

Aus der Chirurgischen Tierklinik
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Dr. U. Matis

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

**Frakturen der langen Röhrenknochen
beim neugeborenen Kalb
- Behandlung und Ergebnisse -
(1986 - 2001)**

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

Vorgelegt von
Amelie Katrin Spieß
aus
Düren

München 2004

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle
Referent: Univ.-Prof. Dr. R. Köstlin
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. R. Mansfeld

Tag der Promotion: 23. Juli 2004

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Embryologie, Anatomie und Histologie der Röhrenknochen beim Rind	2
2.1.1	Embryologie	2
2.1.2	Anatomie	5
2.2	Fraktur und Frakturheilung	16
2.2.1	Primäre oder direkte Frakturheilung	16
2.2.2	Sekundäre oder indirekte Frakturheilung	17
2.2.3	Fraktureinteilungen	19
2.2.4	Frakturklassifikationen	21
2.2.5	Besonderheiten der Frakturheilung bei Jungtieren	23
2.3	Frakturen bei neugeborenen Kälbern	26
2.3.1	Alter, Rasse und Geschlecht	26
2.3.2	Ursachen	29
2.3.3	Frakturlokalisationen und Häufigkeiten	31
2.4	Behandlungen der Frakturen der langen Röhrenknochen	32
2.4.1	Frakturversorgungen und Ergebnis	32
2.5	Komplikationen	44
2.5.1	Allgemein	44
2.5.2	Ungenügender Halt von Implantaten	44
2.5.3	Infektion	45
2.5.4	Epiphysenfugenverletzung und Wachstumsstörungen	45
2.5.5	Refraktur	46
2.5.6	Heilung in Fehlstellung	47
3	Eigene Untersuchungen	48
3.1	Patienten und Methode	48
3.1.1	Patienten	48
3.1.2	Spezielle Untersuchung und Diagnosestellung	48
3.1.3	Frakturversorgung und postoperativer Verlauf	51
3.1.4	Statistische Analyse	55

3.2	Ergebnisse	56
3.2.1	Patienten	56
3.2.2	Ursachen	59
3.2.3	Lokalisation der Frakturen am Knochen	60
3.2.4	Nicht behandelte Tiere	63
3.2.5	Therapie	65
3.2.6	Begleiterkrankungen und Frakturheilung	80
3.2.7	Komplikationen	81
3.2.8	Pathologische Untersuchungen	88
3.2.9	Implantatentfernungen	90
3.2.10	Mittelfristige Ergebnisse	91
3.2.11	Spätuntersuchungen	98
4	Diskussion	103
4.1	Allgemein	103
4.2	Speziell	103
5	Zusammenfassung	122
6	Summary	124
7	Literaturverzeichnis	126

1 Einleitung

Im Zug der Rationalisierung in der Landwirtschaft nimmt die Zahl der Tiere zu, die Zahl der Arbeitskräfte jedoch und damit die Zeit, die für die Betreuung der Tiere bleibt, ab. Auch für die Überwachung und Leitung von Geburten steht nicht mehr ausreichend Zeit zur Verfügung. Häufig kalben die Kühe daher allein ab, oder die Geburt wird durch Zughilfe beschleunigt, in großen Herden auch durch wenig ausgebildete Personen (Zaremba, Guterbock et al. 1995).

Die assistierte Geburt ist bei neugeborenen Kälbern die häufigste Ursache für Frakturen (Tulleners, 1986, Elma, 1988, Nemeth, 1988, Ferguson et al., 1990, Köstlin et al., 1990, St.Jean et al., 1992b). Vorwiegend sind durch die oft ungeeigneten Maßnahmen die Metakarpal- und Metatarsalknochen, häufig aber auch das Os femoris betroffen (Ferguson et al., 1986, Köstlin et al., 1990, Ferguson, 1994). Neugeborene Kälber, die Frakturen erlitten haben, sind nicht einfach zu behandeln. Zudem sind sie meist noch am wenigsten wertvoll, so dass eine Behandlung oft gar nicht in Frage kommt. Viele der in der Literatur zu findenden Berichte über Frakturbehandlungen beschreiben eine kleine Anzahl von Kälbern.

In der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wurden Kälber mit solchen Frakturen in der Regel behandelt. Deswegen bot sich die Möglichkeit, retrospektiv 125 neugeborene Kälber mit Frakturen der langen Röhrenknochen zu untersuchen. Ziel dieser Arbeit war es, die Ursachen und die Art der Fraktur sowie die Möglichkeiten und Aussichten einer Behandlung zu ermitteln. Dafür wurde ein Zeitraum von 16 Jahren ausgewählt, die Klinikdokumente wurden ausgewertet, eigene Patienten behandelt und klinische, röntgenologische und telefonische Nachuntersuchungen durchgeführt.

2 Literaturübersicht

2.1 Embryologie, Anatomie und Histologie der Röhrenknochen beim Rind

2.1.1 Embryologie

2.1.1.1 Entwicklung und Wachstum des Stylo- und Zeugopodiums

Das Stylopodium bezeichnet das proximale Glied der Gliedmaßensäule der freien Schultergliedmaße (Oberarmbein) und der freien Beckengliedmaße (Oberschenkelbein). Als Zeugopodium wird das distale Glied der Gliedmaßensäule der Schultergliedmaße (Unterarm) und der Beckengliedmaße (Unterschenkel) bezeichnet (Frewein und Wilkens, 1992).

2.1.1.2 Chondrale Ossifikation

Während der embryonalen Entwicklungsphase formt ein knorpeliges Gerüst die Gestalt des gesamten Körpers und dient als Platzhalter für das sich später differenzierende Knochengewebe. Dieses Knorpelgerüst wird zum großen Teil wieder abgebaut und durch ein Knochengewebe ersetzt. Dieser Umbauvorgang wird als chondrale Ossifikation bezeichnet. Die chondrale Ossifikation setzt sich aus zwei Anteilen zusammen: Zum einen der perichondralen Ossifikation, die vor allem zum Dickenwachstum beiträgt, zum anderen der enchondralen Ossifikation, die hauptsächlich das Längenwachstum steuert. König und Liebich (1999) beschrieben die Vorgänge als nacheinander ablaufende Ereignisse (König und Liebich, 1999), wobei die perichondrale Ossifikation als Wegbereiter der enchondralen Ossifikation diente (Ellenberger und Baum, 1932, Getty, 1975, Starck, 1979, Hees und Sinowatz, 1992, Koch und Berg, 1992, Nickel et al., 1992, König und Liebich, 1999).

2.1.1.3 Perichondrale Ossifikation

Der beim Fetus das Stützgerüst bildende hyaline Knorpel wird, mit Ausnahme der sich später entwickelnden Gelenkflächen, von einem aus hyalinem Gewebe bestehenden Schlauch, dem Perichondrium, umgeben (Hees und Sinowatz, 1992). An der Innenseite des Perichondriums entstehen aus den Mesenchymzellen die Chondroblasten (Knorpelbildungszellen), die sich im Laufe der Zeit in Osteoblasten (Knochenbildungszellen) umwandeln. Osteoblasten scheiden eine kollagene Fasern enthaltende Grundsubstanz, das Osteoid, aus und differenzieren sich zu Knochenzellen (Osteozyten). Durch Einlagerung von Kalksalzen kommt es zur Festigung des Osteoids. Dadurch entsteht ein faserreicher Geflechtknochen. Dieser „unreife“ Geflechtknochen wird im Laufe der Entwicklung wieder abgebaut und durch lamellären Knochen ersetzt. Durch ständige Auflagerung von Knochensubstanz bildet sich eine die knorpelige Diaphyse umfassende perichondrale Knochenröhre, die bis in das Übergangsgebiet zwischen Diaphyse und Epiphyse hineinreicht. Diese Knochenröhre beeinflusst den Stoffwechsel des umschlossenen hyalinen Knorpels dahingehend, dass die Chondrozyten hypertrophieren, degenerieren und die Knorpelmatrix verkalkt.

Die Epiphysen bleiben zunächst für längere Zeit rein knorpelig. An ihnen fehlt die perichondrale Knochenbildung (Starck, 1979).

2.1.1.4 Enchondrale Ossifikation

Die enchondrale Ossifikation beginnt im mittleren Abschnitt des von Perichondrium umgebenen Diaphysenknorpels und setzt sich in Richtung auf die Epiphysen fort. Die aus dem Perichondrium kommenden Blutgefäße dringen durch die Lücken des Knochenmantels und liefern ein polyvalentes Zellmaterial, das nach Differenzierung in Chondroklasten einerseits den Knorpel auflöst, andererseits als Osteoblasten den Knochen aufbaut (Nickel et al., 1992). Die entstehenden Knochenbälkchen verbinden sich untereinander und erhalten Anschluss an die periphere Knochenmanschette (Hees und Sinowatz, 1992).

Durch die Zerstörung des Knorpels entsteht im zentralen Bereich der Diaphyse eine weitgehend knorpelfreie Höhle, die während der Embryonalzeit von einwachsenden

Blutgefäßen und Mesenchymzellen ausgefüllt wird. Dieser Raum wird als primäre Markhöhle bezeichnet und enthält das primäre Knochenmark (Nickel et al., 1992). Unter Auflösung des Knorpelgewebes dehnt sich die Markhöhle später bis an die Epiphysen heran aus (Starck, 1979). Mit dem Einsetzen der Blutbildung, beim Rinderfetus im fünften Trächtigkeitsmonat, entstehen aus den Mesenchymzellen sogenannte Retikulumzellen. Von diesem Zeitpunkt an spricht man von einer sekundären Markhöhle, die in dem feinmaschigen Spongiosanetz der Metaphysen lokalisiert ist (Hees und Sinowatz, 1992).

Zwischen Metaphyse und Epiphyse befindet sich ein Bereich, in dem die Knorpelzellen nicht durch Knochenzellen ersetzt werden, sondern sich teilen und somit das Längenwachstum des Knochens bewirken. Dieser Bereich wird als Wachstumszone oder -fuge bezeichnet.

Die Wachstumsfuge wird von Schenk (1978) funktionell in 3 Abteilungen eingeteilt: dem epiphysären und metaphysären Anteil sowie der Zone der Eröffnung (Schenk, 1978). Eine weitere Aufteilung in insgesamt fünf Zonen findet sich bei (Nickel et al., 1992), (Hees und Sinowatz, 1992) und (Liebich, 1993). Hier wird zwischen Reservezone, Proliferationszone, Zone des Säulenknorpels, Zone des Blasenknorpels und Eröffnungszone unterschieden.

In der Reservezone, von Schenk (1978) als epiphysärer Anteil der Wachstumszone bezeichnet, liegt die Schicht des ruhenden Knorpels, das Stratum germinativum. Hier liegen Chondrozyten in der für den hyalinen Knorpel charakteristischen Struktur und Anordnung (Liebich, 1993). Dieser Bereich beteiligt sich nicht am Längenwachstum, ist jedoch für die Verankerung der Knorpelfuge an der Epiphyse verantwortlich (Schenk, 1978).

Die der Ruhezone benachbarten Chondroblasten besitzen jedoch Proliferationspotenz und beginnen sich in Richtung der Markhöhle vermehrt zu teilen. Dieser Bereich wird als Proliferationszone bezeichnet. Durch die knöchernen Manschette begrenzt und dadurch wie in eine Form eingepasst, beginnen sich die Knorpelzellen in Längsrichtung „säulenartig“ auszurichten. Dementsprechend wird dieser Bereich als Zone des Säulenknorpels oder auch Pallisadenknorpels bezeichnet.

In dem metaphysären Anteil der Fuge findet eine Reifung der Knorpelzellen statt. Dabei geht zunehmend die Fähigkeit zur Zellteilung verloren. Durch Flüssigkeitsaufnahme und Proteoglykansynthese nehmen die Zellen an Größe und vor allem an Höhe um bis zum Dreifachen zu. Hierdurch wird der eigentliche Längenzuwachs ge-

leistet (Schenk, 1978). Der Bereich der großen Knorpelzellen wird als Zone des Blasenknorpels bezeichnet.

In der angrenzenden Eröffnungszone lösen zahlreiche Chondroklasten, die über Blutgefäße aus der Markhöhle bis an die Verknöcherungszone gelangen, die Knorpelsubstanz auf. Dabei bleiben zwischen den Knorpelzellsäulen längsgerichtete Reste bereits verkalkten Knorpels bestehen. Schenk (1978) teilt diese Zone morphologisch nicht mehr der Fuge selbst, sondern der Metaphyse zu (Schenk, 1978). Osteoblasten lagern sich an den stehengebliebenen verkalkten Knorpelresten an und scheiden Osteoid ab, das später verkalkt. Durch den kontinuierlichen Vorgang „schieben“ sich die Epiphysen von der Diaphyse weg, der Knochen wird länger (Ellenberger und Baum, 1932, Getty, 1975, Hees und Sinowatz, 1992, Koch und Berg, 1992, Nickel et al., 1992, König und Liebich, 1999).

2.1.2 Anatomie

Als lange Röhrenknochen werden das Oberarmbein (Humerus), die Unterarmknochen (ossa antebrachii; Radius und Ulna), das Oberschenkelbein (Os femoris) und die Unterschenkelknochen (ossa cruri, Tibia und Fibula) sowie die Vorder- (ossa metacarpalia) und Hintermittelfußknochen (ossa metatarsalia) aufgrund der röhrenförmigen Gestalt ihrer Diaphyse bezeichnet (Ellenberger und Baum, 1932, Getty, 1975, Dyce et al., 1991, Koch und Berg, 1992, Nickel et al., 1992, König und Liebich, 1999). Da sich diese Arbeit mit den Frakturen im Stylo- und Zeugopodium beschäftigt, werden die Metakarpal- und Metatarsalknochen in der weiteren Beschreibung nicht mit aufgeführt.

2.1.2.1 Aufbau der langen Röhrenknochen (ossa longa)

Jeder Röhrenknochen kann topographisch in fünf Abschnitte gegliedert werden. An den gelenknahen Knochenenden liegen die Epiphysen. Sie sind über die Epiphysenfugen mit den Metaphysen und der Diaphyse verbunden und besitzen teilweise Apophysen.

Die Epiphysen dienen der gelenkigen Verbindung mit einem anderen Knochen sowie der Anheftung von Sehnen und Bändern. Sie werden, mit Ausnahme der Gelenk-

knorpel an den Kontaktflächen der Gelenke, von einer dünnen kompakten Knochenrinde (*Substantia corticalis*) überzogen und von Spongiosa ausgefüllt (Koch und Berg, 1992).

Als Metaphyse bezeichnet man den zwischen Diaphyse und Epiphyse gelegenen Teil eines Röhrenknochens. Er reicht von der Epiphysenfuge bis zum Beginn der sichtbar werdenden *Substantia compacta* der Diaphyse. Da die Umbauvorgänge sich in der Metaphyse konzentrieren, wird sie auch als Längenwachstumszone bezeichnet. Sie besitzt nur eine sehr dünne *Substantia compacta*, aber viel *Substantia spongiosa*. Zwischen der proximalen und distalen Metaphyse befindet sich die Diaphyse. Die Kortikalis umgibt die Markhöhle als starker Knochenmantel und nimmt von der Mitte des Schaftes in Richtung der Metaphysen an Dicke ab (Getty, 1975). Diaphyse und Metaphyse werden von dem Periost umgeben.

2.1.2.1.1 Kortikalis (*Substantia compacta*)

Der aus kollagenen Fibrillen, Osteoid und Osteozyten bestehende Geflechtknochen wird während der Entwicklung in den eigentlichen Lamellenknochen umgebaut. Dieser Umbau beginnt bereits in der Embryonalzeit und ist mit dem zweiten bis fünften Lebensjahr abgeschlossen (Hees und Sinowatz, 1992).

Die feste Kortikalis gliedert sich in drei Schichten. Die äußere (subperiostale) und innere (endostale) Grundlamelle sind im Faserverlauf jeweils parallel zueinander und ringförmig um die mittlere lamelläre Schicht angeordnet.

