in Mitleidenschaft gezogen und es treten Subluxationen auf (JOHNSON, 1987).

**Komplikationen:** Komplikationen, unabhängig ob in isolierter oder kombinierter Form, traten nur an den Oberarm- und Unterarmknochen 177-mal bei insgesamt

754 behandelten Frakturen auf. Dass nach WALLACE et al. (2009) Unterarmfrakturen an sich ein höheres Komplikationsrisiko durch das komplexe Knochenpaarsystem und der erhöhten Beweglichkeit aufweisen, konnte nicht bestätigt werden.

In der vorliegenden Arbeit liegt eine Komplikationsrate von 23,5 % vor (Tabelle 66). Vergleicht man die prozentuale Häufigkeit an Störungen in der Frakturheilung mit den Angaben von MATIS et al. (1985) zu 13 %, KNOBLOCH (1990) zu 11,9 % und BAHN (1995) zu 15,1 %, muss der Anteil betroffener Katzen berücksichtigt werden. In diesem Fall liegt die Rate mit 91 von 673 Patienten bei 13,5 %. Gemessen an der Frakturgesamtzahl wurden Lockerungen der Implantate (6,5 %) vor verzögerter Bruchheilung (3,4 %) und Infektion (2,6 %) beobachtet.

Auch andere Untersuchungen stellten die Implantatlockerung bei der Katze als häufigste Komplikationsform fest (BAUMBERGER u. LAKATOS, 1978; FUCHS, 1978; STAIMER, 1980; KNOBLOCH, 1990; BAHN, 1995; LANGLEY-HOBBS et al., 1997; MACIAS et al., 2006; SILVA et al., 2012). Durch die Sprödigkeit des Katzenknochens muss am Beispiel der Schraubenosteosynthese das Anziehen der Schraube mit großer Vorsicht erfolgen. Bei zu großem Anzugsmoment und Überlastung des Kortikalisgewindes kann es zu einem Ausreißen und Abscheren der knöchernen Gewindegänge kommen (CLAES u. HUTZSCHENREUTER, 1977). Die dünne Kompakta bei Jungtieren bietet zudem wenig Halt (MATIS et al., 1985), da der wachsende Knochen relativ weich ist (SCHEBITZ et al. 1980). Operationstechnische Fehler beruhen auf ungenügender Stärke der Implantate und zu kurzen Plattenschrauben, die auf jeder Seite des Frakturspalts die Kortikalis mindestens 5-mal fassen sollten (KNOBLOCH, 1990).

Pseudarthrosen wurden an fünfter Stelle zu 2,3 % gesichtet. Diese Komplikationsform ist bei Katzen selten nach ordnungsgemäßer interner Fixation zu sehen (EMERY u. MURAKAMI, 1967). Meistens beruhen Fehlgelenke auf operationsbedingten Fehlern (ZAHN u. MATIS, 2004), da eine zu rigide Fixierung Wachstumsfaktoren hemmt, die die Angiogenese und die Knochenheilung stimulieren (HULTH, 1989) und eine instabile Versorgung mit exzessivem Bewegungsspielraum zu einer hohen Bruchdehnung führt und die Vaskularisation zerstört (WRAIGTHE u. SCAMMELL, 2006). Bei kleinen Hunden, Toy-Rassen und dem Zwergpudel ist eine gewisse Prädisposition am

distalen Unterarmdrittel bekannt (VAUGHAN, 1964; SUMNER-SMITH u. CAWLEY, 1970; BAHN, 1995). Durch die spärliche Weichteilbedeckung im Vergleich zu weiter proximal gelegenen Regionen besteht die größere Gefahr von offenen Frakturen, verstärkter Dislokation, Ablösung des Periosts (NOLTE et al., 2005) und einer Störung der extraossären Blutversorgung aus der umgebenden Muskulatur (RHINELANDER, 1968). Die Rasseprädisposition kann mit einer schwierigeren Immobilisierung begründet werden, da kleinere Hunde lebhafter und temperamentvoller sind und dies zu einer frühzeitigen exzessiven Belastung der verletzten Gliedmaße führt (VAUGHAN, 1963). Bis auf einen Fall waren in den eigenen Untersuchungen ausschließlich die Unterarmknochen betroffen. KNOBLOCH (1990) diagnostizierte in den Jahren 1980–1987 die meisten Pseudarthrosen an Tibia und Fibula vor dem Femur und keine an Radius und Ulna. Da ihrer Angabe zufolge über Pseudarthrosen bei der Katze keine Mitteilungen gefunden werden konnten, geben die eigenen sowie aktuellere literarische Auswertungen (BIDLINGMAIER 1989; EBEL, 1990; KURZBACH, 2000; NOLTE et al., 2005; WALLACE et al., 2009) einen wichtigen Hinweis, dass ebenso die Unterarmknochen von Falschgelenken betroffen sind. Die auffällig hohe Beteiligung des Unterarms liegt vermutlich zum Teil an der beim Frakturzugang stärkeren Traumatisierung der Weichteile und einer längeren, infektionsfördernden Operationszeit junger Chirurgen, die ihre ersten Erfahrungen oftmals an Radius und Ulna zu sammeln beginnen. LÖFFLER et al. (1978) machen auch das Problem aufmerksam, dass besonders am Olekranon die Zuggurtung alleine bei Katzen nicht ausreicht, um eine ausreichende Stabilität zu erlangen, da durch die Schonung der Gliedmaße auch nach belastungsstabiler Frakturversorgung die Zugkräfte der Trizepssehne nicht für die Kompression der Frakturenden genutzt werden können. Der proximale Ulnabereich (1-mal Olekranon) war in dieser Studie in fünf von acht Fällen betroffen.

Wachstumsstörungen nach Fugenverletzungen werden bei der Katze nur an der distalen Radiusepiphysen gesehen (VOSS u. LIESKOVSKY, 2007). Beim Hund trägt die distale Ulnaepiphysen hingegen zum größten Teil zu einer Gliedmaßendeformation bei (BAUMER, 1992). Der konische Aufbau ist bei direkter lateraler Gewalteinwirkung sehr anfällig für Kompressionsverletzungen (FOX, 1984). Die perpendikular zur Achse angeordnete distale Epiphyse der Ulna der Katze steht dadurch einwirkenden Kräften resistenter gegenüber (VOSS u. LIESKOVSKY, 2007). Auch in dieser Studie resultierten drei distale SH-1-

Epiphyseolysen des Radius in einer Wachstumsstörung durch vorzeitigen Fugenschluss mit folgenschwerer Knochenverkürzung und Inkongruenz im Humeroradialgelenk.

Nach einer Folgebehandlung im Sinne eines Austauschs von Knochenimplantaten (41) oder deren Entfernung (20) konnte bei 54 von 81 nachuntersuchten Tieren zu 67 % ein gutes funktionelles Resultat ohne Lahmheit und Arthrose erreicht werden (Abbildung 27). Somit endeten zumindest 46,9 % der kontrollierten Komplikationen noch mit einem zufriedenstellenden Ergebnis. Die von BAHN (1995) ermittelte Signifikanz eines schlechteren Therapieergebnisses nach Frakturen mit Komplikationen im Vergleich zur komplikationslosen Knochenheilung konnte ebenfalls postuliert werden.

**Befragung des Tierbesitzers:** Die Befragung des Tierbesitzers nimmt in der Evaluierung des funktionellen Gesamtergebnisses eine wichtige Rolle ein, denn durch seine Beobachtungen des Patienten in dessen natürlichen und häuslichen Umgebung können ggf. Veränderungen im Verhaltensmuster aufgedeckt werden (WISEMAN-ORR et al., 2004). Mithilfe eines Fragebogens ist es möglich, die Wahrnehmungsfähigkeit des Besitzers zu ergründen und mit gezielt formulierten Fragen Einschränkungen der Katze in ihren täglichen Tätigkeiten aufzuzeigen, insbesondere des Komfortverhaltens und der Fortbewegung. Dabei waren als Vorlage für das Erstellen des Fragebogens nur spärliche Informationen über Katzen in der Literatur vorzufinden. Viele bereits bestehende Befragungsmuster wurden nur speziell für den Hund in Anlehnung an die Humanmedizin konzipiert und erlauben keine adäquate Übertragung auf den Katzenpatienten (HIELM-BJÖRKMAN et al., 2003; MOREAU et al., 2003; WISEMAN-ORR et al., 2004; FARRELL et al. 2007; DYMOND et al., 2010) oder stützen sich lediglich auf die Zufriedenheit der Besitzer mit dem funktionellen Endresultat, die infolge zur Überprüfung der klinischen Ergebnisse herangezogen wurden (KURZBACH, 2000). Weitere Erfolgsstatistiken bauen auf die Beurteilung des Heilerfolgs auf, indem nur der Status lahmheitsfrei oder lahm ermittelt wurde (EBEL, 1990). EBEL (1990) erzielte mit ihrer Fragebogenaktion bei Katzen stets ein gutes Resultat (lahmheitsfrei, auch nach längerer Belastung). Dies berechtigt die Annahme der ungenügenden bis fehlerhaften Kenntnis des Besitzers prinzipiell ein lahmes Tier zu erkennen und richtig zu diagnostizieren, wenn grundsätzlich eine Ganganalyse bei der Katze ebenso unter geschultem Auge in klinischen

Untersuchungsräumen mit Schwierigkeiten verbunden ist (CHANDLER u. BEALE, 2002). LEONARD u. TILLSON (2001) betonen die Herausforderung einer orthopädischen Untersuchung im Vergleich zum Hund aufgrund der Bewegungsunlust oder der vorsichtigen und nur zaghaften Fortbewegung in geduckter Körperhaltung speziell in fremder Umgebung.

LASCELLES et al. (2007) erarbeiteten für ihre Studie der Schmerzmessung bei Katzen mit Osteoarthritis bisher als einzige eine spezifisch angepasste Evaluierung der Besitzerbeobachtungen und Aktivitätskontrollen des Patienten basierend auf Änderungen des Verhaltens und Befindens. Durch die bewusste Konfrontation des Tierbesitzers mittels gezielter Fragestellung auf mögliche Abweichungen im Verhalten seines Tieres können sicherer und genauer Rückschlüsse auf etwaige verborgene bzw. nicht erkennbare Lahmheiten und Schmerzzustände geschlossen werden. Aus eigener Erfahrung ergab die Befragung mit dem erstellten Fragebogen auf Schwierigkeiten in einer vor dem Trauma gewohnten Tätigkeit bei den meisten Katzen eine Vermeidung einer akut schmerhaften bzw. schmerhaft in Erinnerung gebliebenen Bewegung. So werden Sprünge über Hindernisse vermieden und Höhenunterschiede nicht durch Hoch- und Runterspringen auf und von Tischen, Fensterbrettern oder Ähnlichen überwunden, sondern gezielt von den Tieren ein Alternativweg gesucht. Die Besitzer sehen die Unentschlossenheit ihrer Katze, indem sie zuerst einen Sprungversuch andeutet, sich jedoch entschließt, über Umwege ihr bestimmtes Ziel zu erreichen. Offensichtlichere Lahmheits- und Schmerzanzeichen äußern sich laut Auskunft durch die Schonhaltung der betroffenen Extremität bei kalter Witterung oder nach erhöhter Belastung.

