

3 Eigene Untersuchungen

In den eigenen Untersuchungen wurden in einer biomechanischen Testreihe die Torsionssteifigkeit der Paraossären Klammer-Cerclagen-Stabilisierung im Vergleich zu den Fixateuren Typ Ia und Typ II gemessen.

Im zweiten Teil der eigenen Untersuchungen wurden in einer klinisch prospektiven Studie die Ergebnisse der Osteosynthesen von Schaftfrakturen langer Röhrenknochen der Katze ausgewertet, um den Heilungsverlauf verschiedener Osteosyntheseverfahren, die in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der FU-Berlin angewandt wurden, zu vergleichen.

3.1 Biomechanische Studie

3.1.1 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an 14 Katzenunterschenkelpaaren vorgenommen. Die Unterschenkelpaare wurden in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der FU-Berlin verstorbenen ausgewachsenen Katzen entnommen. Der Tod lag maximal 24 h zurück. Um die Tibiae in dieser Studie zu nutzen, mussten sie unverletzt sein und keine Veränderungen im Sinne einer Osteopathie aufweisen. Die Tiere waren zwischen 2 und 8 Jahren alt. An der schmalsten Stelle eines jeden Tibiaschafts wurde der Knochenaußendurchmesser bestimmt und die Unterschenkelknochen in mit RINGER[®]-Lösung befeuchteten Tüchern eingeschlagen, in Plastikbeutel verpackt und paarweise bis zur weiteren Verarbeitung und Testung bei -10°C tiefgefroren.

3.1.1.1 Implantate

Für die Fixateur externe Typ Ia und Typ II wurden je Fragment zwei \varnothing 1,6 mm Kirschner Bohrdrähte als Fixierungspins eingebracht, die über eine bzw. zwei Kunststoffbrücken aus Methylmethacrylat verbunden wurden. Bei der Paraossären-Klammer-Cerclagen-Stabilisierung wurden zwei \varnothing 1,6 mm Kirschner Bohrdrähte und \varnothing 0,9 mm Drahtcerclagen eingesetzt.

3.1.1.2 Aufbereitung des Materials

Die parakortikale Fixation wurde rechtsseitig an 12 Tibiae montiert. Der Fixateur Typ II wurde entsprechend an den linksseitigen Tibiae platziert (Abb. 3). Die Tibiae wurden in Schaftmitte mit einem 5 mm breiten Knochendefekt versehen. Für die parakortikale Fixation wurden, wie von WANIVENHAUS (2001) beschrieben, die Bohrdrähte distal bikortikal und proximal monokortikal verankert und proximal sowie distal des Knochendefekts mit jeweils einer Doppelcerclage mit einem AO-Cerclagenspanner fixiert. Für den Fixateur externe Typ II wurden je zwei Bohrdrähte proximal und distal des Defekts eingedreht. Die äußeren Bohrdrähte wurden jeweils senkrecht zur Knochenachse ausgerichtet. Die beiden spaltnahen Bohrdrähte divergierten lateral in einem Winkel von 30 Grad. Die Enden der Bohrdrähte wurden in einem Abstand von 2,5 cm zur Knochenachse in Richtung Schaftmitte umgebogen und in eine vorgefertigte Aluminiumform eingelegt. Die 8 x 1,6 x 1,6 cm große Aluminiumform wurde mit Beracryl[®] (TROLLER-Kunststoff AG, Schweiz) gefüllt und der Acrylat-Kunststoff bis zur Aushärtung gekühlt.

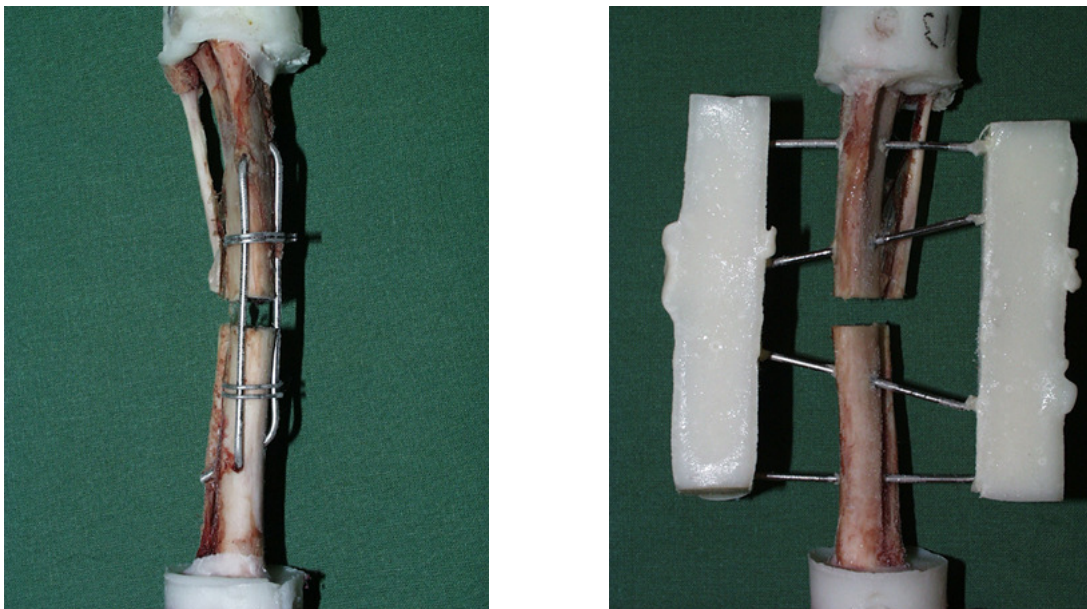


Abbildung 3: Die für die biomechanische Testung eingebetteten Paraossäre Klammer-Cerclage Fixation (links), und Fixateur externe Typ II (rechts).

Beide Osteosynthesen wurden mit einer Schablone ausgeführt. Die Kontaktpunkte zwischen Implantat und Knochen wurden jeweils in gleichem Abstand zum Knochendefekt

gewählt. Dabei entsprachen die Drahtcerclagen den spaltnahen Bohrdrähten des Fixateurs und die kortikale Verankerung der Klammern den spaltfernen Bohrdrähten des Fixateurs in einem Abstand von 1,5 cm resp. 3,5 cm zur Schaftmitte (Abb. 3 und 4).

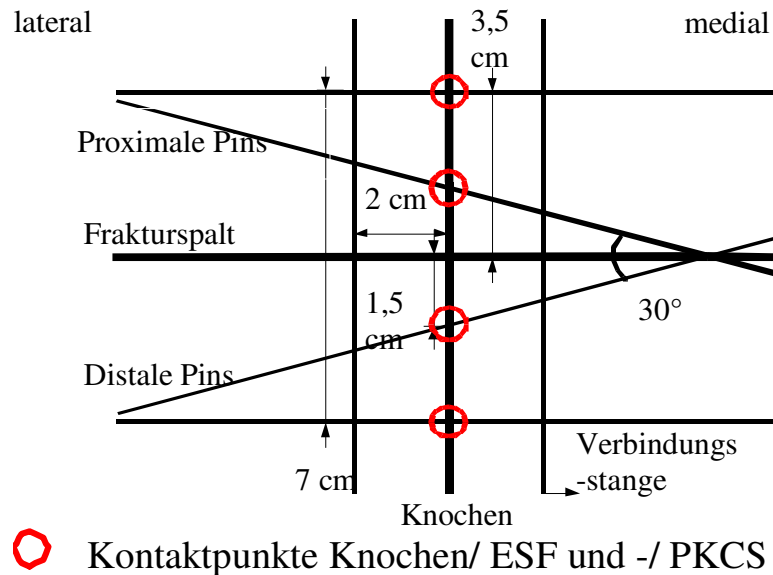


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Schablone zur Osteosynthese.

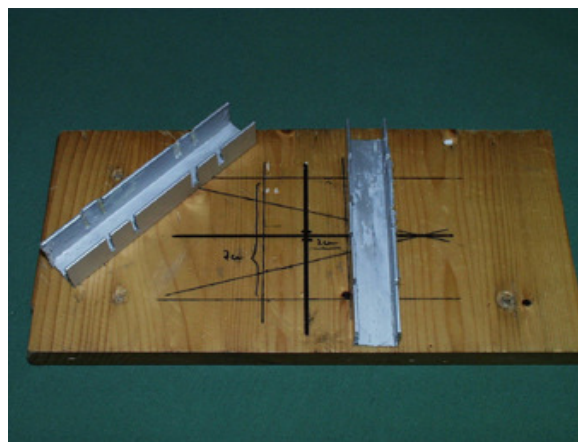


Abbildung 5: Abbildung der Schablone zur Osteosynthese mit Aluminiumformen.

Der Fixateur Typ Ia wurde nach dem Testdurchlauf aus dem Fixateur Typ II durch Entfernen der medialen Komponente konstruiert. Zwei Knochenpaare wurden in ihrer nativen Form belassen, um Referenzwerte für die natürliche Torsionssteifigkeit des Katzenunterschenkels zu erhalten.

3.1.1.3 Versuchsaufbau

Die biomechanischen Versuche wurden mit einer Materialprüfmaschine vom Typ ZWICK1455 (ZWICK GmbH & Co. KG, Ulm) durchgeführt (Abb. 6). Zur Befestigung der Unterschenkel in den Haltebacken wurden die Epiphysen aller 14 Knochenpaare mit einem kurzen Bohrdraht quer durchbohrt und das freie Ende auf einer Tiefe von 3 cm in Beracryl[®] eingebettet.