Die Mittelschicht besteht aus Lamellen, die konzentrisch um einen zentral gelegenen Gefäßkanal, den Haversschen Kanal, angeordnet sind. Diese Speziallamellen liegen parallel zur Längsachse des Knochens. Sie enthalten in mineralisierte Knochen substanz eingemauerte Osteozyten, die mit feinen Zellausläufern Anastomosen zu anderen Osteozyten bilden. Dies ist für die Ernährung der Knochenzellen von großer Bedeutung, weil eine Diffusion durch die verkalkte Knochen substanz nicht möglich ist. Die Haversschen Kanäle sind durch waagrecht oder schräg orientierte Kanäle miteinander verbunden. Diese sogenannten Volkmannschen Kanäle verbinden die Haversschen Kanäle auch mit der Knochenoberfläche und gestatten so den Ästen der Periostgefäßen und vegetativen Nervenfasern den Eintritt in den Knochen (Getty, 1975).

In allen Lamellen finden sich kollagene Fasern in mehr oder weniger steilen Spiraltouren. Diese verleihen dem Knochengewebe einen hohen Grad an Druck-, Zugfestigkeit und Elastizität. In den benachbarten Lamellen ändert sich die Richtung der Spiraltouren, so dass eine größere mechanische Festigkeit gewährleistet ist.

Die Reste abgebauter Osteone liegen zwischen den Speziallamellen und werden als Schalt- oder Zwischenlamellen bezeichnet (Bucher, 1980, Hees und Sinowatz, 1992, Nickel et al., 1992). Die Kortikalis ist beim Neugeborenen im Vergleich zu der eines älteren Individuums aufgrund des sich noch verändernden histologischen Aufbaus dünner und biegsamer. Da der Knochen in utero noch nicht Zug und Belastung ausgesetzt war, besitzt er noch wenig Stärke (Ferguson et al., 1986, Chatre, 1995).

2.1.2.1.2 Spongiosa (Substantia spongiosa)

Die Epi- und Metaphyse der langen Röhrenknochen sind von spongiösem Knochen ausgefüllt. Die Knochenbälkchen sind in verschiedenen Richtungen so angeordnet, dass sie den Zug- und Druckbelastungen durch mechanische Beanspruchung entgegenwirken können. Ändern sich die Belastungsverhältnisse, so kommt es im Laufe der Zeit zum Umbau der Knochenbälkchen (Getty, 1975, Hees und Sinowatz, 1992). Auch im spongiösen Knochen ist ein lamellärer Aufbau vorhanden, aufgrund des Platzmangels jedoch weniger regelmäßig ausgebildet. Es entsteht vielmehr ein an einen Schwamm erinnerndes Gebilde, die Substantia spongiosa (Koch und Berg, 1992).

In den Zwischenräumen der Spongiosa befindet sich vor allem im jungen Organismus rotes Knochenmark. Das Hohlraumsystem der Spongiosa enthält zunehmend Fettmark und im hohen Alter Gallertmark (Nickel et al., 1992). Bei den Knochen der Neugeborenen ist das Verhältnis von spongiösem Knochen zu Kortikalis größer als beim ausgewachsenen Knochen (Ferguson et al., 1986).

2.1.2.1.3 Periost (Beinhaut)

Es werden zwei Schichten des Periosts unterschieden. Die äußere faserreiche Schicht, das Stratum fibrosum oder die Fibrosa, sendet kollagene Fasern in das Knochengewebe und verbindet so das Periost mit dem Knochen. Unter der Fibrosa befindet sich das locker gefügte Stratum germinativum, die Kambiumschicht. Sie ist

besonders reich an Blutgefäßen und sensiblen Nerven, die in den Knochen eindringen und ihn versorgen. Die sensiblen Nerven des Periosts begleiten das afferente Blutgefäßsystem und reagieren vor allem auf Druck und Zugbelastung (Getty, 1975). Während der Entwicklung des Knochens liefert die Kambiumschicht das polyvalente Zellmaterial, das für die Ossifikation verantwortlich ist. Am fertigen Knochen sind dort laut (Nickel et al., 1992) morphologisch keine Knochenbildner mehr nachzuweisen. Die Zellen behalten jedoch zeitlebens die Fähigkeit, im Bedarfsfall, z.B. bei einem Knochenbruch, neues Knochengewebe zu bilden (Nickel et al., 1992). Getty (1975) bezeichnet das Periost als spezialisiertes Bindegewebe mit osteogenetischem Potential, das während des Wachstums gut entwickelt ist, mit dem Älterwerden jedoch abnimmt (Getty, 1975). Das Periost verhält sich wie ein fibroelastischer Schlauch, der durch das Längenwachstum ständig gedehnt wird. Dieser Schlauch ist nur schwach an der Diaphyse befestigt. Auch die Haftung im metaphysären Bereich des Knochens ist gering. Im Bereich des perichondralen Ringes der proximalen und distalen Epiphysenfuge ist das Periost jedoch fest verankert (Lacroix, 1951, Shapiro et al., 1977, Houghton und Rooker, 1979). Dort ist das Stratum fibrosum besonders dick, und die Kollagenfaserbündel zeigen einen lamellären Verlauf (Tonna, 1974). Der perichondrale Ring umgibt die Wachstumsfuge und besteht aus kollagenen Fasern, die zirkulär, vertikal und schräg in die Matrix der Epiphysenfuge einstrahlen. Fibroblasten und Faserbündel gehen in das Stratum fibrosum des Periosts über und bilden eine Art Abdeckung der Wachstumsfuge (Deppermann et al., 1989). Einige der Fasern verschmelzen mit dem Perichondrium, andere inserieren am knöchernen Epiphysenkern. Die Prominenz des perichondralen Ringes zu Beginn des Skelettwachstums beim Menschen bietet dem Periost mehr Raum für den Ansatz seiner fibrösen Fasern, so dass die Stabilität durch eine Art „Zuggurtung“ fester werden kann (Shapiro et al., 1977, Dallek et al., 1983). Auf diese Weise wird die Dehnung des Periosts beim Längenwachstum als Zug auf die Epiphysen übertragen und fest an die Metaphysen angeheftet (Deppermann et al., 1989). Mit zunehmendem Alter wird der perichondrale Komplex schmaler und die Haftmöglichkeiten für das Periost reduzieren sich (Shapiro et al., 1977, Dallek et al., 1983). Deppermann et al. (1989) untersuchten an Radius- und Ulnaepiphysenfugen von 72 Kaninchen die biomechanische Bedeutung des Periosts für die Epiphysenfuge. Sie fanden, dass die Stabilität des epimetaphysären Überganges in jeder Altersgruppe durch das Periost beträchtlich erhöht wird, und zwar bei jüngeren Tieren ausgeprägter als bei älteren

(Deppermann et al., 1989). Chatre (1995) beschrieb das jugendliche Periost als einen sich wie einen weichen Umschlag um den Knochen legenden Schlauch, der diesen vor Frakturen während der Geburt schützen soll (Chatre, 1995). Aufgrund der aktiven, das Knochenmaterial liefernden Kambiumschicht ist das Periost bei Jungtieren vergleichsweise dicker als beim ausgewachsenen Individuum. Bei Kälbern ist es bei intakter Blutgefäßversorgung sehr reaktiv und fähig, innerhalb weniger Tage fibröses Gewebe, den Kallus, zu produzieren. Dieses Gewebe wächst und mineralisiert schnell und bildet eine stabile Struktur (Brookes, 1971, Rand et al., 1981).

2.1.2.1.4 Blutgefäßversorgung eines Röhrenknochens

Die arterielle Blutgefäßversorgung der Diaphyse eines langen Röhrenknochens erfolgt durch die Arteria nutritia. Neben den eigenen Gefäßen für die Metaphysen bestehen ebenfalls eigene Gefäße für die Epiphysen (Macnab und DeHaas, 1974, Rhinelander, 1974).

Die Arteria nutritia durchquert den diaphysären Kortex ohne Abgabe von Verzweigungen und zieht in den Markraum. Dort bildet sie ein Gefäßknäuel, teilt sich in ascendierende und descendierende Äste und bildet Anastomosen mit den metaphysären Gefäßen. Dieser so entstehende Komplex wird als medulläres Blutgefäßsystem bezeichnet und bildet den Anschluss des Knochenmarks an das Blutgefäßsystem. Das medulläre Gefäßnetz stellt die Hauptversorgung der endostal liegenden zweidrittel bis dreiviertel der Kortikalis sicher, wogegen der verbleibende äußere Anteil durch das periostale Gefäßnetz ernährt wird. (Brookes, 1967, Rhinelander, 1968, Macnab und DeHaas, 1974). Die Arteria nutritia ist an der Versorgung der Kortikalis der Diaphyse zu zwei Dritteln, an der der Metaphysen zu jeweils einem Drittel beteiligt (Shim, 1968). Das metaphysäre Gefäßsystem endet mit Kapillaren in der Schicht, in der die enchondrale Ossifikation stattfindet, und ernährt die dort liegenden Zellen (Salter und Harris, 1963). Die periostalen Gefäße treten an Stellen kräftiger Faszien- und Bandanheftungen der Diaphyse in den Kortex ein und bilden dort Verzweigungen. Ausläufer dringen über die Volkmannschen Kanäle in die Haversschen Kanäle ein und sorgen für die Perfusion der äußeren Kortikalisanteile (Gautier und Perren, 1992). Entsprechend (Rhinelander, 1968) verläuft der Blutfluss in zentrifugaler Strömungsrichtung, vom medullären Gefäßsystem zu den periostalen Gefäßen. Beide

Blutgefäßanteile anastomosieren innerhalb der Kortikalis miteinander (Rhineland, 1968). Wichtiger als der Beitrag zur arteriellen Kortikalisperfusion scheint der Beitrag des Periosts zum venösen Abfluss aus der Kortikalis zu sein (Gautier und Perren, 1992).

Mit dem Auftreten von Epi- und Apophysen werden deren Ossifikationszentren über mehrere eigene Gefäße versorgt, wobei das Gefäßnetz im Bereich der Epiphysen wesentlich dichter als in der Diaphyse ist. Injektionsstudien demonstrierten zwei separate, ernährende Blutgefäßsysteme der Epiphysenfuge (Trueta und Morgan, 1960), das epiphysäre und das metaphysäre System. Die epiphysären Gefäße stammen von gelenknahen Gefäßen und versorgen Spongiosa und Knochenmark an den Knochenenden. Diese Gefäße enden als kapilläre Verzweigungen in der Reservezone der Wachstumszone und dienen der Ernährung der proliferierenden Knorpelzellen über Diffusion (Getty, 1975, Nickel et al., 1992). Nach Schenk (1978) ist eine Möglichkeit der Verbindung von epiphysären und metaphysären Gefäßen noch nicht restlos geklärt (Schenk, 1978). Durch eine dreidimensionale Darstellung des Gefäßsystems der Wachstumsfugen im Elektronenmikroskop konnte Draenert (1995) zeigen, dass im Säuglingsalter keine Verbindungen zwischen metaphysären und epiphysären Gefäßen durch die Wachstumsfuge hindurch bestehen. Ebenso widerlegten sie die Vorstellung eines epiphysären Arteriengefäßsystems der Wachstumsfuge. Im Bereich der Wachstumszone besteht demnach ein metaphysär zentrifugal ausgerichtetes, arterielles Durchströmungssystem, welches einem venösen Drainagesystem auf der epiphysären Seite gegenübersteht (Draenert und Draenert, 1995).

2.1.2.1.5 Verknöcherungskerne (Ossifikationszentren)

Die Verknöcherung der langen Röhrenknochen geht in der Regel von drei Ossifikationszentren, auch Hauptverknöcherungspunkten genannt, aus. Diese sind die als Diaphysenkern und Epiphysenkerne bezeichneten Verkalkungszonen. Die Reihenfolge des zeitlichen Auftretens der Kerne richtet sich nach der Größe der Skelettelemente. Somit erscheint der Kern der Diaphysen vor denen der Epiphysen (Getty, 1975, Starck, 1979, Hees und Sinowatz, 1992, Koch und Berg, 1992, Nickel et al., 1992, König und Liebich, 1999). Zu den Hauptverknöcherungspunkten treten noch mehrere Nebenkerne hinzu; aus diesen Ossifikationszentren entstehen Knochenfort-

sätze (Koch und Berg, 1992). Beim Wiederkäuer sind zum Zeitpunkt der Geburt wie bei allen Nestflüchtern nahezu alle Knochenkerne vorhanden (König und Liebich, 1999).

2.1.2.1.6 Epiphysen und Apophysen

Epiphysen sind für das Knochenwachstum, den Bau des Gelenkes und für den Ansatz von Muskeln und Bändern verantwortlich. Salter und Harris unterscheiden zwei Formen einer Epiphyse: die Druckepiphyse und die Zugepiphyse (Salter und Harris, 1963).

Druckepiphysen sind Epiphysen des Röhrenknochens, die durch das anliegende Gelenk dauerndem Druck ausgesetzt sind. Mit dem Größerwerden der sich verknöchernden Epiphysenkerne wird der Knorpel zwischen ihnen und der knöchernen Diaphyse bis auf eine schmale Platte, den Epiphysenfugenknorpel, auch als Epiphysenfugenscheibe zu bezeichnen (Hees und Sinowatz, 1992), eingeschmolzen. Sie setzt sich gegen die Diaphyse als Verkalkungszone ab (Salter und Harris, 1963).

Zugepiphysen besitzen dagegen keine Gelenkoberfläche und beteiligen sich nicht am Längenwachstum. Sie sind Ursprung oder Ansatz von Muskeln oder deren Sehnen und daher ständigem Zug ausgesetzt. Epiphysen, die ständigem Zug ausgesetzt sind, werden auch als Apophysen bezeichnet (Salter und Harris, 1963). Die Apophysen verschmelzen später mit den Hauptknochenkernen (Hefti et al., 1991).

2.1.2.1.7 Epiphysenfugen der langen Röhrenknochen des Kalbes

2.1.2.1.7.1 Epiphysenfugen des Humerus

Am proximalen Ende des Humerus eines Kalbes können zwei Epiphysenlinien bzw. drei Ossifikationskerne unterschieden werden. Eine Linie separiert die proximale Epiphyse, die andere das Tuberculum majus von der Diaphyse des Humerus.

Auch an der distalen Epiphyse sind beim Kalb radiologisch drei Epiphysenlinien erkennbar. Der mediale und laterale Epikondylus stellen sich separiert dar. Anatomische Untersuchungen zeigten, dass der laterale Epikondylus einen gemeinsamen Knochenkern mit der Diaphyse hat (Burt et al., 1968). Durch in-vivo-Markierungen mit Oxytetracyclinhydrochlorid wurde Knorpel zwischen dem lateralen Epikondylus und der Diaphyse des Humerus festgestellt. Dies wurde als Beweis eines eigenen Knochenkernes gedeutet (MacCallum et al., 1970).

2.1.2.1.7.2 Epiphysenfugen von Radius und Ulna

Der Radius weist proximal und distal je eine Epiphysenfuge auf. Die proximale Wachstumszone ist beim Kalb nach einem Monat post partum noch nicht vollständig verknöchert und weist im Röntgenbild medial einen strahlendurchlässigen Bereich auf. Die distale Epiphysenfuge ist vorwiegend für das Längenwachstum zuständig (Burt et al., 1968).

Der Ellbogenhöcker, das Olekranon, besitzt ein eigenes Ossifikationszentrum und entspricht an der Ulna der proximalen Epiphyse. Da er hauptsächlich dem Muskelzug ausgesetzt ist, handelt es sich bei dem Olekranon um eine Apophyse (Salter und Harris, 1963). Der Processus styloideus ulnae besitzt ebenfalls einen eigenen Knochenkern und bildet die distale Epiphyse. Die distale Epiphyse verschmilzt beim Rind später mit der Diaphyse der Ulna (Burt et al., 1968).

