

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

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. Dr. habil. R. Köstlin

**Karpal- und Tarsalgelenksarthrodese bei Hund und Katze -
Behandlungen und Ergebnisse in den Jahren 1996 bis 2010**

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

von
Theresa Sophie Ernst
aus
Stuttgart

München 2012

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. R. Köstlin

Koreferent: Priv. Doz. Dr. Maierl

Tag der Promotion: 21. Juli 2012

Meinen Eltern

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....VI

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1	ANATOMISCHE GRUNDLAGEN	2
2.1.1	<i>Karpus</i>	2
2.1.1.1	Knöcherne Strukturen des Karpalgelenks.....	2
2.1.1.2	Gelenke und Bewegungsumfang	3
2.1.1.3	Bandapparat.....	4
2.1.1.4	Muskulatur.....	6
2.1.2	<i>Tarsus</i>	7
2.1.2.1	Knöcherne Strukturen des Tarsalgelenks.....	7
2.1.2.2	Gelenke und Bewegungsumfang	9
2.1.2.3	Bandapparat.....	9
2.1.2.4	Muskulatur.....	10
2.2	VERLETZUNGEN	12
2.2.1	<i>Verletzungen im Bereich des Karpalgelenks</i>	12
2.2.1.1	Frakturen einzelner Karpalknochen	12
2.2.1.1.1	Fraktur des Os carpi intermedioradiale	12
2.2.1.1.2	Fraktur des Os carpi accessorium.....	13
2.2.1.1.3	Fraktur des Os carpi ulnare und der distalen Karpalknochen	14
2.2.1.2	Luxationen	15
2.2.1.2.1	Luxationen der Gelenketagen.....	15
2.2.1.2.1.1	Luxation des Antebrachiokarpalgelenks.....	15
2.2.1.2.1.2	Subluxation des Antebrachiokarpalgelenks	16
2.2.1.2.1.3	(Sub-)luxation der Articulatio mediocarpea	16
2.2.1.2.2	Luxationen einzelner Karpalknochen	17
2.2.1.2.2.1	Luxation des Os carpi intermedioradiale	17
2.2.1.2.2.2	(Sub-)luxation des Os carpi accessorium.....	17
2.2.1.2.2.3	Luxationen der Ossa carpalia I-IV	18
2.2.1.3	Hyperextensionsverletzung des Karpalgelenks.....	18
2.2.1.4	Abschiffverletzung im Bereich des Karpalgelenks	22
2.2.1.5	Angeborene Missbildungen	23
2.2.2	<i>Verletzungen im Bereich des Tarsalgelenks</i>	23
2.2.2.1	Frakturen einzelner Tarsalknochen	24
2.2.2.1.1	Fraktur des Talus.....	24
2.2.2.1.2	Fraktur des Kalkaneus.....	24
2.2.2.1.3	Fraktur des Os tarsi centrale	25
2.2.2.1.4	Frakturen der Ossa tarsalia	25
2.2.2.2	Luxationen	26
2.2.2.2.1	Luxationen der Gelenketagen.....	26

2.2.2.2.2	Luxationen einzelner Tarsalknochen.....	28
2.2.2.3	Abschliffverletzung im Bereich des Tarsalgelenks.....	28
2.2.2.4	Osteochondrosis dissecans.....	29
2.2.2.5	Angeborene Missbildungen	29
2.3	ARTHRODESE.....	30
2.3.1	<i>Allgemeines</i>	30
2.3.2	<i>Karpus</i>	34
2.3.2.1	Indikationen.....	34
2.3.2.2	Chirurgischer Zugang	35
2.3.2.2.1	Panarthrodese	36
2.3.2.2.1.1	Pankarpale Arthrodese mit Platte	38
2.3.2.2.1.2	Pankarpale Arthrodese mit Fixateur externe	44
2.3.2.2.2	Partielle Arthrodese.....	46
2.3.2.3	Nachsorge	49
2.3.2.4	Prognose, Komplikationen und Behandlungsergebnisse aus der Literatur	52
2.3.3	<i>Tarsus</i>	57
2.3.3.1	Indikationen.....	57
2.3.3.2	Chirurgischer Zugang	60
2.3.3.2.1	Panarthrodese	60
2.3.3.2.1.1	Pantarsale Arthrodese mit Platte.....	61
2.3.3.2.1.2	Pantarsale Arthrodese mit Fixateur externe.....	64
2.3.3.2.2	Partielle Arthrodese.....	64
2.3.3.3	Nachsorge	68
2.3.3.4	Prognose und Komplikationen.....	69
2.4	GANGANALYSE.....	74
3	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	77
3.1	KONTROLLZEITRAUM UND PATIENTENGUT	77
3.1.1	<i>Häufigkeit</i>	77
3.1.2	<i>Altersverteilung</i>	78
3.1.3	<i>Geschlechtsverteilung</i>	79
3.2	DURCHFÜHRUNG DER SPÄTKONTROLLEN.....	80
3.2.1	<i>Besitzerfragebogen</i>	81
3.2.2	<i>Klinische Spätkontrolle</i>	81
3.2.3	<i>Röntgenologische Spätkontrolle</i>	83
3.2.3.1	Durchführung der Röntgenuntersuchung.....	83
3.2.3.2	Auswertung der Röntgenuntersuchung.....	83
3.2.4	<i>Ganganalytische Spätkontrolle</i>	84
3.2.4.1	Ganglabor	84
3.2.4.2	Vorgehensweise	85
3.2.4.3	Kinetische Parameter	87
3.2.4.4	Kinematische Parameter	87
3.2.4.5	Der Symmetrieindex	87
3.2.5	<i>Verlauf</i>	88

3.2.6 Auswertung.....	89
3.3 STATISTISCHE AUSWERTUNG	89
4 ERGEBNISSE	90
4.1 HUNDE	92
4.1.1 <i>Gruppe 1: Klinische Kontrolle</i>	92
4.1.1.1 Karpalgelenksarthroesen.....	92
4.1.1.1.1 Häufigkeit	92
4.1.1.1.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung.....	92
4.1.1.1.2.1 Altersverteilung	92
4.1.1.1.2.2 Geschlechtsverteilung	94
4.1.1.1.2.3 Rasseverteilung	94
4.1.1.1.3 Ausgangssituation	94
4.1.1.1.4 Diagnose	96
4.1.1.1.5 Behandlung (Operationsmethode und Implantat).....	98
4.1.1.1.6 Klinische Spätuntersuchung.....	99
4.1.1.1.6.1 Kontrollzeitpunkt	99
4.1.1.1.6.2 Besitzerfragebogen.....	100
4.1.1.1.6.3 Orthopädische Untersuchung	111
4.1.1.1.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle.....	117
4.1.1.1.6.5 Ganganalytische Spätkontrolle	127
4.1.1.1.7 Komplikationen.....	155
4.1.1.2 Tarsalgelenksarthroesen.....	157
4.1.1.2.1 Häufigkeit	157
4.1.1.2.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung.....	157
4.1.1.2.2.1 Altersverteilung	157
4.1.1.2.2.2 Geschlechtsverteilung	158
4.1.1.2.2.3 Rasseverteilung	159
4.1.1.2.3 Ausgangssituation	159
4.1.1.2.4 Diagnose und Behandlung	160
4.1.1.2.5 Behandlung (Operationsmethode und Implantat).....	161
4.1.1.2.6 Klinische Spätuntersuchung.....	162
4.1.1.2.6.1 Kontrollzeitpunkt	162
4.1.1.2.6.2 Besitzerfragebogen.....	162
4.1.1.2.6.3 Orthopädische Untersuchung	169
4.1.1.2.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle	172
4.1.1.2.6.5 Ganganalytische Spätkontrolle	177
4.1.1.2.7 Komplikationen.....	193
4.1.2 <i>Gruppe 2: Nur Fragebogen</i>	194
4.1.2.1 Karpalgelenksarthroesen.....	194
4.1.2.2 Tarsalgelenksarthroesen.....	195
4.2 KATZEN.....	196
4.2.1 <i>Gruppe 1: Klinische Kontrolle</i>	196
4.2.1.1 Karpalgelenksarthroesen.....	196
4.2.1.1.1 Häufigkeit	196

4.2.1.1.2	Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung.....	196
4.2.1.1.3	Ausgangssituation	197
4.2.1.1.4	Diagnose und Behandlung	197
4.2.1.1.5	Behandlung (Operationsmethode und Implantat).....	199
4.2.1.1.6	Klinische Spätuntersuchung.....	199
4.2.1.1.6.1	Kontrollzeitpunkt	199
4.2.1.1.6.2	Besitzerfragebogen.....	200
4.2.1.1.6.3	Orthopädische Untersuchung	203
4.2.1.1.6.4	Röntgenologische Spätkontrolle.....	205
4.2.1.1.7	Komplikationen.....	207
4.2.1.2	Tarsalgelenksarthrodesen.....	208
4.2.1.2.1	Häufigkeit	208
4.2.1.2.2	Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung.....	208
4.2.1.2.3	Ausgangssituation	208
4.2.1.2.4	Diagnose und Behandlung	209
4.2.1.2.5	Behandlung (Operationsmethode und Implantat).....	209
4.2.1.2.6	Klinische Spätuntersuchung.....	209
4.2.1.2.6.1	Kontrollzeitpunkt	209
4.2.1.2.6.2	Besitzerfragebogen.....	210
4.2.1.2.6.3	Orthopädische Untersuchung	211
4.2.1.2.6.4	Röntgenologische Spätkontrolle.....	211
4.2.1.2.7	Komplikationen.....	212
4.2.2	<i>Gruppe 2: Nur Fragebogen</i>	212
4.2.2.1	Karpalgelenksarthrodesen.....	212
4.2.2.2	Tarsalgelenksarthrodesen.....	213
4.3	VERGLEICH TIER- UND ARTHRODESEARTEN	213
4.3.1	<i>Häufigkeit</i>	213
4.3.2	<i>Altersverteilung</i>	214
4.3.3	<i>Geschlechtsverteilung</i>	215
4.3.4	<i>Notenvergleich</i>	215
4.3.4.1	Hunde	215
4.3.4.2	Katzen.....	216
4.3.4.3	Insgesamt	217
4.3.5	<i>Entlastung im Stand</i>	218
4.3.6	<i>Lähmheit anhand des Symmetrieindexes</i>	219
5	DISKUSSION	221
5.1	HUNDE	221
5.1.1	<i>Karpalgelenksarthrodesen</i>	221
5.1.2	<i>Tarsalgelenksarthrodesen</i>	227
5.2	KATZEN.....	230
5.2.1	<i>Karpalgelenksarthrodesen</i>	230
5.2.2	<i>Tarsalgelenksarthrodesen</i>	232
5.3	VERGLEICH TIER- UND ARTHRODESEARTEN	233

6	ZUSAMMENFASSUNG.....	237
7	SUMMARY.....	241
8	LITERATURVERZEICHNIS	245
9	DANKSAGUNG	272

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Art.	Articulatio
Art.	Articulationes
Bzw.	Beziehungsweise
Etc.	et cetera
i.d.R.	in der Regel
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
Mm.	Musculi
s.u.	siehe unten
Tab.	Tabelle

1 Einleitung

Die Arthrodese stellt eine chirurgische Option für Gelenke dar, deren Funktion weder durch konservative noch chirurgisch gelenkerhaltende Behandlung aufrechterhalten werden kann (Johnson 1980, Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Lesser 2003). Häufig ist die Gelenkversteifung die letzte Chance für den Patienten, eine schmerzfreie Nutzung der betroffenen Gliedmaße zu bewahren und eine Amputation zu umgehen. Aus diesem Grund ist es anstrebenswert diesen Eingriff, der aufgrund der damit einhergehenden hohen Komplikationsrate eine chirurgische Herausforderung darstellt, weiter zu optimieren und neue Erkenntnisse hinsichtlich Durchführung, Nachsorge, Prognose und Komplikationen hinzuzugewinnen.

In jüngster Zeit wurden zahlreiche neue Behandlungsmethoden für die Arthrodese des Karpal- und Tarsalgelenks bei Hund und Katze entwickelt (Diaz-Bertrana et al. 2009a, Diaz-Bertrana et al. 2009b, Clarke 2010, Déjardin 2010, Bokemeyer et al. 2011). Eine kritische Überprüfung der Praktikabilität und der zu erwartenden Ergebnisse unter Anwendung dieser Techniken, insbesondere im Vergleich zu bisher üblichen Behandlungsoptionen, ist anzustreben und für ihren zukünftigen Einsatz von entscheidender Bedeutung.

Ziel dieser Arbeit ist es, die in den Jahren 1996–2010 an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer Karpal- oder Tarsalgelenksarthrodese behandelten Hunde und Katzen zu erfassen und die Behandlungsergebnisse anhand klinischer, röntgenologischer und teils ganganalytischer Nachuntersuchungen retrospektiv zu analysieren.

2 Literaturübersicht

2.1 Anatomische Grundlagen

2.1.1 Karpus

Der Karpus setzt sich bei Hund und Katze aus 7 Knochen zusammen. Diese Knochen sind in 2 Reihen angeordnet und bilden gemeinsam mit den angrenzenden Knochen des Unterarms und der Mittelhand 3 Gelenketagen aus (Brinker et al. 1993, Nickel et al. 2001a, Budras et al. 2004b). Das Karpalgelenk ist damit ein zusammengesetztes Gelenk (Nickel et al. 2001a).

2.1.1.1 Knöcherne Strukturen des Karpalgelenks

Der distale Anteil des Radius ist als sogenannte Trochlea radii (Speichenwalze) ausgebildet und artikuliert mit der proximalen Reihe der Karpalgelenksknochen (Vollmerhaus et al. 1994, Budras et al. 2004b, Salomon 2005). Lateral besitzt der Radius die Incisura ulnaris, über die er mit der Ulna kommuniziert. Auf seiner Medialseite bildet er den Processus styloideus medialis (medialer Bandhöcker) aus (Budras et al. 2004b). Dieser hat eine wichtige Funktion als Ursprung des medialen Kollateralbands. Im Zuge von Traumata im Bereich des Karpalgelenks kommt es nicht zu selten zu Frakturen dieses Knochenpunkts mit daraus resultierender Instabilität des medialen Anteils des Antebrachiokarpalgelenks (Brinker et al. 1993).

Die Ulna besitzt im distalen Bereich ein Caput ulnae, das mit dem distalen Radius artikuliert (Vollmerhaus et al. 1994). Lateral bildet sie einen Processus styloideus lateralis (lateraler Bandhöcker) aus. Entsprechend dem medialen Bandhöcker entspringt hier das laterale Kollateralband (Brinker et al. 1993, Vollmerhaus et al. 1994).

Die Handwurzelknochen (Ossa carpi) sind in 2 Reihen angeordnet: Die proximale Reihe besteht aus dem Os carpi intermedioradiale, dem größten der Karpalknochen, dem Os carpi ulnare und dem lateral sitzenden, nach kaudal herausragendem Os carpi accessorium (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001a).

Das Os carpi intermedioradiale entsteht entwicklungsgenetisch aus dem Os carpi radiale, intermedium und centrale. Die Verschmelzung mit dem Os carpi centrale findet oft erst mehrere Wochen nach der Geburt statt (Nickel et al. 2001a). Probst und Millis (2003) sprechen beim Hund erst im 3.–4. Lebensmonat von einer Verschmelzung.

Lateral vom Os carpi accessorium befindet sich das Os carpi ulnare. Es besitzt einen nach palmar gerichteten knopfartigen Vorsprung, der der Artikulation mit dem Os metacarpale quintum dient (Vollmerhaus et al. 1994, Liebich und König 2009).

Das Os carpi accessorium besitzt 2 Ossifikationszentren, die sich erst im Alter von 3–6 Monaten vereinigen (Probst und Millis 2003). Dieser palmar und lateral sitzende

Karpalknochen besitzt einen zylinderartigen nach kaudal gerichteten Fortsatz (Vollmerhaus et al. 1994). Distal dieser 3 Knochen schließen sich die Ossa carpalia I–IV an, die mit den Mittelhandknochen, den Ossa metacarpalia I–V, kommunizieren und von medial nach lateral an Größe zunehmen (Liebich und König 2009).

Die Ossa metacarpalia primum, secundum, tertium, quartum und quintum sind vom Aufbau einander sehr ähnliche kurze Röhrenknochen (Salomon 2005). Sie sind nebeneinander leicht bogenförmig in einer Reihe angeordnet und besitzen eine proximal gelegene Basis, die der Artikulation mit den Karpalknochen dient (Nickel et al. 2001a, Liebich und König 2009). Als weitere knöcherne Struktur im Bereich des Karpalgelenks befindet sich in der Endsehne des Musculus abductor pollicis longus auf der Medialseite des Karpus ein Sesambein, das Os sesamoideum musculis abductoris pollicis longi (Nickel et al. 2001a). Die beiden kleinen Sesambeine, Ossa sesamoidea palmaria, die auf der Palmarseite des Karpalgelenks zwischen den beiden Knochenreihen liegen, sind nur gelegentlich ausgebildet (Brinker et al. 1993, Nickel et al. 2001a, Budras et al. 2004b, Buote et al. 2009).

2.1.1.2 Gelenke und Bewegungsumfang

Die einzelnen Gelenketagen des Karpalgelenks besitzen jeweils eigene Gelenkkapseln (Budras et al. 2004b).

Die oberste der Gelenketagen, die Articulatio antebrachiocarpea, besitzt im Verhältnis zu den beiden weiter distal gelegenen Etagen, den größten Bewegungsumfang (Vollmerhaus et al. 1994, Budras et al. 2004b). Je nach Autor umfasst dieser zwischen 85 (Johnson 1979) und 90 % (Piermattei et al. 2006) des gesamten Bewegungsumfangs im Karpalgelenk. Es handelt sich beim Fleischfresser um ein nahezu freies Gelenk. Durch die pfannenartige Aushöhlung der Facies articularis carpea des Radius bei Hund und Katze sind bei ihnen auch kreiselnde Bewegung möglich, was, insbesondere bei der Katze, die vielseitige Verwendung der Vorderpfoten gewährleistet (Nickel et al. 2001c).

Die Articulatio mediocarpea bildet die nach distal folgende Gelenketage (Vollmerhaus et al. 1994). Es hat nur einen geringen Anteil an der Beweglichkeit des Karpus (Nickel et al. 2001c). Von 10 (Johnson 1979) bis 15 % (Piermattei et al. 2006) ist die Rede.

Die Articulationes intercarpeae sind zwischen den einzelnen Karpalknochen einer Reihe ausgebildet. Es handelt sich um straffe Gelenke mit wenig Bewegungsspielraum (Nickel et al. 2001c).

Eine separate Articulatio ossis carpi accessorii dient der Kommunikation von Os carpi accessorium, Os carpi ulnare und Ulna. Sie bildet mit der Articulatio antebrachiocarpea den proximalen Anteil der Gelenkhöhle der Articulatio carpi, der mit dem distalen Anteil sowie dem distalen Radioulnargelenk kommuniziert (Nickel et al. 2001c, Liebich und König 2009).

Die unterste Etage der Articulatio carpi ist die Articulatio carpometacarpea (Vollmerhaus et al. 1994). Sie bildet gemeinsam mit der Articulatio mediocarpea den distalen Anteil der Gelenkhöhle der Articulatio carpi (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b).

Bei maximaler Beugung des Karpalgelenks sollte der Mittelfuß bis nahe zum Unterarm geführt werden können. Der Gesamtbewegungsumfang beträgt entsprechend der Angaben von Liebich und König (2009) bis zu 195°. Bei der Anfertigung von, für die exakte Lokalisation einer Schädigung im Bereich des Bandapparats des Karpalgelenks wichtigen, Stressröntgenaufnahmen (s.u.) ist bei unversehrten Gelenken mit einer Hyperextension von 20-38° mit Unterschieden bis 8° im Seitenvergleich zu rechnen (Wernitz 1987). In gehaltener Varus- und Valgusstellung gibt Wernitz (1987) Werte von 5-20° bzw. 17-30° an.

2.1.1.3 Bandapparat

Zur Stabilisierung des Karpalgelenks dienen sowohl Gelenkänder als auch bandartige Faszienverstärkungen (Liebich und König 2009). Auf der Dorsalseite des Karpus befindet sich eine als Retinaculum extensorum bezeichnete Faszienverstärkung (Nickel et al. 2001c). Sie dient als Führungsschiene für die Strecksehnen (Budras et al. 2004b). Palmar findet sich ein Retinaculum flexorum, es stellt eine Verstärkung der tiefen Faszie dar und dient im Canalis carpi als Halteband für Sehnen, Nerven und Gefäße (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b).

Die Gelenkänder des Karpalgelenks sind in der Regel kurz und überbrücken meist nur eine Gelenketage (Piermattei et al. 2006). Keines der Bänder überbrückt sämtliche 3 Gelenketagen (Probst und Millis 2003, Liebich und König 2009).

Zu unterscheiden sind 5 verschiedene Gruppen von Bändern:

1. Seitenbänder
2. Unterarm-Fußwurzelbänder
3. Bänder des Os carpi accessorium
4. Fußwurzelbänder und
5. Fußwurzel-Mittelfußbänder

Zu 1. **Seitenbänder:**

Das Ligamentum collaterale carpi laterale und mediale überspannt jeweils nur die proximale Gelenketage (Nickel et al. 2001c). Lateral zieht es vom Processus styloideus ulnae an das Os carpi ulnare. Auf der Medialseite entspringt es am Processus styloideus radii und zieht zum Os carpi intermedioradiale und centrale. Aufgrund der physiologischen leichten Valgusstellung des Karpus befindet sich das mediale Kollateralband stets unter Spannung (Brinker et al. 1993). Im Gegensatz zum Hund, bei dem das mediale Kollateralband aus einem oberflächlichen geraden und einem in der Tiefe gelegenen schrägen Ast besteht, fehlt

bei der Katze der gerade, oberflächliche Anteil (Voss et al. 2003a, Shales und Langley-Hobbs 2006). Bedingt durch den Verlauf des kurzen, breiten Bandes von dorsoproximal nach palmarodistal wirkt es nicht nur Valgusstress, sondern auch einer Dislokation der Karpalknochen nach palmar entgegen (Voss et al. 2009). Aufgrund dieser Tatsache kommt es bei einer Ruptur des Bandes zu einer Palmarverlagerung und Innenrotation des Os carpi intermedioradiale (Voss et al. 2003a).

Zu 2. Unterarm-Fußwurzelbänder:

Auf der Streckseite des Karpus befindet sich das Ligamentum radiocarpeum dorsale (Liebich und König 2009). Das Ligamentum carpi palmare profundum auf der Palmarseite ist als kräftige plattenförmige Verdickung der Gelenkkapselfibrosa ausgebildet. Es setzt sich aus den 3 Einzelbändern, dem Ligamentum radiocarpeum palmare, dem Ligamentum ulnocalcarpeum palmare und dem Ligamentum carpi radiatum zusammen, welche jedoch häufig nur schwer voneinander abzugrenzen sind. Die Struktur in ihrer Gesamtheit wird häufig auch als Fibrocartilago carpometacarpeum palmare bezeichnet. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der Verhinderung der Hyperextension des Karpus (Nickel et al. 2001c, Salomon 2005, Liebich und König 2009).

Zu 3. Bänder des Os carpi accessorium:

Zur Stabilisierung des als Ansatzpunkt für die Beugemuskeln des Karpalgelenks angelegten Os carpi accessorium dienen 3 verschiedene Bänder, die allesamt an diesem Knochen entspringen (Vollmerhaus et al. 1994). Dazu gehören das Ligamentum accessorioulnare sowie die beiden 2-schenkligen Ligamenta accessoriocarpoulnare und accessoriometacarpeum (Nickel et al. 2001c, Salomon 2005, Liebich und König 2009).

Zu 4. Fußwurzelbänder:

Diese Bänder sind oft mit der Gelenkkapsel und den anderen Bändern des Karpalgelenks verschmolzen und werden in dorsale, palmare und innere Fußwurzelbänder unterteilt (Ligamenta interossea intercarpea dorsalia, palmaria et interossea) (Nickel et al. 2001c). Sie verbinden die einzelnen Gelenkspalten innerhalb des Karpus und überbrücken die Vorderfußwurzel-Mittelgelenke und die Vorderfußwurzel-Zwischengelenke (Nickel et al. 2001c, Liebich und König 2009).

Zu 5. Fußwurzel-Mittelfußbänder:

Sie verbinden dorsal bzw. palmar die Karpalknochen mit den Metakarpalknochen (Salomon 2005). Auf der Dorsalseite befinden sich die Ligamenta carpometacarpea dorsalia, die das Karpometakarpalgelenk überbrücken und sich aus 3 Einzelbändern zusammensetzen.

Das Ligamentum carpometacarpeum palmare auf der Palmarseite wird durch den sich in diesem Abschnitt befindenden Anteil des Fibrocartilago carpometacarpeum palmare gebildet (Vollmerhaus et al. 1994).

In einer Untersuchung hinsichtlich der Elastizität der am Karpalgelenk beteiligten Bandstrukturen konnten Shetye und Malhotra (2009) signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen finden. Die accessoriometakarpalen Bänder zeigten im Vergleich zu den anderen Bändern eine verhältnismäßig hohe Elastizität, wohingegen die Kollateralbänder die geringste Elastizität aufwiesen.

2.1.1.4 Muskulatur

Die Muskeln des Karpalgelenks sind 2-gelenkige Muskeln, die vom Humerus unmittelbar oberhalb des Ellbogengelenks entspringen und mit meist kurzen, aber kräftigen Sehnen an den einzelnen Karpal- oder Metakarpalknochen inserieren (Nickel et al. 2001c).

Kraniolateral am Unterarm befinden sich die Karpalgelenksstrekker zusammen mit den Zehenstreckern, den Daumenmuskeln und den Supinatoren des Radioulnargelenks (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b, Salomon 2005, Liebich und König 2009).

1. Der Musculus extensor carpi radialis entspringt am Humerus und zieht an die proximalen Ossa metacarpalia secundum und tertium (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b).
2. Der Musculus extensor carpi ulnaris entspringt am Epicondylus lateralis humeri, zieht proximal zum Os metacarpale quintum und entsendet von dort eine dünne Abspaltung zum Retinaculum flexorum (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b).
3. Der Musculus flexor carpi radialis nimmt seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri und inseriert mit einer 2-geteilten Endsehne proximopalmar am Os metacarpale secundum und tertium (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b).
4. Der Musculus flexor carpi ulnaris entspringt mit seinem Caput humerale am Epicondylus medialis des Humerus und mit seinem sehnigen Caput ulnare am Olekranon (Nickel et al. 2001c). Mit seiner kurzen Endsehne inseriert er am Os carpi accessorium. Damit ist er die einzige sehnige Struktur in diesem Bereich, die zur Stabilisation des Karpus in der Extension beiträgt (Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Buote et al. 2009).
5. Der Musculus extensor digitalis communis entspringt am Epicondylus lateralis humeri und gliedert sich in 4 getrennte Teile (Budras et al. 2004b). Seinen Ansatzpunkt findet er an der 2. – 5. Zehe.
6. Der Musculus extensor digitalis lateralis entspringt am Epicondylus lateralis humeri (Budras et al. 2004b). Er teilt sich in seinem Verlauf nach distal beim Hund in 2 und bei der Katze in 3 Muskelbäuche, aus denen im Bereich des Unterarms 3 bzw. 4 Sehnen hervorgehen, die an der 2. bzw. 3. – 5. Zehe inserieren.
7. Der Musculus extensor pollicis longus et indicis entspringt im mittleren Bereich des kraniolateralen Ulnarands und inseriert an der 1. und 2. Zehe (Budras et al. 2004b).

8. Der Musculus abductor pollicis longus entspringt lateral auf mittlerer Höhe von Ulna und Radius, zieht nach medial und inseriert am Os metacarpale primum (Nickel et al. 2001c).
9. Der Musculus flexor digitalis superficialis entspringt am Epicondylus medialis des Humerus und geht im distalen Drittel des Unterarms in die oberflächliche Beugesehne über (Nickel et al. 2001c, Budras et al. 2004b). Diese spaltet sich proximal am Metakarpus beim Hund in 4 und der Katze in 5 Schenkel. Sie inserieren beim Hund am mittleren Zehenglied der 2. – 5. bzw. 1. – 5. Zehe. Kurz vor ihrem Ansatz bieten die Sehnenschenkel eine tunnelförmige Durchtrittsmöglichkeit für die tiefe Beugesehne.
10. Der Musculus flexor digitalis profundus besteht aus den 2 schwächeren Caput ulnare und radiale sowie einem stärkeren mittleren Caput humerale (Budras et al. 2004b). Er entspringt jeweils an Ulna, Radius und Humerus und bildet im distalen Unterarmdrittel die tiefe Beugesehne. Diese teilt sich in 5 Schenkel auf, die jeweils auf Höhe der Phalanx proximalis die Äste der oberflächlichen Beugesehne durchbohren, um dann palmar an der Phalanx distalis zu inserieren.

2.1.2 Tarsus

Der Tarsus besteht aus 7 Knochen. Wie auch beim Karpalgelenk lassen sich 3 Gelenketagen unterscheiden (Nickel et al. 2001b).

2.1.2.1 Knöcherne Strukturen des Tarsalgelenks

Das distale Endstück der Tibia bildet die Cochlea tibiae (Gelenkschraube) aus (Vollmerhaus et al. 1994). Sie dient der Artikulation mit der Trochlea tali und ist durch einen Sagittalkamm geteilt. Von medial wird sie vom Malleolus medialis überragt.

Die Fibula bildet in ihrem distalen Abschnitt den Malleolus lateralis aus (Nickel et al. 2001b). Auf ihm sind 2 Sehnenrinnen für die Sehne des Musculus fibularis longus und für den Musculus extensor digitalis lateralis und Musculus fibularis brevis ausgespart.

Die Fußwurzelknochen sind in 3 Reihen angeordnet (Nickel et al. 2001b). Die proximale oder kurrale Knochenreihe wird von dem medial gelegenen Talus (Os tarsi tibiale, Rollbein) und dem lateral davon befindlichen Kalkaneus (Os tarsi fibulare, Fersenbein) gebildet (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001b, Budras et al. 2004a).

Der Talus gliedert sich in ein Corpus, Collum und Caput, wobei sich die, mit 2 parallelen Kämmen ausgestattete, mit der Cochlea tibiae artikulierende Trochlea tali im Bereich des Corpus befindet (Vollmerhaus et al. 1994). Die Achse der Rollkämme ist bei Hund und Katze etwa 25° bzw. 20° nach lateral gerichtet. Dies ermöglicht, dass die Hintergliedmaßen im Galopp nach lateral an den Vordergliedmaßen vorbeigeführt werden (Vollmerhaus et al.

1994, Welch 2003). Lateroproximal liegt eine Gelenkfläche zur Artikulation mit der Fibula (Nickel et al. 2001b).

Der Kalkaneus wird in einen weit nach proximal ragenden Tuber calcanei (Fersenbeinhöcker) und ein nach medial gerichtetes Sustentaculum tali gegliedert (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001b). Der Tuber calcanei dient als Ansatzstelle für die Tarsalgelenksstretcher. Das nach medial gerichtete Sustentaculum tali liefert die Gleitschiene für die Sehne des Musculus flexor digitalis lateralis, der sich weiter distal mit der Sehne des Musculus flexor digitalis medialis zur tiefen Beugesehne vereinigt (Budras et al. 2004a). Medial und dorsal artikuliert der Kalkaneus mit dem Talus, distal mit dem Os tarsale quartum der distalen Gelenkreihe (Nickel et al. 2001b, Liebich und König 2009).

Die unvollständige mittlere oder intertarsale Knochenreihe besteht lediglich aus dem medial gelegenen Os tarsi centrale und dem nach proximal ragendem Anteil des Os tarsale quartum (Nickel et al. 2001b, Budras et al. 2004a). Das Os tarsi centrale artikuliert mit allen Tarsalknochen und hat für sie eine Bedeutung als Stütze. Lateral von diesem Knochen artikulieren die distale und die proximale Reihe der Fußwurzelknochen direkt miteinander (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001b, Budras et al. 2004a).

Von medial nach lateral angeordnet stellen das Os tarsale primum, secundum, tertium und quartum die distale, metatarsale Gelenkreihe dar (Budras et al. 2004a). Das Os tarsale secundum ist der kleinste Knochen in dieser Reihe (Nickel et al. 2001b). Os tarsale primum, secundum und tertium artikulieren proximal mit dem Os tarsi centrale und distal mit den Metatarsalknochen. Das Os tarsale quartum ist der größte Knochen dieser Reihe und überspannt die beiden distalen Etagen der Tarsalknochen auf der lateralen Seite. Proximal reicht er bis zum Kalkaneus. Seine Plantar- und Lateralfläche weist eine tiefe Rinne auf, den Sulcus tendineus, auf, durch den der Musculus fibularis longus zieht (Nickel et al. 2001b, Liebich und König 2009).

Nach distal schließen sich die Ossa metatarsalia primum, secundum, tertium, quartum und quintum an (Nickel et al. 2001b). Der 1. Mittelfußknochen beim Hund kann entweder fehlen, als zurückgebildetes Rudiment vorhanden sein oder aus 1 oder 2 Anteilen bestehen und eine 2-gliedrige Zehe tragen, die sogenannte Afterkralle. Bei der Katze bleibt er ein Rudiment, das proximal mit einer Gelenkfläche das Os tarsale primum abstützt. Die übrigen Mittelfußknochen bestehen, wie die Mittelhandknochen auch, aus einem distalen Caput, einem mittleren Corpus und der proximalen Basis, über die sie mit den Fußwurzelknochen in Kontakt stehen (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001b, Budras et al. 2004a, Solomon 2005).

2.1.2.2 Gelenke und Bewegungsumfang

Das Tarsalgelenk, wird auch Sprunggelenk (Articulatio tarsi), ist ein aus 4 Gelenkspalten zusammengesetztes Gelenk (Budras et al. 2004a, Liebich und König 2009).

Proximal befindet sich die Articulatio tarsocruralis zwischen Tibia und Fibula sowie Talus und Kalkaneus. Es wird unterteilt in das talokrurale und talokalkaneale Gelenk. Das Talokruralgelenk ist als Schraubengelenk ausgebildet und für den Hauptanteil der Bewegung im Sprunggelenk verantwortlich. Es hat einen Bewegungsumfang von nahezu 130°, wohingegen die sich distal anschließenden Etagen so gut wie keine Beweglichkeit besitzen (Nickel et al. 2001b, Budras et al. 2004a, Liebich und König 2009).

Die Gesamtheit der Intertarsalgelenke oder auch Articulationes intertarseae werden von zahlreichen zwischen den einzelnen Tarsalknochen liegenden Gelenken gebildet (Vollmerhaus et al. 1994, Nickel et al. 2001d). 4 davon haben eine eigene Bezeichnung:

- Die Articulatio talocalcanea zwischen Talus und Kalkaneus besteht aus 3 Einzelfacetten, von denen jene zwischen Trochlea tali und Sustentaculum tali des Kalkaneus eine eigene Gelenkkapsel besitzt (Vollmerhaus et al. 1994).
- Die Articulatio talocalcaneocentralis zwischen Talus, Kalkaneus und Os tarsi centrale (Budras et al. 2004a).
- Die Articulatio calcaneoquartalis zwischen Kalkaneus und Os tarsale quartum wird gemeinsam mit dem talocalcaneozentralen Gelenk auch als oberes Hinterfußwurzel-Mittelgelenk oder früher als proximales Intertarsalgelenk bezeichnet (Budras et al. 2004a). Die beiden Gelenketagen besitzen eine gemeinsame Gelenkkapsel, die mit der großen proximalen Gelenkhöhle kommuniziert.
- Die Articulatio centrodistalis oder unteres Hinterfußwurzel-Mittelgelenk bzw. früher distales Intertarsalgelenk zwischen Os tarsi centrale und den Ossa tarsalia primum bis quartum reicht von medial her nur durch die Hälfte des Tarsalgelenks (Budras et al. 2004a). Sie besitzt eine eigene Gelenkkapsel, die weder nach proximal noch nach distal kommuniziert (Nickel et al. 2001d, Budras et al. 2004a, Liebich und König 2009).

Weiter distal befindet sich die Articulatio tarsometatarsa zwischen den distalen Tarsalknochen und den Metatarsalia (Nickel et al. 2001d). Auch sie besitzt eine eigene Gelenkhöhle, die nicht mit den anderen kommuniziert (Budras et al. 2004a).

2.1.2.3 Bandapparat

Im Bereich des Tarsalgelenks gibt es eine komplexe Anordnung von Bandstrukturen (Nickel et al. 2001d). Seitlich setzen diese sich, anders als am Karpalgelenk, sowohl aus langen Bändern, die mehrere Gelenketagen überbrücken als auch aus kurzen Bändern, lediglich

über eine Gelenkebene hinwegziehend, zusammen (Nickel et al. 2001d, Budras et al. 2004a). Die Hauptstabilität im Tarsus wird durch die Kollateralbänder und die Plantarbänder geliefert (Welch 2003). Diese sind gemeinsam mit der tarsalen Faserplatte am häufigsten von Verletzungen betroffen. Die langen Anteile der Kollateralbänder verhindern eine Hyperextension, die kurzen eine Hyperflexion im Bereich des Tarsokruralgelenks (Brinker et al. 1993).

Zur medialen Stabilität tragen das Ligamentum collaterale tarsi mediale longum, das von der Tibia bis zum Os metatarsale I und II reicht, kurze mediale Gelenkbänder und das Ligamentum calcaneocentrale bei (Nickel et al. 2001d). Auf der Lateralseite befindet sich das Ligamentum collaterale tarsi laterale longum, das vom Malleolus lateralis der Fibula bis zum Proximalende des Os metatarsale V reicht und sich dazwischen an die lateralen Tarsalknochen anheftet. Darunter liegen kurze Kollateralbänder, unter anderem das Ligamentum calcaneofibulare (Budras et al. 2004a, Schulz 2007).

Proximale Fußwurzelbänder liegen seitlich bzw. plantar zwischen Kalkaneus und Talus als Ligamentum talocalcaneum laterale bzw. plantare (Nickel et al. 2001d). Distale Fußwurzelbänder sind je nach Lage das Ligamentum tarsi dorsale, plantare und interosseum (Nickel et al. 2001d).

Plantar befinden sich Bänder, die vom Kalkaneus zu den Metatarsalknochen ziehen und auf dem Weg nach distal am Os tarsi centrale und quartum inserieren (Vollmerhaus et al. 1994). Sie sorgen gemeinsam mit dem Fibrocartilagino tarsalis und Anteilen der Gelenkkapsel für die plantare Stabilität (Schulz 2007). Funktionell am wichtigsten ist hier das Ligamentum plantare longum, das am distalen Ende des Kalkaneus entspringt (Nickel et al. 2001d, Welch 2003). Bänder und Faserplatte wirken entsprechend dem Zuggurtungsprinzip einer Hyperextension in den beiden Hinterfußwurzel-Mittel- und Hinterfußwurzel-Mittelfußgelenken entgegen (Brinker et al. 1993).

Im Unterschied zum Karpalgelenk ist am Tarsus die Beugeseite dorsal und die Streckseite plantar lokalisiert (Nickel et al. 2001d). Im Stand befindet sich das Tarsalgelenk, wie das Karpalgelenk auch, in leichter Valgusstellung. Aus diesem Grund wirkt sich eine Läsion der Kollateralbänder auf der Medialseite wesentlich gravierender aus als auf der Gegenseite (Piermattei et al. 2006)

2.1.2.4 Muskulatur

Kraniolateral am Unterschenkel liegen die Sprunggelenksbeuger zusammen mit den Zehenstreckern (Grau 1943, Budras et al. 2004a). In kraniokaudaler Reihenfolge sind dies:

1. Der Musculus tibialis cranialis entspringt lateral am Condylus lateralis tibiae und laterokranial am proximalen Viertel der Tibia und an der Fibula (Budras et al. 2004a). Er zieht durch das Retinaculum extensorum crurale und setzt

proximal am Os metatarsale I an (Grau 1943, Nickel et al. 2001d, Budras et al. 2004a).

2. Der Musculus extensor digitalis longus, langer Zehenstrecker, entspringt vom Condylus lateralis ossis femoris, spaltet sich dann auf und endet an der Phalanx distalis aller Zehen (Budras et al. 2004a).
3. Der Musculus extensor digiti I entspringt proximal an der Fibula und inseriert an der 1. und 2. Zehe (Budras et al. 2004a).
4. Der Musculus fibularis longus entspringt proximal an der Fibula und an der Tibia und dem lateralen Seitenband des Kniegelenks und setzt medial am Os metatarsale I an (Nickel et al. 2001d, Liebich und König 2009).
5. Der Musculus extensor digitalis lateralis, seitlicher Zehenstrecker, zieht vom proximalen Fibuladrittel zur Phalanx proximalis der 5. Zehe, wo er sich mit dem Musculus extensor digitalis longus vereint (Budras et al. 2004a).
6. Der Musculus fibularis brevis, kurzer Wadenbeinmuskel, entspringt an den distalen $\frac{2}{3}$ der Fibula und inseriert am Os metatarsale V (Nickel et al. 2001d, Liebich und König 2009).

Kaudal liegen die Sprunggelenksstrecker und Zehenbeuger. Dies sind:

1. Der 2-köpfige Musculus gastrocnemius (Caput laterale und mediale) entspringt kaudal am Femur (Budras et al. 2004a). In seinen Ursprungssehnen befinden sich die Ossa sesamoidea musculi gastrocnemii (Vesali'sche Sesambeine). Seinen Ansatz findet er in der Achillessehne, Tendo gastrocnemius, am Tuber calcanei (Budras et al. 2004a).
2. Der Musculus flexor digitalis superficialis entspringt am Femur, setzt sich in die oberflächliche Beugesehne, Tendo musculii flexoris digitalis superficialis, fort und bildet einen Anteil der Tendo calcaneus communis (Budras et al. 2004a). Die oberflächliche Beugesehne verbreitert sich am Tuber calcanei zur Fersenbeinkappe, Galea calcanea, die durch die Retinacula lateral und medial am Tuber calcanei befestigt ist (Budras et al. 2004a, Liebich und König 2009).
3. Der Musculus flexor digitalis lateralis und medialis bilden die Musculi flexores digitales profundi (Nickel et al. 2001d). Ihre Sehnen ziehen getrennt über den Sprunggelenksscheitel und bilden proximal am Metatarsus die tiefe Beugesehne, die sich dann aufspaltet und durch die tunnelförmige Manica flexoria der oberflächlichen Beugesehne zu den Krallenbeinen zieht.
4. Der Musculus soleus fehlt dem Hund (Nickel et al. 2001d). Er entspringt proximal an der Fibula und vereinigt sich mit dem lateralen Gastroknemiuskopf (Grau 1943, Nickel et al. 2001d, Liebich und König 2009).

2.2 Verletzungen

In diesem Kapitel soll ein Überblick über die wichtigsten Verletzungen im Bereich des Karpal- und Tarsalgelenks, insbesondere im Hinblick auf Indikationen für eine Arthrodese der jeweiligen Gelenke oder einzelner Gelenketagen gegeben werden. Für Details, insbesondere hinsichtlich der exakten Vorgehensweisen für Behandlung und Nachsorge, wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

2.2.1 Verletzungen im Bereich des Karpalgelenks

Das Vorliegen von Frakturen, Bandläsionen oder einer Kombination aus beidem ist möglich (Nickel et al. 2001d, Budras et al. 2004a). Die Karpalregion gilt aufgrund ihres komplexen Aufbaus als sehr empfindlich gegenüber Verletzungen (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996). Wenngleich es in der Regel möglich ist, anhand der klinischen Symptome und der Palpationsbefunde bereits das Gebiet der Verletzung zu ermitteln, so sind letztendlich doch Röntgenbilder zur Bestätigung und genauen Lokalisierung der Läsion erforderlich. Standardaufnahmen im kranioaudalen, mediolateralen oder schrägen Strahlengang dienen der Darstellung von Frakturen und Sehnenabrisse. Darüber hinaus ermöglichen Stressröntgenaufnahmen die Darstellung der Ebene der Instabilität (Brinker et al. 1993, Whitelock et al. 1999, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Sie dienen, entsprechend der Definition von Farrow (1982), durch die gezielte Ausübung von Kraft auf ein Gelenk, der Darstellung eines abnormen Verhältnisses zwischen 2 oder mehr der daran beteiligten Komponenten.

2.2.1.1 Frakturen einzelner Karpalknochen

2.2.1.1.1 *Fraktur des Os carpi intermedioradiale*

Frakturen dieses Knochens sind verhältnismäßig selten (Vaughan 1985a). Am häufigsten treten sie bei stark beanspruchten Gebrauchshunden (Schlittenhunde, Schutzhunde etc.) im Zusammenhang mit Sprüngen oder Stürzen auf (Moore und Withrow 1981). Auch direkte Krafteinwirkung wird als Vorbericht beschrieben (Vaughan 1985a, Probst und Millis 2003). Diese Frakturen manifestieren sich meist als Absprengfrakturen mit Beteiligung der Gelenkflächen. Nach Probst und Millis (2003) ist das klinische Bild abhängig vom Schweregrad der Fraktur und dem Dislokationsgrad. Die betroffenen Tiere zeigen zunächst eine ausgeprägte Lahmheit, die jedoch bald und insbesondere nach längerem Ruhen nachlässt. Durch vermehrte Belastung kann sie sich wieder bemerkbar machen (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003).

Nach Vaughan (1985a) kann sich die radiologische Diagnose, besonders wenn die Fraktur nicht weit disloziert ist, als schwierig erweisen. Röntgenaufnahmen in Beugung und

Streckung sowie Schrägaufnahmen sind in der Regel erforderlich (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003). Tomlin und Matthew (2001) konnten in einer retrospektiven Studie Frakturen des Os carpi intermedioradiale in 3 Formen klassifizieren (Schräg-, Längs- und Trümmerfraktur). Wenngleich bei den von ihnen untersuchten Patienten vorberichtlich häufig kein Trauma vorlag, war es ihnen nicht möglich einen Frakturmechanismus zu finden.

Einige Autoren berichten von der erfolgreichen konservativen Behandlung unvollständiger oder nicht weit dislozierter Frakturen (Vaughan 1985a, Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003). Nach Köstlin (1999) ist jedoch, selbst bei geringer Dislokation aufgrund des Eintretens von Synovia in den Frakturspalt, mit dem Ausbleiben einer Heilung zu rechnen. Wegen seiner Bedeutung als Hauptlastträger ist die Kongruenz der Gelenkfläche zwischen Os carpi intermedioradiale und distalem Radius von großer Bedeutung (Schulz 2007).

Bei Vorliegen kleiner Absprengfrakturen ist die Entfernung des Fragments indiziert (Köstlin 1999, Probst und Millis 2003). Der Defekt wird in der Regel mit Faserknorpel aufgefüllt (Köstlin 1999, Probst und Millis 2003, Schulz 2007). Ist das Fragment größer, sollte es mit einer Zugschraube oder Kirschner-Bohrdähten fixiert werden (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003). Nach Parker (1981) erweist sich die Diagnose regelmäßig als schwierig. Mit dieser Verletzung assoziierte Lahmheiten treten oft nur in Abhängigkeit von Belastung auf. Häufig ist daher die Erkrankung zum Zeitpunkt der Diagnose bereits weit fortgeschritten und umfangreiche degenerative Veränderungen im Bereich des Karpalgelenks liegen vor. In einem solchen Fall ist eine karpale Panarthrodese Behandlungsmethode der Wahl (Parker et al. 1981, Tomlin et al. 2001).

2.2.1.1.2 *Fraktur des Os carpi accessorium*

Diese Art von Fraktur der Karpalknochen ist selten und tritt, so Probst und Millis (2003), wenn, dann am häufigsten beim Greyhound auf. Aufgrund der Laufrichtung gegen den Uhrzeigersinn beobachtet man sie vor allem im Bereich der rechten Vordergliedmaße (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003, Schulz 2007). Auch Schlittenhunde können betroffen sein (Schulz 2007).

Von Johnson (1989) wurde ein Klassifikationssystem für diese Frakturen erstellt:

a) intraartikuläre Frakturen

Typ I: Absprengfraktur am distalen Rand der Gelenkfläche des Os carpi accessorium am Ursprung der Verbindungsbänder zum Os carpi ulnare.

Typ II: Absprengfraktur am proximalen Rand der Gelenkfläche des Os carpi accessorium am Ansatz der Bänder zum Radius Ulna und Os carpi intermedioradiale.

Sie treten in der Regel nur in Kombination mit Typ-I-Frakturen auf. Beide gehen mit über das physiologische Maß hinausgehender Belastung und damit Inanspruchnahme der Bänder einher (Harris et al. 2011).

b) extraartikuläre Frakturen

Typ III: Absprengfraktur am distalen Rand des Palmarendes des Os carpi accessorium am Ursprung der beiden palmaren Bänder zwischen Os carpi accessorium und Metakarpalknochen.

Typ IV: Absprengfraktur am proximalen Rand des Palmarendes des Os carpi accessorium am Ansatzpunkt des Musculus flexor carpi ulnaris.

c) kombinierte intraartikuläre und extraartikuläre Frakturen

Typ V: Trümmerfraktur des Körpers des Os carpi accessorium, die sich bis auf die Gelenkfläche erstrecken kann.

Im Fall von Rennverletzungen tritt eine Lahmheit in der Regel erst am Folgetag zusammen mit einer Schwellung der Region um das Os carpi accessorium auf (Probst und Millis 2003). Meist klingen Lahmheit und Schwellung bei Schonung der Gliedmaße ab, kehren jedoch nach Belastung zurück (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003). Im Fall von distalen Absprengfrakturen ist eine geringgradige Hyperextension möglich (Probst und Millis 2003). Ein verminderter Bewegungsumfang sowie Schmerzen bei Gelenkbeugung und bei Druckausübung auf die Gegenseite lateral des Os carpi accessorium fallen bei der klinischen Untersuchung auf (Probst und Millis 2003, Schulz 2007).

In Abhängigkeit der Frakturform ist entweder eine konservative Verbandsbehandlung in Beugestellung, die Entfernung des Fragments oder dessen Fixierung mit Schraube, Bohrdraht oder Zuggurtung möglich (Brinker et al. 1993, Köstlin 1999, Probst und Millis 2003). Bei Greyhounds hat sich, hinsichtlich der Rückkehr in den Leistungssport, die Behandlung mittels Exzision des Fragments als ungeeignet erwiesen (Guillard 2001). Nach Guillard (2000) ist bei diesen Patienten bei der Behandlung mit einer Schraubenfixation mit einem deutlich besseren Ergebnis zu rechnen.

2.2.1.3 *Fraktur des Os carpi ulnare und der distalen Karpalknochen*

Frakturen des Os carpi ulnare und der Ossa carpalia primum bis quartum treten selten auf (Whitelock 2001, Probst und Millis 2003). Es handelt sich hierbei meist um kleine Fragmente auf der Dorsalseite der Knochen (Probst und Millis 2003). Häufig treten sie als Kompressionsfraktur im Zusammenhang mit Hyperextensionsverletzungen auf (Schulz 2007).

Betroffene Patienten zeigen häufig nur eine geringgradige intermittierende Lahmheit und geringgradig vermehrte Gelenkfüllung (Probst und Millis 2003). Whitelock (2001) berichtet, dass aufgrund der limitierten Größe dieser Karpalknochen die röntgenologische Diagnose außerordentlich schwierig sein kann und es häufig der Anfertigung unterschiedlicher Schrägaufnahmen bedarf.

Die Behandlung besteht in der Regel in der Entfernung der Fragmente und der Kürettage der geschädigten Gelenkfläche, um die Bildung von Faserknorpel anzuregen (Brinker et al. 1993, Whitelock 2001, Probst und Millis 2003).

2.2.1.2 Luxationen

Laut Johnson (1980) sind schwerwiegende Verletzungen im Bereich des Bandapparats des Karpalgelenks eher eine Erkrankung älterer Hunde, da Traumata in diesem Bereich bei jüngeren Tieren häufiger zu Frakturen oder Verletzungen im Bereich der Epiphysenfugen führen. Der auch in der heutigen Zeit noch regelmäßig angewandte Versuch der konservativen Behandlung von Verletzungen im Bereich des Bandapparats des Karpalgelenks ist insbesondere bei großen, aktiven Rassen nicht erfolgversprechend, da eine zufriedenstellende Funktion des Gelenks auf diese Art nicht wiederherzustellen ist (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003, Buote et al. 2009). Die im Rahmen der Narbenbildung entstandenen, in willkürlicher Ausrichtung angelegten Kollagenfasern sind nicht in der Lage den in diesem Bereich wirkenden Zugkräften standzuhalten und geben der Belastung schnell nach, was zu einer anhaltenden Instabilität des Gelenks führt. Arthrosen desselben sind die Folge (Parker et al. 1981, Brinker et al. 1993, Harasen 2002a).

2.2.1.2.1 Luxationen der Gelenketagen

2.2.1.2.1.1 Luxation des Antebrachiokarpalgelenks

Eine vollständige Luxation in diesem Bereich ist selten (Vaughan 1985a, Wernitz 1987, Brinker et al. 1993). Vorberichtlich liegt häufig ein Höhensturz oder Autounfall vor. Meist kommt es in diesem Zusammenhang zu einer Ruptur sämtlicher Bänder und häufig auch der Gelenkkapsel. Auch Frakturen der einzelnen Karpalknochen sind möglich (Voss et al. 2009). Anhand eines klinischen Falles und von Kadaverstudien hoben Voss et al. (2003a) die anatomischen Unterschiede bezüglich des medialen Kollateralbands bei Hund und Katze hervor. Für die palmare antebrachiokarpale Luxation bei der Katze sind, entsprechend ihrer Untersuchungen, somit im Vergleich zum Hund Bänderverletzungen von deutlich geringerem Umfang erforderlich.

Die Diagnose einer Luxation des Antebrachiokarpalgelenks ist aufgrund der vollständigen Instabilität in diesem Bereich in der Regel leicht zu stellen (Vaughan 1985b). Ist tatsächlich der palmare Halteapparat mitbetroffen, ist eine Panarthrodese unumgänglich. Liegt lediglich eine seitliche oder dorsale Instabilität vor, sind im Allgemeinen rekonstruktive Maßnahmen ausreichend (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993).

2.2.1.2.1.2 Subluxation des Antebrachiokarpalgelenks

Am häufigsten von einer Schädigung des Antebrachiokarpalgelenks betroffen sind die medialen Kollateralbänder (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003). Es kommt zu einer medialen Instabilität und Valgusfehlstellung der Gliedmaße (Brinker et al. 1993). Verletzungen der lateralen Kollateralbänder sind weniger bedeutend, da sie aufgrund der physiologischen leichten Valgusstellung der Gliedmaße eine untergeordnete Bedeutung für die Stabilisierung des Gelenks haben (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003, Schulz 2007).

Die Diagnose wird anhand von klinischem Bild und radiologischer Dokumentation gestellt (Standardaufnahmen in 2 Ebenen plus Seitenstressaufnahmen) (Schulz 2007). Betroffene Patienten zeigen in der Regel eine hochgradige Lahmheit auf der jeweiligen Gliedmaße. Liegt eine akute Verletzung vor, sind Schwellung, Schmerhaftigkeit und Instabilität des Karpus festzustellen (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993). Nach Voss (2003b) kann sich aufgrund der anatomischen Unterschiede im Bereich der Bandstrukturen bei der Katze, anders als beim Hund, die Diagnose einer Läsion des medialen Seitenbands lediglich anhand des klinischen Befundes und der Anfertigung von Stressaufnahmen als schwierig erweisen. Die Innenrotation der Pfote zusammen mit Flexion des Karpus können zur Darstellung einer palmaren Luxation des Karpus bei Vorliegen einer Schädigung des medialen Kollateralbands hilfreich sein (Voss 2003b).

Sind lediglich die medialen Kollateralbänder geschädigt und liegen noch keine weitreichenden sekundären Veränderungen im Bereich des Karpalgelenks vor, so erfolgt die Behandlung durch einen medialen Seitenbandersatz (Brinker et al. 1993, Köstlin 1999, Schulz 2007).

2.2.1.2.1.3 (Sub-)luxation der Articulatio mediocarpea

Eine vollständige Luxation dieser Gelenketage ist selten (Vaughan 1985b). Wenngleich sich die Reposition der Knochen als unproblematisch erweist, ist eine konservative Behandlung in der Regel nicht Erfolg versprechend, weshalb eine partielle Arthrodese vorgenommen werden sollten (Vaughan 1985b, Wernitz 1987, Brinker et al. 1993). Wesentlich häufiger als die vollständige Luxation wird, insbesondere nach Höhenstürzen und dann häufig bilateral eine Subluxation gemeinsam mit einer medialen Instabilität gesehen (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993, Schulz 2007).

Für gewöhnlich äußert sich diese Verletzung durch eine hochgradige Lahmheit zusammen mit Schwellung und Schmerhaftigkeit des Karpus (Brinker et al. 1993). Liegt eine Hyperextension vor, so tritt diese meist erst nach einigen Tagen in Erscheinung, wenn die betroffene Gliedmaße wieder belastet wird (Vaughan 1985b).

Zu beachten ist, dass die in diesem Fall vorliegende Ruptur dorsaler Bandstrukturen nicht selten mit einer Läsion der mediopalmaren Bänder und der palmaren Faserplatte einhergeht (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993). Folge ist eine auf den medialen Gelenkbereich beschränkte Hyperextension, die am besten anhand von Röntgenaufnahmen bei leichter Pronation unter Hyperextensionsstress darzustellen ist (Brinker et al. 1993).

Liegt eine Hyperextension vor, so sollte eine Arthrodese durchgeführt werden (Brinker et al. 1993). Auch ein Ersatz der rupturierten Bänder ist möglich (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993).

2.2.1.2.2 Luxationen einzelner Karpalknochen

2.2.1.2.2.1 Luxation des Os carpi intermedioradiale

Im Vergleich zur deutlich häufigeren Fraktur dieses Knochens (Vaughan 1985b, Tomlin et al. 2001) tritt eine Luxation verhältnismäßig selten auf (Brinker et al. 1993). Von Einzelfällen wurde in der Literatur berichtet (Punzet 1974, Miller 1990, Pitcher 1996, Palierne et al. 2008). Vorberichtlich liegt in der Regel ein Sprung oder Sturz vor. Häufigste Luxationsrichtung ist nach mediopalmar. Der Knochen findet sich dann um 90° nach innen rotiert mediopalmar am distalen Rand des Radius liegend (Pitcher 1996). Von einer einzelnen dorsomedialen Luxation mit unvollständiger Ruptur der kurzen Kollateralbänder bei einem Hund wurde in der Literatur berichtet (Palierne et al. 2008).

Bei der Untersuchung fällt eine hochgradige Lahmheit mit Schmerhaftigkeit und geringgradiger Schwellung auf (Pitcher 1996, Palierne et al. 2008). In der Region, in der sich der Knochen unter physiologischen Bedingungen befindet ist eine Eindellung zu erkennen (Miller 1990, Brinker et al. 1993, Pitcher 1996, Palierne et al. 2008).

Bei akutem Vorliegen ist oft eine gedeckte Reposition möglich (Brinker et al. 1993), welche jedoch durch eine Interposition von Gelenkkapsel und Sehnengewebe erschwert werden kann (Köstlin 1999). Aufgrund dieser Tatsache und der häufig vorliegenden begleitenden Ruptur der medialen Seitenbänder ist in der Regel eine chirurgische Versorgung erforderlich. Der Knochen kann mit einem versenkten Bohrdräht oder einer Zugschraube an das Os carpi ulnare fixiert werden. Darüber hinaus ist sollte, wenn möglich, eine Naht der Bandstümpfe bzw. ein medialer Seitenbandersatz durchgeführt werden (Miller 1990, Brinker et al. 1993, Pitcher 1996, Köstlin 1999, Palierne et al. 2008).

2.2.1.2.2.2 (Sub-)luxation des Os carpi accessorium

Hierbei handelt es sich um eine ausgesprochen seltene Verletzung (Lenehan und Tarvin 1989, Harris et al. 2011). Infolge einer Ruptur des Ligamentum accessorioulnare ist eine isolierte Subluxation der Basis des Os carpi accessorium mit einhergehender milder Hyperextension möglich (Guilliard 2001a, Piermattei et al. 2006, Harris et al. 2011). Ein

einzelner Fallbericht einer traumatischen lateralen Subluxation liegt vor (Lenehan und Tarvin 1989).

Wenn sich die Verletzung nicht bereits auf den mediolateralen Röntgenaufnahmen in physiologischer Stellung durch eine Aufweitung des distalen Anteils des accessorioulnaren Gelenkspalts sowie der Luxation/Subluxation des Os carpi accessorium nach proximal erkennen lässt, sind Funktionsaufnahmen erforderlich (Harris et al. 2011). Im mediolateralen Strahlengang stellt sich bei Vorliegen dieser Verletzung unter Extensionsstress eine Verbreiterung des accessorioulnaren Gelenkspalts dar (Guilliard 2001a). Im dorsopalmaren Strahlengang ist eine Verschiebung des Os carpi accessorium und ulnare nach lateral zu erkennen (Lenehan und Tarvin 1989, Guilliard 2001a).

Von Harris und Moores (2011) aufgeführte Behandlungsmöglichkeiten sind: Eine direkte Stabilisation durch Rekonstruktion der gerissenen Bänder bzw. Gelenkkapsel, eine Entfernung des jeweiligen Fragments, bei Vorliegen einer zusätzlichen Fraktur des Os carpi accessorium eine pankarpale Arthrodese mit oder ohne Entfernung der Os carpi accessorium oder, wie auch von Lenehan und Tarvin (1989) beschrieben, eine isolierte accessorioulnare Arthrodese.

2.2.1.2.2.3 Luxationen der Ossa carpalia I-IV

Nach Horowitz und Wells (2007) treten Luxationen einzelner Knochen der distalen Reihe des Karpus ausgesprochen selten auf. Einzelfallberichte von (Sub-)luxationen des Os carpale secundum allein oder gemeinsam mit einer Luxation einzelner Metakarpalknochen liegen in der Literatur vor (Guilliard und Mayo 2001b, Horowitz und Wells 2007). Wie bei anderen Erkrankungen im Bereich des Karpus scheinen hiervon insbesondere im Rennsport eingesetzte Greyhounds betroffen zu sein. Der Schweregrad der klinischen Anzeichen ist abhängig vom Grad der Luxation. Lediglich lokale Schwellung mit Druckdolenz bei Subluxation und hochgradige Lahmheit mit massiver Schwellung und Hyperextension mit Valgusstellung bei vollständiger Luxation sind möglich. Eine endgültige Diagnose ist anhand von Röntgenaufnahmen zu stellen. Die Durchführung einer Panarthrodese des betroffenen Karpalgelenks bei vollständiger Luxation sowie die der Schraubenfixation des Knochens bei Subluxation wurden beschrieben und erfolgreich durchgeführt (Guilliard und Mayo 2001b).

2.2.1.3 Hyperextensionsverletzung des Karpalgelenks

Diese Art von Verletzung kann als eine der häufigsten und schwerwiegendsten im Bereich des Karpalgelenks bezeichnet werden (Vaughan 1985b, Willer et al. 1990). Sie stellt die häufigste Indikation für eine Arthrodese dar (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Brinker et al. 1993, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Zugrunde liegt eine Ruptur der palmaren Bänder und des Fibrocartilago palmaris unterschiedlichen Schweregrads, die oft in direktem

Zusammenhang mit Höhenstürzen/Sprüngen auftritt (Johnson 1980, Köstlin et al. 1986, Brinker et al. 1993, Trout 2001, Harasen 2002a, Probst und Millis 2003, Buote et al. 2009). Nicht selten liegen dann Verletzungen beider Vordergliedmaßen vor (Earley 1978, Johnson 1980, Parker et al. 1981, Vaughan 1985b, Willer et al. 1990, Brinker et al. 1993, Guerrero und Montavon 2005). Große, schwere Hunde sind besonders häufig betroffen (Johnson und Bellenger 1981, Chambers und BJORLING 1982, Slocum und Devine 1982, Willer et al. 1990, Denny und Barr 1991, Kaehler et al. 2002, Guerrero und Montavon 2005). Nach Streubel und Makara (2011a) sind auch bei Katzen Höhenstürze eine häufige Ursache für schwerwiegende Verletzungen im Bereich des Karpus. Noch häufiger als Luxationen werden bei ihnen in diesem Bereich jedoch Frakturen des Radius gesehen (Streubel et al. 2011a). Kann ein vorausgegangenes Trauma ausgeschlossen werden oder hat sich die Erscheinung graduell entwickelt, so kommen insbesondere degenerative Veränderungen, in der Regel infolge immunmediierter Arthritiden, als Ursache in Betracht (Brinker et al. 1993, Ralphs et al. 2000, Probst und Millis 2003). Der Sheltie scheint für einen immunmedierten Niederbruch prädisponiert zu sein (Brinker et al. 1993, Ralphs et al. 2000, Probst und Millis 2003, Schulz 2007). Gehäuft treten degenerative Veränderungen der Palmarbänder bei älteren Hunden großer Rassen auf (Li et al. 1999, Harasen 2002a). Im Zusammenhang mit Hyperextensionsverletzungen ist regelmäßig von Sehnenverletzungen die Rede, nach Brinker und Piermattei (1993) spielen jedoch Sehnen bei der palmaren Stabilisierung des Karpus nur eine untergeordnete Rolle (Brinker et al. 1993).

Es kommt nicht selten vor, dass die Verletzung übersehen oder nicht richtig erkannt wird und die Patienten daher erst im fortgeschrittenen Krankheitsverlauf vorgestellt werden (Köstlin et al. 1986). In Abhängigkeit vom Vorstellungszeitpunkt können sich die Tiere entweder mit einer hochgradigen Lahmheit der betroffenen Gliedmaße oder, insbesondere wenn das Trauma bereits einige Zeit zurückliegt (Schulz 2007) oder ein degeneratives Geschehen zugrunde liegt (Smith und Spagnola 1991), mit einem unterschiedlichen Grad an Hyperextension im Bereich des Karpalgelenks („Durchtrittigkeit“) bis hin zur plantigraden Fußung präsentieren. Eine Umfangsvermehrung des Gelenks ist möglich (Köstlin et al. 1986, Smith und Spagnola 1991).

Für eine exakte Lokalisation der Schädigung ist die Anfertigung von Röntgenaufnahmen unter direktem Vergleich zur Gegenseite essentiell (Köstlin et al. 1986, Brinker et al. 1993). Diese sollten im mediolateralen Strahlengang unter Hyperextensionsstress sowie im dorsopalmaren Strahlengang unter beidseitigem Seitenstress angefertigt werden (Köstlin et al. 1986, Probst und Millis 2003). Auch Schrägaufnahmen zur Darstellung kleiner Absprengfrakturen können erforderlich sein (Köstlin et al. 1986). In bis zu 28 % aller Fälle können begleitende Frakturen der Metakarpalknochen auftreten (Parker et al. 1981). Nach Johnson (2000) kommt aufgrund der Tatsache, dass das Accessorioulnargelenk als Teil des

Antebrachiokarpalgelenks mit selbigem kommuniziert, der Einbeziehung dieses Gelenks in die Untersuchung große Bedeutung zu. Die Stellung des Os carpi accessorium und die Weite des accessorioulnaren Gelenkspalts sollten unbedingt bei Untersuchung des Antebrachiokarpalgelenks berücksichtigt werden. Liegt eine Weitung dieses Spalts oder ein Hochstand des Os carpi accessorium vor, so ist dies hinweisend auf eine Läsion der accessorometakarpalen Bänder und damit laut Johnson (2000) eine Indikation für eine Panarthrodese des Karpalgelenks.

Mit der Vermutung, dass es zu komplexen Kombinationen der Verletzungen der einzelnen Palmarbänder kommen kann, wurde durch Slocum und Devine (1982) eine Kategorisierung der Hyperextensionsverletzungen in 3 Gruppen (I: (Sub-)luxation des Antebrachiokarpalgelenks, vollständige Entlastung; II: Ruptur der accessoriokarpalen Bänder, des Fibrocartilago palmaris und der palmaren Bänder des Mediokarpal- und Karpometakarpalgelenks, Hochstand des Os carpi ulnare und accessorium, beginnende minimale Belastung; III: Ruptur der accessoriokarpalen Bänder, des Fibrocartilago palmaris und der palmaren Bänder des Karpometakarpalgelenks, Subluxation des Karpometakarpalgelenks ohne Hochstand des Os carpi ulnare und accessorium, beginnende minimale Belastung) vorgenommen (Haburjak et al. 2003, Schulz 2007).

Über die topografische Häufigkeitsverteilung der Lokalisation liegen die in Tabelle 1 aufgeführten, unterschiedlichen Angaben vor:

Tabelle 1: Lokalisation Niederbruch.

Autor	Lokalisation (Häufigkeit in Prozent)				unbekannt
	Articulatio antebrachio-carpea	Articulatio mediocarpea	Articulatio carpo-metacarpea	Articulatio medio-carpea und carpo-metacarpea kombiniert	
Earley (1978)	5–6	65–75	15–20	–	–
Johnson (1980)	9	0	18	–	–
Parker et al. (1981)	31	22	47	–	–
Willer et al. (1990)	–	31	51	18	–
Denny und Barr (1991)	56	10	26	8	–
Piermattei et al. (1997)	10	28	46	16	–
Li et al. (1999)	69	24	8	–	–
von Kriegsheim (2001)	9	34	43	–	–
Díaz-Bertrana et al. (2009)	23	23	31	–	23
Voss et al. (2009)	44	–	44	–	11

Nach Harasen (2002a) ist die Instabilität am häufigsten im Bereich des Karpometakarpalgelenks zu finden, das Antebrachiokarpalgelenk ist laut ihm in nur 10 % der Fälle betroffen.

Bei bereits längerem Bestehen der Erkrankung sind degenerative Veränderungen im Bereich der Gelenketagen zu erwarten (Wernitz 1987). Diese treten insbesondere dort auf, wo proximale Knochen über distale gleiten (Vaughan 1985b, Wernitz 1987). Das Vorliegen einer chronischen Instabilität in der Articulatio mediocarpea stellt sich durch eine Verlagerung der distalen Karpalknochenreihe nach palmar und dadurch zustande kommender Berührung der Dorsalränder der Metakarpalknochen mit denen der proximalen Karpalknochenreihe sowie einer dorsalen Aufweitung des Antebrachiokarpalgelenks dar (Köstlin et al. 1986). Liegt eine akute Instabilität in diesem Bereich vor, ist häufig lediglich eine Aufweitung zwischen dem

palmaren Fortsatz des Os carpi ulnare und der Basis des 5. Metakarpalknochens zu beobachten (Brinker et al. 1993, Buote et al. 2009).

Behandlung:

Nach Brinker et al. (1993) sollten bei der Wahl der Behandlungsmethode Grad und Ausdehnung der Substanzverluste im Bereich der Knochen und Gelenke und auch die Erwartungen des Besitzers an die postoperative Leistungsfähigkeit des Patienten berücksichtigt werden. Hierbei ist insbesondere von Bedeutung, ob es sich um größere, bewegungsaktive oder kleine, inaktive Tiere handelt (Brinker et al. 1993).

Sind nur einzelne Bänder, insbesondere die Kollateralbänder, betroffen, ist ein Bandersatz möglich (Brinker et al. 1993). Ist der Schaden jedoch weitreichender bzw. liegt bereits ein chronisches Geschehen vor, so ist je nach Lokalisation eine partielle oder vollständige Arthrodese des Karpalgelenks unumgänglich (siehe Kapitel 2.3.2) (Vaughan 1985b, Buote et al. 2009).

Shires et al. (1985) beschrieben bei Welpen eine andere, nicht pathologische Form der Hyperextension im Karpus, bei der es zu einer vergrößerten Mobilität und Laxizität dieses Gelenks kommt. Diese vermutlich durch einen reduzierten Muskeltonus verursachte Erscheinung heilt spontan ab (Shires et al. 1985).

2.2.1.4 Abschliffverletzung im Bereich des Karpalgelenks

Abschliffverletzungen im Bereich der Extremitäten werden in der Regel im Zusammenhang mit Autounfällen beobachtet (Beardsley und Schrader 1995, Benson und Boudrieau 2002). Am häufigsten betroffen sind die distalen, medialen Anteile der Gliedmaßen, wobei die Hintergliedmaßen etwas häufiger betroffen sind als die Vordergliedmaßen (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Köstlin 1999, Benson und Boudrieau 2002).

Durch das Schleifen der Gliedmaße über den Grund kommt es zu ausgedehnten Verlusten im Bereich des Weichteilgewebes, der Knochen, der Sehnen und der Bänder (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Benson und Boudrieau 2002). Entsprechend der Ergebnisse einer von Beardsley und Schrader (1995) durchgeföhrten Untersuchung mit 98 Hunden, die Abschliffverletzungen an den Gliedmaßen erlitten, kam es bei sämtlichen Patienten zu Verletzungen im Bereich des Weichteilgewebes, in 75 % der Fälle zur Freilegung von Knochen und Gelenken und in etwas mehr als der Hälfte der Fälle zu Instabilitäten im Bereich der Gelenketagen. Der Processus styloideus radii und die medialen Seitenbänder am Karpus fehlten oft vollständig (Beardsley und Schrader 1995). Aufgrund der physiologischen leichten Valgusstellung des Karpus, wirkt sich ein Verlust dieser Bandstruktur besonders gravierend aus (Vaughan 1985b, Brinker et al. 1993). Eine gründliche Untersuchung der Gliedmaße unter Berücksichtigung von Schädigungen der

Blutgefäße und Nerven ist erforderlich. Um den Grad des knöchernen Substanzverlusts sowie das Vorliegen von Frakturen und Instabilitäten beurteilen zu können, sollten Röntgenaufnahmen angefertigt werden (Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003).

Aufgrund der mit der Freilegung des Weichteilgewebes und Eröffnung der Gelenke einhergehenden Kontamination und Infektion sollte grundsätzlich ein primärer Wundverschluss vermieden werden (Probst und Millis 2003). Vielmehr ist eine frühzeitige Stabilisierung des Gelenks und der Frakturen, die darüber hinaus eine offene Wundbehandlung ermöglicht, anzustreben (Brinker et al. 1993, Köstlin 1999). Auch weil in den ersten 1–2 Wochen aufgrund der Weichteilverletzungen tägliche Wundbehandlungen erforderlich sein werden, ist eine Versorgungsmethode, die eine postoperative externe Stabilisation erfordert, nicht empfehlenswert (Brinker et al. 1993). Benson und Boudrieau (2002) führten eine Untersuchung mit 7 Hunden mit ausgedehnten Abschliffverletzungen der Gliedmaßen durch. Entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung raten sie bei solchen Patienten zur Versorgung mittels Fixateur externe, da es sich dabei um eine Behandlungsmethode handelt, die eine umgehende und endgültige Behandlung sowohl der Weichteilverletzungen als auch der Instabilitäten ermöglicht (Benson und Boudrieau 2002).