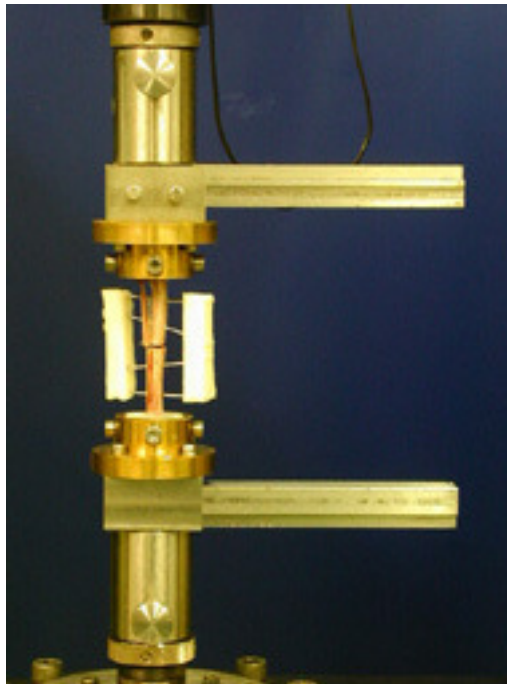


Abbildung 6: In die Prüfmaschine eingespannte linke Tibia mit Fixateur externe Typ II.

Jeder Knochen wurde in jeweils drei Durchgängen bei einer axialen Vorlast von 0,5 N in lateraler und medialer Richtung auf Torsionssteifigkeit geprüft. Es wurde sichergestellt, dass durch die Vorlast kein Kontakt unter den Fragmenten entstand. Die Proben wurden mit einer Geschwindigkeit von 10°/min bis zu einem Winkel von 15° um die Längsachse gedreht und mit gleicher Geschwindigkeit bis zum Ausgangspunkt entlastet. Mit einem angeschlossenen PC wurden die Daten registriert.

3.1.1.4 Statistische Auswertung/ Statistische Methoden

Die Werte der Belastungs-/ Deformationskurven wurden für jeden Unterschenkel gemittelt und unter Verwendung von Windows[®] Excel (Microsoft Corporation) und SPSS[®] 12.0 für

Windows (SPSS Inc.) ausgewertet. Die Daten wurden auf einen Zusammenhang zwischen Osteosynthese und Torsionssteifigkeit der Osteosynthese untersucht. Mit nichtparametrischen Methoden wurde ausgewertet. Es wurden die vier möglichen paarweisen Vergleiche mit Hilfe des Scheffé-Tests beurteilt ($\alpha = 0,05$).

3.1.2 Ergebnisse

Die Tibiae wiesen an ihrer schmalsten Stelle im distalen Schaftdrittel einen durchschnittlichen mediolateralen und anterioposterioren Außendurchmesser von 1,1 cm (0,9- 1,35 cm), resp. 0,75 cm (0,6- 0,8 cm) auf. Der in diesem Bereich in lateromedialer Richtung eingebrachte 1,6 mm starke Bohrdraht beanspruchte somit im Mittel 21,3% des Knochendurchmessers. Bei der schmalsten Tibia betrug das Verhältnis 26,6%, bei der breitesten 12,0%.

Die 28 getesteten Unterschenkelknochen blieben makroskopisch unversehrt. Die Implantate waren nach Versuchsbeendigung intakt. Zwei unilaterale Fixateure wiesen nach den Versuchen eine Pin-Lockerung des obersten Pins auf. Die Belastungs-/ Deformationskurven nahmen bei der parakortikalen Fixation und beim Fixateur externe Typ Ia nicht immer einen linearen Verlauf (Abb. 8). So stellten sich 4 bzw. 5 der Kurven biphasisch dar. Der Kurvenverlauf der Graphen für den Fixateur externe Typ II und die nativ getesteten Unterschenkelknochen war stets linear (Abb. 7). Die Elastizitätsgrenze wurde nicht überschritten. Die Ergebnisse der Torsionstests sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

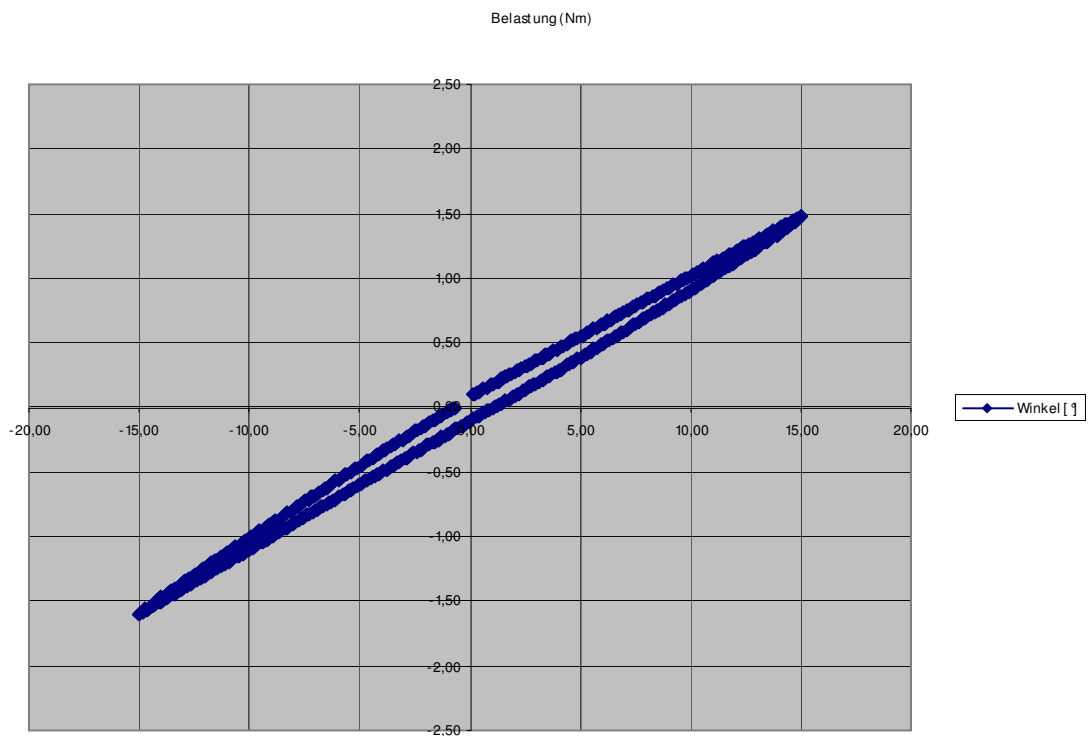


Abbildung 7: Graphische Darstellung einer Belastungs-/ Deformationskurve mit linearem Verlauf (Fixateur externe Typ II, Paar Nr. 9).

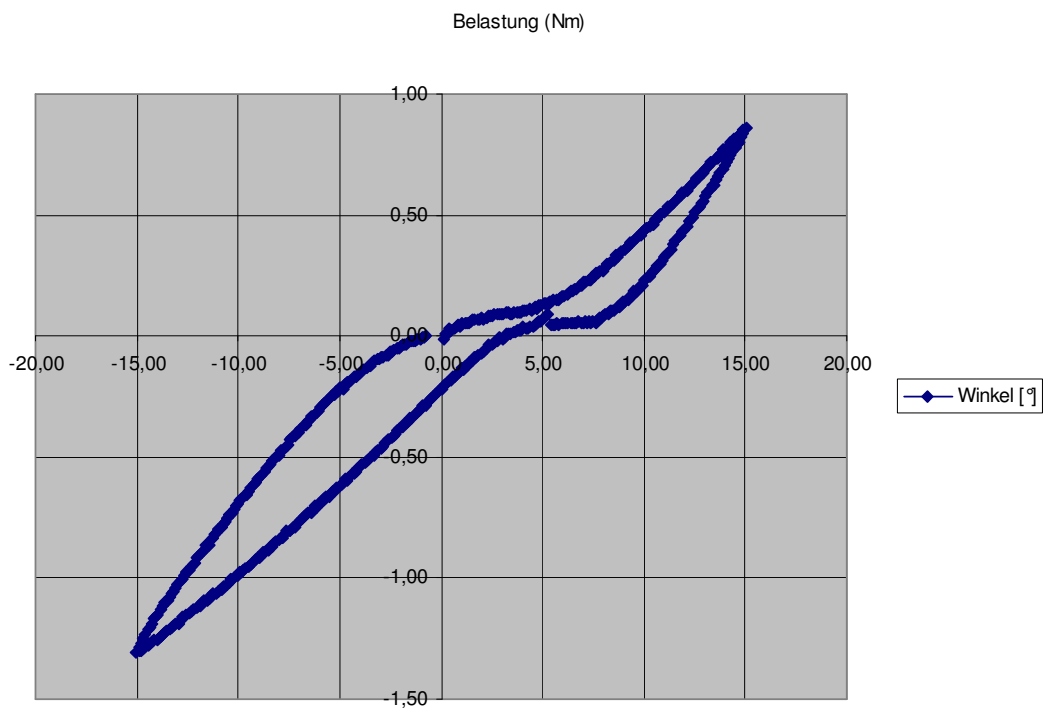


Abbildung 8: Graphische Darstellung einer Belastungs-/ Deformationskurve mit biphasischem Verlauf (parakortikale Fixation, Paar Nr. 7).

Tabelle 1: Die verschiedenen Osteosyntheseverfahren und die Ergebnisse der Torsionssteifigkeitsprüfung (Nm/°). Mittelwerte, Standardabweichung und Grenzen der medialen, lateralen und Gesamtsteifigkeit.