Bei der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München liegt der Goldstandard eines funktionellen und aussagekräftigen Spätergebnisses sowohl in einer klinischen als auch röntgenologischen Kontrolluntersuchung. Mit 85 % wurde insgesamt ein gutes Resultat erzielt, bei dem die Katzen weder eine Lahmheit noch Arthrosen zeigten. Diese Häufigkeitsangabe lässt auf einen guten Behandlungs- und Heilungserfolg schließen. Arthrotische Veränderungen in den Gelenken hatten 11 % der Tiere entwickelt und Lahm waren bei den Nachuntersuchungen noch 8 %, wobei etwas weniger als die Hälfte keine röntgenologischen Zeichen aufwiesen. Besonders im Ellbogengelenk können

schon geringfügige, röntgenologisch nicht fassbare Veränderungen Schmerzen hervorrufen (MATIS et al., 1985). Während der klinischen Untersuchung reagieren Katzen zum Teil sehr schmerhaft auf Manipulationen und täuschen durch ihre Art der Fortbewegung eine Lahmheit vor (LASCELLE et al. 2007). Ihre Duckstellung, das leichte Gewicht, ihr athletischer Körperbau und die kleineren Gelenkwinkel befähigen die Katze, funktionelle Ausfälle sowie Fehlheilungen bzw. Knochenlängendifferenzen hervorragend zu kompensieren (SCOTT, 2005; HARASEN 2009). Von den eigenständig untersuchten Patienten waren drei von 12 Tieren mit einer geringgradigen bis hochgradigen Gelenkversteifung und eines von 14 mit einer im Röntgenbild diagnostizierten Gliedmaßenverkürzung (13) oder -verlängerung (1) lahm.

Die Katze als orthopädischer Patient stellt aufgrund ihres Lebensstils und der anatomischen Besonderheiten keine Leichtigkeit sowohl in der Diagnostik als auch in der Frakturversorgung dar. Gegenüber dem Hund holt die Katze durch die zunehmende Bedeutung in der Haustierhaltung an Stellenwert und dem damit verbundenen wachsenden Anspruch an den Operateur auf.

## VI ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1990–2010 wurden nach Eintragungen des Klinikverwaltungsprogramms 752 Katzen mit 850 Frakturen des Schulterblatts (6,1 %), Oberarms (32,3 %), Unterarms (60,2 %) sowie des Karpus (1,4 %) in die Chirurgische und Gynäkologische Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München eingeliefert. Am Unterarm wurden kombinierte Frakturen (69,2 %), isolierte Radius- (21,9 %) und isolierte Ulnaknochenbrüche (8,9 %) vermerkt.

Am häufigsten verunfallten Tiere < 1 Jahr (36,4 %) mit einer kontinuierlichen Abnahme der Patientenzahl im zunehmenden Lebensalter. Die Europäisch Kurz-/Langhaarkatze (72,7 %) war gegenüber der unspezifisch definierten Hauskatze und den Rassekatzen dominant vertreten. Es verunfallten mehr männliche (58 %) als weibliche (41,8 %) Tiere. Die Ursache der Frakturentstehung war hauptsächlich auf Stürze aus einer Höhe (46,4 %) zurückzuführen. Dabei neigten die Unterarmknochen überproportional stärker zu einer Frakturierung ( $p < 0,001$ ) und die betroffenen Katzen wiesen deutlich vermehrt Thoraxverletzungen auf ( $p = 0,002$ ). Einen hohen Anteil machten die unbekannten Ätiologien aus (33,1 %), die eine große Anzahl an isolierten Frakturen ( $p < 0,001$ ) zeigten.

Behandelt wurden 754 Frakturen bei 673 Katzen. Bei den Skapulafrakturen wurde 1-mal eine konservative und 8-mal eine operative Versorgung durchgeführt. Die 242 Humerusfrakturen wurden im proximalen Bereich mittels Bohrdrahtosteosynthese (100 %), im diaphysären Bereich hauptsächlich mittels Plattenosteosynthese (82 %, davon zu 37,1 % als Kombinationsosteosynthese) und im distalen Abschnitt vorwiegend mit Platten (50,7 %, davon zu 88,9 % in kombinierter Form) oder Schrauben und Bohrdrähten (46,5 %) stabilisiert. Die Frakturfixierung am Unterarm erfolgte bei den kombinierten Brüchen 34-mal konservativ und 302-mal (Radius) bzw. 77-mal (Ulna) operativ, bei den isolierten Frakturen am Radius 49-mal konservativ, 56-mal operativ und an der Ulna 5-mal konservativ sowie 32-mal operativ. An der Speiche wurde am häufigsten eine Platte (77,1 %, davon zu 7,2 % als Kombinationsosteosynthese) angelegt und bei der Elle ein Marknagel (94,3 %) eingeführt.

Eine klinische und röntgenologische Nachuntersuchung konnte bei 419 Fällen im Durchschnitt 1,35 Jahre nach Erstvorstellung (0,01–15,0 Jahre) durchgeführt werden. Die telefonische Befragung (33,7 %) und persönliche Fragebogenaktion (7,2 %) fand bei 627 Katzenbesitzern durchschnittlich nach 10,05 Jahren (0,36–20,59 Jahre) statt. Ein gutes Resultat ohne Lahmheit und arthrotische Veränderungen lag 381-mal (85 %) vor. Eine Lahmheit wurde bei 38 (8 %) und Gelenksarthrosen bei 52 (11 %) Tieren diagnostiziert. Dabei schnitten Humerusfrakturen im Gegensatz zu den Unterarmfrakturen in Bezug auf arthrotische Zubildungen geringgradig signifikant schlechter ab ( $p = 0,047$ ). Die Prognose nach Frakturen mit Gelenkbeteiligung Arthrosen zu entwickeln, ist überproportional schlechter ( $p < 0,001$ ), hingegen zeigen auftretende Lahmheiten eine zufällige Verteilung. Zwischen einfacher und komplexer Frakturform gibt es keinen statistisch überprüfbaren Einfluss auf das Endergebnis, jedoch ist bei komplexen Brüchen mit einem komplizierteren Heilungsverlauf zu rechnen ( $p < 0,001$ ).

Komplikationen kamen 177-mal bei 754 Frakturen (Komplikationsrate 23,5 %) bzw. bei 91 von 673 Katzen (Komplikationsrate 13,5 %) auf Humerus und Radius/Ulna verteilt vor. Implantatlockerungen (6,5 %) wurden vor verzögerter Heilung (3,4 %) und Knocheninfektion (2,6 %) beobachtet. Das Auftreten von Pseudarthrosen (2,3 %) beschränkte sich fast vollständig auf die Unterarmknochen ( $p = 0,016$ ). Im Allgemeinen konnte keine Prädisposition einer bestimmten Region für ein vermehrtes Komplikationsaufkommen festgestellt werden ( $p = 0,2$ ), obwohl der Humerus (26,9 %) im Gegensatz zum Radius und zur Ulna (22,8 %) eine schlechtere Rate aufweist. Eine Folgebehandlung im Sinne eines Austauschs von Knochenimplantaten oder deren Entfernung wurde 61-mal vorgenommen. Ein gutes funktionelles Resultat ohne Lahmheit und Arthrose hatten 54 (67 %) von 81 nachuntersuchten Tieren, somit nahmen 83 (46,9 %) kontrollierte Komplikationen einen zufriedenstellenden Ausgang. Das Therapieergebnis schritt bei Frakturen mit Komplikationen im Vergleich zur komplikationslosen Knochenheilung deutlich schlechter ab ( $p < 0,001$ ).

## VII SUMMARY

From the years 1990 to 2010, 752 cats with 850 fractures of the scapula (6.1 %), humerus (32.3 %), radius/ulna (60.2 %) as well as the carpus (1.4 %) were delivered to the small surgical and gynaecological veterinary hospital of the Ludwig's-Maximilians-University of Munich Veterinary Faculty after registration to the clinical management programme. In the forearm, combined fractures (69.2 %), isolated radius fractures (21.9 %) and isolated ulna fractures (8.9 %) were noted.

The affected animals were primarily less than one year of age (36.4 %), with a continuous decrease in the patient's number with the increase of age. The patients were predominantly domestic shorthaired and longhaired breeds (72.7 %) with more male (58 %) than female (41.8 %) gendered cats. The major cause of the fracture genesis was due to falls from a height (46.4 %). The bones of the forearm tended to be disproportionately stronger to fracture ( $p < 0.001$ ) and those cats showed increasingly thorax injuries ( $p = 0.002$ ). The unknown etiologies put out a high portion (33.1 %), which had more often isolated fractures ( $p < 0.001$ ).

Treatment of 754 fractures was accomplished in 673 cats. Care of fractures of the scapula had been carried out conservatively one time and surgically eight times. Of the 242 fractures of the humerus, pins (100 %) were used in the proximal area, plates (82 %), mainly in the diaphyseal area. The distal section was stabilized chiefly with plates (50.7 %) followed by screws and drilling wires (46.5 %). The fracture fixation of the forearm occurred with combined fractures conservatively in 34 cases and surgically in 302 (radius) and 77 (ulna) cases; with isolated fractures of the radius conservatively in 49 cases and surgically in 56 cases; and with isolated fractures of the ulna conservatively five times as well as surgically 32 times. Plates were more often used for fracture surgery of the radius (77.1 %). Intramedullary nailing (94.3 %) of the ulna was primarily performed.

Clinical examination as well as radiographic follow-up was feasible in 419 cases, on average 1.35 years (0.01–15 years) after first presentation. Information from the owners was obtained by phone calls (33.7 %) or at the hospital visit (7.2 %) in 627 cases after a mean of 10.05 years (0.36–20.59 years) after incident. It was noted that a good result without lameness and osteoarthritis had been reached 381 times (85 %). Lameness was seen in 38 patients (8 %) and degenerative joint

disease was diagnosed in 52 (11 %) cats. In contrast to the forearm, fractures of the humerus more often showed degenerative changes ( $p = 0.047$ ). The prognosis of developing osteoarthritis was significantly worse after fractures with joint involvement ( $p < 0.001$ ). There was no recorded statistical influence on the outcome between simple and comminuted fractures; however, comminuted fractures had a more complicated recovery time ( $p < 0.001$ ).

Complications of all 745 fractures (complication rate of 23.5 %) seemed to be distributed 177 times on the humerus and the forearm. Regarding the total number of 673 cats, 91 patients were affected (complication rate of 13.5 %). Implant loosening (6.5 %) followed by delayed fracture healing (3.4 %) and bone infection (2.6 %) were observed especially. The occurrence of non-union (2.3 %) was almost completely limited to the bones of the forearm ( $p = 0.016$ ). Although the humerus (26.9 %) showed a higher complication rate in contrast to the radius and ulna (22.8 %), no predisposition to a certain region could be identified ( $p = 0.2$ ). Subsequent treatments such as implant exchange or implant removal were carried out in 61 cases. Clinical and radiographic follow-up was available in 81 cats and 54 patients (67 %) showed a good functional healing without lameness and osteoarthritis. Therefore, 83 (46.9 %) examined complications had a satisfying outcome. However, the functional result was clearly negatively influenced by fractures with complications ( $p < 0.001$ ).