2.1.2.1.7.3 Epiphysenfugen des Os femoris

Das proximale Ende des Os femoris zeigt drei Ossifikationskerne (Burt et al., 1968). Daraus entwickeln sich die proximale Epiphyse am Os-femoris-Kopf, die Diaphyse

und der Trochanter major. Die Tetrazyklinmarkierung zeigte zudem eine knorpelige Verbindung zwischen Os-femoris-Schaft und Trochanter minor (MacCallum et al., 1970). Distal am Os femoris ist ebenfalls eine Epiphysenfuge vorhanden. Die Patella besitzt einen eigenen Knochenkern (MacCallum et al., 1970, Ghetie, 1971).

2.1.2.1.7.4 Epiphysenfugen der Tibia

An der Tibia werden im proximalen Bereich drei Ossifikationskerne mit zwei Fugen beschrieben. Dies sind die der proximalen Epiphyse, die der Diaphyse und der der auch als Apophyse zu bezeichnenden Tuberositas tibiae. Distal an der Tibia ist im Röntgenbild neben einer Epiphysenfuge der laterale Malleolus mit eigenem Ossifikationskern erkennbar. Er ist als distales Ende der Fibula aufzufassen und artikuliert mit Tibia, Talus und Kalkaneus (Burt et al., 1968).

2.1.2.2 Schluss der Epiphysenfugen

Der physiologische Schluss jeder einzelnen Fuge ist hormonell und genetisch festgelegt. Er erfolgt abhängig von Tierspezies und anatomischer Lokalisation sowie Haltung und Fütterung zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Rasse und Geschlecht sind weitere beeinflussende Faktoren. Einige Epiphysenfugen männlicher Tiere schließen zu einem späteren Zeitpunkt als die entsprechender weiblicher Tiere (Rajtova, 1974). Der Verknöcherungsbeginn tritt bei Rindern nicht regelmäßig im Zentrum einer Epiphysenfuge auf. Er kann in einigen Fällen im medialen, jedoch nicht im lateralen Epiphysenfugendrittel beobachtet werden. Die medialen Abschnitte der Epiphysenfugenscheiben sind meist stärker belastet (Dämmrich, 1981).

Mit dem Abschluss des Längenwachstums wird die Teilungsgeschwindigkeit der Knorpelzellen geringer. Der von Seiten der Diaphyse und Epiphyse erfolgende chondroklastische Abbau schreitet fort und holt schließlich das Knorpelwachstum ein. Kapillaren sprießen immer weiter epiphysenwärts ein und unter forcierter Gefäßinvasion finden die Gefäße beider Systeme Anschluss aneinander. Der Fugenknorpel verschwindet unter knöcherner Verschmelzung von Diaphyse und Epiphyse, wenn die einsprossenden Kapillaren den Kern der Epiphyse erreicht haben. Die Verwachsungsstelle bleibt histologisch zeitlebens als Epiphysennaht erkennbar (Getty, 1975,

Starck, 1979, Hees und Sinowatz, 1992, Nickel et al., 1992, König und Liebich, 1999).

Da Knorpel im Gegensatz zu Knochen eine geringere Strahlendichte aufweist, erscheinen diese Bereiche röntgenologisch als Lücken, bis das Wachstum abgeschlossen ist. Knorpelige Bereiche dürfen nicht als Frakturen fehlinterpretiert werden (Greenough et al., 1972). Gerade im Hinblick auf Interpretationen von Röntgenaufnahmen von Jungtieren ist es wichtig, die Zeiträume des Fugenschlusses zu kennen (MacCallum et al., 1970, Diesem et al., 1971, Getty, 1975). Die vollständige Verknöcherung der Patella ist beim Rind mit 3,5 Jahren abgeschlossen (Greenough et al., 1972).

Tab. 2.1: Verschmelzung der Ossifikationskerne (Epiphysenfugenschluss) beim Rind post natum, in Monaten (Ghetie 1971; Greenough et al. 1972; Oishi et al. 1972)

	Ghetie (1971)		Greenough (1972)		Oishi et al. (1996)	
	proximal	distal	proximal	distal	distal (nur Antebrachium)	
Humerus	42	15 - 18	42 - 48	15 - 20	Beginn	Schluss
Radius	12 - 18	42 - 48	12 - 15	42 - 48	10	28 - 30
Ulna	42 - 48	42 - 48	42 - 48	42 - 48	30	35 - 37
Os femoris	36	42	42	42 - 48		
Tibia	42	15 - 20	42 - 48	24 - 30		

2.1.2.3 Zeitraum der Epiphysenfugenentwicklung

Die Entwicklung der Knochenreifung stellten Oishi et al. (1996) anhand von 1634 Black Beef Kälbern im Alter von 0 bis 37 Monaten dar (Oishi et al., 1996). Die Tiere waren beiderlei Geschlechts und wurden sowohl im Stall als auch auf der Weide gehalten und später zur Mast oder Zucht eingesetzt. Die distalen Epiphysenfugen von Radius, Ulna und Metakarpus sowie der proximalen Phalanx und der Fuge des

Tuber calcanei wurden dazu einmal im Monat röntgenologisch dargestellt. Es wurden mehrere Stadien von Beginn des Fugenschlusses bis zum Abschluss unterschieden, wobei sich die Autoren an einer für Menschen aufgestellten Einteilung von Owada und Sutow (1953) mit 11 verschiedenen Stadien (0 - 10) orientierten (Owada und Sutow, 1953) (Tab. 2.2).

Tab. 2.2: Stadien des Epiphysenfugenschlusses beim Menschen (Owada und Sutow 1953)

Stadium	Röntgenologische Darstellung der Epiphyse
0	Keine Epiphyse sichtbar
1	Kleine runde Epiphyse erscheint
2	Differenzierung und größer werdende Epiphyse
3	Beginn der charakteristischen Differenzierung einer Epiphyse
4	Erscheinen einer charakteristischen Kontur der Epiphyse, schmaler als die Metaphyse
5	Epiphyse und Metaphyse sind gleich breit
6	Epiphyse überragt Metaphyse („capping“)
7	Partielle Verschmelzung zwischen Epi- und Metaphyse
8	Verschmelzung über 50 %
9	Verschmelzung vollständig, schmale Knorpellinie noch sichtbar
10	Schluss der Epiphysenfuge

Bei den distalen Epiphysenfugen von Radius und Ulna, wurden je acht Stadien der Knochenreife unterschieden. Da Kälber bei der Geburt im Gegensatz zum Menschen bereits alle Knochenkerne aufweisen, begann die Beschreibung der distalen Epiphysenfuge des Radius im dritten Stadium. Die Fusion der Epiphysenfuge, als achttes Stadium bezeichnet, wurde mit zehn Monaten festgestellt. Den Schluss der Epiphysenfuge legten sie zwischen dem 28. - 30. Lebensmonat fest. Die Entwicklung der distalen Epiphyse der Ulna war bei der Geburt noch nicht so weit fortgeschritten wie die des Radius und wurde in das Stadium zwei der Entwicklung eingeordnet. Das als „capping“ bezeichnete Übertreten der Metaphyse durch die Epiphyse im Stadium sechs wurde an der Ulna nicht beobachtet. Die Fusion der Epiphysenfuge begann in dieser Untersuchung mit dem 30. Lebensmonat des Kalbes und war zwischen dem 35. bis 37. Monat abgeschlossen (Tab. 2.1).

In der Untersuchung wurden keine Unterschiede in der Entwicklung bezüglich Geschlecht, Aufzucht und Belastung festgestellt. Es wurde herausgefunden, dass die

Entwicklungskurve in den ersten fünf Lebensmonaten sehr steil verlief. Dagegen war die Geschwindigkeit der Entwicklung nach zehn Monaten viel langsamer (Oishi et al., 1996).

2.2 Fraktur und Frakturheilung

2.2.1 Primäre oder direkte Frakturheilung

Die primäre oder direkte Knochenheilung wird auch als kortikale Heilung bezeichnet. Voraussetzung hierfür ist, dass die Bruchflächen absolut korrekt zueinander liegen, unter Druck reponiert wurden und kaum Bewegung gegeneinander haben. Bei den in Kontaktheilung und Spaltheilung unterschiedenen Formen tritt keine Kallusbildung auf (Rahn, 1982, Schebitz et al., 1993).

Die Kontaktheilung wird durch die longitudinal gerichteten Osteone getragen. Sie wird durch osteoklastischen Abbau unter Bildung eines Resorptionskanals eingeleitet. Von den dort eindringenden Osteoblasten geht eine Apposition neuer Knochenlamellen aus, die den Resorptionskanal konzentrisch bis zum endgültigen Kaliber eines Haversschen Kanals einengt. Voraussetzung für die Kontaktheilung ist ein kongruenter Flächenkontakt. Selbst nach makroskopisch einwandfreier Reposition ist es jedoch nicht möglich, einen histologisch einwandfreien Kontakt herzustellen. Schon kleinste Instabilitäten an einer durch Kompressionsosteosynthese versorgten Fraktur führen zu Mikrobewegungen, welche die Heilung verzögern oder aufzuhalten im Stande sind (Schenk und Willenegger, 1977).

Eine Spaltheilung findet statt, wenn unter stabilen Bedingungen weniger als ein Millimeter große Spalten vorhanden sind. Sie ist durch einen zweiphasigen Konsolidierungsprozess gekennzeichnet. Zunächst sprossen Kapillaren aus Periost, Endost oder Haversschen Kanälen in den Spalt und liefern die sich zu Osteoblasten entwickelnden Zellen. Die Osteoblasten bilden ein aus Faserknochen bestehendes Trabekelgerüst, dessen Maschen später durch Lamellenknochen ausgefüllt werden. Der gebildete Lamellarknochen erlangt erst später durch Umformung – das „Remodelling“ – wieder den ursprünglichen Aufbau (Schenk und Willenegger, 1977, Schenk, 1978, Rahn, 1982, Schebitz et al., 1993).

2.2.2 Sekundäre oder indirekte Frakturheilung

Die sekundäre oder indirekte Frakturheilung unterscheidet sich von der primären oder direkten Frakturheilung durch die Ausbildung eines vorübergehenden stabilisierenden Gewebes - den Fixationskallus -, der die Fragmentenden zunächst miteinander verbindet und dann in Knochengewebe umgebaut wird. Die gebildete Kallusmenge ist abhängig von dem Ausmaß der Bewegung, dem der Frakturspalt ausgesetzt ist. Je größer die Instabilität ist, desto größer wird der den Knochen umgebende Umfang des Kallusgewebes (Ferguson et al., 1986, Frost, 1989, Hulse, 1992, Perren, 1992).

2.2.2.1 Stadien der indirekten Frakturheilung

Im Heilungsverlauf einer Fraktur ersetzen unterschiedliche Gewebe mit ansteigender Stabilität einander. Es handelt sich um verschiedene Gewebe: Das Frakturhämatom, das Granulationsgewebe, der bindegewebige Kallus, der mineralisierte Kallus, der Geflechtknochen, der eigentliche remodellierte Knochen.

Das initiale Frakturhämatom entsteht als Folge der Verletzung von Blutgefäßen. Es dient als Quelle für Zellen des Granulationsgewebes und verbindet mit Hilfe von Fibrinfäden die Frakturrenden. Das Granulationsgewebe (soft callus) bildet sich innerhalb von zwei Wochen (Frost, 1989). Die Fibrinfäden des Hämatoms dienen den Kapillarsprossen des Granulationsgewebes als Leitschienen. Als Keimlager für die Granulationsgewebsbildung dient das Mesenchym des Markraumes (endostaler Kallus), der Haversschen Kanäle (kortikaler Kallus), des Periosts (periostaler Kallus) und das den Knochen umgebende Gewebe (parossaler Kallus) (Schebitz et al., 1993).

Die Entwicklung von Granulationsgewebe zu faserigem Bindegewebe oder Faserknorpel steht in Abhängigkeit von der umgebenden Situation der Blutversorgung. An Stellen, an denen die Blutversorgung gesichert ist, wie in der Peripherie des äußeren Kallus, bildet sich Fasergewebe. Wenn jedoch die Blutversorgung limitiert ist, wie dies im Zentrum des Kallus der Fall ist, differenziert sich das Granulationsgewebe zu Knorpelgewebe (Hulse, 1992).

Blenmann et al. (1989) stellten fest, dass hydrostatischer Druck, wie er im Frakturspalt angetroffen wird, zur Knorpelbildung (Chondrogenese) führt. Zugkräfte, wie sie in der Umgebung des Frakturspalt angetroffen wurden, führten dagegen zur Fa-

sergewebsbildung (Fibrogenese). Bei geringem Zug und Druck führte eine gute Gewebedurchblutung zur Osteogenese, eine schlechte Blutversorgung zur Chondrogenese (Blenmann et al., 1989).

Die Mineralisation des mit Kollagenfasern durchzogenen Bindegewebes erfolgt bei Faserknorpel von den Fragmentenden her in Richtung zum Zentrum des Frakturspaltes. Die Mineralisierung des faserigen Bindegewebes erfolgt zwischen den Fasern. Der mineralisierte Kallus ist aufgrund seiner Kalziumeinlagerung nach ungefähr drei Wochen röntgenologisch darstellbar (Frost, 1989).

Bei der Frakturheilung wird durch enchondrale Ossifikation, ähnlich der fetalen Knochenbildung und dem postnatalen Knochenwachstum, mineralisierter Knorpel zunächst durch Geflechtknochen ersetzt. Die Architektur dieses Geflechtknochens richtet sich entlang der neu eingesprossenen Kapillaren aus. Diese orientieren sich in ihrem Verlauf an den herrschenden Zug- und Druckkräften. Später wird dieser Geflechtknochen durch lamellären Knochen ersetzt.

Beim Wiederaufbau des Knochens gehen die resorptiven Vorgänge dem lamellären Knochenanbau zeitlich voran, was zwangsläufig zu einer temporären Osteoporose führt (Gautier und Perren, 1992). Der Kallus in der Markhöhle wird abgebaut und die Höhle wieder hergestellt.

Durch das Remodelling formen sich die Oberflächen von Kortikalis, Endost und Periost wieder entsprechend. Im Gegensatz zu Erwachsenen kann diese Modellierung bei Kindern komplett erfolgen (Frost, 1989). Immaturer Knochen reagiert auf Belastung schneller als maturaer Knochen und modelliert daher schneller (Chamay, 1972). Auch nach (Gautier und Perren, 1992) sind Strukturanpassungen durch Belastung der Kortikalis fast nur bei Kindern zu beobachten, da die Kortikalis im Gegensatz zu der sich schnell regenerierenden Spongiosa langsamer und schwerfälliger ist.

Bei Kindern werden knöcherne Deformationen durch Knochenresorption auf der konvexen Seite und Zufügung auf der konkaven Seite korrigiert. Eine Verkürzung kann durch epiphyseales Wachstum bei Kindern unter 12 Jahren ausgeglichen werden (Osterwalder et al., 1978). Eine Rotation des Knochens durch Frakturheilung kann jedoch in keinem Fall kompensiert werden (Rahn, 1982).

Die periostalen GefäÙe durchlaufen im Fall einer Fraktur eine Funktionsänderung. Obwohl sie unter physiologischen Bedingungen kaum für die Versorgung der Kortikalis verantwortlich sind, dringen sie unter diesen Bedingungen in die Kortikalis und in

die Markhöhle ein und stellen so die endosteale Blutversorgung bis zum Frakturspalt wieder her. Dadurch kann endostealer Kallus direkt an der Frakturlinie und in deren Umgebung produziert werden.

Das vitale Periost beginnt zu hypertrophieren und den Frakturspalt abzudichten. Durch diese Abdichtung wird ein Einwandern von Bindegewebszellen aus dem umliegenden Weichteilgewebe in den Frakturspalt verhindert. Durch die Bindegewebszellen würden die Frakturrenden nicht mit Kallusgewebe, sondern durch wenig stabiles Narbengewebe miteinander verbunden (Macnab und DeHaas, 1974). Das besonders aktive Periost ist hauptverantwortlich für die schnelle Frakturheilung bei Jungtieren (Ferguson, 1982, Watkins, 1991).