2.2.1.5 Angeborene Missbildungen

Angeborene Missbildungen im Bereich des Karpalgelenks treten sowohl beim Hund als auch der Katze auf (Keller und Chambers 1989, Gemmill et al. 2004, Rahal et al. 2005, Comerford et al. 2006, Hildreth III und Johnson 2007, Langley-Hobbs 2007, McKee und Reynolds 2007). Einige Läsionen treten erst im Laufe der Entwicklung in Erscheinung. Die häufigsten klinischen Anzeichen sind dann Lahmheit, Deformation und eingeschränkte Funktion im Bereich des Karpus. In der Regel sind Röntgenaufnahmen erforderlich, um das Ausmaß des Defekts darzustellen.

Beschrieben sind eine Vielzahl an Anomalien, wie eine verminderte Anzahl an Karpalknochen, unvollständige Ossifikation und Abweichungen in der Form der radialen Gelenkfläche. In einigen dieser Fälle kann eine Arthrodese des Gelenks indiziert sein, um die Funktionalität wiederherzustellen (Vaughan 1985b). In der Literatur liegen unterschiedliche Berichte über den Einsatz dieser Methode in solchen Fällen vor (Keller und Chambers 1989, Gemmill et al. 2004, Rahal et al. 2005, Comerford et al. 2006, Hildreth III und Johnson 2007, Langley-Hobbs 2007, McKee und Reynolds 2007).

2.2.2 Verletzungen im Bereich des Tarsalgelenks

Das Tarsalgelenk kann sowohl von traumatisch bedingten Verletzungen als auch degenerativen Erkrankungen betroffen sein (Dyce 1996, Harasen 2002b, Lesser 2003). Verletzungen traumatischer Art beziehen in diesem Bereich meist ein oder mehrere

Knochen, Bänder und gelegentlich auch beides mit ein (Basher 1994). Bandläsionen können zu Instabilitäten unterschiedlichen Ausmaßes führen. Nach Brinker et al. (1993) erkranken athletische Hunde mit großer Schubkraft in den Beckengliedmaßen häufiger. Im Gegensatz zum Karpalgelenk liegt ursächlich öfter ein indirektes als ein direktes Trauma zugrunde (Vaughan 1987, Brinker et al. 1993).

2.2.2.1 Frakturen einzelner Tarsalknochen

2.2.2.1.1 Fraktur des Talus

Je nach Lokalisation sind Frakturen des Corpus des Collum und des Caput zu unterscheiden (Brinker et al. 1993, Macias et al. 2000, Welch 2003). Sie treten selten isoliert auf. Frakturen des Caput gehen am häufigsten mit schwerwiegenden Frakturen des Os tarsi centrale einher. Behandlungsmethode der Wahl ist in diesem Fall eine Zugschraubenosteosynthese. Frakturen des Corpus sind röntgenologisch oft nur schwer erkennbar (Vaughan 1987, Brinker et al. 1993). Für ihre Darstellung sind am besten dorsolaterale Schrägprojektionen in Beugung und Streckung geeignet. Sie sind häufig mit Frakturen einer oder beider Kondylen assoziiert. Eine Fixation erfolgt mit feinen, in den Gelenkknorpel versenkten Bohrdrähten. Eine Fraktur des Collums ist oft extraartikulär lokalisiert und kann mit einem Kirschnerbohrdraht oder einer Zugschraube stabilisiert werden. Bei allen Frakturen ist eine postoperative Stabilisierung mit einem Schienen- oder Schalenverband zu empfehlen. Beim Vorliegen schwerer Splitterbrüche ist nicht selten eine Arthrodese indiziert (Brinker et al. 1993, Welch 2003).

2.2.2.1.2 Fraktur des Kalkaneus

Aufgrund der Funktion des Kalkaneus als Ansatzpunkt für die Endsehne des Gastroknemius und damit der Beteiligung an der Verhinderung der Hyperflexion des Gelenks führen Frakturen im Bereich dieses Knochens stets zu erheblichen Beeinträchtigungen der Gliedmaßenfunktion mit plantigrader Fußung (Vaughan 1987, Brinker et al. 1993). Diese Art der Verletzung wird nicht selten bei athletischen Hunden mit großer Schubkraft im Bereich der Hintergliedmaßen, wie dem Greyhound, gesehen. Oft geht sie mit einer proximalen intertarsalen Subluxation und einer Fraktur des Os tarsi centrale einher (Ost et al. 1987, Welch 2003). In der Regel erfolgt die Behandlung mit einer Drahtzuggurtung, die die Zugkraft der Endsehne des Gastroknemius in Druck umwandelt. In Abhängigkeit des Vorliegens einer Subluxation kann eine zusätzliche kalkaneoquartale Arthrodese erforderlich sein (Ost et al. 1987, Brinker et al. 1993, Welch 2003). Nach Ost und Dee (1987) ist beim gemeinsamem Auftreten von Fraktur und Subluxation nicht mit einer sich der Behandlung anschließenden Rückkehr in den Leistungssport zu rechnen.

2.2.2.1.3 *Fraktur des Os tarsi centrale*

Wenngleich diese Art von Fraktur auch bei anderen Rassen auftritt, so wird sie am häufigsten bei im Rennsport eingesetzten Greyounds beobachtet (Boudrieau et al. 1984a). Wie auch bei der Fraktur des Os carpi accessorium ist stets die rechte, bahnäußere Gliedmaße betroffen. Grund ist die, durch die gegen den Uhrzeigersinn gerichtete Laufrichtung verursachte, massive Belastung des medialen Anteils des rechten Tarsus.

5 verschiedene Frakturtypen wurden mit ansteigendem Schweregrad beschrieben (Boudrieau et al. 1984a, Brinker et al. 1993, Welch 2003). Durch den Wegfall der Abstützwirkung des Knochens kollabiert das talokalkaneozentrale Gelenk und es stellt sich eine Varusfehlstellung mit Verlust der Gliedmaßenfunktion ein. Nach Guilliard (2000, 2007) werden diese Frakturen nicht selten in Kombination mit Frakturen des Os tarsale quartum und Absprengfrakturen des Kalkaneus gesehen. Je nach Frakturtyp erfolgt die Behandlung mit einer oder mehreren Schrauben. Wenn keine Rekonstruktion des Knochens möglich ist, wird eine Stabilisation mit einer Platte unter Einlagerung von autogener Spongiosa durchgeführt. Sie hat das Ziel die Knochenlänge wiederherzustellen, um eine Deformierung des Fußes zu verhindern (Boudrieau et al. 1984a, Brinker et al. 1993, Guilliard 2000, Welch 2003, Guilliard 2007). Bei dieser Art von Verletzung ist die Prognose hinsichtlich einer Rückkehr in den Rennsport gut (Guilliard 2000). Guilliard (2007) beschreibt das Auftreten von Frakturen des palmaren Prozesses des Os tarsi centrale bei 6 Border Collies ohne ein zugrunde liegendes Trauma. Anhand der erhobenen Röntgenbefunde entstand der Verdacht auf eine mit dieser Fraktur einhergehende Luxation und Verlagerung des Knochens nach dorsomedial. Mithilfe von Untersuchungen an Kadavern konnte er feststellen, dass es sich hierbei lediglich um eine radiologische Erscheinung handelt und eine solche Verletzung unter normalen Bedingungen aufgrund der anatomischen Verhältnisse im Bereich des Tarsus extrem unwahrscheinlich ist.

2.2.2.1.4 *Frakturen der Ossa tarsalia*

Im Bereich dieser Knochenreihe ist am häufigsten das Os tarsale quartum von Frakturen, die in der Regel mit Luxationen einhergehen, betroffen (Brinker et al. 1993). Sie treten zwar sporadisch auch bei anderen Rassen auf, am häufigsten jedoch beim Greyhound. Liegt keine Dislokation vor, so kann mit einer guten Heilung dieser Art von Verletzung unter Verbandsbehandlung gerechnet werden. Geht sie mit einer Luxation einher, so ist die chirurgische Versorgung mittels Schraubenfixation von lateral indiziert (Brinker et al. 1993, Welch 2003). Auch Frakturen des Os tarsale tertium werden am häufigsten beim Greyhound gesehen. Sie können mit einer Fraktur des Os tarsale secundum einhergehen. Die Therapie kann durch Zugschraubenosteosynthese oder Arthrodese der Articulatio centrodistalis erfolgen. Die Prognose hinsichtlich einer Rückkehr in den Rennsport ist in solchen Fällen in der

Regel gut (Guilliard 2010). Frakturen des 1. und 2. Tarsalknochens sind extrem selten und werden, wenn, dann im Zusammenhang mit anderen Frakturen der Knochen des Tarsalgelenks gesehen (Brinker et al. 1993, Welch 2003).

2.2.2.2 Luxationen

2.2.2.2.1 Luxationen der Gelenketagen

Instabilitäten des Tarsalgelenks können im Bereich der unterschiedlichen Gelenketagen lokalisiert sein (Vaughan 1987, Brinker et al. 1993, Welch 2003, Schulz 2007).

(Sub-)luxation in der Articulatio tarsocruralis

Vollständige Luxationen im Bereich dieses Gelenks gehen in der Regel mit Frakturen eines oder beider Malleoli und damit Verletzungen der jeweiligen Seitenbänder einher (Brinker et al. 1993, Welch 2003). Oft ist auch das distale Tibiofibularband betroffen (Welch 2003, Hurter et al. 2004). Rupturen und Abrisse der Kollateralbänder haben meist nur eine Subluxation zur Folge. Liegt eine isolierte Ruptur der langen oder kurzen Portion der Seitenbänder vor, so ist diese meist schwierig zu diagnostizieren (Brinker et al. 1993).

Bei akutem Vorliegen kann oft eine erfolgreiche Reinsertion oder ein Ersatz des betroffenen Seitenbandes durchgeführt werden (Brinker et al. 1993, Dyce 1996). Eine Sehnennaht der Stümpfe ist meist nicht möglich (Brinker et al. 1993, Welch 2003). Besteht die Verletzung bereits chronisch oder liegt eine ausgedehnte Schädigung des Gelenkknorpels vor, so ist eine Arthrodese meist unumgänglich (Dyce 1996, Harasen 2002b, Welch 2003).

Plantare intertarsale Subluxation

Diese Verletzung kann sowohl traumatisch bedingt (und dann mit einer Hyperextension der plantaren Bänder und/oder Frakturen einzelner Tarsalknochen einhergehen) oder degenerativer Art sein (Dyce 1996, Harasen 2002b, Welch 2003). Sie wird auch als häufigste Verletzung im Bereich der Tarsalgelenks bezeichnet (Dyce et al. 1998). Der an ihrer Entwicklung beteiligte Faktor mit der größten klinischen Relevanz scheint die mechanische Überbelastung der Gelenketage bei mittelalten übergewichtigen Hunden zu sein (Vaughan 1987, Muir und Norris 1999). Von vielen Autoren wird eine Prädisposition von Collies und Shelties für Spontanrupturen in diesem Bereich vermutet (Vaughan 1987, Allen et al. 1993, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Muir und Norris 1999, Welch 2003). Behandlungsmöglichkeit sind die kalkaneoquartale Arthrodese, die entweder mittels einer von lateral aufgebrachten Platte oder einer Zuggurtung erfolgen kann (Allen et al. 1993, Welch 2003) oder eine partielle Tarsalgelenksarthrodese, die ebenfalls mittels einer von lateral aufgebrachten Platte möglich ist (Penwick und Clark 1988, Allen et al. 1993, Muir und Norris 1999). Insbesondere wenn bereits eine erfolglose Vorbehandlung stattgefunden hat, ist mit Komplikationen in bis zu 41 % der Fälle zu rechnen (Allen et al. 1993). Entscheidender Grund, warum eine konservative Vorbehandlung regelmäßig scheitert, scheint die Lokalisation der plantaren

Bänder auf der Zugseite des Tarsus zu sein, wodurch es bei jeder Belastung der Gliedmaße zur Auswirkung von Distraktionskräften in diesem Bereich kommt (Muir und Norris 1999).

Wenngleich seltener, so ist auch eine Instabilität zwischen dem Talus und Os tarsi centrale möglich (Allen et al. 1993, Dyce 1996). Diese geht jedoch nahezu immer mit einer kalkaneoquartalen Instabilität einher (Dyce 1996, Harasen 2002b, Lesser 2003).

Dorsale intertarsale Subluxation

Bei der Subluxation des kalkaneoquartalen und talokalkaneozentralen Gelenks mit dorsaler Instabilität handelt es sich um eine selten auftretende Hyperextensionsverletzung (Allen et al. 1993). Es scheint sich hierbei eher um eine Abnutzungerscheinung als um eine traumatische Verletzung zu handeln (Welch 2003). Durch die untergeordnete Bedeutung der betroffenen Bänder für die Fixierung des Tarsalgelenks und die physiologische Kompression der dorsalen Gelenkflächen im Stand geht diese Art der Verletzung häufig mit chronischen Lahmheiten mit nur geringen oder keinen Deformationen im Tarsalgelenk einher. Ruhighaltung und Verbandsbehandlung sind häufig für die Wiederherstellung der vollen Gliedmaßenfunktion ausreichend (Allen et al. 1993, Harasen 2002b). Bei im Rennsport eingesetzten Greyhounds konnten dorsale tarsale Instabilitäten erfolgreich mit einer Zuggurtung behandelt werden (Guilliard 2003).

Tarsometatarsale Subluxation

Zur Erzeugung einer tarsometatarsalen Subluxation bedarf es einer massiven Krafteinwirkung. Daher geht sie in der Regel mit Frakturen einzelner Knochen der distalen Tarsalgelenksreihe einher (Penwick und Clark 1988, Allen et al. 1993, Dyce et al. 1998, Muir und Norris 1999, Fettig et al. 2002, Harasen 2002b, Guilliard 2003, Welch 2003, Keller et al. 2004, Marshall et al. 2007, Inauen et al. 2009). Nach Penwick und Clark (1988) liegen bei 12 % der Patienten mit Bandläsionen im Bereich des Tarsus tarsometatarsale Luxationen vor. Bei dieser Art von Verletzung ist die Arthrodese der betroffenen Gelenketagen die Behandlungsmethode der Wahl, die selbst bei großen Hunden für eine zufriedenstellende Stabilisation sorgt (Brinker et al. 1993, Muir und Norris 1999, Fettig et al. 2002, Halling et al. 2004). Zahlreiche Methoden wurden für die Durchführung der tarsometatarsalen Arthrodese beschrieben, darunter Pins in Kombination mit einer Zuggurtung (Brinker et al. 1993), Platten (Dyce et al. 1998, Muir und Norris 1999, Wilke et al. 2000, Fettig et al. 2002, Inauen et al. 2009) und sowohl lineare (Shani et al. 2006) als auch zirkuläre (Halling et al. 2004, Rahal et al. 2006) Fixateurs externes. Die laterale Plattenapplikation hat sich als geeignete Methode mit einer geringen Komplikationsrate und einer geringen Gefahr des Implantatversagens erwiesen (Muir und Norris 1999, Welch 2003).

Innerhalb der distalen Reihe der Tarsalknochen treten Instabilitäten aufgrund der Abstützwirkung des Os tarsale quartum auf die restlichen Knochen der mittleren und distalen Reihe eher selten auf (Penwick und Clark 1988).

2.2.2.2 Luxationen einzelner Tarsalknochen

Luxation des Talus

Sie tritt sehr selten beim Hund (Gorse et al. 1990, Macias et al. 2000), jedoch häufiger bei der Katze (Keller et al. 2005) auf. Lässt sich der Talus gedeckt und anhaltend reponieren, so kann eine konservative Verbandsbehandlung durchgeführt werden. Ist dies nicht möglich, insbesondere wenn die Verletzung schon einige Zeit besteht, sollte eine operative Stabilisierung mittels Stellschraube in den Kalkaneus erfolgen (Brinker et al. 1993). Keller und Voss (2005) berichten von der erfolgreichen Anwendung einer Verriegelungsplatte für die partielle Arthrodese zwischen Talus und Os tarsi centrale. Außer einem unmittelbar postoperativ angelegten Polsterverband war keine externe Stabilisierung erforderlich.

Luxation des Os tarsi centrale

Im Gegensatz zur Fraktur dieses Knochens tritt die Luxation auch bei anderen Hunden als Rennhunden auf (Brinker et al. 1993). Sie liegt meist in Kombination mit Frakturen vor, wobei der plantare Vorsprung in Verbindung mit dem Ligamentum plantare longum bleibt und sich der restliche Knochen nach dorsomedial verlagert. Eine operative Stabilisierung erfolgt mittels Stellschraube von medial an das Os tarsale quartum (Brinker et al. 1993).

2.2.2.3 Abschliffverletzung im Bereich des Tarsalgelenks

Wie auch bei entsprechenden Läsionen im Bereich des Karpus sind dies Verletzungen, die primär im Zusammenhang mit Autounfällen beobachtet werden (Beardsley und Schrader 1995). Am Tarsus handelt es sich um eine der am häufigsten auftretenden Verletzungen (Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Matis und Köstlin 1999b, Benson und Boudrieau 2002).

Auch in diesem Bereich der Extremitäten kommt es durch Mitschleifen der Gliedmaße über den Grund zu massiven Verlusten des Weichteilgewebes und auch der Knochen (Vaughan 1987, Beardsley und Schrader 1995, Diamond et al. 1999, Benson und Boudrieau 2002). Wieder ist am häufigsten die Medialseite der Gliedmaße betroffen. Die Läsionen des Weichteilgewebes heilen meist unproblematisch ab, jedoch kommt es oft zu einer persistierenden Instabilität im Bereich der Gelenketagen, bedingt durch eine mit den Substanzverlusten einhergehende Schädigung des Bandapparats. Aufgrund der physiologischen leichten Valgusstellung des Tarsus hat der Verlust der Bandstrukturen im Medialbereich der Gliedmaße weitreichende Konsequenzen (Brinker et al. 1993, Diamond et al. 1999, Benson und Boudrieau 2002, Lesser 2003, Welch 2003).

Wie auch im Bereich des Karpus besteht die Empfehlung eine umgehende Behandlung sowohl der Verletzungen im Bereich des Weichteilgewebes als auch im Bereich der Knochen und Gelenke durchzuführen (Beardsley und Schrader 1995, Benson und Boudrieau 2002). Ratsam ist die Anwendung einer externen Stabilisationsmethode, die eine unproblematische

postoperative Wundbehandlung ermöglicht (Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Matis und Köstlin 1999b, Benson und Boudrieau 2002, Welch 2003). In einem direkten Vergleich der Behandlung von Abschliffverletzungen im Bereich des Tarsalgelenks entweder mit künstlichem Seitenbandersatz oder durch Fixateur externe konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsmethoden gefunden werden (Diamond et al. 1999).

2.2.2.4 *Osteochondrosis dissecans*

Die Osteochondrosis dissecans (OCD) ist eine Erkrankung des wachsenden Skeletts, die im Bereich von Gelenkknorpel, Apophysen- und Epiphysenfugen auftritt (Olsson 1980). Die Ätiologie ist noch nicht endgültig geklärt, es ist jedoch sicher, dass es sich um eine multifaktorielle Erkrankung handelt. Vor allem mittel- bis großwüchsige Rassen sind vermehrt betroffen. Besonders häufig vertreten sind Deutsche Dogge, Deutscher Schäferhund, Rottweiler, Boxer, Labrador Retriever und Golden Retriever, weshalb eine genetische Prädisposition vermutet wird. Auch fütterungsbedingte, traumatische und biomechanische sowie hormonelle und zirkulatorische Faktoren werden diskutiert.

Der Pathogenese liegt eine Störung der enchondralen Ossifikation zugrunde (Olson et al. 1980). Ein gehäuftes Auftreten an unterschiedlichen Lokalisationen des Skeletts wird beschrieben. Im Bereich des Sprunggelenks ist dies die Trochlea tali medialis (Olsson 1980). Rottweiler scheinen von einer OCD-Läsion im Bereich dieses Gelenks besonders häufig betroffen zu sein (Brinker et al. 1993). In etwa 44 % der Fälle tritt sie beidseitig auf (Montgomery et al. 1994). Das durchschnittliche Erkrankungsalter liegt bei 6 Monaten. Es besteht eine deutliche Häufung männlicher Hunde, was auf eine höhere Wachstumsintensität und eine in ihrer Gesamtheit längere Wachstumsphase im Vergleich zu Hündinnen zurückgeführt wird. Aufgrund der Komplexität des Sprunggelenks und der geringen Größe des Defekts erweist sich die röntgenologische Diagnose oft als schwierig. Zusätzlich zu den Standardaufnahmen sind Schrägaufnahmen möglich (45°-dorsolateral-plantaromedial und 45°-dorsomedial-plantarolaterale Projektionen) (Olson et al. 1980, Olsson 1980). Die partiell gelöste Knorpelschuppe sollte frühzeitig entfernt werden. Das Auftreten von Sekundärarthrosen kann jedoch dadurch in der Regel nicht vermieden werden (Brinker et al. 1993).

2.2.2.5 *Angeborene Missbildungen*

Angeborene Missbildungen der am Tarsalgelenk beteiligten Strukturen unterschiedlicher Art werden beschrieben (Vaughan 1987). Im Verlauf der Entwicklung des betroffenen Patienten können damit Luxationen und degenerative Veränderungen im Bereich der Gelenke verbunden sein, die sich durch Schmerhaftigkeiten und Lahmheiten äußern können. Die

behandelnden Tierärzte sind vor die Herausforderung gestellt, ein Ergebnis zu erzielen, das den Ansprüchen an Funktionalität der Gliedmaße und Lebensqualität des Patienten gerecht wird. In einigen Fällen ist ein solches Ergebnis lediglich durch die vollständige Versteifung des betroffenen Gelenks zu erreichen (Mathews et al. 1995, Bright et al. 2007, Park et al. 2008, Petazzoni et al. 2009).

2.3 Arthrodese

2.3.1 Allgemeines

Die Elimination der Bewegung im Bereich eines Gelenks durch operative Versteifung mit dem Ziel einer irreversiblen knöchernen Fusion wird als Arthrodese bezeichnet (Moore und Withrow 1981, Penwick 1987). Im Kontrast dazu versteht man unter einer Ankylose die pathologische Form der Immobilisation eines Gelenks durch osteo- und enthesiophytäre sowie fibrotische Zubildungen zusammen mit einer Kontraktur der Muskulatur und von der Gelenkkapsel ausgehenden Adhäsionen (Johnson 1980, Moore und Withrow 1981, Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Mögliche Indikationen für die chirurgische Versteifung eines Gelenks sind die Ausschaltung von Schmerzen aufgrund von chronischen fortgeschrittenen Arthrosen, Gelenkinstabilitäten, irreparablen Gelenkfrakturen, insbesondere im Fall von substanzIELLEN Knochenverlusten, angeborenen Missbildungen sowie in Einzelfällen Gliedmaßenparesen/Durchtrittigkeiten infolge von Nervenverletzungen (im Bereich des Karpalgelenks jedoch nur wenn die Möglichkeit der Extension des Ellbogengelenks sowie die Oberflächensensibilität der Gliedmaße erhalten ist, um Automutilation und Abschürfungen an den Zehen im Anschluss an die Operation zu vermeiden) (Parker et al. 1981, Okin 1982, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Je nach Lokalisation bestehen mögliche Alternativen: Amputation, Exzisionsarthroplastik (vor allem im Bereich des Hüft- und Schultergelenks) sowie eine totale Endoprothese (Hüft- und Ellbogengelenk) (Penwick 1987, Dyce 1996, Lesser 2003, Schulz 2007, Buote et al. 2009).

Im Wachstum befindliche Patienten vor Abschluss des Längenwachstums, das Vorliegen von intraartikulären Tumoren (beispielsweise eines Synovialzellsarkoms) oder einer Polyarthritis sowie das Vorhandensein alternativer Möglichkeiten das betroffene Gelenk zu erhalten gehören zu den Kontraindikationen, die gegen die Durchführung einer Arthrodese sprechen (Dyce 1996, Lesser 2003, Buote et al. 2009).

Nach Brinker und Piermattei (1993) ist die Prognose umso besser, je weiter distal im Bereich der Gliedmaßen sich das zu versteifende Gelenk befindet. Unter anderem kommt aus diesem Grund bei Hund und Katze eine Arthrodese am häufigsten am Karpal- und Tarsalgelenk zum Einsatz (Denny und Barr 1991, Harasen 2002a, Lesser 2003, Schulz 2007, Buote et al. 2009).

2 grundsätzliche Formen der Arthrodese werden sowohl im Bereich des Karpal- als auch des Tarsalgelenks unterschieden: die Panarthrodese (Versteifung sämtlicher am jeweiligen Gelenk beteiligten Etagen) sowie die partielle Arthrodese (Versteifung nur eines Teiles der beteiligten Etagen) eines Gelenks (Penwick 1987, Buote et al. 2009). Die Wahl der Versteifungsmethode sollte im Vorfeld der Operation sorgfältig abgewogen werden (Brinker et al. 1993). Hierbei zu berücksichtigen sind unter anderem die, anhand von Besitzerkommunikation in Erfahrung gebrachte, angestrebte postoperative Leistungsfähigkeit des Patienten, die Art der Verletzung, der Zustand der übrigen Gliedmaßen und Gelenke sowie die, anhand von Röntgenaufnahmen dargestellte, exakte Lokalisation der Verletzung (Moore und Withrow 1981, Brinker et al. 1993, Buote et al. 2009).

Nach Penwick (1987) sollten folgende allgemeine Prinzipien, unabhängig von der Lokalisation des zu versteifenden Gelenks, bei der Durchführung einer Arthrodese stets beachtet werden:

1. vollständige Entfernung des Gelenkknorpels
2. autologe Spongiosatransplantation
3. korrekter Winkel und Ausrichtung
4. rigide interne, achsengerechte Fixation, wenn möglich unter Kompression
5. unterstützende externe Fixation (Schienenverband)

Zu 1. Vollständige Entfernung des Gelenkknorpels

Verschiedene Methoden mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen können für die Durchführung der Knorpelentfernung zum Einsatz kommen (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Penwick 1987, Dyce 1996). Verfügbare Instrumente sind Rongeure, Osteotome, Küretten, „Aindrills“ sowie pneumatische Fräsen (Johnson 1980, Moore und Withrow 1981, Parker et al. 1981, Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Buote et al. 2009). Bei der manuellen Entfernung sollte besonders auf die Vollständigkeit der Knorpelabtragung geachtet werden. Jegliche zurückbleibenden Reste können später ein Hindernis für eine vollständige Gelenkfusion darstellen (Johnson 1979). Der palmare Knorpel kann nach Parker und Brown (1981) und Slocum und Devine (1982) zur Verbesserung der Stabilität erhalten werden. Nach Johnson (1980) ist die Durchbrechung der subchondralen Knochenplatte anstrebenswert, um dadurch einen Führungskanal für einwandernde mesenchymale Stammzellen und Blutgefäße zu schaffen. Hierfür werden zahlreiche kleine Bohrkanäle in die subchondrale Knochenplatte eingebracht (Johnson 1980, Buote et al. 2009). Die Knorpelentfernung mittels pneumatischer Fräse ist äußerst effektiv, jedoch ist die simultane Spülung mit steriler, isotoner Kochsalzlösung wegen der Gefahr der Entstehung von Kolloquiationsnekrosen von immenser Bedeutung (Johnson 1979, Haburjak et al. 2003,

Langley-Hobbs 2010). Auch im Anschluss an die Entknorpelung sollte ausgiebig gespült werden (Dyce 1996).

Über die Entfernung des Knorpels hinaus ist ein flaches Zurückschneiden der Kontaktflächen möglich, um durch Apposition im angestrebten Winkel eine optimale Auflage der beteiligten Anteile ohne die Entstehung von Scherkräften zu erreichen (Brinker et al. 1993, Buote et al. 2009). Diese Methode wird insbesondere bei Versteifung des Kniegelenks angewandt (Brinker et al. 1993, Dyce 1996). Nachteile hiervon sind die schwierigere Durchführbarkeit sowie der potentielle Längenverlust der Gliedmaße (Brinker et al. 1993).

Zu 2. Autogene Spongiosatransplantation

Die Einlagerung autogener Spongiosa dient der Beschleunigung des knöchernen Durchbaus der Arthrodese. Der Spongiosa wird osteoinduktives, osteoproduktives und osteogenes Potenzial nachgesagt (Johnson 1980, Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Dyce et al. 1998, Buote et al. 2009). Nach Johnson (1979) ist durch Einlagerung von Spongiosa mit einem signifikant besseren Durchbau bereits 12 Wochen nach Versteifung zu rechnen. Buote (2009) schreibt ihr eine Reduzierung der Zeit bis zum Erreichen der Gelenkfusion um bis zu 4–8 Wochen zu. Die Gewinnung des Transplantats sollte wenn möglich unmittelbar im Vorfeld der Gelenkversteifung stattfinden. Es handelt es sich um einen schnellen unkomplizierten Eingriff, der in der Regel nicht länger als 10–15 Minuten in Anspruch nehmen sollte (Langley-Hobbs 2010). Am häufigsten wird für die Gewinnung auf die proximale Humerusmetaphyse, die proximale Tibia und den Darmbeinflügel zurückgegriffen (Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Darüber hinaus können der proximale Femur und das Sternum in Anspruch genommen werden (Penwick 1987, Lesser 2003). Insbesondere bei kleineren Hunden und Katzen sollte bei der Gewinnung des Materials aus dem Caput humeri wegen des potenziellen Frakturrisikos große Sorgfalt geleistet werden. Sollte es dennoch zum Auftreten dieser Komplikation kommen, ist bei umgehender korrekter orthopädischer Versorgung mittels Osteosynthese mit keiner Beeinträchtigung des weiteren Heilungsverlaufs zu rechnen (Ferguson 1996). Nach Johnson (1980) ist die Gewinnung von spongiösem Knochen, beispielsweise aus der proximalen Tibia gegenüber der von kortikospongiösem Material, wie aus dem Darmbeinflügel, wegen der sich anschließenden, vergleichsweise unproblematischeren Einbringung zu bevorzugen. Beim Einsatz von kortikospongiösen Knochentransplantaten besteht die Gefahr, dass sich diese als die Gelenkfusion hindernde Abstandshalter der einzelnen Gelenketagen auswirken (Johnson 1980).

Das Einbringen der Spongiosa sollte nach Vannini (2010) vor Fixation der Implantate erfolgen, da es sonst zu Schwierigkeiten bei der Unterbringung des gewonnenen Materials kommen kann.

Zu 3. Korrekter Winkel und Ausrichtung

Der Wahl des endgültigen Versteifungswinkels kommt insbesondere bei Durchführung einer Panarthrodese große Bedeutung zu, da er über die endgültige Länge der Gliedmaße bestimmt und damit großen Einfluss auf die postoperative Gliedmaßenfunktion und somit den Erfolg einer Arthrodese hat (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Buote et al. 2009). Als Orientierung dient der im Vorfeld der Operation ermittelte physiologische Standwinkel der kontralateralen Gliedmaße (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Um den Längenverlust durch Knorpel- und Knochenabtragung zu kompensieren, sollte besonders bei Versteifung des Kniegelenks aufgrund der erforderlichen Präparation der Auflageflächen der endgültige Winkel etwas geringer gewählt werden als der, der kontralateralen Gliedmaße (Brinker et al. 1993, Buote et al. 2009). Rotationsfehlstellungen sollten tunlichst vermieden werden (Johnson 1980, Dyce 1996, Buote et al. 2009). Zur Erleichterung der korrekten Gliedmaßenausrichtung ist die vorübergehende Fixation des Gelenks mithilfe gekreuzter Bohrdrähte möglich (Dyce et al. 1998). Nach Hulse (2000) und Langley-Hobbs (2010) besteht die Möglichkeit, die Bohrdrähte als zusätzliche Stabilisation im Gelenk zu belassen.

Zu 3. Rigide interne Fixation

Die interne Stabilisation sollte wenn möglich unter Kompression der einzelnen Gelenkanteile erfolgen (Penwick 1987). Das zum Einsatz kommende Implantat ist mit Sorgfalt auszuwählen, da es aufgrund der Länge der Hebelarme, der an der Versteifung beteiligten Anteile, massiven Krafteinwirkungen ausgesetzt ist (Johnson 1980, Dyce 1996). Die Tatsache, dass es ein Gelenk überbrückt, das ursprünglich dafür geschaffen ist, Bewegungen standzuhalten, ist für seine dauerhafte Haltbarkeit ein negativer prognostischer Faktor (Langley-Hobbs 2010). Die am häufigsten für die Versteifung verwendeten Implantate sind Platten. Als Begründung werden ihre, den anderen Implantaten überlegene, Stabilität sowie die vergleichsweise einfache Applikation aufgeführt (Buote et al. 2009). Im Bereich des Karpalgelenks weichen mit Radius und 3. Metakarpalknochen der Durchmesser des proximalen und distalen Gelenkanteils stark voneinander ab. Bei der Verwendung von Platten wird die Wahl der Größe Implantats von den unterschiedlichen Anteilen ausschlaggebend beeinflusst (Johnson 1980, Dyce 1996, Whitelock et al. 1999). Limitierender Faktor für Schraubengröße ist der Durchmesser des Os metacarpale tertium (Johnson 1980). Entsprechend aktueller Empfehlungen sollten Schrauben mit einem Durchmesser von unter 40 % des Knochens zum Einsatz kommen (Lesser 2003, Buote et al. 2009). Bei sehr großen, schweren Patienten ist die Verwendung von 2 übereinander gelegten Platten für die Versteifung möglich (Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Auch gekreuzte Bohrdrähte oder Zugschrauben können zum Einsatz kommen, jedoch sollte dies aufgrund der eingeschränkten Stabilität nur bei sehr jungen, kleinen Patienten geschehen. Bei größeren Patienten werden im Zusammenhang mit dieser Art von

Implantaten, aufgrund der größeren Flexibilität und dem geringeren Halt im Knochen, häufig Implantatlockerungen beobachtet (Buote et al. 2009, Langley-Hobbs 2010).

Zu 4. Unterstützende externe Stabilisation

Um ein Versagen der Implantate vor Abschluss eines vollständigen Durchbaus zu vermeiden, sollte bis zum Erreichen eines zufriedenstellenden Grades an knöchernem Durchbau eine zusätzliche externe Stabilisation erfolgen (Moore und Withrow 1981, Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Dies gilt insbesondere bei Durchführung einer Panarthrodese mit dorsaler Plattenapplikation, da es aufgrund der biomechanisch unterlegenen Lokalisation auf der Kompressionsseite des Gliedmaßenabschnitts zu einer extremen mechanischen Belastung des Implantats kommt (Johnson 1980, Johnson 1981, Harasen 2002a). Aufgrund der Tatsache, dass es besonders im Zusammenhang mit dieser Nachsorge nicht selten zu schwerwiegenden Komplikationen (Drucknekrosen, Nahtdehiszenzen) kommt, haben in der jüngeren Vergangenheit zahlreiche Versuche stattgefunden, neuartige Implantate oder modifizierte Versteifungsmethoden anzuwenden, die eine externe Stabilisation überflüssig machen. Hierzu gehören unter anderem sogenannte „CastLess“-Platten sowie unterschiedliche Arten von Verriegelungsplatten (siehe unten) (Keller et al. 2005, Clarke et al. 2009, Inauen et al. 2009, Petazzoni 2010, Bokemeyer et al. 2011, Streubel et al. 2011a).

2.3.2 Karpus

Das Karpalgelenk kann entweder vollständig oder nur teilweise versteift werden (Johnson 1980, Dyce 1996, Harasen 2002a). Je nach Lokalisation der vorliegenden Verletzung ist die eine oder die andere Form indiziert (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Harasen 2002a, Buote et al. 2009).

2.3.2.1 Indikationen

Über die bereits unter 2.3.1 beschriebenen allgemeingültigen Indikationen für eine Arthrodese hinaus kommt es speziell im Bereich des Karpalgelenks am häufigsten zu Verletzungen des Bandapparats, Frakturen der Karpalknochen und Luxationen bzw. Subluxationen im Bereich der Gelenketagen (Miller 1990, Brinker et al. 1993, Li et al. 2000, Tomlin et al. 2001, Guilliard und Mayo 2001b, Buote et al. 2009). Die Hyperextensionsverletzung mit anschließender chronischer Instabilität der Gelenketagen ist eine der häufigsten Indikationen für eine Arthrodese des Karpalgelenks (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Denny und Barr 1991, Harasen 2002a). In einer Studie mit 45 Hunden, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, gaben in 76 % der Fälle chronische Gelenksinstabilitäten, in 18 % degenerative Veränderungen im Bereich der Gelenketagen und in 6 % neurologische Defizite der Gliedmaße Anlass zur Versteifung (Parker et al. 1981).

Indikation für eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks liefern all jene Verletzungen, die lediglich die Interkarpal- und Karpometakarpalgelenke, nicht jedoch das Antebrachiokarpalgelenk betreffen (Slocum und Devine 1982, Köstlin et al. 1986, Willer et al. 1990, Denny und Barr 1991, Smith und Spagnola 1991, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Johnson 2000, Kaehler et al. 2002, Keller 2002, Buote et al. 2009). Dazu gehören auch Kompressionsfrakturen der Knochen der distalen Karpalreihe und der Metakarpalknochen, die oft mit einer Schädigung der interkarpalen und karpometakarpalen Bänder einhergehen (Slocum und Devine 1982). Bei dieser Art der Versteifung sind jedoch Komplikationen, wie Arthrosen im Bereich des Antebrachiokarpalgelenks oder eine im Anschluss an die Operation auftretende antebrachiokarpale Hyperextension, möglich. Selbst minimale Veränderungen im Bereich des Antebrachiokarpalgelenks prädisponieren für spätere Niederbrüche und Komplikationen (Johnson 1980, Denny und Barr 1991, Dyce 1996, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Unter anderem aus diesem Grund wird die Durchführung einer partiellen Arthrodese regelmäßig in Frage gestellt (Parker et al. 1981, Willer et al. 1990, Denny und Barr 1991, Köstlin 2000). Zu den Argumenten für eine partielle Arthrodese bei Unversehrtheit des Antebrachiokarpalgelenks zählen der weitestgehende Erhalt des Bewegungsumfangs im Bereich des Karpus, der Wegfall der Erforderlichkeit ein gesundes Gelenk zu zerstören sowie die Ansicht, dass das Auftreten von Spätkomplikationen im Antebrachiokarpalgelenk selten zu erwarten ist (Earley 1978, Slocum und Devine 1982, Lenehan und Tarvin 1989, Willer et al. 1990, Smith und Spagnola 1991). Nach Slocum und Devine (1982) sollte eine partielle Arthrodese nur durchgeführt werden, wenn die Unversehrtheit des Antebrachiokarpalgelenks und des Bandapparats des Os carpi accessorium anhand von klinischer Untersuchung und Stressröntgenaufnahmen gewährleistet ist. Häufig ist es jedoch nicht möglich, das Vorliegen solcher Verletzungen allein durch die Anfertigung von Röntgenaufnahmen auszuschließen (Harasen 2002a).

2.3.2.2 Chirurgischer Zugang

Von einigen Autoren wird zur Erlangung eines blutarmen Operationsfelds das Anbringen einer Esmarch-Blutsperre, beispielsweise mit einer sterilen elastischen Binde oder einem Stauschlauch, empfohlen (Slocum und Devine 1982, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Probst und Millis 2003). Beim anschließenden Anlegen des Hautschnitts sollte darauf geachtet werden, die Operationswunde nicht unmittelbar über dem späteren Implantat oder anderen Druckpunkten zu lokalisieren (Dyce et al. 1998). Nach Köstlin (2000) sollte daher ein bogenförmiger Schnitt angelegt werden, was gleichzeitig verhindert, dass das Implantat mit dem Nahtmaterial in Kontakt kommt. Der Schnitt ist ausreichend groß zu wählen, um einen unproblematischen Zugang zu den einzelnen Gelenketagen bei der Knorpelentfernung zu gewährleisten (Dyce et al. 1998). Sowohl für die Panarthrodese mit dorsal aufgebrachter

Platte als auch für die partielle Arthrodese sollte er vom distalen Drittel des Radius, medial der Vena cephalica, bis zum distalen Drittel des Os metacarpale tertium unter Schonung der Blutgefäße und Nerven geführt werden (Slocum und Devine 1982, Brinker et al. 1993, Piermattei et al. 1996, Probst und Millis 2003). Die Sehne des Musculus extensor digitorum communis wird nach lateral verlagert und der Musculus extensor carpi radialis wird von seiner Ansatzstelle am 2. und 3. Metakarpalknochen abgehoben und nach medial verlagert (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Probst und Millis 2003, Schulz 2007).

Nach Chambers und Bjorling (1982) wird für die palmar Anbringung einer Panarthrodeseplatte der Hautschnitt medial am Radius auf Höhe des Übergangs vom mittleren zum distalen Drittel begonnen und nach kaudodistal bis auf halbe Strecke zwischen Basis der 1. Zehe und dem Hauptballen fortgeführt. Für den medialen Zugang erfolgt der Schnitt auf der Medialseite vom distalen Radiusdrittel bis hinunter zum distalen Drittel des Os metacarpale secundum. Um die Plattenaufbringung zu erleichtern besteht anschließend die Möglichkeit, den Musculus abductor pollicis longus zu durchtrennen und die 1. Zehe zu amputieren (Guerrero und Montavon 2005, Streubel et al. 2011b).

2.3.2.2.1 *Panarthrodese*

Die bei einer Panarthrodese des Karpalgelenks auftretende Veränderung des Gangbilds, durch das Unvermögen das Gelenk beim Vorführen abzubeugen (Johnson 1980), wird von unterschiedlichen Autoren als unproblematisch beschrieben und führt häufig zu funktionell befriedigenden Ergebnissen (Dyce 1996, Whitelock und Houlton 1998, Harasen 2002a, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Dies wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass ein Quadrupede aufgrund der übrigen 3 Gliedmaßen eine gute Kompensationsfähigkeit besitzt (Brinker et al. 1993). Nach Johnson (1980) ist der Erhalt der Beweglichkeit im Bereich des Karpalgelenks nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Johnson (1980) konnte bei einer Untersuchung von 9 Hunden, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, im Anschluss an den Eingriff stets ein akzeptables Gangbild erzielen. Beim Vorführen der Gliedmaße konnte aufgrund des Unvermögens das versteifte Gelenk abzubeugen eine Beugung des Ellbogens zusammen mit einer Rotationsbewegung der Skapula nach kaudal beobachtet werden. Auch die üblicherweise auftretende Hyperextension des Karpalgelenks in der Stützphase des Schritts blieb aus (Johnson 1980).

Einigen Autoren empfehlen, wenn das Antebrachiokarpalgelenk versteift werden muss, stets eine Panarthrodese des Karpalgelenks durchzuführen (Sexton und Hurov 1978, Brinker et al. 1993, Johnson 2000). Als Begründung wird angegeben, dass die alleinige Versteifung der Articulatio antebrachiocarpea zu einer unverhältnismäßigen Überbelastung der beiden distal gelegenen Gelenketagen des Karapalgelenks führt (Sexton und Hurov 1978, Brinker et al. 1993, Johnson 2000).

Die vorgeschlagenen Versteifungswinkel variieren je nach Autor. In der Regel ist von etwa 10-15° Hyperextensionsstellung die Rede (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Lesser 2003, Probst und Millis 2003, Buote et al. 2009).

Nach Abpräparation des Musculus extensor carpi radialis von seiner Ansatzstelle am 2. und 3. Metakarpalknochen erfolgt das Abtragen des Gelenkknorpels der Articulationes antebrachiocarpeae, mediocarpeae, carpometacarpeae und intercarpeae in Flexionsstellung des Karpalgelenks (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Probst und Millis 2003, Schulz 2007). Der Zugang zu den einzelnen Gelenketagen kann durch Einbringen eines Hohmann-Hebels erleichtert werden (Dyce 1996). Soll eine Verriegelungssarthrodese durchgeführt werden, so wird ein Knochenspan aus der Kranialfläche der Epiphyse und Metaphyse der Radius gewonnen und in eine eigens dafür angelegte Rinne im Os carpi intermedioradiale eingelegt. Diese Methode bietet den Vorteil einer guten Stabilität schon nach kurzer Zeit, bedingt durch die in der Regel schnell einheilende Knochenbrücke (Köstlin et al. 1986).

Nachdem die korrekte Ausrichtung der Gelenkanteile stattgefunden hat, können diese vorübergehend mit 1 oder 2 Pins fixiert werden, um während der Anbringung des endgültigen Implantats für Stabilität zu sorgen (Langley-Hobbs 2010). Vor der endgültigen Immobilisation wird die zuvor gewonnene Spongiosa eingebracht. Anschließend erfolgt die Fixation des Implantats. Im Allgemeinen werden je 3 Schrauben im Radius und Os metacarpale tertium sowie eine im Os carpi intermedioradiale befestigt (Brinker et al. 1993). Diese einzelne Schraube ermöglicht eine Kompression sowohl im Antebrachiokarpal- als auch im Mediokarpal- und Karpometakarpalgelenk und eine zusätzliche Stabilisation durch Verhinderung einer Verlagerung des Os carpi intermedioradiale nach kaudal (Johnson 1980). Die Abfolge der Fixation der einzelnen Schrauben variiert von Autor zu Autor. Nach Dyce (1996) sollten als erstes die 3 Schrauben im Os metacarpale tertium, dann die 3 Schrauben im Radius und anschließend die verbleibende Schraube im Os carpi intermedioradiale befestigt werden. Brinker und Piermattei (1993) raten zunächst die am weitesten peripher gelegenen Schrauben und anschließend die restlichen einzubringen. Harasen (2002) wiederum bevorzugt es, die 1. Schraube im Os carpi intermedioradiale zu fixieren und die am weitesten distal gelegene Schraube im Os metacarpale tertium anzuschließen. Daraufhin sollten je 1 oder 2 Löcher dies- und jenseits des zentralen Loches gebohrt werden (Harasen 2002a). Vor dem Zunähen werden die Endsehnen des Musculus extensor carpi radialis mit der Gelenkkapsel oder mit dem verbliebenen anderen Anteil auf dem 2. Metakarpalknochen vernäht (Brinker et al. 1993).

Muss eine beidseitige Arthrodese durchgeführt werden, so rät Dyce (1996) zur Versteifung beider Seiten innerhalb eines Eingriffs.

2.3.2.2.1.1 Pankarpale Arthrodesis mit Platte

2.3.2.2.1.1.1 Dorsal aufgebrachte Platte

Die Panarthrodese mittels dorsal aufgebrachter Kompressionsplatte kommt für die Arthrodesis des Karpalgelenks am häufigsten zum Einsatz (Sexton und Hurov 1978, Johnson 1980, Parker et al. 1981, Okin 1982, Denny und Barr 1991, Brinker et al. 1993, Li et al. 1999, Whitelock et al. 1999, Harasen 2002a, Guerrero und Montavon 2005, Buote et al. 2009). Durch Anwendung einer Kompressionsplatte ist zwar keine Beschleunigung der Knochenheilung möglich, jedoch bewirkt diese Methode ein Zusammenrücken der einzelnen Knochen sowie eine Verengung der Gelenkspalten und damit eine gesteigerte Stabilität (Johnson 1980).

Der Nachteil der dorsal aufgebrachten Platte liegt unter Berücksichtigung der allgemeinen, biomechanischen Prinzipien der Osteosynthese auf der Hand (Johnson 1980, Whitelock et al. 1999). Das Implantat ist aufgrund der Tatsache, dass es sich auf der Kompressionsseite der Karpus befindet, massiven Biegekräften ausgesetzt (Johnson 1980, Chambers und Bjorling 1982, Slocum und Devine 1982, Brinker et al. 1993, Whitelock et al. 1999, Lesser 2003, Michal et al. 2003). Die alleinige Fixation auf einem Metakarpalknochen im distalen Bereich führt darüber hinaus ein Risiko von Frakturen desselben in bis zu 8–19 % der Fälle mit sich (Whitelock et al. 1999, Isensee et al. 2006, Bokemeyer et al. 2011). Es kommt zu einer Konzentration der Gesamtlast der Gliedmaße im Bereich der distalsten Schraube (Slocum und Devine 1982). Trotz dieser potenziellen Nachteile hat sich die Panarthrodese des Karpalgelenks mit dorsal aufgebrachter Platte aufgrund von vergleichsweise einfacherem Zugang und Durchführbarkeit durchgesetzt (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Buote et al. 2009).

Hybridarthrodeseplatte

Die am häufigsten zum Einsatz kommende Platte ist die sogenannte CAP (carpal arthrodesis plate, Jorgensen, Loveland, Colorado, USA) (Li et al. 1999, Harasen 2002a). Es handelt sich hierbei um eine Hybridarthrodeseplatte, die die Kombination 2-er unterschiedlicher Schraubenstärken ermöglicht (Li et al. 1999, Köstlin 2000). Die Platte ist verfügbar in 3 verschiedenen Größen. Die mittlere und kleine Platte besitzen insgesamt je 9 Schraubenlöcher (4 proximale Löcher für 3,5 mm bzw. 2,7 mm Schrauben, 4 distale für 2,7 mm bzw. 2,0 mm Schrauben und 1 zentrales Loch für 2,7 oder 3,5 mm bzw. 2,0 oder 2,7 mm Schrauben). Die größte der 3 Platten wird mit 3,5 mm Schrauben über die gesamte Plattenlänge fixiert. Sowohl die proximalen als auch die distalen Schraubenlöcher sind als dynamische Kompressionslöcher angelegt. Die Platte besitzt eine Vorbiegung von 10°, verjüngt sich nach distal hin und wird schlanker. Eine größere Länge in diesem Bereich soll eine möglichst weitgehende Überdachung des 3. Metakarpalknochens gewährleisten

(Harasen 2002a), was die Gefahr von Frakturen des 3. Metakarpalknochens merklich reduziert (Li et al. 1999, Whitelock et al. 1999, Harasen 2002a).

In einem direkten in-vitro-Vergleich von 2,7/3,5 mm Hybridarthrodeseplatten mit 3,5 mm dynamischen Kompressionsplatten konnte eine geringe mechanische Überlegenheit der Hybridarthrodeseplatten gegenüber den konventionellen dynamischen Kompressionsplatten demonstriert werden (Wininger et al. 2007). Die Hybridarthrodeseplatten hielten stärkeren Kräften als die dynamischen Kompressionsplatten stand. Nach Wininger et al. (2007) besteht jedoch die Möglichkeit, dass sich der Unterschied nicht bei allen Patienten klinisch bemerkbar macht.

Für 13 pankarpale Arthrodesen bei 11 Hunden konnten mit der Hybridarthrodeseplatte bei allen Patienten zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden (Li et al. 1999). Auftretende Komplikationen waren in 23 % der Fälle Weichteilinfektionen. In weiteren 23 % der Fälle war eine Entfernung der Implantate aufgrund einer persistierenden Lahmheit erforderlich. Bei einem der Patienten kam es im Zusammenhang mit einer Osteomyelitis im Bereich des distalsten Schraubenlochs zu einer Fraktur des 3. Metakarpalknochens (Li et al. 1999).

Für Katzen scheint entsprechend der Angaben einiger Autoren selbst die kleinste Hybridarthrodeseplatte zu groß zu sein (Buote et al. 2009). Bei diesen Patienten eignen sich beispielsweise 2,0/2,7 mm, schneidbare („cuttable“) 7- bis 8-Loch-Platten (Veterinary Cuttable Plates, Synthes, Mississauga, Ontario) (Buote et al. 2009). Nach Simpson und Goldsmith (1994) sollten bei Katzen maximal Schrauben der Stärke 1,5 mm zum Einsatz kommen.

„Plate-rod“-Technik

Nach Hulse (2000) können als zusätzliche Unterstützung der Platte 2 gekreuzte Bohrdrähte zum Einsatz kommen. Die Einbringung erfolgt vom Os metacarpale secundum und quintum her im Anschluss an die Fixation der Platte. Nach Langley-Hobbs (2010) sollten die gekreuzten Bohrdrähte bereits nach Festlegung des erwünschten Versteifungswinkels noch vor Fixation der Platte angebracht und dann entweder im Anschluss wieder entfernt oder alternativ belassen werden. Es scheint jedoch die Gefahr der Interferenz der zu setzenden Schrauben mit den Pins zu bestehen (Langley-Hobbs 2010).

Im direkten in-vitro-Vergleich der Anwendung der Hybridarthrodeseplatte alleine und in Kombination mit gekreuzten Bohrdrähten konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Stabilität und maximal erträglicher Belastungsrate gefunden werden (Arnott et al. 2008). Voss et al. (2003a) beschreiben die Möglichkeit der alleinigen Anwendung von gekreuzten Bohrdrähten für die pankarpale Arthrodese bei der Katze.

Stufenplatte

Anhand radiologischer und computertomografischer Kadaverstudien konnte 2009 eine neuartige Stufenplatte für die Panarthrodese des Karpalgelenks entwickelt werden (Diaz-

Bertrana et al. 2009a). Mithilfe von Untersuchungen hinsichtlich der Knochenoberfläche im Verhältnis zum Implantat konnte bewiesen werden, dass gebogene oder gestufte Platten deutlich mehr Übereinstimmung mit den anatomischen Verhältnissen haben als konventionelle gerade Platten (Diaz-Bertrana et al. 2009a). Bei Verwendung gerader Platten für die Panarthrodese des Karpalgelenks wird beim Festziehen der Schraube im Os carpi intermedioradiale die proximale und distale Karpalknochenreihe nach kranial verlagert, was zu einer merklichen Reduzierung der antebrachiokarpalen Kontaktfläche führt. Diese Kranialverlagerung wird durch die Stufe der neuartigen Platte verhindert und damit eine größere Kontaktfläche der zu fusionierenden Gelenketagen gewährleistet. Darüber hinaus liefert die Platte den Vorteil, dass bei anschließendem Verschluss des Operationszugangs das Weichteilgewebe über der Platte unter deutlich weniger Spannung steht (Diaz-Bertrana et al. 2009a). In einer weiteren Studie von Diaz-Betrana und Darnaculeta (2009b) wurden 52 Panarthrodesen des Karpalgelenks bei 44 Hunden sowohl mit 1-fach als auch 2-fach gestufter Platte durchgeführt. Die häufigste Ursache für die Versteifung war eine Verletzung im Bereich des Karpometakarpalgelenks infolge eines Höhensturzes. In 1 der Fälle kam es zu einer Fraktur der Os metacarpale tertium im Zuge der Schraubenfixierung. Bei 7 Hunden kam es zu technischen Fehlern, wie Fehlpositionierung von Platte oder Schrauben oder übermäßigem Anziehen der Schrauben. Bei 1 Patienten (3,8 %) mit bilateraler Arthrodese kam es zum Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen in Form von gleichzeitigem Verbiegen und Bruch der Implantate an jeweils unterschiedlichen Gliedmaßen. In 4,2 % der Fälle kam es zu geringgradigen Komplikationen, wie Leckdermatitis, geringgradigen Infektionen, Hyperextension der Zehen, Schraubenlockerung oder -versagen, unvollständigem Durchbau einzelner Gelenketagen und Frakturen des 3. Metakarpalknochens im Bereich des distalsten Schraubenlochs. In 94,2 % der Fälle kam es zur röntgenologisch vollständigen Konsolidierung. Die Gliedmaßenfunktion fiel gut bis hervorragend aus und bis auf 1 waren alle Besitzer zufrieden mit dem Ergebnis des Eingriffs (Diaz-Bertrana et al. 2009b). Bei keinem Patienten war eine zusätzliche postoperative Stabilisierung mit Schienen- oder Cast-Verbänden erforderlich. Lediglich in einzelnen Fällen kamen Robert-Jones-Verbände über einen Zeitraum von 2–8 Wochen zum Einsatz (Clarke 2010).

„CastLess“-Platte

Eine weitere speziell für die Panarthrodese des Karpalgelenks entwickelte Platte ist die „CastLess“-PanCarpal-Arthrodesis-Platte („CastLess“-PCA-Platte) (Orthomed®, Halifax, West Yorkshire, UK) (Clarke et al. 2009). Sie ist derart konstruiert, dass die Platte im proximalen Bereich mit 4 Schrauben im Radius Verankerung findet. Darüber hinaus weist ihre Unterseite in diesem Bereich eine konkave Kontur auf, die zu einem Anschmiegen der Platte an den Radius führt. Ein mittleres Schraubenloch ist für das Os carpi intermedioradiale vorgesehen.

Die Länge des distalen Abschnitts variiert je nach Plattengröße und kann so optimal auf das Os metacarpale tertium abgestimmt werden. Eine weitere Besonderheit stellt die Verankerung des distalen Plattenteils anhand 3-er gewinkelter, versetzt angeordneter Schraubenlochpaare in das Os metacarpale tertium und quartum dar. Zur vorübergehenden unterstützenden Platzierung der Platte während der intraoperativen Anbringung kann die Platte über 2 Hilfslöcher in der Plattenmitte mit Kirschner-Pins oder Kanülen im Zentrum zwischen dem 3. und 4. Metakarpalknochen platziert werden. Der Steg an der Plattenunterseite dient der exakten Platzierung zwischen diesen beiden Knochen (Bokemeyer et al. 2011). Die Platte ist in 2 verschiedenen Größen verfügbar und besitzt einen vorgegebenen Arthrodeseinkel von 8°. Durch die Entwicklung des Implantats wurde eine Reduzierung der postoperativen Komplikationen, wie Schraubenlockerung, Implantatversagen und Metakarpalfrakturen, beabsichtigt. Eine zusätzliche externe Unterstützung durch Verbandsbehandlung sollte damit überflüssig werden (Clarke 2010). Die Hersteller empfehlen die Wahl eines Implantats von solcher Größe, dass mindestens 80 % der Länge der Metakarpalknochen überdacht werden. Ob dadurch mit einer Irritation der Metakarpophalangealgelenke zu rechnen ist, bleibt jedoch noch zu untersuchen (Bokemeyer et al. 2011).

Anhand von 20 pankarpalen Arthrodesen bei 15 Hunden und 3 Katzen konnten Bokemeyer und Fischer (2011) zeigen, dass eine erfolgreiche pankarpale Arthrodese beim Hund auch ohne zusätzliche externe Stabilisierung mithilfe der „CastLess“-Platte möglich ist. Bei 2 Hunden kam es zu gravierenden Komplikationen in Form von Plattendeformation und Wundinfektion, die beide eine operative Versorgung erforderlich machten. In 6 Fällen trat eine vorübergehende Fistelbildung im Zeitraum von 8–16 Wochen nach der Operation auf. Bei allen 3 operierten Katzen kam es zu Komplikationen (2-mal Pfotenschwellung und 1-mal Stressprotektion unter der Platte). Aufgrund der Größe des Implantats scheint man bei diesen Patienten mit derartigen Komplikationen rechnen zu müssen. Alle bis auf 1 Besitzer waren mit dem Gesamtergebnis zufrieden.

In einer weiteren Untersuchung mit 11 Hunden, die 13 Arthrodesen mit der „CastLess“-Platte erhielten, kam es 2-mal zu einer intraoperativen Fraktur der Metakarpalknochen, 1-mal zum Verbleib des Positionierungspins und 2-mal zu nicht zufriedenstellender Positionierung des distalen Plattenteils (Clarke et al. 2009). Entsprechend dieser Ergebnisse ist beim Anbringen der Platte im distalen Bereich besondere Sorgfalt zu leisten (Clarke et al. 2009).

„Veterinary cuttable plates“

Ebenfalls für die Versteifung geeignet sind sogenannte "veterinary cuttable plates" (VCP). Im direkten Ergebnisvergleich der Verwendung von „veterinary cuttable plates“ sowie von Implantaten anderer Art konnten diese Implantate bei 6 der 15 Patienten einer Studie erfolgreich zum Einsatz gebracht werden (Theoret und Moens 2007). Als Vorteilhaft erwies

sich, wie auch bei der Hybridarthrodeseplatte, die Möglichkeit 2 verschiedene Schraubengrößen innerhalb eines Implantats zu verwenden. Die Platten sind zudem in 2 verschiedenen Größen verfügbar und zuschneidbar. Sie besitzen eine verhältnismäßig hohe Schraubenlochdichte und sind darüber hinaus gestapelt einsetzbar. Die Autoren gaben aufgrund der überlegenen Stabilität die Empfehlung ab, bei dorsaler Plattenapplikation, 2 Platten übereinander zu legen. Für die partielle Arthrodese des Tarsalgelenks mittels lateral aufgebrachter Platte hielten sie 1 Platte allein für ausreichend.

2.3.2.2.1.1.2 Medial aufgebrachte Platte

In einer Untersuchung mit 9 Hunden, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks durch von medial aufgebrachte dynamische Kompressionsplatten erhielten, kam es bei 3 Hunden zu einer Implantatlockerung, 1 Hund entwickelte eine Leckdermatitis, die die Entfernung der Platte erforderlich machte (Guerrero und Montavon 2005). Die Autoren führten die Implantatlockerung auf die Tatsache zurück, dass in allen dieser Fälle die Platte weniger als 40 % der Länge der Metakarpalknochen überdeckte. Für die Förderung des knöchernen Durchbaus erwies sich die Applikation von kortikospongiösen Knochenstreifen auf die Dorsalseite der Gelenketagen als zuträglich. Sie sorgte während der initialen Durchbauphase für eine zusätzliche Stabilisierung. Nach Guerrero und Montavon (2005) kann die 1. Zehe, wenn sie im Rahmen des Zugangs zum Operationsfeld amputiert wird, in Abhängigkeit ihrer Größe als Materialspender für das Spongiosatransplantat herangezogen werden. Es zeigte sich, dass es sich bei der von medial aufgebrachten Platte um eine geeignete Alternative für die Durchführung der pankarpalen Arthrodese handelt. Durch die Fixation der Platte in 1–3 Metakarpalknochen sowie zusätzlich zum Os carpi intermedioradiale im Os carpi ulnare kommt es nach Angabe der Autoren zum selteneren Auftreten von Schraubenlockerungen und Knochenbrüchen (Guerrero und Montavon 2005). Nach Buote (2009) ist jedoch mit Schwierigkeiten beim Anbiegen der Platte für den geeigneten Versteifungswinkel zu rechnen.

Streubel et al. (2011a) führten bei 3 Katzen eine karpale Panarthrodese mit medial aufgebrachten, ursprünglich für die Humankieferchirurgie entwickelten, Verriegelungsplatten („Compact 2.0 LOCK™ system“ (Synthes GmbH, Oberdorf, Schweiz)) durch. Aufgrund der Verriegelung der Schrauben mit der Platte kommt es zu einer gesteigerten Stabilität dieses Implantats. Wenngleich sich die Positionierung der Schrauben aufgrund des weiten Abstands der Schraubenlöcher in der Platte und der großen Größe der Schrauben im Verhältnis zum Knochen schwierig gestalten kann, kam es bei keiner der untersuchten Katzen zu Implantatlockerung oder Metkarpalfrakturen. Bei 2 der Katzen konnte ein sowohl röntgenologisch als auch klinisch exzellentes Langzeitergebnis erzielt werden. 1 der Katzen erreichte lediglich einen unvollständigen Durchbau der Arthrodese, der 4½ Jahre nach der

Operation zu einem Versagen der Implantate führte. Als potenzielle Nachteile der Methode werden von den Autoren der hohe Preis der Implantate sowie die Notwendigkeit für eine vollständige Verriegelung der Schrauben, diese senkrecht in die Platte einzubringen, aufgeführt. Jedoch ist damit zu rechnen, dass aufgrund der zugrunde liegenden Verletzungen und der individuellen Abweichungen im Bereich der anatomischen Strukturen eine exakte Schraubeneinbringung nicht immer möglich sein wird, wodurch demzufolge die Gefahr einer Implantatlockerung besteht. Nach Streubel et al. (2011a) ist es jedoch möglich, dass diese Nachteile durch die verhältnismäßig einfache Anwendung und die Überlegenheit in der Stabilität aufgehoben werden können (Streubel et al. 2011a).

Bei der von Petazzoni (2010) durchgeführten Untersuchung mit 24 Hunden, die 11 karpale Panarthrodesen und 13 tarsale (partielle und Pan-) Arthrodesen unter Anwendung von Verriegelungsplatten erhielten, wurden die Implantate sowohl von dorsal, medial als auch lateral angebracht. Bis zu 3 Platten, teils auch an unterschiedlichen Knochenseiten, wurden jeweils bei 1 Patienten implantiert. Entsprechend der postulierten rigideren Fixation der Implantate kam, abgesehen von einem postoperativ angelegten Robert-Jones-Verband, keinerlei externe Stabilisierung zum Einsatz. In 5 Fällen kam es zu Komplikationen. Bis zur letzten Kontrolle zeigten alle bis auf 1 Hund ein zufriedenstellendes Ergebnis ohne Schmerhaftigkeit (Petazzoni 2010).

2.3.2.2.1.1.3 Palmar aufgebrachte Platte

Aus biomechanischer Hinsicht ist die Anbringung der Implantate von palmar am anstrebenswertesten (Willer et al. 1990, Harasen 2002a, Wininger et al. 2007). Der hierfür erforderliche Zugang kann sich jedoch aufgrund der anatomisch bedingten Ausgangssituation als äußerst schwierig in der Durchführung erweisen. Nach Chambers und Bjorling (1982) bedarf es für den chirurgischen Zugang der tiefen Präparation inklusive Durchtrennung sowohl der palmaren Faserknorpelplatte als auch der Endsehnen der tiefen Zehenbeuger und des Musculus flexor carpi radialis. Die Platte sollte eine Vorbiegung von 15–20° haben. Durch diese Anbringung der Platte in geringer Hyperextensionsstellung der Karapalgelenks kommt es, entsprechend dem Zuggurtungsprinzip, zu einer Kompression der Gelenkflächen bei jeder Lastaufnahme. Dadurch wird die Gefahr des Implantatversagens reduziert und die Knochenheilung gefördert. Ein weiterer Vorteil der palmaren Plattenanbringung liegt nach Chambers und Bjorling (1982) in der spannungsfreien Adaptation des Weichteilgewebes über dem Implantat bei Verschluss des Zugangs. Als einziger Nachteil erwies sich in der von ihnen durchgeführten Untersuchung der für die Darstellung des Operationsgebiets anfallende größere Zeitaufwand. Mit wachsender Zahl an durchgeführten Operationen und dem damit einhergehenden Anstieg der Lernkurve ist, entsprechend der Annahme der Autoren, eine schnellere Durchführbarkeit des Zugangs zu

erwarten. Ebenfalls könnte es mit gesteigertem Erfahrungsschatz möglich sein, auf die postoperative Verbandsbehandlung zu verzichten (Chambers und BJORLING 1982).

Nach Köstlin (1986) ist die palmare Plattenfixation, aufgrund des schlechteren Zugangs der auszufräsenden Gelenkspalten von dieser Seite und des erhöhten Risikos für ein Implantatversagen, eine ungeeignete Versteifungsmethode. Er stellt die allgemein verbreitete Meinung hinsichtlich Zug- und Druckseite im Bereich des Karpus in Frage und weist auf die Berücksichtigung der variierenden Zugkräfte, die in den verschiedenen Bewegungsphasen an Beugung und Streckung beteiligten Muskulatur hin. Nach Ozsoy und Altunatmaz (2004) ist die dorsale Plattenfixation aufgrund des leichteren Zugangs und der ausreichenden Stabilität für die Panarthrodese des Karpalgelenks zu bevorzugen.

2.3.2.2.1.2 Pankarpale Arthrodese mit Fixateur externe

Ein Fixateur externe findet für die Panarthrodese des Karpalgelenks vor allem dann Einsatz, wenn infizierte Gelenke, offene Splitterfrakturen oder schwerwiegende Abschliffverletzungen vorliegen (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Buote et al. 2009). Er bleibt jedoch nicht allein Patienten mit derartigen Verletzungen vorbehalten (Buote et al. 2009).

Nach Dyce (1996) sollte diese Methode für die Durchführung der Panarthrodese möglichst restriktiv eingesetzt werden, da es sich bei ihrer Anwendung als schwierig erweisen kann, eine ausreichende Kompression über das gesamte Gelenk hinweg auszuüben und es dadurch häufig noch vor Erreichen eines vollständigen Durchbaus zum Implantatversagen kommt.

Bei der gedeckten Implantation der Querstreben ist die Schonung größerer Muskelbäuche und neurovaskulärer Strukturen zu beachten (Isensee et al. 2006, Buote et al. 2009). Typischerweise werden Pins mittig und distal im Radius sowie proximal und distal im Bereich der Metakarpalknochen verankert. Die Anbringung des geeigneten Versteifungswinkels hat sich als mögliche Schwierigkeit erwiesen (Viguier et al. 2001, Buote et al. 2009). Zu den Vorteilen der Verwendung eines Fixateur externes werden der mit geringem Aufwand verbundene Zugang, die Ersparnis von Verbandsbehandlung zur externen Stabilisation und der damit einhergehenden möglichen Komplikationen (Druckstellen, Muskelatrophie), die in der Regel unkomplizierte Entfernenbarkeit der Implantate im Rahmen einer Kurznarkose sowie der Wegfall zu einem späteren Zeitpunkt zu entfernender Implantate gezählt. Nach Buote (2009) sind die am häufigsten auftretenden Komplikationen Lockerungen der Implantate und Infektionen der Bohrdrähte.

In einem von Viguier et al. (2001) durchgeführten in-vitro-Vergleich der Anwendung von Fixateur externe (Typ II) und 3,5 mm dynamischen Kompressionsplatten für die pankarpale Arthrodese zeigte sich, dass sich beide Versteifungsmethoden unter Belastung biomechanisch identisch verhalten. Im Fall der Überschreitung der maximalen Belastbarkeit

kam es bei der Versteifung mittels Platte zu einer Fraktur des Os metacarpale tertium, während es bei dem Fixateur interne zu einer Deformation der Pins und Verbindungsstangen kam. Nach Viguier et al. (2001) handelt es sich bei der Versteifung mittels Fixateur externe, auch wenn sie seltener zum Einsatz kommt, um eine adäquate Methode für die Arthrodese, besonders bei großen oder aktiven Hunden.

Benson und Boudrieau (2002) führten bei 7 Hunden mit schwerwiegenden offenen Abschliffverletzungen im Bereich des Karpal- und Tarsalgelenks eine unmittelbare Arthrodese der betroffenen Gelenke durch. In 6 Fällen kam ein Fixateur externe und einmal eine Platte zum Einsatz. Bei allen Patienten wurden Gelenkinstabilität und Weichteiltrauma im Rahmen eines einzelnen Eingriffs chirurgisch versorgt. 4 Hunde entwickelten geringgradige Komplikationen im Bereich des Weichteilgewebes. Bei 3 Hunden waren diese schwerwiegend, 2-mal war eine erneute Stabilisation erforderlich und 1-mal, im Fall der Versteifung mit Platte, musste das Implantat aufgrund einer Infektion entfernt werden. Bei allen Hunden waren die Besitzer mit dem Gesamtergebnis zufrieden. Nach Benson und Boudrieau (2002) stellt damit die Versorgung mit einem Fixateur externe, beim Vorliegen von schwerwiegenden Abschliffverletzungen im Bereich von Gelenken, eine geeignete Methode zur unmittelbaren simultanen chirurgischen Versorgung sowohl des geschädigten Weichteilgewebes als auch der Gelenke dar.

Lotsikas und Radasch (2006) schlussfolgerten anhand der Ergebnisse einer Untersuchung mit 9 Hunden mit Verletzungen im Bereich der Karpalgelenke, dass es sich bei der Stabilisierung mit einem zirkulären Fixateur externe um eine praktikable Behandlungsmethode mit zufriedenstellenden klinischen Ergebnissen und einer hohen Rate an Besitzerakzeptanz handelt. Die Wahrnehmung der Besitzer bezüglich des Pflegeaufwands für den Fixateur externe stand bei der durchgeführten Untersuchung in signifikantem Zusammenhang zur vorausgegangenen Vorbehandlung des Patienten. Hatte bereits eine länger als 1 Monat andauernde Behandlung mit Schienenverbänden stattgefunden, so empfanden die Besitzer den mit dem Fixateur externe verbundenen Pflegeaufwand im Vergleich zur Verbandspflege ähnlich bis einfacher.

Isensee et al. (2006) führten eine erfolgreiche Umversorgung eines Hundes mit Komplikationen nach Typ-II-Fixateur-externe-Behandlung mit einem speziell konfigurierten Ilizarov-Ringfixateur durch. Im Rahmen der Erstversorgung war es zum Bruch der Bohrdrähte und Fraktur der Metakarpalknochen, Implantatlockerung sowie Gelenkinfektion und -instabilität gekommen. Insgesamt 1½ Jahre nach Versorgung mit dem Fixateur externe zeigte der Patient wieder eine gute Belastung der Gliedmaße.

Pucheu und Duhautois (2007) konnten bei 1 Katze mit einer „Non-union“-Fraktur des distalen Radius einen uniplanaren Fixateur externe für eine ulnokarpale Arthrodese erfolgreich zum Einsatz bringen.

Auch beim Vorliegen von angeborenen Gliedmaßendeformationen hat sich die Behandlung sowohl mit einem zirkulärem als auch biplanaren Fixateur externe mit exzellenten klinischen Ergebnissen als geeignet erwiesen (Petazzoni et al. 2009).

2.3.2.2.2 Partielle Arthrodese

Unter dem Begriff der partiellen Arthrodese des Karpalgelenks versteht man allgemeinhin die Versteifung der Articulatio mediocarpea und carpometacarpea (Earley 1978, Johnson 1980, Parker et al. 1981, Brinker et al. 1993, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Vereinzelt wird von der partiellen Arthrodese nur des Antebrachiokarpalgelenks berichtet (Sexton und Hurov 1978, Slocum und Devine 1982), jedoch ist aufgrund der daraus resultierenden Mehrbelastung des Mediokarpal- und Karpometakarpalgelenks mit dem Auftreten von Gelenkinstabilitäten und degenerativen Veränderungen im Bereich dieser Gelenke zu rechnen (Johnson 2000, Harasen 2002a, Haburjak et al. 2003). Auch von der alleinigen Versteifung des Accessorioulnargelenks liegen Einzelfallberichte vor (Lenehan und Tarvin 1989, Harris et al. 2011), wenngleich eine Indikation hierfür äußerst selten zu bestehen scheint (Haburjak et al. 2003). Aufgrund der Tatsache, dass sich 85 (Johnson 1979) bis 90 % des Bewegungsumfangs des Karpalgelenks im Bereich des Antebrachiokarpalgelenks abspielen, bleibt die normale Beweglichkeit der Gliedmaße weitestgehend erhalten (Slocum und Devine 1982, Köstlin et al. 1986, Willer et al. 1990, Brinker et al. 1993, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Es ist lediglich mit einer Einschränkung der Beugung des Karpus und einer eingeschränkten Adaptationsfähigkeit des Patienten an das Laufen auf hartem Grund zu rechnen (Slocum und Devine 1982).

Die am häufigsten zum Einsatz kommende Methode ist die dorsal aufgebrachte T-Platte (Slocum und Devine 1982, Smith und Spagnola 1991, Haburjak et al. 2003, Buote et al. 2009). Weitere Methoden zur partiellen Versteifung des Karpalgelenks sind jedoch vorhanden. Nach Slocum und Devine (1982) kommt den Implantaten bei Durchführung einer partiellen Arthrodese eine untergeordnete Bedeutung zu, da sie bei dieser Form der Arthrodese primär der korrekten Ausrichtung der Gelenketagen dienen. Durch den erhaltenen Bewegungsumfang des Antebrachiokarpalgelenks beschränkt sich die in der Karpalregion stattfindende Bewegung im Anschluss an den Eingriff auf dieses Gelenk, wodurch optimale Bedingungen für die knöcherne Heilung der übrigen Gelenketagen geliefert werden (Slocum und Devine 1982).