Osteosynthese			Mediale Steifigkeit	Laterale Steifigkeit	Gesamte Steifigkeit
PKCS ¹	N = 12	Gültig = 12			
		Fehlend = 0			
	Mittelwert		,038	,048	,049
	Standardabweichung		,022	,021	,025
	Maximum		,083	,078	,112
FE ² Typ II	N = 12	Gültig = 12			
		Fehlend = 0			
	Mittelwert		,107	,109	,114
	Standardabweichung		,012	,018	,013
	Maximum		,128	,144	,136
FE ² Typ Ia	N = 12	Gültig = 12			
		Fehlend = 0			
	Mittelwert		,045	,037	,045
	Standardabweichung		,013	,011	,008
	Maximum		,070	,060	,062
Knochen nativ	N = 4	Gültig = 4			
		Fehlend = 0			
	Mittelwert		,238	,254	,264
	Standardabweichung		,028	,005	,019
	Maximum		,272	,261	,279

¹ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung; ² FE = Fixateur externe.

Im Vergleich der drei Osteosynthesemethoden konnte ein signifikanter Unterschied in der Torsionssteifigkeit (Tab. 1) nachgewiesen werden. In allen drei Bewertungskategorien (mediale-, laterale- und Gesamtsteifigkeit) war der FE Typ II deutlich torsionssteifer als die parakortikale Fixation und der FE Typ Ia. Zwischen parakortikaler Fixation und FE Typ Ia konnte kein Unterschied festgestellt werden (Mittlere Differenz der Gesamtsteifigkeit $p = 0,004$). Die mittlere Gesamtsteifigkeit bei Torsion war bei dem FE Typ II im Mittel 2,3 mal resp. 2,5 mal höher als bei der parakortikalen Fixation und dem FE Typ Ia. Im Vergleich der osteosynthetisch versorgten Knochen zu nativen Unterschenkelknochen war in allen drei Kategorien ein deutlicher Steifigkeitsunterschied ersichtlich. Der FE Typ II besaß mit 0,114 Nm/° mittlerer Gesamtsteifigkeit 43,2% der

Gesamtsteifigkeit eines intakten Katzenunterschenkels (Mittel: 0,264 Nm/°). Die parakortikale Fixation (Mittel: 0,05 Nm/°) und der FE Typ Ia (Mittel: 0,046 Nm/°) lagen in einem Bereich um 18% der Gesamtsteifigkeit eines nativen Knochens (Mittel: 18,9 resp. 17,4%).

Tabelle 2: Die Osteosyntheseverfahren und der native Knochen im Mehrfachvergleich der Gesamtsteifigkeit. Es sind die mittlere Differenz, der Standardfehler und das Konfidenzintervall der Gesamtsteifigkeiten dargestellt, um signifikante Unterschiede zu ermitteln.

Referenz- methode (I)	Vergleichs- methode (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standard -fehler	Signifikanz (**)	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
PKCS ¹	Typ II	-.064(*)	.007	.000	-.085	-.043
	Typ Ia	.004	.007	.948	-.016	.025
	Nativ	-.214(*)	.009	.000	-.244	-.184
FE ² Typ II	PKCS ¹	.064(*)	.007	.000	.043	.085
	Typ Ia	.068(*)	.007	.000	.047	.089
	Nativ	-.151(*)	.009	.000	-.179	-.120
FE ² Typ Ia	PKCS ¹	-.004	.007	.948	-.025	.016
	Typ II	-.068(*)	.007	.000	-.089	-.047
	Nativ	-.218(*)	.009	.000	-.248	-.188
Knochen nativ	PKCS ¹	.214(*)	.009	.000	.184	.244
	Typ II	.151(*)	.009	.000	.120	.179
	Typ Ia	.218(*)	.009	.000	.188	.248

¹ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung; ² FE = Fixateur externe.

* Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

** Auswertung nach Scheffé, basierend auf den beobachteten Mittelwerten.

Die Variabilitätskoeffizienten der einzelnen Gruppen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Variabilitätskoeffizient bei der parakortikalen Fixation lag für die Gesamtsteifigkeit bei 0,52. Beim FE Typ Ia erreichte er 0,18 und beim FE Typ II 0,12. Die nativen Knochen besaßen einen durchschnittlichen Variabilitätskoeffizienten von 0,07. Die parakortikale Fixationsmethode hatte eine deutlich breitere Streuung hinsichtlich der einzelnen Steifigkeitswerte als die beiden anderen Osteosynthesemethoden. Diese Ergebnisse werden auch in den Perzentilen deutlich (Abb. 9).

Tabelle 3: Osteosyntheseverfahren und Variabilitätskoeffizienten zur medialen, lateralen und Gesamtsteifigkeit.

	Parakortikale Fixation	Fixateur Typ II	Fixateur Typ Ia	Knochen nativ
Mediale Steifigkeit	0,59	0,11	0,29	0,12
Laterale Steifigkeit	0,45	0,17	0,30	0,02
Gesamtsteifigkeit	0,52	0,12	0,18	0,07

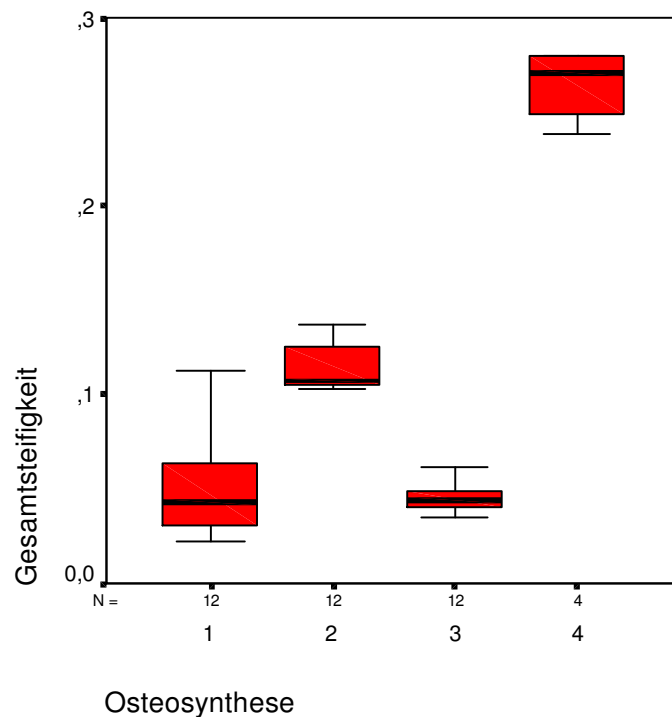


Abbildung 9: Boxplot der Gesamtsteifigkeiten bei Torsionsprüfung im Vergleich. Es werden die deutlich höheren Mittelwerte von Fixateur Typ II (2) und nativem Knochen (4) gegenüber PKCS (1) und Fixateur externe Typ Ia (3) sowie die starke Streuung der Einzelwerte der PKCS (1) deutlich. Ordinate: Anzahl der getesteten Unterschenkel und Osteosynthesetypen 1-4.

3.2 Klinische Studie

3.2.1 Material und Methoden

3.2.1.1 Design

In der klinisch prospektiven Studie wurden Katzen, die zwischen September 2002 bis Dezember 2004 wegen einer Schaftfraktur eines langen Röhrenknochens in der Klinik operiert wurden, bearbeitet. Nicht berücksichtigt wurden Osteosynthesen isolierter Ulnafrakturen.

Von den Patienten wurden Rasse, Alter, Geschlecht und neben den Daten zur Fraktur, Grunderkrankungen, Unfallursache weitere traumabedingte Diagnosen, die die Heilung der Fraktur beeinträchtigen könnten, erfasst. Die Einteilung der Frakturen erfolgte in einfache Fraktur, Splitter- und Trümmerfraktur. Zusätzlich wurde in den Ergebnistabellen (Anhang 6.1) eine Differenzierung nach der von UNGER (1990) überarbeiteten AO-Klassifizierung, die Frakturlokalisierung (Humerus = 1, Radius/Ulna = 2, Os femoris = 3, Tibia/Fibula = 4), Knochenabschnitt (proximale Epiphyse = 1, Diaphyse = 2, distale Epiphyse = 3), Frakturtyp (einfache Frakturen = A, Splitterfrakturen = B, Trümmerbrüche = C) und deren Schweregrad (1-3) durch einen alphanumerischen Code beschreibt, durchgeführt (Abb. 10).

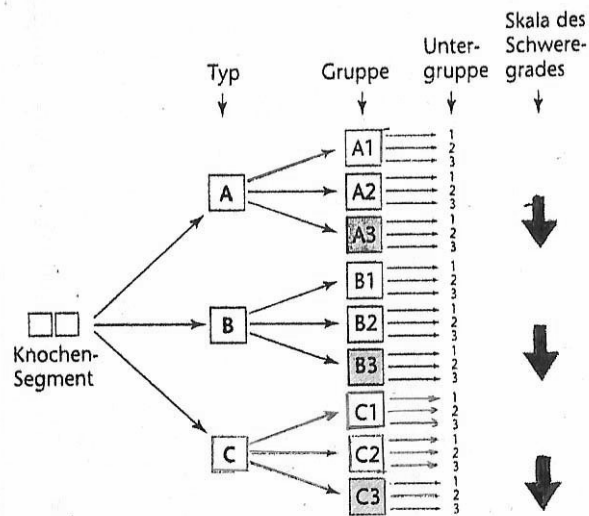


Abbildung 10: AO-Klassifizierungssystem für Frakturen; nach UDOLPH, 2004. Neben Angaben zum Knochensegment und Frakturtyp (einfach, gesplittert, zertrümmert) wird nach Schweregrad auf einer Skala von 1 bis 3 unterteilt, wobei höhere Zahlen einen höheren Schweregrad bedeuten.