2.2.3 Fraktуреinteilungen

Entsprechend der Ursache der Fraktur kann zwischen pathologischer und traumatischer Fraktur sowie dem Ermüdungsbruch unterschieden werden. Die traumatische Fraktur entsteht durch eine direkte oder indirekte Gewalteinwirkung. Die pathologische Fraktur kann bereits bei einer physiologischen Beanspruchung entstehen und resultiert aus einer reduzierten Festigkeit des Knochens als Folge einer krankhaften Veränderung im Sinne einer Neoplasie, Zyste oder Usur. Die Ermüdungsfraktur nimmt eine Zwischenstellung der beiden Frakturursachen ein und entsteht durch wiederholte geringe Traumen oder Überbelastungen, welche zu einem ungewissen Zeitpunkt bei einer physiologischen Belastung von einer nicht klinisch auffälligen Fissur zu einem Bruch führen (Brinker, W et al., 1993, Schebitz et al., 1993).

Frakturen werden von Crawford und Fretz (1985) als einfach bezeichnet, wenn sie nicht offen oder gesplittert sind (Crawford und Fretz, 1985). Unger et al. (1990) charakterisieren einfache Frakturen als zirkumferente Zusammenhangstrennung des Knochens (Unger et al., 1990). Ein zusätzlich bestehender Knochendefekt darf nicht größer als ein Drittel des Knochendurchmessers sein.

Bei den Frakturformen kann zwischen vollständiger und unvollständiger Fraktur unterschieden werden. Bei der vollständigen Fraktur stehen die Fragmente in keinem kontinuierlichen Zusammenhang mehr. Bei einer Schafffraktur werden beschreibende Termini entsprechend dem Verlauf der Bruchspalten benutzt. Dementsprechend werden Querfrakturen, Schrägfrakturen mit Aussprengung oder Fissurlinie, Spiralfrakturen, Stückfrakturen, Splitterfrakturen und Trümmerfrakturen unterschieden.

Querfrakturen durchziehen den Knochen im rechten Winkel oder in einem Winkel unter 30° zu seiner Längsachse. Schrägfrakturen kreuzen den Knochen in einem Winkel über 30° (Unger et al., 1990). Spiralfrakturen sind Schrägfrakturen und entstehen durch gewaltsame Drehung des Knochens bei einem festgestellten Ende. Der Spiralbruch hat spitze Bruchenden und oft ein rautenförmig ausgesprengtes Knochenstück (Schebitz et al., 1993). Bei einer Stückfraktur kann durch Reposition ein Kontakt zwischen den zuvor vollständig separierten Hauptfragmenten hergestellt werden; bei einer Splitter- oder Trümmerfraktur ist dies dagegen nicht mehr möglich. Eine unvollständige Fraktur ist als partielle Zusammenhangstrennung des Knochens definiert. Auch die Fraktur eines von einem als paarige Knochen auftretenden Röhrenknochens wie Radius und Ulna wird als unvollständige Fraktur bezeichnet. Bei den unvollständigen Frakturen werden die Fissur, die Impressionsfraktur, der Einknickungsbruch und die Stauchungsfraktur unterschieden. Bei der Fissur bestehen ein oder mehrere feine Risse in der Kortikalis, das Periost ist jedoch gewöhnlich noch intakt. Die Impressionsfraktur kommt häufig bei platten Schädelknochen oder als Einbruch der Knochenendplatte einer Gelenkfläche in die epiphysäre Spongiosa vor. Zu den Einknickungsbrüchen wird die Grünholzfraktur gerechnet, bei der eine Seite des Knochens gebrochen, die andere Seite nur verbogen ist. Grünholzfrakturen treten bei jungen, noch wachsenden Tieren auf. Bei Stauchungsfrakturen (Gomphosis) wird das Gewebe der Metaphyse, seltener das der Epiphyse, ineinandergestaucht. Die Gomphosis tritt außer an den langen Röhrenknochen an den Wirbelkörpern auf. Gelenkfrakturen können in unikondyläre, bikondyläre oder suprakondyläre Frakturen unterteilt werden. Bikondyläre Frakturen werden je nach Form als Y- oder T-Frakturen bezeichnet und separieren den durchbrochenen Gelenkknorpel vollständig von der Diaphyse. Extraartikulär sind Frakturen, die nicht die Oberfläche des Gelenkknorpels betreffen, aber intrakapsulär liegen können (Unger et al., 1990, Brinker, WO et al., 1993, Schebitz et al., 1993).

Entsprechend der Arbeitsgruppe Osteosynthesefragen (AO) werden alle Frakturen, bei denen die Haut beschädigt wurde und somit zwischen dem Knochen und der Außenwelt eine Verbindung besteht, als offene Frakturen bezeichnet. Sie werden in drei weitere Formen unterteilt. Wenn die Haut durch das von innen einspießende Frakturstück geschädigt wurde, handelt es sich um eine offene Fraktur ersten Grades. Bei offenen Frakturen zweiten und dritten Grades entstand der Hautdefekt bereits durch das den Knochenbruch verursachende externe Trauma und führt bei der offenen

Fraktur dritten Grades neben einer Hautläsion zu schweren, unreinen Weichteilschädigungen im umgebenden Gewebe (Crawford und Fretz, 1985).

2.2.4 Frakturklassifikationen

Klassifikationssysteme, die auf einer großen Anzahl von Frakturmustern basieren, wurden für den Menschen erstellt. Diese Systeme sind hilfreich für die Wahl der Behandlung und der Prognose für die Heilung. Obwohl solche Systeme auch in der Tiermedizin erstellt wurden, werden sie nicht allgemein benutzt (Prieur et al., 1990, Unger et al., 1990).

Unger et al. (1990) entwarfen ein alphanumerisches Codesystem für die Klassifikation der Frakturen der langen Röhrenknochen bei Hund und Katze. Die Beurteilung leitet sich von der Klassifikation der Arbeitsgruppe Osteosynthesefragen (AO/ ASIF) für Frakturen bei Menschen ab. Die ersten beiden von insgesamt vier Zeichen des Codes beschreiben die Lokalisation, das dritte und vierte die Morphologie der Fraktur. Die erste Ziffer beschreibt den frakturierten Knochen in kraniokaudaler und proximodistaler Richtung. So steht 1 für Humerus, 2 für Radius und Ulna, 3 für Os femoris, 4 für Tibia und Fibula. Die folgende Ziffer beschreibt das betroffene Segment: 1 proximal, 2 diaphysär und 3 distal. Die Segmente wurden für jeden Knochen definiert und beschrieben. Die Beschreibung der Frakturmorphologie beruhte auf der Unterscheidung von den drei Frakturformen A, B und C, die anhand einer weiteren Differenzierung durch eine Zahl von eins bis drei die ansteigende Komplexität und entsprechend die Schwierigkeit der Reposition widerspiegelt (Unger et al., 1990).

Steiner et al. (1993a) wendeten für Frakturen langer Röhrenknochen des Rindes ein modifiziertes Klassifikationssystem desjenigen von Unger (1990) an. Die erste Zahl beschreibt in gleicher Reihenfolge den langen Röhrenknochen. Die folgende Ziffer entspricht der Einteilung der Lokalisation von proximal, diaphysär und distal. Die Buchstaben beschreiben eine einfache oder extraartikuläre (A), eine Stück- oder unikonkondyläre (B) sowie eine Trümmer- oder bikondyläre Fraktur (C) (Steiner et al., 1993).

Für Epiphysenverletzungen finden sich in der Humanmedizin viele Einteilungen (Aitken, 1936, Salter und Harris, 1963, Morscher, 1977, Von Laer, 1981). Aitken (1936) unterteilte die Verletzungen in drei Typen, die von Salter (1963) später analog als Typen zwei, drei und vier bezeichnet wurden (Aitken, 1936). Salter und Harris

(1963) schlugen insgesamt fünf Typen vor. Die Einteilung erfolgte entsprechend dem Mechanismus der Verletzung und dem Verhältnis der Frakturlinie zur Wachstumszone. Typ I zeigt eine transversale durchgehende Lösung der Epiphyse von der Metaphyse. Bei Typ II handelt es sich ebenfalls um eine Epiphysenlösung, die unterschiedlich weit reicht und sich als Frakturlinie in die Metaphyse fortsetzt. Die Prognose für beide Formen der Epiphysenlösungen ist in Bezug auf das weitere Wachstum des Knochens nach Reposition gut, solange die Blutversorgung der Epiphyse nicht unterbrochen wurde und der Knorpel über der Epiphyse intakt ist. Typ III der Einteilung zeigt eine intraartikuläre Fraktur, die sich vom Gelenk in die Epiphysenfuge und von da weiter transversal zum Knochenrand zieht. Typ IV beginnt gleichfalls im Gelenk, durchquert die Epiphysenfuge und zieht in die Metaphyse. Die beiden letztgenannten Typen müssen offen reponiert werden. Bei Typ V handelt es sich um eine nach einem Trauma entstandene isolierte Quetschverletzung des Wachstumsknorpels; sie führt zur Teilnekrose und hat via knöcherner Ausheilung einen partiellen oder vollständigen vorzeitigen Verschluss der Fuge zur Folge (Salter und Harris, 1963).

Laut Morscher (1977) gibt bei Einwirkung von Druckkräften auf einen wachsenden Knochen primär das Knochengewebe, bei Einwirkung von Zug- und Scherkräften hingegen das Knorpelgewebe nach (Morscher, 1977). Zug- und Scherkräfte bewirken in der Regel Epiphysenlösungen, die sich in den metaphysenwärts gelegenen Zonen der Wachstumsfuge vollziehen und deshalb nur ausnahmsweise und nie primär zu Wachstumsstörungen führen. Lokalisiert auf eine Epiphyse auftreffende Druckkräfte sind in der Lage, eine mechanische Schädigung der Germinativzone der Wachstumsfuge und damit eine Wachstumsstörung zu provozieren. Sie führen zu Epiphysenfrakturen (Morscher, 1977). Das von Salter und Harris (1963) als Typ V bezeichnete Fugentrauma wurde in seiner Klassifikation als die primär nicht diagnostizierbare Verletzung bezeichnet (Von Laer, 1981).

2.2.5 Besonderheiten der Frakturheilung bei Jungtieren

2.2.5.1 Allgemeines

Die Frakturheilung verläuft bei Jungtieren schneller als bei ausgewachsenen Tieren, da das Periost bei ihnen noch aktiver und die Formung des Knochens noch im Gange ist. Dadurch ist kaum die „Totzeit“ beim erwachsenen Tier zu überbrücken, in der sich Knochenzellen entwickeln und die Blutversorgung sich vermehrt etablieren muss, damit der Heilungsprozess eingeleitet werden kann (Watkins, 1991, Bramlage, 1993). Jungtiere haben zudem die Fähigkeit, eine enorme Menge Kallus zu produzieren (Tulleners, 1986a). Bestimmte Gegebenheiten, wie das Abstreifen des Periosts, ein schlechter Immunstatus und zusätzliche Erkrankungen, können jedoch die schnelle Frakturheilung beeinträchtigen.

2.2.5.2 Abstreifen des Periosts

Vor allem bei Frakturen, die erst nach mehreren Tagen versorgt werden, ist die Ablösung des Periosts ausgeprägter als bei frischen Knochenbrüchen. Versuche, das Periost über der Fraktur nach interner Fixation wieder zu befestigen, schlugen meist fehl (Macnab und DeHaas, 1974, Ferguson, 1985a, Ferguson et al., 1990). Das aktive, dicke Periost übernimmt, wie bereits erläutert, eine wichtige Rolle in der Ernährung des Knochens und der Frakturheilung bei Neugeborenen. Bei einer Fraktur des Jungtieres ist das Abstreifen des Periosts von seiner knöchernen Unterlage häufig aufgrund des Auseinandergleitens der Fragmentenden anzutreffen und mindert die Heilungschancen. Das Periost ist unter allen Umständen zu schonen (Chatre, 1995).

2.2.5.3 Immunstatus (Kolostrum)

Der Immunstatus des Kalbes ist wichtig, damit die Möglichkeit einer Infektion während der Frakturheilung gering gehalten wird. Die Menge und der Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme nach der Geburt sind für die Überlebensfähigkeit des Tieres sehr wichtig (Ferguson et al., 1990, St.Jean et al., 1992a, St.Jean et al., 1992b, St.Jean und DeBowes, 1992).

Untersuchungen über den Einfluss der Zughilfe bei geburtshilflichem Eingreifen auf den Gesundheitszustand des Kalbes in der peri- und postnatalen Phase ließen einen erheblichen Einfluss auf Mortalität und Morbidität der Kälber in den ersten 60 Tagen post natum erkennen. Diese erhöhte Erkrankungs- und Sterblichkeitsrate steht laut (Zaremba et al., 1995) im Zusammenhang mit einem Gesamtproteingehalt, der bei extrahierten Kälbern signifikant geringer ist als bei spontan geborenen Tieren. Sie führen das gehäufte Auftreten eines Immunglobulinmangels darauf zurück, dass durch verstärkte Zughilfe entwickelte Kälber zu einem hohen Prozentsatz eine Asphyxie erleiden (Zaremba et al., 1995).

Bedingt durch einen herabgesetzten oder fehlenden Saug- und Schluckreflex ist bei asphyktischen Kälbern meistens die Kolostrumaufnahme in den ersten Lebensstunden gestört (Eigenmann, 1981). Die Erfassung des Immunstatus des Kalbes durch Information oder Labormethoden ist prognostisch wichtig (Ferguson et al., 1986).

2.2.5.4 Zusätzliche Erkrankungen

Asphyxiebedingte Gewebeläsionen im Bereich von Lunge und Darm können für die Anfälligkeit gegenüber postnatalen und postoperativen Infektionen verantwortlich gemacht werden. Wahrscheinlich beeinflusst auch der Stress einer Schweregeburt die Effektivität des Immunsystems negativ (Zaremba et al., 1995). Wenn das Neugeborene außer der Fraktur zusätzliche Erkrankungen wie eine Pneumonie oder eine Diarrhoe aufweist, verringern sich die Überlebenschancen des Tieres um 50 % (Ferguson et al., 1990). Auch durch das Vorhandensein einer Nabelentzündung steigt die Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Infektion (St.Jean et al., 1992a). Einer der prognostisch aussagekräftigsten Parameter für die Überlebenschance des Kalbes ist das Fehlen von zusätzlichen Erkrankungen (Ferguson et al., 1986). Wenn Kälber mit zusätzlichen Traumen wie Rippenfrakturen, Unterkieferfrakturen, anderen gebrochenen Gliedmaßen oder schwerwiegendem Weichteiltrauma vorgestellt werden, ist die Prognose als infaust zu stellen (Ferguson et al., 1990).

2.2.5.5 Wachstumsstörungen der Epiphysenfuge

Die Richtung der enchondralen Knochenbildung ist von Druck- und Zugkräften abhängig. Nur unter gleichmäßigem Druck kommt es zu Längenwachstum. Sind die Fugen ungleichmäßigem Druck ausgesetzt, kommt es auf der Seite der verminderten Belastung zur Stimulation, auf der Seite der vermehrten Belastung zur Hemmung der Wachstumsvorgänge (Pauwels, 1958).

Bei einer Störung kann das Längenwachstum entweder vermehrt oder vermindert sein, je nachdem, ob es zur Stimulation oder zur Hemmung der für das Längenwachstum verantwortlichen Epiphysenfuge gekommen ist. Wenn die ganze Fuge gleichmäßig betroffen ist, so wird die Wachstumsrichtung nicht beeinflusst, und es kommt entweder zu Verlängerung oder Verkürzung. Ist hingegen nur ein Teil der Fuge betroffen, so wird die Wachstumsrichtung, je nachdem ob die Fuge stimuliert oder gehemmt wird, unterschiedlich beeinflusst (Jani und Morscher, 1977).