Der Zugang zum Operationsfeld erfolgt bei der partiellen Arthrodese im Allgemeinen von dorsal (Slocum und Devine 1982). Nach Anlegen des Hautschnitts werden Karpus und Ossa metacarpalia bis auf Höhe der Zehengrundgelenke freigelegt. Im Unterschied zur Panarthrodese wird die Gelenkkapsel des Antebrachiokarpalgelenks unversehrt gelassen (Johnson 2000). Es folgt die Entfernung des Gelenkknorpels der Articulationes

mediocarpeae, intercarpeae und carpometacarpeae. Eine Schonung der Ansatzpunkte des Musculus extensor carpi radialis im Bereich des 2. und 3. Metakarpalknochens ist anzustreben. Anschließend wird autogene Spongiosa eingelagert. Das weitere Vorgehen steht in Abhängigkeit der gewählten Versteifungsmethode (Slocum und Devine 1982, Willer et al. 1990, Smith und Spagnola 1991, Brinker et al. 1993, Keller 2002, Lesser 2003).

Bohrdrähte

Die partielle Arthrodese anhand von Bohrdrähten hat sich vor allem bei kleinen, leichteren Tieren als geeignet erwiesen (Dyce 1996, Harasen 2002a). Bei dieser Methode werden nach Anlegen längsovaler Öffnungen in das distale Schaftdrittel des 3. und 4. Metakarpalknochens gebogene Kirschner-Bohrdrähte in die Markhöhle derselben eingeführt. Die Karpalknochen werden reponiert und die Bohrdrähte unter Schonung der antebrachiokarpalen Gelenkfläche bis in das Os carpi intermedioradiale vorgeschoben, gebogen, gekürzt und dem Knochen angelegt (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Buote et al. 2009). Nach Slocum und Devine (1982) ist alternativ ein Zugang zur Markhöhle über die Metakarpophalangealgelenke möglich, jedoch raten einzelne Autoren ausdrücklich von der Durchführung dieser Methode ab (Dyce 1996). Bei der von Slocum und Devine (1982) beschriebenen Technik schließt sich die Entfernung des Knorpels an die Bohrdrahtimplantation an. Die von den Autoren veranschlagte durchschnittliche Heilungsdauer beträgt 2½–4 Monate.

In einer von Willer et al. (1990) durchgeführten Studie mit 39 Hunden, die in 45 Fällen eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks durch Bohrdrahtosteosynthese erhielten, waren sämtliche Besitzer mit dem Langzeitergebnis des Eingriffs zufrieden. 11 % der Patienten zeigten eine persistierende Hyperextension und 15,5 % wiesen Arthrosen im Bereich des Antebrachiokarpalgelenks auf. Eine anschließende Panarthrodese war jedoch bei keinem der Hunde erforderlich. Eine vollständige Konsolidierung konnte nach 9 Wochen erreicht werden. Da diese Ergebnisse vergleichbar mit denen einer entsprechenden Untersuchung mit Patienten mit Panarthrosen waren und Willer et al. (1990) die Durchführung einer vollständigen Arthrodese für technisch anspruchsvoller hielten, bezeichneten sie die partielle Arthrodese des Karpalgelenks bei Vorliegen einer Hyperextensionsverletzung des Mediokarpal- oder Karpometakarpalgelenks als Behandlungsmethode der Wahl.

Gekreuzte Bohrdrähte

Haburjak et al. (2003) führten bei 21 Patienten 23 partielle Arthrodesen mithilfe von von medial in das Os carpi intermedioradiale und Os metacarpale secundum eingebrachten gekreuzten Pins durch. Die Dicke der Pins sollte bei dieser Methode etwa ein Drittel des Durchmessers des proximalen Os metacarpale secundum betragen. Nach Haburjak et al. (2003) erwies sich die Durchführung der Operation als einfach und es zeigte sich, dass dem Chirurgen hinsichtlich der exakten Platzierung der Pins, solange die Beweglichkeit im

Bereich des Antebrachiokarpalgelenks erhalten bleibt, ein breiter Handlungsspielraum zur Verfügung steht. Eine größere Bedeutung kommt, entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung, dem sorgsamen Vorgehen bei der Knorpelentfernung zu. Auf eine ausreichende Kühlung beim Fräsen, geringstmögliche Schädigung des subchondralen Knochens und großzügige Einlagerung von autogener Spongiosa ist zu achten. Als vorteilhaft erwies sich nach Angabe der Autoren die Tatsache, dass bei dieser Operationsmethode die Möglichkeit der Einbringung verhältnismäßig großer Implantate besteht. Eine vollständige Konsolidierung wurde nach rund 8 Wochen erreicht. In 35 % der Fälle kam es zu Komplikationen im Zusammenhang mit der Verbandsbehandlung und in 30 % der Fälle trat eine Lockerung der Implantate auf. Bei 39 % der Patienten zeigte sich bei der postoperativen röntgenologischen Kontrolle eine suboptimale Implantatposition und bei weiteren 36 % mussten Arthrosen im Bereich des Antebrachiokarpalgelenks festgestellt werden. Bei einem der Patienten war eine sich anschließende Panarthrodese des Karpalgelenks erforderlich.

Nach Schulz (2007) kann zusätzlich zur partiellen Arthrodese mit gekreuzten Bohrdrähten eine Versteifung des Accessorioulnargelenks mittels Zugschraube und Zuggurtung durchgeführt werden. Dies soll eine gesteigerte Stabilität und eine dadurch bedingte geringere Implantatlockerungsrate zur Folge haben.

T-Platte

Nach Brinker et al. (1993) sollte bei der Versteifung mit einer von dorsal aufgebrachten T-Platte im Anschluss an die Knorpelentfernung und Spongiosaeinlagerung zunächst das Querstück der Platte so weit distal wie möglich mit 2 leicht nach proximal gerichteten Schrauben im Os carpi intermedioradiale fixiert werden. Ein Schenkel der Endsehne des Musculus extensor carpi radialis ist zu durchtrennen und mit der Ansatzstelle des anderen Schenkels am Os metacarpale secundum zu vernähen. Daraufhin wird die Platte mit 2 Schrauben im 3. Metakarpalknochen fixiert. Eine 3. Schraube kann entweder in das Os carpale tertium oder in die Basis des Os metacarpale tertium eingebracht werden (Brinker et al. 1993).

Nach Dyce (1996) ermöglicht diese Art der Versteifung eine rigider Fixation durch das Einbringen von 2 Schrauben in das Os carpi intermedioradiale. Darüber hinaus ist im Vergleich zur Bohrdrahtmethode die Gefahr mit dem antebrachiokarpalen Gelenkspalt zu intervenieren deutlich geringer. Bei Anwendung dieser Behandlungsmethode kann mit einer nur geringen Einschränkung des Patienten ohne klinische Lahmheit gerechnet werden (Smith und Spagnola 1991).

Zwillingsplatte

Kähler et al. (2002) konnten im experimentellen und auch im klinisch prospektiven direkten Vergleich dorsal aufgebrachter T-Platten und neuartiger Zwillingsplatten demonstrieren, dass

die Zwillingsplatte der T-Platte sowohl klinisch als auch biomechanisch überlegen ist. Besonderheit der Zwillingsplattenkonstruktion stellt die simultane Anwendung 2-er dynamischer Kompressionsplatten (2,7 mm, 8 Loch, Fixomed®) auf 2 Metakarpalknochen dar. In den experimentellen Untersuchungen erwies sie sich als signifikant stabiler. Im Rahmen der klinischen Untersuchungen konnte bei ihrer Anwendung ein zeitlich schnellerer und gleichmäßigerer knöcherner Durchbau aller Bereiche der Gelenketagen im Vergleich zur T-Platte erreicht werden. Durch eine so weit distal wie mögliche Befestigung der Zwillingsplatte konnte im Rahmen der Untersuchung der Erhalt eines deutlich größeren Bewegungsumfangs im Antebrachiokarpalgelenk als bei Anwendung der T-Platte erzielt werden.

Dynamische Kompressionsplatte

In einer Untersuchung von Denny und Barr (1991) kam bei 10 Hunden eine gerade dynamische Kompressionsplatte für 13 partielle Arthrodesen zum Einsatz. Simultan wurden 40 Hunden mit 52 Panarthrodesen des Karpalgelenks untersucht. Lediglich die Hälfte der Patienten mit einer partiellen Arthrodese konnte eine volle Gliedmaßenfunktion zurückverlangen. Die am häufigsten auftretende Komplikation war eine Beeinträchtigung des Antebrachiokarpalgelenks durch das Implantat. Die Ergebnisse der Patientengruppe mit einer partiellen Arthrodese wurden von den Autoren selbst als enttäuschend bezeichnet (Denny und Barr 1991). Nach Denny und Barr (1991) ist entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung für die partielle Arthrodese des Karpalgelenks die Verwendung von Bohrdrähten zu bevorzugen, die sich in den von Slocum und Devine (1982) und Willer et al. (1990) durchgeführten Studien als geeignet erwiesen hatten. Mit dieser Ansicht stimmen weitere Autoren überein (Köstlin et al. 1986, Denny und Barr 1991, Keller 2002). Als Grund hierfür wird unter anderem das bei der Plattenfixation, durch die subkutane Implantatlage, erhöhte Risiko von Wundheilungsstörungen angeführt (Köstlin et al. 1986).

Accessorioulnare Arthrodese

Es handelt sich hierbei um eine vergleichsweise selten zum Einsatz kommende Sonderform der partiellen Arthrodese (Lenehan und Tarvin 1989). Indikationen hierfür stellen Hyperextensionsverletzungen mit einer Zerstörung der accessoriometakarpalen Bänder IV und V und des accessorioulnaren Gelenks dar (Lenehan und Tarvin 1989, Harris et al. 2011), die sich auf mediolateralen Röntgenaufnahmen durch ein Aufklappen des accessoriokarpalen Gelenks mit einem leichten Hochstand des Os carpi accessorum darstellen (Harris et al. 2011).

2.3.2.3 Nachsorge

Da aufgrund der Invasivität des Eingriffs postoperativ mit massiven Weichteilschwellungen zu rechnen ist, sollte zur Limitation dieser Schwellung unmittelbar im Anschluss ein

Polsterverband angelegt werden (Johnson 1980, Moore und Withrow 1981, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Whitelock und Houlton 1998, Harasen 2002a, Lesser 2003, Buote et al. 2009). Fand im Zuge der Operation eine Esmarch-Blutsperre Einsatz, so sollte der Verband noch innerhalb der ersten 24 Stunden im Anschluss an die Operation gewechselt werden (Dyce 1996). Insbesondere im Anschluss an eine Panarthrodese mit dorsaler Applikation der Implantate ist, aufgrund des Unvermögens der Implantate die Gelenketagen bis zum Erlangen eines ausreichenden Durchbaus alleine zu immobilisieren, eine zusätzliche externe Stabilisierung erforderlich. Hierbei kann zwischen unterschiedlichen Formen von immobilisierenden Verbänden (selbsthärtenden Kunststoffverbänden („full cast“, „half cast“), (Spica-)Schienen), Robert-Jones-Verbänden) gewählt werden. Das Anlegen des entsprechenden Verbands sollte sobald die Schwellung der Gliedmaße abgeklungen ist bzw. 10 Tage nach dem Eingriff zum Zeitpunkt des Ziehens der Fäden der Operationswunde stattfinden (Johnson 1980). Die angegebenen Zeiten für die Verbandsbehandlung variieren sowohl für die partielle als auch für die Panarthrodese in Abhängigkeit des Autors zwischen 4–6 (Köstlin et al. 1986, Dyce 1996) und 6–8 (Johnson 1981, Parker et al. 1981, Brinker et al. 1993, Harasen 2002a, Theoret und Moens 2007) Wochen. Bis zum Erreichen eines vollständigen knöchernen Durchbaus der Arthrodese sollte der Patient darüber hinaus streng ruhig gehalten werden (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Nach Harasen (2002a) ist die häufig im Anschluss an die Entfernung des Schienenverbands beobachtete Entlastung der operierten Gliedmaße nicht unüblich und auf die Lernkurve für den Patienten durch die veränderte Gliedmaßenmechanik zurückzuführen. Nach Buote et al. (2009) ist nach 1–2 Wochen eine partielle und nach 2–4 Monaten eine volle Belastung der operierten Gliedmaße zu erwarten.

Bei Versteifung unter Verwendung eines Fixateur externes sollte im Anschluss an die Operation ein großer, dick gepolsterter Verband mit absorbierenden Schwämmen zwischen Haut und Implantat aufgebracht werden (Buote et al. 2009). Nach einigen Tagen, sobald es zum Durchtritt von Sekretion kommt, sollte der Verband gewechselt und die Verbandsbehandlung für etwa 1 Woche fortgeführt werden. Anschließend ist lediglich ein wöchentlich gewechselter Schutz auf die Ringe bzw. Verbindungsstücke und Querstreben aufzubringen (Viguier et al. 2001, Buote et al. 2009).

Unmittelbar postoperativ zur Bestätigung des korrekten Implantatsitzes und Versteifungswinkels sowie 6 Wochen nach der Operation sollten Röntgenaufnahmen angefertigt werden (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Harasen 2002a, Michal et al. 2003). Hierbei gilt zu beachten, dass mit einem Verblassen der Verdichtung des subchondralen Knochens erst im späteren Durchbaustadium und nicht im Zuge der initialen Heilung zu rechnen ist (Johnson 1979). Nach Johnson (2000) ist, wenn eine partielle Arthrodese durchgeführt wurde, mit einer knöchernen Konsolidierung nach 6–12 Wochen zu

rechnen. Weitere Kontrollaufnahmen sollten vor Umstellung auf uneingeschränkte Belastung und anschließend je nach weiterem Behandlungsregime angefertigt werden. Nach Willer et al. (1990) ist ein vollständiger Durchbau röntgenologisch daran zu erkennen, dass die Gelenkspalten verblassen und von trabekulärem Knochen durchzogen werden.

Von Michal und Flückiger (2003) wurde eine Studie mit 17 Hunden, die eine dorsale pankarpale Arthrodese mit Einlagerung autogener Spongiosa erhielten, zur Beurteilung des röntgenologischen Heilungsprozesses durchgeführt. Ein Beginn des röntgenologischen Durchbaus ab einem Zeitpunkt von 5 Wochen nach der Operation bis über weitere 6–12 Wochen konnte beobachtet werden. Nach Ablauf dieser insgesamt 22 Wochen (5½ Monate) fand kein weiteres Fortschreiten der röntgenologischen Heilung mehr statt. Während der 6. und 8. Woche schritt der Durchbau im Interkarpalgelenk signifikant schneller voran als im Antebrachiokarpalgelenk. Mögliche Erklärung hierfür war nach Angabe der Autoren die einfachere Durchführung der Entknorpelung des erstgenannten Gelenks. Kein Unterschied hinsichtlich der Konsolidierung konnte in Abhängigkeit der Dauer des Bestehens der Verletzung zum Zeitpunkt der Operation festgestellt werden. Zur Beurteilung des Heilungsverlaufs wurden Aufnahmen im mediolateralen und dorsopalmaren Strahlengang unmittelbar nach der Operation sowie nach 6 und 12 Wochen empfohlen. Orientierungsbefunde für die einzelnen Zeitpunkte wurden angegeben: Nach 6–8 Wochen sollten die Gelenketagen noch sichtbar, aber bereits mit mineralisiertem Knochen gefüllt sein. Nach 12 Wochen sollte der subchondrale Knochen noch abzugrenzen, aber ein knöcherner Durchbau zu erkennen sein (Michal et al. 2003).

Nach Dyce (1996) ist es möglich, die Mehrzahl der Implantate zu belassen. Entsprechend der Ergebnisse der Untersuchung von Michal und Flückiger (2003) ergab sich jedoch nach 12 Wochen ein Plateau im Heilungsprozess, was mit der Theorie der Lastabnahme durch die Platte zu erklären versucht wurde. Entspräche dies den Tatsachen, so müsste eine Implantatentfernung zu diesem Zeitpunkt zu einem endgültigen Durchbau führen, so der Autor (Michal 2005). Nach Harasen (2002a) sollten die Implantate mindestens 6 Monate belassen werden, während andere Autoren die individuelle Festlegung dieses Zeitraums in Abhängigkeit des Erreichens einer vollständigen knöchernen Fusion (Earley 1978, Denny und Barr 1991) bzw. des Auftretens von Lahmheitsverursachenden Komplikationen empfehlen, wie Weichteilirritation, Infektion, Implantatlockerung oder -versagen (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Denny und Barr 1991, Lesser 2003). Bei 7–33 % der Patienten ist eine Implantatentfernung erforderlich (Li et al. 1999, Lotsikas und Radasch 2006).

2.3.2.4 Prognose, Komplikationen und Behandlungsergebnisse aus der Literatur

Nach Langley-Hobbs (2010) ist die Arthrodese des Karpalgelenks die Arthrodeseart, bei der mit den besten Ergebnissen aus funktioneller Hinsicht zu rechnen ist. Nach Slocum und Devine (1982) führt eine Panarthrodese des Karpalgelenks im Vergleich zur partiellen Arthrodese dieses Gelenks eine potenziell höhere Komplikationsrate im Zusammenhang mit den Implantaten mit sich. Durch die biomechanisch unterlegene Fixation der Platte auf der Kompressionsseite des Karpus ist die Wahl einer stabilen Platte erforderlich. Diese bringt aufgrund der alleinigen Fixation im unteren Bereich auf dem 3. Metakarpalknochen den Nachteil mit sich, dass sich die gesamte Last der Gliedmaße im Bereich der distalsten Schraube konzentriert (Whitelock et al. 1999, Vannini 2004, Wininger et al. 2007). Darüber hinaus wird durch die im Bereich der übrigen Metakarpalknochen erhaltene Beweglichkeit einem Durchbau in dieser Region entgegengewirkt (Slocum und Devine 1982). Auch Sexton (1978) stellt die Fähigkeit einer einzelnen Platte, die Gesamtheit der einzelnen am Karpalgelenk beteiligten Knochen zu fixieren, in Frage. Nach Johnson (1980) ist lediglich mit einer longitudinalen Kompression des 3. Metakarpalknochens auf den Radius zu rechnen.

Nach Vannini (2010) sind die partielle Arthrodese des Karpalgelenks sowie die Panarthrodese des Tarsalgelenks die Arthrodesearten, bei denen am häufigsten mit Komplikationen im Heilungsverlauf zu rechnen ist. Bei der karpalen Panarthrodese mit dorsaler Plattenapplikation wird von Komplikationsraten von 7–50 % berichtet (Johnson 1980, Whitelock 1999, Denny 1991, Worth 2008, Griffon 2010). Bei der Untersuchung von 20 Katzen mit 22 Karpalgelenksarthrodesen hinsichtlich Komplikationen konnte eine Komplikationsrate von 33 % (9 Katzen) festgestellt werden (Calvo et al. 2009). Unterschiedliche Arten von Komplikationen können im Heilungsverlauf beobachtet werden.

Unvollständiger Durchbau

Ursachen für eine unvollständige Konsolidierung sind ein unzureichendes Debridement der Gelenkflächen, fehlende Spongiosatransplantation oder inadäquate und damit letztendlich gelockerte Fixation (Dyce 1996, Vannini 2004, Griffon 2010). Laut Dyce (1996) ist die am häufigsten von einer unvollständigen Konsolidierung betroffene Gelenketage das Karpometakarpalgelenk. Der Grund hierfür scheint in ihrer schlechten Erreichbarkeit bei der Knorpelausfräsum zu liegen.

Inkorrekter Versteifungswinkel

Wird er zu groß gewählt, ist die Gliedmaße zu lang und der Patient hat Schwierigkeiten dieselbe unter dem Körper hindurch zu führen (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Vannini 2004, Griffon 2010). Ist er wiederum zu gering, wird die Gliedmaße, da sie zu kurz ist, nicht belastet.

Implantatversagen

In diese Gruppe sind sowohl das Brechen der Implantate selbst, wie auch die Lockerung des Halts derselben im Knochen zu zählen (Johnson 1980). Gründe dafür können entweder die Wahl eines für die Anwendung zu schwachen Implantats oder eine unzureichende Fixation desselben im Knochen sein (Vannini 2004, Griffon 2010). Nach Chambers und Bjorling (1982) ist die Ermüdungsfraktur infolge zyklischer Biegebelastung der häufigste Grund für ein Implantatversagen.

Eine der am häufigsten im Zusammenhang mit einer pankarpalen Arthrodese auftretenden Komplikationen ist mit einer Rate von 2–30% die Lockerung einer oder mehrerer der distal gelegenen Schrauben (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Denny und Barr 1991, Li et al. 1999, Köstlin 2000, Clarke et al. 2009, Bokemeyer et al. 2011). In der Regel tritt zusammen mit der Implantatlockerung eine Lahmheit auf, die rasch wieder verschwindet sobald das gelockerte Implantat entfernt wurde (Denny und Barr 1991, Whitelock et al. 1999, Farrell 2005, Theoret und Moens 2007).

Mögliche Ursachen hierfür können entweder die Wahl eines ungeeigneten Implantats oder seine unverhältnismäßige Belastung sein (Dyce 1996). Auch leere Schraubenlöcher, die unmittelbar über Gelenketagen zu liegen kommen, prädisponieren für ein Implantatversagen. Nach Buote et al. (2009) kann es etwa 6 Monate im Anschluss an die Operation zu einer verspäteten Form des Implantatversagens kommen. Typische Anzeichen hierfür sind Schmerhaftigkeit, Lahmheit oder intermittierende Fistelbildung.

Frakturen

Frakturen können sowohl am proximalen Ende einer Platte auftreten (wo sich die Krafteinwirkung potenziert) als auch distal im Bereich des 3. Metakarpalknochens (Dyce 1996). Insbesondere, wenn es zur Lockerung der in diesem Bereich verhältnismäßig großen Schrauben kommt, besteht die Gefahr pathologischer Frakturen. Im Zusammenhang mit der Panarthrodese des Karpalgelenks wurde von Frakturen des 3. Metakarpalknochens in 8–19 bzw. bis hin zu 30 % der Fälle berichtet (Li et al. 1999, Whitelock et al. 1999, Isensee et al. 2006, Clarke et al. 2009, Bokemeyer et al. 2011). In einer von Whitelock et al. (1999) durchgeführten Studie mit 54 Hunden, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks mittels einer dorsal aufgebrachten 3,5/2,7 mm Hybridarthrodeseplatte erhielten, kam es in 6 der Fälle (9,4 %) zu einer Fraktur der Os metacarpale tertium. Die Frakturen traten durchschnittlich 12 Wochen nach der Operation auf. Die Autoren konnten feststellen, dass der Schraubendurchmesser keinen Einfluss auf das Frakturrisiko hat. Jedoch konnte der Grad der Überdachung der Metakarpalknochen durch die Platte im direkten Zusammenhang zum Auftreten von Frakturen der Metakarpalknochen gebracht werden. Entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung sollte der 3. Metakarpalknochen zu mindestens 50 % seiner Länge von der Platte überdacht werden und die Dicke der Schrauben 40 % des Durchmessers des Knochens nicht überschreiten (Whitelock et al. 1999).

Stressprotektion

Wird ein zu kräftiges Implantat gewählt, steigt nicht nur die Gefahr für das Auftreten von Frakturen, sondern auch von Stressprotektion (Buote et al. 2009). Diese steht nicht im Zusammenhang zur Rigidität der Fixationsmethode, sondern zum relativen Verhältnis des Durchmessers der Platte zu dem des Knochens. Auf dem Röntgenbild macht sich Stressprotektion dadurch bemerkbar, dass es zu einer Schmälerung des Knochendurchmessers sowie einer trabekulären Zeichnung des kortikalen Knochens im Bereich unterhalb des Implantats kommt (Uhthoff und Dubuc 1971).

Infektionen

Diese Form der Komplikation wird in der Regel iatrogen erzeugt, weshalb ein sorgfältiges Arbeiten bei einem derartigen Eingriff von ausschlaggebender Bedeutung ist (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Harasen 2002a, Buote et al. 2009). Aufgrund der langen Operationsdauer, bedingt vor allem durch die zeitaufwändige Knorpelabtragung, wird das Infektionsrisiko noch erhöht. Die großzügige Spülung mit physiologischer Kochsalzlösung ist daher von großer Wichtigkeit (Johnson 1980, Köstlin et al. 1986, Trout 2001, Harasen 2002a). Johnson (1980) konnte in einer Untersuchung mit 9 Hunden mit einer karpalen Panarthrodese in 2 Fällen das Auftreten von Fistelbildungen beobachten. Aufgrund der raschen Abheilung im Anschluss an die Entfernung der Implantate führte Johnson (1980) die Infektion als primär vom Weichteilgewebe ausgehend zurück.

Arthrosen in anderen Gelenken

Aufgrund der veränderten Lastverteilung sind die angrenzenden sowie die kontralateralen Gelenke für degenerative Veränderungen prädisponiert (Dyce 1996, Buote et al. 2009). Von einigen Autoren wird vermutet, dass es in Abhängigkeit der Steilheit des Arthrodesewinkels zu einer entsprechenden Überlastung der distal gelegenen Gelenke kommt (Johnson 1981, Lesser 2003, Buote et al. 2009, Bokemeyer et al. 2011). Nach Köstlin (1986) ist mit dem vermehrten Auftreten von Sekundärarthrosen in den Zehengelenken zu rechnen.

Nach Slocum und Devine (1982) findet die Kompensation der Belastung im Anschluss an eine Panarthrodese des Karpalgelenks primär durch das Ellbogen- und Schultergelenk statt. Bei Patienten mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks ist besonders das Antebrachiokarpalgelenk für Arthrosen prädisponiert. In der Literatur können unterschiedliche Angaben hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens dieser Komplikation gefunden werden. Es ist unter anderem die Rede von 15 % (Willer et al. 1990), 20 % (Kriegsheim 2001), 36 % (Haburjak et al. 2003) bzw. 50 % (Denny und Barr 1991) der Fälle.

Eingeschränkte Gliedmaßenfunktion

Sie wird entweder mit der Wahl eines ungeeigneten Versteifungswinkels in Zusammenhang gebracht oder kann durch Interferenz der Implantate mit der Gelenk- oder Gliedmaßenfunktion bedingt sein (Vannini 2010). Bei einer partiellen Arthrodese des

Karpalgelenks mit einer dorsal aufgebrachten Platte, die nicht weit genug distal auf dem Os carpi intermedioradiale aufgebracht wurde, kommt es bei maximaler Extension der Gliedmaße zu einer Irritation der Gelenkkapsel des Antebrachiokarpalgelenks oder des distalen Radius. Dies kann ebenfalls bei maximaler Flexion des Gelenks der Fall sein, wenn die Schrauben im Os carpi intermedioradiale zu lang gewählt sind. Nach Vannini (2010) ist in der Regel durch Entfernung der Implantate eine Lösung dieses Problems zu erwarten.

Ein weiterer Grund für eine eingeschränkte Gliedmaßenfunktion kann eine Kontraktur der Zehenbeuger sein, die vermutlich durch eine direkte Schädigung derselben oder die länger dauernde Immobilisation der Gliedmaße mit einer Schiene verursacht wird (Vannini 2010). In diesen Fällen ist die vollständige Extension der Zehengrundgelenke gewöhnlich eingeschränkt und schmerhaft. Auch Köstlin (1986) beschreibt von ihm als sogenannte „Hammerzehen“ bezeichnete Fehlstellungen der Zehen im Zusammenhang mit Panarthrodesen des Karpalgelenks. Diaz-Bertrana et al. (2009b) berichten dagegen vom Auftreten von einer Hyperextension der Zehen im Anschluss an die Panarthrodese mittels Stufenplatte. Die Autoren vermuten als zugrunde liegende Ursache ebenfalls eine Schädigung der Musculi flexor digitorum profundus oder superficialis, die im Bereich der 3. bzw. 1. und 2. Zehe inserieren.

Druckstellen im Rahmen der Verbandsbehandlung

Nach Buote (2009) ist zur Eindämmung des Auftretens dieser Komplikation eine konsequente Einbindung der Besitzer erforderlich, um eine Sauber- und Trockenhaltung der Verbände zu gewährleisten. Trotz dieser Bemühungen werden regelmäßig Komplikationen, wie Druckstellen und Hautirritationen, mit der Verbandsbehandlung in Zusammenhang gebracht (Guerrero und Montavon 2005, Bokemeyer et al. 2011).

Köstlin (2000) beschreibt durch den geringen Anteil an verfügbarem Weichteilgewebe unmittelbar über der Platte die Möglichkeit der Irritation der in direkter Adnexe zu ihr stehenden Strukturen. Aus diesem Grund können in der postoperativen Phase Nahtdehiszenzen und Wundheilungsstörungen entstehen. Aufgrund dieser Gefahr sollte auch vor der Anbringung von Entlastungsschnitten nicht zurückgeschreckt werden (Köstlin et al. 1986).

Automutilation

Das Auftreten von Automutilationsverletzungen im Anschluss sowohl an Karpal- als auch Tarsalgelenksarthrodesen wird in der Literatur beschrieben (Vaughan 1985b, Köstlin et al. 1986, Buote et al. 2009). Von Forterre et al. (2009) wurde die erfolgreiche Behandlung dieser Komplikation mittels Neurektomie des Astes des sensorischen Hautnervs unmittelbar proximal der betroffenen Region beschrieben.

Nach Köstlin (1986) ist im Anschluss an die Durchführung einer Karpalgelenksarthrodese insbesondere dann mit dem Auftreten von Zirkulationsstörungen und Wundinfektionen zu rechnen, wenn es im Vorfeld zu Gefäßverletzungen im Bereich der Aufzweigungen der Vena cephalica gekommen ist. In einem solchen Fall sollte die Gliedmaße mit einem gut gepolsterten Verband ruhiggestellt und der Eingriff bis zur Erholung der Weichteile verschoben werden, so Köstlin (1986).

Die Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997) an 45 Hunden und 8 Katzen mit einer Arthrodese des Karpalgelenks ergaben, dass es in Anbetracht der fast immer auftretenden arthrotischen Veränderungen in der Articulatio antebrachiocarpea nach einer partiellen Arthrodese, sinnvoller erscheint gleich eine Panarthrodese durchzuführen. Entsprechend dieser Untersuchungen konnte infolge einer Panarthrodese kein wesentlicher Funktionsverlust für die Tiere festgestellt werden und sollte daher bei den entsprechenden Verletzungen als Primärversorgung eingesetzt werden. Müller-Rohrmoser (1997) konnte darüber hinaus feststellen, dass bei guter Gebrauchsstellung der Gliedmaße nach der Arthrodese und gesunden Nachbargelenken keine Schäden an diesen als Spätschäden zu befürchten sind.

Nach Denny und Barr (1991) hat selbst die beidseitige karpale Panarthrodese eine ausreichende bis gute Prognose. Entsprechend der Ergebnisse einer von ihnen durchgeführten Untersuchung sollte die Behandlung einer Hyperextensionsverletzung im Interkarpal- oder Karpometakarpalgelenk durch eine Panarthrodese oder eine partielle Arthrodese mittels Bohrdrahtfixation erfolgen (Denny und Barr 1991).

Auch nach Köstlin (2000) ist, entsprechend der Ergebnisse einer Untersuchung an 59 Hunden, bei Durchführung einer Panarthrodese des Karpalgelenks durch dorsale Plattenapplikation mit einer geringeren Rate klinisch signifikanter Komplikationen zu rechnen. Demzufolge wäre unabhängig von der Lokalisation der Verletzung, insbesondere bei großen Rassen, eine Panarthrodese des Karpalgelenks zu bevorzugen (Köstlin 2000).

In einer von Parker und Brown (1981) durchgeführten Untersuchung von 45 Hunden mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks berichteten 97 % der Besitzer von einer Verbesserung des Gangbilds und 74 % von einem normalen Gebrauch der betroffenen Gliedmaße im Anschluss an die Arthrodese. In lediglich 7 % der Fälle war eine Entfernung der Implantate erforderlich.

Ozsoy und Altunatmaz (2004) stellten bei den von ihnen untersuchten 6 Hunden mit 7 pankarpalen Arthrodessen mittels dorsaler Plattenapplikation in 29 % der Fälle eine ausgeprägte Muskelatrophie der betroffenen Gliedmaße fest, bedingt durch eine unzureichende Belastung derselben. 1 der 6 Hunde zeigte eine intermittierende geringgradige Lahmheit der operierten Gliedmaße. Bei 2 Hunden kam es zu einer Schraubenlockerung, jedoch ohne jegliche klinische Symptome.

Haburjak und Lenehan (2003) schlussfolgerten aufgrund der Ergebnisse ihrer Studie mit 21 Hunden, die in 23 Fällen eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks durch von medial eingebrachte, gekreuzte Bohrdrähte erhielten, dass bei dieser Art der Versteifung dem sorgfältigen und akkurate Vorgehen bei der Knorpelausfrässung der Gelenketagen deutlich mehr Bedeutung zukommt als der aggressiven Freilegung sämtlicher Gelenketagen.

Calvo und Farrell (2009) führten anhand von Besitzerbefragungen eine Untersuchung hinsichtlich des Langzeitergebnisses von 20 Katzen durch, die 22 Arthrodesen (sowohl partielle als auch Panarthrodesen) des Karpalgelenks erhielten. Sie konnten eine Gesamtkomplikationsrate von 35 % feststellen, wobei 91 % der Patienten eine reduzierte Sprunghöhe zeigten. Bei lediglich 18 % kam es zu einer Beeinflussung des Verhaltens durch die Operation. 64 % erzielten ein exzellentes und 36 % ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die Überlegenheit einer bestimmten Operationsmethode konnte nicht festgestellt werden (Calvo et al. 2009).

Von Voss et al. (2003a) und Shales und Langley-Hobbs (2006) wird postuliert, dass die pankarpale Arthrodese bei Katzen, aufgrund der von den Autoren suggerierten Einschränkung des üblichen Komfortverhaltens durch Verhinderung von Supination und Pronation, vermieden werden sollte. Auch Harasen (2002a) macht auf die sich dem Eingriff anschließende eingeschränkte Supinationsmöglichkeit der Pfote und damit die beeinträchtigte Körperpflege aufmerksam. Nach Calvo und Farrell (2009) ist bei Katzen ebenfalls mit einer eingeschränkten Fähigkeit zu springen und zu klettern im Anschluss an die Durchführung einer karpalen Panarthrodese zu rechnen. Die Arthrodese wird von ihnen dennoch als geeignete Methode für die Behandlung schwerwiegender Karpalgelenksverletzungen der Katze bezeichnet. Bei einer alleinigen karpometakarpalen Instabilität wird empfohlen, eine partielle Arthrodese in Erwägung zu ziehen (Calvo et al. 2009).

In Tabelle 2 werden einige der in der Literatur erzielten Behandlungsergebnisse aufgeführt.

2.3.3 Tarsus

Bei der Arthrodese des Tarsalgelenks wird wie im Bereich des Karpus auch grundsätzlich zwischen den 2 Versteifungsmöglichkeiten, der partiellen und der Panarthrodese, unterschieden (Newton 1985, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Harasen 2002b, Lesser 2003). Spielt sich die Schädigung nur im Bereich einer oder beider der beiden distalen Gelenketagen ab, so ist eine Stabilisierung in diesem Bereich ausreichend (Lesser 2003).

2.3.3.1 Indikationen

Grundsätzlich entsprechen die Indikationen den unter 2.3.1 beschriebenen Indikationen für eine Arthrodese (Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Diamond et al. 1999, Vannini 2000, Benson und Boudrieau 2002, Harasen 2002b, Lesser 2003). Nach Harasen

(2002b) sollten Verletzungen und degenerative Veränderungen unterschieden werden. Eine der am häufigsten beobachteten Verletzungen dieser Region stellt die im Zusammenhang mit Autounfällen beobachtete Abschliffverletzung dar. Häufig kommt es zu einem unproblematischen Abheilen der Schädigungen des Weichteilgewebes, jedoch persistiert eine Instabilität im Bereich der Gelenketagen. Ist eine primäre Wiederherstellung der Bänder nicht möglich, so ist eine Arthrodese indiziert (Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Diamond et al. 1999, Vannini 2000, Benson und Boudrieau 2002, Harasen 2002b, Lesser 2003).

Auch irreparable Frakturen sowie Luxationen im Bereich des Tarsalgelenks werden im Zusammenhang mit Unfällen beobachtet und stellen mögliche Indikationen für eine Arthrodese in diesem Bereich dar (Brinker et al. 1993, Macias et al. 2000, Lesser 2003). Wie beim Karpalgelenk auch, sind Rupturen der plantaren Bandstrukturen häufig nur mit einer Versteifung des die Instabilität betreffenden Gelenks in den Griff zu bekommen (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Macias et al. 2000, Harasen 2002b, Lesser 2003), wobei sich die partielle Tarsalgelenksarthrodese bei dieser Art von Verletzung als geeignet erwiesen hat (Penwick und Clark 1988, Allen et al. 1993, Muir und Norris 1999). Für das Vorliegen von Läsionen der Kollateralbänder liegen Berichte über eine erfolgreiche Restoration vor (Holt 1977, Sjöström und Hakason 1994). Beim Auftreten einer immunmedierten Gelenkerkrankung ist häufig das Tarsalgelenk betroffen. Hier wird die Arthrodese zur palliativen Behandlung von therapieresistenten Schmerzen eingesetzt (Ralphs et al. 2000, Lesser 2003). Einzelfallberichte existieren von der erfolgreichen Durchführung einer Arthrodese bei Patienten mit angeborenen Missbildungen (Mathews et al. 1995, Bright et al. 2007, Park et al. 2008). Schließlich können degenerative Veränderungen im Bereich des Gelenks ab einem gewissen Schweregrad die Indikation für eine Arthrodese darstellen (Lesser 2003, Roch et al. 2008, McCartney et al. 2010). Eine Besonderheit im Bereich des Tarsalgelenks stellt eine OCD-Läsion als Ursache für die Ausbildung derartiger degenerativer Veränderungen dar (Lesser 2003).

Tabelle 2: Behandlungsergebnisse Karpus Literatur.

Pan = Panarthrodese, Part = partielle Arthrodesse, H = Hund, K = Katze, A = Arthrodesse, VCP = "veterinary-cuttable-plate"

Autor	Patienten	Arthrodesearzt	Komplikationen	Prognose
Johnson (1980)	9 H	Pan mit Kompressionsplatte	Implantatversagen (1/9, 11 %), Implantatlockerung (2/9, 22 %), Implantatentfernung (33 %)	lahmheitsfrei (66 %)
Parker (1981)	45 H	–	Implantatentfernung (7 %)	lahmheitsfrei 74 %, Besitzerzufriedenheit 97 %
Denny (1991)	50 H (56 A)	Pan und Part mit Platte von dorsal	Panarthrodese: häufigste Komplikation Lockerung einer oder mehrerer der distalen Schrauben, Implantatentfernung wegen persistierender Lahmheit (26 %), persistierende Lahmheit unterschiedlichen Grades (23 %), partielle Arthrodesse: Arthrosen im Antebrachiokarpalgelenk	Panarthrodese: lahmheitsfrei (74 %), geringgradige/gelegentliche Lahmheit (14 %), Besitzerzufriedenheit (100 %), partielle Arthrodesse: lahmheitsfrei (23 %), gering- bis hochgradige Lahmheit (50 %)
Smith (1991)	–	–	Bewegungsumfang 1/3 von kontralateral (100 %)	–
Willer (1992)	39 H (45 A)	Part mit Bohrdrähten	persistierende Hyperextension (11 %), Arthrosen im Antebrachiokarpalgelenk (16 %), Implantatwanderung/-irritation (9/45, 20 %), Infektion und Osteomyelitis (1/45, 2 %), Bewegungsumfang 1/2 von kontralateral (100 %)	vollständiger Durchbau nach Ø 9 Wochen, Besitzerzufriedenheit (100 %)
Müller-Rohrmoser (1997)	45 H und 8 K	Pan mit Platte von dorsal (31 x) Part mit T-Platte und Bohrdrähten (27 x)	Panarthrodese: Implantatlockerung (8/31), Implantatversagen (4/31), Synostosen der Metakarpalia (17/31), hochgradig eingeschränkte Zehenflexion (2/31), partielle Arthrodesse: Implantatbruch (3/27), Arthrose der Articulatio antebrachioocarpea (16/27), Synostose der Metakarpalia (18/27), eingeschränkte Beweglichkeit Articulatio antebrachioocarpea (fast alle)	Panarthrodese: gute Ergebnisse (22/31), kein wesentlicher Funktionsverlust für Bewegungsumfang, partielle Arthrodesse: gute Ergebnisse (10/27), besser unter Verwendung von T-Platten als Bohrdrähten
Whitelock (1999)	54 H (64 A)	Pan mit Platte von dorsal	Metakarpalfraktur (6/64, 9,4 %)	–
Li (1999)	11 H (13 A)	Pan mit Platte von dorsal	Weichteilinfektion (3/13, 23 %), Implantatentfernung wegen persistierender Lahmheit (3/13, 23 %), Metakarpalfraktur im distalen Schraubenloch (1/13, 8 %)	–
Köstlin (2000)	59 H	Pan mit Platte von dorsal	Synostosen der Metakarpalia (23/59, 39 %), Implantatlockerung (9/59, 15 %), verzögerte/ausbleibende Konsolidation (8/59, 14 %), Infektion (7/59, 12 %), Implantatversagen (7/59, 12 %), Arthrosen in benachbarten Gelenken (6/59, 10 %), Fehlstellung (4/59, 7 %), Leckdermatitis (2/59, 3 %)	lahmheitsfrei (30/59, 51 %), komplikationslos (22/59, 37 %), Komplikationen (8/59, 14 %)
Benson (2002)	4 H (4 A)	Pan Karpus mit Typ-II-Fixateur-externe (3 x) Part mit T-Platte (1 x)	geringgradige Komplikationen (Weichteilgewebe) (4/4, 100 %), gravierende Komplikationen (2/4, 50 %) (1x Restabilisierung, 1x Implantatentfernung)	Besitzerzufriedenheit (100 %), exzellentes Gesamtergebnis (2/4, 50 %), gutes Gesamtergebnis (2/4, 50 %), exzellentes funktionelles Ergebnis (3/4, 75 %), gutes funktionelles Ergebnis (1/4, 25 %), exzellentes kosmetisches Ergebnis (2/4, 75 %), gutes kosmetisches Ergebnis (1/4, 25 %), befriedigendes kosmetisches Ergebnis (1/4, 25 %)
Kähler (2002)	14 H	Part mit Zwillingsplatte (10 x) bzw. T-Platte (7 x)	Valgusfehlstellung postoperativ (3/7, 43 % T-Platte), vermehrter Krallenabschluß (3/17, bzw. 1/10, 10 % Zwillingsplatte, 2/7, 29 % T-Platte)	lahmheitsfrei (70 %)
Haburjak (2003)	19 H (23 A)	Part mit 2 gekreuzten Pins von medial	suboptimale Implantatpositionierung (9/23, 39 %), Arthrosen im Antebrachiokarpalgelenk (36 %), Verband-assoziierte Komplikationen (8/23, 35 %), Implantatwanderung (7/23, 30 %)	vollständiger Durchbau nach Ø 8 Wochen
Ozsoy (2004)	6 H (7 A)	Pan mit Platte von dorsal	Implantatlockerung (Schrauben) (2/7, 29 %), Muskelerkrankung (2/7, 29 %), intermittierende, geringgradige Lahmheit (1/7, 14 %)	–
Guerrero (2005)	9 H (10 A)	Pan mit Platte von medial	Implantatlockerung (Schrauben) (3/10, 30 %), Leckdermatitis (1/10, 10 %)	komplikationslos (6/10, 60 %)
Lotsikas (2006)	9 H (10 A)	Pan mit Fixateur externe	–	Besitzerzufriedenheit (100 %)
Théoret (2007)	4 H und 2 K	Pan Karpus von dorsal (1 x VCP, 1 x andere)	Druckstellen (2/6 VCP bzw. 2/9 andere), Pinwanderung (2/9 andere), Implantatlockerung (Schraube) (1/6 VCP), Dermatitis (1/9 andere)	lahmheitsfrei (4/6 VCP, 6/9 andere), gelegentliche Lahmheit (je 1/9 VCP und andere), häufige Lahmheit (2/9 andere)
	–	Pan Tarsus von dorsal (3 x VCP, 2 x andere), Part Tarsus mit Platte von lateral (3 x VCP, 6 x andere)		
Calvo (2009)	20 K (22 A)	Pan und Part	Komplikationen gesamt (9/20, 35 %)	reduzierte Sprunghöhe (10/11, 91 %), Verhaltensbeeinflussung (2/11, 18 %), exzellentes Ergebnis (7/11, 64 %), zufriedenstellendes Ergebnis (4/11, 36 %)
Clarke (2009)	11 H (13 A)	Pan mit "CastLess Plate"	geringgradige Komplikationen (schraubenbedingte Metakarpalfissur) (3/10, 30 %), gravierende Komplikationen (Implantatinfektion) (1/10, 10 %)	lahmheitsfrei (6/10, 60 %), geringgradige Lahmheit (4/10, 40 %)
Díaz-Bertrana (2009)	44 H (52 A)	Pan mit Stufenplatte von dorsal	Metakarpalfraktur intraoperativ (1/52, 2 %), technische Fehler (7/52, 13 %), Implantatversagen (2/52, 4 %), geringgradige Komplikationen (Infektion, Leckgranulom, Zehenhyperextension, Schraubenlockerung/-bruch, unvollständiger Durchbau, Metakarpalfraktur) (44 %)	Besitzerzufriedenheit (98 %)
Bokemeyer (2011)	15 H, 3 K (20 A)	Pan mit PanCarpal-Arthrodesis-Platte von dorsal	gravierende Komplikationen (Implantatversagen, Wundinfektion) (2/20, 10 %), Fistelbildung (6/20, 30 %), Katze: Komplikationen (3/3, 100 %)	Besitzerzufriedenheit (17/19, 89 %)

2.3.3.2 Chirurgischer Zugang

Mehrere Zugänge zu den unterschiedlichen Regionen des Sprunggelenks sind vorhanden (Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Piermattei et al. 1996, Harasen 2002b). Aufgrund der Tatsache, dass in dieser Region der Gliedmaße, mit Ausnahme der Plantarseite, keine Muskeln die Knochen bedecken, erfolgt die Schnittführung direkt über dem freizulegenden Bereich. Zu schonende Strukturen werden, wenn nötig, beiseite gehalten.

Für eine Panarthrodese des Tarsalgelenks mit dorsaler Plattenapplikation wird ein Hautschnitt von der distalen Tibia in Richtung der distalen Metatarsalknochen gemacht (DeCamp et al. 1993, Harasen 2002b).

2.3.3.2.1 Panarthrodese

Die vollständige Arthrodese des Tarsalgelenks wurde unter Verwendung von Zugschrauben, einem Fixateur externe oder auch einer auf die unterschiedlichen Seiten des Tarsalgelenks aufgebrachten Platte beschrieben (DeCamp et al. 1993, Dyce et al. 1998, Vannini 2000, Lesser 2003, McKee et al. 2004, Kirsch et al. 2005, Guillou et al. 2008, Déjardin 2010, Fitzpatrick et al. 2010, McCartney et al. 2010). Ziel ist die vollständige Versteifung des Talokruralgelenks, welches das Hauptgelenk des Tarsus darstellt (Brinker et al. 1993, Vannini 2000). Eine isolierte Arthrodese des Tarsokruralgelenks führt ebenfalls zu einer vollständigen Immobilisation im Tarsus, auch sie wird in der Literatur beschrieben (Sumner-Smith und Kuzma 1989, Gorse et al. 1991, Brinker et al. 1993, Rahal et al. 2006, McCartney et al. 2010). Jedoch wird von zahlreichen Autoren, darunter Klause et al. (1989), Gorse et al. (1991), Doverspike und Vasseur (1991), DeCamp et al. (1993), Dyce (1996), McKee et al. (2004) und Lesser (2003) berichtet, dass, eine Panarthrodese sämtlicher Gelenketagen einer talokruralen Arthrodese, aufgrund der verhältnismäßig hohen Komplikationsraten vorzuziehen sei. Zu den möglichen Komplikationen im Zusammenhang mit der tarsokruralen Arthrodese gehören das Unvermögen der Implantate eine vollständige Versteifung zu erzielen (Newton 1985, Gorse et al. 1991) und die Entwicklung von degenerativen Veränderungen bis hin zu einem sich der Arthrodese anschließenden Gelenkkollaps des unmittelbar distal gelegenen intertarsalen und tarsometatarsalen Gelenks (Penwick 1987, Doverspike und Vasseur 1991, Brinker et al. 1993, McKee et al. 2004). Hinzu kommen die geringe Größe und der geringe Gehalt spongiösen Knochens des Talus, die eine Fixation der Implantate erschwert. Die sich daraus ergebenden Vorteile der Panarthrodese gegenüber der tarsokruralen Arthrodese sind einerseits die Verfügbarkeit von mehr Knochensubstanz für die Fixation der Implantate und andererseits die Abschwächung der Arthroseentwicklung in den distalen Gelenken (Klause et al. 1989, McKee et al. 2004). Gorse und Earley (1991) konnten im direkten Vergleich von tarsokruraler Arthrodese mittels Zugschraube und Panarthrodese mittels dorsal aufgebrachter Platte bei 12 Hunden ein

deutlich besseres klinisches Ergebnis bei Arthrodese mittels Plattenfixation feststellen. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Doverspike und Vasseur (1991) überein, die 6 Hunde mit einer tarsokruralen Arthrodese hinsichtlich des klinischen Ergebnisses und der Komplikationen untersuchten.

Das chirurgische Vorgehen bei der tarsalen Panarthrodese entspricht weitestgehend dem in Kapitel 2.3.1 beschrieben allgemeinen Vorgehen bei der Durchführung einer Arthrodese (Klause et al. 1989, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Vannini 2000, Harasen 2002b, Lesser 2003). Der Zugang wird je nach Lokalisation der Implantatfixation gewählt, die Gelenketagen werden vom Knorpel befreit, autogene Spongiosa wird eingebracht und das Implantat wird fixiert. Der von den unterschiedlichen Autoren angegebene, dabei einzuhaltende Winkel liegt innerhalb der Spanne von 130–150° bei Hunden und 115–125° bei Katzen. Er sollte aufgrund der großen Variationen anhand von Vergleichsmessungen an der kontralateralen Gliedmaße individuell angepasst werden (Brinker et al. 1993, DeCamp et al. 1993, Dyce 1996, Lesser 2003).

Auch für die talokrurale Arthrodese wurden unterschiedliche Methoden beschrieben, darunter die Anwendung einer oder mehrerer Zugschrauben, einer Platte von lateral, medial und dorsal sowie sowohl einem linearen als auch zirkulären Fixateur externe (Newton 1985, Klause et al. 1989, Sumner-Smith und Kuzma 1989, Gorse et al. 1991, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Benson und Boudrieau 2002). In den meisten Fällen schließen sie eine Zugschraube vom Talus in die Tibia ein, um den Bewegungsumfang im Bereich der zu verstieifenden Gelenketagen zu reduzieren (Newton 1985, Sumner-Smith und Kuzma 1989, Brinker et al. 1993, Welch 2003, Déjardin 2010).

2.3.3.2.1 Pantarsale Arthrodese mit Platte

Die Panarthrodese mittels Platte liefert den Vorteil, dass es sich bei der Plattenfixation um eine verhältnismäßig rigide Implantationsmethode handelt (Klause et al. 1989, Sumner-Smith und Kuzma 1989, Doverspike und Vasseur 1991, Brinker et al. 1993, Lesser 2003). Die Fixation der Platte kann mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen auf allen Seiten des Tarsalgelenks erfolgen (Doverspike und Vasseur 1991, Dyce 1996, Vannini 2000, McCartney et al. 2010).

Die Fixation der Platte auf der Dorsalseite des Gelenks stellt bei weitem die am häufigsten angewandte Methode dar (Earley 1978, Gorse et al. 1991, DeCamp et al. 1993, Dyce 1996, Ozsoy und Altunatmaz 2004, Déjardin 2010). Nach Lesser (2003) ist dies die stabilste Fixationsmöglichkeit mit der geringsten Rate an postoperativen Komplikationen und der größten Praktikabilität hinsichtlich der Durchführung. Wie beim Karpalgelenk auch handelt es sich jedoch bei dieser Region um die Kompressionsseite und nicht, wie biomechanisch angestrebt um die Zugseite des Knochens. Demzufolge wird die Platte großem

mechanischen Stress ausgesetzt, was einen negativen prognostischen Faktor hinsichtlich der langfristigen Haltbarkeit derselben darstellt (Klause et al. 1989, Gorse et al. 1991, DeCamp et al. 1993, Dyce 1996, McKee et al. 2004). DeCamp (1993) berichtet daher von der Verwendung von Verlängerungsplatten. Sie haben entsprechend seiner Aussage den Vorteil, dass sie im mittleren Plattenbereich, wo die Vorbiegung der Platte erfolgt, keine Schraubenlöcher besitzen und daher über eine größere Stabilität verfügen (DeCamp et al. 1993). Zur zusätzlichen Stabilisierung wird beschrieben, 1 Positionsschraube durch 1 (Welch 2003) bzw. mindestens 2 (Vannini 2000, Vannini 2004) der Plattenlöcher im Kalaneus zu fixieren. Die Größe der Implantate sollte sich an der Größe der größtmöglichen Schraube, die in den 3. Metatarsalknochen implantiert werden kann, orientieren (Vannini 2000). Klause et al. (1989) empfehlen die Verwendung von 7- oder 8-Loch-Platten für eine höhere Schraubendichte (mit je mindestens 3 Schrauben proximal und distal sowie 1 oder 2 Schrauben, die im Bereich der Tarsalknochen fixiert werden).

Nach Déjardin (2010) ist der größte Vorzug der dorsalen Plattenapplikation die verhältnismäßig einfache Durchführung und die Tatsache, dass kein speziell dafür hergestelltes Implantat erforderlich ist. In einer Studie mit 10 Hunden und 1 Katze, die eine Panarthrodese des Tarsalgelenks mittels dorsaler Plattenapplikation unter anderem mit Verlängerungsplatten erhielten, kam es dennoch bei 50 % der Hunde und der Katze zu Komplikationen (Implantatversagen). Es wurde die Empfehlung ausgesprochen, eine zusätzliche Zugschraube von der distalen Tibia in den Kalkaneus einzubringen, um die auf die Platte einwirkenden Kräfte einzuschränken (Déjardin 2010).

Beim Tarsus scheint es sich, so die Vermutung von Vannini (2000), um ein Gelenk zu handeln, das mit nur sehr begrenztem Erfolg zu verstehen ist. Er spricht von überlieferten Erfolgsraten von lediglich 49–66 %. Daraus ergibt sich die anhaltende Suche nach einer Erfolg bringenden Methode mit dem regelmäßigen Bericht von der Entwicklung neuer bzw. modifizierter Versteifungsmethoden.

So konnten Kirsch und Déjardin (2005) im Rahmen einer Kadaverstudie beweisen, dass die Kombination von einer dorsal aufgebrachten Panarthrodeseplatte mit einem intramedullären Pin, der das Tarsokruralgelenk überbrückt und 40 % der Tibialänge ausfüllt, der alleinigen Arthrodese mit Platte biomechanisch überlegen ist (Kirsch et al. 2003, Kirsch et al. 2005). Bislang liegt hierzu noch keine klinische Studie vor, es bleibt jedoch zu hoffen, dass es durch die gewonnene Stabilität zu einer Reduktion der implantat-assoziierten Komplikationen sowie einem geringeren Bedarf an postoperativer zusätzlicher Stabilisation kommt und, dass diese Faktoren gleichzeitig in der Lage sind, den mit dem zusätzlichen Implantat verbundenen operativen Mehraufwand aufzuwiegen (Déjardin 2010).

Fitzpatrick und Stapley (2010) berichten vom erfolgreichen Einsatz einer neuen vorgebogenen Platte für die dorsale Anbringung zur vollständigen Versteifung des

Tarsalgelenks bei Katzen. Eine postoperative externe Stabilisierung war nicht erforderlich. Darüber hinaus bezeichneten die Autoren den dorsalen Zugang wegen der Verfügbarkeit von mehr Weichteilgewebe und damit der geringeren Gefahr von Nahtdehiszenzen, als dem medialen Zugang überlegen. Ein weiterer Vorteil war in ihren Augen die vereinfachte intraoperative Beurteilungsmöglichkeit der korrekten Gliedmaßenausrichtung durch den dorsalen Zugang (Fitzpatrick et al. 2010). Ob sich das neuartige Implantat in der praktischen Verwendung durchsetzen kann, bleibt abzuwarten.

Keller und Voss (2004, 2005) berichteten von der erfolgreichen Anwendung von Verriegelungsplatten sowohl für die partielle als auch die Panarthrodese des Tarsalgelenks bei Hund und Katze. Von ihnen aufgeführte mit der Verwendung von Verriegelungsplatten einhergehende Vorteile sind die rigidere Fixation und die damit reduzierte Gefahr des Implantatversagens, die geringere Auflagefläche auf dem Knochen sowie der begrenzte Überstand der Schrauben aus der Platte und damit die überschaubare Einschränkung von angrenzenden Bändern und Sehnen (Keller et al. 2004, Keller et al. 2005).

Die Fixation der Implantate auf der medialen, lateralen und plantaren Seite des Tarsalgelenks wurde sowohl in der Vergangenheit als auch aktuell beschrieben (McKee et al. 2004, Déjardin 2010, McCartney et al. 2010).

McKee und May (2004) führten eine Untersuchung bei 13 Hunden mit entweder lateral oder auch medial aufgebrachter Panarthrodeseplatte durch. Die mediale Aufbringung der Platte erwies sich, aufgrund des leichteren Zugangs als praktikablere Fixationsmethode. 5-mal kam es bei 4 Hunden zu Komplikationen. Auch Déjardin (2010) stellte Untersuchungen hinsichtlich der medialen Anbringung der Platte an und postulierte, dass aufgrund von Ergebnissen experimenteller Studien (Guillou et al. 2008) hinsichtlich der Implantatverformung infolge von Belastung bei der medialen Anbringung der Platte eine geringere Wahrscheinlichkeit des Implantatversagens bestehe. Nach den Beobachtungen von Klause et al. (1989) muss jedoch bei der Durchführung einer pantarsalen Arthrodese mittels medialer Plattenapplikation, aufgrund der gesteigerten mechanischen Belastung in diesem Bereich, mit dem gehäuften Auftreten von Lockerungen der am weitesten distal gelegenen Schrauben und sich anschließender Plattenlockerung im distalen Bereich gerechnet werden.

Nach McCartney und MacDonald (2010) handelt es sich bei der Panarthrodese des Tarsalgelenks mittels plantar aufgebrachter Platte um die Versteifungsmethode der Wahl. Im Vergleich zu dieser Methode ist nach ihrer Aussage bei der lateral aufgebrachten Platte das Risiko des Implantatversagens durch Platten- oder Schraubenbruch und bei der dorsal aufgebrachten Platte die Gefahr der Lockerung Schrauben größer. Eine von den Autoren durchgeführte beispielhafte Untersuchung mit 4 Hunden, die eine pantarsale Arthrodese mittels plantarer Plattenapplikation erhielten, ergab das Ausbleiben gravierender

Komplikationen. Bei 2 Hunden zeigte sich bei der Nachkontrolle, dass es zu keiner Vereinigung des für die Anbiegung der Platte abgesägten Kalkaneusfragments, das im Anschluss an die Plattenfixation mittels Draht oder Pin erneut befestigt worden war, gekommen war. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass die Fixation mittels Pin oder Draht nicht ausreichend stabil sei und stattdessen eine Schraube verwendet werden sollte. Mit diesen positiven Ergebnissen der plantaren pantarsalen Arthrodese stimmen Klause et al. (1989) überein. Sie konnten bei der Anwendung dieser Methode bei 2 Hunden eine exzellente Stabilität und einen deutlich schnelleren Durchbau im Vergleich zu Patienten, bei denen eine andere Lokalisation der Plattenfixation gewählt worden war, beobachten. Als großer Nachteil der plantaren Plattenapplikation wird von mehreren Autoren (Klause et al. 1989, McKee et al. 2004, Kirsch et al. 2005, Guillou et al. 2008) das deutlich erschwerete chirurgische Vorgehen aufgrund der in diesem Bereich vorhandenen neurovaskulären Strukturen empfunden.

2.3.3.2.1.2 Pantarsale Arthrodese mit Fixateur externe

Die vollständige oder partielle Versteifung mittels Fixatuer externe hat sich, wie beim Karpus auch, vor allem in Fällen mit weitreichenden Schädigungen des Weichteilgewebes, wie Abschliffverletzungen, als geeignet erwiesen (Brinker et al. 1993, Beardsley und Schrader 1995, Dyce 1996, Gräfin zu Eulenburg 1997, Diamond et al. 1999, Benson und Boudrieau 2002, Welch 2003, Rahal et al. 2006, Shani et al. 2006, McLennan 2007). Nach Shani und Yesurun (2006) ist es ratsam, einen Typ-II-Fixateur-externe zu verwenden. Die von ihnen aufgeführten Vorteile sind sowohl die der internen Fixation überlegene Stabilität, aufgrund derer eine unterstützende Verbandsbehandlung im Anschluss an die Operation nicht erforderlich ist sowie weiterhin die unproblematische Zugangsmöglichkeit für eine offene Wundbehandlung der begleitenden Weichteilverletzungen. Außerdem ist eine Entfernung der Pins im Rahmen eines verhältnismäßig kurzen, atraumatischen Eingriffs möglich (Shani et al. 2006). Andere Autoren erwähnen darüber hinaus die geringe Beeinträchtigung des umgebenden Gewebes und die Fernhaltung der Implantate von möglicherweise infizierten Gelenken (Brinker et al. 1993, Gräfin zu Eulenburg 1997, Rahal et al. 2006). Es bedarf jedoch einer intensiven postoperativen Nachsorge, um Infektionen im Zusammenhang mit den Fixations-Pins zu vermeiden (Gorse et al. 1991, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, McKee et al. 2004).

2.3.3.2.2 Partielle Arthrodese

Soll das Tarsalgelenk nicht in seiner Gesamtheit versteift werden, so gibt es in Abhängigkeit der vorliegenden Verletzung unterschiedliche Möglichkeiten einzelne Anteile des Gelenks zu versteifen (Penwick und Clark 1988, Brinker et al. 1993, Harasen 2002b). Eine Vielzahl von

Methoden wurde hierfür beschrieben. Unterschieden werden kann die Arthrodese einer einzelnen oder mehrerer Gelenketagen sowie die isolierte Versteifung der einzelnen Gelenke zwischen den unterschiedlichen Tarsalknochen. Für die Fixation können wahlweise Zugschrauben, Bohrdrähte allein oder in Kombination mit gekreuzten Bohrdrähten oder einer Zuggurtung, ein Fixateur externe oder eine Platte allein oder in Kombination zum Einsatz kommen (Penwick und Clark 1988, Allen et al. 1993, Brinker et al. 1993, DeCamp et al. 1993, Dyce et al. 1998, Muir und Norris 1999, Wilke et al. 2000, Fettig et al. 2002). Die Anwendung von Platten für die Versteifung konnte sich im Rahmen unterschiedlicher Untersuchungen als geeignet erweisen (Allen et al. 1993, Dyce et al. 1998, Muir und Norris 1999, Wilke et al. 2000). Zu den Vorteilen dieser Methode werden eine geringere Komplikationsrate, die Möglichkeit der Anwendung von Kompressionskräften über die Gelenketagen hinweg und der Bedarf einer weniger rigiden externen Stabilisation in der postoperativen Phase gezählt (Allen et al. 1993, Muir und Norris 1999). Unabhängig von der gewählten Versteifungsmethode sollte stets genauestens auf die korrekte Ausrichtung der Gliedmaße geachtet werden, da dies von ausschlaggebender Bedeutung für das funktionelle Ergebnis und damit für den Erfolg der Arthrodese ist (Klause et al. 1989, Scrimgeour et al. 2012).

Platte von lateral

Aufgrund der Tatsache, dass hierbei eine Schonung der neurovaskulären und tendinösen Strukturen am unkompliziertesten möglich ist, handelt es sich um die für die partielle Arthrodese des Tarsalgelenks am häufigsten zum Einsatz kommende Plattenlokalisierung (Dyce et al. 1998, Wilke et al. 2000, Fettig et al. 2002). Jedoch führen Wilke und Robinson (2000) als Nachteil dieser Methode an, dass bei der Insertion der Schrauben die Gefahr intertarsale Gelenke zu verletzen, erhöht ist.

Einsatzmöglichkeiten für diese Art der Arthrodese sind eine Hyperextension mit Subluxation in den Articulationes tarsometatarsae oder alternativ, wenn sich diese im Bereich der Articulatio talocalcaneocentralis et calcaneoquartalis befindet. Je nach Lokalisation werden die entsprechenden Gelenkflächen vom Knorpel befreit und die Platte entweder bereits auf Höhe des Kalkaneus (3 Schrauben in den Kalkaneus, 1 in das Os tarsi centrale und 3 in das Os metatarsale quintum) oder erst auf Höhe des Os tarsi centrale (2 Schrauben in das Os tarsale quartum, 3 in das Os metatarsale quintum) fixiert (Brinker et al. 1993). Zahlreiche Autoren konnten mit dieser Methode zufriedenstellende Ergebnisse erzielen (Allen et al. 1993, Brinker et al. 1993, Dyce et al. 1998, Fettig et al. 2002). Fettig und McCarthy (2002) konnten erfolgreich karpale Hybridarthrodeseplatten für die plantare intertarsale und tarsometatarsale Arthrodese zum Einsatz bringen. Von ihnen aufgeführte Vorteile sind die Möglichkeit größere Schrauben im proximalen Bereich und kleinere im distalen Bereich des Tarsus einzusetzen. Durch die kleineren Schrauben im Bereich der Metatarsalknochen wird

das Frakturrisiko dieser Knochen reduziert. Es ist darüber hinaus einfacher möglich, 1 Schraube in mehreren Metatarsalknochen zu fixieren und aufgrund der dichter beieinander liegenden Schraubenlöcher ist eine höhere Schraubendichte auf engem Raum möglich, wodurch die Reichweite des Implantats nach distal, wo zunehmend weniger Weichteilgewebe für den Wundverschluss vorhanden ist, reduziert werden kann. Die Wundspannung über der Platte wird auch durch die Tatsache, dass sich die Hybridarthrodeseplatten sowohl in ihrer Dicke als auch ihrer Breite nach distal verjüngen, reduziert. Nachteil der Verwendung von karpalen Hybridarthrodeseplatten, so Fettig und McCarthy (2002), ist die, im Gegensatz zu konventionellen Implantaten, eingeschränkte Verfügbarkeit der Platten in unterschiedlichen Längen und Größen.

Platte von medial

Keller und Voss (2005) konnten erfolgreich eine neue Verriegelungsplatte für die mediale intertarsale und tarsometatarsale Arthrodese bei einem Hund mit einer tarsometatarsalen Luxation zum Einsatz bringen.

Platte von dorsal

Inauen und Koch (2009) verwendeten bei einer Katze mit einer dorsalen tarsometatarsalen Instabilität erfolgreich eine neurartige Verriegelungsplatte („advanced locking plate system“) für die partielle Arthrodese des Tarsalgelenks. Die Platte wurde mit 2 Schrauben auf der Dorsalseite des Tarsometatarsalgelenks befestigt. Die Katze war bereits 5 Tage im Anschluss an die Operation lahmheitsfrei und nach 6 Wochen angefertigte Röntgenaufnahmen zeigten eine vollständige Heilung. Nach Wilke et al. (2000) spricht gegen die dorsale Applikation der Platte die größere Einwirkung von zyklischen Biegekräften auf das Implantat, wodurch eine gesteigerte Gefahr des Implantatversagens möglich ist.

Platte von plantar

Wilke und Robinson (2000) beschrieben die plantare Anwendung 2-er unterschiedlicher Plattenarten, der „carpal arthrodesis plate“ (CAP) sowie einer konventionellen dynamischen Kompressionsplatte für die intertarsale und tarsometatarsale Arthrodese. Die Platten wurde unter Kompression auf den Kalkaneus, das Os tarsale quartum und das Os metatarsale quartum aufgebracht. 3 Hunde mit 4 Arthrodesen wurden untersucht, bei allen konnten zufriedenstellende klinische Ergebnisse erzielt werden. Die palmare Anwendung der „carpal arthrodesis plate“ liefert laut Wilke und Robinson (2000) 3 Vorteile: Bei der Applikation der Platte auf der Plantarseite handelt es sich um die Zugseite dieses Abschnitts der Gliedmaße. Es kommt demzufolge durch Transformation der axialen Kräfte bei jedem Schritt zu einer Kompression der dorsalen Gelenkanteile. Das Implantat ist, im Gegensatz zur Fixation auf der Dorsalseite, nicht den zyklischen Biegekräften ausgesetzt, die für ein Implantatversagen prädisponieren. Dadurch ist eine zusätzliche postoperative externe Stabilisation nicht mehr zwingend erforderlich. Weiterhin besteht bei der Anwendung dieses speziell für die

Arthrodese entwickelten Implantats die Möglichkeit der Kombination 2-er verschiedenener Schraubengrößen. Auf diese Weise ist es dem Chirurgen möglich, die Platte mit Schrauben größerer Stärke in den Kalkaneus und mit Schrauben geringerer Stärke in den Metatarsalknochen zu fixieren. Als nachteilig könnte sich erweisen, dass einzelne der distalen Gelenketagen hierbei nicht in die Versteifung miteinbezogen werden (Wilke et al. 2000).

Steinmann-Pins

Anhand der Untersuchungsergebnisse einer kleinen Gruppe von Patienten wurde die Empfehlung gegeben, wie ebenfalls von anderen Autoren beschrieben (Brinker et al. 1993, Harasen 2002b), Steinmann-Pins für die tarsometatarsale Arthrodese zu verwenden (Penwick und Clark 1988). Von Vorteil ist die Möglichkeit diese Implantate im Vorfeld abmessen und im Kalkaneus versenken zu können, sodass die Gefahr von Irritationen des Weichteilgewebes über den Implantaten, beispielsweise im Vergleich zu einer Zuggurtung, reduziert wird (Allen et al. 1993). Andere Autoren (Muir und Norris 1999, Theoret und Moens 2007) merken jedoch an, dass in diesem Fall mit dem gehäuften Auftreten von Implantatversagen gerechnet werden muss bzw. diese Art der Implantate lediglich bei unkomplizierten Hyperextensionsverletzungen zum Einsatz kommen sollten (Allen et al. 1993).

Zuggurtung

Sie kann beispielsweise bei einer Subluxation der Articulationes talocalcaneocentralis et calcaneoquartalis infolge einer Ruptur des Ligamentum plantare longum zwischen dem Os tarsale quartum und dem Kalkaneus zum Einsatz kommen (Vaughan 1987, Brinker et al. 1993). Nach Darstellung und anschließender Knorpelausfrässung und Spongiosaeinlagerung von lateroplantar wird in Achtertour eine in Kalkaneus und Os tarsale quartum fixierte Zuggurtungsdrahtschlinge angebracht und ein Bohrdräht von kaudal in den Kalkaneus bis an das distale Ende des Os tarsale quartum eingebracht (Brinker et al. 1993).

Zugschraube

Zugschrauben können für die Versteifung einzelner Gelenketagen im Bereich des Tarsalgelenks zum Einsatz kommen (Sumner-Smith und Kuzma 1989, Allen et al. 1993, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, McGill et al. 2000, Harris et al. 2011).

Fixateur externe

4 Hunde mit einer Hyperextensionsverletzung im Bereich des Tarsometatarsalgelenks konnten erfolgreich mit einem Typ-II-Fixateur-externe behandelt werden (Shani et al. 2006). Die Tatsache, dass die Patienten bei dieser Behandlungsmethode direkt postoperativ wieder Last auf die Gliedmaße aufnehmen konnten, ohne eine zusätzliche externe Stabilisation zu benötigen, erwies sich als vorteilhaft.

Halling und Lewis (2004) setzten bei 3 Hunden einen zirkulären Fixateur externe für die tarsometatarsale Arthrodese ein. Alle 3 Patienten wurden unmittelbar nach dem erlittenen Unfall vorgestellt und keiner der Hunde wies eine offene Verletzung im Bereich des Sprunggelenks auf. Eine Knorpelausfräsum und Einlagerung autogener Spongiosa erfolgte bei jedem Hund. Bei allen kam es zu postoperativen Infektionen der Bohrdrähte, die in 2 Fällen mit dem Auftreten einer Osteomyelitis einherging. Die Implantate konnten nach durchschnittlich 16 Wochen entfernt werden und das Langzeitergebnis war bei allen 3 Hunden gut. Eine weitere Untersuchung mit 2 Hunden mit infizierten Wunden im Bereich der Tarsalgelenke, die nach Knorpelausfräsum, jedoch ohne Spongiosaeinlagerung, eine tarsometatarsale oder tarsokrurale Arthrodese mit einem zirkulären Fixateur externe erhielten, konnte gute klinische Ergebnisse erzielen (Rahal et al. 2006).

Hinsichtlich der Versteifung von einzelnen Gelenken zwischen den einzelnen Tarsalknochen stellt die Arthrodese des Kalkaneoquartalgelenks die am häufigsten durchgeführte Methode dar (Allen et al. 1993, McGill et al. 2000). In einer von Allen und Dyce (1993) durchgeführten Untersuchung mit 36 Hunden wurde 39-mal auf 4 verschiedene Methoden (Platte von lateral, Zugschraube, Steinmann-Pin oder Zuggurtung) eine kalkaneoquartale Arthrodese durchgeführt. In 85 % der Fälle (33 Gelenke) konnte ein vollständiger Durchbau erreicht werden. Die Gesamterfolgsrate lag damit bei 95 %. In 41 % der Fälle (16 Gelenke) kam es zu Komplikationen im Heilungsverlauf. Diese wurden vor allem bei Hunden beobachtet, die bereits eine erfolglose Vorbehandlung erfahren hatten. Bei Überprüfung des Langzeitergebnisses nach durchschnittlich 37 Monaten waren 76 % der Hunde genesen. Es konnte jedoch keine eindeutige Aussage gemacht werden, welche Versteifungsmethode für die kalkaneoquartale Arthrodese am besten geeignet ist (Allen et al. 1993).

McGill et al. (2000) führten in 35 Fällen eine kalkaneoquartale Arthrodese entweder durch Anwendung einer Zugschraube allein (18-mal) oder in Kombination mit einer Zuggurtung (17-mal) durch. Bei allen Patienten mit einer zusätzlichen Zuggurtung und bei 13 der 17 Patienten ohne eine solche konnte ein vollständiger Durchbau erzielt werden. Eine Implantatlockerung wurde bei 3 bzw. 2 Patienten mit bzw. ohne zusätzliche Stabilisierung gesehen. Bei 3 der Patienten mit Zuggurtung kam es zu Weichteilkomplikationen. Bei 2 Patienten ohne Zuggurtung war eine Stabilisation mittels Platte von lateral erforderlich (McGill et al. 2000).