Registriert wurden die Zeitdauer zwischen Unfall und Operation und die des stationären Aufenthalts. Die Wahl des Osteosyntheseverfahrens wurde vom Operateur entsprechend der Indikation bestimmt. Waren verschiedene Verfahren möglich, wurde das gewählt, das verglichen mit den anderen bis dahin seltener angewandt worden war. Die Implantate sowie intraoperative Schwierigkeiten wurden protokolliert und das Ergebnis postoperativ röntgenologisch dokumentiert. Gesondert wurden Patienten mit Komplikationen und Folgeeingriffen aufgeschlüsselt.

Nach der Operation wurde jeder Patient im Hinblick auf den Allgemeinzustand (Atmung, Puls, Temperatur), die Wunde, Gliedmassenbelastung und etwaige Auffälligkeiten untersucht.

Patienten

Es wurden 68 Katzen mit 72 Schaftfrakturen langer Röhrenknochen vorgestellt.

Einundsechzig Tiere waren Europäisch Kurzhaar Katzen, 4 Kartäuser-Mischlinge, 2 Main Coon und eine Abessinier. Die Patienten waren zwischen 3 Monate und 14 Jahre (mittel

3,2 Jahre) alt. Um gegebenenfalls altersbedingte Unterschiede der Frakturheilung aufzudecken, wurden auf Grund klinischer Erfahrungen Katzen unter einem Jahr als „juvenil“ und ältere Tiere als „adult“ gruppiert. Die 50 adulten Tiere wogen zwischen 2,4 und 8,0 Kilogramm (kg) (mittel 4,7 kg). Von den 18 juvenilen Tieren wog das leichteste 1,9 kg. Achtunddreißig Katzen waren männlich, davon waren 28 kastriert. Von den 30 Kätzinnen waren 20 kastriert.

Häufigste Unfallursache war der Sturz aus dem Fenster (40 = 58,8%), vor dem Verkehrsunfall (4 = 5,9%), dem Unfall im Haus (6 = 8,8%) und unbekannt (18 = 26,5%). Der Fenstersturz erfolgte fünfmal aus dem 1., achtmal aus dem 2., neunmal aus dem 3., zehnmal aus dem 4., viermal aus dem 5., dreimal aus dem 6. und einmal aus dem 9. Stockwerk (mittel 3,4 Stockwerke).

Neunzehn (26,4%) Frakturen waren einfach, 36 (50%) gesplittert und 17 (23,6%) zertrümmert. Bei juvenilen Tieren war der Knochen zu 67% (12/18) der Fälle einfach gebrochen. Splitter- und Trümmerbrüche (6/18) waren entsprechend seltener (33%). Bei adulten Katzen waren die Knochen in 87% der Fälle (47/54) gesplittert oder zertrümmert und zu nur 13% (7/54) einfach gebrochen.

Die Frakturen betrafen zu 36% die Vorder- und zu 64% die Hintergliedmassen, unabhängig davon ob die Tiere juvenil (33 zu 67%) oder adult (37 zu 63%) waren. Bei juvenilen Katzen war ein relativ höherer Anteil an Frakturen im Bereich der proximalen Gliedmassenabschnitte (50% gegenüber 20% bei Adulten) festzustellen.

Von den 72 Frakturen brach der Schaft des Humerus 5mal (6,9%), der des Radius isoliert 2mal (2,8%), der von Radius und Ulna 19mal (26,4%), der des Os femoris 15mal (20,8%) und der von Tibia und Fibula 31mal (43,1%) (Tabellen 4-7).

Tabelle 4: Humerusschaftfrakturen, ihre Form und Anzahl und das Signalement der Patienten.


Humerus		Frakturform	Anzahl	offen	Alter (Jahre)		Geschlecht	
					< 1	> 1	w	m
n = 5		Einfach	2 (40%)	0	2 (100%)	0	1 (50%)	1 (50%)
		Gesplittert	3 (60%)	0	1 (33%)	2 (67%)	2 (67%)	1 (33%)
		Zertrümmert	0	0	0	0	0	0
		Gesamt	5 (100%)	0	3 (60%)	2 (40%)	3 (60%)	2 (40%)

Tabelle 5: Unterarmschaftfrakturen, ihre Form und Anzahl und das Signalement der Patienten.


Radius/ Ulna		Frakturform	Anzahl	offen	Alter (Jahre)		Geschlecht	
					< 1	> 1	w	m
n = 21		Einfach	6 (28%)	0	3 (50%)	3 (50%)	3 (50%)	3 (50%)
		Gesplittert	14 (67%)	2 (14%)	0	14 (100%)	5 (36%)	9 (64%)
		Zertrümmert	1 (5%)	0	0	1 (100%)	0	1 (100%)
		Gesamt	21 (100%)	2 (9,5%)	3 (14%)	18 (86%)	8 (38%)	13 (62%)

Tabelle 6: Schaftfrakturen des Os femoris, ihre Form und Anzahl und das Signalement der Patienten.

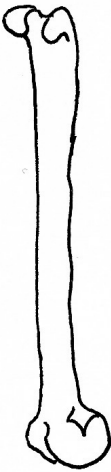

Os femoris		Frakturform	Anzahl	offen	Alter (Jahre)		Geschlecht	
					< 1	> 1	w	m
					n = 15	Einfach	6 (40%)	0
	Gesplittert	6 (40%)	1 (17%)	2 (33%)	4 (67%)	2 (33%)	4 (67%)	
	Zertrümmert	3 (20%)	0	0	3 (100%)	2 (67%)	1 (33%)	
	Gesamt	15 (100%)	1 (6,7%)	6 (40%)	9 (60%)	8 (53%)	7 (47%)	

Tabelle 7: Unterschenkelschaftfrakturen, ihre Form und Anzahl und das Signalement der Patienten.

Tibia/ Fibula		Frakturform	Anzahl	offen	Alter (Jahre)		Geschlecht	
					< 1	> 1	w	m
					n = 31	Einfach	5 (16%)	0
	Gesplittert	13 (42%)	5 (38%)	2 (15%)	11 (85%)	6 (46%)	7 (54%)	
	Zertrümmert	13 (42%)	1 (8%)	1 (8%)	12 (92%)	4 (31%)	9 (69%)	
	Gesamt	31 (100%)	6 (19%)	6 (19%)	25 (81%)	12 (39%)	19 (61%)	

Es waren zwei (n = 21, 9,5%) der Radiusfrakturen, eine (n = 15, 6,7%) Fraktur des Os femoris und sechs (n = 31, 19,4%) der Tibiafrakturen Grad I offen. Im Hinblick auf den Frakturtyp waren unter den offenen Frakturen sieben gesplittert und eine zertrümmert.

Bei drei Tieren wurde zusätzlich eine systemische (hypertrophe Kardiomyopathie, Hyperthyreose und Toxoplasmose) und bei acht weiteren orthopädische Erkrankungen wie Diastase im Iliosakralgelenk (n = 2), Luxatio ossis femoris (n = 1), Epiphysenfraktur juveniler Katzen (n = 1) und Frakturen des Beckenbodens (n = 2), des Condylus humeri (n = 2), des Collum ossis femoris (n = 2) sowie der Ossa metacarpalia (n = 5) und metatarsalia (n = 1) diagnostiziert.

Erstversorgung

Die Patienten wurden bei der Vorstellung in der Klinik kreislaufstabilisiert (Infusion mit Sterofundin®, Menge und Geschwindigkeit je nach Kreislaufsituation und Körpergewicht des Patienten). War die Fraktur offen, wurde ein Antibiotikum (Amoxicillin/Clavulansäure 12,5 mg/kg KGW) appliziert. Die Osteosynthese wurde sobald als möglich vorgenommen.

3.2.1.2 Implantate

Zur Osteosynthese wurden verschiedene Techniken eingesetzt:

- Kirschner-Bohrdraht (intramedullär) und Cerclage (n = 10; 13,9%),
- Fixateur externe Typ II allein (n = 5; 6,9%) oder in Kombination mit einem intramedullär eingebrachtem Kirschner-Bohrdraht (n = 6; 8,3%),
- Verriegelungsnagel (VN) (n = 6; 8,3%),
- Paraossäre Klammer-Cerclagen-Stabilisierung (parakortikale Fixation, PKCS) (n = 10; 13,9%),
- Platten allein (n = 29; 40,3%) oder in Kombination mit einem intramedullär eingebrachten Kirschner-Bohrdraht (n = 6; 8,3%)

Es wurde folgende Materialien und Implantate verwendet:

In 4 Fällen wurden Nahtfäden (PDS 2-0, Ethicon GmbH, Norderstedt, Germany) als Cerclagenmaterial benutzt. Drahtcerclagen (Königsee Implantate GmbH, Aschau, Germany) wiesen einen Durchmesser von 0,7- 0,9 mm (n = 11) auf und der der

Kortikalisschrauben (Synthes GmbH, Umkirch, Germany) betrug 1,5- 3,5 mm. Ihre Funktion war die einer Stell- (n = 5) oder Zugschraube (n = 3). Das Kaliber der Kirschner-Bohrdrähte (Königsee Implantate GmbH, Aschau, Germany) maß 1,0 bis 1,8 mm als intramedullärer Kraftträger (n = 23), als Fixierungsstange im Fixateur externe (n = 25) sowie zur Frakturüberbrückung bei der parakortikalen Fixation (n = 20). Bei den Verriegelungsnägeln (Königsee Implantate GmbH, Aschau, Germany) betrug der Durchmesser 3,5 mm (n = 5) und 4,0 mm (n = 1) mit den Längen 109, 119 sowie 130 mm. Für die Plattenosteosynthese wurden 2,0 mm verstärkte (n = 9) und nicht verstärkte (n = 10) Katzen-DCP (Königsee Implantate GmbH, Aschau, Germany), 2,7 mm verstärkte (n = 8) und nicht verstärkte (n = 6) DCP (Königsee Implantate GmbH, Aschau, Germany), T-Plättchen (n = 2) (Synthes GmbH, Umkirch, Germany) und eine Rekonstruktionsplatte (Osteosynthese eines HTA) eingesetzt. Die Verbindungsschiene des Fixateur externe wurde aus einem selbsthärtenden Acrylat-Kunststoff (Technovit 6091, Heraeus Kulzer GmbH, Wehrheim, Germany) gefertigt.