## VIII LITERATURVERZEICHNIS

Allgöwer M, Perren SM, Rüedi T. Biophysikalische Aspekte der normalen und der heilenden Knochenkortikalis. Langenbecks Arch Chir 1971; 328: 109–14.

Aron DN, Foutz TL, Keller WG, Brown J. Experimental and clinical experience with an IM pin external skeletal fixator tie-in configuration. Vet Comp Orthop Traumatol 1991; 4: 86–94.

Aron DN, Palmer RH, Johnson AL. Biologic strategies and a balanced concept for repair of highly comminuted long bone fractures. Compend Contin Educ Pract Vet 1995; 17: 35–49.

Bahn U. Komplikationen nach Osteosynthesen: eine retrospektive und klinische Studie bei Hund und Katze in den Jahren 1989–1992 unter besonderer Berücksichtigung pathogenetisch bedeutsamer Faktoren (Dissertation). Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover, 1995.

Bardet JF, Hohn RB, Rudy RL, Olmstead ML. Fractures of the humerus in dogs and cats: a retrospective study of 130 cases. Vet Surg 1983; 12: 73–7.

Barth R. Die polytraumatisierte Katze. Kleintierprax 1990; 35: 321–30.

Baumberger A, Lakatos L. Ein Beitrag zur Behandlung von Humerusfrakturen im distalen Schaftbereich bei der Katze. Schweiz Arch Tierheilkd 1978; 120: 423–9.

Baumer Katja. Wachstumsstörungen und Fehlstellungen der Ossa antebrachii beim Hund. Formen, Therapie und Ergebnisse (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1992.

Bedford PGC. Dislocation of the shoulder joint with fracture of the caput humeri in a cat. J Small Anim Pract 1969; 10: 519–22.

Bidlingmaier B. Klinische Untersuchungen und Erhebungen zur Luxatio antebrachii und Monteggia-Fraktur bei Hund und Katze in den Jahren 1978–1987 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1989.

Binnington AG. Fractures of the scapular tuberosity. *Can Vet J* 1974; 15: 152–55.

Brookes M, Elkin AC, Harrison RG, Heald CB. A new concept of capillary circulation in bone cortex. Some clinical applications. *Lancet* 1961; 1: 1078–81.

Brüse S, Dee J, Prieur WD. Internal fixation with a veterinary cuttable plate in small animals. *Vet Comp Orthop Traumat* 1989; 1: 40–6.

Brunnberg L. Humerusfrakturen mit Beteiligung des Ellbogengelenks (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1974.

Brunnberg L, Waibl H. Schulterblatt und Schultergelenk. In: Schebitz H, Brass W, Hrsg. Operationen an Hund und Katze. 3. Aufl. Stuttgart: Parey; 2007: 299–314.

Brunnberg L, Waibl H, Meyer-Lindenberg A. Zur operativen Versorgung der Fraktur des Tuberculum supraglenoidale scapulae. *Kleintierprax* 1993; 38: 425–32.

Bush MA, Owen MR. Type-IV variant Monteggia fracture with concurrent proximal radial physeal fracture in a domestic shorthaired cat. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009; 22: 225–8.

Campbell CJ, Grisolia A, Zanconato G. The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical traumata. *J Bone Joint Surg Am* 1959; 41: 1221–40.

Carter HE. The clinical approach to fractures in small animals. *Vet Rec* 1964; 76: 1412–22.

Chandler JC, Beale BS. Feline orthopedics. Clin Techn Small Anim Pract 2002; 17: 190–203.

Claes LE, Heigele CA. Magnitudes of local stress and strain along bony surfaces predict the course and type of fracture healing. J Biomech 1999; 32: 255–66.

Claes LE, Hutzschenreuter P. Kortikalsdruckfestigkeit bei Hund, Katze und Huhn. Kleintierprax 1977; 22: 100–3.

Clarke SP, Mellor D, Clements DN, Gemmill T, Farrell M, Carmichael S, Bennett D. Prevalence of radiographic signs of degenerative joint disease in a hospital population of cats. Vet Rec 2005; 157: 793–9.

Cook JL, Cook CR, Tomlinson JL, Millis DL, Starost M, Albrecht MA, Payne JT. Scapular fractures in dogs: epidemiology, classification, and concurrent injuries in 105 cases (1988–1994). J Am Anim Hospi Assoc 1997; 33: 528–32.

Denny HR. Orthopädische Chirurgie an Hund und Katze. 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 1996: 11–65, 163–243.

Denny HR, Barr ARS. Partial carpal and pancarpal arthrodesis in the dog: a review of 50 cases. J Small Anim Pract 1991; 32: 329–34.

Diaz-Bertrana MC, Durall I, Puchol JL, Sanchez A, Franch J. Interlocking nail treatment of long-bone fractures in cats: 33 cases (1995–2004). Vet Comp Orthop Traumatol 2005; 18: 119–26.

Duhautois B. Use of veterinary interlocking nails for diaphyseal fractures in dogs and cats: 121 cases. Vet Surg 2003; 32: 8–20.

Dymond NL, Goldsmid SE, Simpson DJ. Tibial tuberosity advancement in 92 canine stifles: initial results, clinical outcome and owner evaluation. Aust Vet J 2010; 88: 381–85.

Earley TD, Dee JF. Trauma of the carpus, tarsus and phalanges of dogs and cats. Vet Clin North Am Small Anim Pract 1980; 10: 717–47.

Ebel H. Dokumentationsanalyse von Ober- und Unterarmfrakturen bei Hund und Katze in den Jahren von 1985–1989 (Dissertation). Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover, 1990.

Ehrlein HJ. Zur Kasuistik und Therapie von Frakturen der Humeruskondylen des Hundes. Dtsch Tierarztl Wochenschr 1967; 19: 482–8.

Eisenmenger E. Frakturen mehrerer langer Extremitätenknochen bei Hund und Katze. Wiener Tierarztl Monatsschr 1964; 51: 658–74.

Emery MA, Murakami H. The features of fracture healing in cats after immediate and delayed open reduction. J Bone Joint Surg 1967; 49: 571–79.

Emmerson TD, Muir P. Bone plate removal in dogs and cats. Vet Comp Orthop Traumatol 1999; 12: 74–7.

Euler B. Unterarmfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970–1978 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1979.

Farrell M, Clements DN, Mellor, D, Gemmill T, Clarke SP, Arnott JL, Bennett D, Carmichael S. Retrospective evaluation of the long-term outcome of non-surgical management of 74 dogs with clinical hip dysplasia. Vet Rec 2007; 160: 506–11.

Flagstad A, Arnbjerg J, Jensen SE. Feline high-rise syndrome in the greater metropolitan area of Copenhagen. A four-year retrospective study. Europ J Comp Anim Pract 1999; 9: 165–71.

Fox SM. Premature closure of the distal radial and ulnar physes in the dog – part I. Pathogenesis and diagnosis. Compend Contin Educ Pract Vet 1984; 6: 128–44.

Fox SM. External coaptation bandages: how and when to use them. *Vet Med* 1988; 83: 153–65.

Franch J, Lopez C. *Atlas der chirurgischen Zugänge. Hund und Katze*. München: Urban & Fischer; 2007: 3–60.

Frankel VH, Nordin M. Biomechanics bone. In: Nordin M, Frankel VH, eds. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 3<sup>rd</sup> edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001: 26–59.

Fuchs R. Femurschaftfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970–1977 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1978.

Gemmill TJ, Cave TA, Clements DN, Clarke SP, Bennett D, Carmichael S. Treatment of canine and feline diaphyseal radial and tibial fractures with low-stiffness external skeletal fixation. *J Small Anim Pract* 2004; 45: 85–91.

Godfrey DR. Osteoarthritis in cats: a retrospective radiological study. *J Small Anim Pract* 2005; 46: 425–9.

Griffon DJ, Walter PA, Wallace LJ. Thoracic injuries in cats with traumatic fractures. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1994; 7: 98–100.

Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. Current concepts review. The management of open fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72: 299–304.

Gutbrod F. Zum stumpfen Thoraxtrauma beim Hund (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1981.

Haas B, Reichler M, Montavon PM. Use of the tubular external fixator in the treatment of distal radial and ulnar fractures in small dogs and cats. A retrospective clinical study. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2003; 16: 132–7.

Harari J. Treatments for feline long bone fractures. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002; 32: 927–47.

Harari J, Dunning D. Fractures of the scapula in dogs: a retrospective review of 12 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1993; 6: 105–8.

Harasen G. Feline orthopedics. *Can Vet J* 2009; 50: 669–70.

Hickman J. Greyhound injuries. *J Small Anim Pract* 1975; 16: 455–60.

Hielm-Björkman AK, Kuusela E, Liman A, Markkola A, Saarto E, Huttunen P, Leppaluoto J, Tulamo RM, Raekallio M. Evaluation of methods for assessment of pain associated with chronic osteoarthritis in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2003; 222: 1552–58.

Hill FWG. A survey of bone fractures in the cat. *J Small Anim Pract* 1977; 18: 457–63.

Horstman CL, Beale BS, Conzemius MG, Evans R. Biological osteosynthesis versus traditional anatomic reconstruction of 20 long-bone fractures using an interlocking nail: 1994–2001. *Vet Surg* 2004; 33: 232–7.

Houlton JEF, McGlennon NJ. Castration and physeal closure in the cat. *Vet Rec* 1992; 131: 466–67.

Hulth A. Current concepts of fracture healing. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 249: 265–84.

Irubetagoyena I, Lopez T, Autefage A. Typ IV Monteggia fracture in a cat. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24: 483–6.

Jaeger GH, Marcellin-Little DJ, Depuy V, Lascelles BDX. Validity of goniometric joint measurements in cats. *Am J Vet Res* 2007; 68: 822–26.

Jaeger G, Marcellin-Little DJ, Levine D. Reliability of goniometry in Labrador Retrievers. *Am J Vet Res* 2002; 63: 979–86.

Johnson AL. Fundamentals of Orthopedic Surgery and Fracture. In: Fossum TW, ed. *Small Animal Surgery*. 3<sup>rd</sup> edn. Missouri: Mosby Elsevier; 2007: 930–1014.

Johnson KH. Accessory carpal bone fractures in the racing greyhound. *Vet Surg* 1987; 16: 60–4.

Johnston SA. Articular fractures of the scapula in the dog. A clinical retrospective study of 26 cases. *J Am Anim Hospi Assoc* 1993; 29: 157–64.