Kontinuierliche Zugkräfte können das Wachstum der betroffenen Fuge stimulieren, gleichzeitig kommt es jedoch zu einer Wachstumshemmung der Fuge am anderen Knochenende (Wilson- MacDonald et al., 1990). Wenn es durch umliegende oder die Fuge direkt betreffende Prozesse zur vermehrten Durchblutung der epiphysären Gefäße und damit zur Funktionssteigerung des Wachstumsknorpels kommt, ist eine Stimulation der Epiphysenfuge zu erwarten (Hefti et al., 1991).

2.3 Frakturen bei neugeborenen Kälbern

2.3.1 Alter, Rasse und Geschlecht

Hickman (1957) erwähnte das **Alter** bei der Behandlung von 13 Rindern mit Frakturen der langen Röhrenknochen. Davon waren fünf Kälber unter einem Monat alt (Hickman, 1957). Bei Hamilton (1978) wurden 29 Kälber mit einer proximalen Epiphysenfugenlösung des Os femoris vorgestellt. Erste Lahmheitserscheinungen der betroffenen Gliedmaße waren bei 13 Kälbern bereits am Tag der Geburt und bei sieben anderen Tieren innerhalb der ersten Woche festgestellt worden (Hamilton et al., 1978).

Tab. 2.3: Alter von Rindern bei der Frakturentstehung

Autor	n < 1 Monat	n < 1 Jahr	n > 1 Jahr	Gesamt
Hickman (1957)	5	7	1	13
Hamilton (1978)	20	9	-	29
Hamilton (1980)	3	-	-	3
Kahrs (1983)*	42 (32,3%)	52 (40,0%)	36 (27,7%)	130
Adams (1983)	1	5	9	15
Crawford (1985)	52 (43,0%)	40 (33,0%)	29 (24,0%)	121
Elma (1988)*	67 (36,4 %)	57 (31,0 %)	60 (32,6 %)	184
Denny (1988)	8	9	7	24
St. Jean (1992)	12	-	-	12
Chatre (1995)	23	1	-	24
Gesamt	233 (42,0%)	180 (32,4%)	142 (25,6%)	555

* berichtete über Frakturen aller Knochen beim Rind

Untersuchungsergebnisse über Gliedmaßenfrakturen beim Rind und deren Therapie erhob Kahrs (1983). Das Alter von 130 Patienten mit Gliedmaßenfrakturen lag bei 42 Tieren (32,3 %) unter einem Monat (Kahrs, 1983).

In einer Untersuchung über Frakturen der langen Röhrenknochen bei Rindern von Crawford (1985) wurden 121 Rinder mit Frakturen der langen Röhrenknochen vorgestellt. Davon entstanden 52 in einem Alter unter einem Monat (Crawford und Fretz, 1985).

In einer retrospektiven Untersuchung über Frakturen beim Rind von Elma (1988) waren Frakturen bei neugeborenen Kälbern häufig vertreten. Von den untersuchten 184 Rinderpatienten waren 60 (32,7 %) jünger als eine Woche. Dabei betrug der Anteil der einen Tag alten Kälber 22 (12 %), der zwei Tage alten 15 (8,2 %) der drei Tage alten Kälber 11 (6 %) und der vier bis sieben Tage alten Kälber 12 (6,5 %) (Elma, 1988).

St. Jean et al. (1992a) berichteten über zwölf Kälber, die sie wegen Os-femoris-Frakturen operativ versorgten. Davon waren zehn Kälber unter einer Woche alt (83,3 %) (St.Jean et al., 1992a) (Tab.2.3).

In der Untersuchung von Hamilton et al. (1978) war das häufige Betroffensein von stark bemuskelten, schnell wachsenden **Rassen** ein Hinweis für eine größere Wahrscheinlichkeit einer Schweregeburt. Von 28 Tieren gehörten 27 den Fleischrassen Charolais, Maine-Anjou und Simmental an. Unter 77 jungen Kälbern mit Frakturen des Os femoris waren 26 Charolais, 25 Simmental, 8 Maine-Anjou, 7 Holstein, 4 Hereford und 7 weitere nicht beschriebene Rassen vertreten (Hamilton et al., 1978). Jedoch kamen insgesamt verschiedene Rassen vor, auch Angus, Braunvieh, Shorthorn, die nicht unbedingt zu den Fleischrassen gehören (Hamilton und Tulleners, 1980, Adams und Fessler, 1983, Elma, 1988).

Auch für Ferguson et al. (1986) war der aussagekräftigste Hinweis in Bezug auf Raserverteilung, dass 100 % der Os-femoris-Frakturen bei Maine-Anjou-Rindern mit der Geburt in Zusammenhang zu bringen waren (Ferguson et al., 1986). Bei Martens et al. (1998), die Tibiafrakturen untersuchten, stammten 83 % der Rinder aus der Rasse weißblaue Belgier (Martens et al., 1998).

Die **Geschlechterverteilung** gibt Tabelle 2.4 wieder. In der vorliegenden Literatur waren meist die weiblichen Kälber häufiger vertreten als die männlichen (Hickman, 1957, Hamilton et al., 1978, Adams und Fessler, 1983, Kahrs, 1983).

Obwohl Stierkälber üblicherweise ein höheres Geburtsgewicht aufweisen als weibliche Kälber und es dabei öfter zu assistierten Geburten kommt, war die Verteilung von weiblichen und männlichen Kälbern mit Os-femoris-Frakturen in der Untersuchung von Ferguson (1986) gleich groß. Er vermutete daher noch andere Faktoren als die Körpergröße, die zu einer vermehrten Häufigkeit von Frakturen des Os femoris führen könnten (Ferguson et al., 1986).

Tab. 2.4: Geschlechterverteilung der mit Frakturen eingelieferten Tiere

Autor	männlich	weiblich	Gesamt
Hickman (1957)	5	8	13
Hamilton (1978)	10	19	29
Kahrs (1983)	34 (25,2%)	101 (74,8%)	135
Adams (1983)	8	7	15
Elma (1988)	25	23	48
St. Jean (1992)	7	5	12
Gesamt	89 (35,3%)	163 (64,7%)	252

Die Geschlechterverteilung der 48 Kälber mit Frakturen der langen Röhrenknochen waren bei Elma (1988) 23 weibliche zu 25 männlichen Tieren (Elma, 1988). Bei St. Jean (1992) wurden sieben männliche und fünf weibliche Tiere erwähnt (St.Jean et al., 1992a) (Tab. 2.4).

2.3.2 Ursachen

2.3.2.1 Allgemeines

Der gewaltsame Auszug bei der assistierten Geburt war nach den meisten Autoren bei neugeborenen Kälbern die häufigste Ursache für Frakturen (Tulleners, 1986a, Elma, 1988, Nemeth, 1988, Ferguson et al., 1990, Köstlin et al., 1990, St.Jean et al., 1992a). Ab dem Zeitpunkt der Trächtigkeitsdiagnose bis zum Brennen der Kälber erfolgten die meisten Kälberverluste (60 %) durch Schweregeburten (Young und Blair, 1974). Die Kraft, die durch manuelle Zughilfe ausgeübt wird, ist bis zu viermal stärker als die beim natürlichen Kalben. Bei Einsatz eines mechanischen Geburtshelfers verstärkt sich die Kraft noch einmal um bis zu 50 % (Hindson, 1978). Unkontrollierte Zugkraft, die entgegen dem physiologischen Geburtsablauf oder zur Überwindung von Geburtshemmnissen eingesetzt wird, muss Schäden verursachen (Hindson, 1978, Rüsse, M. et al., 1978, Ferguson et al., 1986, Rüsse, I. und Sinowatz, 1991).

Konermann (1963) stellte nach Prüfung des „HK-Geburtshelfers“ fest, dass dieser wie viele mechanische Hilfsmittel in der Tiergeburtshilfe aus medizinischen und wirtschaftlichen Gründen sowie aus Gründen des Tierschutzes abgelehnt werden muss (Konermann, 1963). Wenn sich das Kalb in Hinterendlage befand, bedeutete der Geburtshelfer sowohl für die Kuh als auch für das Kalb ein großes Risiko. Bei einer Hinterendlage erfolgt eine Zughilfe früher und häufiger als bei Vorderendlage. Auch sind die Maßnahmen der Ersten Hilfe für die Kälber oftmals intensiver. Sie können zu weiteren Verletzungen und Frakturen führen (De Kruif, 1995, Kalbe und Schulz, 2000). Jedoch auch durch Tierärzte ausgeführte und mit geringer Kraftaufwendung vorgenommene Geburtshilfe führte zu Frakturen (Ferguson, 1982).

Jeder Zug an der Frucht beeinflusst den Geburtsablauf. Mickelsen (1976) schilderte das Hängenbleiben des Fetus während der Zughilfe. Er vermutete jedoch ein Verketten des Knies des Kalbes mit dem inneren ventralen Beckenring der Mutter. Dieses Vorkommen wird im englischen Sprachgebrauch als „stifle lock“ bezeichnet. Dabei wird das Kreuzbein des Fetus gegen den dorsalen Beckenrand der Kuh gepresst und die Austreibung stockt (Mickelsen, 1976). Anhand biomechanischer Versuche mit Femora neugeborener Kälber konnte Ferguson (1994) nachweisen, dass das Verketten des Kalbes im Geburtskanal (stifle lock) eine Ursache für die Fraktur des distalen Os femorisschaftes darstellt (Ferguson, 1994).

Auch eine kongenitale Osteogenesis imperfecta kann zu Frakturen prädisponieren (Jensen et al., 1976). In der Literatur werden Zusammenhänge zwischen einer transplazentaren Infektion mit dem BVD-Virus und einer durch Störung der Osteoklastentätigkeit veränderten Knochenstruktur beschrieben. Die Knochen dieser Tiere besitzen eine nur geringe Festigkeit und sind dadurch anfälliger für Frakturen (Goedegebuure SA et al., 1981, Constable et al., 1993, Scruggs et al., 1995, Hilbe et al., 2000).

2.3.2.2 Spezielles

Tab. 2.5: Ursachen der in der Literatur beschriebenen 175 Frakturen langer Röhrenknochen

Autor	Geburtshilfe	Mutterkuh	Traumata	unbekannt	Gesamt
Fretz (1973)	1	1			2
Hamilton (1978)	20			9	29
Ferguson (1986)	37			40	77
Elma (1988)	17	3	7	18	45
Kirker-Head (1989)	1				1
Ashworth (1990)	5				5
St Jean (1992)	8		4		12
St.Jean (1992)		1			1
St.Jean (1992)		1	1	1	3
Gesamt	89 (50,9%)	6 (3,4%)	12 (6,8%)	68 (38,9%)	175

Von insgesamt 175 in der Literatur beschriebenen Frakturen bei Kälbern entstanden 89 (50,9 %) Frakturen durch Geburtshilfe. Darunter waren eine Fraktur des Antebrachiums, 80 Frakturen des Os femoris und acht Frakturen der Tibia. Sechs Frakturen kamen nach einem Tritt der Mutterkuh zustande. Andere zugefügte Traumata waren in zwölf (6,8 %) Fällen beschrieben. Als Frakturursache unbekannter Genese wurden 68 (38,9 %) Fälle bezeichnet. Davon waren vier Humerusfrakturen, vier Frakturen des Antebrachiums, 54 Os-femoris- und sechs Tibiafrakturen (Tab. 2.5).

2.3.3 Frakturlokalisationen und -häufigkeiten

Beim neugeborenen Kalb liegt die Os-femoris-Fraktur in der Häufigkeit des Auftretens an zweiter Stelle nach dem Os metacarpale und Os metatarsale (Ferguson et al., 1986). Ferguson (1994) unterteilte die Häufigkeit der Frakturlokalisationen des Os femoris in zwei Hauptkategorien. Dies waren zum einen Frakturen mit Beteiligung der proximalen Wachstumsfuge, wobei es sich meist um eine Salter-Harris-Fraktur Typ I handelte. Diese in der englischen Literatur als Slipped Capital Femoral Epiphysis (SCFE) bezeichnete Epiphysenfugenlösung wurde von Hamilton (1978) an 28 Kälbern untersucht (Hamilton et al., 1978). Die proximale Epiphysenfraktur des Os femoris tritt häufig bilateral auf (Tulleners, 1986b). Die andere häufig gesehene Lokalisation der Os-femoris-Fraktur des immaturren Knochens lag am distalen Os-femoris-Schaft und wurde meist am diaphysär-metaphysären Übergang angetroffen (Ferguson, 1994). Der Knochen geht an dieser Stelle von lamellärem Aufbau der Diaphyse in den geflechtartigen und mehr spongiösen Knochen der Metaphyse über. Durch das Aufeinandertreffen zweier Knochentypen ist die Widerstandskraft dort gegenüber einwirkenden Kräften geringer als an anderen Stellen. Auch bei experimentellen biomechanischen Versuchen an Os-femoris-Präparaten von neugeborenen Kälbern war dies die am häufigsten vorkommende Frakturlokalisation (Ferguson et al., 1986). Die häufigste Lokalisation der Os-femoris-Fraktur liegt auch nach Crawford und Fretz (1985) in der mittleren bis distalen Diaphyse sowie der proximalen Epiphyse (Crawford und Fretz, 1985, St.Jean et al., 1992a). In einer retrospektiven Studie mit 77 Os-femoris-Frakturen war das Vorkommen der Frakturen der linken Beckengliedmaße häufiger (61%) als das der rechten (Ferguson et al., 1990). Die häufigste Frakturlokalisation der Tibia lag bei Kälbern in der proximalen Metaphyse, in der Nähe des Epiphysenfugenknorpels (Chatre, 1995). Tibiafrakturen

sind häufig gesplitterte, geschlossene Frakturen (Ferguson, 1982). Radius- und Ulna-Frakturen werden ebenso wie Os-femoris-Frakturen am häufigsten bei Kälbern angetroffen (Crawford und Fretz, 1985, Tulleners, 1986a, b). Sie sind häufig gesplittert jedoch selten offen (Tulleners, 1986b). Humerusfrakturen sind bei Rindern recht selten beschrieben. Von allen Frakturen bei Rindern macht die Humerusfraktur nach Schätzungen Greenoughs (1972) einen Anteil von 5 % aus (Greenough et al., 1972).

2.4 Behandlung der Frakturen der langen Röhrenknochen

2.4.1 Frakturversorgungen und Ergebnis

2.4.1.1 Humerus

Hickman (1957) berichtete über eine mediale Kondylusfraktur mit leichter Verschiebung des Fragmentes eines drei Tage alten weiblichen Kalbes. Eine Gipsschiene vom Ellbogen bis Karpus wurde für vier Wochen angelegt und brachte eine problemlose Heilung (Hickman, 1957). Eine Spiralfraktur eines drei Monate alten Kalbes wurde konservativ mit alleiniger Stallruhe behandelt. Innerhalb von vier Wochen belastete es die Gliedmaße und bei einer Kontrolle nach acht Wochen war die Fraktur klinisch stabil (Denny et al., 1988). Bei einem neugeborenen Kalb wurde die Fraktur mittels intramedullärem Kraftträger stabilisiert. Der Markraum nagel lockerte sich jedoch und wanderte nach proximal aus. Es entstand eine Osteomyelitis und das Kalb wurde euthanasiert (Elma, 1988) (Tab. 2.6).

Tab. 2.6: Behandlung von Humerusfrakturen bei Kälbern

Autor	Alter	Konfiguration	Therapie	Komplikation	Ausgang
Hickman (1957)	3Tage	Medialer Kondylus	Kunststoffverband	-	gut
Denny (1988)	3 Monate	diaphysäre Spiralfraktur	konservativ	-	gut
Elma (1988)	1 Tag	-	Marknagel	Osteomyelitis	Euthanasie

gut = keine Lahmheit, keine Achsenabweichung, keine sichtbare Fehlstellung und in Zucht oder Mast einsetzbar

2.4.1.2 Antebrachium

Bei zwei neugeborenen Kälbern wurden je eine Radius-Ulna-Fraktur mit Plattenosteosynthesen versorgt. Das Bein eines Kalbes wurde zusätzlich mit einem Kunststoffverband stabilisiert. Die Gliedmaße zeigte 55 Tage nach der Operation eitrige Bezirke und Achsenabweichung bei gutem Allgemeinbefinden des Tieres. Das andere Kalb belastete das Bein bereits 24 Stunden nach der Operation. Eine Nachuntersuchung nach acht Wochen ergab klinisch eine gute Belastung der Gliedmaße und radiologisch eine gute Kallusformation (Hickman, 1957).