3.2.1.3 Operation

Die Katzen wurden im Durchschnitt 40 Stunden nach dem Unfall operiert. Prae operatione wurden den Tieren ein Antibiotikum (Amoxicillin-Clavulansäure, 12,5mg/kg KG) intravenös appliziert. Die Narkose wurde über einen peripheren Venenzugang mit Midazolam (0,5mg/kg KGW) und Ketamin (5mg/kg KGW) eingeleitet und durch Inhalation eines Isofluran/ Sauerstoff-Gemischs aufrechterhalten. Der frakturierte Gliedmassenabschnitt wurde in üblicher Weise ausgeschoren, die Katze ausgebunden und der Operationsbereich aseptisch abgedeckt. Die Fraktur wurde bei zwei Radius-, einer Os femoris- und sechs Tibiafrakturen gedeckt ohne Darstellung des Frakturbereichs versorgt. Bei der offenen Reposition wurden Fissuren gesichert und die Hauptfragmente anatomisch exakt, insbesondere ohne Rotationsfehler, ausgerichtet. Splitter wurden nur manipuliert, wenn damit das Fragment anatomisch korrekt und unter Kompression zu fixieren war.

Die Insertion von Kirschner Bohrdrähten (n = 23) erfolgte maschinell mit niedriger Drehzahl an Os femoris und Humerus sowohl normo- als auch retrograd, an Ulna und Tibia normograd. Bei langen Schräg- und Spiralbrüchen wurden Kirschner-Bohrdrähte zur primären Osteosynthese mit Cerclagen kombiniert (n = 9). Bei einer Radius/ Ulnafraktur

bestand eine derart ausgeprägte Weichteilschwellung, dass eine Osteosynthese des Radius nicht möglich erschien. Deshalb wurde die Ulna mit einem Bohrdraht aufgefädelt.

Verriegelungsnägel (n = 6) wurden ausnahmslos statisch verriegelt.

Platten (n = 35) wurden in Neutralisations- (n = 14) und Überbrückungsfunktion (n = 21) verwendet. Fixierungsschrauben wurden in maximal möglicher Anzahl eingebracht. Am häufigsten fanden DCP (n = 32) Verwendung. Nur bei Radiusfrakturen mit kurzem distalen Fragment wurden T-Plättchen (n = 2) eingesetzt. Von einem Haustierarzt wurde eine Rekonstruktionsplatte angebracht.


Fixateur externes (n = 11) wurden an Radius und Tibia montiert. Nachdem die Fragmente offen oder gedeckt reponiert worden waren, wurden die Fixierungsstangen parallel oder konvergierend eingesetzt und der Acrylat-Kunststoff manuell anmodelliert.

Die parakortikale Frakturfixierung nach WANIVENHAUS (2001) (n = 10) wurde verwendet, falls die transkortikalen Bohrdrähte und Drahtcerclagen in ausreichend großem Abstand zum Frakturspalt angebracht werden konnten. In einem Hauptfragment wurde stets bikortikal, im anderen je nach Frakturtyp mono- oder bikortikal verankert. Die Bohrdrähte wurden je nach Fragmentlänge mit zwei oder drei Drahtcerclagen am Knochen fixiert.

Bei offenen Frakturtypen (n = 9) wurde die Wunde ausgiebig gespült, ein Debridement vorgenommen und die Wunde soweit möglich durch Naht verschlossen und mit einer Penrosedrainage versehen.


Die Verteilung der Osteosynthesemethoden auf die Gliedmassenabschnitte sind den Tabellen 8-11 zu entnehmen.

Tabelle 8: Die Anzahl der Humerusschaftfrakturen, ihre Form, das Alter der Patienten und die Frakturversorgung.

Humerus		Frakturform	Alter	KBC ¹	VN ²	2,0 mm DCP ³	2,7 mm DCP ³
n = 5		Einfach	Juvenil	2	-	-	-
	Adult		0	-	-	-	
	Gesplittert	Juvenil	-	0	1	0	
		Adult	-	1	0	1	
	Zertrümmert	Juvenil	-	-	-	-	
		Adult	-	-	-	-	
Gesamt	Juvenil	2	0	1	0		
	Adult	0	1	0	1		


¹ KBC = Kirschner-Bohrdraht und Cerclage; ² VN = Verriegelungsnagel; ³ DCP = Dynamic Compression Plate.

Tabelle 9: Die Anzahl der Unterarmschaftfrakturen, ihre Form, das Alter der Patienten und die Frakturversorgung.

Radius/ Ulna		Frakturform	Alter	KBC ¹	2,0 mm DCP ²	Fixateur externe	PKCS ³
n = 21		Einfach	Juvenil	2	1	0	
	Adult		2	0	1		
	Gesplittert	Juvenil	0	0	2	0	
		Adult	1	9	0	2	
	Zertrümmert	Juvenil	0	-	-	-	
		Adult	1	-	-	-	
Gesamt	Juvenil	0	2	3	0		
	Adult	1	12	0	3		


¹ KBC = Kirschner-Bohrdraht und Cerclage; ² DCP = Dynamic Compression Plate; ³ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung.

Tabelle 10: Die Anzahl der Schaftfrakturen des Os femoris, ihre Form, das Alter der Patienten und die Frakturversorgung.

Os femoris		Frakturform	Alter	KBC ¹	VN ²	2,0 mm DCP ³	2,7 mm DCP ³	PKCS ⁴
n = 15		Einfach	Juvenil	3	0	1	-	-
	Adult		0	1	1	-	-	
	Gesplittert	Juvenil	1	-	0	0	1	
		Adult	0	-	1	3	0	
	Zertrümmert	Juvenil	-	0	-	0	-	
		Adult	-	1	-	2	-	
	Gesamt	Juvenil	4	0	1	0	1	
		Adult	0	2	2	5	0	

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² VN = Verriegelungsnagel; ³ DCP = Dynamic Compression Plate; ⁴ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung.

Tabelle 11: Die Anzahl der Unterschenkelschaftfrakturen, ihre Form, das Alter der Patienten und die Frakturversorgung.

Tibia/Fibula		Frakturform	Alter	KBC ¹	VN ²	Knochenplatte	Fixateur externe	PKCS ³
n = 31		Einfach	Juvenil	1	-	-	1	1
	Adult		1	-	0	1	1	
	Gesplittert	Juvenil	-	0	0	1	1	
		Adult	-	2	3	4	2	
	Zertrümmert	Juvenil	-	0	0	1	0	
		Adult	-	1	9	1	1	
	Gesamt	Juvenil	1	0	0	3	2	
		Adult	1	3	12	5	4	

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² VN = Verriegelungsnagel; ³ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung.

Post-operative Behandlung

Vierzehn der 68 Katzen wurden noch am Tag der Operation entlassen. Sieht man von diesen Tieren ab, betrug der post operative Klinikaufenthalt zwischen einem und acht Tagen (Mittel: 1,8 Tage). Länger hospitalisiert (6-8 Tage) wurden Patienten mit beidseitiger Femurhalsfraktur, beidseitiger Fraktur der Ossa metacarpalia und bei gleichseitiger Unterschenkel- und Unterarmfraktur.

Die Patienten wurden über fünf Tage antibiotisch (Amoxicillin-Clavulansäure, 12,5mg/kg KGW) sowie drei Tage analgetisch (Buprenorphin, 0,01 mg/kg KGW oder Metamizol 20 mg/kg KGW) behandelt. War ein Fixateur externe montiert, wurde er meist über eine Woche mit einem Polsterverband versehen, der täglich gewechselt wurde. Eintrittswunden der Fixationsstangen wurden täglich gereinigt.

Die Besitzer wurden bei Entlassung angewiesen, die Katzen über mindestens 6 Wochen ruhig zu halten (Käfig) und die Fäden der Hautnaht zehn Tage post op. entfernen zu lassen. Die Funktion der Gliedmasse sollte sich stetig bessern. Geschah dies nicht, sollte der Patient in der Klinik vorgestellt werden. Weitere Kontrolluntersuchungstermine mit Röntgen wurden für 6-8 Wochen sowie 3 und 6 Monate nach dem Eingriff empfohlen.

War der Heilungsverlauf ungestört, wurde der FE nach 6–9 Wochen, bei Osteosyntheseplatten und parakortikalen Fixationen nach drei (juvenile Katze) bzw. nach sechs Monaten (adulte Katze) entfernt. Platten bei über acht Jahre alten Patienten wurden belassen. Intramedullär eingebrachte Kirschner-Bohrdrähte wurden nicht entfernt.