2.3.3.3 Nachsorge

Wie auch bei der karpalen Arthrodese ist eine postoperative externe Stabilisation notwendig (Gorse et al. 1991, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Dyce et al. 1998, Harasen 2002b, Lesser 2003). Nach Klause et al. (1989) ist insbesondere die ausreichende Dauer der externen

Stabilisation, nämlich bis zum Erreichen des vollständigen Durchbaus, von Bedeutung. Sie konnten bei der von ihnen durchgeführten Untersuchung mit 16 Hunden, die eine tarsokrurale Arthrodese erhielten feststellen, dass ein frühzeitiges Weglassen der externen Stabilisation (bereits beim Auftreten erster Durchbauanzeichen) zu einer bemerkbaren Verlangsamung des Fortschreitens des röntgenologischen Durchbaus führte (Klause et al. 1989). Nach Muir und Norris (1999) ist eine externe Stabilisation mit einem „full-cast“-Verband bei Vorliegen einer tarsometatarsalen Arthrodese, aufgrund der mit dieser Behandlungsmethode einhergehenden hohen Komplikationsrate, ungeeignet und statt dessen die postoperative Behandlung mittels modifizierten Robert-Jones-Verbänden ausreichend.

Um Komplikationen durch gelockerte oder gebrochene Implantate zu vermeiden, sollte nach DeCamp et al. (1993) in Erwägung gezogen werden, diese nach Erreichen eines vollständigen Durchbaus einer pantarsalen Arthrodese zu entfernen.

2.3.3.4 Prognose und Komplikationen

Im Hinblick auf die damit einhergehende Komplikationsrate stellt die Versteifung des Tarsalgelenks eine besondere Herausforderung dar (Klause et al. 1989, Doverspike und Vasseur 1991, Vannini 2004, Roch et al. 2008). Nach Vannini (2004) ist die Panarthrodese des Tarsalgelenks zusammen mit der partiellen Arthrodese des Karpalgelenks die Arthrodeseform, bei der am häufigsten mit dem Auftreten von Komplikationen im Heilungsverlauf zu rechnen ist. Von Komplikationsraten zwischen 25 und 100 % wird berichtet (Klause et al. 1989, Doverspike und Vasseur 1991, Griffon 2010, Vannini 2010). Klause et al. (1989) und Welch (2003) führen diese hohe Rate primär auf den physiologischen Standwinkel von etwa 135° zurück, infolgedessen es zu einer maximalen Belastung im Bereich der Umschlagstelle der Gelenkversteifung kommt. Durch diesen verhältnismäßig kleinen Versteifungswinkel im Vergleich zum Karpalgelenk, so meint auch Déjardin (2010), wird das Implantat großen Biegekräften ausgesetzt. Die große Länge des Hebelarms, der durch Tarsus, Metatarsus und Zehen repräsentiert wird, verstärkt dies noch (Kirsch et al. 2003, Guillou et al. 2008, Déjardin 2010). Ferner ist es aufgrund der anatomischen Verhältnisse in diesem Bereich der Gliedmaße schwierig die Implantate dem Zugseitenprinzip entsprechend anzubringen (Klause et al. 1989, Dyce et al. 1998, Harasen 2002b, Welch 2003). Klause et al. (1989) beobachteten vermehrt einen unvollständigen oder verzögerten Durchbau der plantaren Anteile der Gelenketagen. Die Autoren führen dies auf die Tatsache zurück, dass durch die Winkelung des Tarsalgelenks eine Kompression der dorsalen Anteile der Gelenketagen bei jeder Belastung der Gliedmaße erfolgt.

Wie auch bei der Versteifung des Karpalgelenks ist die Entstehung von Druckstellen im Zuge der postoperativen Verbandsbehandlung möglich (Allen et al. 1993, Dyce et al. 1998, Muir

und Norris 1999, Fettig et al. 2002). In vorausgegangenen Studien konnte diese Komplikation bei 5 von 39 (Allen et al. 1993), 4 von 10 (Dyce et al. 1998), 3 von 9 (Muir und Norris 1999) und 1 von 4 Hunden (Fettig et al. 2002) festgestellt werden.

Auch das Auftreten von Frakturen sowohl der Metatarsalknochen als auch der Tibia im Zusammenhang mit Arthrodesen im Bereich des Tarsalgelenks wird beschrieben (Griffon 2010). Eine Fraktur der Tibia kann vor allem dann beobachtet werden, wenn ein Fixateur externe für die Versteifung zum Einsatz kommt. Eine Ausdehnung der Fixation nach proximal in Richtung der Metaphyse des Knochens scheint die Lastverteilung günstig zu beeinflussen und diese Komplikation zu verhindern (Griffon 2010).

Ebenfalls muss, genauso wie beim Karpus, bei der Durchführung einer Arthrodese des Tarsalgelenks mit dem potenziellen Auftreten von degenerativen Erscheinungen in den angrenzenden Gelenken gerechnet werden (Doverspike und Vasseur 1991). Bei der Hälfte der 6 von Doverspike et al. (1991) untersuchten Hunde mit einer talokruralen Arthrodese kam es zur verhältnismäßig rapiden Entwicklung von Arthrosen im Bereich der Intertarsal- und Tarsometatarsalgelenke. Nach Doverspike et al. (1991) wird als mögliche Ursache die aus der Elimination der Bewegung in einem Gelenk resultierende Mehrbeanspruchung eines anderen Abschnitts der Gliedmaße angeführt.

Roch et al. (2008) beschrieben erstmals das Auftreten einer von ihnen als plantare Nekrose bezeichneten Erscheinung. Hierbei handelt es sich um eine verheerende Komplikation, die vor allem im Zusammenhang mit einer Entknorpelung der tarsometatarsalen Gelenketagen und Plattenaufbringung von medial beobachtet wird. Es kommt zu einem Absterben von Haut und Unterhautgewebe im Plantarbereich der Gliedmaße. Als mögliche Ursache wird von den Autoren eine Verletzung der für die Durchblutung in diesem Bereich verantwortlichen Gefäße im Zuge der Knorpelentfernung oder der Plattenfixation aufgeführt (Roch et al. 2008). Hohe Komplikationsraten mussten auch Doverspike und Vasseur (1991) bei ihrer Untersuchung mit 6 Hunden, die eine unilaterale talokrurale Arthrodese erhielten, vermerken. Bei allen Hunden traten postoperative Komplikationen auf, bei 5 von ihnen war eine operative Umversorgung erforderlich, bei 3 eine nachfolgende Panarthrodese. Potenziell komplikationsmindernde Maßnahmen, wie zusätzliche Entlastung der Primärimplantate, beispielsweise mit Zugschrauben, und postoperative externe Stabilisation mithilfe von „full-cast“-Verbänden kamen bei sämtlichen Patienten zum Einsatz. In einigen Fällen lag dem Auftreten von Komplikationen möglicherweise eine unzureichende Besitzercompliance zugrunde. Jedoch stellten die Autoren die Vermutung an, dass der Hauptgrund für die verhältnismäßig hohen Komplikationsraten darin lag, dass es sich bei der alleinigen Versteifung des Talokruralgelenks um eine ungeeignete Methode für die Arthrodese des Tarsalgelenks handelt und bei der Durchführung einer Panarthrodese mit Platte mit befriedigenderen Ergebnisse zu rechnen ist (Doverspike und Vasseur 1991).

Hiermit übereinstimmend rät Vannini (2000) zur Durchführung einer Panarthrodese, selbst wenn nur das Talokruralgelenk betroffen ist. Er empfiehlt die dorsale Plattenapplikation mit mindestens je 3 Schrauben in Os metatarsale tertium und Tibia und mindestens 2 Schrauben durch die Löcher der Platte in Talus und Kalkaneus. Nach Vannini (2000) ist die Fixation des Kalkaneus von besonderer Wichtigkeit, da es aufgrund des Zuges des Achillessehnenapparats zu einer nicht zu unterschätzenden Bewegung in diesem Gelenk kommt, die wenn sie nicht verhindert wird, einen vollständigen Durchbau der Gelenketagen behindern kann.

Jedoch kam es auch bei der Untersuchung von Roch et al. (2008) mit 40 Hunden, die eine Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks mit einer Platte erhalten hatten, in 32,5 % der Fälle zu gravierenden und in 42,5 % zu geringgradigen Komplikationen. In dieser Untersuchung traten häufiger Komplikationen bei einer Panarthrodese als bei einer partiellen Arthrodese auf, diese waren umso schwerwiegender, wenn die Platte auf die mediale Seite implantiert wurde (Roch et al. 2008).

Schon Klause und Piermattei (1989) führten den Großteil der im Zusammenhang mit der Durchführung einer tarsalen Arthrodese beobachteten Komplikationen auf eine unzureichende Fixation und einen Mangel an oder vorzeitigen Abbruch zusätzlicher externer Stabilisation zurück.

Nach Scrimgeour und Bruce (2012) kann bei der Durchführung einer partiellen Tarsalgelenksarthrodese beim Hund mit einer guten Prognose hinsichtlich der Rückkehr zur normalen Leistungsfähigkeit gerechnet werden. Entsprechend der Ergebnisse ihrer Untersuchung mit 14 Hunden, die eine partielle Arthrodese des Tarsalgelenks unter Verwendung unterschiedlicher Methoden erhielten, konnten lediglich 3 der Hunde nach der Operation nicht mehr ihren ursprünglichen Anforderungen im Farmalltag gerecht werden. 13 der Besitzer waren zufrieden oder sehr zufrieden mit dem Ergebnis der Operation und 12 von ihnen bereuten die finanzielle Investition nicht. Es konnte sich zeigen, dass die exakte Ausrichtung der Gliedmaße bei der Versteifung eine große Bedeutung für das postoperative funktionelle Ergebnis zu haben scheint (Scrimgeour et al. 2012).

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997) an 16 Hunden und 17 Katzen ergaben, dass es ratsam ist die Panarthrodese der partiellen Versteifung der Articulatio tarsocruralis vorzuziehen. Als Hauptgrund wird die hohe Komplikationsrate bei der Arthrodese des Tarsokruralgelenks angegeben. Müller-Rohrmoser (1997) rät jedoch die Prognose auch bei Panarthrodesen vorsichtig zu stellen, da es bei den im Rahmen der Arbeit untersuchten Patienten in nur 4 Fällen zu guten Ergebnissen kam. Die partiellen Arthrodessen der Articulatio tarsometatarsa und calcaneoquartalis lieferten im Gegensatz dazu eine relativ gute Prognose. Sie führten zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs.

In Tabelle 3 soll ein Überblick über die in der aktuelleren Literatur erzielten Behandlungsergebnisse gegeben werden.

Tabelle 3: Behandlungsergebnisse Tarsus Literatur.

Pan = Panarthrodese, Part = partielle Arthrodese, H = Hund, K = Katze, A = Arthrodese, VCP = “veterinary-cuttable-plate”

Autor	Patienten	Arthrodeseart	Komplikationen	Prognose
Doverspike (1991)	6 H	talokrural sowohl mit Zugschraube als auch mit Pins und/oder Zuggurtung	Komplikationen gesamt (100 %), Implantatversagen (2/6, 33 %), Implantatlockerung (4/6, 67 %), Arthrosen in den intertarsal- und tarsometatarsalgelenken (3/6, 50 %), Osteomyelitis (1/6, 17 %)	–
Allen (1993)	36 H (39 A)	Part (kalkaneoquartale) mit Platte von lateral, Zugschraube, Pin oder Zuggurtung	Komplikationen gesamt (16/39, 41 %), Implantatlockerung (2/39, 5 %), Kalkaneusfraktur (2/39, 5 %)	Gesamterfolgsrate (95 %), erfolgreiche Arthrodese (33/39, 85 %)
DeCamp (1993)	10 H, 1 K	Pan mit Platte von dorsal	Implantatlockerung Hund (5/10, 50 %), Implantatversagen Katze (1/1, 100 %), unvollständiger Durchbau (2/10, 20 %)	–
Müller-Rohrmoser (1997)	16 H 17 K	Part mit Platte von lateral, Zugschraube, Pin mit/ohne Zuggurtung, Fixateur externe, Pan mit Platte von dorsal oder Fixateur externe	Part: Komplikationen gesamt (13/20), Implantatlockerung (5/20), Implantatversagen (4/20), mangelnder Durchbau (3/20), Arthrosen angrenzende Gelenke (6/20), Synostose der Metatarsalia (4/20), Pan: Komplikationen gesamt (7/10), Implantatlockerung (3/10), Implantatversagen (1/10), mangelnder Durchbau (1/10), Synostose der Metatarsalia (4/10), Arthrosen angrenzende Gelenke (1/10)	Part: keine wesentliche Beeinträchtigung des Bewegungsablaufes, vorsichtige Prognose insbesondere bei Arthrodese der Articulatio tarsocruralis, Pan: gutes Ergebnis (4/11), Prognose generell vorsichtig
Dyce (1998)	10 H (11A)	Part (tarsometatarsal) mit Platte von lateral	persistierende intermittierende Lahmheit (3/11, 27 %)	Implantatentfernung wegen intermittierender Lahmheit (3/11, 27 %), Rückkehr zur üblichen Aktivität (100 %), völlig beschwerdefrei (7/11, 64 %), Steifheit nach der Erhöhung von gesteigerter Aktivität (1/11, 9 %), intermittierende geringgradige Lahmheit nach Anstrengung (2/11, 18 %)
Muir (1999)	8 H	Part mit Platte von lateral (7 x) oder medial (1 x)	Verband-assoziierte Komplikationen (4/8, 50 %), geringgradige Lahmheit (5/8, 63 %)	–
Fitzpatrick (2000)	11 K	Pan mit Platte von dorsal	Komplikationen gesamt (3/11, 27 %), Weichteilkomplikationen (2/11, 18 %), Implantatlockerung (1/11, 9 %)	geringgradige Lahmheit (11/11), volle funktionelle Wiederherstellung inkl. Freigang (11/11)
McGill (2000)	35 H	Part (kalkaneoquartale) mit einer Zugschraube allein oder in Kombination mit Zuggurtung (18 x)	Implantatlockerung (5/35, 14 %), Implantatversagen (2/35, 6 %), Weichteilkomplikationen (3/35, 9 %)	erfolgreiche Arthrodese (31/35, 86 %)
Wilke (2000)	3 H (4 A)	Part (intertarsale und tarsometatarsale) mit Platte von plantar	komplikationslos (100 %)	lahmheitsfrei (100 %)
Benson (2002)	3 H (3A)	talokrural mit Typ-II-Fixateur-externe	gravierende Komplikationen (1/3, 33 %)-> Restabilisation und Spongiosatransplantation	Besitzer nicht zu erreichen (2/3), Besitzerzufriedenheit, befriedigendes Gesamtergebnis, gutes kosmetisches und funktionelles Ergebnis (1/3)
Fettig (2002)	4 H	Part (intertarsal und tarsometatarsal) mit Platte von lateral	Komplikationen gesamt (1/4, 25 %), Druckstelle und Kalkaneusfraktur (1/4, 25 %)	lahmheitsfrei (3/4, 75 %), intermittierende Lahmheit kontralateral (1/4, 25 %)
McKee (2004)	12 H (13 A)	Pan mit Platte von lateral (12 x) und medial (1 x) mit kalkaneotibialer Positionsschraube (8 x) oder talokruraler Zugschraube (1 x)	Implantatversagen (2/13, 15 %), Implantatlockerung/Osteomyelitis (2/13, 15 %)	exzellentes Gesamtergebnis (6/13, 46 %), gutes Gesamtergebnis (6/11, 46 %), ausreichendes Gesamtergebnis (1/13, 8 %)
Ozsoy (2004)	3 H	Pan mit Platte von dorsal	Implantatversagen (1/3, 33 %), Muskellatrophie (1/3, 33 %), geringgradige Lahmheit (2/3, 67 %)	–
Shani (2005)	4 H	Part (tarsometatarsal) mit Typ-II-Fixateur-externe	technischer Fehler (Folge: unzureichende Gelenkkompression) (1/4, 25 %)	vollständiger Durchbau, Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätslevel, Besitzerzufriedenheit (100 %)
Théoret (2007)	4 H, 2 K	Pan Karpus von dorsal (1 x VCP, 1 x andere)	Druckstellen (2/6 VCP bzw. 2/9 andere), Pinwanderung (2/9 andere), Implantatlockerung (Schraube) (1/6 VCP), Dermatitis (1/9 andere)	lahmheitsfrei (4/6 VCP, 6/9 andere), gelegentliche Lahmheit (je 1/9 VCP und andere), häufige Lahmheit (2/9 andere)
		Pan Tarsus von dorsal (3 x VCP, 2 x andere), Part Tarsus mit Platte von lateral (3 x VCP, 6 x andere)		
Roch (2008)	40 H	Pan mit Platte von medial und part mit Platte von lateral	gravierende Komplikationen (32,5 %), geringgradige Komplikationen (42,5 %), plantare Nekrose (15 %)	Komplikationsrate pantarsale Arthrodese > partielle Arthrodese, plantare Nekrose vor allem bei medialer Plattenapplikation
Inauen (2009)	1 K	Part (tarsometatarsal) mit 2-Loch-Verriegelungsplatte von dorsal	–	lahmheitsfrei 5 d postoperationem, keine Verbandsbehandlung erforderlich
McCartney (2010)	4 H	Pan mit Platte von plantar	gravierende Komplikationen (0 %), Isolierung des osteotomierten Kalkaneusfragments (2/4, 50 %)	–

2.4 Ganganalyse

Aufgrund der Komplexität und der Geschwindigkeit der Gliedmaßenbewegungen gerät das menschliche Auge bei der Beurteilung des Gangbilds des Hundes rasch an seine Grenzen (Budsberg et al. 1996, Off und Matis 1997). Aus diesem Grund ist eine visuelle Beurteilung des Lahmheitsgrads in ihrer Aussagekraft stark eingeschränkt. Insbesondere im Anschluss an Eingriffe, die allein schon aufgrund der Veränderungen der biomechanischen Verhältnisse im Bereich des Bewegungsapparats zu Gangbildveränderungen führen, beispielsweise durch die aus einer Arthrodese resultierende vollständige oder partielle Elimination der Bewegung in einem Gelenk, ist jedoch eine objektive Beurteilungsmethode wünschenswert (Kosfeld 1996, Off und Matis 1997). Hierfür hat sich die Ganganalyse als geeignete, nicht invasive Methode erwiesen (Budsberg et al. 1999) und wird nicht selten für die objektive Erfolgskontrolle im Rahmen retrospektiver Untersuchungen nach durchgeföhrter Behandlung eingesetzt (Off und Matis 1997). Diese Untersuchungsmethode erforscht die Fortbewegung und den Effekt von äußeren und inneren Kräften auf den bewegten Körper. Ihr liegen dementsprechend biomechanische Erkenntnisse zugrunde. Die Biomechanik kann in 2 Unterdisziplinen, die Biostatik, die die auf einen ruhenden Körper wirkenden Kräfte untersucht und die Biodynamik, die sich mit den Kräfteverhältnissen am bewegten Körper beschäftigt, unterteilt werden (Off und Matis 1997). Die Biodynamik wiederum setzt sich aus den beiden Teilbereichen, der Kinetik und Kinematik zusammen. Für diese existieren 2 Messverfahren, die Dynamometrie, auch Reaktionskraftmessung und die Kinematik, auch Bewegungsanalyse genannt (Off und Matis 1997).

Die Kinetik analysiert die Beziehung zwischen der Bewegung und den daraus resultierenden Kräften (DeCamp 1997). Am weitesten verbreitet ist die Durchführung der Kraftmessung anhand von einer oder mehreren in einen Podest eingelassenen Kraftmessplatten über die der zu untersuchende Patient geführt wird. Als vorteilhaft hat sich eine Modifikation dieser Methode durch die Verwendung von einem mit Kraftmessplatten ausgestatteten Laufband erwiesen (Fachon et al. 2006). Hierdurch ist es möglich, eine simultane Messung der Werte aller 4 Gliedmaßen bei konstanter Geschwindigkeit durchzuführen (Kosfeld 1996, Off und Matis 1997). Die Ganganalyse kann sowohl im Schritt als auch im Trab erfolgen, wobei es im Schritt zur gleichzeitigen Belastung von 2 oder 3 Gliedmaßen kommt, im Trab dagegen werden stets nur 2 Gliedmaßen gleichzeitig belastet (DeCamp 1997).

Die im Laufband integrierten Kraftmessplatten geben die Lastübertragung je 1 Gliedmaße wieder. 3 orthogonale Bodenreaktionskräfte oder „ground reaction forces“ (GRF) werden bei der Belastung ausgelöst: die vertikale (Fz), die kraniokaudale (Fy) und die mediolaterale (Fx) Bodenreaktionskraft (Budsberg et al. 1987). Die vertikale Kraft ist von ihnen die größte und damit am zuverlässigsten reproduzierbar, um die gewichtstragende Funktion der jeweiligen Gliedmaße zu messen. Es wird der höchste während der Standphase auftretende Wert

(Fzmax/Peak Fz), die vertikale Spitzenkraft, beurteilt. Bei einer vorhandenen Lahmheit ist dieser Wert reduziert (DeCamp 1997). Für eine bessere Vergleichbarkeit werden die Kräfte prozentual in Relation zum Körpergewicht, in der Einheit % KGW angegeben (Hutton et al. 1969, Off und Matis 1997). Die vertikale Bodenreaktionskraft hat in der Gangart Schritt eine Größe von 55-70 % (Budsberg et al. 1987, DeCamp 1997). Die vertikale Spitzenkraft der Vordergliedmaßen erreicht im Schritt eine Größe von etwa 70 % KGW, die der Hintergliedmaßen von annähernd 50 % KGW (Budsberg et al. 1987). Neben der vertikalen Spitzenkraft kann der Impuls der vertikalen Bodenreaktionskraft errechnet werden, der ihr Integral über die Zeit darstellt und damit die während der gesamten Standphase erbrachte Kraft wiedergibt (Budsberg et al. 1987). Der Verlauf der Bodenreaktionskräfte kann in 2 Phasen unterteilt werden: die Phase der Belastungsübernahme und die der zunehmenden Entlastung (Budsberg et al. 1995). Darüberhinaus ist die Unterteilung des Gesamtschritts in Stand- und Schwungphase möglich (Björk 1958). Die Dauer der einzelnen Phasen kann gemessen und in Bezug zur Dauer der Gesamtschritts gesetzt werden. Anhand der Beurteilung der Standphase können zusätzliche Informationen über die Gliedmaßenfunktion gewonnen werden (Budsberg et al. 1987).

Darüber hinaus kann die als Quotient definierte Gewichtsverteilung sowohl in Bezug auf die vertikale Spitzenkraft als auch auf den Impuls berechnet werden (Roy 1971, Budsberg et al. 1987). Im Stand befinden sich beim gesunden Hund etwa 60 % des Körpergewichts auf den Vordergliedmaßen und etwa 40 % auf den Hintergliedmaßen, mit einer jeweils gleichmäßigen Verteilung auf rechts und links (etwa 30/30 % bzw. 20/20 %) (Roy 1971). Diese Verteilung bleibt auch in der Bewegung erhalten (Budsberg et al. 1987). Bei Patienten mit orthopädischen Beeinträchtigungen kann es infolge der Vermeidung der vollen Lastaufnahme auf die betroffene Gliedmaße zu Abweichungen dieser Werte kommen (Roy 1971).

Die Ergebnisse der Kinetik werden sinnvoll von denen der Kinematik ergänzt, da anhand der Kinetik zwar eine Aussage über die Belastung 1 Gliedmaße getroffen werden kann, diese jedoch nicht gelenkspezifisch ist (DeCamp 1997). Die Kinematik lässt die auftretenden Kräfte und Massen außen vor und beschäftigt sich mit der geometrischen Beschreibung der Bewegung (DeCamp 1997). Nach DeCamp et al. (1993) ist die Bewegung ein dynamischer Prozess und wird daher am besten in Abhängigkeit von der Zeit beschrieben. Sie zeichnet sich durch die zyklische Wiederholung eines bestimmten Bewegungsmusters aus (Flexion und Extension der Gelenke) (Hottinger et al. 1996). Flexion und Extension können als Funktionskurven (Gelenkwinkelung/Zeit) beschrieben werden (DeCamp et al. 1993). Die meiste Aussagekraft haben einerseits der Bewegungsumfang eines Gelenks, der sich aus der Differenz zwischen maximalem Extensions- und Flexionswinkel errechnet sowie die Maximalwerte der Winkel selber.

Durch das Eingreifen in den physiologischen Bewegungsumfang von Gelenken, wie es beispielsweise bei einer Arthrodese geschieht, sind Abweichungen im Bereich der übrigen Gelenke der ipsi- und kontralateralen Gliedmaße zu erwarten (Eward et al. 2003, Andreoni et al. 2010). Eward und Gillette (2003) konnten zeigen, dass es durch Einschränkung des karpalen Bewegungsumfangs zu signifikanten Abweichungen der Gelenkwinkel im Bereich des ispilateralen Schulter- und kontralateralen Kniegelenks kommt.

Nach Andreoni et al. (2010) ist ebenfalls die Beeinflussung der kinetischen Parameter von Interesse. In der von ihnen durchgeführten Studie konnte anhand der Untersuchung von Hunden mit einer partiellen oder vollständigen Karpalgelenksarthrodese festgestellt werden, dass es zwar zu zahlreichen Abweichungen der gewonnenen kinetischen Parameter operierter Hunde im Vergleich zu gesunden Hunden kam, dass aber kaum Unterschiede zwischen den Patienten mit einer partiellen oder einer Panarthrodese bestanden. Die Autoren schlussfolgerten aus den gewonnenen Daten, dass im Anschluss an die Durchführung sowohl einer vollständigen als auch einer partiellen Versteifung des Karpalgelenks mit vergleichbaren, zufriedenstellenden Ergebnissen zu rechnen ist (Andreoni et al. 2010).

Mithilfe des sogenannten Symmetrieindexes ist es möglich, die Gleichmäßigkeit der Belastung der beiden Hinter- bzw. Vordergliedmaßen zu beurteilen (Robinson et al. 1987, Voss et al. 2007). Er wurde bereits 1987 von Robinson et al. (1987) erfolgreich in der Humanmedizin zur Beurteilung des Effekts bestimmter chiropraktischer Behandlungsmethoden durch Vergleichsmessungen vor und nach dem Eingriff zum Einsatz gebracht. In der Veterinärmedizin hat er sich als geeigneter Parameter zur Beurteilung des Vorliegens von Lahmheiten bei Hunden erwiesen. Seine Berechnung erfolgt entsprechend der von Robinson und Herzog (1987) beschriebenen Formel $(2 \cdot (X_r - X_l)) / (X_r + X_l) \cdot 100\%$, wobei X_r den jeweils größeren Wert der beiden Gliedmaßen und X_l den jeweils kleineren Wert beider Gliedmaßen repräsentiert. Nach Robinson et al. (1987) wird vorausgesetzt, dass bei Vorliegen eines Symmetrieindexes von 0 eine perfekte Symmetrie zwischen linker und rechter Seite herrsche. Voss und Imhof (2007) definierten anhand der Symmetrieindices gesunder Hunde einen „cut-off“-Wert, der zur Differenzierung lahmender von nicht lahmenden Hunden herangezogen werden kann. Sie gaben folgende Formel für die Berechnung des „cut-off“-Wertes an: mittlerer Symmetrieindex $\pm (2 \times \text{Standardabweichung})$.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Kontrollzeitraum und Patientengut

3.1.1 Häufigkeit

Eingang in diese Arbeit fanden 175 Patienten (113 Hunde und 62 Katzen), die in den Jahren 1996–2010 an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer Arthrodese des Karpal- oder Tarsalgelenks behandelt wurden. In 103 bzw. 105 (2-mal beidseits) der Fälle handelte es sich um eine Karpalgelenksarthrodese, in 72 bzw. 73 (1-mal beidseits) der Fälle um eine Tarsalgelenksarthrodese. Bei den Patienten handelte es sich um 113 Hunde (81 Karpalgelenksarthrodesen und 32 Tarsalgelenksarthrodesen) und 62 Katzen (22 Karpalgelenksarthrodesen und 40 Tarsalgelenksarthrodesen). In Tabelle 4 und Abbildung 1 ist die Verteilung der Lokalisation der Arthrodese bei den einzelnen Tierarten grafisch und tabellarisch dargestellt. Bezogen auf die Gesamtpopulation überwiegen die Tiere mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks (57,1 %). Unter den Hunden ist dies ebenfalls der Fall (69,9 %), bei den Katzen wurden überwiegend Panarthrodesen des Tarsalgelenks durchgeführt (64,5 %). Insgesamt wurde häufiger bei Hunden (113, 64,6 %) eine chirurgische Gelenkversteifung durchgeführt als bei Katzen (62, 35,4 %).

Tabelle 4: Arthrodeseverteilung insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Anzahl	Arthrodeseart				Insgesamt	
	Karpus		Tarsus			
	pan	part	pan	part		
Anzahl	79	2	28	4	113	
%	70	2	25	4	65	
Anzahl	21	1	40	0	62	
%	34	2	65	0	35	
Anzahl	100	3	68	4	175	
%	57	2	39	2	100	

Arthroesen Hund und Katze 1996–2010

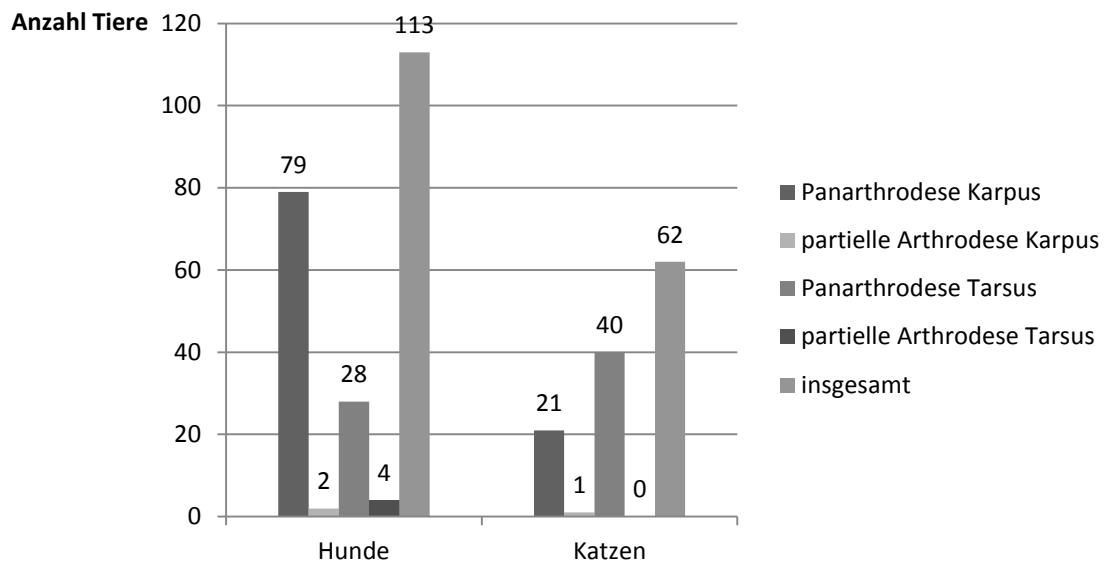


Abbildung 1: Arthrodeseverteilung insgesamt.

Für eine Kontrolluntersuchung kamen all jene Patienten infrage, bei denen die Operation zum Zeitpunkt der Kontrolle mindestens 6 Monate zurücklag. Nach oben wurden keine Grenzen gesetzt. Auch Rasse und Alter spielten keine Rolle.

3.1.2 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter der Gesamtpopulation bei der Operation betrug $5,4 \pm 3,2$ Jahre, wobei das jüngste Tier 0,5 und das älteste 18,5 Jahre alt war. In Tabelle 5 sind die Werte aufgeteilt nach Arthrodes- und Tierart dargestellt.

Tabelle 5: Altersverteilung insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = Partielle Arthrode, N = Anzahl, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearc	Tierart	N	Mittelwert	s	Min	Max
Karpus pan	Hund	79	5,2	2,7	0,5	12,7
	Katze	21	5,8	3,8	1,5	15,7
	insgesamt	100	5,3	3,0	0,5	15,7
Karpus part	Hund	2	3,1	0,2	2,9	3,2
	Katze	1	2,2	—	2,2	2,2
	insgesamt	3	2,8	0,5	2,2	3,2
Tarsus pan	Hund	28	5,0	3,3	0,5	13,2
	Katze	40	6,2	4,4	0,7	18,5
	insgesamt	68	5,7	4,0	0,5	18,5
Tarsus part	Hund	4	1,6	0,8	0,5	2,5
	insgesamt	4	1,6	0,8	0,5	2,5
insgesamt	Hund	113	5,0	2,9	0,5	13,2
	Katze	62	6,0	4,2	0,7	18,5
	insgesamt	175	5,4	3,4	0,5	18,5

3.1.3 Geschlechtsverteilung

Mit 70/113 Hunden waren beim Hund mehr männliche Tiere betroffen (62 %), bei den Katzen dominierten die weiblichen Tiere (34/62, 56 %). In Tabelle 6 ist die Geschlechtsverteilung der Gesamtpopulation dargestellt.

Tabelle 6: Geschlechtsverteilung insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, m = männlich, mk = männlich-kastriert, w = weiblich, wk = weiblich-kastriert

Arthrodesearc	Tierart	Geschlecht				insgesamt
		m	mk	w	wk	
Karpus pan	Hund	36	10	12	21	79
	%	46	13	15	27	100
	Katze	0	10	0	11	21
	%	0	48	0	52	100
Karpus part	Hund	1	1	0	0	2
	%	50	50	0	0	100
	Katze	0	1	0	0	1
	%	0	100	0	0	100
Tarsus pan	Hund	13	5	3	7	28
	%	46	18	11	25	100
	Katze	2	14	3	21	40
	%	5	35	8	53	100
Tarsus part	Hund	4	0	0	0	4
	%	100	0	0	0	100
insgesamt	Hund	54	16	15	28	113
	%	48	14	13	25	100
	Katze	2	25	3	32	62
	%	3	40	5	52	100

3.2 Durchführung der Spätkontrollen

Zur Beurteilung des Spätergebnisses wurden verschiedene Untersuchungen angestellt. Waren die Patientenbesitzer zu einer Auskunft hinsichtlich der Behandlung bereit oder wurden sie zu einer Kontrolluntersuchung in der Klinik vorstellig, so wurden sie gebeten, die Fragen eines im Vorfeld der Arbeit erstellten Fragebogens zu beantworten. Die für eine Spätkontrolle in der Klinik vorgestellten Patienten wurden einer orthopädischen und röntgenologischen Untersuchung unterzogen. Bei einigen der Hunde konnte zusätzlich eine ganganalytische Untersuchung mittels computerisiertem Laufband erfolgen. Zur besseren Dokumentation wurde das Gangbild der Katzen mithilfe der Digitalkameras des Ganglabors gefilmt und im Anschluss an die Untersuchung ausgewertet. Der Krankheitsverlauf aller in der Klinik vorstellig gewordenen Patienten wurde anhand bestimmter Kriterien dokumentiert.

Mit Ausnahme der ganganalytischen Untersuchung, deren Auswertung separat erfolgte, wurden die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zunächst deskriptiv erfasst, anschließend anhand definierter Punkteskalen ausgewertet und den verschiedenen Untersuchungen der einzelnen Patienten Noten von 1–6 (1 = sehr gut, 6 = unbefriedigend) zugeordnet.

3.2.1 Besitzerfragebogen

Die Befunde der klinischen Kontrollen eines Eingriffs weichen häufig von der Beurteilung des Ergebnisses aus Sicht des Patientenbesitzers ab. Die Beurteilung durch den Besitzer ist jedoch hinsichtlich des Gesamtergebnisses eines Eingriffs von großer Aussagekraft. Um diese für das Gesamtergebnis entscheidenden Faktoren in die Beurteilung des Langzeitergebnisses miteinfließen zu lassen, erfolgte eine Befragung der Patientenbesitzer mithilfe eines Fragebogens. Anhand teils unterschiedlicher Formulierungen derselben Fragestellung sollte die objektive Besitzerzufriedenheit beurteilt werden.

Berücksichtigt wurde hierbei bezüglich des aktuellen Zustands die Belastung der operierten Gliedmaße in Trab, Schritt oder Stand, Lahmheiten, Berührungsempfindlichkeit oder Wetterföhligkeit. Hinsichtlich der Rekonvaleszenzperiode wurden die Dauer des Heilungsverlaufs und das Auftreten von Komplikationen beurteilt. Die Leistungsfähigkeit der Patienten im Vergleich zu der Zeit vor der Operation und eine von den Patientenbesitzern empfundene auf den Eingriff zurückzuführende Einschränkung der Lebensqualität wurden berücksichtigt. Abschließend sollten die Tierbesitzer ihre Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis der Gelenkversteifung anhand einer Note auf einer Skala von 1–6 angeben und beantworten, ob sie einer solchen Operation erneut zustimmen würden. Entsprechend eines zuvor erstellten Punkteschemas wurde eine Gesamtnote für jeden Fragebogen gebildet, die die jeweiligen Antworten der Patientenbesitzer berücksichtigte.

3.2.2 Klinische Spätkontrolle

Bei allen für eine Spätkontrolle in der Klinik vorgestellten Patienten wurde eine vollständige klinische und orthopädische Untersuchung, wie von Brinker und Piermattei (1993) beschrieben, vorgenommen. Sämtliche Untersuchungen wurden von derselben Person durchgeführt.

Vor jeglicher Manipulation wurden die Besitzer zur Beurteilung des Gangbilds gebeten, die Hunde auf dem Gang im Schritt und Trab auf und ab zuführen bzw. die Katzen auf dem Boden des Behandlungsraums freilaufen zu lassen. Hierbei wurde vor allem auf die Belastung bzw. Entlastung einzelner Gliedmaßen, Lahmheiten, Achsenabweichungen und Muskelatrophie geachtet.

Konnte eine Lahmheit festgestellt werden, so wurde ihr anhand der Einteilung nach Arnoczky und Tarvin (1981) ein Schweregrad zugeteilt:

Grad 0 (lahmheitsfrei): Hund belastet alle 4 Gliedmaßen gleichmäßig

Grad 1 (undeutlich geringgradig lahm): Hund zeigt eine kaum erkennbare Lahmheit der betroffenen Gliedmaße

Grad 2 (deutlich geringgradig): Hund zeigt eine deutlich erkennbare Lahmheit mit Belastung der betroffenen Gliedmaße

Grad 3 (mittelgradig lahm): Hund belastet die betroffene Gliedmaße selten zur Haltung des Gleichgewichts

Grad 4 (hochgradig lahm): Hund zeigt eine vollständige Entlastung der betroffenen Gliedmaße

Anschließend erfolgte eine adspektorische und palpatorische Untersuchung des Patienten mit besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßen, erst im Stand und später in Seitenlage. Zur Beurteilung einer vorliegenden Muskelatrophie wurde bei Patienten mit einer Tarsalgelenksarthrodese mithilfe eines handelsüblichen Maßbands der Umfang beider Oberschenkel durch Messung im Schenkelspalt ermittelt. Bei Karpalgelenksarthrodessen erfolgte die Beurteilung durch Palpation der Oberarme (Prominenz der Spina scapulae) und Messung des Gliedmaßenumfangs unmittelbar über und unter dem Ellbogengelenk. Um Messungenauigkeiten zu minimieren, wurden jeweils 3 Messungen hintereinander durchgeführt und deren Mittelwert gebildet. Die Differenz beider Seiten in Zentimetern wurde dokumentiert.

Bei der Untersuchung der betroffenen Gliedmaße wurde insbesondere auf Stabilität, Schwellung und Schmerhaftigkeit des versteiften Gelenks bei Palpation, Achsenabweichung der Gliedmaße, Krallenabschliff und die Beweglichkeit der Zehen geachtet. Auch die restlichen Gelenke der Gliedmaßen wurden untersucht und pathologische Abweichungen festgehalten.

Mithilfe eines Goniometers wurde der Gelenkwinkel des versteiften Gelenks sowie die Winkel der passiven Beweglichkeit der Gegenseite, wie von Jaeger et al. (2002, 2007) beschrieben, ermittelt. Beim Vorliegen von partiellen Arthrodesen wurde anhand der Messung der Winkel der maximalen Extension, Flexion und der neutralen Position die Restbeweglichkeit dokumentiert. Im Fall unvollständiger Versteifung einer Panarthrodese wurde ebenso vorgegangen.

Das Körpergewicht sämtlicher Patienten wurde im Zuge der Untersuchung in kg Körpermasse festgehalten.

Anhand eines definierten Punkteschemas erhielt jeder untersuchte Patient eine, die Befunde der klinischen und orthopädischen Untersuchung zusammenfassende Gesamtnote.

3.2.3 Röntgenologische Spätkontrolle

Zur Beurteilung der Konsolidierung der Arthrodesen, des Implantatsitzes und möglicher degenerativer Gelenkveränderungen wurden, je nach Lokalisation der Arthrodese, Röntgenaufnahmen der Gelenke der Vorder- bzw. Hintergliedmaßen angefertigt. Die Lagerung der Patienten erfolgte hierbei wie von Waibl et al. (2003) beschrieben.

3.2.3.1 Durchführung der Röntgenuntersuchung

Bei Patienten mit einer Karpalgelenksarthrodese wurden dementsprechend folgende Aufnahmen angefertigt:

- Karpus mit Pfote beidseits in 2 Ebenen (dorsopalmarer und mediolateraler Strahlengang)
- beide Ellbogengelenke in 2 Ebenen (dorsopalmarer und mediolateraler Strahlengang)
- beide Schultergelenke im mediolateralen Strahlengang

Bei Patienten mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks umfassten die angefertigten Aufnahmen:

- Tarsus mit Pfote beidseits in 2 Ebenen (dorsoplantarer oder plantarodorsaler und mediolateraler Strahlengang)
- beide Kniegelenke im mediolateralen Strahlengang
- Becken im ventrodorsalen Strahlengang

Darüber hinaus wurden zusätzliche Aufnahmen weiterer Gelenke angefertigt, wenn die Befunde der vorausgegangenen orthopädischen Untersuchung dies erforderlich erscheinen ließen. Sämtliche Aufnahmen wurden mithilfe des Röntgengeräts Axiom Luminos dRF (150/40/80HC-100; 40–150 kV; 0,5–220mAs; 52kW/103kW; 15kV; 450W; 12°) von Siemens, Erlangen, Deutschland, mit einem Flachdetektor für direkte Radiografie und digitaler Durchleuchtung durchgeführt.

3.2.3.2 Auswertung der Röntgenuntersuchung

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen fand geblendet durch dieselbe Person in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Radiologie der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München unter Leitung eines Fachtierarztes für Radiologie und Strahlentherapie und Diplomate des European College of Veterinary Diagnostic Imaging (ECVDI) statt. Berücksichtigt wurden bei der Auswertung insbesondere der Grad des Durchbaus der zu verstieifenden Gelenketagen, Arthrosen in

angrenzenden Gelenken sowie der kontralateralen Gliedmaße, Hinweise auf Stressprotektion (Abbau der Knochensubstanz unter den Implantaten), Implantatlockerung oder das Vorliegen gebrochener Implantate. Hinsichtlich der Metakarpalia bzw. Metatarsalia wurde der Grad ihrer Überdachung durch die Implantate (über oder unter 50 %), Ausprägung der Synostose derselben und das Vorliegen von alten konsolidierten Frakturen oder Pseudarthrosen untersucht. Zum besseren Vergleich der einzelnen Tiere untereinander wurden verschiedene Indizes hinsichtlich der Ausbildung von Arthrosen gebildet (Anzahl an von Arthrose betroffenen Gelenken, Vorliegen von Arthrosen in angrenzenden Gelenken).

Die Beurteilung des Durchbaugrads erfolgte anhand der von Michal und Flückiger (2003) beschriebenen Definitionen. War spongiöser Knochen im Bereich der jedoch noch deutlich abzugrenzenden Gelenketagen zu erkennen, war von einem fortschreitenden Durchbau die Rede. Lag eine knöcheren Überbrückung und Obliteration der einzelnen Gelenketagen vor, so wurde die Arthrodese als vollständig durchgebaut bezeichnet. Das Vorliegen von Stressprotektion wurde, wie von Uhthoff und Dubuc (1971) beschrieben, anhand einer Schmälerung des Knochendurchmessers sowie trabekulärer Zeichnung des kortikalen Knochens unterhalb des Implantats beurteilt. Auch für die Ergebnisse der radiologischen Auswertung wurde eine zusammenfassende Gesamtnote vergeben.

3.2.4 Ganganalytische Spätkontrolle

Zur objektiven Beurteilung des Gangbilds wurden zusätzlich zur Lahmheitsuntersuchung von 30 der 35 in der Klinik vorgestellten Hunde eine ganganalytische Untersuchung mittels eines computerisierten Laufbands durchgeführt.

3.2.4.1 Ganglabor

Die Ganganalyse wurde auf dem Laufband der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt. Dieses befindet sich in einem etwa 30 qm großen Raum und setzt sich zusammen aus 2 nebeneinander liegenden, über 1,4 x 0,8 m äußerlich sichtbaren Gummibändern, die in ein 5,7 x 1,2 x 0,3 m großes Podest eingelassen sind. Unter den beiden Bändern befinden sich 4 modifizierte, 0,7 x 0,4 m messende Kistler-Kraftmessplatten. Diese weisen über einen Verstärker und einen Signalwandler eine Verbindung mit einem Computer auf. Dies ermöglicht eine Messung der Bodenreaktionskräfte mit einer Frequenz von 1000 Hz. Die Geschwindigkeit des Laufbands ist mithilfe einer Software der Firma Simi bis auf 0,02 m/s genau steuerbar.

Weiterhin befinden sich im Raum 9 in einem Kreis um das Laufband angeordnete digitale Kameras sowie 4 symmetrisch angeordnete Highspeed-Kameras. Die Beleuchtung erfolgt anhand eines aus 9 Strahlern bestehenden Belichtungssystems. Während einer Sequenz werden parallel Aufnahmen über die 3 Systeme, Kraftmessplatten, digitale und Highspeed-

Kameras angefertigt. Somit finden kinetische und kinematische Messungen wie auch die synchrone Messung aller 4 Gliedmaßen zeitgleich statt.

Die Reflektion der sogenannten „Marker“ (reflektierende, passive Kugeln auf Filzscheiben geklebt, die möglichst hautnah auf dem Fell des zu untersuchenden Tieres befestigt werden) wird mithilfe des optischen Systems Vicon V-MX Motion Capture (4 Channel Vicon MX 3+) bestehend aus den 4 Highspeed-Kameras (Vicon MX+), den Wandlungseinheiten MX-LabControl64 und MX Ultranet HD sowie 2 Computern aufgezeichnet. Die Aufnahmefrequenz beträgt 100 Hz. Unter Verwendung der Software Vicon Nexus werden die mit „Markern“ gekennzeichneten anatomischen Orientierungspunkte aufgenommen und anschließend nachbearbeitet. Den „Markern“ werden hierbei im dreidimensionalen Raum Punkte zugeordnet (3 Koordinaten). Im Anschluss an die Untersuchung müssen die einzelnen Marker zur weiteren Auswertung benannt („gelabelt“) werden. Auftretende Artefakte (z.B. „Ghostmarker“) werden entfernt.

Die Digitalkameras (SonyExwave HAD) zeichnen digitale Videoaufnahmen auf, die im Anschluss an die Untersuchung das eingehende Nachvollziehen des Gangbilds aus den unterschiedlichen Perspektiven erlauben. Eine speziell für das Laufband entwickelte Software (QuadroPedLocomotion) ermöglicht es aus den aufgenommenen Schritten eines jeden Trials (aufgezeichnete Schrittfolge) für jede Gliedmaße die Schritte mit korrekter Fußung bei gleich- und regelmäßiger Gangart auszuwählen und anschließend die kinematischen und kinetischen Ergebnisse in numerischer und grafischer Form auszugeben und zu speichern. Dadurch stehen sowohl die Mittelwerte der Schritte eines jeden Trials als auch die Werte der Bodenreaktionskräfte und Gelenkwinkel eines jeden Schritts zu jedem Zeitpunkt des Schritts zur Verfügung. Im Schnitt werden 3–5 Sequenzen von je 30–40 Sekunden aufgenommen.

Eine Strichfigur des jeweiligen Patientenabschnittes wird angefertigt und mithilfe des Computers werden die kinetischen und kinematischen Werte der einzelnen Schritte berechnet sowie das Mittel aller Schritte eines Patienten ermittelt und in digitaler Form ausgegeben.

3.2.4.2 Vorgehensweise

Die Patienten wurden im Rahmen einer Eingewöhnungsphase auf dem Laufband geführt, bis eine gleichmäßige, regelmäßige, freiwillig vorwärts gehende Fortbewegung in der Gangart Schritt vorlag. Eine für die einzelnen Patienten geeignete, individuelle Geschwindigkeit wurde ermittelt. Diese hatte aufgrund der großen Inhomogenität der Patientenpopulation hinsichtlich Größe und Gewicht eine Spanne von 0,52–1,10 m/s (durchschnittlich 0,80 m/s). Anschließend wurden für die kinematischen Messungen relevante anatomische

Gelenkpunkte zunächst palpatorisch lokalisiert und dann durch das möglichst hautnahe Aufkleben von reflektierenden, passiven Kugeln („Marker“) gekennzeichnet. Bei langhaarigen Hunden wurde zunächst das Fell gescheitelt und mithilfe von Haarspangen und/oder Haarspray fixiert.

Bei Vorliegen einer Karpalgelenksarthrodese wurden folgende Knochenpunkte gekennzeichnet: kranial am Os frontale, Protuberantia occipitalis externa, Processus spinosus des 2., 5. und 9. Brustwirbels, zwischen den Processus spinosi des letzten Brust- und 1. Lendenwirbels, dorsaler Rand der Spina scapulae, Tuberculum majus humeri, Epicondylus lateralis humeri, Processus styloideus ulnae und laterodistal am Os metacarpale quintum.

Bei Vorliegen einer Tarsalgelenksarthrodese: zwischen den Processus spinosi des letzten Brustwirbels und 1. Lendenwirbels, Processus spinosus des 3. und 6. Lendenwirbels, dorsal am Spatium lumbosacrale, Os sacrum, Schwanzansatz, Tuber coxae, kaudalster Punkt des Tuber ischiadicum, Trochanter majus ossis femoris, Epicondylus lateralis ossis femoris, Malleolus lateralis fibulae und laterodistal am Os metatarsale quintum.

Anhand von jeweils 3 Markern wurden die Gelenkwinkel wie folgt definiert (ein Marker stellt den Außenpunkt des 1. Schenkels, ein 2. den Scheitel und ein 3. den Außenpunkt des 2. Schenkels dar):

Schultergliedmaße:

- Schultergelenk (dorsaler Rand der Spina scapulae, Tuberculum majus humeri, Epicondylus lateralis humeri)
- Ellbogengelenk (Tuberculum majus humeri, Epicondylus lateralis humeri, Processus styloideus ulnae)
- Karpalgelenk (Epicondylus lateralis humeri, Processus styloideus ulnae, distal am Os metacarpale quintum)

Beckengliedmaße:

- Hüftgelenk (Tuber coxae, Trochanter major ossis femoris, Epicondylus lateralis ossis femoris)
- Kniegelenk (Trochanter major ossis femoris, Epicondylus lateralis ossis femoris, Malleolus lateralis fibulae)
- Tarsalgelenk (Epicondylus lateralis ossis femoris, Malleolus lateralis fibulae, distal am Os metatarsale quintum)

3.2.4.3 Kinetische Parameter

Im Rahmen der Untersuchung ermittelte Parameter waren:

- der maximale Wert der vertikalen Kraft in % kg Körpergewicht, vertikale Spitzenkraft (PVF)
- Impuls der vertikalen Bodenreaktionskraft in % kg KGW * sec (vertikaler Impuls)
- die Gewichtsverteilung als Maß der prozentualen Gliedmaßenbelastung (%)
- die Gewichtsverteilung in Bezug auf den Impuls (%)
- Dauer der Standphase in Relation zum Gesamtschritt (%)

Um die einzelnen Parameter zwischen den Tieren vergleichen zu können, wurden sie auf das Körpergewicht bezogen.

3.2.4.4 Kinematische Parameter

Erfasst wurden die Maximal- und Minimalwerte der einzelnen Gelenkwinkel sowie deren Bewegungsumfang („range of motion“, ROM), der sich aus der Differenz aus maximaler Streckung und Beugung ergibt. Hinzu kamen die Zeitpunkte des Erreichens der jeweiligen Maximal- bzw. Minimalwerte („time of occurrence“, kurz TOO). Ausnahmen bildeten hierbei die TOO der Minimalwinkel des Schulter- und der Maximalwerte des Hüftgelenks, da die Kurve des Winkelverlaufs dieser Gelenke sowohl im Anfangs- als auch im Endbereich Maximal- bzw. Minimalwinkel erreicht.

3.2.4.5 Der Symmetrieindex

Um zwischen lahmen und nicht lahmen Patienten zu unterscheiden, wurden wie von Robinson et al. (1987) und Voss et al. (2007) beschrieben, Symmetrieindex und „cut-off“-Werte ermittelt. Als Referenzwerte dienten die Daten 2-er Gruppen von gesunden Labrador Retrievern und Beaglen, die in früheren Arbeiten in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München untersucht wurden. Es handelte sich um 14 Labrador Retriever ($27,7 \pm 3,9$ kg), die bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $0,93 \pm 0,05$ m/s auf dem Laufband liefen sowie 18 Beagle ($14,8 \pm 2,2$ kg), die bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $0,79 \pm 0,07$ m/s liefen. Es ergaben sich folgende Werte:

Labrador Retriever

Gangart Schritt, Geschwindigkeit $0,93 \pm 0,05$ m/s

14 Hunde, Gewicht $27,7 \pm 3,9$ kg

Tabelle 7: Symmetrieindex Labrador Retriever.

PVF = vertikale Spitzenkraft

Symmetrieindex	PVF	Impuls	"cut-off" PVF	"cut-off" Impuls
vorne	$3,2 \pm 1,6$	$3,7 \pm 2,0$	6,5	7,7
hinten	$3,2 \pm 2,6$	$2,0 \pm 1,9$	8,5	5,8

Beagle

Gangart Schritt, Geschwindigkeit $0,79 \pm 0,07$ m/s

18 Hunde, Gewicht $14,8 \pm 2,2$ kg

Tabelle 8: Symmetrieindex Beagle.

PVF = vertikale Spitzenkraft

Symmetrie-index	PVF	Impuls	"cut-off" PVF	"cut-off" Impuls	"cut-off" PVF gemittelt	"cut-off" Impuls gemittelt
vorne	$2,0 \pm 1,7$	$4,2 \pm 2,9$	5,4	10	5,9	8,8
hinten	$3,3 \pm 3,1$	$4,7 \pm 3,7$	9,5	12	9	8,9

„cut-off“ PVF gemittelt vorne und hinten: 7,5

„cut-off“ Impuls gemittelt vorne und hinten: 8,9

Um einen breit anwendbaren Orientierungswert zu erhalten, wurden die „cut-off“-Werte beider Gruppen sowie die sich daraus ergebenden Werte der Vorder- und Hintergliedmaßen gemittelt. Im Folgenden sollen die gemittelten „cut-off“-Werte zur Differenzierung zwischen lahmenden und lahmheitsfreien Patienten eingesetzt werden.

3.2.5 Verlauf

Von jedem der in der Klinik vorstellig gewordenen Patienten wurde eine Beurteilung des Krankheitsverlaufs hinsichtlich bestimmter Kriterien vorgenommen. Grundlage hierfür bildeten die Einträge über Befunde der klinischen und röntgenologischen Kontrolluntersuchungen in der Patientenkartei der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München. Anhand bestimmter Kriterien wurde der Krankheitsverlauf der einzelnen Patienten jeweils mit einer Note bewertet.

3.2.6 Auswertung

Zusätzlich zur rein deskriptiven Dokumentation der Untersuchungsergebnisse wurden diese anhand verschiedener Punkteschemata zusammengefasst. Jeder in der Klinik vorstellig gewordene Patient erhielt jeweils eine Note für die Ergebnisse des Besitzerfragebogens, der orthopädischen und röntgenologischen Untersuchung und für die im jeweiligen Fall bezüglich des Krankheitsverlaufs verfügbaren Daten.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des Statistik-Programmes SPSS (Statistical Package for the Social Science).

Folgende Tests wurden angewendet:

- der Chi-Quadrat-Test zur Testung von Häufigkeitsanteilen auf signifikante Unterschiede
- der T-Test zur Testung auf Unterschiede im Mittelwert für abhängige und unabhängige Variablen
- der Mann-Whitney-U-Test zur Testung der Benotung

Ein Signifikanzniveau von $\alpha > 0,05$ wurde festgelegt. Da zur Auswertung der ganganalytischen Parameter zahlreiche Parallelvergleiche vorgenommen wurden, erfolgte eine Adjustierung des Signifikanzniveaus nach Bonferroni-Holm wie von Eid et al. (2010) beschrieben.

4 Ergebnisse

In den Jahren 1996–2010 wurden 175 Patienten (113 Hunde und 62 Katzen) an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer Arthrodese des Karpal- oder Tarsalgelenks behandelt. Unter diesen Patienten waren 113 Hunde (81 Karpalgelenksarthrodesen und 32 Tarsalgelenksarthrodesen) und 62 Katzen (22 Karpalgelenksarthrodesen und 40 Tarsalgelenksarthrodesen). Insgesamt handelte es sich damit um 103 bzw. 105 (2-mal beidseits) Karpalgelenksarthrodesen und 72 bzw. 73 (1-mal beidseits) Tarsalgelenksarthrodesen.

In 93 dieser Fälle (50 Hunde mit 35 Karpal- und 15 Tarsalgelenksarthrodesen und 43 Katzen mit 10 Karpal- und 33 Tarsalgelenksarthrodesen) war keinerlei Spätkontrolle möglich. Grund hierfür war in aller Regel die mangelnde Aktualität der Kontaktdaten aufgrund der vorliegenden großen Zeitspanne seit der letzten Vorstellung in der Klinik. Von 37 der 174 Patienten konnte zur Beurteilung des Langzeitergebnisses nur eine Befragung der Besitzer durchgeführt werden. Eine Vorstellung des Patienten in der Klinik war in diesen Fällen, beispielsweise wegen vorherigen Ablebens, zu weiter beziehungsweise dem Tier nicht zuzumutender Anreise oder aus Gründen anderer Art, nicht möglich. Bei den übrigen 35 Hunden und 10 Katzen konnte eine Kontrolluntersuchung in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgenommen werden. Bei all diesen Patienten wurden eine Besitzerbefragung sowie eine klinische und radiologische Untersuchung durchgeführt. Zusätzlich war bei 30 der 35 Hunde eine ganganalytische Untersuchung mittels computerisierten Laufbands möglich.

Die Verteilung der unterschiedlichen Kontrollmethoden der einzelnen Patienten ist in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Kontrollmethoden insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Arthro-deseart	Tierart	Anzahl	Art der Kontrolle			insgesamt
			keine Auskunft	nur Fragebogen	klinische Kontrolle	
Karpus pan	Katze	Anzahl	10	5	6	21
		%	48	24	29	100
	Hund	Anzahl	35	21	23	79
		%	44	27	29	100
	insgesamt	Anzahl	45	26	29	100
		%	45	26	29	100
Karpus part	Katze	Anzahl	–	–	1	1
		%	–	–	100	100
	Hund	Anzahl	–	–	2	2
		%	–	–	100	100
	insgesamt	Anzahl	–	–	3	3
		%	–	–	100	100
Tarsus pan	Katze	Anzahl	33	4	3	40
		%	83	10	8	100
	Hund	Anzahl	15	7	6	28
		%	54	25	21	100
	insgesamt	Anzahl	48	11	9	68
		%	71	16	13	100
Tarsus part	Hund	Anzahl	–	–	4	4
		%	–	–	1	100
insgesamt	Katze	Anzahl	43	9	10	62
		%	69	15	16	100
	Hund	Anzahl	50	28	35	113
		%	44	25	31	100
	insgesamt	Anzahl	93	37	45	175
		%	53	21	26	100

Der Kontrollzeitraum nach der Operation erstreckte sich von mindestens 0,5 Jahren bis hin zu 11,9 Jahren. Im Durchschnitt fand die Spätkontrolle 4,0 Jahre nach der Operation statt.

Tabelle 10: Kontrollzeitpunkt insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearth	Tierart	mittlerer Kontrollzeitpunkt	Min	Max
Karpus pan	Hund	$4,1 \pm 3,4$	0,4	11,9
	Katze	$3,7 \pm 1,9$	6,4	0,9
Karpus part	Hund	$4,6 \pm 1,9$	2,7	6,4
	Katze	6,5	6,5	6,5
Tarsus pan	Hund	$5,2 \pm 1,8$	1,3	6,8
	Katze	$3,2 \pm 2,6$	6,6	0,7
Tarsus part	Hund	$2,1 \pm 1,0$	0,5	3,4

4.1 Hunde

4.1.1 Gruppe 1: Klinische Kontrolle

4.1.1.1 Karpalgelenksarthrodesen

4.1.1.1.1 Häufigkeit

81 der insgesamt 113 Hunde wiesen eine Karpalgelenksarthrodese auf. Bei 35 dieser Patienten war eine Überprüfung des Langzeitergebnisses nicht möglich. 21-mal diente lediglich der Besitzerfragebogen als Auskunft (siehe Kapitel 4.1.2). 25 der Karpalgelenksarthrodesen wurden in der Klinik vorstellig, hiervon war in 21 Fällen zusätzlich zu der klinischen, orthopädischen und radiologischen Kontrolle eine ganganalytische Untersuchung möglich. Bei 23 der 25 Patienten lag eine Panarthrodese des Karpalgelenks vor. Eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks lag bei 2 Hunden vor. Sie werden im Folgenden gemeinsam mit den Panarthrodesen beschrieben.

4.1.1.1.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung

4.1.1.1.2.1 Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der Hunde mit einer Karpalgelenksarthrodese zum Zeitpunkt der Operation betrug $4,2 \pm 2,5$ Jahre (Panarthrodese $4,2 \pm 2,6$ und partielle Arthrodese $3,1 \pm 0,1$ Jahre). Dabei waren der jüngste Patient 0,8 Jahre (Panarthrodese 0,8 und partielle Arthrodese 2,9 Jahre) und der älteste 9,7 Jahre (Panarthrodese 9,7 und partielle Arthrodese 3,2 Jahre) alt. Das jeweilige Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation ist in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Alter bei Operation Karpalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Alter bei Operation	Patient Nr.	Alter bei Operation
Panarthrodese Karpus		Panarthrodese Karpus	
1	2,6	15	1,4
2	8,7	16	5,4
3	4,0	17	1,6
4	3,7	18	6,3
5	0,8	19	7,9
6	1,9	20	1,5
7	1,2	21	4,3
8	2,0	22	9,7
9	7,5	23a	2,9
10	7,6	23b	2,9
11	4,1	partielle Arthrodese	
12	1,9	24	2,9
13	4,4	25	3,2
14	6,3	—	—

In der sich anschließenden Tabelle 12 soll die Verteilung des Alters zum Zeitpunkt der Operation dargestellt werden.

Tabelle 12: Altersverteilung Karpalgelenksarthrodese Hund.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Alters-verteilung (Jahre)	Karpus					
	pan	%	part	%	insgesamt	%
< 1	1	4	0	0	1	4
1,1–2	6	26	0	0	6	24
2,1–3	2	9	1	50	3	12
3,1–4	2	9	1	50	3	12
4,1–5	3	13	0	0	3	12
5,1–6	1	4	0	0	1	4
6,1–7	2	9	0	0	2	8
7,1–8	3	13	0	0	3	12
8,1–9	1	4	0	0	1	4
9,1–10	2	9	0	0	2	8
insgesamt	23	100	2	100	25	100

4.1.1.1.2.2 Geschlechtsverteilung

Mit 12 intakten (48 %) und 5 kastrierten (20 %) Hunden dominierten die männlichen Patienten. 8 (32 %) der Patienten waren weiblich, davon waren je 4 (16 %) kastriert und 4 (16 %) unkastriert. Die beiden Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks waren männlich-kastriert und männlich-unkastriert.

4.1.1.1.2.3 Rasseverteilung

Der Hauptanteil der Population bestand aus Mischlingen (7/25, 28 % aller Karpalgelenksarthrodesen, 30 % aller Panarthrodesen). Die Rassen Border Collie, Deutscher Schäferhund, Galgo Espagnol und Griffon waren mit je 2 Exemplaren (8 %) vertreten. Die übrigen Rassen waren mit je 1 Hund (4 %) vertreten (Bearded Collie, Deutsch Kurzhaar, Dobermann, Golden Retriever, Kleiner Münsterländer, Labrador Retriever, Magyar Viszla, Rauhaardackel, Rhodesian Ridgeback). Unter den Hunden mit einer partiellen Arthrodese waren 1 Golden Retriever und 1 Deutschen Schäferhund.

Zum überwiegenden Anteil handelte es sich bei den Tieren um großwüchsige Hunde. Das durchschnittliche Gewicht der Patienten betrug $26,7 \pm 8,6$ kg.

4.1.1.1.3 Ausgangssituation

Tabelle 13: Ausgangssituation Karpalgelenksarthrodese Hund.

akut/nicht akut: 0 = nein, nicht akut; 1 = ja, akut; Vorbericht: 0 = Unfall; 1 = angeboren, degenerativ; 2 = unbekannt; konservative/operative Vorbehandlung: 0 = nein; 1 = ja; 2 = keine Angabe

Patient Nr.	akut/nicht akut	Vorbericht	Vorbehandlung	
			konservativ	operativ
Panarthrodese Karpus				
1	0	2	0	0
2	0	0	1	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	0	0	1	0
7	1	0	0	1
8	0	0	1	1
9	1	0	0	0
10	0	0	1	0
11	1	0	1	0
12	0	0	0	1
13	1	0	1	0
14	0	0	1	0
15	0	2	0	0
16	0	2	0	0
17	0	2	0	1
18	1	0	0	0
19	0	2	0	0
20	0	2	0	1
21	0	0	1	0
22	1	2	1	0
23	1	2	0	0
partielle Arthrodese Karpus				
24	1	0	0	0
25	0	0	1	0

Bei dem Großteil der Karpalgelenksarthrodessen war die Gelenkschädigung nicht akut aufgetreten. Bei 17 Patienten (68 %) lag als Ursache ein Unfall zugrunde, bei den übrigen 8 Patienten (32 %) konnte der Auslöser nicht genau erörtert werden. In keinem der 25 Fälle war die Ursache angeboren oder degenerativ. Der Großteil der Patienten, die eine karpale Arthrodese erhielten, war noch nicht vorbehandelt worden. Bei 11 Patienten (44 %) hatte zum Zeitpunkt der Versteifung bereits eine konservative Vorbehandlung und bei 16 (24 %) eine chirurgische Vorbehandlung stattgefunden. In 14 Fällen war es vorberichtlich zu einem Sturz aus großer Höhe gekommen. Bei 9 Patienten (Nr. 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 18 und 23) war der Sturz akut vor Vorstellung in der Klinik aufgetreten. Bei 5 dieser Patienten (Nr. 6, 8, 10, 21 und 22) waren bereits mehrere Wochen seit dem Unfall vergangen.

4.1.1.1.4 Diagnose

In Tabelle 14 werden die im Vorfeld der Gelenkversteifung gestellten Diagnosen aufgelistet.

Tabelle 14: Diagnose Karpalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Diagnose
Panarthrodese Karpus	
1	Niederbruch (v.a. altes Trauma (Karpus valgus, alte Os-carp accessorium-Fraktur)
2	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
3	Niederbruch (mediale Absprengfraktur am Os metacarpale quintum, Luxatio mediocarpea et carpometacarpea)
4	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea et mediocarpea, offene und hochgradige Dislokation)
5	Niederbruch (Luxatio mediocarpea, Fraktur des Os carpi intermedioradiale, multiple intraartikuläre Frakturen der Karpalknochen)
6	Niederbruch (Luxatio mediocarpea et carpometacarpea, multiple kleine Fragmente im Bereich der Karpalknochen)
7	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea offen)
8	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
9	Niederbruch (Luxatio antebraciocarpea et mediocarpea, Fraktur der Basis des Os carpi accessoriums)
10	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
11	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea, mediale Seitenbandinstabilität)
12	2 Monate zuvor Fraktur des Os carpi intermedioradiale, initial mit Bohrdraht und Schraube versorgt, Implantatlockerung (Schraube gebrochen, Bohrdraht gewandert)
13	Niederbruch (Luxatio mediocarpea)
14	Niederbruch (Luxatio carpometacarpea)
15	Niederbruch (Luxatio antebraciocarpea)
16	Niederbruch (Luxatio mediocarpea et carpometacarpea, Gelenk partiell ankylosiert, verändert im Sinne einer chronischen Entzündung)
17	Niederbruch (Luxatio mediocarpea et carpometacarpea, Knochenatrophie)
18	Niederbruch (Luxatio carpometacarpea, mediale Seitenbandinstabilität)
19	bereits konsolidierte Fraktur im Bereich der Karpalknochen
20	Niederbruch (mediale Seitenbandinstabilität, Fraktur des Os carpi ulnare, Absprengungfraktur des Os carpi intermedioradiale)
21	Subluxation des Os carpi intermedioradiale, mediale Seitenbandinstabilität
22	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea, Subluxation in der Articulatio mediocarpea)
23a	Niederbruch (Luxatio carpometacarpea)
23b	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
partielle Arthrodese Karpus	
24	mediale Seitenbandinstabilität, Ruptur der Ligamenta intercarpea et carpometacarpea palmaria
25	mediale Seitenbandinstabilität, Ruptur der Ligamenta intercarpea et carpometacarpea palmaria

Lag ein Niederbruch im Bereich des Karpalgelenks vor, so wurde dieser anhand von weiterer bildgebender Diagnostik lokalisiert.

Tabelle 15: Lokalisation Niederbruch Karpalgelenksarthrodese Hund.

1 = ja, 0 = nein

Patient Nr.	Nieder- bruch	Luxatio			mediale	laterale
		antebra- chio- carpea	medio- carpea	carpo- meta- carpea	Instabilität der Articulatio antebrachiocarpea	
Panarthrodese Karpus						
1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	–
3	1	0	1	1	0	0
4	1	1	1	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0
6	1	0	1	1	0	0
7	1	1	0	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0
9	1	1	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0
11	1	1	0	0	1	0
12	1	0	1	1	0	0
13	1	0	1	0	0	0
14	1	0	0	1	0	0
15	1	1	0	0	0	0
16	1	0	1	1	0	0
17	1	0	1	1	0	0
18	1	0	0	1	1	0
19	0	0	0	0	0	0
20	1	0	1	0	1	0
21	0	0	0	0	1	0
22	1	1	1	0	–	–
23a	1	0	1	1	0	0
23b	1	1	0	0	0	0
partielle Arthrodese Karpus						
24	0	0	0	0	1	0
25	0	0	0	0	1	0

Bei 21 (91 %) der Patienten, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, lag ein Niederbruch des Karpalgelenks zugrunde. Die Lokalisation des Niederbruchs befand sich bei 12 Hunden (57 %) im Bereich der Articulatio mediocarpea, bei 10 Hunden (48 %) im Bereich der Articulatio antebrachiocarpea und bei 8 Hunden (38 %) im Bereich der Articulatio

carpometacarpea. Bei 4 dieser Patienten bestand darüber hinaus eine Instabilität im Bereich der medialen Kollateralbänder. Mehrere Bänder gleichzeitig konnten betroffen sein.

Die Indikation für die beiden partiellen Karpalgelenksarthrodesen bestand in einer medialen Seitenbandinstabilität sowie einer Ruptur der Ligamenta intercarpea et carpometacarpea palmaria.

4.1.1.5 Behandlung (Operationsmethode und Implantat)

Die folgende Tabelle 16 enthält die für die Arthrodese verwendeten Implantate und im Fall einer Panarthrodese den jeweiligen Versteifungswinkel. Der Versteifungswinkel wurde anhand der postoperativen Röntgenaufnahmen erfasst. Es ergeben sich die in Tabelle 17 aufgelisteten prozentualen Werte.

Tabelle 16: Operationsmethode und Implantat Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart: 1 = Panarthrodese Karpus; 2 = partielle Arthrodese Karpus; Implantat: 0 = Hybridarthrodeseplatte; 1 = Stufenplatte; 2 = andere Platte

Patient Nr.	Arthrode-seart	Implan-tat	Verstei-fungs-winkel	Patient Nr.	Arthrode-seart	Implan-tat	Verstei-fungs-winkel
Panarthrodese Karpus				Panarthrodese Karpus			
1	1	0	190	15	1	0	188
2	1	0	193	16	1	0	197
3	1	0	187	17	1	1	195
4	1	0	195	18	1	0	200
5	1	2	202	19	1	0	182
6	1	0	198	20	1	2	198
7	1	2	192	21	1	1	195
8	1	0	197	22	1	1	195
9	1	0	195	23a	1	1	192
10	1	0	194	23b	1	1	192
11	1	0	185	mittlerer Versteifungswinkel		$\varnothing 193,5$	
12	1	0	190	partielle Arthrodese Karpus			
13	1	0	196	24	2	2	-
14	1	0	195	25	2	2	-

Tabelle 17: Implantat prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Implantat		
	Hybridplatte	Stufenplatte	andere Platte
Panarthrodese Karpus	16	5	3
prozentualer Anteil	67 %	21 %	13 %
Partielle Arthrodese Karpus	0	0	2
prozentualer Anteil	0 %	0 %	100 %
insgesamt	16	5	5
prozentualer Anteil	62 %	19 %	19 %

Bei allen Hunden, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, erfolgte die Versteifung mittels dorsal aufgebrachter Platte. Das am häufigsten (16 Patienten, 66,7 %) zum Einsatz kommende Implantat war die Hybridarthrodeseplatte. In der Regel wurde sie mit 4 Schrauben im distalen Radius, 1 Schraube im Os carpi intermedioradiale und 4 weiteren Schrauben im Os metacarpale tertium fixiert. Aufgrund der geringen Größe 2-er Patienten (Nr. 5 und 7) wurden in diesen beiden Fällen 2 der Dicke des 3. Metakarpalknochens entsprechende Platten übereinander gelegt. Sie sollten damit trotz geringer Breite die nötige Stabilität liefern. Eine Arthrodese (Nr. 20) wurde mit 1 Platte von einheitlicher Breite und Schraubengröße durchgeführt. Bei 4 Patienten und 5 Arthrodessen (Nr. 17, 21, 22 und 23 (beidseitige Arthrodese)) kam eine Stufenplatte nach Diaz-Bertrana et al. (2009a) zum Einsatz.

Eine der beiden partiellen Arthrodessen wurde mittels einer von medial aufgebrachten dynamischen Kompressionsplatte, die im Os carpi intermedioradiale und Os metacarpale secundum fixiert wurde, durchgeführt. Bei der anderen partiellen Karpalgelenksarthrodese kam eine T-Platte zum Einsatz, die entsprechend der in Kapitel 2.3.2.2 beschriebenen Prinzipien auf die Dorsalseite des Karpalgelenks aufgebracht wurde. Die oberste Schraube wurde im Os carpi intermedioradiale befestigt, die 5 weiter distal liegenden Schrauben im Os metacarpale tertium.