Dingwall et al. (1971) behandelten eine diaphysäre Radius-Ulna-Fraktur eines zwei Tage alten weiblichen Aberdeen-Angus-Kalbes. Sie brachten eine Vier-Loch-Platte am kranialen Rand des Radius an, von denen die zwei proximal des Frakturspaltes platzierten Schrauben bis in die Ulna reichten. Zusätzlich wurde ein Kunststoffverband angebracht, der von den Klauen bis zum Ellbogen reichte. Das Kalb belastete das Bein gleich nach der Operation und der Cast wurde nach vier Wochen entfernt. Röntgenkontrollen fünf Wochen post operationem ließen einen Durchbau der Fraktur mit minimaler Kallusbildung erkennen. Die Platte wurde nicht entfernt. Die Kontrolluntersuchung nach einem Jahr ergab, dass die Belastung gut und keine Bewegungseinschränkung sichtbar war (Dingwall et al., 1971).

Adams und Fessler (1983) berichteten von Behandlungen von Radius-Ulna-Frakturen mit einer Kombination aus Thomas-Schiene und Kunststoffverband. Bei dem behandelten neugeborenen Kalb entwickelte sich eine offene, infizierte Fraktur. Da nach drei Wochen kein knöcherner Durchbau sichtbar war, wurde die Fraktur durch eine Plattenosteosynthese – erfolgreich – stabilisiert (Adams und Fessler, 1983).

Ein zwei Tage altes Kalb mit einer offenen Fraktur (Salter-Harris Typ I) an der distalen Epiphyse des Radius wurde nach Wundrevision mit einem Kunststoffverband versorgt. Es entwickelte eine Osteomyelitis und mußte nach vier Wochen eingeschläfert werden (Tulleners, 1986a). Denny (1988) behandelten ein zwei Tage altes Kalb mit einer Salter-Harris-Fraktur Typ I der distalen Radiusepiphyse durch Anlegen eines Kunststoffverbandes. Das Tier entwickelte eine Osteomyelitis und musste innerhalb von vier Wochen eingeschläfert werden (Denny et al., 1988). Ein fünf Tage altes Kalb mit einer Radius-Ulna-Fraktur wurde in der Untersuchung von Elma (1988) mit

einem alleinigen Kunststoffverband behandelt. Da sich diese Fixation als unzureichend erwies, wurden die Fragmente mit zwei Bohrdrähten fixiert und das Bein mit einem zusätzlichen Kunststoffverband (Walking Cast) versehen. Die Fraktur heilte mit deutlicher Verkürzung des Knochens aus (Elma, 1988).

Über eine Behandlung einer distalen Schrägfraktur an Radius und Ulna mit einem Walking Cast berichtete Kaneps (1989). Dazu wurden bei einem vier Tage alten Kalb mit einer kurzen Schrägfraktur im distalen Bereich von Radius und Ulna zwei Steinmann-Nägel parallel zueinander quer durch den Radiuschaft proximal der Frakturlinie und ein Steinmann-Nagel distal davon ebenfalls parallel platziert. Danach wurde ein Fiberglasverband unter Einbeziehung der Klauen und des Ellbogens angelegt. Nach vier Wochen ergab eine Röntgenkontrolle Osteolysen entlang der Nägel. Die Kallusbildung war jedoch gut und das Kalb belastete die Gliedmaße. Der Kunststoffverband und die Implantate wurden nach sechs Wochen entfernt und durch eine Plastikschiene für weitere zwei Wochen ersetzt. Zehn Wochen nach der Operation konnte das Kalb das Bein ohne externe Fixation gut belasten (Kaneps et al., 1989).

Drei Kälber wurden mit gedeckten, diaphysären Radius-Ulna-Frakturen vorgestellt (St.Jean und DeBowes, 1992). Sie wurden mit einem Walking Cast versorgt. Ellbogengelenk und Karpus blieben dabei frei beweglich. Es wurde eine durchschnittliche Frakturheilungszeit von sechs Wochen festgestellt. Kontrollen nach fünf bis 12 Monaten nach Entfernung des Kunststoffverbandes durch telefonische Besitzerbefragung ergaben eine gute Heilung ohne Lahmheit oder Fehlstellung der Gliedmaßen. Das Wachstum und die Zunahmen unterschieden sich nicht von denen der gleichaltrigen Stallgenossen. Chronische Infektionen in den Frakturbereichen fanden nicht statt (St.Jean und DeBowes, 1992)(Tab.:2.7).

Tab. 2.7: Behandlungen von Radius-Ulna-Frakturen bei Kälbern

Autor	Alter	Konfiguration	Therapie	Komplikation	Ausgang
Hickman (1957)	2 Tage, 3 Tage	distale Diaphyse	Platten- osteosynthese- Kunststoffverband	1 Infektion	1 gut, 1 Achsenab- weichung
Dingwall (1971)	2 Tage	Diaphyse	Platten- osteosynthese Kunststoffverband	-	gut
Adams (1983)	1 Tag	Diaphyse	Thomas-Splint + Kunststoffverband	Offene Fraktur + Infektion	Therapie durch Plattenosteo- synthese
Tulleners (1986)	2 Tage	distale Epiphyse, offen, SH Typ I	Kunststoffverband	Osteomyelitis	Euthanasie
Denny (1988)	2 Tage	distale Epiphyse, SH Typ I	Kunststoffverband	Osteomyelitis	Euthanasie
Elma (1988)	5 Tage	-	Kunststoffverband	Keine Stabi- lisierung	Therapie durch Walking Cast
Kaneps (1989)	4 Tage	distale Diaphyse,	Walking Cast	Osteolysen	gut
St. Jean (1992)	1 Tag, 1 Monat	Diaphyse	Walking Cast	Osteolysen	gut

gut = keine Lahmheit, keine Achsenabweichung, keine sichtbare Fehlstellung und in Zucht oder Mast einsetzbar;

2.4.1.3 Os femoris

Ein 16 Tage altes männliches Charolais-Kalb wurde mit einer proximalen Epiphysenfugenfraktur vorgestellt und von Fretz et al. (1973) mit einer Femurkopfhalsresektion behandelt. Zur Schonung der Glutealmuskulatur, welche für die Übernahme der Kraft bei Belastung benötigt wird, wurde der Zugang von kranio-lateral gewählt. Ab dem dritten Tag belastete das Kalb die Gliedmaße vorsichtig und konnte gehen, bei schnellerer Gangart lief es jedoch auf drei Beinen. In der folgenden Zeit entlastete das Tier die Gliedmaße und ab der achten Woche nach der Operation war der Gang lahmheitsfrei. Die Kontrolle nach zehn Monaten ergab ein vermehrtes Wachstum an der medialen Klaue, was eine monatliche Klauenpflege nötig machte. Der Heilungsverlauf war sonst in jeder Hinsicht zufriedenstellend (Fretz et al., 1973).

Hamilton (1978) veröffentlichte Untersuchungen über 29 Frakturen des Caput ossis femoris bei Kälbern. Es handelte sich in den meisten Fällen um Salter-Harris-Frakturen des Typs I oder II, wobei ersterer überwog. Insgesamt wurden 15 Kälber im Alter unter einem Monat behandelt, davon sieben allein mit Stallruhe. Bei einem Kalb wurde nach sechs Wochen, aufgrund einer unzureichenden Frakturheilung, der Femurkopfhals reseziert. Der pathologische Befund eines gestorbenen Kalbes ergab eine infektiöse Polyarthrititis und Osteomyelitis der Lendenwirbelkörper. Über den Verbleib der fünf anderen Tiere konnten keine weiteren Angaben gemacht werden. Bei fünf Kälbern wurde als primäre Therapie eine Femurkopfhalsresektion gewählt. Ein Kalb wurde aufgrund einer Polyarthrititis purulenta eingeschläfert. Die verbleibenden vier Kälber wiesen laut Angaben der Besitzer einen eigentümlichen Gang auf, schienen sich insgesamt jedoch gut erholt zu haben. Bei drei Tieren erfolgte die Fixation des Caput ossis femoris mit Bohrdrähten. Zwei dieser Tiere zeigten bereits vor der Therapie eine Schädigung des Nervus femoralis der kontralateralen Gliedmaße und wurden aufgrund der fortschreitenden Nervendegeneration eingeschläfert. Das dritte so behandelte Kalb konnte gehen, wies allerdings nach sechs Wochen noch keine Vereinigung der Frakturenenden auf (Hamilton et al., 1978).

Ames (1981) verglich experimentell drei Varianten der Frakturbehandlung von Os-femoris-Frakturen bei zwölf unter einer Woche alten Kälbern. Bei allen Tieren osteotomierte er die mittlere Diaphyse und therapierte fünf der Kälber mit intramedullärer Nagelung. Drei Tiere erhielten einen Fixateur externe, bei dem je zwei Kirschner-

Bohrdrähte in jedem Fragment befestigt wurden. Drei weitere Kälber wurden mit einer 6- bis 7-Loch-Platte versorgt. Die Kälber erhielten entweder keine weitere Stabilisierung, eine Thomas-Schiene oder eine Ehmer-Schlinge (Flexion des Beines) angelegt. Bei einem Kontrolltier wurde nur eine externe Fixation durch eine Thomas-Schiene angewandt. Die Ehmer-Schlinge führte zu erheblichen Schwierigkeiten beim Aufstehen und Gehen. Das Kalb ohne interne Fixation konnte nicht stehen. Es starb am zwölften Tag an einer Pneumonie. Die Osteosynthesen erwiesen sich bei der Sektion aufgrund von Schraubenlockerungen und daraus resultierender Instabilität der Fraktur als nicht ausreichend für eine Abheilung der Frakturen (Ames, 1981).

Insgesamt 77 Os-femoris-Frakturen bei neugeborenen Kälbern wurden von Ferguson (1986) ausgewertet. In 27 Fällen war der chirurgische Eingriff dokumentiert. Zur Stabilisierung wurden entweder ein Fixateur externe, Steinmann-Nägel, Drahtzerklagen oder Platten verwendet. Zusätzlich wurde bei einigen Femurkopf- oder Femurkopfhalsfrakturen die Femurkopfhalsresektion durchgeführt. Von diesen 27 Fällen wurden 23 als „Kurzzeiterfolg“ – die geglückte Anästhesie und Frakturposition – angesehen. Von insgesamt 65 Tieren, bei denen der Verlauf verfolgt werden konnte, starben 37. Nur 28 (43 %) der 65 nachverfolgbaren Tiere wurden nach entsprechender Klinikpflege entlassen und als „Langzeiterfolg“ bis zu zwei Monaten im heimatischen Betrieb bewertet (Ferguson et al., 1986).

Ein zwei Monate altes Kalb mit Fraktur der proximalen Epiphyse wurde von Denny (1988) mit drei Steinmann-Nägeln fixiert und konnte später wieder gut gehen. Fünf Kälber zwischen zwei Tagen und drei Monaten mit Frakturen in der Diaphyse wurden erfolgreich mit einer dynamischen Kompressionsplatte versorgt. Zwei weitere Kälber (ohne Altersangabe) mit Frakturen der distalen Epiphyse und distalen Metaphyse wurden zum einen mit Bohrdraht-Kreuzspickung, zum anderen mit intramedullärer Nagelung erfolgreich behandelt (Denny et al., 1988).

Elma (1988) berichtete von insgesamt drei Kälbern. Eines wurde konservativ durch Stallruhe behandelt. Die Röntgenkontrolle nach vier Monaten ergab eine gute Kallusbildung. Klinisch war die Gliedmaße verkürzt und zeigte einen Achsenknick, doch belastete das Kalb sie ohne erkennbare Schwierigkeiten. Eine Schrägfraktur bei einem vier Tage alten Kalb wurde durch Plattenosteosynthese versorgt. Trotz guter Kallusbildung im Frakturbereich war die Gliedmaße im Sinne eines genu varum gebogen und dem Besitzer wurde zur Abschaffung des Tieres geraten. Ein zwei Tage

altes Kalb starb während der Narkose an einem akuten Herz-/Kreislaufversagen (Elma, 1988).

Eine distale Os-femoris-Fraktur eines drei Tage alten Kalbes wurde von Kirker-Head (1989) mit einer Kobrakopfplatte versorgt. Diese an einer Seite verbreiterte Platte erlaubte eine Positionierung von bis zu sechs Schrauben in einem kleinen Bereich. In diesem Fall wurde eine 8-Loch-Kobrakopfplatte mit 4,5-mm-Kortikalis- und 6,5-mm-Spongiosaschrauben befestigt und eine Saugdrainage eingelegt. Der Heilungsverlauf war komplikationslos. Das Implantat wurde nicht entfernt. Eine telefonische Kontrolle nach sechs Monaten ergab weder einen sichtbaren Längenunterschied noch eine Achsenabweichung (Kirker-Head und Fackelman, 1989).

Ashworth (1990) berichtete über fünf distal am Os femoris lokalisierte Frakturen, die mit 90°-Winkelplatten behandelt worden waren. Spätere Kontrollen zeigten bei allen Kälbern eine vollständige Frakturheilung. Eine Kalbin musste später allerdings wegen einer Lahmheit an dem behandelten Bein eingeschläfert werden (Ashworth, 1990).

In den Jahren 1980 - 1990 wurden Os-femoris-Frakturen bei zwölf Kälbern mit intramedullärer Nagelung therapiert (St.Jean et al., 1992a). Die Versorgung wurde bei vier Kälbern mit zwei und bei acht Kälbern mit drei retrograd intramedullär eingeführten Kirschner-Bohrdrähten durchgeführt. In sieben Fällen erfolgte eine zusätzliche Stabilisierung mit einem Zerklagedraht. Bei allen Frakturen wurden Saugdrainagen eingelegt. Die Implantatentfernung wurde bei acht Tieren zwischen dem 13. und 90. Tag entweder wegen Auswanderung des Marknagels oder geheilter Fraktur durchgeführt. Durchschnittlich blieben die Tiere 18 Tage in der Klinik. Kontrollen nach drei bis fünf Monaten ergaben gute Kallusformation und Verschwinden der Frakturlinie. Langzeitkontrollen nach sechs Monaten ergaben bei zehn der zwölf Frakturen (83 %) gute Ergebnisse. Ein Kalb wurde wegen Osteomyelitis und ein anderes wegen bestehender Lahmheit und Auswanderung des Nagels eingeschläfert (St.Jean et al., 1992a).