Kontrolluntersuchung

Je nach Alter der Patienten wurden sie – juvenil: 3, 6 und 12 Wochen, adult: 6, 12 Wochen und 6 Monate – nach der Operation allgemein, orthopädisch und radiologisch nachuntersucht und der Besitzer über den Heilungsverlauf befragt. War eine Wiedervorstellung in der Klinik nicht möglich, wurden telefonisch Auskünfte vom Besitzer oder Haustierarzt eingeholt.

3.2.1.4 Auswertung

Bei der klinischen Nachuntersuchung wurden das Allgemeinbefinden, der Bewegungsablauf, die Symmetrie der Muskulatur und die Beweglichkeit der an die Fraktur angrenzenden Gelenke geprüft. Die Ergebnisse wurden mit „gut“, „befriedigend“ oder „mangelhaft“ bewertet. „Gut“ besagte, dass die Tiere lahmheitsfrei waren und in der klinischen Untersuchung keine von der Physiologie abweichenden Befunde erhoben werden konnten. „Befriedigend“ bedeutete, dass eine geringgradige Lahmheit bestand oder bei lahmheitsfreien Patienten geringgradige pathophysiologische Befunde zu erheben waren. Als „mangelhaft“ wurde eine mittel- bis hochgradige Lahmheit angesehen, die oftmals auch mit erheblichen Heilungskomplikationen einherging.

Unabhängig von der klinischen Untersuchung wurde der Frakturheilungsverlauf im Röntgengrundbildpaar beurteilt. Dazu wurden der Sitz der Implantate, die korrekte Ausrichtung der Fragmente bezüglich Knochenlänge, -achse und Rotation, die Kallusbildung und Durchbau der Frakturspalten analysiert. Abweichungen vom erwünschten Zustand wurden als „geringfügige“ oder „erhebliche“ Komplikation notiert. Als „geringfügige“ Komplikationen wurden oberflächliche Wundinfektion und/oder eine minimale Verkürzung der Knochenlänge, die die Heilung nur unwesentlich beeinflussten, angesehen. Als „erhebliche“ Komplikationen wurden Implantatversagen mit Kollaps der Fraktur und/oder Rotationsfehler bezeichnet. Sie verhinderten die Frakturheilung oder führten zu einer mangelhaften Funktion.

Neben den Endergebnissen, die den Zustand 3 bis 6 Monaten post op. bewerteten, wurden Kurzeitergebnisse notiert. Sie erfassen den Zustand 3 Wochen post op. Ziel war es festzustellen, ob bei bestimmten Frakturtypen oder Frakturformen bestimmte Osteosyntheseverfahren bei Schaftfrakturen der Katze besser geeignet sind.

3.2.2 Ergebnisse

Vierundsechzig der 74 Osteosynthesen (86%) konnten ausgewertet werden (Anhang 7.1). Drei der Tiere mit 4 Frakturen waren andernorts versorgt worden. Diese und vier klinikintern versorgte Fälle mussten reoperiert werden. Einer davon (1/4) nochmals, so dass insgesamt acht Frakturen nachversorgt wurden. Bei Zweien (2/8) wurde der Zweiteingriff innerhalb von 3 bzw. 4 Tagen nach dem Ersteingriff vorgenommen (Implantatversagen DCP (2), Fälle 69 und 70), so dass sie danach wie eine Erstversorgung

ausgewertet wurden. Trotz Heilungsverzögerungen wurden Osteosynthesen nicht erneut in die Studie aufgenommen, die bei der Nachversorgung bereits deutliche Frakturkonsolidierungszeichen aufwiesen.

3.2.2.1 Kurzzeitergebnisse

Die Heilung konnte bei 63 Patienten (85%) 3 Wochen post op. beurteilt werden. Achtundfünfzig (92%) wiesen ein gutes (n = 30, 48%) oder befriedigendes (n = 28, 44%) klinisches Kurzzeitergebnis auf. Bei fünf Tieren (8%) [Verriegelungsnagel (1) und Platte (1) an Os femoris, intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1) und Platte (2) an Tibia/Fibula] war das Ergebnis mangelhaft, weil sie hochgradig wegen eines gewanderten Implantates (1), einer stationären Patellaluxation infolge Achsabweichung (1) und Implantatversagens (3) lahmten. Bei 4 dieser 5 Fälle (80%) war der Knochen zuvor zertrümmert.

3.2.2.2 Langzeitergebnisse, Heilungsrate

Von 64 Frakturen liegen Langzeitergebnissen vor. Dreiundfünfzig (83%) waren gut (n = 43, 67%) oder befriedigend (n = 10, 16%). Auf den frakturierten Knochen bezogen, wurde dieses Ergebnis bei 3 von 5 (60%) Osteosynthesen am Humerus, bei 18 von 18 (100%) an Radius und Ulna, bei 10 von 12 (83%) am Os femoris und bei 21 von 28 (75%) an Tibia und Fibula erzielt. Elf Fälle (17%) wiesen ein mangelhaftes Ergebnis auf [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/9; 11%) an Tibia/ Fibula, Verriegelungsnagel (2/5, 40%) an Humerus und Os femoris, Platte (6/29; 21%) an Humerus, Os femoris und Tibia/ Fibula (4) und Fixateur externe (2/13; 15%) an Tibia/ Fibula]. Bei einigen dieser Patienten wurde erneut operativ eingegriffen, ohne dass von jedem Fall ein Endergebnis vorgelegt werden konnte (Tabelle 12).

Tabelle 12: Osteosynthesen und ihre Ergebnisse an Humerus, Radius/Ulna, Os femoris und Tibia/Fibula unterteilt in gut (+), befriedigend (±) und mangelhaft (-).

Ergebnis	Humerus			Radius/Ulna			Os femoris			Tibia/Fibula			Gesamt Osteosynthese		
	+	±	-	+	±	-	+	±	-	+	±	-	+	±	-
KBC ¹	2				1		4			1		1	7(78%)	1(11%)	1(11%)
VN ²			1				1		1	2			3(60%)		2(40%)
Platte	1		1	8	3		4	1	1	5	1	4	18(62%)	5(17%)	6(21%)
PKCS ³				3						3	2		6(75%)	2(25%)	
FE ⁴				3						6	2	2	9(70%)	2(15%)	2(15%)
Gesamt Knochen	3		2	14	4		9	1	2	17	5	7			

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² VN = Verriegelungsnagel; ³ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung; ⁴ FE = Fixateur externe.

Ergebnisse am Humerus

Von vier (4/5) Humerusfrakturen (Fälle 1-5; Anhang 7.1) waren im Kurzzeitergebnis eine (25%) **gut** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2)] und drei (75%) **befriedigend** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2), Verriegelungsnagel (1/1) und Platte (1/2)]. Eine der fünf (20%) wurde nicht kontrolliert [Platte (1/2)]. Das Endergebnis von drei der fünf (60%) Humerusfrakturen war **gut** [intramed. Bohrdraht und Cerclage (2/2) und Platte (1/2)] und von zwei (40%) war es **mangelhaft** [Verriegelungsnagel (1/1) und Platte (1/2)] (Tab. 13). Die Komplikationsrate bei juvenilen Patienten lag bei 100% (3/3), die der adulten Tiere bei 50% (1/2). Intramedulläre Kraftträger führten bei juvenilen Patienten zu Kallus mit den Indizes 1,25, 1,3 und 1,7 (ø1,4).

Juvenil

Drei Frakturen juveniler Tiere (3/3, 100%) waren mit geringfügigen und schwerwiegenden Komplikationen assoziiert. Als geringfügig wurden postoperativ eine Bewegungseinschränkung im Schultergelenk nach Marknagelung (Fälle 1 und 2) angesehen und als schwerwiegend das Implantatversagen einer Plattenosteosynthese bei einer Splitterfraktur (Fall 3).

Adult

Eine (1/2, 50%) mit Platte versorgte Fraktur (Fall 5) heilte komplikationslos, während eine mit Verriegelungsnagel stabilisierte Splitterfraktur (1/2, 50%) bei einer 13jährigen Katze (Fall 4) drei Monate post op. keine Heilungsanzeichen erkennen ließ.

Tabelle 13: Das Osteosyntheseverfahren bei Humerusfrakturen, ihre Komplikationen und das Endergebnis.

Osteosynthese	Komplikation		Endergebnis		
	geringfügig	erheblich	gut	befriedigend	mangelhaft
KBC ¹	2	-	2	-	-
2,0 mm DCP ²	-	2	-	-	1
2,7 mm DCP ²	-	-	1	-	-
VN ³ 3,5/109	-	1	-	-	1
Gesamt	2	3	3	-	2

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² DCP = Dynamic Compression Plate; ³ VN = Verriegelungsnagel.

Ergebnisse an Radius und Ulna

Es gingen 19 der 21 Unterarmfrakturen (Fälle 6-26; Anhang 6.1) in die Bewertung ein, wobei einmal keine Langzeitbewertung möglich war. Zwei ausgewachsene Tiere (Fall 9 und 13) blieben unkontrolliert.