Karnezis IA, Miles AW, Cunningham JL, Learmonth ID. "Biological" internal fixation of long bone fractures: a biomechanical study of a "noncontact" plate system. *Injury* 1998; 29: 689–95.

Kasa G, Kasa F. Ziele und Grundsätze der Veterinär-Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO-vet). *Prakt Tierarzt* 1975; 56: 43–47.

Kirkby KA, Lewis DD, Lafuente MP, Radasch RM, Fitzpatrick N, Farese JP, Wheeler JL, Hernandez JA. Management of humeral and femoral fractures in dogs and cats with linear-circular hybrid external skeletal fixators. *J Am Anim Hospi Assoc* 2008; 44: 180–97.

Klause SE, Schwarz PD, Egger EL, Piermattei DL. A modification of the unilateral type I external skeletal fixator configuration for primary or secondary support of supracondylar humeral or femoral fractures. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1990; 3: 130–4.

Knecht CD. Fractures in cats: a survey of 100 cases. *Fel Pract* 1978; 8: 43–6.

Knight GC. Internal fixation of the fractured lateral humeral condyle. *Vet Rec* 1959; 71: 667–69.

Knobloch S. Komplikationen nach Osteosynthese von Schaftfrakturen langer Röhrenknochen bei Hund und Katze. Ursachen, Therapie und Ergebnisse in den Jahren 1980–1987 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1990.

Köstlin R. Kniegelenk (nahe) Frakturen des Femurs bei Hund und Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970–1972 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1973.

Köstlin R. Vorderfußwurzelgelenk. In: Schebitz H, Brass W, Hrsg. Operationen an Hund und Katze, 3. Aufl. Stuttgart: Parey; 2007: 350–5.

Kolata RJ, Kraut NH, Johnston DE. Patterns of trauma in urban dogs and cats: a study of 1000 cases. J Am Vet Med Assoc 1974; 164: 499–502.

Kurzbach TM. Retrospektive Langzeituntersuchung von operativ versorgten Ellbogen- und Schultergelenkfrakturen bei Hund und Katze (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 2000.

Langley-Hobbs SJ, Carmichael S, McCartney WT. External skeletal fixation for stabilisation of comminuted humeral fractures in cats. J Small Anim Pract 1997; 38: 280–85.

Langley-Hobbs SJ, Straw M. The feline humerus. An anatomical study with relevance to external skeletal fixator and intramedullary pin placement. Vet Comp Orthop Traumatol 2005; 18: 1–6.

Larin A, Eich CS, Parker RB, Stubbs WP. Repair of diaphyseal femoral fractures in cats using interlocking intramedullary nails: 12 cases (1996–2000). J Am Vet Med Assoc 2001; 219: 1098–104.

Lascelles BDX. Feline degenerative joint disease. Vet Surg 2010; 39: 2–13.

Lascelles BDX, Hansen BD, Roe S, Depuy V, Thomson A, Pierce CC, Smith ES, Rowinski E. Evaluation of client-specific outcome measures and activity monitoring to measure pain relief in cats with osteoarthritis. *J Vet Intern Med* 2007; 21: 410–16.

Leonard CA, Tillson M. Feline lameness. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2001; 31: 143–63.

Lian JB, Stein GS. Concepts of osteoblast growth and differentiation: basis for modulation of bone cell development and tissue formation. *Crit Rev Oral Biol Med* 1992; 3: 269–305.

Lieberman JR, Daluiski A, Einhorn TA. The role of growth factors in the repair of bone. *Biology and clinical applications. J Bone Joint Surg* 2002; 84A: 1032–44.

Löffler K, Mahler D, Volckart W. Konservative und einfache operative Methoden zur Frakturbehandlung bei der Katze. *Kleintierprax* 1978; 23: 103–12.

McCartney W. Use of the modified acrylic external fixator in 54 dogs and 28 cats. *Vet Rec* 1998; 143: 330–4.

McCartney WT, Garvan CB. Muscle separation approach to scapular neck fractures in eight dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2008; 21: 471–3.

McKibbin B. The biology of fracture healing in long bones. *J Bone Joint Surg Br* 1978; 60: 150–62.

McKinley T. Principles of fracture healing. *Vet Surg* 2003; 21: 209–12.

McLaughlin RM. Internal fixation. Intramedullary pins, cerclage wires and interlocking nails. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1999; 29: 1097–116.

Macias C, Gibbons SE, McKee WM. Y-T humeral fractures with supracondylar

comminution in five cats. *J Small Anim Pract* 2006; 47: 89–93.

Mann FA, Wagner-Mann C, Tangner CH. Manual goniometric measurement of the canine pelvic limb. *J Am Anim Hospi Assoc* 1988; 24: 189–94.

Matis U. Osteosynthese. In: Schebitz H, Brass W, Hrsg. Operationen an Hund und Katze, 3. Aufl. Stuttgart: Parey; 2007: 57–70.

Matis U, Köstlin RG, Brunnberg L. Fehler in der Frakturbehandlung beim Kleintier und deren Folgen. *Berl Münch Tierarztl Wochenschr* 1985; 98: 173–80.

Matthiesen DT, Walter M. Surgical management of distal humeral fractures. *Comp Contin Educ Small Anim Pract* 1984; 6: 1027–36.

May C, Bennett D, Downham DY. Delayed physeal closure associated with castration in cats. *J Small Anim Pract* 1991; 32: 326–28.

Medl N, Hurter K. Fracture of the anconeal process in two cats. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2010; 23: 124–7.

Meyer zu Erpen S. Zum stumpfen Thoraxtrauma der Katze (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1982.

Miller CW. Krankheiten der vorderen Gliedmaßen. In: Binnington AG, Cockshutt JR, Sumner-Smith G, Hrsg. Chirurgie bei Kleintieren. Stuttgart, New York: Schattauer; 1992: 154–67.

Milovancev M, Ralphs SC. Radius/Ulna fracture repair. *Clin Tech Small Anim Pract* 2004; 19: 128–33.

Milton JL, Horne RD, Goldstein GM. Cross-pinning: a simple technique for treatment of certain metaphyseal and physeal fractures of the long bones. *J Am Anim Hosp Assoc* 1980; 16: 891–906.

Montavon, PM, Pohler OEM, Olmstead ML, Wendelburg KL. The mini instrument and implantat set and its clinical application. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1988; 1: 44–5.

Montgomery RD, Milton JL, Mann FA. Medial approach to the humeral diaphysis. *J Am Anim Hosp Assoc* 1988; 24: 433–7.

Morandi F, Hecht S, Daniel GB. Frakturen. In: Hecht S, Hrsg. Röntgendiagnostik in der Kleintierpraxis. Stuttgart, New York: Schattauer; 2008: 373–81.

Moreau M, Dupuis J, Bonneau NH, Desnoyers M. Clinical evaluation of a nutraceutical, carprofen and meloxicam for the treatment of dogs with osteoarthritis. *Vet Rec* 2003; 152: 323–29.

Müller ME, Engelhardt P. Verletzungen des Halte- und Bewegungsapparats. In: Berchtold R, Hamelmann H, Peiper HJ, Hrsg. Chirurgie. Lehrbuch der Allgemeinen und Speziellen Chirurgie. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg; 1987: 559–619.

Newton CD, Hohn RB. Fracture nonunion resulting from cerclage appliances. *J Am Vet Med Assoc* 1974; 164: 503–8.

Nickel R, Schummer A, Wille KH, Wilkens H. Knochen der Schultergliedmaße. In: Frewein J, Wille KH, Wilkens H, Hrsg. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I Bewegungsapparat. 8. Aufl. Stuttgart: Parey; 2004: 67–96.

Nolte DM, Fusco JV, Peterson ME. Incidence of and predisposing factors for nonunion of fractures involving the appendicular skeleton in cats: 18 cases (1998–2002). *J Am Vet Med Assoc* 2005; 226: 77–82.

Oakley RE. External coaptation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1999; 29: 1083–95.

Ohlerth S, Voss K, Steffen F. Further diagnostic procedures. In: Montavon PM, Voss K, Langley-Hobbs SJ, eds. *Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease*. Edinburgh, Toronto: Saunders; 2009: 21–40.

Ormrod AN. Limb fractures in the dog and cat-IV. Fractures of the fore limb. *J Small Anim Pract* 1966; 7: 155–62.

O'Sullivan ME, Chao EYS, Kelly PJ. The effects of fixation on fracture-healing. *J Bone Joint Surg* 1989; 71A: 306–10.

Parker RB, Brown SG, Wind AP. Pancarpal arthrodesis in the dog. *Vet Surg* 1981; 10: 35–43.

Pauwels F. Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. *Z Anat Entwickl* 1960; 121: 478–515.

Peddie JF. A method for repairing fracture of the proximal ulna. *Vet Med Small Anim Clin* 1969; 64: 989–92.

Perren SM, Allgöwer M, Brunner H, Burch HB, Cordey J, Ganz R, Gasser B, Gerber H, Geret V, Gisin P, Höntzsch D, Klaue K, Küng R, Mast J, Matter P, Monney G, Pohler O, Rahn B, Rüedi T, Schatzker J, Schütz M, Steinemann S, Tepic M, Weber BG, Z'Brun P. The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP). Scientific background, design and application. *Injury* 1991; 22 Suppl 1: 1–41.

Piermattei DL. Zugänge zum Skelettsystem von Hund und Katze. 2. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer; 1996: 91–222.

Piermattei DL, Flo GL, DeCamp CE. Brinker, Piermattei, and Flo's *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. 4<sup>th</sup> edn. Missouri: Saunders; 2006: 25–159, 255–432.

Phillips IR. A survey of bone fractures in the dog and cat. *J Small Anim Pract*

1979; 20: 661–74.

Phillips AM. Overview of the fracture healing cascade. *Injury* 2005; 36(5): 5–7.

Plesman RL, French S, Nykamp S, Ringwood PB. Partial scapulectomy for treatment of an articular fracture of the scapula in a cat. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011; 24: 468–73.

Prieur WD. Die konservative und operative Frakturbehandlung beim Kleintier. *Prakt Tierarzt* 1976; 57: 485–496.

Pschyrembel W. Pschyrembel. Klinisches Wörterbuch. 253. Aufl. Berlin, New York: Walter de Gruyter; 1997: 381–82.

Radasch RM. Biomechanics of bone and fractures. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1999; 29: 1045–82.

Radzikowski A. Die Humerusfrakturen beim Hund. Behandlung, Komplikationen und Ergebnisse in den Jahren 1959 bis 1969 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1971.

Rahn BA. Bone healing: histological and physiological concepts. In: Sumner-Smith G, ed. *Bone in Clinical Orthopedics*. 2<sup>nd</sup> edn. Stuttgart, New York: AO Publishing; 2002: 287–326.

Rahn BA, Gallinaro P, Baltensperger A, Perren SM. Primary bone healing: an experimental study in the rabbit. *J Bone Joint Surg Am* 1971; 53: 783–86.

Rhinelander FW. Some Aspects of the microcirculation of healing bone. *Clin Orthop Relat Res* 1965; 40: 12–6.