Tab.2.8: Behandlungen von Os-femoris-Frakturen bei Kälbern

Autor	Lokalisation	Therapie (Anzahl)	Komplikationen	Ausgang
Fretz (1973)	proximale Epiphyse	Femurkopfhalsresektion		gut
Hamilton (1978)	proximale Epiphyse	Boxenruhe (7), Femurkopfhalsresektion (5), Bohrdrähte (3)	Polyarthritits (1), Ganganomalie (4), Neuropathie (1), kein Durchbau (2)	Femurkopfhalsresektion (1), mäßig (1), Euthanasie (3), unbekannt (10)
Ames (1981)	diaphysäre Querfrakturen (12)	Steinmann Nagel (5), Fixateur externe (3), Plattenosteosynthese (3), Thomas-Schiene(1)	Infektionen(6), instabil (4)	gut (2),mäßig (3),schlecht (3), Euthanasie (4)
Ferguson (1986)	proximale Epiphyse (26), Diaphysär (39), unbekannt (12)	27 operative Behandlungen u.a.Nägel, Fixateur externe, Plattenosteosynthesen	unbekannt	„Kurzeiterfolg“(23)
Denny (1988)	Diaphyse(5), Epiphysen (2) distale Metaphyse (1)	Plattenosteosynthese (5), Steinmann Nagel (2), Bohrdrähte (1)	-	gut (8)
Elma (1988)	Diaphyse (3)	Plattenosteosynthese (2), Konservativ (1)	Narkosetod (1), Implantatlocke rung(1)	Fehlstellung (1), Euthanasie (1), gestorben (1)
Kirker-Head (1989)	distale Diaphyse (1)	Kobrakopf-Plattenosteosynthese (1)		gut (1)
Ashworth (1990)	distale Diaphyse (5)	90°Winkel-Plattenosteosynthese (5)	Lahmheit (1)	gut (4)
St. Jean (1992)	Diaphyse (12)	Intramedulläre Bohrdrähte (12)	Osteomyelitis (1), Instabilität (1)	gut (10), Euthanasie (2)
St. Jean (1992)	proximale Diaphyse (1)	Intramedullärer Bohrdraht + unilateraler Fixateur externe	Lahmheit	gut

gut = keine Lahmheit, keine Achsenabweichung , keine sichtbare Fehlstellung, in Zucht- oder Mast einsetzbar; mäßig =Lahmheit, Fehlstellung oder Verkürzung, in Zucht oder Mast einsetzbar; schlecht = nicht in Zucht oder Mast einsetzbar

Über die Versorgung einer gesplitterten Spiralfaktur der proximalen Diaphyse des Os femoris berichteten (St.Jean et al., 1992b). Ein großes Fragment proximal des Frakturspaltes befestigte er mit Zerklagen. Mit einem retrograd in die Markhöhle platzierten Kirschner-Bohrdraht stabilisierte er die Fragmente nach Reposition. Zusätzlich legte er einen unilateralen Fixateur externe mit je zwei in jedem Fragment die Kortizes durchdringenden und divergierend angebrachten Kirschner-Bohrdrähten an. Nach 45 Tagen war die Frakturheilung so weit fortgeschritten, dass die externe Fixation entfernt werden konnte. Nach acht Wochen wurde das Kalb mit Lahmheit an der linken, behandelten Gliedmaße und Varusstellung des rechten Tarsalgelenkes entlassen. Eine Kontrolluntersuchung nach acht Monaten ergab, dass das Tier weder eine Lahmheit noch eine Gliedmaßenfehlstellung zeigte (St.Jean et al., 1992b).

2.4.1.4 Tibia

Hickman (1957) behandelte Tibiafrakturen bei zwei Kälbern durch Plattenosteosynthese. Eines starb zwei Tage post operationem an einer Milz- und Nierenmissbildung. Das andere Kalb konnte 24 Stunden nach der Frakturversorgung stehen. Die Röntgenkontrolle nach sieben Wochen zeigte eine zufriedenstellende Kallusbildung bei guter Stellung der Gliedmaße (Hickman, 1957).

Rao (1973) versorgten fünf experimentell erzeugte Tibiafrakturen bei Kälbern mit Rush Pins. Die Rush Pins wurden bei proximalen Frakturen mediolateral und lateromedial und bei distalen Tibiafrakturen kraniokaudal und kaudokraniel eingebracht. Alle drei Millimeter dicken Nägel bogen sich. Ab einer Dicke von vier Millimetern erschienen sie stabil genug. Die Schwierigkeit bestand darin, die Nägel bei einer nicht korrekt reponierten Fraktur in den Markraum einzubringen (Rao und Rao, 1973).

Hamilton (1980) berichteten über drei proximale Tibiaschaftfrakturen bei Kälbern, die mit einem Fixateur externe behandelt wurden. Nach einer Versorgung mit einem Fixateur externe und einem zusätzlich angelegten Verband konnte das erste Kalb das Bein bereits am nächsten Tag belasten. Eine Röntgenkontrolle nach 14 Tagen zeigte keine Achsenabweichung und gute Kallusformation. Nach 28 Tagen war die Fraktur radiologisch durchgebaut und der Fixateur konnte entfernt werden. Nach 60 Tagen wurde das Kalb als gesund beschrieben. Ein 1-Tag altes Kalb, das ohne Verabreichung von Kolostrum, dehydriert und sehr schwach in die Klinik eingeliefert worden

war, zeigte sieben Tage nach Anlegen des Fixateur externe zwar eine gute Kallusbildung, entwickelte jedoch eine Osteomyelitis und eine infizierte Arthritis des Kniegelenkes. Das Tier wurde einen Monat später eingeschläfert. Ein zwei Wochen altes Kalb wurde mit einem Fixateur externe sowie Zugschrauben versorgt. Kurz nach der Operation belastete es das behandelte Bein. Die Röntgenkontrolle nach 25 Tagen gab keinen Hinweis auf Implantatlockerung. Klinisch war das Tier munter und belastete das Bein vollständig. Als das Tier nach weiteren zwei Wochen zur Implantatentfernung vorgestellt wurde, war das Knie geschwollen, das Kalb lahmte und im Bereich der Nägel war es zu einer Infektion gekommen. Radiologisch war die Fraktur durchgebaut und der Fixateur wurde entfernt. Besitzerbefragung nach 30 Tagen ergab, dass das Kalb das behandelte Bein vollständig belastet und gesund erschien (Hamilton und Tulleners, 1980).

Es wurden drei neugeborene Kälber mit Salter-Harris Typ I Frakturen der distalen Epiphysenfuge von Denny (1988) mit Anlegen eines Kunststoffverbandes behandelt. Davon zeigten zwei eine gute Heilung nach geschlossener Reposition. Das dritte Kalb entwickelte eine Osteomyelitis und wurde euthanasiert. Bei zwei fünf Tage alten Kälbern wurden Tibiaschaft-Frakturen diagnostiziert und in einem Fall mit einem Kunststoffverband in dem anderen mit einer Dynamischen-Kompressions-Platte erfolgreich therapiert (Denny et al., 1988).

Bei drei Kälbern wurde durch Elma (1988) eine Plattenosteosynthese durchgeführt. Das Heilungsergebnis war bei allen Patienten zufriedenstellend. Bei den Kontrollen wurde eine gute knöcherne Konsolidierung festgestellt. Die Tiere belasteten die Gliedmaße ohne erkennbare Beschwerden (Elma, 1988).

St. Jean (1991) behandelte Tibiafrakturen bei fünf Kälbern im Alter von zwei Wochen bis sechs Monaten mit einem Fixateur externe und befestigte die Nägel extern in einem Fiberglasverband. Bei zwei Kälbern wurde ein Steinmann-Nagel proximal und ein anderer distal der Frakturlinie eingebracht. Bei drei anderen Kälbern wurden distal zwei Steinmann Nägel verwendet. Bei einem Kalb kam es nach fünf Wochen zu Druckstellen. Radiologisch wurde bei drei Kälbern eine Aufhellungszone entlang der Nägel gesehen. Zum Zeitpunkt der Entfernung der äußeren Stabilisierung waren diese Nägel so locker, dass sie entfernt werden mussten. Nach einer mittleren Heilungszeit von acht Wochen war die Kallusbildung bei allen Tieren im Röntgenbild sichtbar und der Frakturspalt durchgebaut. Alle Spätkontrollen nach drei und zwölf

Monaten nach Entfernung der Implantate wurden als sehr gutes Ergebnis gewertet (St.Jean et al., 1991).

Auer et al. (1993) behandelten zwei neugeborene Kälber mit proximalen Tibiaschaft-Frakturen zum einen mit Rush Pin, zum anderen mit Steinmann-Nägeln. Beide Tiere mussten eingeschläfert werden, weil eine Dislokation der Fragmente stattfand. Als Gründe führten die Autoren an, dass die Implantate nicht ideal platziert waren, aber auch die Weichheit des immaturren Knochens für das Versagen verantwortlich sei (Auer et al., 1993).

Chatre (1995) berichtete über sechs Tibiafrakturen bei neugeborenen Kälbern, die er mit einem Fixateur externe nach J.A. Meynard behandelte. Die Kirschner-Bohrdrähte platzierte er in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation und dem Frakturtyp und verwendete einen einfachen, mediolateral angebrachten Rahmen in Kombination mit einem von dorsal eingebauten Hemifixateur. Das Ergebnis war bei fünf Kälbern sehr gut bis gut. Ein Kalb wurde nach Entwicklung einer Infektion euthanasiert (Chatre, 1995).

Tab. 2.9: Frakturversorgungen von Tibiafrakturen bei Kälbern

Autor	Lokalisation	Therapie	Komplikation	Ausgang
Hickman (1957)	Diaphyse (1), distale Diaphyse (1)	Plattenosteosynthese (2)	Milz- und Nierenmißbildung (1)	gestorben(1), gut (1)
Rao (1973)	Diaphyse (5)	Rush Pin+Kunststoffverband	Osteomyelitis (1)	gut (4), Euthanasie (1)
Hamilton (1980)	Proximale Diaphyse (3)	Fixateur externe (1), Plattenosteosynthese (1), Fixateur externe (1)	Osteomyelitis+ Arthritis (1), Instabilität (1), Infektion (1)	gut(1), Umversorgung (1), Euthanasie(1)
Denny (1988)	distale Epiphyse (1), Diaphyse (1)	Kunststoffverband (4), Plattenosteosynthese (1)	Osteomyelitis (1)	gut (4), Euthanasie (3)
Elma (1988)	Diaphyse (3)	Plattenosteosynthese (3)	-	gut (3)
St Jean (1991)	Spiralfrakturen (3), Splitterfrakturen (2)	Fixateur externe + Kunststoffverband (5)	Osteolysen (3) Dekubitus (1)	gut (5)
Auer (1993)	proximale Diaphyse (2)	Rush Pin (1) Steinmann Nagel (1)	Instabilität (2)	Euthanasie (2)
Chatre (1995)		Fixateur externe (6)		gut (5), Euthanasie (1)

gut = keine Lahmheit, keine Achsenabweichung , keine sichtbare Fehlstellung, in Zucht- oder Mast einsetzbar

2.5 Komplikationen

2.5.1 Allgemein

Als Ursache für eine Frühkomplikation werden, nach der überstandenen Narkose und der geglückten Reposition, eine gestörte Blutversorgung, Kontamination und Knochenatrophie angesehen (Brinker, WO et al., 1993). Spätere Komplikationen treten meist in Form einer lokalen oder systemischen Infektion, verzögerter oder ausbleibender Frakturheilung, Wachstumsstörung oder aufgrund einer Heilung in Fehlstellung auf (Hickman, 1957).

2.5.2 Ungenügender Halt von Implantaten und Instabilität

Intramedulläre Nägel können im Laufe der Heilung von einer fibrösen Hülle umgeben werden und tendieren in diesem Stadium dazu, sich zu lockern. Daraufhin können sie den Markkanal entlang wandern und werden an der Eintrittsstelle subkutan sichtbar (Hickman, 1957). Bei allen drei Os-femoris-Frakturen, die von Ames (1981) mit einem Fixateur externe nach Kirschner behandelt wurden, kam es zu Implantatversagen. Die Hauptgründe sah er darin, dass sich Infektionen von außen entlang der Bohrdrähte in den Knochen fortsetzen konnten. Die Bohrdrähte lösten sich aufgrund des starken Muskelzuges und der dünnen Knochenrinde (Ames, 1981). Eine häufige Komplikation war die Lockerung der Nägel als Folge der thermalen Schädigung während des Einbohrens. Dadurch besteht die Gefahr der Entwicklung einer Knochennekrose. Deswegen wird das schnelle Bohren als unnötig empfunden und gerade bei der dünnen Knochenrinde des Kalbes abgelehnt (Green, 1983, Kaneps et al., 1989, St.Jean und DeBowes, 1992). Bewegung im Sinne von Vor- und Zurückgleiten im Bohrkanal oder drehende Bewegung am Ende des Nagels führen ebenfalls zu einer Lockerung (Green, 1983). Um potentielle Probleme wie Biegung und Versagen der Nägel zu vermeiden, sollten die dicksten Implantate (3,5 mm Steinmann-Nägel) verwendet werden. Es wurde berichtet, dass Nägel mit Gewinde eine geringere Tendenz zur Lockerung zeigen und für die Verwendung bei Kälbern geeignet sind (Martens et al., 1998). Die Stabilität des Walking Cast steht in Relation zu der Anzahl

angebrachter Steinmann Nägel. Die Größe der Fragmente ist somit ein limitierender Faktor. (St.Jean et al., 1991).

Die experimentelle Versorgung von Os-femoris-Frakturen mit 6- oder 7- Loch Platten ergab zwar, dass die Frakturen in Heilung waren, jedoch wurde bei der Sektion festgestellt, dass nahezu jede Schraube in jeder Platte gelockert war (Ames, 1981). Die Frakturbehandlung bei neugeborenen Kälbern mit Dynamischen Kompressionsplatten (DCP) wird durch die dünnen Kortizes limitiert, die dem Zug der Schrauben wenig widerstehen (Hamilton und Tulleners, 1980, Adams und Fessler, 1983, Nyrop et al., 1985).

2.5.3 Infektion

Eine Osteomyelitis sowie erregerbedingte Osteoarthritis und folgende Septikämie entstehen bei Kälbern häufiger nach einer Verletzung der entsprechenden Knochen und Gelenke als durch alleinige hämatogene Streuung (Verschooten et al., 2000). Bereits bestehende zusätzliche Erkrankungen begünstigen die Entwicklung einer Septikämie. Infektionen entlang des Intramedullären Nagels sind vor allem bei der retrograden Technik ein Problem wenn die Nägel durch die intakte Haut in die Markhöhle vorgeschoben werden (Ames, 1981). Bei Transfixationsmethoden können Infektionen ebenfalls entlang der Bohrdrähte von außen nach innen dringen (Denny et al., 1988). Um die Gefahr der Infektion durch lockere Nägel zu vermindern, sollten sie entfernt werden, sobald die Fraktur durchgebaut ist (Hamilton und Tulleners, 1980) Das Vorhandensein von Osteolysen um die Nägel war mit dem zeitweise vorhandenen purulenten Sekreten aus den Bohrlöchern in Verbindung zu bringen (Martens et al., 1998). Ein weiterer Grund für Infektionen ist eine Instabilität.

2.5.4 Epiphysenfugenverletzung und Wachstumsstörungen

In der Regel gilt es, bei operativen Eingriffen die Fuge weitgehend zu schonen, was jedoch nicht immer möglich ist. Schädigung der proliferierenden Knorpelzellen durch direktes mechanisches Trauma führt zur Ausbildung einer epi-metaphysär verlaufenden Ossifikationsbrücke. In der Folge kommt es zur Entwicklung einer Wachstums-

störung (Salter und Harris, 1963). Eine Implantatentfernung im Bereich der Epiphysenfuge ermöglicht das fortschreitende Wachstum des Tieres, solange die Fuge nicht durch ein unerwünschtes Fugentrauma während der Operation oder bereits durch die ursprüngliche Verletzung zerstört wurde (Kirker-Head und Fackelman, 1989). Abhängig von der Größe und Lokalisation des Defektes können Verkürzung, Fehlwachstum und Achsenfehlstellung der betroffenen Extremität auftreten (Boelitz et al., 1994). Chatre (1995) führte eine Röntgenuntersuchung sechs Monate nach einem durch Osteosynthese verursachten frühen Epiphysenfugenschluß durch und stellte fest, dass der Knochen keinen Längenunterschied mehr im Vergleich zu der gesunden kontralateralen Gliedmaße aufwies. Er vermutete ein kompensatorisches Wachstum durch die anderen Epiphysenfugen der Gliedmaße (Chatre, 1995).