Die Kurzzeitergebnisse waren **gut** [Platte (4/12), PKCS (3/3) und Fixateur externe (2/3)] und **befriedigend** [ulnärer Bohrdraht (1/1), Platte (8/12) und Fixateur externe (1/3)]. Die Langzeitergebnisse waren **gut** [Platte (8/11), PKCS (3/3) und Fixateur externe (3/3)] und **befriedigend** [ulnärer Bohrdraht (1/1) und Platte (3/11)]. Zu Komplikationen kam es bei sechs (6/15, 40%) adulten und einer (1/3, 33%) juvenilen Katze (Tab. 14). Mit Fixateur externe versorgte Frakturen entwickelten ausgeprägten Kallus (KI 1,6 und 1,7). Mit T-Plättchen oder mit Kombinationen DCP/ Ulna-Pin stabilisierte Frakturen heilten unter geringer Kallusbildung. Plattenosteosynthesen verursachten verschiedene Kallusformationen.

Juvenil

Zwei Frakturen juveniler Patienten wurden mit einer Platte und eine mit einem Fixateur externe stabilisiert. Die Heilung war bei einer (1/2, 50%) Plattenosteosynthese (Fall 6) und

dem Fixateur externe (1/1, 100%) (Fall 8) komplikationslos. Beim zweiten Plattenfall (1/2, 50%) (2,0 mm DCP, Fall 7) war 6 Wochen post op. eine Osteomyelitis entstanden. Eine vierwöchige Applikation von Amoxicillin/ Clavulansäure (12,5 mg/kg KGW) führte zur Heilung, so dass 3 Monate post op. das Implantat entfernt werden konnte.

Adult

Komplikationslos heilten die Frakturen bei 7 von 15 (47%) adulten Patienten. Fünf (5/10, 50%) waren mit Platte (Fälle 19, 20, 21, 22 und 26), eine mit einer PKCS (1/3, 33%) (Fall 10) und eine (1/2, 50%) mit einem Fixateur externe (Fall 16) versorgt worden. Ein zumindest befriedigendes Ergebnis wird für zwei (2/10, 20%) mit Platte (Fälle 14 und 23) und für zwei (2/3, 67%) mit PKCS (Fälle 17 und 18) stabilisierte Frakturen angenommen, da die Frakturkonsolidierung im Beobachtungszeitraum problemlos war oder telefonisch ein gutes funktionelles Ergebnis angegeben wurde. Der intramedullär eingebrachte Ulna-Bohrdraht (1/1) (Fall 25) bei einer adulten Katze brach nach 3 Wochen und verursachte eine um $<20^\circ$ große Achsenabweichung mit geringgradiger Lahmheit, die bei röntgenologisch fortgeschrittener Heilung zur 6. Woche post op. nicht mehr feststellbar war.

Die Osteosynthese dreier distaler Radius/ Ulnafrakturen mit Platte (3/10, 33%) führten zu Außenrotation der Gliedmasse (Fall 11), Streckdefizit im Ellbogengelenk (Fall 12) und Ankylosierung im Karpalgelenk (Fall 15).

Bei einem Patienten wurde der Fixateur externe (1/2, 50%) dynamisiert (Fall 24). Sowohl 3 als auch 6 Wochen post op. hatte sich so gut wie kein Kallus gebildet. Nach der Dynamisierung heilte die Fraktur innerhalb von 3 Wochen.

Tabelle 14: Das Osteosyntheseverfahren bei Unterarmfrakturen, ihre Komplikationen und das Endergebnis.

Osteosynthesen	Komplikation		Endergebnis		
	geringfügig	Erheblich	gut	befriedigend	mangelhaft
KB ¹ (Ulna)	-	1	-	1	-
2,0 mm DCP ²	1	-	2	-	-
2,0 mm verst. DCP ²	-	2	3	2	-
2,0 mm DCP ² + Ulna	-	-	2	-	-
2,0 mm T-Plättchen	-	1	1	1	-
PKCS ³	-	-	3	-	-
FE ⁴	1	-	3	-	-
Gesamt	2	4	14	4	-

¹ KB = Kirschner Bohrdraht; ² DCP = Dynamic Compression Plate; ³ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung; ⁴ FE = Fixateur externe.

Ergebnisse am Os femoris

Frakturen des Os femoris betrafen 6 juvenile und 9 adulte Katzen (Fälle 27-41; Anhang 6.1).

Die Kurzzeitergebnisse waren bei neun Tieren (9/13, 69%) **gut** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (3/4), Verriegelungsnagel (1/2) und Platte (5/7)], bei drei (3/13, 23%) **befriedigend** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/4) und Platte (2/7)] und einmal (1/13, 8%) [Verriegelungsnagel (1/2)] **mangelhaft**. Von zwei Frakturen liegt kein Kurzzeitergebnis vor.

Im Endergebnis waren neun von zwölf (75%) **gut** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (4/4), Verriegelungsnagel (1/2) und Platte (4/6)], **befriedigend** (8%) waren eine [Platte (1/6)] und **mangelhaft** (17%) zwei [Verriegelungsnagel (1/2) und Platte (1/6)] ausgeheilt. Drei Fälle (Fall 30, 32 und 34) konnten nicht bewertet werden. Zu Komplikationen im Heilungsverlauf kam es bei drei der zwölf (25%) kontrollierten Katzen (Tab. 15). Einfache Frakturen junger Katzen, die mit Cerclagen versorgt waren, waren mit ausgeprägtem

Kallus (KI 1,9 und 2,2) geheilt, während sich nur wenig Kallus bei einer mit Cerclagen fixierten Splitterfraktur entwickelte (KI 1,3). Waren zur Osteosynthese Platten montiert worden, war die Kallusbildung bei adulten Tieren dezent bis mittelgradig (KI 1,1- 1,5) und die bei einem Verriegelungsnagel ausgeprägt (KI 2,0).

Juvenil

Bei juvenilen Patienten war das Kurzzeitergebnis viermal (4/5, 80%) gut [Kirschner-Bohrdraht mit Cerclage (3/4), Platte (1/1)] und einmal (1/5, 20%) [Kirschner-Bohrdraht mit Cerclage (1/4)] befriedigend. Es wurde ein fortgeschrittener knöcherner Durchbau festgestellt. Die Heilung war in allen Fällen (4/4) 9 Wochen post op. abgeschlossen (Fälle 27, 28 und 31) oder wurde telefonisch als klinisch gut beschrieben (Fall 29).

Adult

Komplikationslos heilten die einfache Fraktur und vier Splitterfrakturen des Os femoris (5/8, 62,5%) bei adulten Katzen, die in vier Fällen (4/6) mit einer Platte (Fall 35, 36, 37 und 38) und einmal mit einem Verriegelungsnagel (1/2) (Fall 33) versorgt waren, innerhalb von 3- 6 Monaten. Zu Komplikationen der Frakturheilung am Os femoris kam es bei drei der acht (37,5%) Frakturen, die alle zertrümmert waren. Bei zwei (2/6) mit einer 2,7 mm verstärkten DCP (Fall 40 und 41) versorgten Fällen entstand eine Patellaluxation. Dies führte bei einem Patienten zu hochgradiger Lahmheit und zur erneuten Frakturversorgung. Beim anderen Patienten wurde die geringgradige Lahmheit nicht weiter behandelt. Eine Fraktur war dynamisch mit einem Nagel (1/2) (Fall 39) verriegelt worden. Das Implantat wanderte ins Kniegelenk und verursachte eine hoch schmerzhaft Ankylose mit Quadrizepskontraktur.

Tabelle 15: Das Osteosyntheseverfahren bei Frakturen des Os femoris, ihre Komplikationen und das Endergebnis.

Osteosynthese	Komplikation		Endergebnis		
	geringfügig	erheblich	gut	befriedigend	mangelhaft
KBC ¹	-	-	4	-	-
2,0 mm verst. DCP ²	-	-	1	-	-
2,7 mm DCP ²	-	-	1	-	-
2,7 mm verst. DCP ²	1	2	2	1	1
VN ³ 3,5/130	-	2	-	-	1
VN ³ 4,0/130	-	-	1	-	-
Gesamt	1	4	9	1	2

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² DCP = Dynamic Compression Plate; ³ VN = Verriegelungsnagel.

Ergebnisse an Tibia/ Fibula

Es wurden 31 Unterschenkelfrakturen osteosynthetisch versorgt (Fälle 42-72; Anhang 6.1). Zwei weitere Frakturen wurden mitgezählt, weil sie nach der Erstversorgung noch innerhalb der ersten Woche umversorgt werden mussten (Fall 48b und 70b). Vier Frakturen (Fall 49, 53, 65 und 66) konnten nicht kontrolliert werden, sodass 29 Frakturen (6 juvenile, 23 adulte) ausgewertet werden konnten.

Die Kurzzeitergebnisse waren bei elf (11/27, 41%) der versorgten Frakturen **gut** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2), Verriegelungsnagel (1/2), Platte (2/8), PKCS (3/5) und Fixateur externe (4/10)], bei 13 (13/27, 48%) **befriedigend** [Verriegelungsnagel (1/2), Platte (4/8), PKCS (2/5) und Fixateur externe (6/10)] und bei drei (3/27, 11%) **mangelhaft** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2) und Platte (2/8)]. Die Heilung verlief bei 22 (22/29, 76%) Frakturen **gut** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2), Verriegelungsnagel (2/2), Platte (5/10), PKCS (3/5) und Fixateur externe (6/10)] oder **befriedigend** [Platte (1/10), PKCS (2/5) und Fixateur externe (2/10)] und bei sieben (7/29, 24%) **mangelhaft** [intramed. Bohrdraht mit Cerclage (1/2), Platte (4/10) und Fixateur externe (2/10)] (Tab. 16). Komplikationen entsanden bei 18 (18/29, 62%) der osteosynthetisch versorgten Frakturen (2/6 juvenile, 16/23 adulte).