4.1.1.6 Klinische Spätuntersuchung

4.1.1.6.1 Kontrollzeitpunkt

Die Spätkontrolle der Karpalgelenksarthrodesen fand durchschnittlich $4,1 \pm 3,3$ Jahre nach der Versteifung statt. Die Patienten hatten zu diesem Zeitpunkt ein durchschnittliches Alter

von $8,2 \pm 3,3$ Jahren. Der früheste Kontrollzeitpunkt nach der Versteifung war nach 0,5 Jahren, der späteste nach 11,9 Jahren. Zum Zeitpunkt der Kontrolle war der älteste Patient 14,1 Jahre alt, der jüngste 2,1 Jahre.

In Tabelle 18 finden sich die Werte für die einzelnen Patienten.

Tabelle 18: Kontrollzeitpunkt Karpalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontroll-zeitpunkt	Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontroll-zeitpunkt
Panarthrodese Karpus			Panarthrodese Karpus		
1	3,7	1,1	15	4,7	3,3
2	11,4	2,7	16	12,5	7,2
3	9,6	5,7	17	2,1	0,5
4	10,4	6,8	18	10,2	3,9
5	10,7	10,0	19	11,6	3,8
6	5,0	3,2	20	13,2	11,9
7	12,4	11,4	21	4,8	0,5
8	4,2	2,2	22	10,4	0,7
9	14,1	6,8	23a	3,4	0,5
10	12,7	5,1	23b	3,4	0,5
11	5,1	1,1	partielle Arthrodese Karpus		
12	4,2	2,4	24	5,6	2,7
13	9,2	4,9	25	9,6	6,4
14	8,3	2,1	—	—	—

4.1.1.1.6.2 Besitzerfragebogen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung der Besitzer eines Hundes mit einer Arthrodese des Karpalgelenks wiedergegeben.

4.1.1.1.6.2.1 Gliedmaßenentlastung

Tabelle 19: Gliedmaßenentlastung Karpalgelenksarthrodese Hund.

0 = nie; 1 = gelegentlich; 2 = immer

Patient Nr.	Entlastung			Patient Nr.	Entlastung		
	Stand	Schritt	Trab		Stand	Schritt	Trab
Panarthrodese Karpus				Panarthrodese Karpus			
1	0	0	0	14	0	0	0
2	0	0	0	15	1	0	0
3	0	0	1	16	1	0	0
4	0	0	0	17	1	0	1
5	0	0	0	18	0	0	0
6	0	0	0	19	0	0	0
7	0	0	0	20	0	1	1
8	1	0	0	21	0	1	0
9	0	0	1	22	0	0	0
10	0	0	1	23	1	1	1
11	0	0	1	partielle Arthrodese Karpus			
12	0	0	0	24	0	0	0
13	0	0	0	25	0	0	0

Von den Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks zeigten 5 Hunde (22 %) eine gelegentliche Entlastung der betroffenen Gliedmaße im Stand, 3 Hunde (13 %) entlasteten die Gliedmaße gelegentlich im Schritt und 7 (30 %) taten dies gelegentlich im Trab. Die Besitzer der beiden Hunde mit einer partiellen Arthrodese konnten zu keinem Zeitpunkt eine Entlastung der operierten Gliedmaße beobachten.

4.1.1.1.6.2.2 Lahmheit

Die Besitzer wurden gebeten, das Vorliegen einer Lahmheit der Patienten in unterschiedlichen Situationen (nach Sprung aus der Höhe, vermehrter Belastung oder Ruhe) anzugeben. Die Antworten für die einzelnen Patienten sind in Tabelle 20 ersichtlich. In Hinblick auf die Gesamtheit der 25 Hunde ergaben sich die in Tabelle 21 aufgelisteten Ergebnisse.

Tabelle 20: Lahmheit Karpalgelenksarthrodese Hund.

0 = nie; 1 = gelegentlich; 2 = immer

Patient Nr.	Lahmheit			Patient Nr.	Lahmheit		
	Höhen- sprung	Ruhe	Belas- tung		Höhen- sprung	Ruhe	Belas- tung
Panarthrodese Karpus				Panarthrodese Karpus			
1	2	2	0	14	0	0	1
2	0	0	0	15	1	0	1
3	0	2	1	16	0	1	0
4	0	0	1	17	1	0	1
5	0	1	0	18	0	0	1
6	0	0	0	19	0	0	0
7	0	0	0	20	0	2	1
8	0	0	1	21	0	0	1
9	1	0	1	22	0	0	0
10	1	2	1	23	1	2	2
11	0	2	0	partielle Arthrodese Karpus			
12	0	0	1	24	0	1	2
13	1	1	2	25	0	0	1

Tabelle 21: Lahmheit prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Lahmheit								
	Höhensprung			Ruhe			Belastung		
	nie	gele- gentlich	im- mer	nie	gele- gentlich	im- mer	nie	gele- gentlich	im- mer
Panarthrodese Karpus	16	6	1	14	3	6	9	12	2
prozentualer Anteil	70 %	26 %	4 %	61 %	13 %	26 %	39 %	52 %	9 %
Partielle Arthrodese Karpus	2	0	0	1	1	0	0	1	1
prozentualer Anteil	100 %	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	50 %	50 %
insgesamt	18	6	1	15	4	6	9	13	3
prozentualer Anteil	72 %	24 %	4 %	60 %	16 %	24 %	36 %	52 %	12 %

Die überwiegende Mehrheit der Hunde mit einer Karpalgelenkspanarthrodese zeigte nach Sprüngen aus größerer Höhe keine Lahmheit (16/23, 70 %). Mehr als die Hälfte der Hunde war, laut dem Besitzer, auch nach längerem Ruhen Lahmheitsfrei (14/23 bzw. 61 %). Bei 2 (2/23, 9 %) der Patienten konnte stets und in etwas mehr als der Hälfte der Fälle (12/23, 52 %) gelegentlich eine Lahmheit nach vermehrter Belastung beobachtet werden.

Lahmheiten wurden bei den untersuchten Patienten vor allem in Zusammenhang mit Gliedmaßenverkürzungen (Nr. 1), dem Auftreten von Traumata im Anschluss an die Operation (Nr. 23) und rezidivierender Fistelbildung (Nr. 10) beschrieben.

Vollständige Lahmheitsfreiheit wurde von 4 Besitzern angegeben (Nr. 2, 6, 7 und 22) und 4 weitere berichteten von Lahmheit nur nach vermehrter Belastung (Nr. 8, 12, 14 und 21) bzw. 1 weiterer nur nach längerem Ruhen (Nr. 5). Die Hunde mit einer partiellen Karpalgelenksarthrodese zeigten beide keinerlei Lahmheit nach Höhensprüngen, Nr. 24 jedoch gelegentlich nach Ruhephasen und je 1 der beiden Hunde gelegentlich bzw. immer nach vermehrter Belastung.

4.1.1.6.2.3 Patientenkomfort, Krallenschleifen

Hinsichtlich des Patientenkomforts wurden eventuelle Überempfindlichkeiten, die sich durch Berührungsempfindlichkeit oder vermehrtes Belecken äußerten, berücksichtigt. Der Besitzer wurde weiterhin gebeten, das Vorhandensein von Wetterföhligkeit oder Krallenschleifen zu beurteilen.

Tabelle 22: Patientenkomfort Karpalgelenksarthrodese Hund.

Berührungsempfindlichkeit, Wetterföhligkeit, Belecken: 0 = nein, 1 = ja; Krallenschleifen: 0 = nein; 1 = ja, nach besonderer Anstrengung; 2 = ja, immer

Patient Nr.	Berührungs- empfindlichkeit	Wetter- föhligkeit	Belecken	Krallen- schleifen
Panarthrodese Karpus				
1	0	0	0	2
2	0	0	0	0
3	1	1	1	1
4	0	1	1	0
5	0	0	0	2
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	1	0	1
9	0	0	0	0
10	0	0	0	2
11	0	0	1	2
12	0	0	0	2
13	1	1	0	2
14	0	0	1	2
15	1	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	1	2
18	0	0	0	1
19	0	0	0	0
20	0	1	1	0
21	0	1	0	0
22	0	0	0	0
23	1	1	1	0
partielle Arthrodese Karpus				
24	0	1	0	0
25	0	0	1	1

Tabelle 23: Patientenkomfort prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodesearth	Berührungs-empfindlich-keit		Wetter-fähigkeit		Belecken		Krallenschleifen		
	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nach Anstrengung	immer
Panarthrodese Karpus	19	4	16	7	16	7	12	3	8
prozentualer Anteil	83 %	17 %	70 %	30 %	70 %	30 %	52 %	13 %	35 %
Partielle Arthrodes Karpus	2	0	1	1	1	1	1	1	0
prozentualer Anteil	100 %	0 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	0 %
insgesamt	21	4	17	8	17	8	13	4	8
prozentualer Anteil	84 %	16 %	68 %	32 %	68 %	32 %	52 %	16 %	32 %

Eine Berührungsempfindlichkeit des versteiften Gelenks zeigten 4 der Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks (17 %). Bei 7 der Patienten konnten die Besitzer eine Wetterfähigkeit und bei ebenso vielen ein auffallendes Belecken des versteiften Gelenks beobachten. Krallenschleifen zeigten 35 % der Patienten (8/23 Panarthrodesen) ständig, 13 % nur nach Anstrengung (3/23 Panarthrodesen, 1/2 partiellen Arthrodesen) und bei mehr als der Hälfte (52 %) der Patienten konnte dies nie beobachtet werden. Von den beiden Hunden mit einer partiellen Arthrodes des Karpalgelenks zeigte Patient Nr. 25 vermehrtes Belecken des versteiften Gelenks und Krallenschleifen nach Anstrengung. Bei 5 der 7 Patienten (Nr. 4, 8, 13, 21 und 23), die eine Wetterfähigkeit zeigten, waren die Implantate noch vollständig vorhanden, bei 2 (Nr. 20 und 24) waren die Implantate bis auf je 2 abgebrochenen Schrauben entfernt worden und bei Hund Nr. 3 waren sie vollständig entfernt worden.

4.1.1.1.6.2.4 Heilungsverlauf, Komplikationen, Einschränkungen

Die Besitzer wurden gebeten, Angaben über Heilungsverlauf, Komplikationen und die langfristigen Auswirkungen auf Belastbarkeit und Lebensqualität der Patienten zu machen.

Tabelle 24: Heilungsverlauf Karpalgelenksarthrodese Hund.

Gesamtheilungsverlauf: 0 = < 3 Monate, 1 = 3–6 Monate, 2 = 6–12 Monate, 3 = > 12 Monate, 4 = keine Angabe; Komplikationen: 0 = nein, 1 = ja; Einschränkung der Belastbarkeit: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = deutlich, 3 = keine Angabe; Beeinträchtigung der Lebensqualität: 0 = nein, 1 = ja, 2 = keine Angabe

Patient Nr.	Gesamt- heilungs- verlauf	Komplikationen	Einschränkung Belastbarkeit	Beeinträchtigung Lebensqualität
Panarthrodese Karpus				
1	4	1	3	2
2	1	0	2	0
3	1	1	1	1
4	4	2	0	0
5	0	0	0	0
6	0	1	0	0
7	4	0	1	0
8	1	1	1	0
9	1	1	0	0
10	1	1	1	1
11	2	1	1	0
12	3	1	1	0
13	3	0	2	0
14	2	1	0	0
15	3	1	0	0
16	4	0	3	0
17	4	2	3	0
18	3	1	1	0
19	4	2	0	0
20	0	1	0	1
21	2	1	2	0
22	1	1	1	0
23	2	1	2	1
partielle Arthrodese Karpus				
24	0	0	1	0
25	3	1	0	0

Tabelle 25: Heilungsverlauf prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Gesamtheilungsverlauf					Komplikationen		
	< 3	3–6	6–12	>12	keine Angabe	nein	ja	keine Angabe
Panarthrodese Karpus	3	6	4	4	6	5	15	3
prozentualer Anteil	13 %	26 %	17 %	17 %	26 %	22 %	65 %	13 %
partielle Arthrodese Karpus	1	0	0	1	0	1	1	0
prozentualer Anteil	50 %	0 %	0 %	50 %	0 %	50 %	50 %	0 %
insgesamt	4	6	4	5	6	6	16	0
prozentualer Anteil	16 %	24 %	16 %	20 %	24 %	24 %	64 %	0 %

Tabelle 26: Belastbarkeit prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Einschränkung Belastbarkeit				Beeinträchtigung Lebensqualität		
	keine	gering-gradig	deutlich	keine Angabe	nein	ja	keine Angabe
Panarthrodese Karpus	8	8	4	3	18	4	1
prozentualer Anteil	35 %	35 %	17 %	13 %	78 %	17 %	4 %
partielle Arthrodese Karpus	1	1	0	0	2	0	0
prozentualer Anteil	50 %	50 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
insgesamt	9	9	4	3	19	4	1
prozentualer Anteil	36 %	36 %	16 %	12 %	76 %	16 %	4 %

5 Besitzer eines Hundes mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks berichteten von einem über 12 Monaten hinausgehenden Heilungsverlauf (Nr. 12, 13, 15, 18 und 25). Bei 4 Patienten (Nr. 5, 6, 20 und 24) lag diese Dauer unter 3 Monaten. Bei 15 der 23 Hunde, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten und 1 der 2 Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks gaben die Besitzer an, dass es zu Komplikationen im Zuge des Heilungsverlaufs kam.

Je 4 Besitzer bemerkten eine mit dem Eingriff in Zusammenhang zu bringende Einschränkung der Belastbarkeit (Nr. 2, 13, 21 und 23) bzw. eine Beeinträchtigung der Lebensqualität (Nr. 3, 10, 20 und 23). Die Besitzer des Hundes mit einer beidseitigen Arthrodese (Nr. 23) hielten beides für den Fall.

4.1.1.1.6.2.5 Erneute Entscheidung, Noten

Die Patientenbesitzer wurden gebeten, ihrer Zufriedenheit mit dem Eingriff durch Angabe einer Note auf der Skala von 1–6 (1 = sehr gut, 6 = ungenügend) Ausdruck zu geben. Berücksichtigt werden sollten dabei sämtliche mit dem Eingriff im Zusammenhang stehende Faktoren. Zur besseren Vergleichsmöglichkeit der Patienten untereinander wurden einige der Antworten des Besitzers entsprechend eines Punkteschemas bewertet und anschließend anhand einer Gesamtnote zusammengefasst. Aus diesen Ergebnissen ergab sich die in Tabelle 28 aufgeführte Verteilung.

Tabelle 27: Erneute Entscheidung, Noten Karpalgelenksarthrodese Hund.

Besitzer-/Gesamtnote: 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend, 7 = keine Angabe; Vergleich Besitzernote/Gesamtnote und Vergleich Besitzernote/orthopädische Untersuchung (OU): 0 = Besitzer gleich, 1 = Besitzer besser, 2 = Besitzer schlechter, 3 = keine Angabe; erneute Entscheidung: 0 = nein, 1 = ja

Patient Nr.	Gesamt- note	Besitzer- note	Notenvergleich Besitzernote/		Differenz Gesamtnote/ Besitzer- note	Erneute Entscheidung dafür
			Gesamt- note	OU		
Panarthrodese Karpus						
1	2	2	0	0	0	1
2	1	1	0	0	0	1
3	3	3	0	2	0	1
4	1	1	0	0	0	1
5	1	1	0	0	0	1
6	1	2	2	2	-1	1
7	1	1	0	0	0	1
8	2	2	0	2	0	1
9	2	1	1	0	1	1
10	2	1	1	1	1	1
11	2	2	0	2	0	1
12	2	1	1	1	1	1
13	3	1	1	0	2	1
14	2	2	0	2	0	1
15	2	2	0	0	0	1
16	1	1	0	0	0	1
17	2	2	0	2	0	1
18	2	3	2	2	-1	1
19	2	1	0	1	1	1
20	2	1	1	0	1	1
21	2	3	1	2	-1	1
22	1	1	0	0	0	1
23	4	1	1	1	3	1
partielle Arthrodese Karpus						
24	2	1	1	0	1	1
25	2	1	1	0	1	1

Tabelle 28: Note Besitzerbefragung prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodesearth	Gesamtnote				Besitzernote		
	1	2	3	4	1	2	3
Panarthrodese Karpus	8	12	2	1	13	7	3
prozentualer Anteil	30 %	52 %	0 %	0 %	57 %	30 %	10 %
partielle Arthrodesese Karpus	0	2	0	0	2	0	0
prozentualer Anteil	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
insgesamt	8	14	2	1	15	7	3
prozentualer Anteil	30 %	56 %	0 %	0 %	60 %	30 %	10 %

Tabelle 29: Note Besitzerbefragung insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearth	Karpus Hund	Gesamt-note	Besitzer-note
Panarthrodese Karpus	N	23	23
	Mittelwert	1,8	1,6
	s	0,8	0,7
	Min	1	1
	Max	4	3
partielle Arthrodesese Karpus	N	2	2
	Mittelwert	2,0	1,0
	s	0,0	0,0
	Min	2	1
	Max	2	1
insgesamt	N	25	25
	Mittelwert	1,8	1,5
	s	0,7	0,7
	Min	1	1
	Max	4	3

Die Benotung des Gesamtergebnisses durch die Besitzer fiel im Schnitt etwas besser aus als die Note, die sich durch die Auswertung des Fragebogens ergab (1,6 vs. 1,8). Bei 61 % der Hunde mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks (14/23) fielen die beiden Noten gleich aus. Beide Besitzer der Hunde mit einer partiellen Arthrodesese des Karpalgelenks bewerteten

das Gesamtergebnis um eine Note besser als es die Auswertung ihrer Antworten ergab (Note 1 vs. 2). Sämtliche Besitzer (25/25) eines Hundes mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks gaben an, wenn sie nochmals vor die Entscheidung hinsichtlich einer Operation gestellt werden würden, sich erneut für den Eingriff zu entscheiden.

4.1.1.1.6.3 Orthopädische Untersuchung

Eine vollständige klinische und orthopädische Untersuchung jedes in der Klinik vorgestellten Patienten wurde, wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, durchgeführt.

4.1.1.1.6.3.1 Lahmheitsuntersuchung

In Tabelle 30 sind die für die einzelnen Patienten bei der orthopädischen Untersuchung erhobenen Befunde aufgelistet. Tabelle 31 und 32 stellen die Ergebnisse zueinander in Zusammenhang.

Tabelle 30: Lahmheitsuntersuchung Karpalgelenksarthrodese Hund.

Lahmheitsgrad: 0 = keine Lahmheit, 1 = Lahmheit Grad 1, 2 = Lahmheit Grad 2, 3 = Lahmheit Grad 3, 4 = Lahmheit Grad 4; Entlastung im Stand: 0 = keine, 1 = gelegentlich, 2 = immer; Muskelatrophie: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Krallenabschliff: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = deutlich

Patient Nr.	Gewicht (kg)	Lahmheits- grad	Entlastung Stand	Muskel- atrophie	Krallen- abschliff
Panarthrodese Karpus					
1	25	2	0	1	1
2	39,5	0	0	1	0
3	30	0	0	1	1
4	27	1	0	1	1
5	10,3	1	0	1	1
6	41,5	1	0	1	0
7	7	0	0	1	1
8	25,2	0	0	1	1
9	28,9	0	0	2	1
10	23,2	1	0	2	0
11	24,4	0	0	2	0
12	27,4	0	0	1	2
13	18	0	0	1	0
14	39,5	0	1	1	1
15	30,8	0	2	1	0
16	28,7	0	0	1	0
17	15,4	0	0	3	1
18	26,6	0	0	1	1
19	28	2	1	1	0
20	27,1	0	0	1	0
21	20	0	0	1	0
22	37,7	0	0	1	0
23a	22	2	2	1	0
23b	22	0	0	1	0
partielle Arthrodese Karpus					
24	27,7	0	0	1	0
25	42,5	0	0	1	0

Tabelle 31: Lahmheitsuntersuchung prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodesearc	Lahmheit			Entlastung Stand		
	Grad 0	Grad 1	Grad 2	keine	gelegentlich	immer
Panarthrodese Karpus	16	4	3	19	2	2
prozentualer Anteil	70 %	17 %	13 %	83 %	9 %	9 %
partielle Arthrodes Karpus	2	0	0	2	0	0
prozentualer Anteil	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
insgesamt	19	4	2	21	2	2
prozentualer Anteil	76 %	16 %	8 %	84 %	8 %	8 %

Tabelle 32: Muskelatrophie prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

ggr. = geringgradig, mgr. = mittelgradig, hgr. = hochgradig

Arthrodesearc	Muskelatrophie			Krallenabschliff		
	ggr.	mgr.	hgr.	keiner	ggr.	deutlich
Panarthrodese Karpus	19	3	1	12	10	1
prozentualer Anteil	83 %	13 %	4 %	52 %	43 %	4 %
partielle Arthrodes Karpus	2	0	0	2	0	0
prozentualer Anteil	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
insgesamt	21	3	1	14	10	1
prozentualer Anteil	84 %	12 %	4 %	56 %	40 %	40 %

Bei 4 der 23 Hunde mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks war eine undeutlich geringgradige Lahmheit zu erkennen (Nr. 4, 5, 6 und 10). Bei 3 der 23 Hunde konnte eine deutlich geringgradige Lahmheit festgestellt werden. Dies konnte einerseits auf eine Gliedmaßenverkürzung (Nr. 1) und andererseits auf ein dem Kontrolltermin

vorausgegangenes Trauma zurückgeführt werden. Bei dem 3. Hund war es nicht möglich, eine die Lahmheit bewirkende Ursache zu ermitteln.

Je 2 Patienten zeigten eine gelegentliche (Nr. 14 und 19) bzw. ständige (Nr. 15 und 23) Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand. Bei 10 Patienten fiel ein geringgradiger Krallenabschliff auf, bei 1 dieser Patienten war dieser deutlich ausgeprägt. Dies konnte mit einem 1,5 Jahre nach der Gelenkversteifung diagnostizierten fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae der betroffenen Gliedmaße in Zusammenhang gebracht werden. Die beiden Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks (Nr. 24 und 25) zeigten außer einer geringgradigen Muskelatrophie keine Besonderheiten bei der Lahmheitsuntersuchung. Der goniometrisch ermittelte Bewegungsumfang des partiell versteiften Karpalgelenks betrug bei Patient Nr. 24 40° und bei Nr. 25 68°.

4.1.1.1.6.3.2 Palpationsbefund, Zehenbeweglichkeit, Gesamtbenotung

Die folgenden Tabellen listen die weiteren Befunde der speziellen orthopädischen Untersuchung auf.

Tabelle 33: Palpationsbefund Karpalgelenksarthrodese Hund.

Palpationsschmerz: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zehenflexion/Zehenextension: 0 = uneingeschränkt, 1 = geringgradig eingeschränkt, 2 = mittelgradig eingeschränkt, 3 = hochgradig eingeschränkt; Gesamtnote OU (Gesamtnote Orthopädische Untersuchung): 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend

Patient Nr.	Palpations- schmerz	Zehen- flexion	Zehen- extension	Gesamtnote OU
Panarthrodese Karpus				
1	1	2	2	2
2	0	0	0	1
3	0	2	2	2
4	0	2	2	1
5	0	2	2	1
6	0	2	2	1
7	0	2	2	1
8	0	2	2	1
9	0	1	1	1
10	0	3	3	2
11	0	2	2	1
12	2	2	2	2
13	0	1	1	1
14	0	2	2	1
15	1	1	1	2
16	0	2	2	1
17	0	2	2	1
18	0	0	3	2
19	0	2	2	1
20	0	2	2	1
21	0	2	2	1
22	0	0	0	1
23a	2	1	1	2
23b	0	1	1	2
partielle Arthrodese Karpus				
24	0	2	2	1
25	1	2	2	1

Tabelle 34: Zehenbeweglichkeit prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

ggr. = geringgradig, mgr. = mittelgradig, hgr. = hochgradig

Arthrodesearth	Zehenflexion					Zehenextension					
	uneingeschränkt	eingeschränkt			uneingeschränkt	eingeschränkt			ggr.	mgr.	hgr.
		ggr.	mgr.	hgr.		ggr.	mgr.	hgr.			
Panarthrodese Karpus	3	4	15	1	2	4	15	2			
Prozentualer Anteil	13 %	17 %	65 %	4 %	9 %	17 %	65 %	9 %			
Partielle Arthrodese Karpus	0	0	2	0	0	0	2	0			
Prozentualer Anteil	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %			
insgesamt	3	4	17	1	2	4	17	2			
Prozentualer Anteil	12 %	16 %	68 %	4 %	8 %	16 %	68 %	8 %			

Tabelle 35: Palpationsbefund prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

ggr. = geringgradig, mgr. = mittelgradig

Arthrodesearth	Palpationsschmerz			Gesamt-note	
	keiner	ggr.	mgr.	1	2
Panarthrodese Karpus	19	2	2	16	7
prozentualer Anteil	83 %	9 %	9 %	70 %	30 %
Partielle Arthrodese Karpus	1	1	0	2	0
prozentualer Anteil	50 %	50 %	0 %	100 %	0 %
insgesamt	20	3	2	18	7
prozentualer Anteil	80 %	12 %	8 %	72 %	28 %

Tabelle 36: Note Lahmheitsuntersuchung insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearc	Hund Karpus	Gesamt- note	Besitzer- note
Panarthrodese Karpus	N	23	23
	Mittelwert	1,3	1,6
	s	0,5	0,7
	Min	1	1
	Max	2	3
partielle Arthrodeses Karpus	N	2	2
	Mittelwert	1,0	1,0
	s	0,0	0,0
	Min	1	1
	Max	1	1
insgesamt	N	25	25
	Mittelwert	1,3	1,5
	s	0,5	0,7
	Min	1	1
	Max	2	3

Bei je 15 Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks war die Flexion bzw. Extension der Zehen mittelgradig eingeschränkt. Außerdem war dies bei beiden Hunden mit einer partiellen Arthrodeses des Karpalgelenks der Fall. Insgesamt 3 Patienten zeigten eine geringgradige Schmerhaftigkeit bei Palpation des operierten Gelenks (Nr. 1, 15 und 25). Die sich aus den Befunden der orthopädischen Untersuchung ergebende Note lag durchschnittlich bei $1,3 \pm 0,5$ (Panarthrodessen gesondert: $1,3 \pm 0,5$).

4.1.1.1.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle

Wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben, wurden Röntgenaufnahmen der jeweiligen Gelenke sowie entsprechend der Befunde der orthopädischen Untersuchung, je nach Bedarf zusätzliche Aufnahmen darüber hinaus angefertigt.

4.1.1.1.6.4.1 Durchbau, Metakarpalüberdachung und -synostose, Os-carpi-accessorium-Hochstand

Tabelle 37 listet die Auswertung der Röntgenuntersuchung der einzelnen Patienten hinsichtlich Durchbau, Überdachung des Os metacarpale tertium durch das Implantat, Synostose der Ossa metacarpalia und Hochstand des Os carpi accessorium auf. In den darauf folgenden Tabellen 38 und 39 ist die Verteilung der verschiedenen Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 37: Röntgenologischer Durchbau Karpalgelenksarthrodese Hund.

Durchbau: 0 = vollständig, 1 = großteils, 2 = vereinzelt, 3 = geringe bis keine Durchbautendenz, 4 = im Durchbau begriffen; Überdachung Os metacarpale tertium (MC III): 0 = < 50 %, 1 = > 50 %, 2 = nicht

zu beurteilen; Synostose der Ossa metacarpalia: 0 = keine, 1 = < 50 %, 2 = > 50 %, 3 = nicht zu beurteilen; Os-carpi-accessorium-Hochstand: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = deutlich, 3 = nicht zu beurteilen

Patient Nr.	Durch-bau	Über-dachung MC III	Synos-tose der MC	OCA Hoch-stand
Panarthrodese Karpus				
1	1	1	1	2
2	0	1	1	2
3	0	1	2	1
4	0	1	2	0
5	0	1	0	0
6	0	1	1	1
7	0	1	2	1
8	0	1	3	2
9	0	1	3	2
10	0	1	1	2
11	2	0	0	2
12	2	1	1	1
13	1	1	1	0
14	0	1	3	1
15	0	1	2	2
16	0	1	1	0
17	1	0	3	3
18	1	1	0	0
19	2	1	1	0
20	2	1	2	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	2
23a	4	1	1	1
23b	4	1	0	2
partielle Arthrodese Karpus				
24	3	1	1	0
25	0	1	2	1

Tabelle 38: Röntgenologischer Durchbau prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Überdachung MC III = Überdachung Os metacarpale tertium

Arthrode-seart	Durchbau					Überdachung MC III	
	voll-ständig	groß-teils	ver-einzelt	geringe bis keine Tendenz	im Durchbau begriffen	< 50 %	> 50 %
Panarthro-dese Karpus	12	6	4	0	2	2	22
prozentualer Anteil	50 %	25 %	17 %	0 %	8 %	8 %	92 %
partielle Arthrodesse Karpus	1	0	0	1	0	0	2
prozentualer Anteil	50 %	0 %	0 %	50 %	0 %	0 %	100 %
insgesamt	13	6	4	1	2	2	24
prozentualer Anteil	50 %	23 %	15 %	4 %	8 %	8 %	92 %

Tabelle 39: Synostose der Metakarpalknochen prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

ggr. = geringgradig, OCA-Hochstand = Os-carpi-accessorium-Hochstand

Arthrode-seart	Synostose MC				OCA-Hochstand			
	keine	< 50 %	> 50 %	nicht beurteil-bar	keiner	ggr.	deutlich	nicht beurteil-bar
Panarthro-dese Karpus	4	11	5	4	6	8	9	1
prozentualer Anteil	17 %	46 %	21 %	17 %	25 %	33 %	38 %	4 %
partielle Arthrodesse Karpus	0	1	1	0	1	1	0	0
prozentualer Anteil	0 %	50 %	50 %	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %
insgesamt	4	12	6	4	7	9	9	1
prozentualer Anteil	15 %	46 %	23 %	15 %	27 %	35 %	35 %	4 %

Bei der Hälfte (13/26) der Patienten mit einer Arthrodesse des Karpalgelenks konnte ein vollständiger Durchbau des versteiften Gelenks festgestellt werden, bei nahezu einem Viertel (6/24) war dieser bereits zu einem Großteil fortgeschritten. Bei dem Patienten mit einer

beidseitigen Panarthrodese (Nr. 23) fand die Kontrolle bereits 6 Monate nach der Operation statt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Gelenketagen der beiden Karpalgelenke röntgenologisch noch im Durchbau begriffen. Lediglich bei 1 Patienten (Nr. 24) zeigte sich bei der Röntgenkontrolle nur eine geringe bis keine Durchbautendenz. Es handelte sich hierbei um einen der Patienten mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks. Bei ihm waren 6 Monate nach der Gelenkversteifung die Implantate wegen einer persistierenden Lahmheit im Trab entfernt worden. Dabei wurde ein subklinischer Infekt festgestellt. Lediglich bei 2 Patienten waren die Metakarpalknochen zu weniger als 50 % überdacht, jedoch konnte bei keinem dieser beiden eine spätere Metakarpalfraktur festgestellt werden. Bei allen 6 Patienten, bei denen eine Synostose der Metakarpalknochen von über 50 % festgestellt wurde, war es zu Komplikationen im Krankheitsverlauf (Implantatentfernung nach Fistelbildung, Umversorgung) gekommen. Bei 9 Hunden konnte ein deutlicher Hochstand des Os carpi accessorium festgestellt werden. Bei all diesen Patienten bestand zum Zeitpunkt der Operation ein Niederbruch mit einer Luxatio antebrachiocarpea. Bei 2 weiteren Patienten mit einer Luxatio antebrachiocarpea lag kein bzw. ein nur geringgradiger Hochstand des Os carpi accessorium vor.

4.1.1.1.6.4.2 Implantatlockerung, -bruch, Metakarpalfraktur

Tabelle 40 führt weitere anhand der Röntgenuntersuchung erhobene Befunde auf. In den sich anschließenden Tabellen 41 und 42 werden sie auf die Gesamtheit bezogen.

Tabelle 40: Implantatlockerung Karpalgelenksarthrodese Hund.

Implantatentfernung: 0 = nein, 1 = ja partiell, 2 = ja vollständig; Implantatlockerung: 0 = ja, 1 = nein; Implantatbruch: 0 = ja, 1 = nein; Stressprotektion: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zustand MC III (Os metacarpale tertium): 0 = intakt, 1 = konsolidierte Fraktur, 2 = Pseudarthrose

Patient Nr.	Implantat -			Stress- protektion	Zustand MC III
	entfernung	lockerung	bruch		
Panarthrodese Karpus					
1	1	0	1	0	0
2	1	0	1	1	0
3	2	1	1	0	0
4	0	0	1	1	0
5	0	0	1	1	0
6	2	1	1	1	0
7	2	1	1	0	0
8	0	1	1	1	0
9	0	0	1	1	0
10	2	0	1	0	0
11	2	1	1	1	0
12	2	1	1	0	0
13	0	1	0	0	0
14	0	1	1	2	0
15	2	1	1	0	0
16	0	1	1	1	0
17	0	1	1	0	0
18	1	1	0	1	2
19	2	1	1	0	0
20	1	1	0	0	0
21	2	1	1	0	2
22	2	1	1	1	0
23a	0	1	1	0	0
23b	0	1	1	0	0
partielle Arthrodese Karpus					
24	2	1	1	0	0
25	1	1	0	0	0

Tabelle 41: Implantatlockerung prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodesearc	Implantatentfernung			Implantat- lockerung		Implantat- bruch	
	nein	ja, partiell	ja, voll- ständig	ja	nein	ja	nein
Panarthrodese Karpus	10	4	10	6	18	3	21
prozentualer Anteil	42 %	17 %	42 %	25 %	75 %	13 %	88 %
partielle Arthrodesese Karpus	0	1	1	0	2	1	1
prozentualer Anteil	0 %	50 %	50 %	0 %	100 %	50 %	50 %
insgesamt	10	5	11	6	20	4	22
prozentualer Anteil	39 %	19 %	42 %	23 %	77 %	15 %	85 %

Tabelle 42: Stressprotektion prozentual Karpalgelenksarthrodese Hund.

ggr. = geringgradig, mgr. = mittelgradig, Zustand MC III = Zustand Os metacarpale tertium

Arthrodesearc	Stressprotektion			Zustand MC III	
	keine	ggr.	mgr.	intakt	Pseud- arthrose
Panarthrodese Karpus	13	10	1	22	2
prozentualer Anteil	54 %	42 %	4 %	92 %	8 %
partielle Arthrodesese Karpus	2	0	0	2	0
prozentualer Anteil	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %
insgesamt	15	10	1	24	2
prozentualer Anteil	58 %	39 %	4 %	92 %	8 %

Bei je 11 Patienten wurden die Implantate vollständig entfernt. Gründe hierfür waren unter anderem Lockerungen der Implantate (Nr.1), persistierende Lahmheiten (Nr. 18), Implantatbruch (Nr. 20). Bei 6 Patienten kam es zu einer Lockerung der Implantate. Dabei

handelte es sich mindestens um die distalste, teilweise auch um noch weitere Schrauben. Der früheste Zeitpunkt zu dem eine Schraubenlockerung festgestellt werden konnte, war 3 Monate nach Gelenkversteifung. Im spätesten Fall wurde dies 10 Jahre nach der Versteifung zum Zeitpunkt der Spätkontrolle festgestellt. Bei insgesamt 4 Patienten wurde ein Implantatversagen festgestellt. Bei 1 der Patienten kam es zum Bruch der Platte im distalen Bereich (Nr. 20). Es erfolgte eine Umversorgung. Bei Entfernung dieser Implantate konnte bereits erneut eine Fraktur der distalsten Schrauben im 3. Metakarpalknochen vermerkt werden. Auch bei den übrigen 3 Patienten mit Implantatversagen kam es zu Schraubenbrüchen. Bei 2 Hunden mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks (Nr. 13 und 18) handelte es sich um die 2 bzw. 3 distalsten Schrauben. Bei dem Hund mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks waren die beiden proximalsten Schrauben gebrochen. Bei 2 Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks konnte bei der röntgenologischen Spätkontrolle eine Pseudarthrose des 3. Metakarpalknochens festgestellt werden. Bei Patient Nr. 18 entstand diese im Zuge der Implantatentfernung 1,5 Jahre nach Versteifung. Bei Patient Nr. 21 wurde die Diagnose der Pseudarthrose 7 Monate nach Versteifung im Zuge der Implantatentfernung gestellt.

4.1.1.1.6.4.3 Arthrosen der Zehengelenke

Tabelle 43: Arthrosen der Zehengelenke Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrosen Zehengelenke (Gesamtheit der Zehengelenke): 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; 2–5 = 2. bis 5. Zehe: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig, 4 = nicht zu beurteilen (Zehe fehlt)

Patient Nr.	Arthrosen Zehen- gelenke	Zehe							
		versteifte Seite				kontralaterale Seite			
		2	3	4	5	2	3	4	5
Panarthrodese Karpus									
1	1	2	0	0	1	0	0	0	0
2	2	1	0	0	1	1	0	0	3
3	2	2	3	3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	3	0	0	0	2
5	1	0	2	1	0	0	2	1	0
6	1	0	1	1	0	0	0	0	0
7	1	0	2	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10	1	2	1	2	0	0	1	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	2	0	0	1	0	0	1
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0
15	1	2	0	0	1	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	2	0	0	1	2	0	0	1
19	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	2	2	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23b	0	0	0	0	0	0	0	0	0
partielle Arthrodese Karpus									
24	0	1	0	0	1	1	0	0	1
25	1	2	1	1	1	2	1	0	0

Bei dem überwiegenden Anteil der Patienten (54 %, 14/26) konnten geringgradige Arthrosen im Bereich der Zehengelenke festgestellt werden, diese traten vor allem an der operierten Gliedmaße auf. Die Verteilung auf die einzelnen Zehen war nahezu gleichmäßig. Die 2. Zehe war geringgradig vermehrt betroffen (2. Zehe: 46 % Arthrosen, 3. Zehe: 35 % Arthrosen, 4. Zehe 23 % Arthrosen, 5. Zehe 35 % Arthrosen). Mittelgradig ausgeprägte Arthrosen der Zehengelenke konnten bei 2 Patienten festgestellt werden. Beide Patienten waren zum Zeitpunkt der Kontrolle bereits älter als der Durchschnitt der Patienten (9,6 bzw. 11,4 Jahre alt). Bei 10 (39 %) der Patienten mit einer Arthrodese des Karpalgelenks lagen keine Arthrosen im Bereich der Zehengelenke vor.

4.1.1.1.6.4.4 Arthrosen der übrigen Gelenke

Tabelle 44: Arthrosen der übrigen Gelenke Karpalgelenksarthrodese Hund.

Arthrose kontralateraler Karpus: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig, 4 nicht zu beurteilen (beidseitige Arthrodese); Arthrosen übrige Gelenke: 0 = in keinem weiteren, 1 = in einem weiteren Gelenk, 2 = in 2 weiteren Gelenken, 3 = in 3 weiteren Gelenken, 4 = in 4 weiteren Gelenken; Seitenvergleich Arthrose: Zehen = Zehengelenke, Ellbogen = Ellbogengelenke, Schulter = Schultergelenke, 0 = keine, 1 = ipsilateral, 2 = kontralateral, 3 = beidseits (jeweils bezogen auf die Seite mit Arthrodese)

Patient Nr.	Arthrose kontralateraler Karpus	Arthrosen übrige Gelenke	Seitenvergleich Arthrose		
			Zehen	Ellbogen	Schulter
Panarthrodese Karpus					
1	0	1	1	0	0
2	1	4	2	2	0
3	1	4	1	2	0
4	3	4	3	3	3
5	2	4	3	3	3
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	0	0
8	0	0	0	2	0
9	1	4	1	2	3
10	1	4	3	3	2
11	0	1	0	1	0
12	0	4	1	2	3
13	3	4	3	0	3
14	1	3	0	2	2
15	0	1	1	0	0
16	0	1	0	0	0
17	0	1	0	1	0
18	1	3	3	0	0
19	0	2	0	1	2
20	0	3	1	0	3
21	1	1	0	0	0
22	1	1	0	0	0
23a	4	1	1	0	0
23b	4	1	2	0	0
partielle Arthrodese Karpus					
24	0	3	0	0	3
25	1	4	3	0	3

Bei allen 3 Patienten, bei denen röntgenologisch hochgradige arthrotische Veränderungen im Bereich des kontralateralen Karpalgelenks festgestellt wurden, (Hund Nr. 4, 5 und 13) war

es vorberichtlich zu einem Höhensturz gekommen. Auch bei dem überwiegenden Anteil der restlichen 10 Patienten, bei denen gering- oder mittelgradige Arthrosen in diesem Gelenk vorlagen, war die Indikation für die Arthrodese traumatisch entstanden. Konnten im Zuge der Röntgenkontrolle Arthrosen in weiteren Gelenken festgestellt werden, so beschränkten sich diese vor allem auf ein weiteres Gelenk (42 %, 11/26). Bei 9 der Patienten (35 %) waren mehr als 4 weitere Gelenke betroffen. Alle diese 9 Patienten hatten zum Zeitpunkt der Kontrolle ein Alter von über 9,2 Jahren. Das durchschnittliche Alter dieser Patientengruppe lag mit 10,5 Jahren deutlich über dem der übrigen Patienten.

Ein Vergleich hinsichtlich der Seite des Auftretens der Arthrosen wurde durchgeführt. Dabei fiel auf, dass, wenn, eine Arthrose des Ellbogengelenks vorlag (12/26, 23 %), diese vor allem im Bereich der kontralateralen Gliedmaße (6/12, 50 %), bezogen die Arthrodeseseite, auftrat. Wenn eine Arthrose im Bereich des Schultergelenks bestand (11/26, 43 %), trat diese vor allem beidseits (8/11, 31 %) auf.

4.1.1.1.6.4.5 Gesamtnote

Tabelle 45: Note Röntgenkontrolle Karpalgelenksarthrodese Hund.

1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend

Patient Nr.	Note Röntgen	Patient Nr.	Note Röntgen
Panarthrodese		Panarthrodese	
1	2	15	1
2	3	16	1
3	2	17	1
4	3	18	4
5	3	19	2
6	1	20	3
7	1	21	1
8	1	22	1
9	3	23a	1
10	3	23b	1
11	2	partielle Arthrodese Karpus	
12	2		
13	3	24	3
14	2	25	2

Tabelle 46: Note Röntgenkontrolle insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearc	Hund Karpus	Gesamt- note
Panarthrodese Karpus	N	24
	Mittelwert	2,0
	s	1,0
	Min	1
	Max	4
partielle Arthrodeses Karpus	N	2
	Mittelwert	2,5
	s	0,7
	Min	2
insgesamt	Max	3
	N	26
	Mittelwert	2,0
	s	0,4
	Min	1
	Max	4

Bei 10 Patienten ergab die Note die sich aus den einzelnen röntgenologischen Befunden errechnete, ein „sehr gut“ (10/26, 39 %). Bei 7 Patienten fiel das Ergebnis der röntgenologischen Kontrolle „gut“ (7/26, 27 %), bei 8 weiteren „befriedigend“ (8/26, 31 %) und bei einem Patienten „ausreichend“ (1/26, 4 %) aus. Bei Vergleich der Gesamtnote aller Patienten mit einer Panarthrodese ergab sich die Note $2,0 \pm 1,0$. Bei den beiden partiellen Arthrodesen die Note $2,5 \pm 0,7$.

4.1.1.1.6.5 Ganganalytische Spätkontrolle

Bei 21 der 25 Hunde mit einer Arthrodeses des Karpalgelenks war es möglich, zusätzlich zu der klinischen und röntgenologischen Kontrolle eine ganganalytische Untersuchung durchzuführen. Bei den übrigen Hunden war dies, aufgrund von vollständiger Verweigerung des Laufens auf dem Laufband oder ungleichmäßigen Laufen, nicht möglich. Bei 4 der Patienten konnten lediglich kinetische Daten gewonnen werden.

4.1.1.1.6.5.1 Kinetik

In den folgenden Tabellen werden die bei der ganganalytischen Untersuchung gewonnenen kinetischen Parameter aufgelistet.

Tabelle 47: Vertikale Spitzenkraft Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Ge- wicht (kg)	Geschwin- digkeit (m/s)	vertikale Spitzenkraft (% kg KGW)			
			op	nop	ipsi	kontra
Panarthrode Karpus						
1	25	0,74	68,5	93,0	43,0	43,3
2	39,5	0,72	60,1	60,1	36,3	35,7
3	30	0,52	73,7	69,4	48,5	42,7
4	27	0,92	49,1	47,5	37,4	36,6
5	10,3	0,54	55,1	63,0	31,9	33,2
6	41,5	0,98	57,9	58,1	43,7	46,0
7	7	0,54	63,8	62,2	36,9	35,0
8	25,2	0,88	58,5	59,1	34,1	33,1
10	23,2	0,82	61,7	65,0	23,5	24,0
11	24,4	0,86	67,3	67,4	36,0	33,7
12	27,4	1,05	64,5	70,4	34,3	37,4
13	18	0,8	53,6	52,9	34,4	39,7
14	39,5	1,02	61,8	68,1	38,3	40,8
15	30,8	0,84	53,7	54,2	41,3	44,0
16	28,7	0,66	61,4	62,4	36,3	36,8
17	15,4	0,82	52,6	50,9	36,2	36,7
18	26,6	0,82	61,1	65,5	41,4	40,0
19	28	1,1	58,0	64,3	46,1	49,0
20	27,1	0,8	51,4	52,7	43,0	43,8
21	20	0,8	60,8	58,7	40,5	45,1
partielle Arthrode Karpus						
24	27,7	0,84	60,5	59,1	33,7	43,8

Tabelle 48: Vertikale Spitzenkraft insgesamt Karpalgelenksarthrode Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	vertikale Spitzenkraft (% kg KGW)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus	N	20	20	20	20
	Mittelwert	59,7	62,2	38,2	38,8
	s	6,2	9,7	5,6	5,8
	Min	49,1	47,5	23,5	24
	Max	73,7	93	48,5	49
partielle Arthrodesese Karpus	N	1	1	1	1
	Mittelwert	60,5	59,1	33,7	43,8
	s	–	–	–	–
	Min	60,5	59,1	33,7	43,8
	Max	60,5	59,1	33,7	43,8
insgesamt	N	21	21	21	21
	Mittelwert	59,8	62,1	37,9	39,1
	s	6,0	9,5	5,5	5,7
	Min	49,1	47,5	23,5	24
	Max	73,7	93	48,5	49

Tabelle 49: Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft (%)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus				
1	27,64	37,53	17,35	17,47
2	31,27	31,27	18,89	18,57
3	31,46	29,62	20,70	18,22
4	28,78	27,84	21,92	21,45
5	30,08	34,39	17,41	18,12
6	28,15	28,25	21,24	22,36
7	32,24	31,43	18,65	17,69
8	31,66	31,98	18,45	17,91
10	35,42	37,31	13,49	13,78
11	32,93	32,97	17,61	16,49
12	31,22	34,08	16,60	18,10
13	29,68	29,29	19,05	21,98
14	29,57	32,58	18,33	19,52
15	27,80	28,05	21,38	22,77
16	31,18	31,69	18,44	18,69
17	29,82	28,85	20,52	20,80
18	29,38	31,49	19,90	19,23
19	26,68	29,58	21,21	22,54
20	26,93	27,61	22,52	22,94
21	29,64	28,62	19,75	21,99
partielle Arthrodese Karpus				
24	30,70	29,98	17,10	22,22

Tabelle 50: Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Arthrodesear	Hund Karpus	Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus	N	20	20	20	20
	Mittelwert	30,08	31,22	19,17	19,53
	s	2,16	2,95	2,14	2,48
	Min	26,68	27,61	13,49	13,78
	Max	35,42	37,53	22,52	22,94
partielle Arthrodes Karpus	N	1	1	1	1
	Mittelwert	30,70	29,98	17,10	22,22
	s	–	–	–	–
	Min	30,70	29,98	17,10	22,22
	Max	30,70	29,98	17,10	22,22
insgesamt	N	21	21	21	21
	Mittelwert	30,10	31,16	19,07	19,66
	s	2,11	2,89	2,13	2,49
	Min	26,68	27,61	13,49	13,78
	Max	35,42	37,53	22,52	22,94

Wie in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben, wurden aus den gewonnenen maximalen Werten für die vertikalen Bodenreaktionskräfte die Symmetrieindices für die einzelnen Patienten berechnet und überprüft, ob anhand der vorliegenden „cut-off“-Werte der gesunden Vergleichspopulation eine Lahmheit des jeweiligen Abschnitts vorliegt oder nicht.

Tabelle 51: Symmetrieindex vertikale Spitzenkraft Karpalgelenksarthrodese Hund.

PVF = vertikale Spitzenkraft, VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Patient Nr.	Symmetrieindex PVF		Lahmheit Symmetrieindex PVF	
	VGLM	HGLM	VGLM	HGLM
Panarthrodese Karpus				
1	30,34	0,70	1	0
2	0,00	1,67	0	0
3	6,01	12,72	0	1
4	3,31	2,16	0	0
5	13,38	3,99	1	0
6	0,34	5,13	0	0
7	2,54	5,29	0	0
8	1,02	2,98	0	0
10	5,21	2,11	0	0
11	0,15	6,60	0	0
12	8,75	8,65	1	0
13	1,31	14,30	0	1
14	9,70	6,32	1	0
15	0,93	6,33	0	0
16	1,62	1,37	0	0
17	3,29	1,37	0	0
18	6,95	3,44	1	0
19	10,30	6,10	1	0
20	2,50	1,84	0	0
21	3,51	10,75	0	1
partielle Arthrodese Karpus				
24	2,34	26,06	0	1

Tabelle 52: Lahmheit Symmetrieindex vertikale Spitzenkraft Karpalgelenksarthrodese Hund.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, PVF = vertikale Spitzenkraft, VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Arthrodeseart	Lahmheit Symmetrieindex PVF			
	VGLM		HGLM	
	ja	nein	ja	nein
Karpus pan	6	14	3	17
Karpus part	0	1	1	0
insgesamt	6	15	4	17

Tabelle 53: Impuls Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Impuls (% kg KGW * s)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus				
1	19,79	22,41	12,95	13,19
2	21,15	23,65	12,54	12,07
3	29,11	28,61	15,95	15,41
4	14,99	15,67	14,23	14,34
5	14,36	21,64	11,07	11,79
6	18,69	20,43	12,56	12,92
7	18,67	21,24	11,75	11,09
8	20,09	22,13	11,34	10,55
10	18,33	20,83	10,89	12,12
11	21,67	26,42	10,40	11,06
12	19,58	23,00	11,13	11,20
13	18,34	19,24	9,31	9,22
14	20,46	27,06	13,15	14,70
15	14,25	22,22	13,04	14,97
16	17,93	18,42	12,83	13,93
17	15,40	17,68	11,84	13,25
18	17,47	18,13	13,26	15,75
19	15,14	21,38	15,54	16,86
20	16,19	20,71	13,75	15,63
21	19,00	21,40	11,30	12,70
partielle Arthrodeze Karpus				
24	20,26	22,09	8,57	12,44

Tabelle 54: Impuls insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Impuls (% kg KGW * s)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus	N	20	20	20	20
	Mittelwert	18,53	21,61	12,44	13,14
	s	3,36	3,17	1,66	2,03
	Min	14,25	15,67	9,31	9,22
	Max	29,11	28,61	15,95	16,86
partielle Arthrodesese Karpus	N	1	1	1	1
	Mittelwert	20,26	22,09	8,57	12,44
	s	–	–	–	–
	Min	20,26	22,09	8,57	12,44
	Max	20,26	22,09	8,57	12,44
insgesamt	N	21	21	21	21
	Mittelwert	18,61	21,64	12,26	13,10
	s	3,29	3,09	1,82	1,99
	Min	14,25	15,67	8,57	9,22
	Max	29,11	28,61	15,95	16,86

Tabelle 55: Gewichtsverteilung Impuls Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Gewichtsverteilung Impuls (%)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus				
1	28,96	32,79	18,96	19,30
2	30,47	34,07	18,07	17,39
3	32,68	32,12	17,91	17,30
4	25,31	26,45	24,02	24,21
5	24,39	36,76	18,81	20,03
6	28,93	31,63	19,44	20,00
7	29,75	33,85	18,72	17,68
8	31,34	34,52	17,68	16,46
10	29,48	33,51	17,51	19,50
11	31,15	37,99	14,95	15,90
12	30,17	35,43	17,15	17,26
13	32,69	34,29	16,59	16,43
14	27,14	35,91	17,44	19,51
15	22,10	34,46	20,23	23,22
16	28,41	29,19	20,33	22,07
17	26,48	30,40	20,35	22,77
18	27,04	28,06	20,52	24,38
19	21,97	31,02	22,55	24,47
20	24,43	31,24	20,75	23,58
21	29,50	33,23	17,55	19,72
partielle Arthrodesse Karpus				
24	31,98	34,86	13,53	19,63

Tabelle 56: Gewichtsverteilung Impuls insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße, N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearc	Hund Karpus	Gewichtsverteilung Impuls (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodes Karpus	N	20	20	20	20
	Mittelwert	28,12	32,85	18,98	20,06
	s	3,19	2,90	2,11	2,92
	Min	21,97	26,45	14,95	15,90
partielle Arthrodes Karpus	Max	32,69	37,99	24,02	24,47
	N	1	1	1	1
	Mittelwert	31,98	34,86	13,53	19,63
	s	—	—	—	—
insgesamt	Min	31,98	34,86	13,53	19,63
	Max	31,98	34,86	13,53	19,63
	N	21	21	21	21
	Mittelwert	28,30	32,94	18,72	20,04
	s	3,22	2,86	2,38	2,85
	Min	21,97	26,45	13,53	15,90
	Max	32,69	37,99	24,02	24,47

Aus den Werten des Impulses der vertikalen Bodenreaktionskraft wurden ebenfalls die Symmetrieindices der einzelnen Patienten berechnet und anhand der „cut-off“-Werte überprüft, ob eine Lahmheit vorliegt oder nicht.

Tabelle 57: Symmetrieindex Impuls Karpalgelenksarthrodese Hund.

VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Patient Nr.	Symmetrieindex Impuls		Lahmheit Symmetrieindex Impuls	
	VGLM	HGLM	VGLM	HGLM
Panarthrodese Karpus				
1	12,40	1,79	1	0
2	11,16	3,85	1	0
3	1,73	3,45	0	0
4	4,40	0,80	0	0
5	40,45	6,29	1	0
6	8,93	2,88	1	0
7	12,92	5,71	1	0
8	9,67	7,20	1	0
10	12,78	10,72	1	1
11	19,78	6,18	1	0
12	16,05	0,65	1	0
13	4,76	0,95	0	0
14	27,80	11,16	1	1
15	43,71	13,78	1	1
16	2,70	8,19	0	0
17	13,78	11,22	1	1
18	3,72	17,18	0	1
19	34,14	8,15	1	0
20	24,45	12,76	1	1
21	11,88	11,67	1	1
partielle Arthrodese Karpus				
24	8,64	36,82	0	1

Tabelle 58: Lahmheit Symmetrieindex Impuls Karpalgelenksarthrodese Hund.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Arthrodeseart	Lahmheit Symmetrieindex Impuls			
	VGLM		HGLM	
	ja	nein	ja	nein
Karpus pan	15	5	7	13
Karpus part	0	1	1	0
insgesamt	15	6	8	13

Tabelle 59: Standphasendauer Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Standphasendauer (%)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus				
1	67,8	60,5	66,2	67,3
2	71,4	75,6	68,0	68,5
3	77,7	78,0	72,8	71,3
4	66,0	66,3	74,5	75,0
5	60,3	70,5	68,5	69,5
6	67,5	69,3	65,5	66,0
7	65,3	68,5	65,7	65,3
8	70,5	72,6	65,5	65,5
10	66,8	66,2	42,7	44,2
11	69,0	72,6	64,0	67,3
12	66,5	70,2	50,2	49,5
13	68,5	70,5	61,0	59,3
14	70,6	74,9	68,3	69,8
15	64,2	74,7	69,0	71,8
16	68,3	69,3	69,7	72,0
17	66,9	68,5	51,2	54,1
18	62,8	62,3	68,8	72,3
19	61,8	69,0	66,3	67,3
20	69,3	74,3	66,3	70,3
21	68,5	70,8	63,6	66,8
partielle Arthrodeze Karpus				
24	69,0	71,0	62,5	69,8

Tabelle 60: Standphasendauer insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Standphasendauer (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Karpus	N	20	20	20	20
	Mittelwert	67,5	70,2	64,4	65,7
	s	3,8	4,3	7,8	8,0
	Min	60,3	60,5	42,7	44,2
	Max	77,7	78,0	74,5	75,0
partielle Arthrodesese Karpus	N	1	1	1	1
	Mittelwert	69,0	71,0	62,5	69,8
	s	–	–	–	–
	Min	69,0	71,0	62,5	69,8
	Max	69,0	71,0	62,5	69,8
insgesamt	N	21	21	21	21
	Mittelwert	67,6	70,3	64,3	65,9
	s	3,7	4,2	7,6	7,8
	Min	60,3	60,5	42,7	44,2
	Max	77,7	78,0	74,5	75,0

4.1.1.1.6.5.2 Kinematik

Von Patient Nr. 1, 4 und 7 konnten lediglich die kinetischen Daten zur Auswertung herangezogen werden. Von Patient Nr. 23 und 25 wiederum waren lediglich die kinematischen Daten auswertbar. Aufgrund der Tatsache, dass Patient Nr. 23 eine beidseitige Arthrodese der Karpalgelenke aufwies, lag keine gesunde Gliedmaße zum Vergleich vor. Aus diesem Grund wurden die rechte und linke Seite jeweils gesondert als operierte Gliedmaße betrachtet (Nr. 23a und 23b).

Tabelle 61: Schultergelenkwinkel Maximum Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Hintergliedmaße, kontra = kontralaterale Hintergliedmaße

Patient Nr.	Schultergelenks- winkel Maximum (Grad)		Patient Nr.	Schultergelenks- winkel Maximum (Grad)	
	op	nop		op	nop
Panarthrodese Karpus			Panarthrodese Karpus		
2	148,9	139,6	16	164,6	137,9
3	168,2	182,7	17	131,3	140,3
5	143,3	103,2	18	138,8	147,4
6	169,2	146,7	19	140,5	139,0
8	179,3	161,5	20	135,1	149,4
10	163,2	148,4	21	164,5	155,7
11	170,5	145,9	23a	131,0	–
12	146,7	145,8	23b	132,5	–
13	156,8	133,4	partielle Arthrodesse Karpus		
14	124,1	133,4	24	137,2	151,9
15	136,1	152,5	25	147,1	132,5

Tabelle 62: Schultergelenkswinkel Maximum insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodeseart	Hund Karpus	Schultergelenk	
		Maximum (Grad)	
		op	nop
Panarthrodese Karpus	N	19	17
	Mittelwert	149,7	144,9
	s	16,6	15,9
	Min	124,1	103,2
	Max	179,3	182,7
partielle Arthrodesse Karpus	N	2	2
	Mittelwert	142,1	142,2
	s	7,0	13,7
	Min	137,2	132,5
	Max	147,1	151,9
insgesamt	N	21	19
	Mittelwert	149,0	144,6
	s	16,0	15,4
	Min	124,1	103,2
	Max	179,3	182,7

Tabelle 63: Schultergelenkswinkel Minimum Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	Schultergelenk- winkel Minimum (Grad)		"time of occurrence" Schultergelenk- winkel Minimum	
	op	nop	op	nop
Panarthrodese Karpus				
2	110,0	107,4	78,1	76,6
3	117,1	139,7	80,5	78,5
5	106,0	82,4	72,0	77,0
6	117,6	113,8	74,5	73,3
8	131,6	120,7	73,0	69,0
10	127,2	122,7	70,8	75,5
11	114,0	103,6	76,8	78,5
12	107,0	110,3	74,2	51,8
13	122,8	101,7	76,5	83,3
14	93,4	101,9	75,0	75,5
15	110,0	123,9	74,2	75,7
16	116,6	109,7	70,0	62,8
17	91,4	104,5	77,1	69,5
18	106,1	107,6	73,8	72,6
19	104,6	114,5	79,8	70,8
20	101,6	110,1	74,5	75,0
21	107,0	108,5	78,0	79,0
23a	102,6	—	73,5	—
23b	101,0	—	79,0	—
partielle Arthrodese Karpus				
24	107,5	115,9	72,0	81,3
25	115,2	100,6	78,0	69,5

Tabelle 64: Schultergelenkswinkel Minimum insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Karpus	Schultergelenk			
		Minimum (Grad)		"time of occurrence" Minimum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodes Karpus	N	19	17	19	17
	Mittelwert	109,9	110,8	75,3	73,2
	s	10,5	12,1	3,0	7,3
	Min	91,4	82,4	70,0	51,8
	Max	131,6	139,7	80,5	83,3
partielle Arthrodes Karpus	N	2	2	2	2
	Mittelwert	111,4	108,3	75,0	75,4
	s	5,4	10,8	4,3	8,4
	Min	107,5	100,6	72,0	69,5
	Max	115,2	115,9	78,0	81,3
insgesamt	N	21	19	21	19
	Mittelwert	110,0	110,5	75,3	73,4
	s	10,1	11,7	3,0	7,2
	Min	91,4	82,4	70,0	51,8
	Max	131,6	139,7	80,5	83,3

Tabelle 65: „range of motion“-Schultergelenk Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	„range of motion“- Schultergelenk (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	
Panarthrodese Karpus			
2	39,0	32,1	6,9
3	51,0	43,0	8,0
5	37,2	20,8	16,4
6	51,6	32,9	18,7
8	47,7	40,8	6,9
10	36,1	25,7	10,3
11	56,5	42,3	14,2
12	39,7	35,5	4,2
13	34,0	31,8	2,2
14	30,7	31,5	-0,8
15	26,2	28,6	-2,4
16	48,0	28,2	19,8
17	39,9	35,8	4,1
18	32,7	39,8	-7,1
19	35,9	24,6	11,3
20	33,5	39,3	-5,8
21	57,5	47,2	10,3
23a	28,4	—	—
23b	31,5	—	—
partielle Arthrodese Karpus			
24	29,7	36,1	-6,4
25	31,9	31,9	0,0

Tabelle 66: „range of motion“-Schultergelenk insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Schultergelenk		
		„range of motion“ (Grad)		Differenz (Grad)
		op	nop	
Panarthrodes Karpus	N	19	17	17
	Mittelwert	39,8	34,1	6,9
	s	9,5	7,3	8,0
	Min	26,2	20,8	-7,1
	Max	57,5	47,2	19,8
partielle Arthrodes Karpus	N	2	2	2
	Mittelwert	30,8	34,0	-3,2
	s	1,5	2,9	4,5
	Min	29,7	31,9	-6,4
insgesamt	Max	31,9	36,1	-0,1
	N	21	19	19
	Mittelwert	39,0	34,1	5,8
	s	9,4	6,9	8,3
	Min	26,2	20,8	-7,1
	Max	57,5	47,2	19,8

Tabelle 67: Ellbogengelenkswinkel Maximum Karpalgelenksarthrodes Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	Ellbogengelenks- winkel Maximum (Grad)	„time of occurrence“	
		op	nop
Panarthrodese Karpus			
2	164,3	151,7	66,25
3	152,4	163,5	71
5	149,3	144,8	56,5
6	155,9	139,1	65,75
8	152,9	147,1	62,5
10	152,7	150,1	61,5
11	153,0	148,4	66
12	162,3	161,3	63,5
13	170,1	161,8	63,5
14	146,0	148,4	64,25
15	147,0	145,6	58,5
16	142,2	142,8	58,33
17	146,0	154,3	63,75
18	167,5	170,7	61,875
19	132,4	143,2	56,8
20	145,2	150,1	64,5
21	146,7	134,3	68
23a	127,4	–	68
23b	135,8	–	57,5
partielle Arthrodese Karpus			
24	133,4	144,5	62,17
25	132,5	135,8	60,557
			60,978

Tabelle 68: Ellbogengelenkswinkel Maximum insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Karpus	Ellbogengelenk			
		Maximum (Grad)		„time of occurrence“ Maximum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodes Karpus	N	19	17	19	17
	Mittelwert	150,0	150,4	63,1	63,3
	s	11,3	9,4	4,1	4,5
	Min	127,4	134,3	56,5	55,5
	Max	170,1	170,7	71,0	70,0
partielle Arthrodes Karpus	N	2	2	2	2
	Mittelwert	133,0	140,1	61,4	63,2
	s	0,6	6,1	1,1	3,2
	Min	132,5	135,8	60,6	61,0
	Max	133,4	144,5	62,2	65,5
insgesamt	N	21	19	21	19
	Mittelwert	148,3	149,3	62,9	63,3
	s	11,9	9,6	3,9	4,3
	Min	127,4	134,3	56,5	55,5
	Max	170,1	170,7	71,0	70,0

Tabelle 69: Ellbogengelenkswinkel Minimum Karpalgelenksarthrodes Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	Ellbogengelenkswinkel Minimum (Grad)		„time of occurrence“- Ellbogengelenkswinkel Minimum	
	op	nop	op	nop
Panarthrodese Karpus				
2	112,1	91,5	86,6	87,3
3	104,8	118,2	88,5	87,5
5	112,7	94,6	82,0	86,0
6	103,4	87,1	84,0	89,0
8	112,5	96,0	83,0	80,5
10	101,1	89,4	82,3	79,8
11	110,8	94,9	86,6	90,1
12	102,5	94,1	85,3	86,2
13	119,7	105,0	89,0	88,3
14	94,5	90,5	86,5	87,3
15	101,3	82,0	85,5	88,5
16	96,7	87,0	79,3	78,3
17	104,7	106,8	85,5	85,5
18	124,5	112,3	81,9	80,9
19	89,4	87,2	82,7	84,2
20	93,6	84,0	83,3	86,3
21	96,0	73,5	84,0	82,5
23a	94,3	—	85,5	—
23b	101,4	—	73,5	—
partielle Arthrodese Karpus				
24	84,1	94,9	89,2	88,5
25	83,0	82,8	85,6	84,5

Tabelle 70: Ellbogengelenkswinkel Minimum insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Ellbogengelenk			
		Minimum (Grad)		„time of occurrence“ Minimum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodes Karpus	N	19	17	19	17
	Mittelwert	104,0	93,8	83,9	85,2
	s	9,4	11,3	3,5	3,5
	Min	89,4	73,5	73,5	78,3
	Max	124,5	118,2	89,0	90,1
partielle Arthrodes Karpus	N	2	2	2	2
	Mittelwert	83,5	88,9	87,4	86,5
	s	0,8	8,5	2,5	2,8
	Min	83,0	82,8	85,6	84,5
	Max	84,1	94,9	89,2	88,5
insgesamt	N	21	19	21	19
	Mittelwert	102,0	93,3	84,3	85,3
	s	10,8	11,0	3,5	3,4
	Min	83,0	73,5	73,5	78,3
	Max	124,5	118,2	89,2	90,1

Tabelle 71: „range of motion“-Ellbogengelenk Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	„range of motion“ - Ellbogengelenk (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	
Panarthrodese Karpus			
2	52,1	60,2	8,1
3	47,6	45,3	2,3
5	36,6	50,2	-13,6
6	52,5	52,1	0,4
8	40,3	51,1	-10,8
10	51,7	60,7	-9,0
11	42,2	53,4	11,2
12	59,8	67,2	-7,4
13	50,4	56,8	-6,3
14	51,5	57,8	-6,3
15	45,7	63,6	-17,9
16	45,5	55,7	-10,2
17	41,4	47,5	-6,1
18	43,0	58,3	-15,4
19	43,0	56,0	-13,0
20	51,6	66,1	-14,5
21	50,7	60,7	-10,0
23a	33,1	-	-
23b	34,4	-	-
partielle Arthrodese Karpus			
24	49,3	49,6	-0,3
25	49,6	53,0	-3,4

Tabelle 72: „range of motion“-Ellbogengelenk insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Ellbogengelenk			Differenz (Grad)	
		„range of motion“ (Grad)				
		op	nop			
Panarthrodese Karpus	N	19	17	17		
	Mittelwert	46,0	56,6	-7,0		
	s	7,0	6,2	8,2		
	Min	33,1	45,3	-17,9		
	Max	59,8	67,2	11,2		
partielle Arthrodes Karpus	N	2	2	2		
	Mittelwert	49,4	51,3	-1,8		
	s	0,2	2,4	2,2		
	Min	49,3	49,6	-3,4		
	Max	49,6	53,0	-0,3		
insgesamt	N	21	19	19		
	Mittelwert	46,3	56,1	-6,4		
	s	6,7	6,1	7,9		
	Min	33,1	45,3	-17,9		
	Max	59,8	67,2	11,2		

Für die Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks entspricht der Maximalwinkel des Karpalgelenks der operierten Gliedmaße dem Versteifungswinkel. Ein Minimalwinkel des Karpalgelenks liegt für diese Patienten nicht vor.

Tabelle 73: Karpalgelenkswinkel Maximum Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	Karpalgelenkwinkel Maximum		„time of occurrence“- Karpalgelenkwinkel Maximum	
	op	nop	op	nop
Panarthrodese Karpus				
2	207,8	200,4	–	20,6
3	201,1	223,0	–	55,0
5	178,0	195,1	–	28,5
6	215,2	222,0	–	17,5
7	208,3	197,4	–	17,4
8	215,6	209,3	–	14,5
10	189,6	197,7	–	11,8
11	192,0	190,7	–	10,8
12	188,8	204,9	–	17,0
13	191,8	198,5	–	–
14	199,5	208,0	–	11,5
15	195,7	191,4	–	15,0
16	189,7	210,9	–	10,3
17	201,4	195,1	–	54,6
18	215,9	199,8	–	40,4
19	187,2	203,3	–	13,0
20	200,1	227,9	–	19,3
21	205,5	203,8	–	21,0
23a	183,6	–	–	–
23b	200,1	–	–	–
partielle Arthrodese Karpus				
24	195,1	199,8	21,3	11,1
25	173,6	176,3	17,4	8,8

Im Fall von Patient Nr. 13 war, aufgrund des deutlich eingeschränkten Bewegungsumfangs des kontralateralen Karpalgelenks sowie stark ausgeprägtem Fellwuchs, eine Differenzierung und Ermittlung der „time of occurrences“ der jeweiligen Maxima und Minima der Winkel nicht möglich. Deswegen fehlen diese Werte für den Patienten vollständig.

Tabelle 74: Karpalgelenkwinkel Minimum Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	Karpalgelenkwinkel Minimum (Grad)		„time of occurrence“- Karpalgelenkwinkel Minimum	
	op	nop	op	nop
Panarthrodese Karpus				
2	–	110,1	–	82,0
3	–	122,7	–	82,0
5	–	128,8	–	84,5
6	–	106,4	–	80,3
7	–	82,7	–	68,5
8	–	110,8	–	73,0
10	–	129,9	–	71,5
11	–	111,1	–	82,0
12	–	115,8	–	78,8
13	–	188,7	–	–
14	–	103,7	–	81,0
15	–	106,0	–	79,0
16	–	108,8	–	70,7
17	–	94,7	–	76,9
18	–	125,5	–	77,4
19	–	99,8	–	76,7
20	–	99,6	–	80,0
21	–	110,0	–	77,0
partielle Arthrodeze Karpus				
24	154,4	121,9	70,2	79,8
25	124,9	118,6	72,8	77,6

Tabelle 75: „range of motion“-Karpalgelenk Karpalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Vordergliedmaße, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Patient Nr.	„range of motion“-Karpalgelenk (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	
Panarthrodese Karpus			
2	0	90,3	-90,3
3	0	100,2	-100,2
5	0	66,3	-66,3
6	0	115,6	-115,6
7	0	114,7	-114,7
8	0	98,5	-98,5
10	0	67,8	-67,8
11	0	79,6	-79,6
12	0	89,1	-89,1
13	0	9,8	-9,8
14	0	104,3	-104,3
15	0	85,4	-85,4
16	0	102,1	-102,1
17	0	100,4	-100,4
18	0	74,3	-74,3
19	0	103,5	-103,5
20	0	128,3	-128,3
21	0	93,8	-93,8
partielle Arthrodeze Karpus			
24	40,7	77,9	-37,2
25	48,7	57,8	-9,1

Tabelle 76: Karpalgelenkswinkel insgesamt Karpaarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Karpalgelenk			
		Max nop (Grad)	Min nop (Grad)	„time of occurrence“	
	N	18	18	17	17
Panarthrodese Karpus	Mittelwert	204,4	114,2	22,2	77,7
	s	10,8	22,1	14,3	4,5
	Min	190,7	82,7	10,3	68,5
	Max	227,9	188,7	55,0	84,5
partielle Arthrodesese Karpus	N	2	2	2	2
	Mittelwert	188,1	120,2	10,0	78,7
	s	16,6	2,4	1,6	1,6
	Min	176,3	118,6	8,8	77,6
insgesamt	Max	199,8	121,9	11,1	79,8
	N	20	20	19	19
	Mittelwert	202,8	114,8	20,9	77,8
	s	12,0	21,0	14,0	4,3
	Min	176,3	82,7	8,8	68,5
	Max	227,9	188,7	55,0	84,5

Tabelle 77: „range of motion“-Karpalgelenk insgesamt Karpalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, nop = nicht operierte Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Karpus	Karpalgelenk	
		„range of motion“ nop (Grad)	Differenz (Grad)
Panarthrodese Karpus	N	18	18
	Mittelwert	90,2	-90,2
	s	25,9	25,9
	Min	9,8	-128,3
partielle Arthrodesese Karpus	Max	128,3	-9,8
	N	2	2
	Mittelwert	67,8	-23,1
	s	14,2	19,9
insgesamt	Min	57,8	-37,2
	Max	77,9	-9,1
	N	20	20
	Mittelwert	88,0	-83,5
	s	25,7	32,4
	Min	9,8	-128,3
	Max	128,3	-9,1

4.1.1.6.5.3 Statistische Beurteilung

Die Werte der operierten bzw. ipsilateralen Gliedmaße wurden jeweils mit den Werten der nicht operierten bzw. kontralateralen Gliedmaße verglichen und auf signifikante Unterschiede untersucht. Da hierfür zahlreiche Parallelvergleiche vorgenommen wurden, erfolgte eine Adjustierung des Signifikanzniveaus nach Bonferroni-Holm. Im Anschluss an diese Anpassung bestand noch für folgende Parameter ein signifikanter Unterschied, der in Tabelle 78 dargestellt wird.

Tabelle 78: Signifikanz Ganganalyse Karpalgelenksarthrodese.