Rhinelander FW. The normal microcirculation of diaphyseal cortex and its response to fracture. *J Bone Joint Surg Am* 1968; 50: 784–800.

Risselada M, Kramer M, De Rooster H, Taeymans O, Verleyen P, VanBree H. Ultrasonographic and radiographic assessment of uncomplicated secondary fracture healing of long bones in dogs and cats. *Vet Surg* 2005; 34: 99–107.

Roach LM. A new method for repairing fractures of the olecranon. *J Am Vet Med Assoc* 1955; 127: 120–1.

Roe S. Biomechanical basis of bone fracture and fracture repair. In: Coughlan A, Miller A, eds. *Manual of Small Animal Fracture Repair and Management*. Cheltenham: British Small Anim Vet Assoc; 1998: 17–28.

Root MV, Johnston SD, Olson PN. The effect of prepuberal and postpuberal gonadectomy on radial physeal closure in male and female domestic cats. *Vet Radiol Ultrasound* 1997; 38: 42–7.

Roush JK. Management of fractures in small animals. *Vet Clin Small Anim Pract* 2005; 35: 1137–54.

Roush JK, McLaughlin RM. Principles of applying pin and wire fixation. *Vet Med* 1998; 93: 1075–80.

Salomon FV. Bewegungsapparat. In: Salomon FV, Geyer H, Gille U, Hrsg. *Anatomie für die Tiermedizin*. Stuttgart: Enke; 2005: 22–234.

Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45A: 587–622.

Sardinas JC, Montavon PM. Use of a medial bone plate for repair of radius and ulna fractures in dogs and cats: a report of 22 cases. *Vet Surg* 1997; 26: 108–13.

Schatzker J. Introduction-AO philosophy and principles. In: Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R, eds. *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Stuttgart, New York: Thieme; 2005: XV–XIX.

Schebitz H, Vollmerhaus B, Brunnberg L, Matis U, Roos H, Waibl H, Köstlin G. Zur Frakturbehandlung beim jungen Hund. Kleintierprax 1981; 26: 63–72.

Schmidtke HO. Die konservative Frakturbehandlung. Möglichkeiten und Grenzen. Prakt Tierarzt 1975; 56: 41–42.

Schwandt CS. User manual for the 4.5/5.5 mm VetFix: Developement of a new veterinary internal fixation system, from the prototype to the final version. Thesis: University of Bern, Switzerland, 2001.

Schwarz PD, Schrader SC. Ulnar fracture and dislocation of the proximal radial epiphysis (Monteggia lesion) in the dog and cat: a review of 28 cases. J Am Vet Med Assoc 1984; 185: 190–4.

Scott H. Repair of long bone fractures in cats. In Pract 2005; 27: 390–7.

Scott HW, McLaughlin R. Feline Orthopedics. London: Manson; 2007: 9–16, 43–49, 115–135.

Selcer BA, Buttrick M, Barstad R, Riedesel D. The incidences of thoracic trauma in dogs with skeletal injury. J Small Anim Pract 1987; 28: 21–7.

Silva HR, Clements DN, Yeadon R, Fitzpatrick N. Linear-circular external skeletal fixation of intra-condylar humeral fractures with supracondylar comminution in four cats. Vet Comp Orthop Traumatol 2012; 25: 1–6.

Simpson A. Fractures of the humerus. Clin Tech Small Anim Pract 2004; 19: 120–7.

Smith RN. Fusion of ossification centres in the cat. J Small Anim Pract 1969; 10: 523–30.

Staimer MS. Humerusfrakturen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den

Jahren 1970–1978 (Dissertation). München: Tierärztliche Fakultät LMU München, 1980.

Sumner-Smith G. Frakturheilung. In: Binnington AG, Cockshutt JR, Sumner-Smith G, Hrsg. Chirurgie bei Kleintieren. Stuttgart, New York: Schattauer; 1992: 140–49.

Sumner-Smith G, Cawley AJ. Non-union of fractures in the dog. *J Small Anim Pract* 1970; 11: 311–25.

Tillson DM. Open fracture management. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1995; 25: 1093–1110.

Tomlin JL, Pead MJ, Langley-Hobbs SJ, Muir P. Radial carpal bone fracture in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 2001; 37: 173–8.

Tomlinson J. Complications of fractures repaired with casts and splints. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1991; 21: 735–44.

Torrington A. The scapula. In: Coughlan A, Miller A, eds. *Manual of Small Animal Fracture Repair and Management*. Cheltenham: British Small Anim Vet Assoc; 1998: 161–70.

Turner TM. Fractures of the proximal humerus. In: Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R, eds. *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Stuttgart, New York: Thieme; 2005: 202–7.

Unger M, Montavon PM, Heim UFA. Classification of fractures of long bones in the dog and cat: introduction and clinical application. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1990; 3: 41–50.

Vannini R, Olmstead ML, Smeak DD. An epidemiological study of 151 distal humeral fractures in dogs and cats. *J Am Anim Hospi Assoc* 1988a; 24: 531–36.

Vannini R, Smeak DD, Olmstead ML. Evaluation of surgical repair of 135 distal humeral fractures in dogs and cats. *J Am Anim Hosp Assoc* 1988b; 24: 537–45.

Vaughan LC. A clinical study of non-union fractures in the dog. *J Small Anim Pract* 1964; 5: 173–7.

Vnuk D, Pirkic B, Maticic D, Radisic B, Stejskal M, Babic T, Kreszinger M, Lemo N. Feline high-rise syndrome: 119 cases (1998–2001). *J Feline Med Surg* 2003; 6: 305–12.

Vollmerhaus B, Roos H, Matis U, Veith G, Tassani-Prell M. Zur artspezifischen Anatomie und Funktion des Brustkorbs der Hauskatze. *Tierarztl Praxis* 1999a; 27K: 365–70.

Vollmerhaus B, Roos H, Veith G. Zur anatomischen und biologischen Wertigkeit der Thoraxbewegungen bei Hund und Katze. *Anat Histol Embryol* 1999b; 28: 61–7.

Vollmerhaus B, Waibl H, Roos H. Gelenke. In: Frewein J, Vollmerhaus B, Hrsg. Anatomie von Hund und Katze. Berlin: Blackwell; 1994: 53–76.

Voss K, Kull MA, Haessig M, Montavon PM. Repair of long-bone fractures in cats and small dogs with the Unilock mandible locking plate system. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009a; 22: 398–405.

Voss K, Langley-Hobbs SJ, Montavon PM. Carpal joint. In: Montavon PM, Voss K, Langley-Hobbs SJ, eds. *Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease*. Edinburgh, Toronto: Saunders; 2009b: 385–96.

Voss K, Lieskovsky J. Trauma-induced growth abnormalities of the distal radius in three cats. *J Feline Med Surg* 2007; 9: 117–23.

Voss K, Steffen F. Patient assessment. In: Montavon PM, Voss K, Langley-Hobbs SJ, eds. *Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease*. Edinburgh,

Toronto: Saunders; 2009: 3–20.

Wallace AL, Draper ERC, Strachan RK, McCarthy ID, Hughes SPF. The effect of devascularization upon early bone healing in dynamic external fixation. *J Bone Joint Surg* 1991; 73: 819–25.

Wallace AM, Puerta B, Trayhorn D, Moores AP, Langley-Hobbs SJ. Feline combined diaphyseal radial and ulnar fractures. A retrospective study of 28 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009; 22: 38–46.

Weinstein J, Ralphs SC. External coaptation. *Clin Tech Small Anim Pract* 2004; 19: 98–104.

Westhues M. Die Druckosteosynthese bei Fortsatzbrüchen der Kleintiere. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1955; 68: 125–40.

Whitney WO, Mehlhaff CJ. High-rise syndrome in cats. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191: 1399–403.

Wiley J. The normal circulation of bone and its response to surgical intervention. *J Biomed Mater Res* 1974; 8: 87–90.

Willenegger H, Perren SM, Schenk R. Primäre und sekundäre Knochenheilung. *Chir* 1971; 42: 241–52.

Wiseman-Orr ML, Nolan AM, Reid J, Scott EM. Development of a questionnaire to measure the effects of chronic pain on health-related quality of life in dogs. *Am J Vet Res* 2004; 65: 1077–84.

Wraighte PJ, Scammell PE. Principles of fracture healing. *Surg* 2006; 24: 198–207.

Yamagishi M, Yoshimura Y. The biomechanics of fracture healing. *J Bone Joint*

Surg Am 1955; 37: 1035–68.

Zahn K, Frei R, Wunderle D, Linke B, Schwieger K, Guergiev B, Pohler O, Matis U. Mechanical properties of 18 different AO bone plates and the clamp-rod internal fixation system tested on a gap model construct. Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21: 185–94.

Zahn K, Matis U. Der Clamp Rod Internal Fixator zur Behandlung von Pseudarthrosen beim Kleintier. OP-J 2004a; 20: 128–32.

Zahn K, Matis U. The clamp rod internal fixator – application and results in 120 small animal fracture patients. Vet Comp Orthop Traumatol 2004b; 17: 110–20.

## IX ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abb. 1: Epiphysenfrakturen der Wachstumsfuge.</i> .....	13
<i>Abb. 2: Frakturformen.</i> .....	14
<i>Abb. 3: Frakturentstehung.</i> .....	15
<i>Abb. 4: Formen der Krafteinwirkungen.</i> .....	16
<i>Abb. 5: Frakturlinien infolge von Krafteinwirkungen.</i> .....	17
<i>Abb. 6: Sekundäre Frakturheilung.</i> .....	22
<i>Abb. 7: Kontakt- und Spaltheilung.</i> .....	24
<i>Abb. 8: Die Beeinflussung der Blutversorgung des Knochens durch unterschiedliche Fixationsmethoden.</i> .....	31
<i>Abb. 9: Goniometrische Messungen am Karpalgelenk.</i> .....	58
<i>Abb. 10: Goniometrische Messungen am Ellbogengelenk.</i> .....	59
<i>Abb. 11: Goniometrische Messungen am Schultergelenk.</i> .....	59
<i>Abb. 12: Topografische Verteilung der Skapulafrakturen.</i> .....	62
<i>Abb. 13: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Skapulafrakturen.</i> ...	64
<i>Abb. 14: Topografische Verteilung der Humerusfrakturen.</i> .....	68
<i>Abb. 15: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Humerusfrakturen.</i> .	74
<i>Abb. 16: Topografische Verteilung der Unterarmfrakturen.</i> .....	89
<i>Abb. 17: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Unterarmfrakturen.</i> .....	96
<i>Abb. 18: Topografische Verteilung der Karpalfrakturen.</i> .....	112
<i>Abb. 19: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Karpalfrakturen.</i> ...	114
<i>Abb. 20: Ergebnis der Kontrollstudie.</i> .....	126
<i>Abb. 21: Frakturregionen im Altersvergleich.</i> .....	127
<i>Abb. 22: Frakturregionen im Ursachenvergleich.</i> .....	128
<i>Abb. 23: Verletzungsgrad nach Unfallursache.</i> .....	129
<i>Abb. 24: Gesamtergebnis der Frakturregionen.</i> .....	130
<i>Abb. 25: Gesamtergebnis von Schaft- und Gelenkfrakturen.</i> .....	131
<i>Abb. 26: Gesamtergebnis einfacher und komplexer Frakturen.</i> .....	132
<i>Abb. 27: Gesamtergebnis nach untersuchter Komplikationen.</i> .....	134
<i>Abb. 28: Sturz und Aufprallverhalten.</i> .....	143
<i>Abb. 29: Checkliste Besitzerbefragung, Untersuchungsgang, Röntgen.</i> .....	184
<i>Abb. 30: Checkliste telefonische Befragung.</i> .....	185