Wenig Kallus bildeten die mit 2,7 mm DCP (Fall 55, 56 und 57) oder mit Fixateur externe (Fall 43, 46, 47, 48, 52, 58, 59, 60, 68, und 70) versorgten Tibia Frakturen. Ein mit Überbrückungsplatte (Fall 64) versorgter Bruch wurde frühzeitig belastet und heilte unter

ausgeprägter Kallusbildung. Drei mit einer PKCS stabilisierte Tibia-Frakturen (Fall 44, 51 und 62) entwickelten dezente bis mittelgradige Kallus (Kl. 1,2 - 1,4). Eine aus nur 1,4 mm starken Bohrdrähten bestehende PKCS (Fall 50) verbog sich und führte zu einem Kallusindex von 2,0. Kirschner-Bohrdraht, 2,0 mm DCP, und Verriegelungsnagel konnten jeweils einmal röntgenologisch kontrolliert werden. Die gemessenen Kallusindizes waren 1,0, 1,1 und 1,6.

Juvenil

Komplikationslos war die Heilung bei vier juvenilen Katzen (4/6, 67%), die intramedullär (Fall 42), parakortikal (Fall 45) und mit Fixateur externe (Fall 43 und 47) versorgt worden waren. Einfache und Splitterfrakturen waren innerhalb von 6 Wochen fortgeschritten kalzifiziert.

Bei einer (1/3) mit Fixateur externe/Nagel-Kombination versehenen Splitterfraktur (Fall 46) kam es zu einer Achsenabweichung post operationem von 5- 10° und einem Pinbruch. Bei einer (1/2) parakortikal geschienten einfachen Fraktur (Fall 44) verlief die Heilung verzögert.

Adult

Das Kurzzeitergebnis war zu 57% (13/23) und das Endergebnis zu 72% (16/23) der Osteosynthesen bei adulten Katzen gut oder befriedigend.

Komplikationslos war die Heilung bei sieben Unterschenkelbrüchen (7/23, 30%). Sie waren eine mit einem Fixateur externe versorgte einfache (Fall 48b), eine mit Verriegelungsnagel (Fall 54) sowie zwei mit DCP (Fälle 55 und 56) stabilisierte Splitter- und jeweils eine mit VN (Fall 61), PKCS (Fall 62) und Platte/Nagel-Kombination (Fall 67) osteosynthetisierte Trümmerfraktur. Zu Komplikationen kam es bei 16 von 23 adulten Patienten (70%). In acht Fällen (8/23, 36,4%) (Fall 48, 51, 63, 64, 69, 70, 70b und 72) mußte erneut operiert werden.

Ein (1/2) intramedullärer Kirschner-Bohrdraht (Fall 48) brach innerhalb der ersten Woche post op. und wurde durch einen Fixateur externe ersetzt. Die Fraktur heilte innerhalb von 3 Monaten (Fall 48b). Zwei (2/5, 40%) parakortikale Fixationen an der Tibia (Fall 50 und 51) verbogen sich innerhalb der ersten 6 Wochen. Im Fall 51 verursachte ein Bohrdraht eine Hautwunde. Nach 3 Monaten wurde das Implantat gewechselt, da röntgenologisch der Verdacht einer Osteomyelitis bestand. Die Fraktur heilte versorgt mit einer 2,0 mm DCP in

den folgenden 3 Monaten. Zu Komplikationen kam es bei sieben von zehn (70%) der mit Platten versorgten Splitter- (1/3) und Trümmerfrakturen (6/7). Ein Beugedefizit von $>20^\circ$ im Kniegelenk mit hochgradiger Lahmheit wurde einmal (Fall 57) festgestellt. Zur Röntgenkontrolle 6 Monate post op. wurde eine Pseudarthrose diagnostiziert (Fall 71). Weitere fünf Fälle (5/10, 50%) wurden infolge verzögerter Heilung zweier 2,7 mm DCP (Fälle 63 und 64), einer Implantatlockerung (Fall 64), Implantatbiegung zweier 2,0 mm DCP (Fälle 69 und 70) und Ausbrechen einer 3,5 mm Rekonstruktionsplatte (Fall 72) reoperiert.

Ein Fixateur externe wurde bei sieben (7/23) Patienten (48b, 52, 58, 59, 60, 68 und 70b) angebracht, in vier Fällen (4/8, 50%) (52, 60, 68 und 70b) mit einer bis zu 20° großen Achsenabweichungen. An zwei (2/8, 25%) (Fall 58 und 70b) anfänglich korrekt ausgerichteten Gliedmassen entstand ein Rotationsfehler bis zu 90° . Die Weichgewebe schwellen bei zwei Patienten (2/8, 25%) enorm an (Fall 52 und 60). Eine vorzeitige Pinlockerung wurde bei einem Tier (1/8, 12,5%) festgestellt (Fall 68). Im Fall 52 wurde nach 6 Wochen der Verdacht einer Osteomyelitis (1/8, 12,5%) gestellt. Ein Fixateur externe (Fall 59) war 3 Monate nach Montage andernorts entfernt worden. Zehn Tage später kam es zur Refraktur. Trotz einer Komplikationsrate von 63% war das klinische Ergebnis in 50% dieser Fälle gut.

Tabelle 16: Die Osteosyntheseverfahren bei Unterschenkelfrakturen, ihre Komplikationen und das Endergebnis.

Osteosynthese	Komplikation		Endergebnis		
	geringfügig	erheblich	gut	befriedigend	mangelhaft
KBC ¹	-	2	1	-	1
2,0 mm DCP ²	-	1	-	-	1
2,0 mm verst. DCP ²	-	1	-	-	1
2,0 mm DCP ² + KB ¹	1	-	-	1	-
2,7 mm DCP ²	-	1	2	-	1
2,7 mm verst. DCP ²	2	-	2	-	-
2,7 mm DCP ² + KB ¹	-	-	1	-	-
3,5 mm Rekonstr.	-	1	-	-	1
PKCS ³	4	-	3	2	-
VN ⁴	-	-	2	-	-
FE ⁵	7	2	4	1	2
FE ⁵ + KB ¹	6	-	2	1	-
Gesamt	19	7	17	5	7

¹ KBC = Kirschner Bohrdraht und Cerclage; ² DCP = Dynamic Compression Plate; ³ PKCS = Paraossäre Klammer-Cerclagen Stabilisierung; ⁴ VN = Verriegelungsnagel; ⁵ FE = Fixateur externe.

3.2.2.3 Re-Operationen

Elf Frakturen (17%) waren wegen Komplikationen erneut zu operieren (8 Implantatwechsel, 3 Dynamisierungen). Eine davon erforderte einen dritten operativen Eingriff (Implantatwechsel, Fall 70). Re-Operationen waren je eine am Humerus (20%), Radius (5,5%) sowie Os femoris (8%) und sieben an der Tibia (24%) vorzunehmen.

3.2.2.4 Offene Frakturen

Sieben [Radius (1/2), Os femoris (1/1) und Tibia (5/7)] der zehn (70%) offenen Frakturen heilten komplikationslos. Die Heilung einer Radiusfraktur (1/2) war verzögert (Fall 22). Zwei offene Tibiafrakturen wurden durch eine Osteomyelitis (Fall 51) und eine eitrige Pintrackinfektion (Fall 59) kompliziert. Auch die komplikationsbehafteten Fälle (3/10, 30%) heilten.

3.2.2.5 Komplikationen

31 (48%) der 65 Osteosynthesen waren mit einer oder mehreren Komplikationen behaftet in Form von: Achsenfehlstellung (5), Rotationsfehler (2), eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit (7), Quadrizepskontraktur (1), Patellaluxation (2), verzögerte und ausbleibende Heilung (7), Osteoporose (1), Osteomyelitis (3), Implantatlockerung (4), Implantatbruch (3), Verbiegen (3) und Ausbrechen des Implantats (2). Die 40 Komplikationen waren 23mal geringfügig und 17mal erheblich. An Humerus und Tibia kam es jeweils in 2 von 3 Fällen (67, resp. 63%), an Radius und Os femoris in 1 von 3, resp. 4 Fällen (33, resp. 23%) zu Komplikationen.

3.2.2.6 Polytraumata

Auch wenn 22 (30,5%) Patienten mehrere Verletzungen des Bewegungsapparats erlitten hatten, war dies nur in einem Fall (Fall 71) (4,5%) Ursache einer gestörten Heilung. Bei diesem Tier war die beidseitige Tibiatrümmerfraktur jeweils mit einer Platte stabilisiert worden. Einseitig zwang Implantatversagen zu mehreren Reoperationen und kontralateral war 4 Monate post op. trotz guter Wundheilung und Belastung röntgenologisch keine Heilung festzustellen.

3.2.2.7 Implantatentfernungen

Bei 26 von 64 Patienten (40%) wurden die Implantate partiell oder vollständig entfernt. Die Kirschner-Bohrdrähte (2/9, 22%) die bei zwei juvenilen Katzen eingebracht waren, wurden nach 8 Wochen und ein Verriegelungsnagel (1/4, 25%) 3 Monate post op. entfernt. Von drei (3/8, 37,5%) parakortikalen Fixationen mussten zwei frühzeitig nach jeweils 6 Wochen entnommen werden, weil die Implantate verbogen waren oder sich eine Wunde über dem Implantat gebildet hatte. Die Dritte wurde 3 Monate post op. entfernt. Platten (9/29) wurden nach durchschnittlich 17 Wochen und Fixateur externe (11/13) nach durchschnittlich 7,5 Wochen entnommen.