Ellb min op/nop: Ellbogengelenkwinkel Minimum operiert/nicht operiert , Ellb ROM op/nop: „range of motion“ Ellbogengelenk operiert/nicht operiert, Imp op/nop: Impuls operiert/nicht operiert, GW Imp op/nop: Gewichtsverteilung in Bezug auf den Impuls operiert/nicht operiert

Kinetische und Kinematische Parameter	Ellb min op - Ellb min nop	Ellb ROM op - Ellb ROM nop	Imp op - Imp nop	GW Imp op - GW Imp nop
p	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028

Lagen keine normalverteilten Daten vor, wurde alternativ zum T-Test für verbundene Stichproben der Wilcoxon Test durchgeführt. Auf diese Weise konnte ein signifikanter Unterschied für die Dauer der Standphase in Relation zum Gesamtschritt zwischen operierter und nicht operierter Gliedmaße (SD % op – SD % nop) festgestellt werden (p < 0,001 im exakten Wilcoxon-Test).

4.1.1.7 Komplikationen

Tabelle 79: Komplikationen Karpalgelenksarthrodese Hund.

Druckstellen/Wundheilungsstörung/Implantatlockerung/Implantatbruch/Umversorgung: 0 =ja, 1 = nein; Metakarpalfraktur: 0 = nein; 1 = ja, konsolidierte Fraktur; 2 = ja, Pseudarthrose

Patient Nr.	Druckstellen	Wundheilungsstörung	Implantat-lockerung	Implantat-bruch	Metakarpalfraktur	Umversorgung
Panarthrodese Karpus						
1	1	0	0	1	0	0
2	1	0	0	1	0	1
3	1	0	0	1	0	1
4	1	0	0	1	0	1
5	1	1	1	1	0	1
6	1	0	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	1
8	0	1	1	1	0	1
9	1	1	0	1	0	1
10	1	0	0	1	0	1
11	1	0	1	1	0	1
12	1	1	0	1	0	1
13	1	1	1	0	0	1
14	0	1	1	1	0	1
15	0	0	0	1	0	1
16	1	1	1	1	0	1
17	1	1	1	1	0	1
18	1	1	1	0	2	1
19	1	1	1	1	0	1
20	1	1	1	0	0	0
21	0	1	1	1	2	1
22	1	1	1	1	0	1
23a	0	1	1	1	0	1
23b	1	1	1	1	0	1
partielle Arthrodese Karpus						
24	1	0	1	1	0	1
25	1	1	0	0	0	1

Bei 5 der 23 Hunde (21 %) mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks kam es zu Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung. Dies war bei keiner der partiellen Arthrodessen der Fall. Wundheilungsstörungen traten bei 8 der 23 Hunde (33 %) mit Panarthrodessen und 1 der 2 Hunde mit partiellen Arthrodessen des Karpalgelenks auf. In 10 der 25 Fälle (39 %) (davon eine partielle Arthrodese) kam es zu einer Lockerung der Implantate. In 9 der 25 Fälle (36 %) wurde eine Infektion festgestellt. 4-mal (16 %) kam es zu einem Implantatbruch, darunter war 1 Patient mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks. Bei 2 Patienten (8 %) musste eine Umversorgung vorgenommen werden.

4.1.1.2 Tarsalgelenksarthroesen

4.1.1.2.1 Häufigkeit

Unter den insgesamt 113 Hunden, die wegen einer Arthrodese im untersuchten Zeitraum behandelt wurden, waren 32 Hunde, die eine Arthrodese des Tarsalgelenks aufwiesen. Von 15 dieser Patienten konnte keinerlei Kontrolluntersuchung durchgeführt werden. In 7 Fällen war eine Überprüfung des Langzeitergebnisses ausschließlich anhand einer Befragung der Besitzer möglich. 10 Besitzer stellten ihren Hund zu einer Überprüfung des Langzeitergebnisses in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München vor. Hierbei handelte es sich in 6 Fällen um Panarthroesen und in 4 Fällen um partielle Arthroesen. Bei 9 dieser Patienten war eine ganganalytische Untersuchung möglich.

4.1.1.2.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung

4.1.1.2.2.1 Altersverteilung

Im Durchschnitt waren die Hunde, die eine Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten, zum Zeitpunkt der Operation $2,9 \pm 1,9$ Jahre alt (Panarthrodese $3,8 \pm 1,9$ Jahre). Der jüngste Patient war 0,5, der älteste 7,3 Jahre alt (Panarthrodese 2,0 bzw. 7,3 Jahre). Die gesonderte Betrachtung der partiellen und Panarthroesen ergibt die in Tabelle 80 dargestellte Verteilung:

Tabelle 80: mittleres Alter bei Operation Tarsalgelenksarthrodese Hund.

pan = Panarthrodese, partiell = partielle Arthrodese, Min = Minimum, Max = Maximum

Alter bei Operation	Arthrodese Tarsus		
	pan	partiell	insgesamt
Mittelwert	3,8	1,56	2,9
Min	2,0	0,5	0,5
Max	7,3	2,5	7,3

Die Tabellen 81 und 82 listen das Alter der einzelnen Patienten zum Zeitpunkt der Operation sowie die prozentuale Verteilung auf.

Tabelle 81: Alter bei Operation Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Alter bei Operation	Patient Nr.	Alter bei Operation
Panarthrodese Tarsus		partielle Arthrodese Tarsus	
26	2,8	32	1,3
27	3,1	33	2,5
28	2,0	34	1,9
29	7,3	35	0,5
30	5,5	–	–
31	2,1	–	–

Tabelle 82: Altersverteilung Tarsalgelenksarthrodese Hund.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Alters- verteilung	Tarsus					
	pan	%	part	%	insgesamt	%
< 1	0	0	1	25	1	10
1,1–2	0	0	2	50	2	20
2,1–3	3	50	1	25	4	40
3,1–4	1	17	0	0	1	10
5,1–6	1	17	0	0	1	10
7,1–8	1	17	0	0	1	10
insgesamt	6	100	4	100	10	100

Sämtliche Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks (4/4) waren zum Zeitpunkt der Operation jünger als 3 Jahre. Von den 6 Hunden, die eine Panarthrodese des Tarsalgelenks erhielten, waren zum Zeitpunkt der Operation 3 zwischen 2,1 und 3 Jahren alt.

4.1.1.2.2 Geschlechtsverteilung

Von den 10 Hunden mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks waren 5 männlich intakt (50 %), 3 männlich kastriert (30 %), 1 der Hunde war weiblich intakt (10 %) und 1 Hund war weiblich kastriert (10 %).

Bei alleiniger Betrachtung der Panarthrodesen war 1 Hund männlich intakt (16,7 %), 3 Hunde männlich kastriert (50 %), und je 1 Hund war weiblich intakt (16,7 %) und 1 Hund weiblich kastriert (16,7 %). Die partiellen Arthrodesen des Tarsalgelenks waren allesamt männlich intakt (100 %).

4.1.1.2.2.3 Rasseverteilung

Bei je 2 (20 %) der Hunde mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks handelte es sich um Mischlinge bzw. Labrador Retriever, die übrigen Rassen waren jeweils nur durch 1 Patienten vertreten (10 %). Wie auch bei den Hunden, die eine Karpalgelenksarthrodese erhielten, handelte es sich um überwiegend großwüchsige Hunde. Das durchschnittliche Gewicht betrug $24,2 \pm 9,5$ kg.

Tabelle 83: Rasseverteilung Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Rasse	Patienten
Mischling	2
Labrador Retriever	2
Australian Sheperd	1
Barsoi	1
Chihuahua	1
Deutsch Kurzhaar	1
Golden Retriever	1
Zwergschnauzer	1

4.1.1.2.3 Ausgangssituation

Tabelle 84: Ausgangssituation Tarsalgelenksarthrodese Hund.

akut/nicht akut: 0 = nein, nicht akut; 1 = ja, akut; Vorbericht: 0 = Unfall; 1 = angeboren, degenerativ; 2 = unbekannt; konservative/operative Vorbehandlung: 0 = nein, 1 = ja, 2 = keine Angabe

Patient Nr.	akut/nicht akut	Vorbericht	Vorbehandlung	
			konservativ	operativ
Panarthrodese Tarsus				
26	0	0	0	0
27	0	1	1	1
28	0	2	1	1
29	1	0	0	1
30	0	1	0	0
31	0	0	1	0
partielle Arthrodese Tarsus				
32	1	0	1	0
33	0	1	1	0
34	1	0	0	0
35	1	0	0	0

Tabelle 85: Ausgangssituation prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	akut/nicht akut		Vorbericht		
	ja	nein	Unfall	angeboren/ degenerativ	unbe- kannt
Panarthrodese Tarsus	1	5	3	2	1
prozentualer Anteil	17 %	83 %	50 %	33 %	17 %
partielle Arthrodese Tarsus	3	1	3	1	0
prozentualer Anteil	75 %	25 %	75 %	25 %	0 %
insgesamt	5	5	6	3	1
prozentualer Anteil	40 %	60 %	60 %	30 %	10 %

Bei nur 1 der 6 Hunde, die eine Panarthrodese des Tarsalgelenks erhielten, war der Grund für die Vorstellung in der Klinik akut aufgetreten (Nr. 29, Autounfall). Bei den übrigen 5 Patienten bestand die Problematik zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung bereits seit längerem (2 x Bissverletzung, 3 x unbekannt), sodass bereits degenerative Veränderungen des betroffenen Tarsalgelenks von unterschiedlichem Ausmaß vorlagen. Von diesen 5 Hunden litten 2 (Nr. 28 und 31) bereits an einer ausgeprägten Muskelatrophie. Bei 3 der Patienten war bereits eine konservative Behandlung vorgenommen worden. In ebenso vielen Fällen hatte bereits eine chirurgische Versorgung des Gelenks stattgefunden.

Bei 3 der 4 Patienten mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks war ein Unfall der Auslöser für die Schädigung des betroffenen Gelenks (1 x Autounfall, 2 x Ausgleiten). Bei allen 3 lag dieser Unfall zum Zeitpunkt der Vorstellung nicht länger als 2 Wochen zurück. Bei 2 Patienten mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks war vor der Versteifung des Gelenks bereits eine Vorbehandlung mit Verbänden erfolgt. Bei keinem dieser Patienten hatte vor der Arthrodese eine chirurgische Vorbehandlung des betroffenen Gelenks stattgefunden.

4.1.1.2.4 Diagnose und Behandlung

In Tabelle 86 sind die jeweiligen, meist anhand von Röntgenaufnahmen gestellten Diagnosen aufgelistet. In einigen der Fälle wurde zusätzlich eine computertomografische Untersuchung des betroffenen Gelenks durchgeführt.

Tabelle 86: Diagnose Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Diagnose
Panarthrodese Tarsus	
26	konsolidiertes Trauma Talus
27	OCD Trochlea tali medialis
28	Subluxation Articulatio talocruralis
29	mediale Seitenbandinstabilität, Abschliff medialer Talusrollkamm
30	OCD Trochlea tali medialis beidseits
31	konsolidierte Fraktur Malleolus medialis, Subluxation Articulatio talocruralis
partielle Arthrodese Tarsus	
32	Talussplitterfraktur
33	OCD Trochlea tali medialis beidseits
34	Luxatio talocruralis
35	Kalkaneusschrägfraktur

4.1.1.2.5 Behandlung (Operationsmethode und Implantat)

In den folgenden beiden Tabellen 87 und 88 werden die Art der Arthrodese sowie die dazu verwendeten Implantate bei den einzelnen Patienten aufgelistet.

Tabelle 87: Operationsmethode und Implantat Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart: 3 = Panarthrodese Tarsus, 4 = partielle Arthrodese Tarsus; Implantat: 1 = Hybridarthrodeseplatte, 2 = andere Platte, 3 = Platte und Zugschraube, 4 = Bohrdrähte

Patient Nr.	Arthro-deseart	Implantat	Versteifungswinkel
Panarthrodese Tarsus			
26	3	0	150
27	3	0	145
28	3	0	148
29	3	2	134
30	3	0	134
31	3	0	154
mittlerer Versteifungswinkel		$\varnothing 144,2$	
partielle Arthrodese Tarsus			
32	4	4	–
33	4	2	–
34	4	3	–
35	4	2	–

Im Schnitt wurden die Tarsalgelenke aller Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks in einem Winkel von 144,2° versteift. Bei allen Panarthrodesen außer Patient Nr. 29 (5/6, 83 %) wurde eine Hybridarthrodeseplatte mit 3,5 und 2,7 mm Schrauben verwendet. Patient Nr. 29 erhielt eine einheitliche 2,7 mm dynamische Kompressionsplatte. Sämtliche Platten für eine Panarthrodese des Tarsalgelenks wurden von dorsal auf das Gelenk aufgebracht.

Die partiellen Arthrodesen wurden mithilfe von gekreuzten Pins von medial in Kombination mit einer Zuggurtung (Nr. 32), mit einer dynamischen Kompressionsplatte allein (Nr. 33 und 35) oder mit einer dynamischen Kompressionsplatte in Kombination mit 2 Zugschrauben (Nr. 34) durchgeführt. Erfolgte die partielle Arthrodese mit einer Platte, so wurde diese stets von lateral aufgebracht.

4.1.1.2.6 Klinische Spätuntersuchung

4.1.1.2.6.1 Kontrollzeitpunkt

Im Mittel wurden die Hunde mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks $4,0 \pm 2,2$ Jahre nach Durchführung der Gelenkversteifung kontrolliert. Das durchschnittliche Alter der Patienten zu diesem Zeitpunkt betrug $6,8 \pm 3,2$ Jahre. Der früheste Kontrollzeitpunkt war 0,5 Jahre nach der Operation, der späteste 2,4 Jahre. Der jüngste Patient war bei der Kontrolle 2,4 Jahre, der älteste 13,9 Jahre alt. In Tabelle 88 sind Alter und Kontrollzeitpunkt für die einzelnen Patienten aufgeführt.

Tabelle 88: Kontrollzeitpunkt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontroll-zeitpunkt	Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontroll-zeitpunkt
Panarthrodese Tarsus					
26	8,4	5,6	32	4,7	3,4
27	8,2	5,2	33	5,0	2,5
28	8,1	6,2	34	2,4	0,5
29	13,9	6,8	35	2,6	2,1
30	6,8	1,3	–	–	–
31	8,2	6,2	–	–	–

4.1.1.2.6.2 Besitzerfragebogen

Alle für eine Spätkontrolle mit ihrem Hund vorstellig gewordenen Besitzer wurden gebeten, den in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Fragebogen zu beantworten. Die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Antworten sollen im Folgenden wiedergegeben werden.

4.1.1.2.6.2.1 Gliedmaßenentlastung

Tabelle 89: Gliedmaßenentlastung Tarsalgelenksarthrodese Hund.

0 = nie, 1 = gelegentlich, 2 = immer

Patient Nr.	Entlastung		
	Stand	Schritt	Trab
Panarthrodese Tarsus			
26	2	0	0
27	1	1	1
28	1	1	1
29	1	0	1
30	0	0	0
31	1	0	0
partielle Arthrodese Tarsus			
32	1	1	1
33	1	0	0
34	0	0	0
35	1	1	1

Tabelle 90: Gliedmaßenentlastung prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Entlastung						
	Stand			Schritt		Trab	
	nie	gele- gentlich	immer	nie	gele- gentlich	nie	gele- gentlich
Panarthrodese Tarsus	1	4	1	4	2	3	3
prozentualer Anteil	17 %	67 %	17 %	67 %	33 %	50 %	50 %
partielle Arthrodese Tarsus	1	3	0	2	2	2	2
prozentualer Anteil	25 %	75 %	0 %	50 %	50 %	50 %	50 %
insgesamt	2	7	1	6	4	5	5
prozentualer Anteil	20 %	70 %	10 %	60 %	40 %	50 %	50 %

Von den 6 Besitzern eines Hundes mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks berichteten 4 (67%) und von den 4 Besitzern eines Hundes mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks 3 Besitzer (75%) von einer gelegentlichen Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand. Von diesen Hunden zeigten 4 (Nr. 27, 28, 32 und 35) die Entlastung

der Gliedmaße auch gelegentlich im Schritt und Trab. Hund Nr. 26 zeigte laut Besitzerauskunft eine ständige Entlastung der versteiften Gliedmaße im Stand. Bei Hund Nr. 31 und 33 fiel den Besitzern die Entlastung der Gliedmaße nur im Stand auf, bei Hund Nr. 29 darüber hinaus auch im Trab.

4.1.1.2.6.2.2 Lahmheit

Tabelle 91: Lahmheit Tarsalgelenksarthrodese Hund.

0 = nie, 1 = gelegentlich, 2 = immer

Patient Nr.	Lahmheit		
	Höhen- sprung	Ruhe	Belastung
Panarthrodese Tarsus			
26	1	1	1
27	1	1	2
28	0	0	0
29	1	1	1
30	0	1	0
31	1	1	1
partielle Arthrodese Tarsus			
32	1	1	0
33	0	1	2
34	0	0	0
35	1	0	1

Der Großteil der Hunde zeigte eine gelegentliche Lahmheit nach Ruhe (5/6 und 2/4). Bei 6 der Patienten wurde eine gelegentliche Lahmheit nach Sprüngen aus größerer Höhe beobachtet. Eine gelegentliche Lahmheit nach vermehrter Belastung zeigten 4 der Patienten. Von den Besitzern konnten 2 eine Lahmheit stets nach Belastung beobachten.

4.1.1.2.6.2.3 Patientenkomfort, Krallenschleifen

Tabelle 92: Patientenkomfort Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Berührungsempfindlichkeit, Wetterföhligkeit, Belecken: 0 = nein, 1 = ja; Krallenschleifen: 0 = nein; 1 = ja, nach besonderer Anstrengung; 2 = ja, immer

Patient Nr.	Berührungs-empfindlichkeit	Wetter-fähigkeit	vermehrtes Belecken	Krallen-schleifen
Panarthrodese Tarsus				
26	1	1	1	0
27	1	1	1	0
28	1	0	1	0
29	0	1	0	0
30	0	1	0	0
31	0	0	1	0
partielle Arthrodese Tarsus				
32	0	1	1	1
33	0	0	0	0
34	1	1	0	0
35	0	1	0	0

Tabelle 93: Patientenkomfort prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Berührungs-empfindlichkeit		Wetter-fähigkeit		vermehrtes Belecken	
	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Panarthrodese Tarsus	3	3	2	4	2	4
prozentualer Anteil	50 %	50 %	33 %	67 %	33 %	67 %
partielle Arthrodese Tarsus	3	1	1	3	3	1
prozentualer Anteil	75 %	25 %	25 %	75 %	75 %	25 %
insgesamt	6	4	3	7	5	5
prozentualer Anteil	60 %	40 %	30 %	70 %	50 %	50 %

Von den 6 Hunden mit einer Panarthrodese zeigten 3 und von den 4 Hunden mit einer partiellen Arthrodessen zeigte ein Hund eine vermehrte Berührungsempfindlichkeit. Von den 10 Besitzern eines Hundes mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks berichteten 6 von einer Wetterfähigkeit. Lediglich einer der Patienten mit 1 Tarsalgelenksarthrodese (Nr. 32, partielle Arthrodese) zeigte ein gelegentliches Krallenschleifen. Bei den anderen Patienten konnten die Besitzer dies zu keiner Zeit beobachten.

4.1.1.2.6.2.4 Heilungsverlauf, Komplikationen, Einschränkungen

Tabelle 94: Heilungsverlauf Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Gesamtheilungsverlauf: 0 = < 3 Monate, 1 = 3–6 Monate, 2 = 6–12 Monate, 3 = > 12 Monate, 4 = keine Angabe; Komplikationen: 0 = nein, 1 = ja; Einschränkung der Belastbarkeit: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = deutlich, 3 = keine Angabe; Beeinträchtigung der Lebensqualität: 0 = nein, 1 = ja, 2 = keine Angabe

Patient Nr.	Gesamt-heilungs-verlauf	Komplikationen	Einschränkung Belastbarkeit	Beeinträchtigung Lebensqualität
Panarthrodese Tarsus				
26	1	1	1	0
27	4	1	2	1
28	3	1	1	0
29	1	0	1	0
30	2	1	3	0
31	0	1	0	0
partielle Arthrodese Tarsus				
32	0	0	0	0
33	4	2	1	0
34	1	0	0	0
35	3	1	0	1

Tabelle 95: Heilungsverlauf prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Gesamtheilungsverlauf					Komplikationen		
	< 3	3–6	6–12	> 12	keine Angabe	nein	ja	keine Angabe
Panarthrodese Tarsus	1	2	1	1	1	1	5	0
prozentualer Anteil	20 %	30 %	20 %	20 %	17 %	17 %	80 %	0 %
partielle Arthrodese Tarsus	1	1	0	1	1	2	1	1
prozentualer Anteil	30 %	30 %	0 %	30 %	25 %	50 %	30 %	25 %
insgesamt	2	3	1	2	2	3	6	1
prozentualer Anteil	20 %	30 %	10 %	20 %	20 %	30 %	60 %	10 %

Tabelle 96: Belastbarkeit prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodesearc	Einschränkung Belastbarkeit				Beeinträchtigung Lebensqualität	
	keine	gering-gradig	deutlich	keine Angabe	nein	ja
Panarthrodese Tarsus	1	3	1	1	5	1
prozentualer Anteil	17 %	50 %	17 %	17 %	83 %	17 %
partielle Arthrodesese Tarsus	3	1	0	0	3	1
prozentualer Anteil	75 %	25 %	0 %	0 %	75 %	25 %
insgesamt	4	4	1	1	8	2
prozentualer Anteil	40 %	40 %	10 %	10 %	80 %	20 %

Bei 2 Hunden (Nr. 27 und 33) dauerte der Gesamtheilungsverlauf länger als 12 Monate. Bei beiden dieser Patienten handelte es sich um Hunde mit einer beidseitigen OCD-Läsion im Bereich des Tarsalgelenks. Bei beiden Hunden, bei denen der Gesamtheilungsverlauf weniger als 3 Monate benötigte (Nr. 31 und 32), lag vorberichtlich eine Fraktur im Bereich des Tarsalgelenks vor. Komplikationen im Heilungsverlauf wurden von 5 der 6 Besitzer eines Hundes mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks beobachtet. Bei 1 Hund berichteten die Besitzer von einer deutlichen Einschränkung der Belastbarkeit. Von 2 Besitzern wurde die Gelenkversteifung als beeinträchtigend für die Lebensqualität ihres Hundes betrachtet. Keinerlei Einschränkung, weder der Belastbarkeit noch der Lebensqualität, wurde von 3 Besitzern bekundet (Nr. 31, 32 und 34).

4.1.1.2.6.2.5 Erneute Entscheidung, Noten

Tabelle 97: Erneute Entscheidung, Noten Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Vergleich Besitzernote/Gesamtnote und Vergleich Besitzernote/orthopädische Untersuchung: 0 = Besitzer gleich, 1 = Besitzer besser, 2 = Besitzer schlechter, 3 = keine Angabe; erneute Entscheidung: 0 = nein, 1 = ja

Patient Nr.	Gesamt- note	Besitzer- note	Notenvergleich Besitzernote/		Differenz Gesamtnote/ Besitzernote	erneute Entscheidung dafür
			Gesamt- note	OU		
Panarthrodese Tarsus						
26	2	1	1	1	1	1
27	3	6	2	2	-3	0
28	2	3	2	2	-1	1
29	2	1	1	1	1	1
30	2	2	0	2	0	1
31	2	1	1	0	1	1
partielle Arthrodese Tarsus						
32	2	1	1	0	1	1
33	1	2	2	2	-1	1
34	1	1	0	0	0	1
35	3	7	3	3	7	1

Tabelle 98: Erneute Entscheidung, Noten prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Gesamtnote			Besitzernote				
	1	2	3	1	2	3	6	keine Angabe
Panarthrodese Tarsus	0	5	1	3	1	1	1	0
prozentualer Anteil	0 %	83 %	17 %	50 %	17 %	17 %	20 %	0 %
partielle Arthrodese Tarsus	2	1	1	2	1	0	0	1
prozentualer Anteil	50 %	25 %	25 %	50 %	25 %	0 %	0 %	30 %
insgesamt	2	6	2	5	2	1	1	1
prozentualer Anteil	20 %	60 %	20 %	50 %	20 %	10 %	10 %	10 %

Tabelle 99: Note Besitzerbefragung insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearth	Tarsus Hund	Gesamt-note	Besitzer-note
Panarthrodese Tarsus	N	6	6
	Mittelwert	2,2	2,3
	s	0,4	2,0
	Min	2	1
	Max	3	6
partielle Arthrodesese Tarsus	N	4	4
	Mittelwert	1,8	1,0
	s	0,9	0,8
	Min	1	0
	Max	3	2
insgesamt	N	10	10
	Mittelwert	2,0	1,7
	s	0,7	1,7
	Min	1	0
	Max	3	6

Im direkten Vergleich fiel die Benotung durch die Besitzer in 3 von 6 Panarthrodessen (1/4 der partiellen Arthrodesen) besser als die Gesamtbeurteilung anhand der Antworten des Fragebogens aus. 2/6 bzw. 1/4 der Besitzer beurteilten das Gesamtergebnis schlechter als es die Auswertung der Antworten des Fragebogens ergeben hatte. Bis auf in einem Fall (Nr. 27, beidseitige OCD-Läsion) gaben alle Besitzer an, wenn sie erneut vor die Wahl gestellt wären, sich wieder für den Eingriff zu entscheiden.

4.1.1.2.6.3 Orthopädische Untersuchung

Alle 10 Patienten mit einer Arthrodesese eines der Tarsalgelenke wurden einer vollständigen allgemeinen und orthopädischen Untersuchung unterzogen.

4.1.1.2.6.3.1 Lahmheitsuntersuchung

Tabelle 100: Lahmheitsuntersuchung Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Lahmheitsgrad: 0 = keine Lahmheit, 1 = Lahmheit Grad 1, 2 = Lahmheit Grad 2, 3 = Lahmheit Grad 3, 4 = Lahmheit Grad 4; Entlastung im Stand: 0 = keine, 1 = gelegentlich, 2 = immer; Muskelatrophie: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Krallenabschliff: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = deutlich

Patient Nr.	Gewicht (kg)	Lahmheitsgrad	Entlastung Stand	Muskelatrophie	Krallenabschliff
Panarthrodese Tarsus					
26	16,8	0	2	1	0
27	33	1	2	2	0
28	28	0	2	2	0
29	12	0	2	1	0
30	33,7	0	0	2	0
31	26	0	1	1	0
partielle Arthrodese Tarsus					
32	3,9	0	0	0	0
33	32	0	1	1	1
34	28	0	0	2	0
35	29	0	1	2	0

Bis auf 1 Patienten mit einer geringgradigen Lahmheit der betroffenen Gliedmaße (Nr. 27) liefen die restlichen Hunde zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung Lahmheitsfrei. Eine ständige Entlastung der betroffenen Gliedmaße im Stand wurde von 4 der 6 Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks gezeigt (Nr. 26–29). In 3 dieser Fälle hatte die Ursache für die Gelenkversteifung bereits seit mindestens 10 Monaten im Vorfeld der Operation bestanden. Der 4. Hund (Nr. 29) war zum Zeitpunkt der Arthrodese bereits erfolglos mit einem medialen Seitenbandersatz vorbehandelt worden. Weitere 3 Hunde zeigten eine gelegentliche Entlastung der betroffenen Gliedmaße, darunter 2 Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks (Nr. 33 und 35). 1 der Hunde wies einen geringgradigen Abschliff der Krallen der betroffenen Gliedmaße auf (Nr. 33).

4.1.1.2.6.3.2 Palpationsbefund, Zehenbeweglichkeit, Gesamtnote

Tabelle 101: Palpationsbefund Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Palpationsschmerz: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zehenflexion/Zehenextension: 0 = uneingeschränkt, 1 = geringgradig eingeschränkt, 2 = mittelgradig eingeschränkt, 3 = hochgradig eingeschränkt; Gesamtnote OU (Gesamtnote orthopädische Untersuchung): 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend

Patient Nr.	Palpations-schmerz	Zehen-flexion	Zehen-extension	Gesamt-note OU
Panarthrodese Tarsus				
26	0	2	2	2
27	3	2	2	2
28	1	0	0	2
29	0	2	2	2
30	1	0	0	1
31	0	3	3	1
partielle Arthrodese Tarsus				
32	0	0	0	1
33	0	2	2	1
34	0	0	0	1
35	0	0	0	1

Tabelle 102: Note Lahmheitsuntersuchung insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodeseart	Tarsus Hund	Gesamt-note	Besitzer-note
	N	6	6
Panarthrodese Tarsus	Mittelwert	1,7	2,3
	s	0,5	2,0
	Min	1	1
	Max	2	6
	N	4	4
partielle Arthrodese Tarsus	Mittelwert	1,0	1,0
	s	0,0	0,8
	Min	1	0
	Max	1	2
	N	10	10
insgesamt	Mittelwert	1,4	1,7
	s	0,5	1,7
	Min	1	0
	Max	2	6

Bei lediglich 1 Patienten (Nr. 27) lag ein deutlicher Palpationsschmerz vor. Dieser ging mit vermehrter Schwellung und Umfangsvermehrung der Umgebung des versteiften Tarsalgelenks einher. Darüber hinaus konnte eine Restbeweglichkeit von etwa 15° (Maximum 148°, Minimum 134°) festgestellt werden. Das kontralaterale Tarsalgelenk war ebenfalls reproduzierbar schmerhaft bei Palpation und Manipulation und wies eine eingeschränkte Beweglichkeit (Bewegungsumfang 60° (Maximum 160°, Minimum 100°))

sowie vermehrte Wärme und Umfangsvermehrung auf. Weitere 2 Patienten (Nr. 28 und 30) zeigten eine geringgradige Palpationsdolenz. Die übrigen Hunde waren palpationsschmerzfrei.

Bei 1 Patienten (Nr. 31) waren sowohl Zehenflexion als auch -extension deutlich eingeschränkt. Bei 4 weiteren fiel eine mittelgradige Einschränkung von sowohl Flexion als auch Extension der Zehen auf.

Bei den Hunden mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks wurde goniometrisch der Bewegungsumfang des betroffenen Tarsalgelenks ermittelt. Bei Patient Nr. 32 konnte ein Bewegungsumfang von 110° (Maximum 170°, Minimum 60°), bei Patient Nr. 34 von 101° (Maximum 179°, Minimum 78°), bei Patient Nr. 34 von 14° (Maximum 148°, Minimum 134°) und bei Patient Nr. 35 von 96° (Maximum 178°, Minimum 82°) festgestellt werden. Patient Nr. 34 wies auch auf der kontralateralen Seite einen deutlich eingeschränkten Bewegungsumfang von 20° (Maximum 147°, Minimum 127°) auf.

Bei 4 Hunden ergab sich aus den Befunden der orthopädischen Untersuchung die Gesamtnote „gut“, bei den übrigen 6 die Note „sehr gut“.

4.1.1.2.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle

Wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben, wurden von den einzelnen Patienten Röntgenaufnahmen angefertigt und diese beurteilt.

4.1.1.2.6.4.1 Durchbau, Metatarsalüberdachung und -synostose

Tabelle 103: Röntgenologischer Durchbau Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Durchbau: 0 = vollständig, 1 = großteils, 2 = vereinzelt, 3 = geringe bis keine Durchbautendenz, 4 = im Durchbau begriffen; Überdachung Os metatarsale tertium (MT III): 0 = < 50 %, 1 = > 50 %, 2 = nicht zu beurteilen; Synostose der Ossa metatarsalia: 0 = keine, 1 = < 50 %, 2 = > 50 %, 3 = nicht zu beurteilen

Patient Nr.	Durchbau	Überdachung MT III	Synostose der MT
Panarthrodese Tarsus			
26	1	1	1
27	2	0	0
28	0	0	2
29	1	0	0
30	1	0	1
31	1	0	0
partielle Arthrodese Tarsus			
32	2	2	0
33	2	1	2
34	2	1	0
35	3	0	1

Bei nur einem Hund mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks war der Durchbau der einzelnen Gelenketagen vollständig erfolgt (Nr. 28). Bei 4 Hunden hatte der Durchbau bereits zu einem Großteil stattgefunden. Bei 1 Hund konnte nur eine vereinzelte Durchbautendenz beobachtet werden (Nr. 27). Von den 4 Hunden mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks lag bei 3 Hunden nur vereinzelte Durchbautendenz vor, bei einem bestand nur geringe bis keine Tendenz.

Bei nur einem der 6 Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks bedeckte die Platte mehr als 50 % der Länge der Metatarsalknochen. Bei den Hunden mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks war dies bei 2 Hunden der Fall. Bei Patient Nr. 32 war diesbezüglich keine Aussage möglich, da die partielle Arthrodese mithilfe von Bohrdrähten durchgeführt wurde.

Bei den Hunden mit einer Panarthrodese bestand in 3 Fällen keine Synostose der Metatarsalia. Bei 2 Patienten lag sie zu unter 50 % und bei 1 zu über 50 % vor. Bei den Hunden mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks lag 2-mal keine Synostose der Metatarsalia vor, je 1-mal war sie zu über und unter 50 % ausgeprägt.

4.1.1.2.6.4.2 *Implantatlockerung, -bruch, Metatarsalfraktur*

Tabelle 104: Implantatlockerung Tarsalgelenksarthrodese Hunde.

Implantatentfernung: 0 = nein, 1 = ja, partiell, 2 = ja, vollständig; Implantatlockerung: 0 = ja, 1 = nein; Implantatbruch: 0 = ja, 1 = nein; Stressprotektion: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zustand MT III (Os metatarsale tertium): 0 = intakt, 1 = konsolidierte Fraktur, 2 = Pseudarthrose

Patient Nr.	Implantat-			Stress- protektion	Zustand MT III
	entfernung	lockerung	bruch		
Panarthrodese Tarsus					
26	2	1	1	0	0
27	1	1	0	0	0
28	2	0	0	0	0
29	1	0	0	1	0
30	2	0	1	0	0
31	1	1	0	0	0
partielle Arthrodese Tarsus					
32	2	0	1	0	0
33	2	1	1	0	0
34	0	1	1	0	0
35	2	1	1	0	0

Tabelle 105: Implantatlockerung prozentual Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Implantatentfernung			Implantat- lockerung		Implantat- bruch	
	nein	ja, partiell	ja, voll- ständig	ja	nein	ja	nein
Panarthrodese Tarsus	0	3	3	3	3	4	2
prozentualer Anteil	0 %	50 %	50 %	50 %	50 %	67 %	33 %
partielle Arthrodese Tarsus	1	0	3	1	3	0	4
prozentualer Anteil	25 %	0 %	75 %	25 %	75 %	0 %	100 %
insgesamt	1	3	6	4	6	4	6
prozentualer Anteil	10 %	30 %	60 %	40 %	60 %	40 %	60 %

Bei je 3 der Patienten mit einer partiellen bzw. Panarthrodese des Tarsalgelenks waren die Implantate zum Zeitpunkt der Spätkontrolle vollständig entfernt worden. Bei 3 der Hunde mit einer Panarthrodese war noch ein Teil der Implantate vorhanden. Bei insgesamt 4 Patienten (3 Panarthrodesen und 1 partielle Arthrodese) kam es zu einer Lockerung und bei ebenso vielen zu einem Bruch der Implantate. Bei 1 Patienten konnte geringgradig Stressprotektion

festgestellt werden (Nr. 29). Bei keinem Patienten mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks war es zu einer Metatarsalfraktur gekommen.

4.1.1.2.6.4.3 Arthrosen der Zehengelenke

Tabelle 106: Arthrosen der Zehengelenke Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrosen Zehengelenke (Gesamtheit der Zehengelenke): 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; 2–5 = 2. bis 5. Zehe: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig, 4 = nicht zu beurteilen (Zehe fehlt)

Patient Nr.	Arthrosen Zehen- gelenke	Zehe							
		versteifte Seite				kontralaterale Seite			
		2	3	4	5	2	3	4	5
Panarthrodese Tarsus									
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	1	1	1	0	0	0	0
28	2	1	1	2	2	1	1	0	0
29	1	4	2	2	0	0	0	0	0
30	1	0	1	1	1	0	0	0	0
31	2	2	2	1	1	0	0	0	0
partielle Arthrodese Tarsus									
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	1	1	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Insgesamt 4 der 10 Hunde mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks (3 mit einer partiellen und 1 mit einer Panarthrodese) wiesen keinerlei Arthrosen im Bereich der Zehengelenke auf. Bei 4 Hunden (1 mit einer partiellen und 3 mit einer Panarthrodese) lagen geringgradige Arthrosen vor und bei 2 Hunden mit einer Panarthrodese waren diese mittelgradig ausgeprägt. Bei 5 dieser Patienten (1 mit einer partiellen und 4 mit einer Panarthrodese) befanden sich die Arthrosen auf der ipsilateralen Seite. Bei 1 Hund mit einer Panarthrodese lagen sie beidseits vor. Eine Häufung in bestimmten Zehengelenken konnte nicht festgestellt werden.

4.1.1.2.6.4.4 Arthrosen der übrigen Gelenke

Tabelle 107: Arthrosen der übrigen Gelenke Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrose kontralateraler Tarsus: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig, 4 nicht zu beurteilen (beidseitige Arthrodese); Arthrosen übrige Gelenke: 0 = in keinem weiteren Gelenk, 1 = in einem weiteren Gelenk, 2 = in 2 weiteren Gelenken, 3 = in 3 weiteren Gelenken, 4 = in 4 weiteren Gelenken; Seitenvergleich Arthrose: Zehen = Zehengelenke, Knie = Kniegelenke, Hüfte =

Hüftgelenke, 0 = keine, 1 = isilateral, 2 = kontralateral, 3 = beidseits (jeweils bezogen auf die Seite mit Arthrodese)

Patient Nr.	Arthrose kontra- lateraler Tarsus	Arthrosen übrige Gelenke	Seitenvergleich Arthrose		
			Zehen	Knie	Hüfte
Panarthrodese Tarsus					
26	0	0	0	0	0
27	3	2	1	0	0
28	0	3	3	2	0
29	0	1	1	0	0
30	0	1	1	0	0
31	0	3	1	0	3
partielle Arthrodese Tarsus					
32	0	2	0	3	0
33	3	1	0	0	0
34	0	3	1	0	3
35	0	2	0	0	0

Im Bereich des kontralateralen Tarsalgelenks lag bei 2 Patienten, 1 mit einer Panarthrodese und 1 mit einer partiellen Arthrose, eine hochgradige Arthrose vor. Bei beiden Patienten bestand beidseitig eine OCD-Läsion. Bei je 3 Patienten fanden sich in 3, 2 oder 1 weiteren Gelenken arthrotische Veränderungen. 1 Patient mit einer Panarthrodese (Nr. 26) wies in keinem weiteren Gelenk Arthrosen auf. Es handelte sich dabei um den Patienten mit einem alten Trauma im Bereich des Tarsalgelenks. Teilweise konnten die arthrotischen Veränderungen in anderen Gelenken auf andere Grunderkrankungen zurückgeführt werden (Nr. 32 beidseitige Kniegelenksarthrose infolge chirurgisch versorgter Patellaluxation).

4.1.1.2.6.4.5 Gesamtnote Röntgen

Tabelle 108: Note Röntgenkontrolle Tarsalgelenksarthrodese Hunde.

1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend

Patient Nr.	Note Röntgen	Patient Nr.	Note Röntgen
Panarthrodese Tarsus		partielle Arthrodese Tarsus	
26	1	32	3
27	3	33	1
28	3	34	2
29	3	35	2
30	2	–	–
31	3	–	–

Tabelle 109: Note Röntgenkontrolle insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodeseart	Tarsus Hund	Gesamt-note
Panarthrodese Tarsus	N	6
	Mittelwert	2,5
	s	0,8
	Min	1
	Max	3
partielle Arthrodese Tarsus	N	4
	Mittelwert	2,0
	s	0,8
	Min	1
	Max	3
insgesamt	N	10
	Mittelwert	2,3
	s	0,8
	Min	1
	Max	3

Die Gesamtheit der röntgenologischen Befunde der Spätkontrolle ergab bei 5 Patienten (4 Hunde mit einer Panarthrodese) die Note „befriedigend“. Bei 3 Patienten (1 Hund mit Panarthrodese) wurde sie mit „gut“ und bei 2 Patienten (je eine Pan- und eine partiellen Arthrodese) mit „sehr gut“ beurteilt. Daraus ergibt sich eine Gesamtnote von $2,3 \pm 0,8$ für alle Hunde mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks.

4.1.1.2.6.5 Ganganalytische Spätkontrolle

Von allen außer 1 (Nr. 35) der 10 für eine Spätkontrolle in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellten

Hunde mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenk, konnte eine ganganalytische Untersuchung zusätzlich zu den übrigen Untersuchungen durchgeführt werden.

4.1.1.2.6.5.1 Kinetik

Die unter 3.2.4.3 beschriebenen kinetischen Parameter wurden erhoben und sind in den folgenden Tabellen bezogen auf das Körpergewicht dargestellt.

Tabelle 110: Vertikale Spitzenkraft Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Patient Nr.	Ge- wicht (kg)	Geschwin- digkeit (m/s)	vertikale Spitzenkraft (% kg KGW)			
			op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus						
26	16,8	0,62	40,8	41,8	54,9	56,6
27	33	0,92	34,2	42,1	60,7	62
28	28	0,8	48,4	53,7	49	43,3
29	12	0,54	36,7	36,1	79,1	76,9
30	33,7	0,8	41,5	54,8	58,8	64,6
31	26	0,92	34,9	32,6	65,2	64,4
partielle Arthrodese Tarsus						
32	3,9	0,53	44,8	55	73,8	76,2
33	32	0,96	30,9	32	60,7	61,3
34	28	0,76	39,3	43,9	64,7	63,5

Tabelle 111: Vertikale Spitzenkraft insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Tarsus	vertikale Spitzenkraft (% kg KGW)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	39,4	43,5	61,3	61,3
	s	5,3	9,1	10,3	11,0
	Min	34,2	32,6	49	43,3
	Max	48,4	54,8	79,1	76,9
partielle Arthrodesese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	38,3	43,6	66,4	67,0
	s	7,0	11,5	6,7	8,0
	Min	30,9	32	60,7	61,3
	Max	44,8	55	73,8	76,2
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	39,1	43,6	63,0	63,2
	s	5,5	9,2	9,2	10,0
	Min	30,9	32	49	43,3
	Max	48,4	55	79,1	76,9

Tabelle 112: Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Patient Nr.	Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus				
26	21,02	21,54	28,28	29,16
27	17,19	21,16	30,50	31,16
28	24,90	27,62	25,21	22,27
29	16,04	15,78	34,57	33,61
30	18,89	24,94	26,76	29,40
31	17,71	16,54	33,08	32,67
partielle Arthrodesese Tarsus				
32	17,93	22,02	29,54	30,50
33	16,71	17,31	32,83	33,15
34	18,59	20,77	30,61	30,04

Tabelle 113: Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Tarsus	Gewichtsverteilung vertikale Spitzenkraft (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	19,29	21,26	29,73	29,71
	s	3,23	4,61	3,65	4,04
	Min	16,04	15,78	25,21	22,27
	Max	24,90	27,62	34,57	33,61
partielle Arthrodesese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	17,75	20,03	30,99	31,23
	s	0,95	2,44	1,68	1,68
	Min	16,71	17,31	29,54	30,04
	Max	18,59	22,02	32,83	33,15
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	18,78	20,85	30,15	30,22
	s	2,71	3,90	3,07	3,39
	Min	16,04	15,78	25,21	22,27
	Max	24,90	27,62	34,57	33,61

Anhand der gewonnenen Daten für die maximalen Werte der vertikalen Kraft wurde der Symmetrieindex für Vorder- und Hintergliedmaßen berechnet und anhand der „cut-off“-Werte, wie in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben, überprüft, ob eine Lahmheit des jeweiligen Abschnitts vorliegt.

Tabelle 114: Symmetrieindex vertikale Spitzenkraft Tarsalgelenksarthrodese Hund.

PVF = vertikale Spitzenkraft, VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Patient Nr.	Symmetrieindex PVF		Lahmheit Symmetrieindex PVF	
	VGLM	HGLM	VGLM	HGLM
Panarthrodese Tarsus				
26	3,05	2,42	0	0
27	2,12	20,71	0	1
28	12,35	10,38	1	1
29	2,82	1,65	0	0
30	9,40	27,62	1	1
31	1,23	6,81	0	0
partielle Arthrodesese Tarsus				
32	3,20	20,44	0	1
33	0,98	3,50	0	0
34	1,87	11,06	0	1

Tabelle 115: Lahmheit Symmetrieindex vertikale Spitzenkraft Tarsalgelenksarthrodese Hund.

VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Arthrodesearc	Lahmheit Symmetrieindex			
	PVF			
	VGLM	HGLM	ja	nein
Tarsus pan	5	1	3	3
Tarsus part	3	0	2	1
insgesamt	8	1	5	4

Tabelle 116: Impuls Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Patient Nr.	Impuls (% kg KGW * s)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus				
26	13,92	14,74	16,72	20,46
27	9,46	11,69	20,38	22,17
28	14,64	18,57	17,81	18,19
29	11,02	11,91	32,69	28,75
30	11,61	16,74	19,00	26,23
31	7,93	8,93	21,55	21,11
partielle Arthrodesse Tarsus				
32	11,52	24,25	20,61	23,87
33	9,78	9,91	20,75	21,47
34	11,59	13,66	20,59	21,47

Tabelle 117: Impuls insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Tarsus	Impuls (% kg KGW * s)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodes Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	11,43	13,76	21,36	22,82
	s	2,56	3,58	5,82	3,93
	Min	7,93	8,93	16,72	18,19
	Max	14,64	18,57	32,69	28,75
partielle Arthrodes Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	10,96	15,94	20,65	22,27
	s	1,03	7,44	0,08	1,38
	Min	9,78	9,91	20,59	21,47
	Max	11,59	24,25	20,75	23,87
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	11,27	14,49	21,12	22,64
	s	2,10	4,80	4,61	3,19
	Min	7,93	8,93	16,72	18,19
	Max	14,64	24,25	32,69	28,75

Tabelle 118: Gewichtsverteilung Impuls Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Patient Nr.	Gewichtsverteilung Impuls (%)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodes Tarsus				
26	21,14	22,38	25,40	31,08
27	14,85	18,34	32,00	34,81
28	21,15	26,83	25,73	26,29
29	13,06	14,12	38,75	34,08
30	15,78	22,76	25,83	35,64
31	13,32	15,00	36,21	35,47
partielle Arthrodes Tarsus				
32	14,36	30,21	25,69	29,74
33	15,80	16,00	33,52	34,68
34	17,22	20,29	30,59	31,90

Tabelle 119: Gewichtsverteilung Impuls insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Arthrodeseart	Hund Tarsus	Gewichtsverteilung Impuls (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	16,55	19,90	30,65	32,89
	s	3,70	4,94	5,89	3,64
	Min	13,06	14,12	25,40	26,29
	Max	21,15	26,83	38,75	35,64
partielle Arthrodese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	15,79	22,17	29,93	32,11
	s	1,43	7,29	3,96	2,48
	Min	14,36	16,00	25,69	29,74
	Max	17,22	30,21	33,52	34,68
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	16,30	20,66	30,41	32,63
	s	3,03	5,46	5,07	3,16
	Min	13,06	14,12	25,40	26,29
	Max	21,15	30,21	38,75	35,64

Auch anhand der für den Impuls der vertikalen Bodenreaktionskraft gewonnenen Daten wurde der Symmetrieindex für jeden Patienten berechnet und auf das Vorliegen einer Lahmheit, entsprechend der „cut-off“-Werte der gesunden Vergleichsgruppe, untersucht.

Tabelle 120: Symmetrieindex Impuls Tarsalgelenksarthrodese Hund.

VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen

Patient Nr.	Symmetrieindex Impuls		Lahmheit Symmetrieindex Impuls	
	VGLM	HGLM	VGLM	HGLM
	Panarthrodese Tarsus			
26	20,13	5,73	1	0
27	8,42	21,05	1	1
28	2,13	23,65	0	1
29	12,82	7,80	1	0
30	31,93	36,22	1	1
31	2,07	11,84	0	1
partielle Arthrodese Tarsus				
32	14,63	71,13	1	1
33	3,43	1,31	0	0
34	4,20	16,36	0	1

Tabelle 121: Lahmheit Symmetrieindex Impuls Tarsalgelenksarthrodese Hund.

VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen, pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Arthrodeseart	Lahmheit Symmetrieindex Impuls			
	VGLM		HGLM	
	ja	nein	ja	nein
Tarsus pan	2	4	2	4
Tarsus part	2	1	1	2
insgesamt	4	5	3	6

Tabelle 122: Standphasendauer Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Patient Nr.	Standphasendauer (%)			
	op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus				
26	69,5	69,2	68,0	70,5
27	62,8	67,0	68,8	71,0
28	65,9	72,1	74,3	79,3
29	69,3	71,8	79,3	77,0
30	64,8	69,3	71,0	74,0
31	58,3	62,8	68,5	68,2
partielle Arthrodese Tarsus				
32	59,0	76,3	62,5	66,0
33	65,7	66,2	69,0	71,8
34	66,0	67,3	68,2	70,8

Tabelle 123: Standphasendauer insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, ipsi = ipsilaterale Vordergliedmaße, kontra = kontralaterale Vordergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Tarsus	Standphasendauer (%)			
		op	nop	ipsi	kontra
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	65,1	68,7	71,7	73,3
	s	4,2	3,4	4,4	4,2
	Min	58,3	62,8	68	68,2
	Max	69,5	72,1	79,3	79,3
partielle Arthrodesese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	63,6	69,9	66,6	69,5
	s	4,0	5,5	3,5	3,1
	Min	59	66,2	62,5	66
	Max	66	76,3	69	71,8
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	64,6	69,1	70,0	72,1
	s	4,0	3,9	4,7	4,1
	Min	58,3	62,8	62,5	66
	Max	69,5	76,3	79,3	79,3

4.1.1.2.6.5.2 Kinematik

Die kinematischen Daten aller 9 auf dem Laufband gelaufenen Hunde mit einer Arthrodesese im Bereich des Tarsalgelenks konnten erfasst werden. Sie werden in den folgenden Tabellen wiedergegeben.

Tabelle 124: Hüftgelenkswinkel Maximum Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	Hüftgelenkswinkel Maximum (Grad)		„time of occurrence“- Hüftgelenkswinkel Maximum	
	op	nop	op	nop
Panarthrodese Tarsus				
26	128,6	132,2	67,3	66,8
27	133,6	133,0	56,5	65,8
28	129,3	129,3	54,8	58,3
29	118,5	122,7	55,5	73,0
30	131,7	144,7	50,0	69,8
31	126,7	122,9	52,0	59,3
partielle Arthrodesese Tarsus				
32	144,0	134,6	56,3	69,0
33	119,4	123,6	65,3	65,7
34	127,3	141,6	58,9	61,8

Tabelle 125: Hüftgelenkwinkel Maximum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodeseart	Hund Tarsus	Hüftgelenk			
		Maximum (Grad)		„time of occurrence“ Maximum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	128,0	130,8	56,0	65,5
	s	5,3	8,1	6,0	5,8
	Min	118,5	122,7	50,0	58,3
	Max	133,6	144,7	67,3	73,0
partielle Arthrodese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	130,3	133,3	60,2	65,5
	s	12,6	9,1	4,7	3,6
	Min	119,4	123,6	56,3	61,8
	Max	144,0	141,6	65,3	69,0
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	128,8	131,6	57,4	65,5
	s	7,6	8,0	5,7	4,9
	Min	118,5	122,7	50,0	58,3
	Max	144,0	144,7	67,3	73,0

Tabelle 126: Hüftgelenkwinkel Minimum Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	Hüftgelenkwinkel Minimum (Grad)		„range of motion“- Hüftgelenk (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	op	nop	
Panarthrodese Tarsus					
26	105,1	102,0	23,5	30,2	-6,8
27	99,6	101,2	34,0	31,9	2,1
28	102,7	101,8	26,6	27,6	-1,0
29	89,3	103,4	29,1	19,3	9,8
30	108,6	118,4	23,0	26,3	-3,2
31	94,2	92,5	32,4	30,4	2,0
partielle Arthrodese Tarsus					
32	114,7	108,9	29,4	25,7	3,7
33	90,0	92,8	29,4	30,9	-1,5
34	92,9	103,4	34,4	38,3	-3,8

Tabelle 127: Hüftgelenkwinkel Minimum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße, N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Arthrodesearth	Hund Tarsus	Hüftgelenk				
		Minimum (Grad)		„range of motion“ (Grad)		Differenz (Grad)
		op	nop	op	nop	
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6	6
	Mittelwert	99,9	103,2	28,1	27,6	0,5
	s	7,2	8,4	4,5	4,6	5,7
	Min	89,3	92,5	23,0	19,3	-6,8
partielle Arthrodesse Tarsus	Max	108,6	118,4	34,0	31,9	9,8
	N	3	3	3	3	3
	Mittelwert	99,2	101,7	31,1	31,6	-0,5
	s	13,5	8,2	2,9	6,3	3,8
insgesamt	Min	90,0	92,8	29,4	25,7	-3,8
	Max	114,7	108,9	34,4	38,3	3,7
	N	9	9	9	9	9
	Mittelwert	99,7	102,7	29,1	28,9	0,1
	s	8,8	7,9	4,2	5,2	4,9
	Min	89,3	92,5	23,0	19,3	-6,8
	Max	114,7	118,4	34,4	38,3	9,8

Tabelle 128: Kniegelenkwinkel Maximum Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	Kniegelenk							
	Maximum (Grad)		„time of occurrence“ Maximum		Minimum (Grad)		„time of occurrence“ Minimum	
	op	nop	op	nop	op	nop	op	nop
Panarthrodese Tarsus								
26	149,4	150,0	0,5	98,8	111,3	105,9	81,0	82,0
27	143,8	152,5	6,5	2,0	104,4	108,8	77,3	83,0
28	138,8	153,5	99,5	99,8	102,2	113,9	80,8	79,0
29	141,3	165,2	2,5	3,0	112,0	123,0	87,5	80,5
30	148,6	150,9	98,5	100,0	112,6	114,9	73,5	81,8
31	146,7	144,6	92,5	95,5	111,5	105,3	68,8	76,2
partielle Arthrodesse Tarsus								
32	118,7	138,4	91,5	99,5	82,0	100,1	72,0	83,3
33	155,8	149,3	97,0	99,0	115,5	112,7	78,2	80,2
34	134,1	131,4	96,5	98,2	97,6	94,9	76,0	80,0

Tabelle 129: Kniegelenkswinkel Maximum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodesearth	Hund Tarsus	Kniegelenk			
		Maximum (Grad)		„time of occurrence“ Maximum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	144,8	152,8	50,0	66,5
	s	4,2	6,8	51,4	49,6
	Min	138,8	144,6	0,5	2,0
	Max	149,4	165,2	99,5	100,0
partielle Arthrodesese Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	136,2	139,7	95,0	98,9
	s	18,6	9,0	3,0	0,7
	Min	118,7	131,4	91,5	98,2
	Max	155,8	149,3	97,0	99,5
insgesamt	N	9	9	9	9
	Mittelwert	141,9	148,4	65,0	77,3
	s	10,8	9,6	46,5	42,4
	Min	118,7	131,4	0,5	2,0
	Max	155,8	165,2	99,5	100,0

Tabelle 130: Kniegelenkswinkel Minimum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Tarsus	Kniegelenk			
		Minimum (Grad)		„time of occurrence“ Minimum	
		op	nop	op	nop
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6	6
	Mittelwert	109,0	112,0	78,1	80,4
	s	4,5	6,7	6,5	2,5
	Min	102,2	105,3	68,8	76,2
partielle Arthrodes Tarsus	Max	112,6	123,0	87,5	83,0
	N	3	3	3	3
	Mittelwert	98,4	102,6	75,4	81,1
	s	16,8	9,2	3,1	1,8
insgesamt	Min	82,0	94,9	72,0	80,0
	Max	115,5	112,7	78,2	83,3
	N	9	9	9	9
	Mittelwert	105,5	108,8	77,2	80,6
	s	10,5	8,4	5,6	2,2
	Min	82,0	94,9	68,8	76,2
	Max	115,5	123,0	87,5	83,3

Tabelle 131: „range of motion“-Kniegelenk Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	„range of motion“- Kniegelenk (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	
Panarthrodese Tarsus			
26	38,1	44,1	-6,0
27	39,4	43,6	-4,3
28	36,6	39,5	-2,9
29	29,3	42,2	-12,9
30	36,0	36,0	0,0
31	35,2	39,3	-4,1
partielle Arthrodes Tarsus			
32	36,7	38,3	-1,7
33	40,2	36,6	3,7
34	36,5	36,5	0,0

Tabelle 132: „range of motion“-Kniegelenk insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodesearc	Hund Tarsus	Kniegelenk			Differenz (Grad)	
		„range of motion“ (Grad)				
		op	nop			
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6		
	Mittelwert	35,8	40,8	-5,0		
	s	3,5	3,1	4,3		
	Min	29,3	36,0	-12,9		
	Max	39,4	44,1	0,0		
partielle Arthrodes Tarsus	N	3	3	3		
	Mittelwert	37,8	37,1	0,7		
	s	2,1	1,0	2,7		
	Min	36,5	36,5	-1,7		
insgesamt	Max	40,2	38,3	3,7		
	N	9	9	9		
	Mittelwert	36,4	39,6	-3,1		
	s	3,1	3,1	4,7		
	Min	29,3	36,0	-12,9		
	Max	40,2	44,1	3,7		

Wie bei den Hunden mit einer Arthrodesie im Bereich des Karpalgelenks entspricht bei Patienten mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks der Maximalwinkel des Tarsalgelenks der operierten Gliedmaße dem Arthrodesewinkel. Ein Minimalwinkel des Tarsalgelenks liegt für diese Patienten nicht vor. Eine Ausnahme bildete hier Hund Nr. 27, der eine Restbeweglichkeit im Bereich des versteiften Tarsalgelenks aufwies. Die entsprechenden Werte für Minimalwinkel, „range of motion“, Differenz und „time of occurrence“ sind in den folgenden Tabellen angegeben.

Tabelle 133: Tarsalgelenkswinkel Maximum Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	Tarsalgelenk				
	Maximum (Grad)		„time of occurrence“ Maximum		
	op	nop	op	nop	
Panarthrodese Tarsus					
26	157,4	151,4	–	70,0	
27	161,8	165,9	61,3	64,5	
28	137,0	168,5	–	64,0	
29	154,9	160,3	–	75,5	
30	132,5	144,0	–	64,8	
31	145,2	156,3	–	60,8	
partielle Arthrodesse Tarsus					
32	157,8	177,6	59,8	70,3	
33	164,6	162,3	64,2	61,5	
34	156,4	150,7	61,3	63,8	

Tabelle 134: Tarsalgelenkswinkel Maximum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodeseart	Hund Tarsus	Tarsalgelenk			
		Arthrodesewinkel/Maximum (Grad) op	Maximum (Grad) nop	„time of occurrence“ Maximum	
				op	nop
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	1	6
	Mittelwert	148,1	157,7	61,3	66,6
	s	11,8	9,2	–	5,3
	Min	132,5	144,0	61,3	60,8
	Max	161,8	168,5	61,3	75,5
partielle Arthrodesse Tarsus	N	3	3	3	3
	Mittelwert	159,6	163,5	61,7	65,2
	s	4,4	13,5	2,2	4,5
	Min	156,4	150,7	59,8	61,5
	Max	164,6	177,6	64,2	70,3
insgesamt	N	9	9	4	9
	Mittelwert	151,9	159,7	61,6	66,1
	s	11,2	10,3	1,9	4,8
	Min	132,5	144,0	59,8	60,8
	Max	164,6	177,6	64,2	75,5

Tabelle 135: Tarsalgelenkswinkel Minimum Tarsalgelenksarthrodese Hund.

op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Patient Nr.	Tarsalgelenk						
	Minimum (Grad)		„time of occurrence“ Minimum		„range of motion“ (Grad)		Differenz (Grad)
	op	nop	op	nop	op	nop	
Panarthrodese Tarsus							
26	–	118,5	–	85,5	0,0	32,9	-32,9
27	153,6	129,8	84,3	85,0	8,3	36,1	-27,8
28	–	135,9	–	82,3	0,0	32,6	-32,6
29	–	113,7	–	88,0	0,0	46,6	-46,6
30	–	112,5	–	85,8	0,0	31,5	-31,5
31	–	120,7	–	82,7	0,0	35,6	-35,6
partielle Arthrode Tarsus							
32	123,0	138,6	77,5	88,0	34,8	39,0	-4,2
33	153,7	140,7	78,5	81,5	10,9	21,6	-10,8
34	123,1	114,4	80,8	83,5	33,4	36,3	-2,9

Tabelle 136: Tarsalgelenkswinkel Minimum insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße

Arthrodeaseart	Hund Tarsus	Tarsalgelenk				
		Minimum (Grad)		„time of occurrence“ Minimum		op
		op	nop	op	nop	
Panarthrodese Tarsus	N	1	6	1	6	
	Mittelwert	153,6	121,8	84,3	84,9	
	s	–	9,3	–	2,1	
	Min	153,6	112,5	84,3	82,3	
	Max	153,6	135,9	84,3	88,0	
partielle Arthrode Tarsus	N	3	3	3	3	
	Mittelwert	133,2	131,2	78,9	84,3	
	s	17,7	14,6	1,7	3,3	
	Min	123,0	114,4	77,5	81,5	
	Max	153,7	140,7	80,8	88,0	
insgesamt	N	4	9	4	9	
	Mittelwert	138,3	125,0	80,3	84,7	
	s	17,7	11,4	3,0	2,4	
	Min	123,0	112,5	77,5	81,5	
	Max	153,7	140,7	84,3	88,0	

Tabelle 137: „range of motion“-Tarsalgelenk insgesamt Tarsalgelenksarthrodese Hund.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, op = operierte Hintergliedmaße, nop = nicht operierte Hintergliedmaße,

Arthrodesearth	Hund Tarsus	Tarsalgelenk			Differenz (Grad)	
		„range of motion“ (Grad)				
		op	nop			
Panarthrodese Tarsus	N	6	6	6		
	Mittelwert	1,4	35,9	-34,5		
	s	3,4	5,5	6,4		
	Min	0,0	31,5	-46,6		
	Max	8,3	46,6	-27,8		
partielle Arthrodesese Tarsus	N	3	3	3		
	Mittelwert	26,4	32,3	-6,0		
	s	13,4	9,3	4,2		
	Min	10,9	21,6	-10,8		
	Max	34,8	39,0	-2,9		
insgesamt	N	9	9	9		
	Mittelwert	9,7	34,7	-25,0		
	s	14,4	6,6	15,3		
	Min	0,0	21,6	-46,6		
	Max	34,8	46,6	-2,9		

4.1.1.2.6.5.3 Statistische Beurteilung

Wie bei den Karpalgelenksarthrodessen so lagen auch im Fall der Tarsalgelenksarthrodessen Unterschiede im Vergleich von operierter zu nicht operierter bzw. ipsilateraler zu kontralateraler Gliedmaße vor. Jedoch konnten aufgrund der geringen Fallzahl der ganganalytisch untersuchten Tarsalgelenksarthrodessen für keinen der Parameter signifikante Unterschiede gefunden werden.

4.1.1.2.7 Komplikationen

Tabelle 138: Komplikationen Tarsalgelenksarthrodese Hund.

Druckstellen/Wundheilungsstörung/Implantatlockerung/Implantatbruch/Umversorgung: 0 = ja, 1 = nein, Metatarsalfraktur: 0 = nein, 1 = ja, konsolidierte Fraktur, 2 = ja, Pseudarthrose

Patient Nr.	Druckstellen	Wundheilungsstörung	Implantat-lockerung	Implantat-bruch	Metatarsalfraktur	Umversorgung
Panarthrodese Tarsus						
26	1	0	0	1	0	1
27	1	1	1	0	0	0
28	1	1	0	1	0	1
29	0	1	0	0	0	1
30	1	1	1	1	0	0
31	0	1	1	0	0	0
partielle Arthrodese Tarsus						
32	1	0	0	1	0	1
33	1	0	0	1	0	1
34	1	1	1	1	0	1
35	1	1	1	1	0	1

Von den 10 Patienten mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks entwickelten 2 Patienten (20 %) Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung. Wundheilungsstörungen traten bei einem der Hunde mit einer Panarthrodese (17 %) und bei 2 der Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks (50 %) auf. Bei jeweils der Hälfte der Patienten mit einer partiellen bzw. einer Panarthrodese des Tarsalgelenks kam es zu einer Lockerung der Implantate (2 bzw. 3 Hunde). Bei 3 Patienten mit einer Panarthrodese (50 %) kam es zu einem Bruch der Implantate. Bei ebenso vielen (50 %) war eine operative Umversorgung erforderlich. Ein Bruch der Metatarsalknochen trat bei keinem der Patienten mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks auf.

4.1.2 Gruppe 2: Nur Fragebogen

4.1.2.1 Karpalgelenksarthrodesen

Bei insgesamt 21 Hunden mit einer Arthrodese des Karpalgelenks konnte das Spätergebnis lediglich anhand einer Befragung der Besitzer überprüft werden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse werden im folgenden Kapitel wiedergegeben.

Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung betrug $6,2 \pm 2,2$ Jahre. Die Befragung der Besitzer fand durchschnittlich $7,7 \pm 3,7$ Jahre nach der Operation statt. Einige der Patienten waren zu diesem Zeitpunkt bereits verstorben. Der Großteil der Hunde war männlich-intakt (11/21, 52 %). Von den 21 Patienten waren 5 weiblich-kastriert, 3 weiblich-intakt und 2 Patienten waren männlich-kastriert.

Eine ständige Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand, Schritt und Trab sowie eine ständige Lahmheit auf dieser Gliedmaße konnte bei nur 1 Patienten festgestellt werden. Insgesamt waren es je 2 der 21 Hunde (10 %), die eine ständige Entlastung in Stand und Trab zeigten. Je 2 Hunde entlasteten die Gliedmaße nur gelegentlich im Stand bzw. im Trab. Von den Patienten waren 12 zu jeder Zeit völlig lahmheitsfrei. Am häufigsten konnte eine Lahmheit nach Belastung beobachtet werden. Eine ständige Lahmheit konnte bei je 2 Patienten (10 %) nach Höhensprüngen und Ruhe und bei 4 Patienten (19 %) nach Belastung festgestellt werden.

Sowohl Berührungsempfindlichkeit als auch Wetterföhligkeit und vermehrtes Belecken des versteiften Gelenks wurde von 3 Patienten gezeigt. Insgesamt berichteten die Besitzer bei je 6 Patienten von Berührungsempfindlichkeit und ständigem Krallenschleifen. Eine Wetterföhligkeit konnte bei insgesamt 5 Patienten beobachtet werden und ein vermehrtes Belecken des versteiften Gelenks wurde von 7 Besitzern beobachtet. 10-mal gaben die Besitzer eine Dauer des Heilungsverlaufs von weniger als 3 Monaten an. Bei 6 Patienten dauerte er länger als 1 Jahr. Bei den übrigen 5 lag er zwischen 3 Monaten und 1 Jahr. Komplikationen wurden bei 7 der Hunde beobachtet. Je 3 der Besitzer machten den Eingriff für eine deutliche Einschränkung der Belastbarkeit und Beeinträchtigung der Lebensqualität ihres Hundes verantwortlich. In je 13 Fällen fiel sowohl die Beurteilung des Gesamtergebnisses durch den Besitzer als auch die Auswertung der einzelnen Fragen „sehr gut“ aus. Das Gesamtergebnis wurde von den Besitzern nicht schlechter als „befriedigend“ (1-mal) beurteilt. Lediglich 2 der Besitzer gaben an, ihre Entscheidung zu bereuen und sich nicht erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden.

4.1.2.2 Tarsalgelenksarthrodesen

Von den 28 Hunden, bei denen das Spätergebnis lediglich mittels Besitzerbefragung überprüft werden konnte, wiesen 7 Hunde eine Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks auf. Das mittlere Alter dieser Patienten zum Zeitpunkt der Operation lag bei $6,0 \pm 3,3$ Jahren. Die Beantwortung des Besitzerfragebogens fand im Schnitt $7,1 \pm 1,3$ Jahre nach der Gelenkversteifung statt. Das Geschlecht von je 3 Patienten war männlich- bzw. weiblich-kastriert, 1 Patient war weiblich-intakt. 1 der Hunde mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks zeigte eine ständige Entlastung der Gliedmaße im Stand, Schritt und Trab. Alle anderen Patienten waren lahmheitsfrei. Der Patient, der die Gliedmaße ständig entlastete, zeigte ebenfalls eine ständige Lahmheit derselben. Je 1 Patientenbesitzer berichtete von Berührungsempfindlichkeit bzw. Wetterföhligkeit. Bei einem Patienten dauerte der Gesamtheilungsverlauf länger als 12 Monate, bei 2 Patienten zwischen 3 und 6 Monaten und bei den restlichen Patienten weniger als 3 Monate. Bei 2 der Patienten kam es zu Komplikationen im Heilungsverlauf. Insgesamt berichteten 2 Besitzer von einer deutlichen,

mit dem Eingriff einhergehenden Einschränkung der Belastbarkeit. Bei einem dieser Patienten stellte der Besitzer ebenfalls eine Beeinträchtigung der Lebensqualität im Anschluss an den Eingriff fest. Darüber hinaus konnte kein weiterer Besitzer Einschränkungen hinsichtlich Belastbarkeit oder Lebensqualität feststellen.

Sämtliche Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für eine Operation zu entscheiden. 1 Besitzer beurteilte das Gesamtergebnis als „befriedigend“. Die übrigen Besitzer, bis auf 1, der keine Angabe machte, bewerteten das Gesamtergebnis als „sehr gut“.

4.2 Katzen

4.2.1 Gruppe 1: Klinische Kontrolle

4.2.1.1 Karpalgelenksarthroesen

4.2.1.1.1 Häufigkeit

22 der insgesamt 62 Katzen wiesen eine Karpalgelenksarthrodese auf. Von 10 dieser Katzen war keinerlei Auskunft hinsichtlich eines Langzeitergebnisses verfügbar. In 5 Fällen war eine Überprüfung desselben lediglich anhand einer Befragung der Besitzer möglich. Zu einer Überprüfung des Spätergebnisses konnten 7 Katzen mit einer Karpalgelenksarthrodese in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellt werden. Je 1-mal lag eine beidseitige bzw. partielle Karpalgelenksarthrodese vor.

4.2.1.1.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung

Die 7 Katzen mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks waren zum Zeitpunkt der Operation durchschnittlich $4,8 \pm 2,8$ Jahre alt, wobei der jüngste Patient 1,6 Jahre und der älteste 9,5 Jahre alt war. Bei ausschließlicher Berücksichtigung der Panarthroesen des Karpalgelenks ergab sich ein durchschnittliches Alter von $5,2 \pm 2,9$ Jahren zum Zeitpunkt der Operation (Minimum 1,6 Jahre, Maximum 9,5 Jahre). Die Katze mit der partiellen Arthrodese des Karpalgelenks war bei der Gelenkversteifung 2,2 Jahre alt.

In Tabelle 139 ist das Alter der einzelnen Patienten aufgelistet.

Tabelle 139: Alter bei Operation Karpalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Alter bei Operation	Patient Nr.	Alter bei Operation
Panarthrodese Karpus			
36a	3,0	40	9,5
36b	2,9	41	1,6
37	7,2	partielle Arthrodese Karpus	
38	2,6		
39	7,5	42	2,2

Von den 7 Katzen waren 4 weiblich-kastriert und 3 männlich-kastriert. Bei der Katze mit einer partiellen Karpalgelenksarthrodese handelte es sich um eine männlich-kastrierte Katze. Von den 7 Katzen waren 6 Europäisch Kurzhaar Katzen, darunter jene Katze mit einer partiellen Arthrodese. 1 der Patienten war eine Norwegische Waldkatze. Das durchschnittliche Gewicht der betroffenen Katzen betrug $5,6 \pm 1,2$ kg.

4.2.1.1.3 Ausgangssituation

In Tabelle 140 sind Ausgangssituation, Vorbericht und Vorbehandlung der einzelnen Patienten aufgelistet.

Tabelle 140: Ausgangssituation Karpalgelenksarthrodese Katze.

akut/nicht akut: 0 = nein, nicht akut; 1 = ja, akut; Vorbericht: 0 = Unfall; 1 = angeboren, degenerativ; 2 = unbekannt; konservative/operative Vorbehandlung: 0 = nein, 1 = ja, 2 = keine Angabe

Patient Nr.	akut/nicht akut	Vorbericht	Vorbehandlung	
			konservativ	operativ
Panarthrodese Karpus				
36	1	0	0	1
37	1	0	0	1
38	1	0	1	0
39	1	2	0	0
40	0	0	1	0
41	0	1	0	0
partielle Arthrodese Karpus				
42	1	0	0	0

Bei 5 der 7 Katzen (71 %) trat die Gelenkschädigung akut auf. In 3 dieser Fälle kam es vorberichtlich zu einem Fenstersturz. 1 der Katzen (Nr. 41) wies eine angeborene Missbildung der Vordergliedmaße auf, bei 1 weiteren (Nr. 40) hatte bereits mehrere Wochen vor Durchführung der Arthrodese eine operative Vorbehandlung der betroffenen Gliedmaße stattgefunden. Bei je 2 Patienten ging der Gelenkversteifung eine konservative bzw. operative Vorbehandlung des Gelenks voraus.

4.2.1.1.4 Diagnose und Behandlung

In den Tabellen 141 und 142 sind die jeweilige Diagnose, die vor Durchführung der Arthrodese gestellt werden konnte sowie die exakte Lokalisation der Luxation im Fall eines Niederbruchs aufgelistet.

Tabelle 141: Diagnose Karpalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Diagnose
Panarthrodese Karpus	
36a	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
36b	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
37	Niederbruch (Luxatio mediocarpea et carpometacarpea)
38	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
39	Niederbruch (Luxatio mediocarpea und mediale Seitenbandinstabilität)
40	Niederbruch (Luxatio antebrachiocarpea)
41	kongenitale Missbildung
partielle Arthrodese Karpus	
42	Luxatio carpometacarpea, Diastase intermetakarpal zwischen Os metacarpale III und IV

Tabelle 142: Lokalisation Niederbruch Karpalgelenksarthrodese Katze.

1 = ja, 0 = nein

Patient Nr.	Nieder-bruch	Luxatio			Instabilität der Articulatio antebrachiocarpea	
		antebra-chio-carpea	medio-carpea	carpo-metacarpea	medial	lateral
Panarthrodese Karpus						
36a	1	1	0	0	0	0
36b	1	1	0	0	0	0
37	1	0	1	1	0	0
38	1	1	0	0	0	0
39	1	0	1	0	1	0
40	1	1	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0
partielle Arthrodese Karpus						
42	0	0	0	1	0	0

6-mal lag ein sogenannter Niederbruch des Karpalgelenks vor. Davon befand sich die Luxation 4-mal (67 %) im Bereich der Articulatio antebrachiocarpea, 1-mal im Bereich der Articulatio mediocarpea zusammen mit einer medialen Instabilität der Articulatio antebrachiocarpea und 1-mal waren die Articulationes mediocarpea und carpometacarpea gemeinsam betroffen (je 17 %).