<i>Abb. 31: Frakturen des Humerus.....</i>	186
<i>Abb. 32: Frakturen von Radius/Ulna.....</i>	187
<i>Abb. 33: Plattenosteosynthese Collum scapulae. ....</i>	188
<i>Abb. 34: Bohrdrahtosteosynthese Metaphysis proximalis humeri und Kombinationsosteosynthese Condylus lateralis humeri.....</i>	189
<i>Abb. 35: Plattenosteosynthese Humerusschaft. ....</i>	190
<i>Abb. 36: Bohrdrahtosteosynthese distaler Humerus. ....</i>	191
<i>Abb. 37: Drahtzuggurtung Olekranon. ....</i>	192
<i>Abb. 38: Bohrdrahtosteosynthese distaler Radius. ....</i>	193

## X TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tab. 1: Behandlung und Ergebnisse von Skapulafrakturen.....</i>	37
<i>Tab. 2: Behandlung und Ergebnisse proximaler Humerusfrakturen.....</i>	39
<i>Tab. 3: Behandlung und Ergebnisse von Humerusschaftfrakturen .....</i>	42
<i>Tab. 4: Behandlung und Ergebnisse distaler Humerusfrakturen .....</i>	44
<i>Tab. 5: Behandlung und Ergebnisse von Radius-/Ulnafrakturen.....</i>	48
<i>Tab. 6: Behandlung und Ergebnisse von Karpalknochenfrakturen.....</i>	52
<i>Tab. 7: Entfernung von Knochenplatten.....</i>	52
<i>Tab. 8: Gliederung der Frakturlokalisationen .....</i>	55
<i>Tab. 9: Belichtungsdaten. ....</i>	60
<i>Tab. 10: Frakturlokalisationen Skapula. ....</i>	63
<i>Tab. 11: Altersverteilung mit Frakturlokalisationen Skapula. ....</i>	63
<i>Tab. 12: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Skapulafrakturen ...</i>	65
<i>Tab. 13: Behandlung von Skapulafrakturen. ....</i>	66
<i>Tab. 14: Zeitspanne nachuntersuchter Schulterblattfrakturen. ....</i>	67
<i>Tab. 15: Ergebnis von Frakturen der Skapula.....</i>	67
<i>Tab. 16: Frakturlokalisationen am Humerus. ....</i>	69
<i>Tab. 17: Altersverteilung mit Frakturlokalisationen Humerus. ....</i>	71
<i>Tab. 18: Alters- und Formverteilung der proximalen Humerusepiphyse/-metaphyse.....</i>	71
<i>Tab. 19: Alters- und Formverteilung einfacher Humerusschaftfrakturen.....</i>	72
<i>Tab. 20: Alters- und Formverteilung komplexer Humerusschaftfrakturen. ....</i>	72
<i>Tab. 21: Alters- und Formverteilung der distalen Humerusepiphyse. ....</i>	73
<i>Tab. 22: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Humerusfrakturen...</i>	75
<i>Tab. 23: Frakturbehandlung der Epiphysis/Metaphysis proximalis humeri. ....</i>	76
<i>Tab. 24: Ergebnis der Epiphysis/Metaphysis proximalis humeri Frakturen.....</i>	77
<i>Tab. 25: Behandlung diaphysärer Humerusfrakturen.....</i>	78
<i>Tab. 26: Zeitspanne nachuntersuchter Humerusschaftfrakturen.....</i>	80
<i>Tab. 27: Ergebnis von diaphysären Humerusfrakturen.....</i>	81
<i>Tab. 28: Behandlung suprakondylärer Humerusfrakturen.....</i>	82
<i>Tab. 29: Zeitspanne nachuntersuchter suprakondylärer Humerusfrakturen. ....</i>	83
<i>Tab. 30: Ergebnis von suprakondylären Humerusfrakturen. ....</i>	84
<i>Tab. 31: Ergebnis von unikondylären Humerusfrakturen. ....</i>	85

---

<i>Tab. 32: Behandlung bikondylärer Humerusfrakturen.....</i>	87
<i>Tab. 33: Zeitspanne nachuntersuchter bikondylärer Humerusfrakturen. ....</i>	88
<i>Tab. 34: Ergebnis von bikondylären Humerusfrakturen. ....</i>	88
<i>Tab. 35: Frakturlokalisationen kombiniert am Unterarm. ....</i>	90
<i>Tab. 36: Frakturlokalisationen isoliert am Radius.....</i>	92
<i>Tab. 37: Frakturlokalisationen isoliert an der Ulna. ....</i>	93
<i>Tab. 38: Altersverteilung der Unterarmfrakturen. ....</i>	94
<i>Tab. 39: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Unterarmfrakturen... </i>	96
<i>Tab. 40: Behandlung des Radius von kombinierten Unterarmfrakturen.....</i>	100
<i>Tab. 41: Behandlung der Ulna von kombinierten Unterarmfrakturen. ....</i>	101
<i>Tab. 42: Zeitspanne nachuntersuchter Radius-/Ulnafrakturen. ....</i>	103
<i>Tab. 43: Ergebnis kombinierter Unterarmfrakturen. ....</i>	104
<i>Tab. 44: Behandlung isolierter Radiusfrakturen. ....</i>	105
<i>Tab. 45: Zeitspanne nachuntersuchter isolierter Radiusfrakturen. ....</i>	107
<i>Tab. 46: Ergebnis isolierter Radiusfrakturen. ....</i>	108
<i>Tab. 47: Behandlung isolierter Ulnafrakturen. ....</i>	109
<i>Tab. 48: Zeitspanne nachuntersuchter isolierter Ulnafrakturen. ....</i>	111
<i>Tab. 49: Ergebnis von isolierten Ulnafrakturen. ....</i>	111
<i>Tab. 50: Frakturlokalisationen Karpus. ....</i>	112
<i>Tab. 51: Altersverteilung mit Frakturlokalisationen Karpus. ....</i>	113
<i>Tab. 52: Zusätzliche Verletzungen und Unfallursachen bei Karpalfrakturen....</i>	114
<i>Tab. 53: Behandlung von Karpalfrakturen. ....</i>	115
<i>Tab. 54: Ergebnis von Frakturen der Karpalknochen. ....</i>	116
<i>Tab. 55: Fallzahlen der Ermittlungsgruppen. ....</i>	117
<i>Tab. 56: Einschränkungen nach Schwierigkeitsgraden in Prozent. ....</i>	118
<i>Tab. 57: Urteil nach Besitzerbefragung.....</i>	119
<i>Tab. 58: Übersicht der pathologischen klinisch-orthopädischen Befunde.....</i>	121
<i>Tab. 59: Übersicht der pathologischen röntgenologischen Befunde.....</i>	124
<i>Tab. 60: Ergebnis der Kontrollstudie. ....</i>	125
<i>Tab. 61: Altersverteilung anhand der Patientengesamtzahl.....</i>	126
<i>Tab. 62: Zeitspanne aller nachuntersuchter Fälle.....</i>	129
<i>Tab. 63: Gesamtergebnis der Frakturregionen. ....</i>	130
<i>Tab. 64: Gesamtergebnis der Schaft- und Gelenksfrakturen. ....</i>	131
<i>Tab. 65: Gesamtergebnis einfacher und komplexer Frakturen. ....</i>	132
<i>Tab. 66: Übersicht an Komplikationen. ....</i>	133

*Tab. 67: Auswertung der goniometrischen Messungen..... 183*

## XI ANHANG

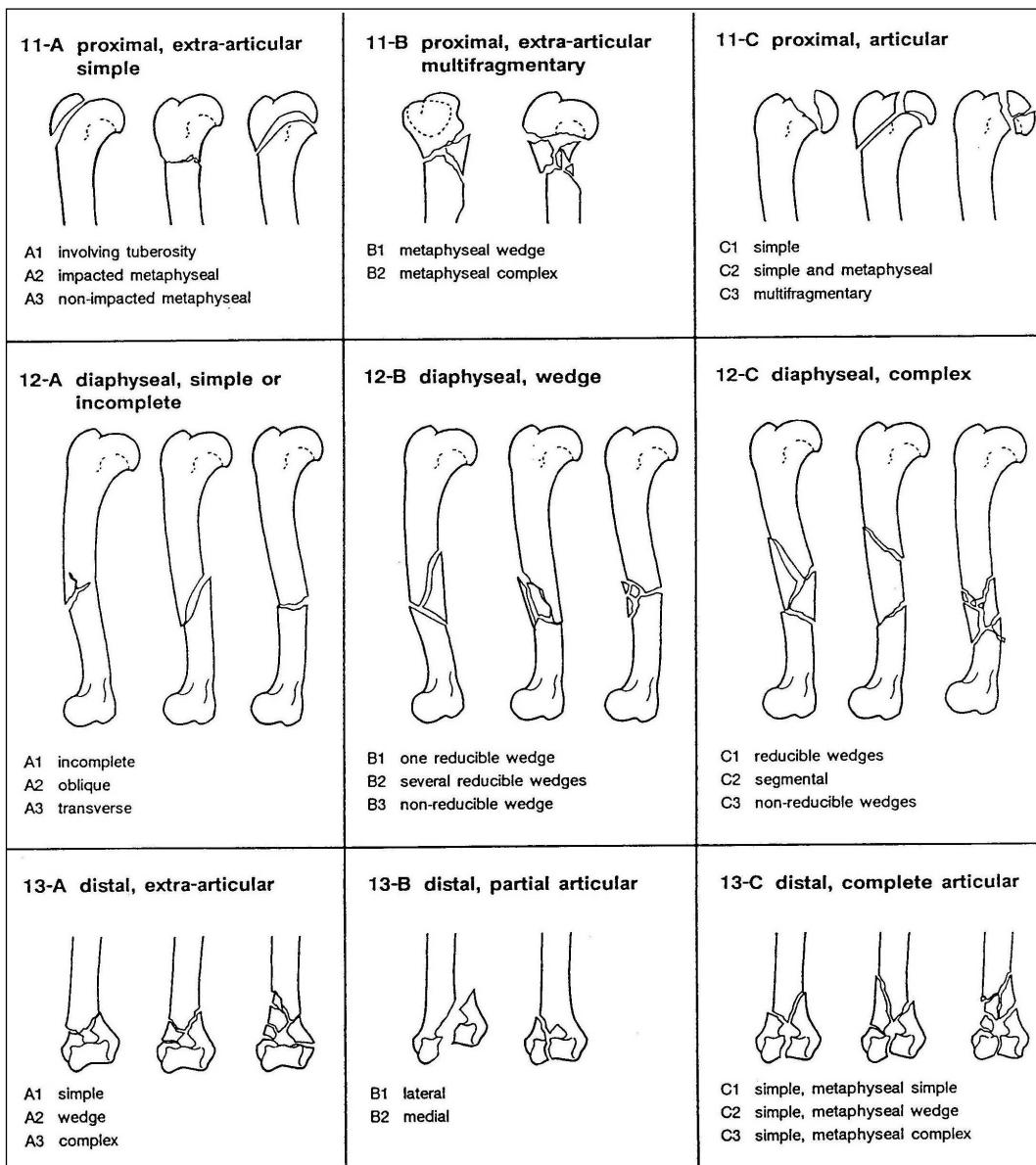
**Tab. 67: Auswertung der goniometrischen Messungen.**

°: Grad, σ: Standardabweichung, vk: Variationskoeffizient.

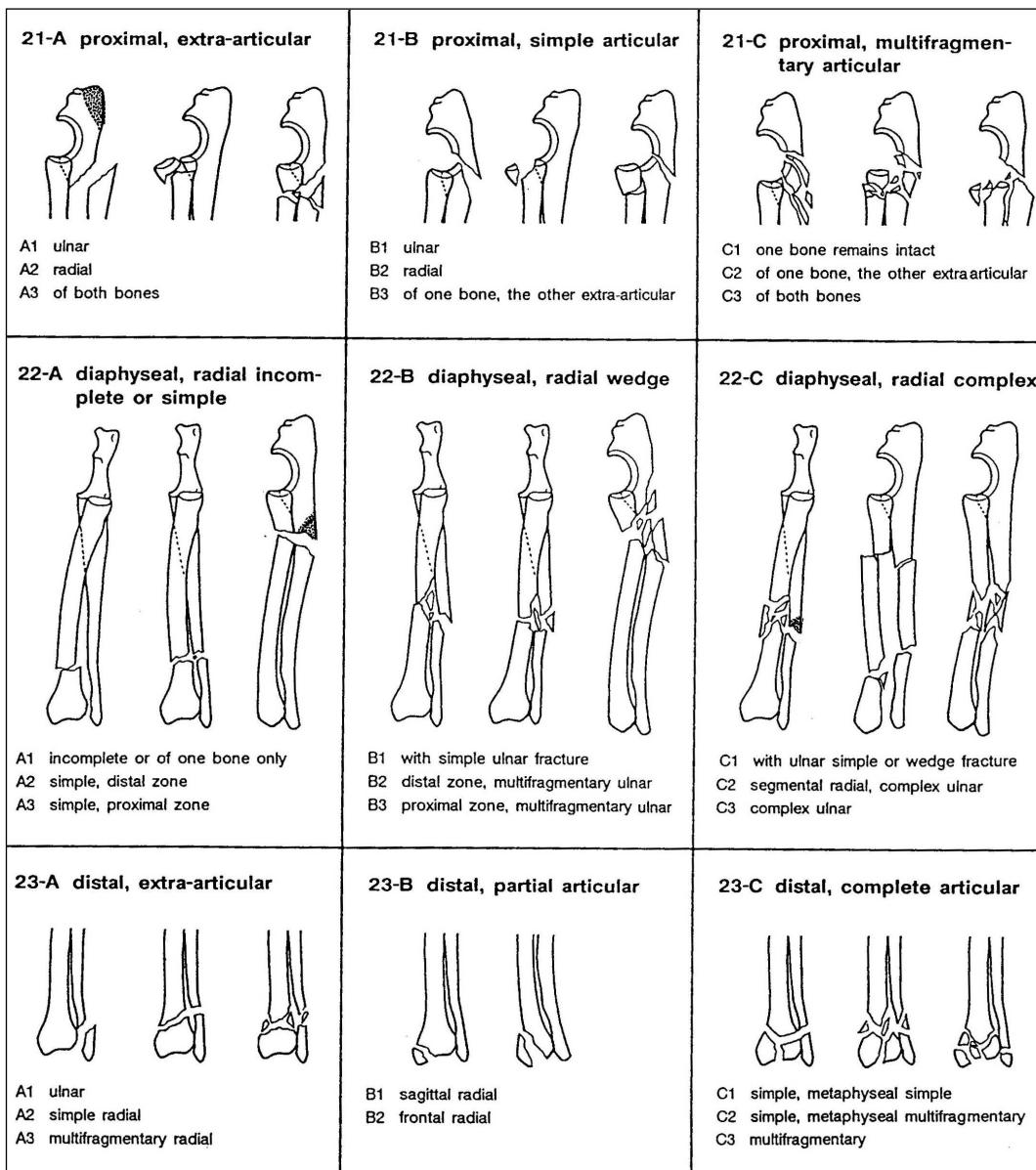
Gelenk	Position	Medianwert °	Mittelwert °	σ	vk
Schulter	Extension	170	171,0	2,6	0,02
	Flexion	40	41,2	3,2	0,08
Ellbogen	Extension	167,5	166,9	4,3	0,03
	Flexion	30	32,6	9,3	0,29
Karpus	Extension	190	192,9	5,0	0,03
	Flexion	25	28,8	20,8	0,72

**Abb. 29: Checkliste Besitzerbefragung, Untersuchungsgang, Röntgen.**

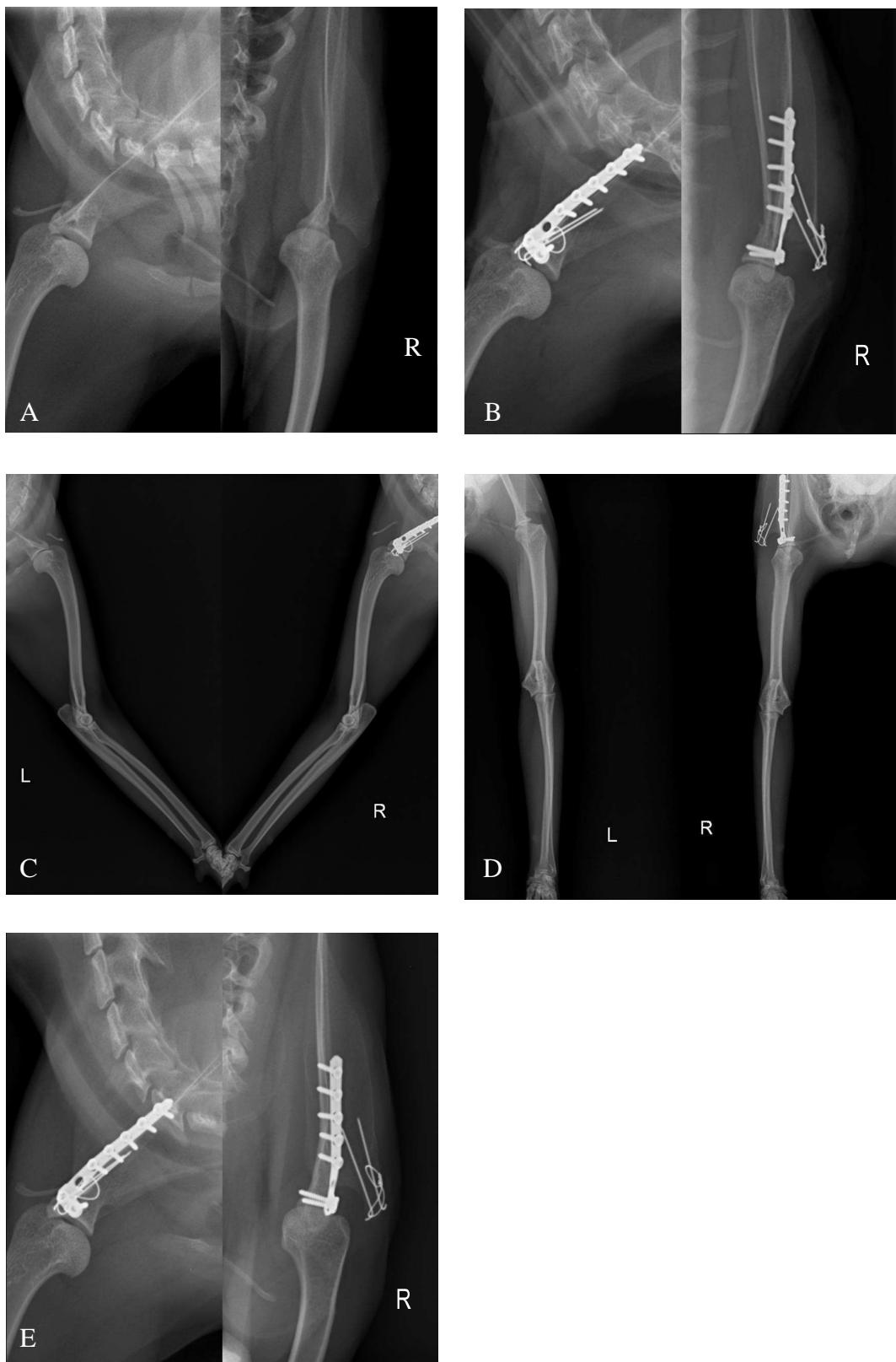
**Abb. 30: Checkliste telefonische Befragung**

**Abb. 31: Frakturen des Humerus.**

(Nach UNGER et al., 1990).

**Abb. 32: Frakturen von Radius/Ulna.**

(Nach UNGER et al., 1990).



**Abb. 33: Plattenosteosynthese Collum scapulae.**

EKH, weiblich kastriert, 3,5 Jahre alt, Fenstersturz. Halsquerfraktur präoperativ (A), Plattenosteosynthese mit Akromionosteotomie postoperativ (B), Kontrollröntgen nach 1,2 Jahren: mediolateral (C), kraniokaudal (D), Schultergelenk zentriert (E).