4.2.1.1.5 **Behandlung (Operationsmethode und Implantat)**

Tabelle 143 sind die jeweils verwendeten Implantate sowie der Versteifungswinkel der einzelnen Patienten zu entnehmen. Im Schnitt betrug dieser $192,7^\circ$.

Tabelle 143: Operationsmethode und Implantat Karpalgelenksarthrodese Katze.

Arthrodeseart: 1 = Panarthrodese Karpus, 2 = partielle Arthrodese Karpus; Implantat: 0 = Hybridarthrodeseplatte, 1 = Stufenplatte, 2 = andere Platte, 3 = Platte und Zugschraube, 4 = Bohrdrähte

Patient Nr.	Arthrodese-art	Implantat	Versteifungswinkel
Panarthrodese Karpus			
36a	1	2	186
36b	1	2	199
37	1	2	190
38	1	2	188
39	1	2	198
40	1	2	200
41	1	0	188
mittlerer Versteifungswinkel		$\varnothing 192,7$	
partielle Arthrodese Karpus			
42	2	4	–

Sämtliche Panarthrodesen wurden anhand von von dorsal aufgebrachten Kleinfragmentplatten durchgeführt. Die partielle Arthrodese erfolgte mithilfe 3-er in die Metakarpalknochen eingebrachter Bohrdrähte.

4.2.1.1.6 **Klinische Spätuntersuchung**

4.2.1.1.6.1 Kontrollzeitpunkt

Das durchschnittliche Alter der Patienten bei der Kontrolle betrug $8,7 \pm 3,5$ Jahre, wobei der jüngste Patient 2,4 Jahre und der älteste 15,9 Jahre alt waren. Die durchschnittliche Versteifungsdauer zum Zeitpunkt der Kontrolle betrug $3,9 \pm 2,0$ Jahre (Minimum 0,9 Jahre, Maximum 6,5 Jahre). Die Werte für die einzelnen Patienten folgen in Tabelle 144.

Tabelle 144: Kontrollzeitpunkt Karpalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontroll-zeitpunkt
Panarthrodese Karpus		
36a	8,0	5,1
36b	8,0	5,2
37	10,1	3,0
38	6,6	4,1
39	8,9	1,5
40	15,9	6,4
41	2,4	0,9
partielle Arthrodese Karpus		
42	8,6	6,5

4.2.1.1.6.2 Besitzerfragebogen

Die Ergebnisse der Befragung der Katzenbesitzer werden im Folgenden wiedergegeben.

4.2.1.1.6.2.1 Gliedmaßenentlastung

Tabelle 145: Gliedmaßenentlastung Karpalgelenksarthrodese Katze.

0 = nie, 1 = gelegentlich, 2 = immer

Patient Nr.	Entlastung		
	Stand	Schritt	Trab
Panarthrodese Karpus			
36	0	0	0
37	0	0	1
38	1	0	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	1	1	0
partielle Arthrodese Karpus			
42	0	0	0

Bei 2 der 6 Katzen (Nr. 38 und 41) berichteten die Besitzer von einer gelegentlichen Entlastung der Gliedmaße im Stand. Je 1 Patientenbesitzer konnte eine Entlastung der operierten Gliedmaße im Trab beobachten. Die Katze mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks zeigte keinerlei Gliedmaßenentlastung.

4.2.1.1.6.2.2 Lahmheit

Tabelle 146: Lahmheit Karpalgelenksarthrodese Katze.

0 = nie, 1 = gelegentlich, 2 = immer

Patient Nr.	Lahmheit		
	Höhen- sprung	Ruhe	Belas- tung
Panarthrodese Karpus			
36	1	0	0
37	0	0	0
38	1	1	1
39	0	0	0
40	1	1	0
41	0	1	1
partielle Arthrodese Karpus			
42	1	0	0

1 Patientenbesitzer berichtete von einer ständigen Lahmheit seiner Katze auf der betroffenen Gliedmaße. Darüber hinaus zeigten 3 Katzen eine Lahmheit nach Sprüngen aus größerer Höhe. Bei 2 Patienten trat eine Lahmheit nach längerem Ruhem und bei einer Katze nach vermehrter Belastung auf.

4.2.1.1.6.2.3 Patientenkomfort, Krallenschleifen

Tabelle 147: Patientenkomfort Karpalgelenksarthrodese Katze.

Berührungsempfindlichkeit, Wetterföhligkeit, Belecken: 0 = nein, 1 = ja; Krallenschleifen: 0 = nein; 1 = ja, nach besonderer Anstrengung; 2 = ja, immer

Patient Nr.	Berührungs- empfind- lichkeit	Wetter- föhligkeit	vermehrtes Belecken
Panarthrodese Karpus			
36	0	0	0
37	1	0	0
38	0	1	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	0	0	0
partielle Arthrodese Karpus			
42	0	0	0

Lediglich je 1 Patient zeigte eine vermehrte Berührungsempfindlichkeit oder eine Wetterföhligkeit des betroffenen Gelenks. Von keinem Besitzer konnte ein vermehrtes Belecken desselben beobachtet werden.

4.2.1.1.6.2.4 Heilungsverlauf, Komplikationen, Einschränkungen

Tabelle 148: Heilungsverlauf Karpalgelenksarthrodese Katze.

Gesamtheilungsverlauf: 0 = < 3 Monate, 1 = 3–6 Monate, 2 = 6–12 Monate, 3 = > 12 Monate, 4 = keine Angabe; Komplikationen: 0 = nein, 1 = ja; Einschränkung der Belastbarkeit: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = deutlich, 3 = keine Angabe; Beeinträchtigung der Lebensqualität: 0 = nein, 1 = ja, 2 = keine Angabe

Patient Nr.	Gesamt-heilungsverlauf	Komplikationen	Einschränkung Belastbarkeit	Beeinträchtigung Lebensqualität
Panarthrodese Karpus				
36	1	1	0	0
37	1	1	0	0
38	1	2	0	0
39	0	0	0	0
40	3	1	1	0
41	1	0	0	0
partielle Arthrodese Karpus				
42	3	0	0	0

Bei dem Großteil der Katzen mit einer Panarthrodese (4/6) berichteten die Besitzer von einer Dauer des Gesamtheilungsverlaufs zwischen 3 und 6 Monaten. Bei 1 Katze war der Heilungsverlauf bereits nach 3 Monaten abgeschlossen. In 2 Fällen berichteten die Besitzer von einem Heilungsverlauf, der über die Dauer 1 Jahres hinausging. Komplikationen traten bei 3 Patienten auf. Lediglich 1 Besitzer berichtete von einer eingeschränkten Belastbarkeit seiner Katze. Keiner führte eine Beeinträchtigung der Lebensqualität seines Tieres auf die Operation zurück.

4.2.1.1.6.2.5 Erneute Entscheidung, Noten

Tabelle 149: Erneute Entscheidung, Noten Karpalgelenksarthrodese Katze.

Vergleich Besitzernote/Gesamtnote und Vergleich Besitzernote/orthopädische Untersuchung: 0 = Besitzer gleich, 1 = Besitzer besser, 2 = Besitzer schlechter, 3 = keine Angabe; erneute Entscheidung: 0 = nein, 1 = ja

Patient Nr.	Gesamt- note	Besitzer- note	Notenvergleich Besitzernote/		Differenz Gesamtnote/ Besitzernote	erneute Entschei- dung dafür
			Gesamt- note	OU		
Panarthrodese Karpus						
36	1	1	0	0	0	1
37	1	1	0	1	0	1
38	2	2	0	2	0	1
39	1	1	0	0	0	1
40	2	1	1	0	1	1
41	1	1	0	1	0	1
partielle Arthrodese Karpus						
42	2	1	1	0	1	1

Tabelle 150: Note Besitzerbefragung insgesamt Karpalgelenksarthrodese Katze.

N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Panarthrodese Karpus	Katze	Gesamt- note	Besitzer- note
	N	6	6
	Mittelwert	1,3	1,2
	s	0,5	0,4
	Min	1	1
	Max	2	2

Von den 7 Besitzern einer Katze mit einer Arthrodese des Karpalgelenks beurteilten 6 das Gesamtergebnis als „sehr gut“, 1 als „gut“. Alle Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden.

4.2.1.1.6.3 Orthopädische Untersuchung

Im Folgenden sollen die Befunde der orthopädischen Untersuchung der Katzen mit einer Arthrodese des Karpalgelenks aufgeführt werden.

4.2.1.1.6.3.1 Lahmheitsuntersuchung

Tabelle 151: Lahmheitsuntersuchung Karpalgelenksarthrodese Katze.

Lahmheitsgrad: 0 = keine Lahmheit, 1 = Lahmheit Grad 1, 2 = Lahmheit Grad 2, 3 = Lahmheit Grad 3, 4 = Lahmheit Grad 4; Entlastung im Stand: 0 = keine, 1 = gelegentlich, 2 = immer; Muskelatrophie: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Krallenabschliff: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = deutlich

Patient Nr.	Gewicht (kg)	Lahmheitsgrad	Entlastung Stand	Muskelatrophie
Panarthrodese Karpus				
36a	4,8	0	0	1
36b	4,8	0	0	1
37	6	1	0	2
38	7,3	0	0	1
39	6	0	0	0
40	3,3	0	0	1
41	5,5	1	2	1
partielle Arthrodese Karpus				
42	6,5	0	0	1

Eine undeutlich geringgradige Lahmheit der betroffenen Gliedmaße wurde bei 2 Katzen beobachtet. Alle anderen Patienten waren lahmheitsfrei. Bei 1 Patienten fiel eine ständige Entlastung der Gliedmaße im Stand auf.

4.2.1.1.6.3.2 *Palpationsbefund, Zehenbeweglichkeit, Gesamtnote*

Tabelle 152: Palpationsbefund Karpalgelenksarthrodese Katze.

Palpationsschmerz: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zehenflexion/Zehenextension: 0 = uneingeschränkt, 1 = geringgradig eingeschränkt, 2 = mittelgradig eingeschränkt, 3 = hochgradig eingeschränkt; Gesamtnote OU (Gesamtnote orthopädische Untersuchung): 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend

Patient Nr.	Palpations-schmerz	Zehen-flexion	Zehen-extension	Gesamt-note OU
Panarthrodese Karpus				
36a	0	0	0	1
36b	0	1	0	1
37	0	2	0	2
38	0	0	0	1
39	0	0	0	1
40	0	1	0	1
41	0	0	0	2
partielle Arthrodese Karpus				
42	0	0	0	1

Bei keiner der Katzen lag ein Palpationsschmerz oder eine eingeschränkte Extensionsfähigkeit der Zehen vor. Die Zehenflexion war bei 2 Patienten geringgradig und

bei 1 Patienten mittelgradig eingeschränkt. Bis auf 2 Tiere, bei denen die Auswertung der Ergebnisse der orthopädischen Untersuchung die Note „gut“ ergab, fiel sie bei den übrigen Tieren „sehr gut“ aus.

4.2.1.1.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle

Im Anschluss an die orthopädische Untersuchung erfolgte, wie in Kapitel 3.2.3 beschrieben, die Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur radiologischen Beurteilung des Spätergebnisses. Die dadurch erhobenen Befunde sollen im Folgenden beschrieben werden.

4.2.1.1.6.4.1 Durchbau, Metakarpalüberdachung und -synostose, Os-carpi-accessorium-Hochstand

Tabelle 153: Röntgenologischer Durchbau Karpalgelenksarthrodese Katze.

Durchbau: 0 = vollständig, 1 = großteils, 2 = vereinzelt, 3 = geringe bis keine Durchbautendenz, 4 = im Durchbau begriffen; Überdachung Os metacarpale tertium (MC III): 0 = < 50 %, 1 = > 50 %, 2 = nicht zu beurteilen; Synostose der Ossa metacarpalia: 0 = keine, 1 = < 50 %, 2 = > 50 %, 3 = nicht zu beurteilen; Os-carpi-accessorium-Hochstand: 0 = keiner, 1 = geringgradig, 2 = deutlich, 3 = nicht zu beurteilen

Patient Nr.	Durchbau	Überdachung MC III	Synostose der MC	OCA-Hochstand
Panarthrodese Karpus				
36a	0	1	0	1
36b	0	1	0	0
37	0	1	1	0
38	0	1	0	2
39	1	1	0	0
40	0	1	1	0
41	0	1	0	0
partielle Arthrodese Karpus				
42	0	2	1	1

Bis auf eine Ausnahme waren die einzelnen zu verstieifenden Gelenketagen zum Zeitpunkt der Spätkontrolle bei allen Patienten vollständig durchgebaut. Die Metakarpalknochen waren bei allen Katzen mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks zu über 50 % der Länge überdacht. Bei 3 Katzen, darunter auch jene mit einer partiellen Arthrodese, lag eine Synostose zu bis zu 50 % der Metakarpalknochen vor. 2-mal war ein geringgradiger und 1-mal ein deutlicher Hochstand des Os carpi accessorium festzustellen.

4.2.1.1.6.4.2 Implantatlockerung, -bruch, Metakarpalfraktur

Tabelle 154: Implantatlockerung Karpalgelenksarthrodese Katze.

Implantatentfernung: 0 = nein, 1 = ja, partiell, 2 = ja vollständig; Implantatlockerung: 0 = ja, 1 = nein; Implantatbruch: 0 = ja, 1 = nein; Stressprotektion: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig; Zustand MC III (Os metacarpale tertium): 0 = intakt, 1 = konsolidierte Fraktur, 2 = Pseudarthrose

Patient Nr.	Implantat-			Stress- protektion	Zustand MC III
	entfernung	lockerung	bruch		
Panarthrodese Karpus					
36a	0	1	1	0	0
36b	0	1	1	0	0
37	2	1	1	0	0
38	0	0	1	0	0
39	0	1	1	0	0
40	2	1	1	0	1
41	0	1	1	1	0
partielle Arthrodesen Karpus					
42	0	1	1	0	–

Bei 2 Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks waren die Implantate zum Zeitpunkt der Spätkontrolle bereits vollständig entfernt worden. Eine Lockerung der Implantate (distalste Schraube) konnte bei 1 Katze festgestellt werden. In keinem der Fälle kam es zu einem Implantatbruch. Bei 1 Patienten lag geringgradig Stressprotektion im Bereich unter der Platte vor. 1 Katze wies eine konsolidierte Fraktur des 3. Metakarpalknochens auf, die sie sich im Zuge einer postoperativen Quetschverletzung zugezogen hatte.

4.2.1.1.6.4.3 Arthrosen der Zehengelenke

Arthrosen in den Zehengelenken konnten in keinem Fall festgestellt werden.

4.2.1.1.6.4.4 Arthrosen der übrigen Gelenke

Tabelle 155: Arthrosen der übrigen Gelenke Karpalgelenksarthrodese Katze.

Arthrose kontralateraler Karpus: 0 = keine, 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig, 4 nicht zu beurteilen (beidseitige Arthrodese); Arthrosen übrige Gelenke: 0 = in keinem weiteren Gelenk, 1 = in einem weiteren Gelenk, 2 = in 2 weiteren Gelenken, 3 = in 3 weiteren Gelenken, 4 = in 4 weiteren Gelenken; Seitenvergleich Arthrose: Zehen = Zehengelenke, Ellbogen = Ellbogengelenke, Schulter = Schultergelenke, 0 = keine, 1 = ispiateral, 2 = kontralateral, 3 = beidseits (jeweils bezogen auf die Seite mit Arthrodese)

Patient Nr.	Arthrose kontralateraler Karpus	Arthrosen übrige Gelenke	Seitenvergleich Arthrose		
			Zehen	Ellbogen	Schulter
Panarthrodese Karpus					
36a	4	1	0	2	1
36b	4	1	0	1	2
37	0	2	0	3	0
38	1	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0
41	0	1	0	1	0
partielle Arthrodese Karpus					
42	1	1	0	0	0

2-mal wurde eine geringgradige Arthrose im kontralateralen Karpalgelenk festgestellt. Arthrosen im Bereich des Ellbogengelenks traten bei 2 Katzen ipsilateral, 1-mal kontralateral und 1-mal beidseits auf. Das Schultergelenk war bei 1 Katze auf der ipsilateralen und bei 1 auf der kontralateralen Seite von einer Arthrose betroffen.

4.2.1.1.6.4.5 Gesamtnote

Bei allen Katzen mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks fiel die Beurteilung des Ergebnisses der röntgenologischen Spätkontrolle mit der Note „sehr gut“ aus.

4.2.1.1.7 Komplikationen

Tabelle 156: Komplikationen Karpalgelenksarthrodese Katze.

Druckstellen/Wundheilungsstörung/Implantatlockerung/Implantatbruch/Umversorgung: 0 = ja, 1 = nein; Metakarpalfraktur: 0 = nein, 1 = ja, konsolidierte Fraktur, 2 = ja, Pseudarthrose

Patient Nr.	Druck- stellen	Wund- heilungs- störung	Implantat- lockerung	Implantat- bruch	Meta- karpal- fraktur	Umver- sorgung
Panarthrodese Karpus						
36a	1	1	1	1	0	1
36b	1	1	1	1	0	0
37	1	1	1	1	0	0
38	1	1	0	1	0	1
39	1	1	1	1	0	1
40	0	1	1	1	1	0
41	0	1	1	1	0	1
partielle Arthrodese Karpus						
42	0	1	1	1	0	1

Druckstellen im Zuge der postoperativen Verbandsbehandlung traten bei 2 Patienten mit einer Panarthrodese und der Katze mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks auf. Je bei 1 Patienten wurde eine Lockerung der Implantate bzw. Fraktur des 3. Metakarpalknochens festgestellt. Bei 3 Patienten war im Zuge des Heilungsverlaufs eine operative Umversorgung erforderlich.

4.2.1.2 Tarsalgelenksarthrodesen

4.2.1.2.1 Häufigkeit

40 der insgesamt 62 Katzen wiesen eine Versteifung des Tarsalgelenks auf. Von 33 dieser Katzen war keinerlei Auskunft hinsichtlich eines Langzeitergebnisses möglich. Besitzer von 3 Katzen mit einer Tarsalgelenksarthrodese wurden für eine Spätkontrollle vorstellig. In 1 dieser Fälle lag eine beidseitige Arthrodese vor. 4-mal wurde das Langzeitergebnis lediglich anhand der Ergebnisse einer Besitzerbefragung beurteilt.

4.2.1.2.2 Alters-, Geschlechts- und Rasseverteilung

Zum Zeitpunkt der Operation waren die Katzen mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks im Schnitt $6,8 \pm 3,3$ Jahre alt, wobei der jüngste Patient 2,4 Jahre und der älteste 9,5 Jahre alt war. Von den Katzen waren 2 männlich-kastriert und die 3. war weiblich-kastriert. Es handelte sich um 2 Europäisch Kurzhaar Katzen und 1 Norwegische Waldkatze. Das durchschnittliche Gewicht der Patienten betrug $5,2 \pm 1,2$ kg.

Tabelle 157: Alter bei Operation Tarsalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Alter bei Operation
Panarthrodese Tarsus	
43	9,5
44a	2,4
44b	2,4
45	8,5

4.2.1.2.3 Ausgangssituation

2-mal trat die Symptomatik akut auf, die 3. Katze hatte 3 Wochen vor der Gelenkversteifung ein unbekanntes Trauma erlitten und bereits eine operative Vorbehandlung durch den Haustierarzt erfahren. Bei den übrigen Patienten lag weder eine konservative noch chirurgische Vorbehandlung vor.

4.2.1.2.4 *Diagnose und Behandlung*

Die zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung gestellten Diagnosen werden in Tabelle 158 aufgelistet.

Tabelle 158: Diagnose Tarsalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Diagnose
Panarthrodese Tarsus	
43	Luxatio talocruralis, metaphysäre Fibulafraktur
44a	Luxatio talocruralis, Talusfraktur, distale Fibulafraktur
44b	Talussplitterfraktur, distale Tibia- und Fibulafraktur
45	Talussplitterfraktur, distale Fibulafraktur

4.2.1.2.5 *Behandlung (Operationsmethode und Implantat)*

Versteifungsmethode und Versteifungswinkel werden in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 159: Operationsmethode und Implantat Tarsalgelenksarthrodese Katze.

Arthrodeseart: 3 = Panarthrodese Tarsus; Implantat: 0 = Hybridarthrodeseplatte, 2 = andere Platte

Patient Nr.	Arthrodeseart	Implantat	Versteifungswinkel
Panarthrodese Tarsus			
43	3	2	140
44a	3	0	126
44b	3	0	130
45	3	2	106
mittlerer Versteifungswinkel			$\varnothing 125,5$

4.2.1.2.6 *Klinische Spätuntersuchung*

4.2.1.2.6.1 *Kontrollzeitpunkt*

Das durchschnittliche Alter der Patienten bei der Kontrolle betrug $8,9 \pm 5,9$ Jahre, wobei der jüngste Patient 3,0 Jahre und der älteste 15,0 Jahre alt waren. Die durchschnittliche Versteifungsdauer zum Zeitpunkt der Kontrolle betrug $3,2 \pm 2,6$ Jahre (Minimum 0,7 Jahre, Maximum 6,6 Jahre). Tabelle 160 enthält die Daten zu den einzelnen Patienten.

Tabelle 160: Kontrollzeitpunkt Tarsalgelenksarthrodese Katze.

Patient Nr.	Alter bei Kontrolle	Kontrollzeitpunkt
Panarthrodese Tarsus		
43	14,5	5,1
44a	3,0	0,7
44b	3,0	0,7
45	15,0	6,6

4.2.1.2.6.2 Besitzerfragebogen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung der Besitzer der Katzen mit einer Tarsalgelenksarthrodese wiedergegeben.

4.2.1.2.6.2.1 Gliedmaßenentlastung

Lediglich bei 1 Katze (Nr. 45) berichtete der Besitzer von einer gelegentlichen Entlastung der betroffenen Gliedmaße im Schritt.

4.2.1.2.6.2.2 Lahmheit

Bei je 1 Patienten beobachteten die Besitzer eine gelegentliche Lahmheit nach Sprüngen aus großer Höhe (Nr. 45) bzw. nach längerem Ruhen (Nr. 43).

4.2.1.2.6.2.3 Patientenkomfort

1 Katze (Nr. 43) zeigte sowohl eine Berührungsempfindlichkeit als auch Wetterföhligkeit des versteiften Gelenks. Die übrigen Patienten waren diesbezüglich völlig beschwerdefrei.

4.2.1.2.6.2.4 Heilungsverlauf, Komplikationen, Einschränkungen

Bei allen 3 Katzen mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks lag die Dauer des Gesamtheilungsverlaufs zwischen 3 und 6 Monaten. Bei keiner der Katzen kam es laut Besitzerauskunft zu Komplikationen oder einer Einschränkung der Belastbarkeit. Einer der Besitzer empfand die Lebensqualität seiner Katze (Nr. 44) als durch den Eingriff beeinträchtigt.

4.2.1.2.6.2.5 Erneute Entscheidung, Noten

1 Besitzer beurteilte das Gesamtergebnis als „gut“ (Nr. 43). Die übrigen Besitzerbeurteilungen sowie die Auswertung der einzelnen Antworten der Besitzerbefragungen ergaben die Note „sehr gut“. Bis auf 1 Besitzer (Nr. 43) gaben alle an, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden.

4.2.1.2.6.3 Orthopädische Untersuchung

Die orthopädische und klinische Untersuchung der 3 Katzen lieferte die im Folgenden aufgelisteten Ergebnisse.

4.2.1.2.6.3.1 Lahmheitsuntersuchung

Keiner der Patienten zeigte eine Lahmheit oder eine Entlastung der betroffenen Gliedmaße im Stand. Bei 2 Katzen (Nr. 43 und 45) konnte eine geringgradige Muskelatrophie der Gliedmaße festgestellt werden.

4.2.1.2.6.3.2 Palpationsbefund, Zehenbeweglichkeit, Gesamtnote

Bei 2 Patienten (Nr. 44 rechts und 45) lag ein geringgradiger Palpationsschmerz des versteiften Gelenks vor. Bei 1 Patienten (Nr. 43) war die Flexion der Zehen hochgradig eingeschränkt. Die Zehenextension war bei 1 Katze (Nr. 45) geringgradig und bei 1 (Nr. 43) mittelgradig eingeschränkt. Die Befunde der orthopädischen Untersuchung ergaben bei 1 Katze (Nr. 43) die Note „gut“, bei den übrigen Patienten fiel sie „sehr gut“ aus.

4.2.1.2.6.4 Röntgenologische Spätkontrolle

Die Befunde der röntgenologischen Spätkontrolle der Katzen mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks werden im Folgenden aufgelistet.

4.2.1.2.6.4.1 Durchbau, Metatarsalüberdachung und -synostose

Bei allen 3 Katzen mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks waren zum Zeitpunkt der Spätkontrolle sämtliche Gelenketagen vollständig durchgebaut. Nur bei 1 Katze (Nr. 44) waren die Metatarsalknochen zu über 50 % der Länge mit der Platte überdacht. Bis auf 1 Patienten, bei dem keine Synostose der Metatarsalknochen festzustellen war, konnte dies aufgrund einer Überlagerung mit den Implantaten bei keiner weiteren Katze beurteilt werden.

4.2.1.2.6.4.2 Implantatlockerung, -bruch, Stressprotektion

Bei keinem der Patienten lag eine Lockerung oder ein Bruch der Implantate vor. Sämtliche Implantate waren bei den 3 Patienten zum Zeitpunkt der Spätkontrolle noch vorhanden. Bei 1 Patienten (Nr. 44, links) lag geringgradig Stressprotektion unterhalb der Platte vor.

4.2.1.2.6.4.3 Arthrosen der Zehengelenke

Bei keiner der Katzen mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks lagen Arthrosen in den Zehengelenken vor.

4.2.1.2.6.4.4 Arthrosen der übrigen Gelenke

Bei keinem der Patienten lagen Arthrosen im Bereich des kontralateralen Tarsalgelenks vor. 1 Katze (Nr. 43) wies eine geringgradige Arthrose im ipsilateralen Kniegelenk auf.

4.2.1.2.6.4.5 Gesamtnote Röntgen

Die Auswertung der Befunde der Röntgenuntersuchung ergab bei allen 3 Patienten die Note „sehr gut“.

4.2.1.2.7 Komplikationen

Bei keiner der Katzen mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks kam es zu Komplikationen im Heilungsverlauf der Arthrodese.

4.2.2 Gruppe 2: Nur Fragebogen

4.2.2.1 Karpalgelenksarthrodesen

Von den 9 Katzen, bei denen das Spätergebnis lediglich mittels Besitzerbefragung überprüft werden konnte, wiesen 5 Katzen eine Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks auf. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung betrug $4,5 \pm 1,4$ Jahre. Die Kontrolle fand im Schnitt $7,1 \pm 2,3$ Jahre nach der Operation statt. Von diesen Katzen waren 3 männlich-kastriert und 2 waren weiblich-kastriert.

Bei je 1 Katze konnten die Besitzer eine gelegentliche Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand bzw. im Schritt beobachten. Die übrigen Tiere zeigten eine uneingeschränkte Belastung der Gliedmaße. Bei je 1 Katze fiel dem Besitzer eine gelegentliche Lahmheit nach längerem Ruhen bzw. nach Sprüngen aus größerer Höhe auf. Die übrigen Katzen waren lahmheitsfrei.

Nur 1 Besitzer konnte von vermehrtem Belecken des operierten Gelenks berichten. Bei 2 Katzen betrug die Dauer des Gesamtheilungsverlaufs zwischen 3 und 6 Monaten. Bei den übrigen lag er unter 3 Monaten. 1 Besitzer berichtete von einer geringgradigen Einschränkung der Belastbarkeit seit dem Eingriff. Bei keinem der Patienten war es laut Besitzerauskunft zu Komplikationen im Heilungsverlauf oder einer Beeinträchtigung der Lebensqualität gekommen.

Alle Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden. Die Note des Besitzers sowie die sich aus den Besitzerantworten ergebende Gesamtnote des Fragebogens stimmte bei allen Patienten als „sehr gut“ überein.

4.2.2.2 Tarsalgelenksarthrodesen

Die lediglich anhand einer Befragung der Besitzer untersuchten Katzen mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks waren zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung durchschnittlich $7,5 \pm 5,0$ Jahre alt. Die Befragung der Besitzer fand im Schnitt $3,9 \pm 0,6$ Jahre nach der Operation statt. Von den Katzen waren 3 weiblich-kastriert, die 4. war männlich-kastriert. Keiner dieser Patienten wies eine Entlastung der operierten Gliedmaße auf. Bei 1 der Katzen fiel dem Besitzer eine gelegentliche Lahmheit sowohl nach Höhensprüngen als auch nach vermehrter Belastung auf. Bei den übrigen Patienten konnten die Besitzer keine Lahmheit beobachten. Eine vermehrte Berührungsempfindlichkeit der operierten Gliedmaße wurde von 2 der Katzen gezeigt. Diese beiden sowie 1 weiterer Patient zeigten darüber hinaus ein vermehrtes Belecken des versteiften Gelenks.

Bei je einer Katze dauerte der Heilungsverlauf < 3 , $3-6$, $6-12$ bzw. > 12 Monate. Komplikationen im Rahmen des Heilungsverlaufs wurden bei 2 der Katzen beobachtet. Bei 1 Patienten berichtete der Besitzer von einer deutlichen Einschränkung der Belastbarkeit sowie einer Beeinträchtigung der Lebensqualität seit der Gelenkversteifung. Die übrigen Besitzer konnten in dieser Hinsicht keine Einschränkung ihrer Katze bemerken. 1 Besitzer bewertete das Gesamtergebnis als „befriedigend“. Von 2 weiteren Besitzern wurde das Gesamtergebnis als „gut“ beurteilt und von 1 als „sehr gut“. Bis auf 1 Besitzer gaben alle übrigen an, sich gegebenenfalls erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden.

4.3 Vergleich Tier- und Arthrodesearten

4.3.1 Häufigkeit

Beim Vergleich der untersuchten 178 Arthrodessen bei 175 Patienten bezüglich Lokalisation und Tierart konnten signifikante Unterschiede sowohl hinsichtlich Lokalisation (Karpus vs. Tarsus) innerhalb der einzelnen Tierarten als auch hinsichtlich der Tierarten untereinander (Hund vs. Katze) festgestellt werden. Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests und des exakten Tests nach Fisher ergab sich ein $p < 0,001$ für das Verhältnis von Karpal- zu Tarsalgelenksarthrodesen im Vergleich zwischen Hund und Katze.

Tabelle 161: Arthrodeseverteilung insgesamt.

Arthrodese- verteilung	Karpus	Tarsus	insgesamt
Katze	23	41	64
Hund	82	32	114
insgesamt	105	73	178

4.3.2 Altersverteilung

Um die Altersverteilung beurteilen zu können, wurde die Gesamtpatientenpopulation in 3 Gruppen geteilt: jene mit einem Alter bis zu 5 Jahren, jene mit einem Alter zwischen 5,1 und 10 Jahren sowie jene mit einem Alter von über 10,1 Jahren.

Tabelle 162: Alter bei Operation insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Tierart	Arthrodeseart	Alter zum Zeitpunkt der Operation (Jahre)			insge- samt	
		≤ 5	5,1–10,0	≥ 10,1		
Hund	Karpus pan	Anzahl	37	39	3	79
		%	47	49	4	100
	Karpus part	Anzahl	2	0	0	2
		%	100	0	0	100
	Tarsus pan	Anzahl	16	11	1	28
		%	57	39	4	100
	Tarsus part	Anzahl	4	0	0	4
		%	100	0	0	100
	insge- samt	Anzahl	59	50	4	113
		%	52	44	4	100
Katze	Karpus pan	Anzahl	10	9	2	21
		%	48	43	10	100
	Karpus part	Anzahl	1	0	0	1
		%	100	0	0	100
	Tarsus pan	Anzahl	22	10	8	40
		%	55	25	20	100
	insge- samt	Anzahl	33	19	10	62
		%	53	31	16	100
insge- samt	Karpus pan	Anzahl	47	48	5	100
		%	47	48	5	100
	Karpus part	Anzahl	3	0	0	3
		%	100	0	0	100
	Tarsus pan	Anzahl	38	21	9	68
		%	56	31	13	100
	Tarsus part	Anzahl	4	0	0	4
		%	100	0	0	100
	insge- samt	Anzahl	92	69	14	175
		%	53	39	8	100

Die einzelnen Gruppen wurden mithilfe des Chi-Quadrat-Tests gegen Gleichverteilung auf signifikante Unterschiede untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass signifikant seltener Tiere mit einem Alter von $\geq 10,1$ Jahren operiert wurden als Tiere die jünger als 10 Jahre

waren ($p < 0,001$). Zwischen den beiden Gruppen von ≤ 5 und 5,1–10 Jahren konnte kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit gefunden werden.

4.3.3 Geschlechtsverteilung

Hinsichtlich der Geschlechtsverteilung konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Geschlechtern festgestellt werden.

4.3.4 Notenvergleich

Die Noten, die sich aus den einzelnen Untersuchungen ergaben sowie eine zusätzliche Note für den Verlauf, die sich in Abhängigkeit von der Dauer des Gesamtheilungsverlaufs und dem Auftreten von Komplikationen ergab, wurden zu einer Gesamtnote zusammengefügt und darüber hinaus mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede untersucht.

4.3.4.1 Hunde

Bei Vergleich der Gesamtnoten innerhalb der 35 für eine Spätkontrolle in der Klinik vorstellig gewordenen Hunde mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Beurteilung der Karpal- und Tarsalgelenksarthrodesen gefunden werden. Durch Testung auf exakte Signifikanz (2-seitig) mittels des Mann-Whitney-U-Tests ergab sich, dass die Arthrodessen im Bereich des Karpalgelenks ein signifikant besseres Gesamtergebnis erzielten als die Arthrodessen im Bereich des Tarsalgelenks ($p = 0,042$).

Tabelle 163: Notenvergleich Hund.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, OU = Gesamtnote orthopädische Untersuchung

Hund		Note					
		insge- samt	Frage- bogen	Be- sitzer	OU	Rönt- gen	Ver- lauf
Karpus pan	N	23	23	23	23	23	23
	Mittel- wert	1,7	1,8	1,6	1,3	2,0	1,9
	s	0,5	0,8	0,7	0,5	1,0	0,9
	Min	1,0	1	1	1	1	1
Karpus part	Max	2,6	4	3	2	4	4
	N	2	2	2	2	2	2
	Mittel- wert	1,7	2,0	1,0	1,0	2,5	2,0
	s	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Tarsus pan	Min	1,6	2	1	1	2	2
	Max	1,8	2	1	1	3	2
	N	6	6	6	6	6	6
	Mittel- wert	2,3	2,2	2,3	1,7	2,5	2,8
Tarsus part	s	0,6	0,4	2,0	0,5	0,8	1,2
	Min	1,6	2	1	1	1	1
	Max	3,4	3	6	2	3	4
	N	4	4	3	4	4	4
insgesamt	Mittel- wert	1,9	1,8	1,3	1,0	2,0	2,0
	s	0,7	1,0	0,6	0,0	0,8	1,2
	Min	1,2	1	1	1	1	1
	Max	2,8	3	2	1	3	3
insgesamt	N	35	35	34	35	35	35
	Mittel- wert	1,8	1,9	1,6	1,3	2,1	2,1
	s	0,5	0,7	1,0	0,5	0,9	1,0
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	3,4	4	6	2	4	4

4.3.4.2 Katzen

Innerhalb der 10 für eine Spätkontrolle in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellten Katzen konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Gesamtergebnisses im Vergleich zwischen Karpus und Tarsus festgestellt werden.

Tabelle 164: Notenvergleich Katze.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, OU = Gesamtnote orthopädische Untersuchung

Katze		Note					
		insge- samt	Frage- bogen	Be- sitzer	OU	Rönt- gen	Ver- lauf
Karpus pan	N	6	6	6	6	6	6
	Mittel- wert	1,2	1,3	1,2	1,3	1,0	1,3
	s	0,2	0,5	0,4	0,5	0,0	0,8
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	1,6	2	2	2	1	3
Karpus part	N	1	1	1	1	1	1
	Mittel- wert	1,2	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	s	—	—	—	—	—	—
	Min	1,2	2	1	1	1	1
	Max	1,2	2	1	1	1	1
Tarsus pan	N	3	3	3	3	3	3
	Mittel- wert	1,2	1,0	1,3	1,3	1,0	1,3
	s	0,2	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	1,4	1	2	2	1	2
insgesamt	N	10	10	10	10	10	10
	Mittel- wert	1,2	1,3	1,2	1,3	1,0	1,3
	s	0,2	0,5	0,4	0,5	0,0	0,7
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	1,6	2	2	2	1	3

4.3.4.3 Insgesamt

Bei Vergleich der beiden Tierarten untereinander konnte festgestellt werden, dass die Katzen mit einem signifikant besseren Ergebnis als die Hunde abschnitten ($p = 0,001$ im Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 165: Notenvergleich insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese, N = Anzahl Patienten, s = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, OU = Gesamtnote orthopädische Untersuchung

insgesamt		Note					
		insge-samt	Frage-bogen	Be-sitzer	OU	Rönt-gen	Ver-lauf
Karpus pan	N	29	29	29	29	29	29
	Mittel-wert	1,6	1,7	1,5	1,3	1,8	1,8
	s	0,5	0,8	0,7	0,5	0,9	0,9
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	2,6	4	3	2	4	4
Karpus part	N	3	3	3	3	3	3
	Mittel-wert	1,5	2,0	1,0	1,0	2,0	1,7
	s	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,6
	Min	1,2	2	1	1	1	1
	Max	1,8	2	1	1	3	2
Tarsus pan	N	9	9	9	9	9	9
	Mittel-wert	1,9	1,8	2,0	1,6	2,0	2,3
	s	0,7	0,7	1,7	0,5	1,0	1,2
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	3,4	3	6	2	3	4
Tarsus part	N	4	4	3	4	4	4
	Mittel-wert	1,9	1,8	1,3	1,0	2,0	2,0
	s	0,7	1,0	0,6	0,0	0,8	1,2
	Min	1,2	1	1	1	1	1
	Max	2,8	3	2	1	3	3
insgesamt	N	45	45	44	45	45	45
	Mittel-wert	1,7	1,8	1,5	1,3	1,9	1,9
	s	0,5	0,7	1,0	0,5	0,9	1,0
	Min	1,0	1	1	1	1	1
	Max	3,4	4	6	2	4	4

4.3.5 Entlastung im Stand

Von den 45 in der Klinik für eine Spätkontrolle vorgestellten Patienten mit insgesamt 48 Arthrodesen zeigten signifikant mehr Tiere mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks eine Entlastung im Stand als solche mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks. Der exakte Test nach Fisher ergab einen p-Wert = 0,006.

Tabelle 166: Entlastung im Stand insgesamt.

pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Tierart	Arthrodeseart	Entlastung im Stand			insgesamt
		keine	gele-gentlich	immer	
Hund	Karpus pan	20	2	2	24
	Karpus part	2	0	0	2
	Tarsus pan	1	1	4	6
	Tarsus part	2	2	0	4
	insgesamt	25	5	6	36
Katze	Karpus pan	5	0	1	6
	Karpus part	1	0	0	1
	Tarsus pan	4	0	0	4
	insgesamt	10	0	1	11
insgesamt	Karpus pan	25	2	3	30
	Karpus part	3	0	0	3
	Tarsus pan	4	1	4	9
	Tarsus part	2	2	0	4
	insgesamt	34	5	7	46

4.3.6 Lahmheit anhand des Symmetrieindexes

Tabelle 167: Lahmheit Symmetrieindex insgesamt.

PVF = vertikale Spitzenkraft, VGLM = Vordergliedmaßen, HGLM = Hintergliedmaßen, pan = Panarthrodese, part = partielle Arthrodese

Arthrodeseart	Lahmheit Symmetrieindex PVF				Lahmheit Symmetrieindex Impuls			
	VGLM		HGLM		VGLM		HGLM	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Karpus pan	6	14	3	17	15	5	7	13
Karpus part	0	1	1	0	0	1	1	0
insgesamt	6	15	4	17	15	6	8	13
%	29	71	19	81	71	29	38	62
Tarsus pan	5	1	3	3	2	4	2	4
Tarsus part	3	0	1	2	2	1	1	2
insgesamt	8	1	4	5	4	5	3	6
%	89	11	44	56	44	56	33	67

Von 30 Hunden war eine ganganalytische Untersuchung und Beurteilung der Lahmheit anhand des Symmetrieindexes möglich. Von den 21 Hunden mit einer Arthrodese im Bereich des Karpalgelenks zeigten 6 (29 %) eine Lahmheit der Vordergliedmaßen entsprechend des Symmetrieindexes für die maximalen Werte der vertikalen Bodenreaktionskraft (SI PVF). Entsprechend des Symmetrieindexes für den Impuls der vertikalen Bodenreaktionskraft (SI Impuls) zeigten 15 (71 %) dieser Hunde eine Lahmheit der Vordergliedmaßen. Von den 9 Hunden mit einer Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks zeigten 4 (44 %) Hunde eine Lahmheit der Hintergliedmaßen entsprechend dem SI für die PVF und 3 (33 %) entsprechend dem SI für den Impuls.

Aufgrund der geringen Fallzahl und des großen Unterschieds in der Patientenzahl der einzelnen Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

5 Diskussion

In den Jahren 1996–2010 wurden 175 Hunde (113) und Katzen (62) an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer Arthrodese des Karpal- oder Tarsalgelenks behandelt. Davon erhielten 103 Patienten (81 Hunde und 22 Katzen) eine Karpalgelenksarthrodese (2-mal beidseits) und 72 Patienten (32 Hunde und 40 Katzen) eine Tarsalgelenksarthrodese (1-mal beidseits).

Eine Kontrolle des Langzeitergebnisses war bei 45 dieser Patienten (35 Hunden und 10 Katzen) möglich. Diese erfolgte anhand von Besitzerbefragung (82-mal), klinischer und röntgenologischer Kontrolle in der Klinik (45-mal) sowie in einigen Fällen (30-mal) anhand einer ganganalytischen Untersuchung mittels computerisierten Laufbands.

5.1 Hunde

5.1.1 Karpalgelenksarthrodesen

Mit einem durchschnittlichen Alter von $5,2 \pm 2,7$ Jahren war der überwiegende Anteil der Hunde, die eine Arthrodese des Karpalgelenks erhielten, zum Zeitpunkt der Operation bereits ausgewachsen. Bei der Gruppe der untersuchten Hunde handelte es sich hauptsächlich um großwüchsige Tiere. Dies entspricht den Angaben in der Literatur, nach denen von Karpalgelenksverletzungen vorwiegend ausgewachsene großwüchsige Hunde betroffen sind (Johnson und Bellenger 1981, Chambers und BJORLING 1982, Slocum und Devine 1982, Willer et al. 1990, Denny und Barr 1991, Kaehler et al. 2002, Guerrero und Montavon 2005). Entsprechend der Ergebnisse der Untersuchungen von Johnson (1980), Willer et al. (1990), von Kriegsheim (2001) und Kähler (2002) beträgt das mediane Alter der von Verletzungen im Karpalgelenk betroffenen Hunde 5 Jahre. Willer et al. (1990) und Kähler (2002) berichten von einem Gewicht, der von ihnen untersuchten Patienten, von über 30 kg. Korrespondierend zu den Ergebnissen in der Literatur (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Köstlin et al. 1986, Willer et al. 1990, Kaehler et al. 2002, Guerrero und Montavon 2005) wurden die Verletzungen in den eigenen Untersuchungen ebenso in erster Linie (14/25) durch einen Sturz oder Sprung aus großer Höhe verursacht. 11 der 25 Patienten hatten zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung bereits eine erfolglose konservative Vorbehandlung erfahren. Dies entspricht den Ergebnissen vorausgegangener Untersuchungen (Earley 1978, Johnson 1980, Parker et al. 1981, Chambers und BJORLING 1982, Köstlin et al. 1986, Willer et al. 1990, Guerrero und Montavon 2005), wonach beim Vorliegen einer Bänderverletzung im Bereich des Karpalgelenks eine konservative Behandlung in der Regel nicht erfolgsversprechend ist. In 6 der 25 Fälle war im Vorfeld der Gelenkversteifung bereits eine operative Vorbehandlung der betroffenen Gelenke erfolgt.

Bei 21 der 23 Hunde, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, lag eine Hyperextensionsverletzung zugrunde. Die am häufigsten betroffene Gelenketage war die Articulatio mediocarpea (12/21), in 10 der 21 Fälle war die Articulatio antebrachiocarpea und bei 8 Hunden die Articulatio carpometacarpea betroffen. In den von Earley (1978) angestellten Untersuchungen war ebenfalls die Articulatio mediocarpea die am häufigsten betroffene Gelenketage. Im Gegensatz dazu fanden Parker (1981), Willer et al. (1990), Brinker et al. (1993), von Kriegsheim (2001), Kähler (2002) und Diaz-Bertrana et al. (2009a) vor allem das Karpometakarpalgelenk betroffen. Auch von einer Dominanz der Läsion der Articulatio antebrachiocarpea wird in der Literatur berichtet (Wernitz 1987, Denny und Barr 1991, Li et al. 1999). Bei beiden Hunden, die eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks erhielten, lag eine mediale Seitenbandinstabilität sowie eine Ruptur der Ligamenta intercarpea et carpometacarpea vor.

Sämtliche Panarthrodesen wurden mit einer von dorsal angebrachten Platte durchgeführt. Entsprechend der Ergebnisse der Literatur handelt es sich hierbei um die am häufigsten für die Arthrodese des Karpalgelenks zur Anwendung kommende Fixationsmethode (Sexton und Hurov 1978, Johnson 1980, Parker et al. 1981, Okin 1982, Denny und Barr 1991, Brinker et al. 1993, Li et al. 1999, Whitelock et al. 1999, Harasen 2002a, Guerrero und Montavon 2005, Buote et al. 2009). Sie konnte sich trotz der vermeintlichen biomechanischen Nachteile der Plattenfixation auf der Kompressionsseite des Karpalgelenks (Johnson 1980, Chambers und BJORLING 1982, Slocum und Devine 1982, Brinker et al. 1993, Whitelock et al. 1999, Lesser 2003, Michal et al. 2003) aufgrund des vergleichsweise einfachen Zugangs und der in der Regel unproblematischen Durchführbarkeit gegenüber der Vielzahl an anderen Methoden (Chambers und BJORLING 1982, Denny und Barr 1991) durchsetzen (Johnson 1980, Brinker et al. 1993, Dyce 1996, Buote et al. 2009). Das in dieser Untersuchung bei den Karpalgelenksarthrodesen des Hundes am häufigsten verwendete Implantat war die Hybridarthrodeseplatte (16/24). Weitere zum Einsatz kommende Implantate waren Stufenplatten (5/24) sowie dynamische Kompressionsplatten (3/24). Für die partielle Arthrodese des Karpalgelenks kam einerseits eine dorsal angebrachte T-Platte und andererseits eine von medial angebrachte dynamische Kompressionsplatte zum Einsatz.

In der von Müller-Rohrmoser (1997) durchgeführten vorausgegangenen Studie war der Gesamterfolg der Panarthrodese des Karpalgelenks aus klinischer Sicht in 14/31 Fällen sehr gut, in 8/31 Fällen gut, in 4/31 Fällen befriedigend und in 5/31 Fällen schlecht. Die röntgenologischen Kontrollen lieferten in 23/31 Fällen ein sehr gutes, in 14/31 Fällen ein gutes und in jeweils 9/31 Fällen ein befriedigendes bzw. schlechtes Ergebnis. 27 der 31 (84 %) Besitzer waren mit dem Ergebnis sehr zufrieden. Bei den eigenen Patienten beurteilten

22 der 25 (88 %) Besitzer das Ergebnis als „sehr gut“ oder „gut“. 3 der 25 (12 %) Besitzer empfanden das Gesamtergebnis als „befriedigend“. Sämtliche Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden. 4 (16 %) von ihnen empfanden die Lebensqualität ihres Hundes durch den Eingriff beeinträchtigt. Damit scheint die Besitzerzufriedenheit der beiden Untersuchungen ähnlich zu sein.

Bei 7 der 25 Patienten ergab die Lahmheitsuntersuchung das Vorliegen einer Lahmheit (3 x Grad 1, 4 x Grad 2), mit 18 der 25 (72 %) Hunde war der überwiegende Anteil lahmheitsfrei. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Literatur, in der von 51–70 % Lahmheitsfreiheit die Rede ist (Johnson 1980, Parker et al. 1981, Denny und Barr 1991, Köstlin 2000, Kähler et al. 2002, Théoret und Moens 2007), handelt es sich hierbei um eine verhältnismäßig geringe Lahmheitsrate. In 18 der 25 in der Klinik kontrollierten Fälle fiel das Ergebnis der orthopädischen Untersuchung „sehr gut“ und bei 7 Tieren „gut“ aus. Entsprechend der Befunde der röntgenologischen Untersuchung lag zum Zeitpunkt der Spätkontrolle bei 20 der 26 versteiften Gelenke ein vollständiger oder zum Großteil erfolgter Knochendurchbau vor. In 5 der 26 Fälle bestand nur vereinzelte oder geringe bis keine Durchbautendenz. Arthrosen im Bereich der Zehengelenke traten in 16 der Fälle auf. Bei 2 der 26 röntgenologisch untersuchten angrenzenden Zehengelenke waren diese mittelgradig und bei 14 nur geringgradig ausgeprägt. Bei 6 der Patienten beschränkten sich die Veränderungen auf die operierte Gliedmaße, bei den restlichen 10 Hunden lagen sie bilateral vor. Die Verteilung der Arthrosen war nahezu gleichmäßig. Die 2. Zehe der operierten Gliedmaße war nur wenig häufiger (12/26) von Arthrosen betroffen. Bei 10 der 26 untersuchten Gelenke ließen sich keinerlei Arthrosen im Bereich der Zehengelenke feststellen. Entgegen der in der Literatur geäußerten Vermutungen (Johnson 1981, Lesser 2003, Buote et al. 2009, Bokemeyer et al. 2011) war es nicht möglich, einen Zusammenhang zwischen der Steilheit des Versteifungswinkels und dem Grad an Arthrosen herzustellen.

Damit fiel, entsprechend der vorausgegangenen Untersuchung von Müller-Rohrmoser (1997) die Beurteilung des Röntgenbefundes häufig schlechter als die Beurteilung des klinischen Befundes aus. Von Müller-Rohrmoser (1997) wurde dies auf die häufige Ausbildung von Synostosen im Metakarpalbereich (17/31, 55 %) zurückgeführt. Diese Erscheinung konnte auch bei 6/25 (23 %) der eigenen Patienten beobachtet werden. Bei allen diesen Patienten war es zu Komplikationen im Heilungsverlauf gekommen (Fistelbildung, Umversorgung). Das im Vergleich zu der orthopädischen Untersuchung schlechtere Abschneiden der Röntgenuntersuchungen kann ebenfalls durch den bei 5 der 26 untersuchten Gelenke festgestellten, unvollständigen Durchbau erklärt werden. Mögliche Ursache hierfür ist eine unzureichende intraoperative Abtragung des Gelenkknorpels. Dieser Befund schien jedoch keine Auswirkungen auf das klinische Gesamtergebnis zu haben.

Bei den 21 Hunden, bei denen zusätzlich eine ganganalytische Untersuchung mittels computerisierten Laufbands durchgeführt wurde, konnten für die kinetisch erhobenen Parameter signifikante Unterschiede zwischen operierter und nicht operierter Gliedmaße für den Impuls, die Gewichtsverteilung für den Impuls und die Dauer der Standphase in Relation zum Gesamtschritt festgestellt werden. Es ergab sich in 6 bzw. 15 der 21 untersuchten Fälle, entsprechend der Beurteilung des Symmetrieindexes für die vertikale Spitzenkraft bzw. den Impuls, eine Lahmheit der Vordergliedmaßen. Entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung war es möglich, 3 verschiedene Patiententypen zu unterscheiden. Typ 1 zeigte sowohl anhand der Befunde der orthopädischen Untersuchung als auch entsprechend der ganganalytisch erhobenen Parameter keinerlei Lahmheit. Dieser Typ war unter den 21 untersuchten Hunden 4-mal vertreten. Beim Vergleich des Verlaufs der vertikalen Spitzenkraft der beiden Vordergliedmaßen während eines Schritts ergab sich ein nahezu identischer Kurvenverlauf und damit eine nahezu identische Belastung der operierten Gliedmaße im Vergleich zur kontralateralen gesunden Seite. Als Beispiel für diesen Patiententyp dient Hund Nr. 2 (s. Abb. 2).

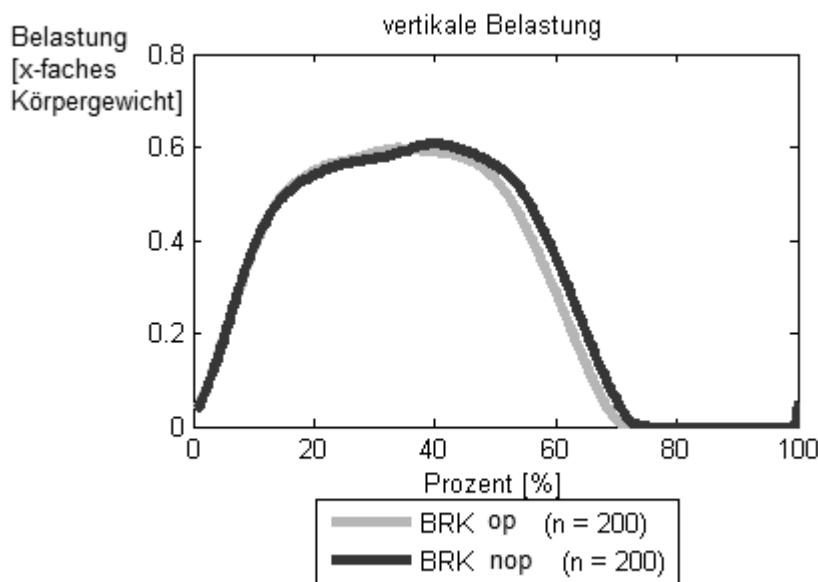


Abbildung 2: Typ 1 Karpalgelenksarthrodese.

Bei Patienten vom Typ 2 (10/21) ließ sich anhand der orthopädischen Untersuchung keine Lahmheit feststellen, jedoch ergab sich eine Lahmheit der Vordergliedmaßen anhand des Symmetrieindexes für den Impuls. Entsprechend der Ergebnisse der ganganalytischen Untersuchung ergaben sich für die beiden Vordergliedmaßen annähernd dieselben Werte für die erzielte vertikale Spitzenkraft und die Standphasendauer. Es ist daher anzunehmen, dass es sich bei der anhand des Symmetrieindexes detektierten Lahmheit lediglich um eine, durch den mit der Gelenkversteifung einhergehenden veränderten Bewegungsumfang

bedingte, rein mechanische Lahmheit handelt und in diesem Fall keine Lahmheit aufgrund einer Schmerhaftigkeit der Gliedmaße vorliegt. Ein Beispiel für diesen Patiententyp ist Hund Nr. 14. Abbildung 3 macht die beschriebenen Befunde anschaulicher.

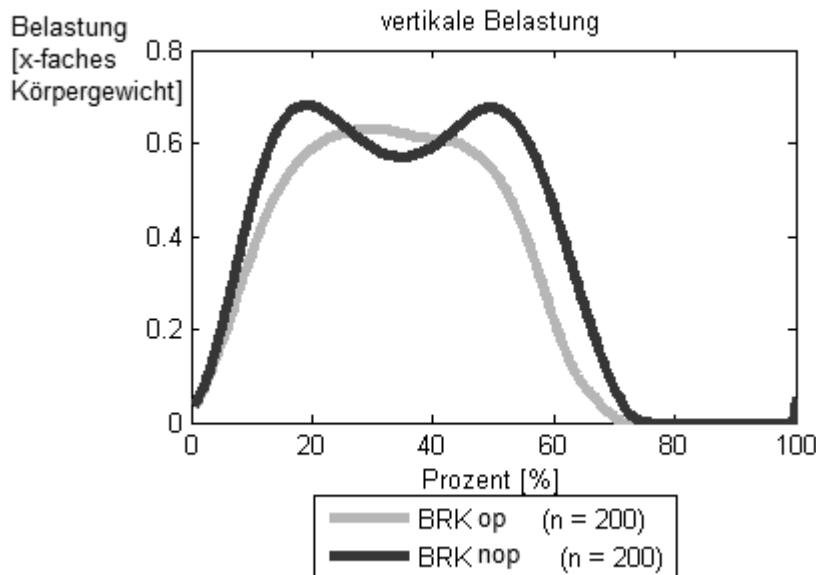


Abbildung 3: Typ 2 Karpalgelenksarthrodese.

Bei Patienten vom Typ 3 (3/21) ergaben sowohl die Befunde der orthopädischen Untersuchung als auch die beiden Symmetrieindices eine Lahmheit. Der Verlauf der vertikalen Spitzenkraft während des Gesamtschritts stellte sich wie folgt (Abb. 4) dar:

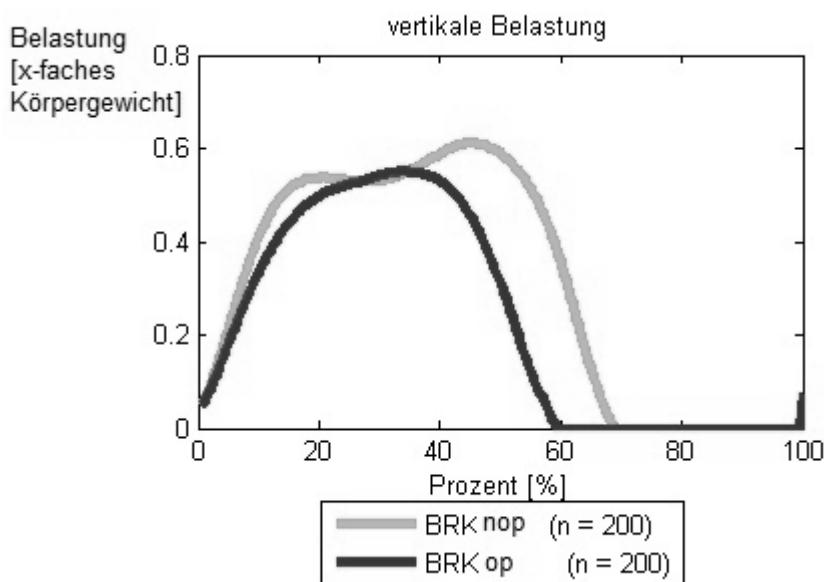


Abbildung 4: Typ 3 Karpalgelenksarthrodese.

Für die operierte Gliedmaße ergaben sich sowohl für den Impuls der vertikalen Bodenreaktionskraft als auch für die Standphasendauer im Vergleich zur Gegenseite

geringere Werte. Bei diesem Patiententyp muss angenommen werden, dass eine tatsächliche Lahmheit der Gliedmaße möglicherweise schmerzbedingt ist. Hund Nr. 19 dient als Beispiel für diesen Patiententyp. Eine tatsächlich schmerzbedingte Lahmheit konnte entsprechend dieser Erkenntnisse nur noch bei 22 % der Patienten festgestellt werden. In Bezug auf die kinematisch erhobenen Parameter konnte für die Hunde, die eine Arthrodese des Karpalgelenks erhielten ein signifikant kleinerer Bewegungsumfang des ipsilateralen Ellbogengelenks, infolge einer signifikant geringeren Flexion dieses Gelenks im Vergleich zur Gegenseite festgestellt werden. Als mögliche Erklärung für diese Erscheinung kann die Vorwärtsführung der Gliedmaße über Außen sowie das durch die Gelenkversteifung bedingte Ausbleiben der, mit der Flexion des Ellbogengelenks assoziierten, Flexion des Karpalgelenks angesehen werden.

Frühkomplikationen konnten in Form von Wundheilungsstörungen und Druckstellen beobachtet werden. Wundheilungsstörungen traten bei 9 der 25 versteiften Gelenke auf. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der geringe Umfang des postoperativ verfügbaren Weichteilmantels in diesem Bereich. Auffallend war hierbei, dass es insbesondere ab dem Zeitpunkt der Durchführung des Lappenschnitts für den Operationszugang zu einer merklichen Reduktion dieser Art von Komplikation kam. Besonderheit dieser Methode ist, dass der Hautschnitt so angelegt wird, dass kein Kontakt zwischen der Zugangswunde und dem Implantat zustande kommt. Druckstellen traten bei 5 der Gelenke auf. Die insgesamt am häufigsten beobachtete Komplikation war die zu den Spätkomplikationen zählende Implantatlockerung. Sie trat bei 10 der 25 (39 %) Gelenke auf und betraf vor allem die am weitesten distal gelegene(n) Schraube(n). Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Literatur in der von Implantatlockerungsraten von 15–30 % die Rede ist (Johnson 1980, Denny und Barr 1991, Köstlin 2000, Ozsoy und Altunatmaz 2004, Guerrero und Montavon 2005). Weitere beobachtete Spätkomplikationen waren Synostosen der Metakarpalia sowie ein Implantatversagen. In 6 der Fälle lag eine Synostose der Metakarpalknochen vor. Zu einem Implantatbruch kam es bei 4 der Fälle, bei 2 der Gelenke war eine chirurgische Umversorgung erforderlich. Das von Müller-Rohrmoser (1997) beobachtete gehäufte Auftreten von Plattenbrüchen in dem Bereich in dem ein Schraubenloch über dem Karpalgelenk freigelassen wurde konnte in der vorliegenden Arbeit durch das Unterlassen dieser Fixationsmethode vollständig vermieden werden. Dies ist unter anderem auf die Anwendung der von Diáz und Bertrana (2009a) beschriebenen Stufenplatte zurückzuführen und kann als potentieller Vorteil dieses Implantates angesehen werden. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen sowie jene der Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997) bestätigten die von Johnson (1980) ausgesprochene Empfehlung stets eine Schraube im Os carpi intermedioradiale zu verankern. Durch diese einzelne Schraube kommt es zu einer Kompression sowohl in der Articulatio antebrachiocarpea, der Articulatio mediocarpea wie

auch der Articulatio carpometacarpea und einer zusätzlichen Stabilisation durch Verhinderung einer Verlagerung des Os carpi intermedioradiale nach kaudal, so Johnson (1980). Entsprechend der Ergebnisse der Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997) wurde beim Vorliegen entsprechender Verletzungen im Bereich des Karpalgelenks bevorzugt eine Panarthrodese statt einer partiellen Arthrodese durchgeführt. Bei den vorausgegangenen Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997) hatte sich gezeigt, dass eine häufige Begleiterscheinung partieller Arthrodesen des Karpalgelenks bei großwüchsigen Hunden klinisch relevante arthrotische Veränderungen in der Articulatio antebrachiocarpea sind. Daraus wurde geschlussfolgert, dass es sinnvoller sei bei derartigen Verletzungen stets eine Panarthrodese des Karpalgelenks durchzuführen. Die Panarthrodese des Karpalgelenks lieferte überwiegend zufriedenstellende Ergebnisse und potentielle Komplikationen konnten so vermieden werden.

5.1.2 Tarsalgelenksarthrodesen

Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Alter der Gesamthundepopulation, die eine Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten $5,0 \pm 3,3$ Jahre. Mit 8/10 männlichen Hunden war dieses Geschlecht zum überwiegenden Anteil vertreten. Entsprechend der Ergebnisse der Literatur (Beardsley und Schrader 1995, Dyce 1996, Benson und Boudrieau 2002) waren mit einem medianen Gewicht von $24,2 \pm 9,5$ kg überwiegend großwüchsige, schwere Hunde vertreten. Die Tatsache, dass damit insbesondere verhältnismäßig junge und überwiegend männliche Tiere eine Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten, hängt möglicherweise damit zusammen, dass innerhalb der untersuchten Population Hunde mit einer OCD-Läsion des Tarsalgelenks mit insgesamt 3/10 verhältnismäßig häufig vertreten waren. Der Vorbericht war bei 3 der 10 Patienten unbekannt, bei 3 weiteren lag ein Trauma unterschiedlicher Art zugrunde und bei jeweils 2 der untersuchten Patienten war es vorab zu einem Autounfall oder einer Bissverletzung gekommen. Entsprechend der Ergebnisse der Literatur zählen Abschliffverletzungen im Bereich des Tarsalgelenks, die insbesondere im Zusammenhang mit Unfällen im Straßenverkehr auftreten, zu den verhältnismäßig häufigen Indikationen für eine Arthrodese dieses Gelenks (Beardsley und Schrader 1995, Diamond et al. 1999, Benson und Boudrieau 2002, Lesser 2003).

Bei den untersuchten 6 Patienten, die eine **Panarthrodese des Tarsalgelenks** erhielten, erfolgte dies in sämtlichen 6 Fällen mit einer von dorsal angebrachten Platte. In 5 der 6 Fälle wurde hierfür eine Hybridarthrodeseplatte verwendet. Lediglich 1-mal fand eine dynamische Kompressionsplatte Verwendung. Bei der dorsalen Plattenapplikation handelt es sich entsprechend der Ergebnisse aus der Literatur um die bei weitem am häufigsten zur Anwendung kommende Fixationsmethode (Earley 1978, Gorse et al. 1991, DeCamp et al. 1993, Dyce 1996, Ozsoy und Altunatmaz 2004, Déjardin 2010).

Eine **partielle Arthrodese** des Tarsalgelenks wurde bei 4 Hunden durchgeführt. Sie erfolgte einmal mittels von medial eingebrachten gekreuzten Bohrdrähten in Kombination mit einer Zuggurtung, in den restlichen Fällen kamen von lateral angebrachte Platten zum Einsatz. Entsprechend der Ergebnisse aus der Literatur handelt es sich hierbei aufgrund der unkomplizierten Durchführbarkeit um die am häufigsten für diese Operation zum Einsatz kommende Methode (Dyce et al. 1998, Wilke et al. 2000, Fettig et al. 2002).

Von 4 der 6 Besitzer eines Hundes mit einer Panarthrodese und 3 der 4 Besitzer eines Hundes mit einer partiellen Arthrodese im Bereich des Tarsalgelenks wurde das Gesamtergebnis als „sehr gut“ oder „gut“ beurteilt. Von den Besitzern eines Hundes mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks wurde das Gesamtergebnis 1-mal als „befriedigend“ und 1-mal als „ungenügend“ beurteilt. Von 1 der 4 Besitzer eines Hundes mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks wurde keine Angabe hinsichtlich des Gesamtergebnisses gemacht. Bis auf 1 Besitzer eines Hundes mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks gaben alle an, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden. Zwei der Besitzer empfanden die Lebensqualität ihres Hundes als durch den Eingriff beeinträchtigt.

Lediglich bei 1 der Patienten (Panarthrodese des Tarsalgelenks) konnte bei der orthopädischen Untersuchung eine undeutlich geringgradige Lahmheit der betroffenen Gliedmaße bemerkt werden. Dies entspricht einer Lahmheitsfreiheitsrate von 9/10 (90 %). In der Literatur ist von 67–100 % Lahmheitsfreiheit die Rede (Wilke et al. 2000, Fettig et al. 2002, Théoret und Moens 2007, Inauen et al. 2009). Jedoch zeigten 4 der 6 Patienten mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks eine ständige Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand. Dies konnte insbesondere bei jenen Patienten beobachtet werden, bei denen die Gelenkschädigung zum Zeitpunkt der Gelenkversteifung bereits seit längerem bestand und dadurch zu diesem Zeitpunkt bereits eine Muskelatrophie und teilweise Entlastung der betroffenen Gliedmaße im Stand vorlag. Dies entspricht den Ergebnissen von McKee et al. (2004), die bei ihrer Untersuchung mit 13 Hunden mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks in 5 Fällen trotz uneingeschränkter Gliedmaßenfunktion eine ständige Entlastung im Stand feststellen mussten. Von den Autoren wurde eine wiederholte Schädigung des Musculus gastrocnemius bei gesteigerter passiver Streckung des Kniegelenks vermutet. Es war ihnen nicht möglich, einen Zusammenhang zwischen Versteifungswinkel oder der Dauer der, der Operation vorausgegangenen Lahmheit und der Entlastung im Stand herzustellen.

Zwei der 4 Hunde mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks zeigten eine gelegentliche Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand. Die Flexion und Extension der Zehen war in je 4 der Fälle (3-mal Panarthrodese, 1-mal partielle Arthrodese) mittelgradig und bei 1 Hund mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks hochgradig eingeschränkt. Im

Gegensatz zu Patienten mit einer Arthrodese des Karpalgelenks konnte ein direkter Zusammenhang zwischen der Steilheit des Versteifungswinkels und einer Einschränkung der Zehenbeweglichkeit hergestellt werden. Entsprechend dieser Annahme ergab sich für den Patienten mit dem größten Versteifungswinkel ebenfalls die stärkste Einschränkung der Zehenbeweglichkeit.

Entsprechend der Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung war zum Zeitpunkt der Spätkontrolle bei 5 der 6 Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks der Durchbau der Gelenketagen vollständig oder zum Großteil vonstatten gegangen. Bei 1 der 6 Patienten mit einer Panarthrodese und 3 Hunden mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks lag nur eine vereinzelte und bei 1 Hund mit einer partiellen Arthrodese eine geringe bis keine Durchbautendenz vor. Bei 2 der 6 Patienten mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks lagen mittelgradige Arthrosen und bei 3 der 6 Hunde geringgradige Arthrosen im Bereich der Zehengelenke vor. In 4 der Fälle beschränkten sich die Arthrosen auf die operierte Gliedmaße. Bei den 4 Hunden, die eine partielle Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten lagen bei einem Patienten geringgradige Arthrosen im Bereich der Zehengelenke der operierten Gliedmaße vor. Die restlichen 3 Hunde mit einer partiellen Arthrodese und 1 Hund mit einer Panarthrodese wies keinerlei Arthrosen im Zehengelenk auf. Entsprechend der Untersuchungen von Doverspike und Vasseur (1991) muss mit dem vermehrten Auftreten von Arthrosen in den, dem versteiften Gliedmaßenabschnitt angrenzenden Gelenken gerechnet werden. Im direkten Vergleich von Karpal- und Tarsalgelenksarthrodessen konnte das Auftreten von Arthrosen im Zehengelenk etwa ähnlich häufig beobachtet werden (Karpalgelenksarthrodessen: 16/26, 62 %; Tarsalgelenksarthrodessen: 6/10, 60 %).

Von den insgesamt 9 Hunden, bei denen eine ganganalytische Untersuchung möglich war, ergab sich in 5 der Fälle (3 Hunde mit Panarthrodese, 2 Hunde mit partieller Arthrodese des Tarsalgelenks) eine Lahmheit der Hintergliedmaßen anhand des Symmetrieindexes für die vertikale Spitzenkraft und in 6 der Fälle (4 Hunde mit Panarthrodese, 2 Hunde mit partieller Arthrodese des Tarsalgelenks) ergab sich eine Lahmheit der Hintergliedmaßen anhand des Symmetrieindexes für den Impuls. Aufgrund der geringen Patientenzahl und der großen Inhomogenität der ganganalytisch untersuchten Patienten hinsichtlich Körpergewicht und Körpergröße war es nicht möglich, anhand dieser Untersuchung signifikante Unterschiede zu erheben. Es konnte sich jedoch zeigen, dass infolge der Versteifung des Tarsalgelenks mit einer nur unwesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs zu rechnen ist.

Frühkomplikationen traten in Form von Wundheilungsstörungen und Druckstellen auf. Bei 3 Patienten mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks (Platte dorsal angebracht, 2-mal Hybridplatte, 1-mal dynamische Kompressionsplatte) kam es zu Wundheilungsstörungen. Bei 2 der Patienten mit einer Panarthrodese kam es im Zuge des Heilungsverlaufs zu

Druckstellen im Bereich des Verbands. Wie bei den Karpalgelenksarthrodesen war in 5 von 10 Fällen (3 Hunde mit Panarthrodese, 2 Hunde mit partieller Arthrodese des Tarsalgelenks) die Lockerung der Implantate, die am häufigsten beobachtete Spätkomplikation im Heilungsverlauf der Tarsalgelenksarthrodesen. Bei je 3 Patienten, die alle eine Panarthrodese mit dorsal angebrachter Platte erhielten, kam es zum Bruch der Implantate (2-mal Hybridplatte, 1-mal dynamische Kompressionsplatte). Bei 3 weiteren Patienten war eine Umversorgung erforderlich. Bei allen diesen 3 Patienten, war eine Hybridplatte für die Versteifung zum Einsatz gekommen. In der Literatur ist von Komplikationsraten von 33 % (Roch et al. 2008) über 41 % (Allen et al. 1993) bis hin zu 100 % (Doverspike und Vasseur 1991) der Fälle die Rede. Die Implantatlockerung, als die in dieser Untersuchung am häufigsten beobachtete Komplikation, konnte in der Literatur in 9 % (Fitzpatrick et al. 2010), 14 % (McGill et al. 2000), 50 % (DeCamp et al. 1993) bzw. 67 % (Doverspike und Vasseur 1991) der Fälle beobachtet werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der Versteifung des Tarsalgelenks trotz verhältnismäßig hohen Komplikationsraten mit befriedigenden Ergebnissen und einer nur unwesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs zu rechnen ist.

5.2 Katzen

5.2.1 Karpalgelenksarthrodesen

Als häufigster Vorbericht lag bei 3 der Katzen, die eine Arthrodese des Karpalgelenks erhielten ein Sprung oder Sturz aus großer Höhe zugrunde, bei 2 der Patienten war der Vorbericht unbekannt und bei 1 Katze lag eine angeborene Missbildung der Vordergliedmaße vor. Diese Befunde stimmen mit den Ergebnissen der Untersuchungen von Simpson und Goldsmid (1994) überein. Deren Untersuchungen ergaben, dass die häufigste Indikation für die Arthrodese des Karpalgelenks ein Höhensprung oder Sturz war. Entsprechend der Untersuchungen von Voss et al. (2009) war der einer Arthrodese vorausgehende Vorbericht bei Katzen in den häufigsten Fällen unbekannt. Entgegen der Annahme von Simpson und Goldsmid (1994), dass Karpalgelenksverletzungen bei Katzen, die durch Höhensprünge oder Stürze zustande kommen, meistens bilateral vorliegen, war dies bei der hier untersuchten Patientengruppe lediglich bei 1 Katze der Fall.

Bei 5 der 6 Katzen lag der Panarthrodese des Karpalgelenks ein Niederbruch zugrunde. In 60 % dieser Fälle bestand die Instabilität im Bereich der Articulatio antebrachiocarpea, in 40 % im Bereich der Articulatio mediocarpea und in 20 % in der Articulatio carpometacarpea. In 20 % der Fälle lag zusätzlich zu der Luxatio mediocarpea eine mediale Seitenbandinstabilität vor. Eine Katze erhielt eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks. In diesem Fall lag eine Luxatio carpometacarpea zugrunde. In allen anderen Fällen erfolgte die Panarthrodese

mittels dorsal angebrachten Kleinfragmentplatten. In der Regel kamen 2,0 mm und 1,5 mm Schrauben in Kombination oder ausschließlich Schrauben der Stärke 2,0 mm zum Einsatz. Die eine partielle Arthrodese wurde anhand von 3 in die Metakarpalknochen eingebrachten Bohrdrähten durchgeführt. 5 der 6 Besitzer einer Katze mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks sowie der Besitzer der Katze mit einer partiellen Arthrodese dieses Gelenks beurteilten das Gesamtergebnis als „sehr gut“. Von 1 der Besitzer der Katzen mit einer Panarthrodese wurde das Ergebnis als „gut“ beurteilt. Alle Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden. Keiner der Besitzer empfand die Lebensqualität seiner Katze als durch den Eingriff beeinträchtigt. Lediglich 1 Besitzer einer Katze mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks beschrieb die Leistungsfähigkeit seiner Katze als geringgradig durch den Eingriff herabgesetzt. Die von Calvo (2009) postulierte Einschränkung der Patienten, hinsichtlich der Fähigkeit zu Springen und zu Klettern, konnte bei den untersuchten Katzen von keinem Besitzer nachvollzogen werden.