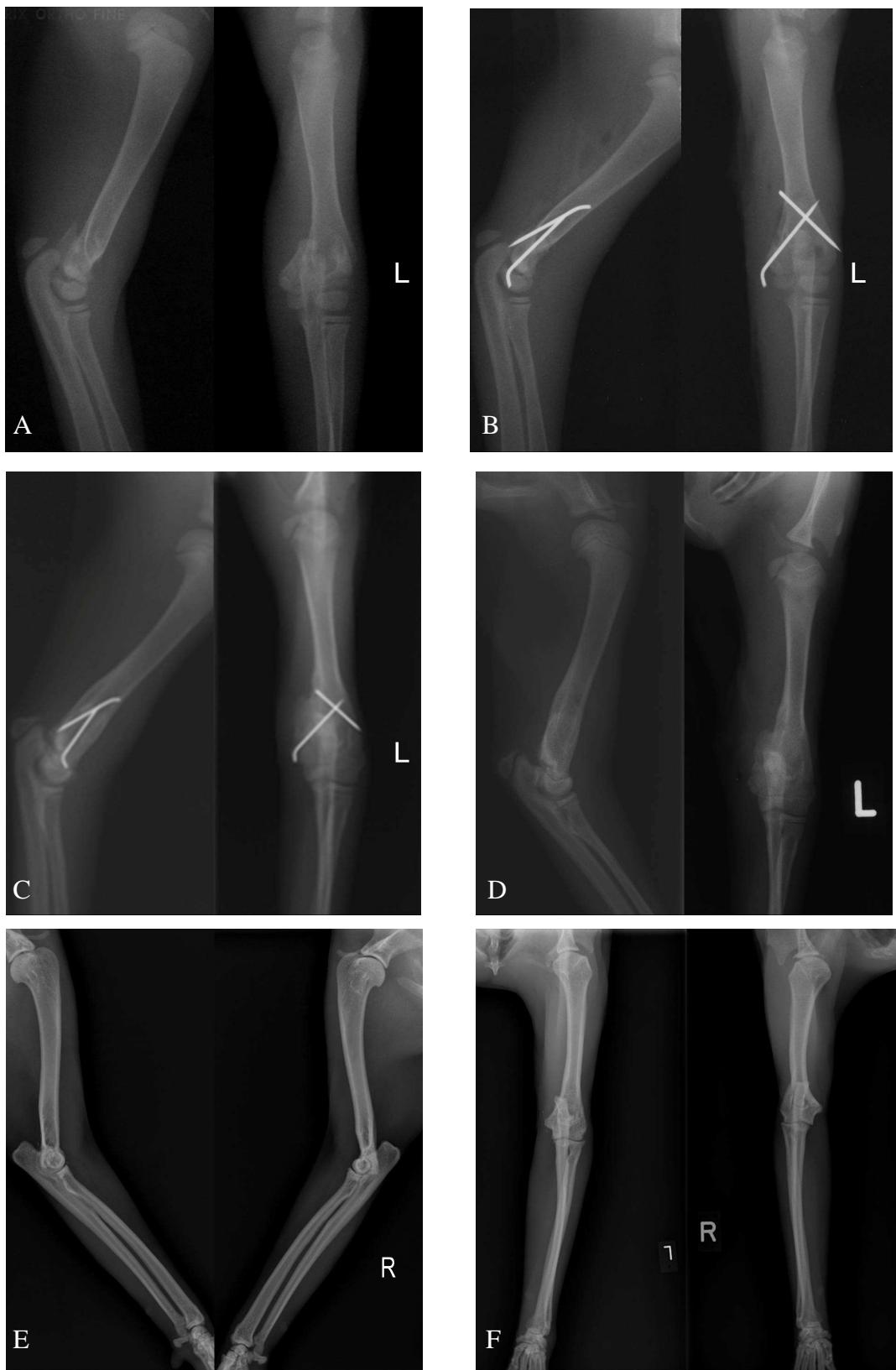
**Abb. 34: Bohrdrahtosteosynthese Metaphysis proximalis humeri und Kombinationsosteosynthese Condylus lateralis humeri.**

EKH, männlich kastriert, 5 Monate alt, Fenstersturz. Metaphysäre Querfraktur und Fraktur des Capitulum präoperativ (A), Kombinationsosteosynthese postoperativ (B), Implantatentfernung nach 6,4 Wochen: präoperativ (C), postoperativ (D), Kontrollröntgen nach 4,4 Jahren: mediolateral (E), kraniokaudal (F).



**Abb. 35: Plattenosteosynthese Humerusschaft.**

EKH, weiblich, 2 Monate alt, eingeklemmt. Schaftquerfraktur präoperativ (A), Plattenosteosynthese postoperativ (B), Kontrollröntgen nach 6,6 Jahren mit Verkürzung des Humerus und Ausgleichsverlängerung der Ulna rechts: mediolateral (C), kraniokaudal (D).



**Abb. 36: Bohrdrahtosteosynthese distaler Humerus.**

EKH, männlich, 3 Monate alt, Sturz vom Arm. Suprakondyläre Fraktur präoperativ (A), Kreuzspickung postoperativ (B), Implantatentfernung nach 7,4 Wochen: präoperativ (C), postoperativ (D), Kontrollröntgen nach 8,8 Jahren: mediolateral (E), kraniokaudal (F).



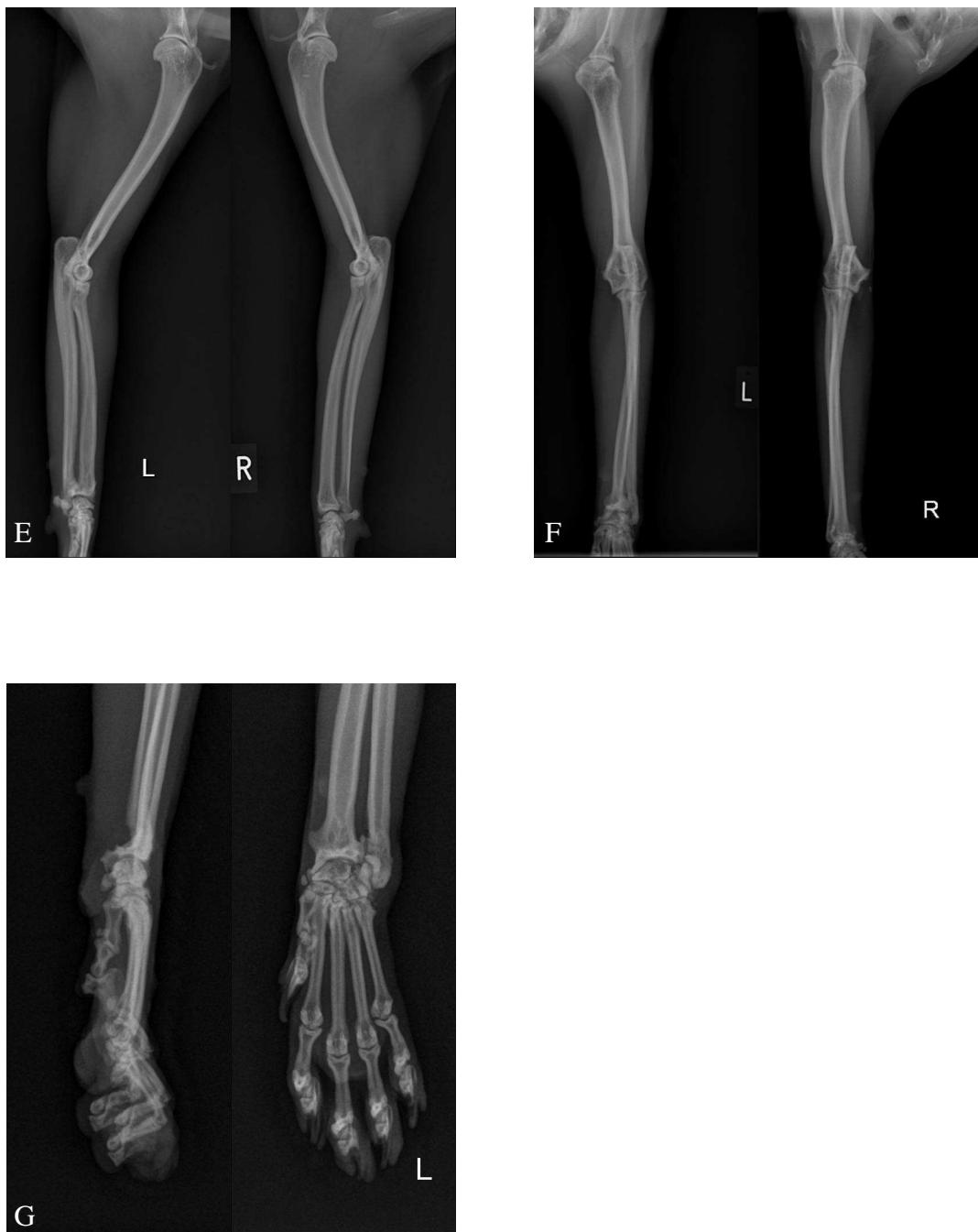
**Abb. 37: Drahtzuggurtung Olekranon.**

EKH, weiblich, 5 Monate alt, Schachtsturz. Isolierte Olekranonschrägfraktur mit Fissurenbildungen präoperativ (A), intramedulläre Nagelung mit Zuggurtung postoperativ (B), Implantatentfernung nach 10 Wochen: präoperativ (C), postoperativ (D), Kontrollröntgen nach 1 Jahr: mediolateral (E), kraniokaudal (F).



**Abb. 38: Bohrdrahtosteosynthese distaler Radius.**

EKH, weiblich, 7 Monate alt, Schranksturz. Isolierte Radiusepiphysenlösung SH-1 präoperativ (A), Kreuzspickung postoperativ (B), Implantatentfernung nach 11,7 Wochen: präoperativ (C), postoperativ (D). Fortsetzung nächste Seite.



**Abb. 38: Fortsetzung.**

Kontrollröntgen nach 14,3 Jahren mit Wachstumsstörung und Verkürzung von Radius und Ulna, Karpalarthrose linksseitig mit verstärkter Sklerosierung und Osteophytenzubildungen am Os carpi accessorium et intermedioradiale: mediolateral (E), kraniokaudal (F), Karpus zentriert (G).

## XII DANKSAGUNG

Frau Prof. Dr. Dr. med. vet. habil. Ulrike Matis danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für ihre stets gewährte Unterstützung, freundliche Hilfe, interessante Gespräche sowie wissenschaftliche Anleitung. Ich möchte ihr auf diesem Weg weiterhin alles Gute wünschen.

Bei der gesamten Chirurgischen Tierklinik unter der Leitung von Frau Prof. Dr. med. vet. Meyer-Lindenberg bedanke ich mich für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und Forschungsmöglichkeiten. Besonderen Dank bin ich dem Team der Röntgenstation verpflichtet, insbesondere Herrn Dr. med. vet. Andreas Brühschwein, Herrn Dr. med. vet. Martin Zöllner und Frau Dr. med. vet. Katharina Flatz für die Begutachtung und Interpretationshilfe meiner Kontrollröntgenaufnahmen, Frau Birgit Wegmershaus für die Einschulung und jederzeit gewährte Hilfe sowie Herrn Thomas Bauer und Herrn Rolf von Grauert für die Unterstützung bei der Anfertigung der Röntgenbilder.

Ein Dankeschön an Herrn Dr. med. vet. Sven Reese für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials und an Frau Dr. med. vet. Jennifer Nehls für die Durchsicht des Manuskripts.

Durch die Unterstützung und Anteilnahme meiner Familie und meiner engsten Freunde in jeder Hinsicht war die zügige und komplikationsfreie Fertigstellung meiner Dissertation möglich. Dafür möchte ich mich bei jedem herzlichst bedanken.

*„Leider lässt sich eine wahrhafte Dankbarkeit mit Worten nicht ausdrücken.“*

*(Johann Wolfgang von Goethe, 1749–1832).*