Bei der orthopädischen Untersuchung fiel bei 2 der 6 Katzen mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks eine undeutlich geringgradige Lahmheit der betroffenen Gliedmaße auf. Die Katze mit einer partiellen Arthrodese präsentierte sich lahmheitsfrei. Von 1 der 6 Patienten mit einer Panarthrodese des Karpalgelenks wurde eine ständige Entlastung der Gliedmaße im Stand gezeigt. Die Katze mit einer partiellen Arthrodese zeigte keine Entlastung der betroffenen Gliedmaße.

Die röntgenologische Untersuchung der Katzen ergab, dass zum Zeitpunkt der Spätkontrolle bei allen bis auf ein untersuchtes Gelenk die zu verstifenden Gelenketagen vollständig durchgebaut waren. Bei 1 Katze lag ein Knochendurchbau zum Großteil vor. Bei keiner der Katzen konnten Arthrosen im Bereich der Zehengelenke festgestellt werden.

Am häufigsten (3/8) traten Frühkomplikationen in Form von Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung auf (darunter die partielle Arthrodese). Ebenso häufig war eine chirurgische Umversorgung erforderlich. Spätkomplikationen traten bei je 1 Patienten in Gestalt einer Implantatlockerung bzw. einer Fraktur des 3. Metakarpalknochens auf. Die Implantatlockerung konnte bereits 6 Wochen nach Durchführung der Gelenkversteifung bemerkt werden und beschränkte sich auf die distalste Schraube. Die Implantate wurden vollständig belassen und ein weiteres Fortschreiten der Lockerung konnte auch 1,5 Jahre später nicht beobachtet werden. Die Metakarpalfraktur konnte auf ein postoperatives Trauma zurückgeführt werden. Bei beiden Patienten kamen im Bereich des Metakarpalknochens Schrauben der Stärke 1,5 mm zum Einsatz. Simpson und Goldsmid (1994) äußerten die Empfehlung, bei Katzen ausschließlich Schrauben der Stärke von bis zu maximal 1,5 mm zu verwenden, da sonst mit einer gesteigerten Rate an Implantat-assoziierten Komplikationen

(Metakarpalbrüche, Implantatlockerung, Stressprotektion) zu rechnen sei. Entgegen dieser Empfehlung konnten im Rahmen dieser Untersuchung weder die auftretenden Komplikationen auf die Schraubenstärke zurückgeführt werden noch konnten bei den Katzen, bei denen Schrauben der Stärke 2,0 mm verwendet wurden, Implantat-assoziierte Komplikationen beobachtet werden.

Dieses zufriedenstellende Ergebnis steht im Widerspruch zu der Empfehlung von Shales und Langley-Hobbs (2006) entsprechend ihrer Untersuchung mit einer Katze, gemäß deren Ergebnissen eine Panarthrodese des Karpalgelenks aufgrund der starken postoperativen Einschränkung des üblichen Komfortverhaltens der Patienten zu vermeiden sei. Befriedigende Ergebnisse infolge vollständiger Versteifungen des Karpalgelenks bei Katzen konnten auch von Voss et al. (2009) bei 21 Fällen beobachtet werden.

5.2.2 Tarsalgelenksarthrodesen

Bei den 3 Katzen, die eine Panarthrodese des Tarsalgelenks erhielten lag vorberichtlich in 2 der 3 Fälle ein Trauma unbekannter Art und bei 1 Katze ein Sturz aus großer Höhe zugrunde. Bei sämtlichen Patienten gingen die Gelenkschädigungen mit Frakturen in diesem Bereich einher. Bei 3 der 4 untersuchten Gelenke war der Talus von diesen Frakturen betroffen. In sämtlichen Fällen wurde eine Panarthrodese mit dorsal angebrachter Platte durchgeführt. Jeweils bei der Hälfte kam eine Hybridarthrodeseplatte bzw. eine Kleinfragmentplatte zum Einsatz. Wie auch beim Hund liefern, entsprechend der Ergebnisse der Literatur, nicht selten Abschliffverletzungen infolge von Autounfällen die Indikation für eine sogenannte „Primärarthrodese“ des Sprunggelenks. Entsprechend der Ergebnisse der Untersuchungen von Gräfin zu Eulenburg (1997) kann bei der vorübergehenden Stabilisation im Bereich des Tarsalgelenks mit dem Auftreten von sogenannten „Spontanarthrodesen“ gerechnet werden.

Die Beurteilung des Gesamtergebnisses durch die Besitzer fiel bei 2 der 3 Katzen „sehr gut“ und bei 1 Patienten „gut“ aus. 1 Besitzer gab an, eine Beeinträchtigung der Lebensqualität seiner Katze auf die Gelenkversteifung zurückzuführen. 2 der 3 Besitzer bekundeten, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden.

Keine der untersuchten Katzen zeigte eine Lahmheit der betroffenen Gliedmaße. Bei der Hälfte der versteiften Gelenke bestand eine Einschränkung der Zehenbeweglichkeit der betroffenen Gliedmaße.

Röntgenologisch konnte bei sämtlichen Gelenken ein vollständiger Knochendurchbau festgestellt werden. Arthrosen im Bereich der Zehengelenke lagen bei keinem der untersuchten Patienten vor. Die Beurteilung der Röntgenuntersuchung fiel damit in

sämtlichen Fällen „sehr gut“ aus. Bei keiner der Katzen, die eine Panarthrodese des Tarsalgelenks erhielten, kam es zu Komplikationen im Heilungsverlauf.

Den Ergebnissen der von Müller-Rohrmoser (1997) durchgeföhrten vorausgegangenen Untersuchung entsprechend lieferte die Versteifung des Karpalgelenks bei Hund und Katze die besseren Langzeitergebnisse mit geringeren Komplikationsraten im Vergleich zur Versteifung des Tarsalgelenks. Anhand der bei einigen der Hunde durchgeföhrten ganganalytischen Untersuchungen konnte jedoch über die bereits vorliegenden Ergebnisse hinaus gezeigt werden, dass im Zuge der Versteifung des Karpal- und Tarsalgelenks mit nur unwesentlichen Beeinträchtigungen des Bewegungsablaufs zu rechnen ist. Weiterhin konnten vergleichsweise gute Ergebnisse hinsichtlich der Lahmheitsfreiheit von Patienten mit Karpal- und Tarsalgelenksarthrodessen erzielt werden. Dies konnte insbesondere auch im direkten Vergleich zu der vorausgegangenen Arbeit von Müller-Rohrmoser (1997) festgestellt werden. Als mögliche Ursache hierfür darf eine optimierte Operationsmethode hinsichtlich Versteifungswinkel und Durchführung in Erwägung gezogen werden. Durch die vollständige Vermeidung der partiellen Karpalgelenksarthrodese mithilfe von Bohrdrähten konnten die von Müller-Rohrmoser (1997) beobachteten, mit dieser Versteifungsmethode einhergehenden gesteigerten Komplikationsraten vermieden werden. Auffallend ist das merklich gehäufte Auftreten von Frühkomplikationen in Form von Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung. Aus diesem Grund sollte angestrebt werden diese auf ein absolutes Mindestmaß zu beschränken und die Bemühungen dahin zu lenken eine belastungsstabile Fixation zu schaffen. Möglich wird dies durch den Einsatz neuartiger Implantate wie beispielsweise die bei einigen der Patienten der vorliegenden Untersuchung eingesetzte Stufenplatte für die Panarthrodese des Karpalgelenks. Weiterhin ist eine peinlich genaue Schonung des Weichteilgewebes im Zuge der Operation anzustreben.

5.3 Vergleich Tier- und Arthrodesarten

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes fiel auf, dass Katzen signifikant häufiger eine Tarsal- als eine Karpalgelenksarthrodese erhielten (64 Katzen insgesamt mit 23 Karpal- und 41 Tarsalgelenksarthrodessen) und bei den Hunden dieses Verhältnis genau umgekehrt war (114 Hunde insgesamt mit 82 Karpal- und 32 Tarsalgelenksarthrodessen). Dieses Ergebnis entspricht den Befunden der Untersuchungen von Müller-Rohrmoser (1997).

Innerhalb der Gruppe der untersuchten Hunde wurde festgestellt, dass wenn eine Karpalgelenksarthrodese durchgeföhrte wurde ein signifikant besseres Langzeitergebnis erzielt werden konnte, als wenn das Tarsalgelenk versteift worden war. Dies korrespondiert mit der um einen geringen Prozentsatz kleineren Komplikationsrate der Karpalgelenksarthrodessen (77 %) im Vergleich zu den Tarsalgelenksarthrodessen (80 %) und

ist möglicherweise durch die Tatsache zu erklären, dass Hunde und Katzen eine bessere Kompensationsfähigkeit gegenüber Karpalgelenksarthrodesen im Vergleich zu Tarsalgelenksarthrodesen besitzen. Diese Limitation der Erfolgsrate der Arthrodesen des Tarsalgelenks insbesondere beim Hund sowie ihre verhältnismäßig hohe Komplikationsrate entsprechen den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen in der Literatur (Klause et al. 1989, Doverspike und Vasseur 1991, Müller-Rohrmoser 1997, Vannini 2004, Griffon 2010). Als mögliche Gründe hierfür müssen, wie bereits von unterschiedlichen Autoren vermutet (Klause et al. 1989, Welch 2003, Déjardin 2010), der im Vergleich zur Karpalgelenksarthrodese verhältnismäßig geringe Versteifungswinkel sowie darüber hinaus die stärkere Belastung des hinteren Körperabschnitts, durch die in diesem Abschnitt für die Vorwärtsbewegung zu erbringende Schubkraft, angesehen werden. Dies unterstreicht erneut die große Bedeutung einer zusätzlichen Zugschraube zwischen Talus und Kalkaneus für eine ausreichende Stabilisation im Bereich des Tarsalgelenks bei der Durchführung der tarsalen Panarthrodese (Vannini 2000, Déjardin 2010).

Innerhalb der untersuchten Katzenpopulation war es nicht möglich, signifikante Unterschiede bezüglich des Langzeitergebnisses im Vergleich zwischen Karpus und Tarsus festzustellen.

Von den 45 hinsichtlich des Langzeitergebnisses untersuchten Patienten zeigten signifikant mehr Tiere mit einer Arthrodesen im Bereich des Tarsalgelenks eine Entlastung der operierten Gliedmaße im Stand als solche mit einer Arthrodesen im Bereich des Karpalgelenks. Dies machte sich insbesondere bei den untersuchten Hunden bemerkbar. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese Erscheinung ist die anatomisch bedingte Kopplung des Beugungszustands des Tarsalgelenks mit dem des Kniegelenks. Durch diese Kopplung würde sich mit der Wahl eines geringen Versteifungswinkels für das Tarsalgelenk eine über das übliche Maß hinausgehende Beugung des Kniegelenks ergeben. Jedoch konnte entgegen dieser Annahme innerhalb der untersuchten Patientenpopulation kein Zusammenhang zwischen Versteifungswinkel und Gliedmaßenentlastung hergestellt werden. Im Vergleich zu den Hunden konnte bei den Katzen ein signifikant besseres Gesamtergebnis erzielt werden, was auf einen im Vergleich zum großwüchsigen Hund besseren Kompensationsmechanismus dieser Patienten zurückzuführen sein dürfte.

Eine Arthrodesen stellt häufig die letzte Möglichkeit dar, die schmerzfreie Funktion eines Gelenks zu erhalten und die Gliedmaße vor einer Amputation zu bewahren (Penwick 1987, Brinker et al. 1993, Lesser 2003). Aufgrund der teilweisen oder bei Durchführung einer Panarthrodese vollständigen Einschränkung des in diesem Gliedmaßenabschnitt üblichen Bewegungsumfangs wurde mit weitreichenden postoperativen Veränderungen in der Gliedmaßenmechanik gerechnet. Im Rahmen der für diese Arbeit durchgeführten

Untersuchungen konnte sich jedoch zeigen, dass Hunde und Katzen als Quadrupeden zu umfangreichen Kompensationsmechanismen hinsichtlich der Einschränkung des Bewegungsumfangs eines Gliedmaßenabschnitts in der Lage zu sein scheinen. Die untersuchten Tiere zeigten eine Lahmheitsfreiheit von 72 (Karpalgelenksarthrodese Hund) bis hin zu 100 % (Tarsalgelenksarthrodese Katze). Auffallend war, dass sich bei einem deutlich größeren Anteil der ganganalytisch untersuchten Hunde eine Lahmheit entsprechend der ganganalytisch erhobenen Parameter ergab als dies entsprechend der Befunde der orthopädischen Untersuchung der Fall war. Anhand der ganganalytischen Untersuchungen war es möglich, bei jenen Hunden, die eine Arthrodese des Karpalgelenks erhielten, eine Differenzierung unterschiedlicher Gangbilderscheinungen vorzunehmen. Eine Unterscheidung rein mechanisch bedingter, sich aus der Gelenkversteifung ergebender Lahmheiten von tatsächlich schmerzbedingten war im Zuge der durchgeführten Untersuchungen möglich.

Mit der Bekundung von 67 % (Tarsalgelenksarthrodese Katze) bis hin zu 100 % (Karpalgelenksarthrodese Hund) der Besitzer gegebenenfalls erneut der Durchführung eines derartigen Eingriffes zuzustimmen und der Beurteilung des Gesamtergebnisses als „sehr gut“ von 50 % (Tarsalgelenksarthrodese Hund) bis 67 % (Tarsalgelenksarthrodese Katze) der Besitzer konnte eine umfassende Zufriedenheit erreicht werden. Die Lebensqualität ihrer Tiere wurde von 67 % (Tarsalgelenksarthrodese Katze) bis hin zu 100 % (Karpalgelenksarthrodese Katze) der Besitzer als völlig unbeeinträchtigt beurteilt.

Das Auftreten von Komplikationen im Heilungsverlauf scheint sich bei einem Eingriff dieser Art zum derzeitigen Zeitpunkt nicht vollständig verhindern zu lassen. Jedoch bleibt zu hoffen, dass mit Beachtung der anhand von neuen Untersuchungen hinzugewonnenen Erkenntnisse und der Entwicklung neuer Implantate diese auf ein geringstmögliches Ausmaß beschränkt werden können. Bei den untersuchten Patienten deren Karpalgelenk mit einer Stufenplatte versteift wurde deutete sich an, dass bei diesem Implantattyp mit einer geringeren Rate an Komplikationen zu rechnen ist. Aufgrund der geringen Patientenzahl ließ sich dies jedoch nicht statistisch belegen.

Entsprechend der Ergebnisse dieser Untersuchung lässt sich schlussfolgern, dass es sich bei der Arthrodese des Karpal- und Tarsalgelenks bei Hund und Katze um eine geeignete Behandlungsmöglichkeit zum Erhalt unwiederbringlich geschädigter Gelenke handelt. Es konnte gezeigt werden, dass Katzen über eine exzellente Kompensationsfähigkeit verfügen und Versteifungen dieser beiden Gelenke generell besser kompensieren als Hunde. Darüber hinaus wurde von den Hunden eine Versteifung des Karpalgelenks besser toleriert als eine Versteifung des Tarsalgelenks. Entsprechend der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind die im Anschluss an eine Arthrodese des Karpal- oder Tarsalgelenks auftretenden

Gangbildabweichungen weitaus häufiger rein mechanisch als tatsächlich schmerzbedingt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich infolge einer rein mechanisch bedingten Gangbildabweichung weder eine Einschränkung der Lebensqualität des Patienten noch eine therapeutische Konsequenz ergibt. Es zeigte sich das für die unmittelbar postoperative Phase sowohl bei Hund als auch Katze mit teils umfangreichen Einschränkungen der üblichen Lebensumstände des Patienten und potenziell hohen Komplikationsraten gerechnet werden muss. Bei der Spätkontrolle der Patienten ergaben sich jedoch für den überwiegenden Anteil der kontrollierten Patienten geringe langfristige postoperative Einschränkungen der Patienten und eine hohe Rate an Besitzerzufriedenheit.

Zusammenfassend bleibt die Versteifung des Karpal- und Tarsalgelenks bei Hund und Katze eine Behandlungsmethode mit vergleichsweise hohen potentiellen Komplikationsraten die einer äußerst konsequenter Arbeitsweise und Nachsorge bedarf. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen und Vorgaben darf jedoch mit zufriedenstellenden Spätergebnissen mit einem hohen Maß an Besitzerzufriedenheit und einer nur unwesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs des Patienten gerechnet werden.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, die in den Jahren 1996–2010 an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer Karpal- oder Tarsalgelenksarthrodese behandelten Hunde und Katzen zu erfassen und das Langzeitergebnis dieser Behandlungen anhand klinischer, röntgenologischer und ganganalytischer Nachuntersuchungen sowie Besitzerbefragungen zu analysieren.

Nach einleitender Darstellung der Anatomie des Karpal- und Tarsalgelenks werden anhand der Literatur die Ätiologie, Häufigkeit, Lokalisation, Symptomatik, Diagnostik und Behandlung von Verletzungen in diesem Bereich erläutert. Anschließend wird ein Überblick über die Arthrodese im Allgemeinen sowie über die Arthrodese des Karpal- und Tarsalgelenks im Speziellen gegeben. Die Behandlungsergebnisse aus der Literatur werden dabei berücksichtigt.

175 Gelenke wurden im untersuchten Zeitraum versteift. Darunter waren 113 Hunde (81 Karpal- (1-mal beidseits) und 32 Tarsalgelenksarthrodesen) und 62 Katzen (22 Karpal- (1-mal beidseits) und 40 Tarsalgelenksarthrodesen (1-mal beidseits)). 45 dieser Patienten (35 Hunde und 10 Katzen) konnten anhand von Besitzerbefragung, klinisch, röntgenologisch sowie teilweise ganganalytisch (30-mal) in einem durchschnittlichen Zeitraum von 3,9 Jahren (Hunde 4,1 und Katzen 3,7) nachuntersucht werden. Von 37 Patienten (28 Hunde und 9 Katzen) war eine Überprüfung des Langzeitergebnisses lediglich anhand einer Befragung der Besitzer in einem durchschnittlichen Zeitraum von 6,5 Jahren möglich.

Bei 21 der 23 Hunde, die eine Panarthrodese des Karpalgelenks erhielten, lag eine Hyperextensionsverletzung zugrunde. Die am häufigsten von einer Schädigung betroffenen Gelenketage beim Hund war mit 12/21 die Articulatio mediocarpea. Bei den Patienten, die eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks erhielten, lag in beiden Fällen eine mediale Seitenbandinstabilität sowie eine Ruptur der Ligamenta intercarpea et carpometacarpea zugrunde. Die Panarthrodese wurde stets mittels dorsal aufgebrachter Platte durchgeführt. Verwendete Implantate waren dynamische Kompressionsplatten (3/24), Hybridarthrodeseplatten (16/24) sowie Stufenplatten (5/24). Die partielle Arthrodese erfolgte sowohl mittels dorsal aufgebrachter T-Platte als auch anhand einer von medial aufgebrachten dynamischen Kompressionsplatte. 18 der 25 Patientenbesitzer beurteilten das Gesamtergebnis als „sehr gut“. Sämtliche Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden. Bei der orthopädischen Untersuchung zeigten sich 18 der 25 Patienten lahmheitsfrei. Anhand der bei einem Teil der Patienten (21/25) durchgeführten ganganalytischen Untersuchungen ließ sich zeigen, dass die im Anschluss an eine Arthrodese auftretenden Gangbildabweichungen nur zu einem geringen Anteil (3/13)

tatsächlich schmerzbedingt und im Großteil der Fälle (10/13) rein mechanisch bedingt sind und damit weder eine Einschränkung der Lebensqualität des Patienten zu erwarten ist, noch eine Behandlung erforderlich ist. Die Befunde der röntgenologischen Untersuchungen ergaben in 20/26 Gelenken einen vollständigen Knochendurchbau. In 16/26 Fällen konnten Arthrosen im Bereich der Zehengelenke festgestellt werden wobei diese 6-mal nur auf der operierten Gliedmaße und 10-mal bilateral vorlagen. Ein Zusammenhang zwischen Steilheit des Versteifungswinkel und Arthrosegrad konnte nicht hergestellt werden. Mögliche Erklärung für das im Schnitt schlechtere Abschneiden der röntgenologischen Untersuchung im Vergleich zur orthopädischen Untersuchung war der in 5/26 Fällen unvollständige Gelenkdurchbau, sowie die in 6 der 26 Fälle auftretenden Synostosen im Bereich der Metakarpalknochen. Zu den beobachteten Frühkomplikationen gehörten Druckstellen (5/25) sowie Wundheilungsstörungen (9/25) deren Häufigkeit durch Anwendung des Lappenschnitts für den Operationszugang merklich reduziert werden konnte, was sich durch die Vermeidung des Kontakts zwischen Zugangswunde und Implantat erklären lässt. Die zu den Spätkomplikationen zählende Implantatlockerung konnte mit einer Häufigkeit von 10/25 am häufigsten beobachtet werden. Hiervon waren insbesondere die am weitesten distal gelegenen Schrauben betroffen. Weiterhin konnten Synostosen der Metakarpalia (6/25) sowie Implantatversagen (4/26) beobachtet werden.

Bei den Katzen, die eine Arthrodese des Karpalgelenks erhielten, war es in 3 der 6 Fälle vorberichtlich zu einem Höhensturz gekommen. Bei 5 der 6 Fälle lag ein Niederbruch des Karpalgelenks vor. Die am häufigsten von einer Schädigung betroffene Gelenketage war mit 60 % das Antebrachiokarpalgelenk. Bei der Katze, die eine partielle Arthrodese des Karpalgelenks erhielt, lag eine Luxatio carpometacarpea vor. In sämtlichen Fällen erfolgte die Panarthrodese mittels dorsal aufgebrachter Platte. Die partielle Arthrodese wurde anhand von in die Metakarpalknochen eingeführten Bohrdrähten durchgeführt. Die Besitzer beurteilten das Gesamtergebnis bei 5 der 6 Katzen mit einer Panarthrodese und der Katze mit einer partiellen Arthrodese als „sehr gut“. Alle der Besitzer gaben an, sich gegebenenfalls erneut für einen solchen Eingriff zu entscheiden. Keiner der Besitzer konnte mit dem Eingriff eine Beeinträchtigung der Lebensqualität seiner Katze in Verbindung bringen. Bei der orthopädischen Untersuchung zeigten sich 4 der 6 Patienten lahmheitsfrei. In 3 der 6 Fälle, unter anderem bei der Katze mit einer partiellen Arthrodese des Karpalgelenks, kam es zu Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung. Eine Fraktur des 3. Metakarpalknochens sowie eine Lockerung der Implantate konnte bei jeweils einer Katze beobachtet werden. Entgegen der in der Literatur von Shales und Langley-Hobbs (2006) ausgesprochenen Empfehlung bei Katzen Versteifungen des Karpalgelenks aufgrund der starken postoperativen Einschränkungen zu unterlassen konnten bei den untersuchten Patienten befriedigende Ergebnisse erzielt werden.

Bei den Hunden, die eine Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten erfolgte die Panarthrodese in sämtlichen Fällen mithilfe einer von dorsal aufgebrachten Platte. Die partielle Arthrodese wurde entweder mittels medialer Zuggurtung oder lateraler Platte durchgeführt. Von der Hälfte der Besitzer (5/10) wurde das Gesamtergebnis der Behandlung als „sehr gut“ beurteilt. Von ihnen gaben 9 an, sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden. Lediglich 1 der Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks zeigte eine undeutlich geringgradige Lahmheit der betroffenen Gliedmaße. Jedoch fiel bei 4 der 6 Hunde mit einer Panarthrodese eine ständige Entlastung der Gliedmaße im Stand auf. Diese Tatsache wurde insbesondere bei Patienten beobachtet, bei denen die Gelenkschädigung zum Zeitpunkt der Operation bereits seit längerer Zeit bestand und bereits eine Muskelatrophie und Entlastung der betroffenen Gliedmaße vorlag. Zwischen der Steilheit des Versteifungswinkels und der Zehenbeweglichkeit konnte ein direkter Zusammenhang hergestellt werden. Je größer der Versteifungswinkel war, desto stärker war die Einschränkung der Zehenbeweglichkeit. Arthrosen im Bereich der Zehengelenke traten in etwa zum selben Prozentsatz (6/10) wie im Bereich des Karpalgelenks, bei 5 Hunden mit einer Panarthrodese und bei 1 Hund mit einer partiellen Arthrodese des Tarsalgelenks auf. Beobachtete Frühkomplikationen waren bei Hunden mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks auftretende Wundheilungsstörungen (3/6) sowie Druckstellen (2/6). Bei 5/10 Patienten (3 Hunde mit einer Panarthrodese, 2 mit einer partieller Arthrodese des Tarsalgelenks) kam es zu einer Lockerung der Implantate. Ein Implantatversagen wurde bei 3 der Hunde mit einer Panarthrodese des Tarsalgelenks beobachtet. Trotz dieser verhältnismäßig hohen Komplikationsraten konnten im Zuge der Untersuchungen für diese Arbeit befriedigende Ergebnisse mit nur unwesentlichen Beeinträchtigungen des üblichen Bewegungsablaufs festgestellt werden. Aufgrund der geringen Patientenzahl der ganganalytisch untersuchten Patienten mit einer Arthrodese des Tarsalgelenks war es nicht möglich statistische Unterschiede festzustellen, es konnte jedoch gezeigt werden, dass selbst bei vollständiger Versteifung der Tarsalgelenks mit einer nur unwesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs zu rechnen ist.

Bei sämtlichen 3 Katzen, die eine Arthrodese des Tarsalgelenks erhielten, konnten Frakturen im Bereich der Tarsalgelenke festgestellt werden. 2-mal war der Talus von diesen Frakturen betroffen. Von 2 der Besitzer wurde das Gesamtergebnis als „sehr gut“ beurteilt. Ebensoviele gaben an sich gegebenenfalls erneut für einen derartigen Eingriff zu entscheiden bzw., dass sie keine Beeinträchtigung der Lebensqualität mit dem Eingriff in Zusammenhang bringen konnten. Sämtliche Patienten zeigten sich bei der orthopädischen Untersuchung lahmheitsfrei. Bei keiner der Katzen kam es zu Komplikationen im Zuge des Heilungsverlaufs.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich bei der Arthrodese des Karpal- und Tarsalgelenks bei Hund und Katze um eine geeignete Behandlungsmethode unheilbarer Verletzungen im Bereich dieser Gelenke handelt. Im Zuge ihrer Anwendung können Ergebnisse mit geringer bis nahezu keiner postoperativen Einschränkung der Patienten und einem hohen Maß an Besitzerzufriedenheit erzielt werden.

Vergleichsweise gute Ergebnisse hinsichtlich der Lahmheitsfreiheit von Patienten mit Karpal- und Tarsalgelenksarthrodessen konnten im Rahmen der Untersuchungen für diese Arbeit erzielt werden. Dies bestätigte sich insbesondere im Vergleich zu der vorausgegangenen Arbeit von Müller-Rohrmoser (1997). Mögliche Ursache hierfür könnte eine optimierte Operationsmethode hinsichtlich Versteifungswinkel und Durchführung sein. Auffallend war das merklich gehäufte Auftreten von Frühkomplikationen in Form von Druckstellen im Zuge der Verbandsbehandlung. Aus diesem Grund ist anzustreben die Verbandsbehandlung auf ein absolutes Mindestmaß zu beschränken und die Bemühungen dahin zu lenken eine belastungsstabile Fixation zu schaffen. Ermöglicht wird dies durch den Einsatz neuartiger Implantate wie beispielsweise der Stufenplatte für die Panarthrodese des Karpalgelenks, sowie einer sorgfältigen Schonung des Weichteilgewebes im Zuge der Operation.

Bei der Versteifung des Karpal- und Tarsalgelenks bei Hund und Katze handelt es sich um eine Behandlungsmethode mit vergleichsweise hohen potentiellen Komplikationsraten die einer äußerst konsequenten Arbeitsweise und Nachsorge bedarf. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen und Vorgaben darf jedoch mit zufriedenstellenden Spätergebnissen mit einem hohen Maß an Besitzerzufriedenheit und einer nur unwesentlichen Beeinträchtigung des Bewegungsablaufs des Patienten gerechnet werden.

7 Summary

Carpal and Tarsal arthrodesis in dogs and cats – long-term results between 1996 and 2010

The purpose of this study was to evaluate the long-term result of dogs and cats with carpal and tarsal arthrodesis, treated at the Department of Veterinary Surgery, University of Munich, from 1996–2010. This was accomplished by means of clinical and radiological evaluation, gait analysis as well as owner questioning.

In the literature section, the anatomy of the carpal and tarsal joint is reviewed and the frequency, localization, clinical signs, diagnosis and treatment of injuries in this region are described. Subsequently a general overview of arthrodesis is given and arthrodesis of the carpal and tarsal joint is discussed in detail including clinical reports from literature.

A total of 175 joints have been treated in the given time frame. Within this group there were 113 dogs (81 carpal (1 bilateral) and 32 tarsal arthrodeses) and 62 cats (22 carpal (1 bilateral) and 40 tarsal (1 bilateral) arthrodeses). A clinical and radiological as well as in some cases gait analytic follow-up was performed in 45 cases (35 dogs and 10 cats) at an average of 3.9 years post-operatively (dogs 4.1 and cats 3.7 years). The results of another 37 arthrodeses (28 dogs and 9 cats) were reviewed by interviewing the owners, with a mean postoperative interval of 6.5 years.

In 21 of the 23 dogs the carpal joint was damaged by hyperextension injury. The intercarpal joint was the joint level injured most often (12/21). Both of the dogs treated with a partial arthrodesis of the carpal joint had underlying medial collateral ligament injuries as well as a rupture of the palmar intercarpal and carpometacarpal ligaments. All of the panarthrodeses were performed with dorsally applied plates. Dynamic compression plates (3/24), hybrid arthrodesis plates (16/24) as well as stepped arthrodesis plates (5/24) were used. Partial carpal arthrodesis was performed in one case with a dorsally applied T-plate and in the other case with a medially applied dynamic compression plate.

The overall result was considered as “very good” by 18 of the 25 owners. All of the owners declared to come to the same decision if confronted again with the option of an arthrodesis.

A total of 18 of the 25 dogs was presented without any lameness. According to the gait analytic results it was possible to prove that the gait alterations following carpal arthrodesis is only in a small number of cases (3/13) caused by actual painfulness of the limb and in most of the cases (10/13) is solely attributable to mechanical changes. This means that there is no treatment necessary and there is no decrease in quality of life suspected. In 20 of the 26 examined joints the x-rays revealed complete ossification of the arthrodesed joint levels. 16

of the dogs had signs of degenerative joint disease in the joints of the digits. In 6 of these they were located only on the arthrodesed site, in 10 of them they were located on both sides. It was not possible to detect a connection between the steepness of the arthrodesed joint and the degree of degenerative joint disease. One possible reason for the worse results of the radiologic examination compared to the clinic examination was the incompletely ossification of the arthrodesed joints in 5 of the 26 dogs as well as synostosis of the metacarpal joints in 6 of the dogs. Complications of the early kind were pressure sores (9/25) as well as disturbances in wound healing (9/25). The usage of a modified technique for the surgical access ("flap-technique") resulted in a markable decrease of these kind of complications. In this kind of surgical approach the location of the skin incision is positioned in a way to avoid contact between the implants and the surgical wound. Loosening of the implants (especially most distal screw(s)) was the kind of complication (belated kind) seen most often (10/25). Furthermore synostosis of the metacarpal bones was seen in 6 and breaking of the implants in 4 of the 25 cases.

As for the cats treated by carpal arthrodesis 3 of the 6 patients had suffered a fall from great height. Hyperextension injury of the carpus was present in 5 of the 6 patients. The joint level damaged most often was the antebrachiocarpal joint (60 %). One cat presented with a carpometacarpal luxation was treated by partial carpal arthrodesis. Panarthrodesis was achieved in all cases via dorsally applied plates. In the cat receiving partial carpal arthrodesis, bone wires were introduced into the metacarpal bones. The long-term results were evaluated as "very good" by 5 of 6 the owners of a cat with a panarthrodesis of the carpal joint and the owner of the cat with the partial carpal arthrodesis. All of the owners declared to make once more the same choice if faced again with the decision. None of the owners noticed a decrease in their cats' quality of life. During physical examination 4 of the 6 cats presented without any lameness. During the postoperative period in 3 of the 6 patients pressure sores were noticed. One of these cats was the cat with a partial arthrodesis of the carpal joint. Loosening of the implants occurred in 1 of the cases and in another cat a fracture of the third metacarpal bone was seen. In contradiction to the advise of Shales and Langely-Hobbs (2006) reported in literature to avoid arthrodesis of the carpal joints in cats because of the postoperative constraints the results achieved in the examined group were satisfying.

In all of the dogs that had to be treated by pantarsal arthrodesis this was achieved by applying a plate from the dorsal aspect of the joint. Partial tarsal arthrodesis could be accomplished by a medial tension band wire construct or a laterally applied plate. The overall result was graded by 5 of the 10 owners as "very good", 9 of them declared to make the same choice again if faced upon the decision another time. Only one of the dogs with a

panarthrodesis of the tarsal joint showed a mild lameness of the arthrodesed limb, whereas 4 of the 6 dogs with a panarthrodesis failed consistently to put weight on the limb during standing. This problem was especially seen in patients with a damage of the tarsal joints that had been existing for a period of time at the time of surgery along with a decrease of musculature and failure to bear weight on the concerned limb. Between the steepness of the arthrodesis angle and the ability to flex and extend the toes an immediate connection could be seen. The greater the angle of the arthrodesis the greater were the limitations in toe movement. Arthrodeses in the area of the toes occurred to a similar degree as in the dogs treated with carpal arthrodesis. They occurred in 5 of the dogs with a panarthrodesis of the tarsal joint and 1 dog with a partial arthrodesis of this joint. Disturbances in wound healing were seen in 3 and pressure sores in 2 of the 6 dogs with a panarthrodesis of the tarsal joint as complications of the early kind. Loosening of the implants could be seen in 3 dogs with a panarthrodesis and 2 of the dogs with a partial arthrodesis of the tarsal joint. Breakage of the implants was seen in 3 dogs with a panarthrodesis of the tarsal joint. In spite of these comparatively high complication rates the results achieved in this study were satisfying with only marginal limitations in ambulation. Because the gait analytic examination could only be done in a small number of patients (9) it was not possible to find any statistical differences. Nevertheless it was possible to prove that even with a panarthrodesis of the tarsal joint only marginal deviations in limb motions need to be expected.

In all of the 3 cats receiving tarsal arthrodeses fractures of the tarsal bones could be seen. The talar bone was affected in two cases. 2 of the owners referred to the overall result of the surgery as "very good". If faced again upon the same decision 2 of them declared to agree again. 2 considered their cats life quality with the arthrodesed joint as unrestricted. All of the cats presented free of lameness at the clinical examination. Postoperative complications were seen in none of them.

In summary arthrodesis of the carpus and tarsus is a well suited treatment option for irreversibly damaged carpal and tarsal joints in dogs and cats. Clinical outcomes with low as far as minimal postoperative confinements for the patient as well as a high rate of owner satisfaction may be expected when choosing this surgical method.

The long-term results achieved in the examined patients were comparable favourable, especially in comparison the the previous examination from Müller-Rohrmoser. This can possibly be explained by optimization of the surgical methods as well as their realization. A remarkably high occurrence rate of pressure sores could be noticed. Because of this reason it is necessary to intend the decrease of this treatment to the least possible amount and to achieve a method of fixation that is resistant to forces resulting from weight bearing of the

limb. This can be realized by usage of new implants such like the stepped arthrodesis plate as well as a meticulous prevention of damage to the soft tissues.

Arthrodesis of the carpal and tarsal joints of dogs and cats is a surgical method with comparably high complications rate and thus demands a meticulous execution and aftercare. When these preventive measures and guidelines are kept in mind though favourable long-term results with a high rate of owner satisfaction and only marginal differentiations in appearance of ambulating can be expected.

8 Literaturverzeichnis

ALLEN, MJ, DYCE, J , HOULTON, JEF

Calcaneoquartal arthrodesis in the dog.

J Small Anim Pract 1993; 34(5): 205-210

ANDREONI, AA, RYTZ, U, VANNINI, R , VOSS, K

Ground reaction force profiles after partial and pancarpal arthrodesis in dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 2010; 23(1): 1-6

ARNOCZKY, SP , TARVIN, GB

Physical examination of the musculoskeletal system.

Vet Clin North Am Small Anim Pract 1981; 11(3): 575-593

ARNOTT, JL, BAILEY, R, SHIELDS, A , BENNETT, D

An in vitro comparison of a 2.7/3.5 mm hybrid plate alone and combined with crossed K-wires for canine pancarpal arthrodesis.

Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21(4): 307-311

BASHER, A

Foot injuries in the dogs and cats.

Compend Contin Educ Vet 1994; 16: 1159-1176

BEARDSLEY, SL , SCHRADER, SC

Treatment of dogs with wounds of the limbs caused by shearing forces: 98 cases (1975-1993).

J Am Vet Med Assoc 1995; 207(8): 1071-1075

BENSON, JA , BOUDRIEAU, RJ

Severe carpal and tarsal shearing injuries treated with an immediate arthrodesis in seven dogs.

J Am Anim Hosp Assoc 2002; 38(4): 370-380

BJÖRK, G

Studies on the draught forces of horses: development of a method using strain gauges for measuring forces between hoof and ground.

Acat Agri Scand Suppl 4 1958; 8: 1-109

BOKEMEYER, J, FISCHER, A, SADAN, M, KRAMER, M , GERWING, M

Pankarpale Arthrodese unter Verwendung einer "CastLess Plate" bei Hunden und Katzen.

Tierarztl Prax 2011; 39(K): 7-16

BOUDRIEAU, RJ, DEE, JF , DEE, LG

Central tarsal bone fractures in the racing Greyhound: a review of 114 cases.

J Am Vet Med Assoc 1984a; 184(12): 1486-1491

BRIGHT, SR, GIRLING, SL, O'NEILL, T , INNES, JF

Partial tarsal arthrodesis and botulinum toxin A injection for correction of tarsal arthrogryposis in a cat.

J Small Anim Pract 2007; 48(1): 39-42

BRINKER, WO, PIERMATTEI, DL, FLO, GL , MATIS, U

Frakturen des Tarsus, Metatarsus und der Phalangen. Frakturen des Carpus, Metacarpus und der Phalangen. Lahmheitsuntersuchung. Arthrodese. Tarsus und Metatarsus. Carpus und Metacarpus.

In: BRINKER, WO, PIERMATTEI, DL, FLO, GL & MATIS, U (eds.) Orthopädie und Frakturbehandlung beim Kleintier. Stuttgart: Schattauer; 1993.

BUDRAS, K-D, FRICKE, W , RICHTER, R

Beckengliedmaße.

In: BUDRAS, K-D, FRICKE, W & RICHTER, R (eds.) *Atlas der Anatomie des Hundes*. 8. Aufl. Hannover: Schlüter; 2004a.

BUDRAS, K-D, FRICKE, W , RICHTER, R

Schultergliedmaße.

In: BUDRAS, K-D, FRICKE, W & RICHTER, R (eds.) *Atlas der Anatomie des Hundes*. 8. Aufl. Hannover: Schlüter; 2004b.

BUDSBERG, SC, CHAMBERS, JN, VAN LUE, SL, FOUTZ, TL , REECE, L

Prospective evaluation of ground reaction forces in dogs undergoing unilateral total hip replacement.

Am J Vet Res 1996; 57(12): 1781-1785

BUDSBERG, SC, JOHNSTON, SA, SCHWARZ, PD, DECAMP, CE , CLAXTON, MS

Efficiency of etodolac for the treatment of osteoarthritis of the hip joints in dogs.

J Am Vet Med Assoc 1999; 214(2): 206-210

BUDSBERG, SC, VERSTRAETE, MC, BROWN, J , REECE, L

Vertical loading rates in clinically normal dogs at a trot.

Am J Vet Res 1995; 56: 1275-1280

BUDSBERG, SC, VERSTRAETE, MC , SOUTAS-LITTLE, RW

Force plate analysis of the walking gait in healthy dogs.

Am J Vet Res 1987; 48: 915-918

BUOTE, NJ, MCDONALD, D , RADASCH, R

Pancarpal and partial carpal arthrodesis.

Compend Contin Educ Vet 2009; 31(4): 180-192

CALVO, I, FARRELL, M, CHASE, D, AISA, J, RAYWARD, R , CARMICHAEL, S
Carpal arthrodesis in cats. Long-term functional outcome.
Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22(6): 498-504

CHAMBERS, JN , BJORLING, DE
Palmar surface plating for arthrodesis of the canine carpus.
J Am Anim Hosp Assoc 1982; 18: 875-882

CLARKE, S 2010. New plate design for pancarpal arthrodesis. *ECVS 19th Annual Scientific Meeting*. Finland, Helsinki.

CLARKE, SP, FERGUSON, JF , MILLER, A
Clinical evaluation of pancarpal arthrodesis using a CastLess plate in 11 dogs.
Vet Surg 2009; 38(7): 852-860

COMERFORD, EJ, DORAN, IC , OWEN, MR
Carpal derangement and associated carpal valgus in a dog.
Vet Comp Orthop Traumatol 2006; 19(2): 113-116

DECAMP, CE
Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog.
Vet Clin North Am Small Anim Pract 1997; 27: 825-840

DECAMP, CE, MARTINEZ, SA , JOHNSTON, SA
Pantarsal arthrodesis in dogs and a cat: 11 cases (1983-1991).
J Am Vet Med Assoc 1993; 203(12): 1705-1707

DÉJARDIN, LM 2010. New plate design for pantarsal arthrodesis. *ECVS 19th Annual Scientific Meeting*. Finland, Helsinki.

DENNY, HR , BARR, ARS
Partial carpal and pancarpal arthrodesis in the dog: a review of 50 cases.
J Small Anim Pract 1991; 32: 329-334

DIAMOND, DW, BESSO, J , BOUDRIEAU, RJ

Evaluation of joint stabilization for treatment of shearing injuries of the tarsus in 20 dogs.

J Am Anim Hosp Assoc 1999; 35(2): 147-153

DIAZ-BERTRANA, C, DARNACULLETA, F, DURALL, I, FRANCH, J , PUCHOL, JL

The stepped hybrid plate for carpal panarthrodesis - Part I: relationship between plate and bone surfaces.

Vet Comp Orthop Traumatol 2009a; 22(5): 380-388

DIAZ-BERTRANA, C, DARNACULLETA, F, DURALL, I, FRANCH, J, PUCHOL, JL,

MARTINEZ, JJ , RUBIO, A

The stepped hybrid plate for carpal panarthrodesis - Part II: a multicentre study of 52 arthrodeses.

Vet Comp Orthop Traumatol 2009b; 22(5): 389-397

DOVERSPIKE, M , VASSEUR, PB

Clinical findings and complications after talocrural arthrodesis in dogs: experience with six cases.

J Am Anim Hosp Assoc 1991; 27(5): 553-559

DYCE, J

Arthrodesis in the dog.

In Pract 1996; 18(6): 267-279

DYCE, J, WHITELOCK, RG, ROBINSON, KV, FORSYTHE, F , HOULTON, JE

Arthrodesis of the tarsometatarsal joint using a laterally applied plate in 10 dogs.

J Small Anim Pract 1998; 39(1): 19-22

EARLEY, TD

Canine carpal ligament injuries.

Vet Clin North Am 1978; 8: 183-199

EID, M, GOLLWITZER, M , SCHMITT, M
Statistik und Forschungsmethoden. Basel: Beltz Verlag; 2010.

EWARD, C, GILLETTE, R , EWARD, W
Effects of unilaterally restricted carpal range of motion on kinematic gait analysis of the dog.
Vet Comp Orthop Traumatol 2003; 16(3): 158-163

FACHON, L, VALETTE, J-P, SANAA, M , GRANDJEAN, D
The measurement of ground reaction force in dogs trotting on a treadmill. An investigation on habituation.
Vet Comp Orthop Traumatol 2006; 19: 81-86

FARRELL, M
What is your diagnosis?
J Small Anim Pract 2005; 46: 305-306

FARROW, CS
Stress radiography: applications in small animal practice.
J Am Vet Med Assoc 1982; 181: 777-784

FERGUSON, JF
Fracture of the humerus after cancellous bone graft harvesting in a dog.
J Small Anim Pract 1996; 37(5): 232-234

FETTIG, AA, MCCARTHY, RJ , KOWALESKI, MP
Intertarsal and tarsometatarsal arthrodesis using 2.0/2.7-mm or 2.7/3.5-mm hybrid dynamic compression plates.
J Am Anim Hosp Assoc 2002; 38(4): 364-369

FITZPATRICK, N, STAPLEY, B , YEADON, R. Pantarsal arthrodesis in 11 cats using a novel dorsal plate: technique and complications. 3rd World Veterinary Orthopaedic Congress, ESVOT Congress, 2010 Italien, Bologna.

FORTERRE, F, JAGGY, A, MALIK, Y, HOWARD, J, RUFENACHT, S , SPRENG, D
Non-selective cutaneous sensory neurectomy as an alternative treatment for auto-mutilation lesion following arthrodesis in three dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22(3): 233-237

GEMMILL, TJ, CLARKE, SP , CARMICHAEL, S

Carpal agenesis in a domestic short haired cat.

Vet Comp Orthop Traumatol 2004; 17(3): 163-166

GORSE, MJ, EARLEY, TD , AARON, DN

Tarsocrural arthrodesis: long-term functional results.

J Am Vet Med Assoc 1991; 27: 231-235

GORSE, MJ, PURINGTON, PT, PENWICK, RC, ARON, DN , ROBERTS, RE

Talocalcaneal luxation. An anatomical and clinical study.

Vet Surg 1990; 19: 429-434

GRÄFIN ZU EULENBERG, K

Der Einsatz des Fixateur externe bei Sprunggelenksverletzungen von Hund und Katze - Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1985–1995.

Dissertation, München, Ludwig-Maximilians-Universität, 1997

GRAU, H 1943. Das Muskelsystem. Der aktive Bewegungsapparat. Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin: Springer.

GRIFFON, D 2010. Complications of arthrodeses. ECVS 19th Annual Scientific Meeting. Finland, Helsinki.

GUERRERO, TG , MONTAVON, PM

Medial plating for carpal panarthrodesis.

Vet Surg 2005; 34(2): 153-158

GUILLIARD, MJ

Fractures of the central tarsal bone in eight racing greyhounds.

Vet Rec 2000; 147(18): 512-515

GUILLIARD, MJ

Accessory carpal bone displacement in two dogs.

J Small Anim Pract 2001a; 42(12): 603-606

GUILLIARD, MJ

Dorsal tarsal instability in three racing greyhounds.

J Small Anim Pract 2003; 44(9): 415-417

GUILLIARD, MJ

Central tarsal bone fracture in the border collie.

J Small Anim Pract 2007; 48(7): 414-417

GUILLIARD, MJ

Third tarsal bone fractures in the greyhound.

J Small Anim Pract 2010; 51(12): 635-641

GUILLIARD, MJ , MAYO, AK

Subluxation/luxation of the second carpal bone in two racing greyhounds and a Staffordshire bull terrier.

J Small Anim Pract 2001b; 42(7): 356-359

GUILLOU, RP, FRANK, JD, SINNOTT, MT, MEYER, EG, HAUT, RC , DEJARDIN, LM

In vitro mechanical evaluation of medial plating for pantarsal arthrodesis in dogs.

Am J Vet Res 2008; 69(11): 1406-1412

HABURJAK, JJ, LENEHAN, TM, DAVIDSON, CD, TARVIN, GB, CARLSON, KR ,
HAYES, A

Treatment of carpometacarpal and middle carpal joint hyperextension injuries with
partial carpal arthrodesis using a cross pin technique: 21 cases.

Vet Comp Orthop Traumatol 2003; 16(2): 105-111

HALLING, KB, LEWIS, DD , JONES, RW

Use of circular external fixator constructs to stabilize tarsometatarsal arthrodeses in
three dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 2004; 17(4): 204-209

HARASEN, G

Arthrodesis-Part I: The carpus.

Can Vet J 2002a; 43(8): 641-643

HARASEN, G

Arthrodesis-Part II: The tarsus.

Can Vet J 2002b; 43(10): 806-808

HARRIS, KP, MOORES, AP, BUTTERWORTH, SJ , BUSH, MA

Three cases of accessorioulnar arthrodesis to address accessory carpal bone
subluxation or fracture.

Vet Rec 2011; 169(7): 181

HILDRETH III, B , JOHNSON, K

Ulnocarpal arthrodesis for the treatment of radial agenesis in a dog.

Vet Comp Orthop Traumatol 2007; 20(3): 231-235

HOLT, PE

Treatment of tibio-tarsal instability in small animals.

J Small Anim Pract 1977; 18: 415-422

HOROWITZ, FB , WELLS, KL

What is your diagnosis? Dorsomedial avulsion of the right second carpal bone with medial displacement of the proximal portion of the second metacarpal bone.

J Am Vet Med Assoc 2007; 230(1): 31-32

HOTTINGER, HA, DECAMP, CE, OLIVIER, NB, HAUPTMAN, JG , SOUTAS-LITTLE, RW

Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs.

Am J Vet Res 1996; 57: 381-388

HOULTON, JEF. Arthrodesis of the tarsometatarsal joint. 10th ESVOT Congress, 2000 München. 46.

HULSE, D. Use of plate/rod technique for carpal arthrodesis. 10th ESVOT Congress, 2000 München. 41.

HURTER, K, SCHAWALDER, P , SCHMÖKEL, HG

Talocalcaneocentral luxation combined with lateral instability of the talocrural joint in a dog and a cat.

Vet Comp Orthop Traumatol 2004; 17(1): 53-56

HUTTON, WC, FREEMAN, MA , SWANSON, SA

The forces exerted by the pads of the walking dog.

J Small Anim Pract 1969; 10: 71-77

INAUEN, R, KOCH, D , BASS, M

Arthrodesis of the tarsometatarsal joints in a cat with a two hole advanced locking plate system.

Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22(2): 166-169

ISENSEE, A, WITTE, F, SCHIESZLER, A, KRAUSE, A , MEYER-LINDENBERG, A
Anwendung eines Ilizarov-Ringfixateurs zur Behandlung einer Komplikation nach
offener Karpalgelenksabschlifffverletzung mit Luxation bei einem Hund.

Tierarztl Prax 2006; 34(K): 347-355

JAEGER, GH, MARCELLIN-LITTLE, DJ, DEPUY, V , LASCELLES, BD

Validity of goniometric joint measurements in cats.

Am J Vet Res 2007; 68(8): 822-826

JAEGER, GH, MARCELLIN-LITTLE, DJ , LEVINE, D

Reliability of goniometry in Labrador Retrievers.

Am J Vet Res 2002; 63(7): 979-986

JOHNSON, KA

An evaluation of bone healing in the canine carpal arthrodesis following compression
plating and autologous bone grafting

M. V. Sc. thesis, Sydney, 1979

JOHNSON, KA

Carpal arthrodesis in dogs.

Aust Vet J 1980; 56(12): 565-573

JOHNSON, KA

A radiographic study of the effects of autologous cancellous bone grafts on bone
healing after carpal arthrodesis in the dog.

Vet Radiol 1981; 22(4): 177-183

JOHNSON, KA. Partial carpal arthrodesis. 10th ESVOT Congress, 2000 München.
43-44.

JOHNSON, KA , BELLENGER, CR

The effects of autologous bone grafting on bone healing after carpal arthrodesis in the dog.

Vet Rec 1981; 107: 126-132

JOHNSON, KA, DEE, JF , PIERMATTEI, DL

Screw fixation of accessory carpal bone fractures in racing Greyhounds: 12 cases (1981-1986).

J Am Vet Med Assoc 1989; 194(11): 1618-1625

KAEHLER, B

Karpalgelenksarthrodese beim Hund. Eine experimentelle und klinisch prospektive Studie

Dr. med. vet., Berlin, Freie Universität Berlin, 2002

KAEHLER, B, WAIBL, H, KASSI, J-P, DUDA, G , BRUNNBERG, L

Partielle Karpalgelenksarthrodese beim Hund – eine biomechanische und klinisch prospektive Studie.

Kleintierprax 2002; 47(12): 709-724

KELLER, M 2002. Partial carpal arthrodesis. 2nd Continuing Education Course. Schweiz, Zürich.

KELLER, M, VOSS, K , MONTAVON, PM

Internal splinting of dorsal intertarsal and tarsometatarsal instabilities in dogs and cats with the ComPact UniLock 2.0/2.4TM System.

Vet Comp Orthop Traumatol 2004; 17(3): 125-130

KELLER, MA, VOSS, K , MONTAVON, PM

The ComPact UniLock 2.0/2.4 system and its clinical application in small animal orthopedics.

Vet Comp Orthop Traumatol 2005; 18(2): 83-93

KELLER, WG , CHAMBERS, JN

Antebrachial metacarpal arthrodesis for fusion of deranged carpal joints in two dogs.

J Am Vet Med Assoc 1989; 195(10): 1382-1384

KIRSCH, JA, DEJARDIN, LM, DECAMP, CE, MEYER, EG , HAUT, RC

Short Communications: Effect of an intramedullary pin on the mechanical properties of plate pantarsal arthrodesis: a comparative in vitro analysis in dogs, The Thirteenth Annual American College of Veterinary Surgeons Symposium to be held October 9-12, 2003, in Washington, DC.

Vet Surg 2003; 32(5): 489

KIRSCH, JA, DEJARDIN, LM, DECAMP, CE, MEYER, EG , HAUT, RC

In vitro mechanical evaluation on the use of an intramedullary pin-plate combination for pantarsal arthrodesis in dogs.

Am J Vet Res 2005; 66(1): 125-131

KLAUSE, SE, PIERMATTEI, DL , SCHWARZ, PD

Tarso-crural arthrodesis: complications and recommendations.

Vet Comp Orthop Traumatol 1989; 3(2): 119-124

KOSFELD, HU

Der totale Hüftgelenkersatz beim Hund - klinische, röntgenologische und ganganalytische Erhebungen in den Jahren 1983 bis 1993

Dissertation, München, Ludwig-Maximilians-Universität, 1996

KÖSTLIN, RG

Vorderfußwurzelgelenk.

In: SCHEBITZ, H (ed.) Operationen an Hund und Katze. 2. Aufl. Berlin: Blackwell; 1999.

KÖSTLIN, RG. Pancarpal arthrodesis - dorsal plate. 10th ESVOT Congress, 2000
München. 39-40.

KÖSTLIN, RG, MATIS, U , WAIBL, H
Zur Diagnostik und Therapie der Hyperextensionsverletzungen im Karpalgelenk
("Niederbruch") des Hundes.
Kleintierprax 1986; 31(3): 101-108

KRIEGSHEIM, AV
Eine retrospektive Studie über Gelenksluxationen der Gliedmaßen bei Hund und
Katze
Dissertation, Berlin, Freie Universität Berlin, 2001

ANGLEY-HOBBS, SJ. Arthrodesis principles. WVOC 2010, 2010 Bologna. 741-742.

ANGLEY-HOBBS, SJ, HAMILTON, M.H., PRATT, J.N.J.
Radiographic and clinical features of carpal varus associated with chronic sprain of
the lateral collateral ligament complex in 10 dogs.
Vet Comp Orthop Traumatol 2007; 4(20): 324-331

LENEHAN, TM , TARVIN, GB
Carpal accessorioulnar joint fusion in a dog.
J Am Vet Med Assoc 1989; 194(11): 1598-1600

LESSER, AS
Arthrodesis.
In: SLATTER, DH (ed.) Textbook of Small Animal Surgery. 3. Aufl. Philadelphia:
Elsevier Science; 2003.

LI, A, BENNETT, D, GIBBS, C, CARMICHAEL, S, GIBSON, N, OWEN, MR,
BUTTERWORTH, SJ , DENNY, HR
Radial carpal bone fractures in 15 dogs.
J Small Anim Pract 2000; 41(2): 74-79

LI, A, GIBSON, N, CARMICHAEL, S , BENNETT, D

Thirteen pancarpal arthrodeses using 2.7/3.5 mm hybrid dynamic compression plates.

Vet Comp Orthop Traumatol 1999; 12(7): 102-107

LIEBICH, HG , KÖNIG, HE

Verbindungen der Knochen der Schultergliedmaße, Vorder- oder Schultergliedmaßen, Verbindungen der Knochen der Beckengliedmaße, Hinter- oder Beckengliedmaßen.

In: LIEBICH, HG & KÖNIG, HE (eds.) Anatomie der Haussäugetiere. 4. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 2009.

LOTSIKAS, PJ , RADASCH, RM

A clinical evaluation of pancarpal arthrodesis in nine dogs using circular external skeletal fixation.

Vet Surg 2006; 35(5): 480-485

MACIAS, C, MCKEE, WM , MAY, C

Talocalcaneal luxation with plantar displacement of the head of the talus in a dog and a cat.

Vet Rec 2000; 147(26): 743-745

MARSHALL, WG, DEE, JF , SPENCER, CP

What is your diagnosis? Tarsometatarsal subluxation.

J Am Vet Med Assoc 2007; 231(12): 1809-1810

MATHEWS, KG, KOBLIK, PD, KNOECKEL, MJ, POOL, RR , FYFE, JC

Resolution of lameness associated with Scottish fold osteodystrophy following bilateral ostectomy and pantarsal arthrodeses: a case report.

J Am Anim Hosp Assoc 1995; 31(4): 280-288

MATIS, U , KÖSTLIN, RG

Sprunggelenk.

In: SCHEBITZ, H (ed.) Operationen an Hund und Katze. 2. Aufl. Berlin: Blackwell; 1999b.

MCCARTNEY, W, MACDONALD, B, COMISKEY, D , ROBERTSON, I

Pantarsal arthrodesis using a plantar plate: finite element analysis of plate position and preliminary results of four cases.

Intern J Appl Res Vet Med 2010; 8(1): 65-72

MCGILL, S, OWEN, MR, CORR, SA, BENNETT, D , CARMICHAEL, S.

Calcaneoquartal arthrodesis. 10th annual ESVOT Congress, March 23-26th, 2000 Munich, Germany. 45.

MCKEE, WM, MAY, C, MACIAS, C , LAPISH, JP

Pantarsal arthrodesis with a customised medial or lateral bone plate in 13 dogs.

Vet Rec 2004; 154(6): 165-170

MCKEE, WM , REYNOLDS, J

Ulnocarpal arthrodesis and limb lengthening for the management of radial agenesis in a dog.

J Small Anim Pract 2007; 48(10): 591-595

MCLENNAN, MJ

Ankylosis of tarsometatarsal luxations using external fixation.

J Small Anim Pract 2007; 48(9): 508-513

MICHAL, U

Healing process after carpal arthrodesis in the dog - a radiographic study

Dissertation, Zürich, Universität Zürich, 2005

MICHAL, U, FLUCKIGER, M , SCHMÖKEL, H

Healing of dorsal pancarpal arthrodesis in the dog.

J Small Anim Pract 2003; 44(3): 109-112

MILLER, A

Luxation of the radial carpal bone in four dogs.

J Small Anim Pract 1990; 31: 148-154

MONTGOMERY, RD, MILTON, JL, HATHCOCK, JT , FITCH, RB

Osteochondritis dissecans of the canine tarsal joint.

Compend Contin Educ Vet 1994; 16(7): 835-845

MOORE, RW , WITHROW, SJ

Arthrodesis.

Compend Contin Educ Vet 1981; 3(4): 319-330

MUIR, P , NORRIS, JL

Tarsometatarsal subluxation in dogs: partial arthrodesis by plate fixation.

J Am Anim Hosp Assoc 1999; 35(2): 155-162

MÜLLER-ROHRMOSER, K

Arthrodese des Karpal- und Tarsalgelenkes bei Hund und Katze.

Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1985 – 1996

Dissertation, München, Ludwig-Maximilians-Universität, 1997

NEWTON, CD

Arthrodesis of the Stifle, Tarsus, and Interphalangeal Joints.

In: NEWTON, CD & NUNAMAKER, DM (eds.) Textbook of Small Animal Orthopaedics. Philadelphia: Lippincott; 1985.

NICKEL, R, SCHUMMER, A , SEIFERLE, E

Knochen der Schultergliedmaße.

In: NICKEL, R, SCHUMMER, A & SEIFERLE, E (eds.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat. 8. Aufl. Berlin, Germany: Parey; 2001a.

NICKEL, R, SCHUMMER, A , SEIFERLE, E

Knochen der Beckengliedmaße.

In: NICKEL, R, SCHUMMER, A & SEIFERLE, E (eds.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat. 8. Aufl. Berlin, Germany: Parey; 2001b.

NICKEL, R, SCHUMMER, A , SEIFERLE, E

Verbindungen der Knochen der Schultergliedmaße.

In: NICKEL, R, SCHUMMER, A & SEIFERLE, E (eds.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat. 8. Aufl. Berlin, Germany: Parey; 2001c.

NICKEL, R, SCHUMMER, A , SEIFERLE, E

Verbindungen der Knochen der Beckengliedmaße.

In: NICKEL, R, SCHUMMER, A & SEIFERLE, E (eds.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat. 8. Aufl. Berlin, Germany: Parey; 2001d.

OFF, W , MATIS, U

Ganganalyse beim Hund. Teil 1: Dynamometrische und kinemetrische Meßverfahren und ihre Anwendung beim Tetrapoden.

Tierarztl Prax 1997; 25: 8-14

OKIN, R

Carpal arthrodesis in a cat with radial nerve damage.

Fel Pract 1982; 12: 18-20

OLSON, NC, MOSTOSKY, UV, FLO, GL , TVEDTEN, HW
Osteochondritis dissecans of the tarsocrural joint in three canine siblings.
J Am Vet Med Assoc 1980; 176(7): 635-637

OLSSON, SE
Osteochondrosis in the dog.
In: KIRK, RW (ed.) Current Vet Ther VI Philadelphia: Saunders; 1980.

OST, PC, DEE, JF, DEE, LG , HOHN, RB
Fractures of the calcaneus in racing greyhounds.
Vet Surg 1987; 16(1): 53-59

OZSOY, S , ALTUNATMAZ, K
Pancarpal and pantarsal arthrodesis applications using compression plates in dogs.
Vet Med (Praha) 2004; 49(4): 109-113

PALIERNE, S, DELBEKE, C, ASIMUS, E, MEYNAUD-COLLARD, P, MATHON, D,
ZAHRA, A , AUTEFAGE, A
A case of dorso-medial luxation of the radial carpal bone in a dog.
Vet Comp Orthop Traumatol 2008; 21(2): 171-176

PARK, J, CHO, KR, SUTRADHAR, BC, CHANG, D, CHOI, SH , KIM, G
Correction of congenital deformity of hind limbs of cat by femoro-tarsal arthrodesis: a
case report.
Vet Med (Praha) 2008; 53(8): 452-455

PARKER, RB, BROWN, SG , WIND, AP
Pancarpal arthrodesis in the dog: a review of forty-five cases.
Vet Surg 1981; 10(1): 35-43

PENWICK, RC
Arthrodesis.
Vet Clin North Am Small Anim Pract 1987; 17(4): 821-840

PENWICK, RC , CLARK, DM

A simple technique für tarsometatarsal arthrodesis in small animals.

J Am Anim Hosp Assoc 1988; 24: 183-188

PETAZZONI, M. Use of the fixin locking system for carpal and tarsal arthrodesis.

WVOC 2010, 2010 Italien, Bologna. 522-524.

PETAZZONI, M, PIRAS, A, JAEGER, GH , MARIONI, C

Correction of rotational deformity of the pes with external skeletal fixation in four dogs.

Vet Surg 2009; 38(4): 506-514

PIERMATTEI, DL, FLO, GL , DECAMP, CE

Fractures and other orthopedic conditions of the carpus, metacarpus, and phalanges.

In: PIERMATTEI, DL, FLO, GL & DECAMP, CE (eds.) Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. 4. Aufl. Philadelphia: Saunders; 2006.

PIERMATTEI, DL, GREELEY, RG , MATIS, U

Zugänge zum Skelettsystem von Hund und Katze, Atlas mit Operationsbeschreibung.

2. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 1996.

PITCHER, GD

Luxation of the radial carpal bone in a cat.

J Small Anim Pract 1996; 37: 292-295

PROBST, CW , MILLIS, DL

Carpus and digits.

In: SLATTER, DH (ed.) Textbook of Small Animal Surgery. 3. Aufl. Philadelphia: Saunders; 2003.

PUCHEU, B , DUHAUTOIS, B
Ulnocarpal arthrodesis in a cat.
J Small Anim Pract 2007; 48: 518-521

PUNZET, G
Luxation of the os carpi radiale in the dog - pathogenesis, symptoms, and treatment.
J Small Anim Pract 1974; 15: 751-756

RAHAL, SC, VOLPI, RS, CIANI, RB , VULCANO, LC
Use of the Ilizarov method of distraction osteogenesis for the treatment of radial hemimelia in a dog.
J Am Vet Med Assoc 2005; 226: 65-68

RAHAL, SC, VOLPI, RS, HETTE, K, TEIXEIRA NETO, FJ , VULCANO, LC
Arthrodesis tarsocrural or tarsometatarsal in 2 dogs using circular external skeletal fixator.
Can Vet J 2006; 47(9): 894-898

RALPHS, SC, BEALE, BS, WHITNEY, WO , LISKA, W
Idiopathic erosive polyarthritis in six dogs (description of the disease and treatment with bilateral pancarpal arthrodesis).
Vet Comp Orthop Traumatol 2000; 13(4): 191-196

ROBINSON, RO, HERZOG, W , NIGG, BM
Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry.
J Manipulative and Physiol Ther 1987; 10(4): 172-176

ROCH, SP, CLEMENTS, DN, MITCHELL, RAS, DOWNES, C, GEMMILL, TJ, MACIAS, C , MCKEE, WM
Complications following tarsal arthrodesis using bone plate fixation in dogs.
J Small Anim Pract 2008; 49(3): 117-126

ROY, WC

Examination of the canine locomotor system.

Vet Clin North Am Small Anim Pract 1971; 1(1): 53-70

SALOMON, FV

Bewegungsapparat.

In: SALOMON, FV, GEYER, H & GILLE, U (eds.) Anatomie für die Tiermedizin.
Stuttgart: Enke; 2005.

SCHULZ, K

Diseases of the joints.

In: FOSSUM, T, DUPREY, LP & O'CONNOR, D (eds.) Small Animal Surgery
Textbook. 3. Aufl. St. Louis: Mosby Elsevier; 2007.

SCRIMGEOUR, A, BRUCE, W, BRIDGES, J, WALSH, V, WORTH, A

Long-term outcomes after partial tarsal arthrodesis in working farm dogs in New Zealand.

N Z Vet J 2012; 60(1): 50-55

SEXTON, RL, HUROV, LI

Repair of carpometacarpal instability after radiocarpal arthrodesis in a dog.

J Am Vet Med Assoc 1978; 172(10): 1186-1189

SHALES, CJ, LANGLEY-HOBBS, S

Dorso-medial ante-brachiocarpal luxation with radio-ulna luxation in a domestic shorthair.

J Feline Med Surg 2006; 8(3): 197-202

SHANI, J, YESHURUN, Y, SHAHAR, R

Arthrodesis of the tarsometatarsal joint, using type II ESF with acrylic connecting bars in four dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 2006; 19(1): 61-63

SHIRES, PK, HULSE, DA , KEARNEY, MT
Carpal hyperextension in two-month-old pups.
J Am Vet Med Assoc 1985; 186(1): 49-52

SIMPSON, D , GOLDSMID, S
Pancarpal arthrodesis in a cat: a case report and anatomical study.
Vet Comp Orthop Traumatol 1994; 7: 45-50

SJÖSTRÖM, L , HAKASON, N
Traumatic injuries associated with the short collateral ligaments of the talocrural joint of the dog.
J Small Anim Pract 1994; 35: 163-168

SLOCUM, B , DEVINE, T
Partial carpal fusion in the dog.
J Am Vet Med Assoc 1982; 180(10): 1204-1208

SMITH, MM , SPAGNOLA, J
T-plate for middle carpal and carpometacarpal arthrodesis in a dog.
J Am Vet Med Assoc 1991; 199(2): 230-232

STREUBEL, R, MAKARA, M , GUERRERO, T
Medial radio-carpal arthrodesis in three cats with a 2.0 mm locking maxillofacial plate system.
Vet Comp Orthop Traumatol 2011b; 24(4): 294-298

SUMNER-SMITH, G , KUZMA, A
A technique for arthrodesis of the canine tarsocrural joint.
J Small Anim Pract 1989; 30(2): 65-67

THEORET, MC , MOENS, NM

The use of veterinary cuttable plates for carpal and tarsal arthrodesis in small dogs and cats.

Can Vet J 2007; 48(2): 165-168

TOMLIN, JL, PEAD, MJ, LANGLEY-HOBBS, SJ , MUIR, P

Radial carpal bone fracture in dogs.

J Am Anim Hosp Assoc 2001; 37(2): 173-178

TROUT, NJ

Karpale Hyperextensionsverletzungen beim Hund.

Waltham Foc 2001; 11(4): 18-23

UHTHOFF, HK , DUBUC, FL

Bone structure changes in the dog under rigid internal fixation.

Clin Orthop Relat Res 1971; 81: 165-170

VANNINI, R. Tarsal panarthrodesis. 10th annual ESVOT Congress, 2000 München.

47.

VANNINI, R. Complications of tarsal and carpal arthrodesis. 12th ESVOT Congress, 2004 München. 143-144.

VANNINI, R. Complication of tarsal and carpal arthrodesis. WVOC 2010, Italien, Bologna. 755-756.

VAUGHAN, LC

Disorders of the carpus in the dog. I.

Br Vet J 1985a; 141(4): 332-341

VAUGHAN, LC

Disorders of the carpus in the dog. II.

Br Vet J 1985b; 141(5): 435-446

VAUGHAN, LC

Disorders of the tarsus in the dog II.

Br Vet J 1987; 143: 498-505

VIGUIER, E, ZNATY, D , MEDELCI, M

In vitro comparison between a DCP and external fixator for pancarpal arthrodesis in the dog.

Equine Vet J Suppl 2001; Suppl 33: 32-35

VOLLMERHAUS, B, FREWEIN, J, ROOS, H , KNOSPE, C

Skelett, Gelenke.

In: FREWEIN, J & VOLLMERHAUS, B (eds.) Anatomie von Hund und Katze. Berlin: Blackwell; 1994.

VOSS, K 2003b. Intertarsal and tarsometatarsal luxation. 4th Continuing Education Course. Schweiz, Zürich.

VOSS, K, GEYER, H , MONTAVON, PM

Antebrachiocarpal luxation in a cat.

Vet Comp Orthop Traumatol 2003a; 16(4): 266-270

VOSS, K, IMHOF, J, KAESTNER, S , MONTAVON, PM

Force plate gait analysis at the walk and trot in dogs with low-grade hindlimb lameness.

Vet Comp Orthop Traumatol 2007; 20(4): 299-304

VOSS, K, LANGLEY-HOBBS, SJ , MONTAVON, PM

Carpal joint.

In: VOSS, K, LANGLEY-HOBBS, SJ & MONTAVON, PM (eds.) Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease. 1. Aufl. London: Saunders Elsevier; 2009.

WAIBL, H, MAYRHOFER, E, MATIS, U, BRUNNBERG, L, KÖSTLIN, RG
Schultergelenke.

In: WAIBL, H, MAYRHOFER, E, MATIS, U, BRUNNBERG, L & KÖSTLIN, R (eds.)
Atlas der Röntgenanatomie des Hundes. 1. Aufl. Berlin, Germany: Parey;
2003.

WELCH, JA

The tarsus and metatarsus.

In: SLATTER, DH (ed.) Textbook of Small Animal Surgery. 3. Aufl. Philadelphia:
Saunders; 2003.

WERNITZ, U

Knochen-, Band- und Gelenkkapselverletzungen im Bereich des Karpalgelenks beim
Hund

Dissertation, München, Ludwig-Maximilians-Universität München, 1987

WHITELOCK, RG

Conditions of the carpus in the dog.

In Pract 2001; Jan: 2-13

WHITELOCK, RG, DYCE, J, HOULTON, JE

Metacarpal fractures associated with pancarpal arthrodesis in dogs.

Vet Surg 1999; 28(1): 25-30

WHITELOCK, RG, HOULTON, JE. Pancarpal arthrodesis: Long term follow-up in 56
dogs. Clinical research Abstracts for the 1998 BSAVA Congress, 1998
Birmingham. 311.

WILKE, VL, ROBINSON, TM, DUELAND, RT

Intertarsal and tarsometatarsal arthrodesis using a plantar approach: a carpal
arthrodesis plate or dynamic compression plates: four arthrodeses in three
dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 2000; 13(1): 28-33

WILLER, RL, JOHNSON, KA, TURNER, TM , PIERMATTEI, DL

Partial carpal arthrodesis for third degree carpal sprains. A review of 45 carpi.

Vet Surg 1990; 19(5): 334-340

WININGER, FA, KAPATKIN, AS, RADIN, A, SHOFER, FS , SMITH, GK

Failure mode and bending moment of canine pancarpal arthrodesis constructs
stabilized with two different implant systems.

Vet Surg 2007; 36(8): 724-728

9 Danksagung

Herzlichst bedanken möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Prof. Dr. Dr. habil. R. Köstlin für die Überlassung des interessanten Themas, seine Unterstützung, Betreuung und große Geduld bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Dr. habil. U. Matis, ehemaliger Vorstand der Chirurgischen Tierklinik, für ihre großzügige Unterstützung und Bereitstellung aller nötigen Einrichtungen zur Anfertigung dieser Arbeit.

Ich danke ebenso insbesondere Frau Prof. Dr. A. Meyer-Lindenberg, Vorstand der Chirurgischen Tierklinik, für die Unterstützung und Förderung bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei Frau Dr. Stephanie Steigmeier, Chirurgische und Gynäkologische Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die wertvolle Betreuung und die umfassende wissenschaftliche Anleitung bedanken.

Weiterhin danke ich dem gesamten Team der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik für die freundliche Unterstützung.

Großer Dank gilt vor allem auch Camilo Seifert für seine unerschöpfliche Geduld und für die Durchsicht dieser Arbeit.

Schließlich und insbesondere möchte ich meinen Eltern danken, die mich während der gesamten Zeit der Anfertigung der Dissertation unterstützt und an mich geglaubt haben und durch ihre ständige Unterstützung mein Studium und somit diese Arbeit erst ermöglicht haben.