2.5.5 Refraktur

Ein Bruch im Bereich einer früheren klinisch und röntgenologisch konsolidierten Fraktur nach Implantatentfernung durch ein vergleichbares oder geringeres Trauma wird als Refraktur bezeichnet (Brinker, WO et al., 1975). Refrakturen nach Implantatentfernung sind, trotz vermeintlich guter Frakturheilung im Röntgenbild, möglich. Für die Entscheidung, ob und wann das Osteosynthesematerial zu entfernen ist, sind Röntgenaufnahmen in wenigstens zwei Ebenen erforderlich. Bei der primären Frakturheilung besitzt das Röntgenbild allerdings keine sichere Aussagekraft, da der fehlende Bruchspalt und Kallus nicht mit belastungsstabilem Durchbau gleichgesetzt werden darf. Eine vorzeitige Implantatentfernung kann zur Refraktur führen. Auch bei termin-gerechtem oder späterem Entfernen der Platte kann der Knochen als Folge der Entlastung („stress protection“) spongiosiert oder durch gestörte Vaskularisierung in seiner Tragfähigkeit geschwächt sein (Rand et al., 1981, Matis et al., 1985).

Gautier und Perren (1992) beschreiben, dass die vollständige, frakturnahe Avaskularität der Kortikalis unter der Platte aufgrund des guten Revitalisierungspotentials des Knochens in der Regel ohne Nachteil ist (Gautier und Perren, 1992). Versuche von Rosson (1991) in Bezug auf Untersuchungen von Burstein (1972) ergaben, dass die Ursache für den geschwächten Knochen unter der Platte mehr durch verbleibende Schraubenlöcher als durch atrophische Kortikalis begründet sei (Burstein et al., 1972, Rosson et al., 1991).

Es existieren sehr viele Untersuchungen über die implantatinduzierte Osteoporose (Gautier und Perren, 1992). Field (1997) beschreibt das Vorkommen der Osteoporose als multifaktorielles Geschehen von chirurgischem Trauma, Schraubenplatzierung, Rigidität und Kontakt der Platte mit dem Knochen (Field, 1997).

2.5.6 Heilung in Fehlstellung

Obwohl einige konservativ mit Stallruhe behandelte Frakturen gut heilten, musste mit einer Heilung in Fehlstellung gerechnet werden (Lundvall, 1960). Alle konservativ sowohl mit Stallruhe als auch mit Thomas-Splint und Kunststoffverband behandelten Frakturen zeigten eine starke Fehlstellung der behandelten Tibia nach lateral (Martens et al., 1998). Viele der Frakturen, die mit Thomas Schiene und Cast versorgt wurden, heilten in Fehlstellung. Es war jedoch möglich, die Tiere als Zucht- oder Masttiere einzusetzen. Häufig wurde ein späteres Zurückgehen der Fehlstellung im Laufe des Wachstums beobachtet (Adams und Fessler, 1983). Frakturen des Os femoris sind häufig durch komplettes Auseinandergleiten der Frakturrenden gekennzeichnet. Aufgrund der Kontraktion durch Musculus quadrizeps, Musculus gastrocnemius und der Musculi biceps femoris Gruppe kommen das proximale und distale Fragment nebeneinander zu liegen (Stick und Derksen, 1980, Ferguson, 1982). Durch die anhaltende Muskelkontraktion wird die Möglichkeit der Reposition der Frakturrenden selbst durch offene Reposition mit jedem Tag schlechter (St.Jean und DeBowes, 1992).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Patienten und Methode

3.1.1 Patienten

3.1.1.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, das Vorkommen, die Therapie und die Prognose von Frakturen der langen Röhrenknochen bei Kälbern auszuwerten und zu dokumentieren. Dazu wurden alle Krankenakten von Kälbern im Alter von bis zu zwei Wochen, die in den Jahren 1986 bis 2001 in die Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Universität München wegen einer Fraktur der großen Röhrenknochen eingeliefert worden waren, ausgewertet. Ausgenommen von der vorliegenden Untersuchung waren solche Kälber, die sich Frakturen der Ossa metacarpalia oder metatarsalia zugezogen hatten, da sich deren Versorgung wesentlich von der weiter proximal gelegener Röhrenknochen unterscheidet.

3.1.2 Spezielle Untersuchung und Diagnosestellung

3.1.2.1 Anamnese und Allgemeinuntersuchung

Die Erhebung der Anamnese beinhaltete insbesondere Fragen über den Geburtszeitpunkt (Reife/Unreife des Kalbes), den Geburtsverlauf und die Lage des Kalbes im Geburtsweg, Einzelheiten zur Geburtshilfe, der Kolostrumaufnahme, weiterer Schwächeanzeichen oder Auffälligkeiten. Alle Kälber wurden bei der Einlieferung der üblichen Allgemeinuntersuchung unterzogen. Neben der Beurteilung von Atmung, Temperatur und Pulsfrequenz wurde eine Auskultation der Lunge und des Herzens durchgeführt. Die Rippen und Rippenknorpelverbindungen wurden auf Schmerzhaftigkeit und etwaige Zusammenhangtrennungen abgetastet. Der Zustand der übrigen Gliedmaßen des Tieres wurde beurteilt sowie der Nabel untersucht. Bei Abweichungen von physiologischen Werten wurde das Allgemeinbefinden in

unauffällig, mäßig gestört, mittelgradig oder hochgradig gestört eingeteilt. Das Allgemeinbefinden und die vorhandenen Begleiterkrankungen, wie zusätzliche Traumata oder Infektionen, wurden in der Prognose berücksichtigt.

3.1.2.2 Ursache der Fraktur

Im Rahmen der Anamnese wurde versucht, die Ursache und den Zeitpunkt der Frakturentstehung zu ermitteln. Anhaltspunkte hierfür waren die Lage des Kalbes im Mutterleib, die Art der Geburt, Anwendung von Zughilfe und der Gebrauch von Hilfsmitteln sowie der Geburtsort (im Laufstall, in der Herde) und die Pflegemaßnahmen nach der Geburt.

3.1.2.3 Spezielle Untersuchung

Bei der speziellen Untersuchung der Kälber wurde zunächst beobachtet, ob das Kalb in der Lage war, allein aufzustehen. War dies nicht der Fall, wurde das Kalb aufgestellt und dabei gestützt. Das Verhalten beim Aufstehen und die Belastung der gesunden Beine wurde prognostisch gewertet. Die fehlende Belastung der betroffenen Gliedmaße, die umschriebene Empfindlichkeit und die lokale Schwellung, Krepitation und Schmerzhaftigkeit lieferten die Hinweise auf das Vorliegen einer Fraktur.

Bei Frakturen des Antebrachiums und der Tibia konnte die klinische Diagnose recht einfach aufgrund der abnormalen Beweglichkeit und der Krepitation im Frakturbereich gestellt werden. Frakturen des Oberarmbeines und des Oberschenkelbeines konnten durch die Möglichkeit der abnormalen Abduktion bei der Untersuchung nur vermutet werden. Oft waren bei der Oberschenkelbeinfraktur die scharfen Enden des proximalen Fragments unter der Haut, nahe an der Kniefalte, zu ertasten. Bei Frakturen im distalen Bereich des Os femoris war adspektorisch häufig eine „verlängerte“ Tibia zu erkennen; der Muskelzug hatte den Oberschenkel deutlich verkürzt. Zur Bestätigung der Diagnose und Dokumentation der Frakturformen wurden stets Röntgenaufnahmen in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen angefertigt. Die Haare wurden stets geschoren, damit eine Verletzung oder Schädigung besser zu erkennen war. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Frakturen im medialen Bereich des Radius und der Tibia sowie

im sprunggelenknahen Bereich gelegt. Die betroffenen Gliedmaßen wurden stets gewaschen.

3.1.2.4 Röntgenuntersuchung

Sowohl prä- als auch postoperativ wurden Röntgenaufnahmen im mediolateralen und kraniokaudalen oder kaudokranialen Strahlengang angefertigt (Siregraph 3 D Polymat 70, Baujahr 1992). Dazu wurden Agfa Curix Röntgenfilme (HAT 1000A) in Röntgenkassetten mit Verstärkerfolien (ortho medium) verwendet. Als vorteilhaft erwies sich dabei die Sedation der Tiere. Anhand des Röntgenbildes wurde die Tatsache, dass eine Fraktur vorlag, abgesichert. Lokalisation, Art und Komplexität des Knochenbruches wurden beurteilt. Später diente die Röntgenuntersuchung der Dokumentation der Reposition und etwaiger Komplikationen.

3.1.2.5 Lokalisation

Damit eine möglichst genaue Beschreibung und ein späterer Vergleich der Frakturen möglich war, wurden sie entsprechend ihrer anatomischen Lokalisation und des Frakturtyps klassifiziert. Dies erfolgte in Anlehnung an das Klassifikationssystem von Unger (1990) und dessen Modifikation für Großtiere durch Steiner (1993). Allerdings wurde die bei den genannten Klassifikationssystemen vorgenommene anatomische Einteilung des Röhrenknochens in drei Bereiche - proximal, diaphysär, distal - erweitert. Die Knochen wurden in der eigenen Untersuchung in fünf Abschnitte, in die proximale und die distale Epiphyse, in die proximale und die distale Metaphyse sowie in die Diaphyse unterteilt. Die Lokalisation war damit präziser erfasst. Die Epiphysenfrakturen wurden entsprechend der Einteilung von Salter und Harris (1963) klassifiziert.

3.1.3 Frakturversorgung und postoperativer Verlauf

3.1.3.1 Allgemeines

Alle Kälber erhielten je nach den Befunden der Allgemeinuntersuchung bis zur Operation eine geräumige, mit Stroh eingestreute Einzelbox (1,5 m x 1,5 m) mit einer Wärmelampe. Falls sie Milchtränke aufnehmen konnten, wurden sie bis sechs Stunden vor der Operation getränkt; geschwächte Kälber erhielten stets einen intravenösen Katheter und Infusionen mit Glucoselösung verabreicht. Postoperativ erfolgte wiederum die Aufstallung in der Einzelbox mit Streu und einer Wärmelampe. Zur Aufrechterhaltung des Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushaltes wurden den Tieren Infusionen und Elektrolyttränken verabreicht. Sie wurden, falls sie nicht selbstständig aufstehen konnten, in regelmäßigen Abständen aufgestellt. Im Verlauf der Jahre wurden wechselnde Antibiotika, in der Regel drei Tage über die fieberfreie Zeit hinaus, sowie unterschiedliche Antiphlogistika (Metamizol, Flunixin, Ketoprofen) in niedriger, angegebener Dosierung eingesetzt.

3.1.3.2 Konservative Behandlung

Einige Tibiafrakturen, die zum Zeitpunkt der Vorstellung stabil erschienen, sowie ein Bruch des Os femoris wurden konservativ mit alleiniger Boxenruhe behandelt. Bei der konservativen Frakturbehandlung durch einen Kunststoffverband wurden die dislozierten Fragmente zunächst, unter Allgemeinanästhesie mit Xylazin und Ketamin, adaptiert. Zur Stabilisierung wurde die Gliedmaße mit Watte umwickelt, diese mit selbsthaftenden Binden gefestigt, eine Trennschicht aufgebracht (Krepppapier) und ein selbstpolymerisierender Kunstharzverband (Zimflex®) unter Einbeziehung der benachbarten Gelenke angelegt. Lediglich einmal wurde eine modifizierte Thomas-Schiene zur Ruhigstellung der Gliedmaße verwendet.

3.1.3.3 Operative Behandlung

Alle operativen Frakturversorgungen wurden unter Inhalationsanästhesie durchgeführt. Die Narkose wurde mit Xylazin (0,2 mg/kg) intramuskulär und durch

einen Verweilkatheter in der Vena jugularis mit Ketamin (2,5 mg/kg) intravenös eingeleitet. Zusätzlich wurden präoperativ Antibiotika sowie intraoperativ 5 %-ige Glucoselösung intravenös verabreicht. Nach oraler Intubation des Tieres wurde die Narkose mit Isofluran (1,2 %) und einem Sauerstoff-Lachgas Gemisch (40:60) aufrechterhalten. Eine übermäßige Aufgasung durch Lachgas wurde nicht beobachtet.

Je nach der gewählten Art der operativen Versorgung wurde eine gedeckte oder offene Reposition durchgeführt. Bei Osteosynthesen mit externer Fixation wurden Bohrdrähte oder Steinmann-Nägel mit Mittengewinde perkutan in das proximale und distale Bruchstück eingesetzt und extrakutan, meist mit Technovit®, miteinander verbunden. In einigen Fällen wurde zu der perkutanen Fixation eine weitere äußere Stabilisierung durch einen selbsthärtenden Kunststoffverband gewählt (Walking Cast).

Die Osteosynthesen mit intramedullären Kraftträgern wurden durch eine Nagelung nach Steinmann, durch Bohrdrähte in Form der Bündelnagelung oder durch eine Nagelung nach Rush (Rush Pin) durchgeführt. Das Einbringen der Nägel erfolgte, je nach proximaler oder distaler Frakturlokalisation, in normo- oder retrograder Technik. Die Zugänge bei der internen Frakturfixation durch Plattenosteosynthese oder Veterinär-Fixateur (Vet Fix) wurden entsprechend dem betroffenen Röhrenknochen gewählt. Bei einer Humerusfraktur wurde von dorsal, bei Radius- und Ulnafrakturen von dorsolateral zugegangen. Der Zugang zum Os femoris erfolgte von kraniallateral und bei Frakturen der Tibia von medial oder dorsomedial. Die Schrauben und Platten entstammten dem System der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthesefragen (AO); vorwiegend wurden 4,5er-Schrauben und schmale sowie breite dynamische Kompressionsplatten verwendet.

Bei dem von der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthesefragen entwickelten Vet Fix handelt es sich um ein System, das aus einem stabilen Stahlstab mit dazugehörigen Briden und einer speziellen Zange besteht. Die Briden besitzen eine Öffnung, durch welche sie auf den Stab geführt werden können, sowie ein zweites Loch, das der Aufnahme der AO-System kompatiblen Knochenschrauben dient. Sie können so angebracht werden, dass die Schrauben in allen Ebenen des Stahlstiftes, entsprechend der Wölbung des Knochens, durch den Knochen gebohrt werden können. An speziellen vorhandenen Endstückbriden kann man mehrere Schrauben

einbringen. Diese verhindern auch eine Beweglichkeit des Stabes, da die Enden fixiert sind.

3.1.3.3.1 Implantatentfernung

Die spätere Entfernung der Implantate wurde stets angestrebt und durchgeführt, wenn das Tier in die Klinik gebracht oder geholt werden konnte. Der Durchbau der Fraktur wurde nach der klinischen Untersuchung zunächst anhand von Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen bewertet. Zur Implantatentfernung wurden die Tiere wie für die Operation sediert und in Vollnarkose operiert. Zur Entfernung eines Fixateur externe erfolgte allerdings lediglich eine Sedation. Es wurde der gleiche Zugang wie bei der ehemals durchgeführten operativen Versorgung gewählt.

3.1.3.4 Heilungsverlauf

Die Frakturheilung wurde sowohl klinisch als auch röntgenologisch dokumentiert. Die Untersuchung der Kälber erfolgte täglich zweimal hinsichtlich des Zustandes der Wunde und der Belastung. Eine Röntgenuntersuchung wurde nach weiteren zwei Wochen durchgeführt, bevor die Tiere entlassen wurden.

Als **sehr gut** wurde die Heilung bezeichnet, wenn die Fraktur komplikationslos in korrekter Stellung abheilte und das Tier langfristig genutzt werden konnte. Eine **gute** Heilung lag vor, wenn zwar eine Verkürzung oder Achsenabweichung des Knochens erkennbar war, das Tier jedoch davon unbeeinflusst war und eine gute Belastung und Entwicklung zeigte. Als **schlecht** wurde die Heilung bezeichnet, wenn eine Instabilität oder Infektionen und daraus resultierende Allgemeinstörungen auftraten, die Fraktur selbst jedoch konsolidierte. Ebenso als schlecht beurteilt wurde eine Heilung der Fraktur unter Fehlstellung, die das Allgemeinbefinden beeinträchtigte.

Wenn die Frakturen, meist infolge lokaler oder systemischer Komplikationen, nicht zur Abheilung kamen, lag keine Frakturheilung vor.

Tiere, die in tabula oder zu einem späteren Zeitpunkt in der Klinik verstarben, wurden zur Sektion in das Institut für Tierpathologie überwiesen.

3.1.3.5 Spätuntersuchungen

Als Spätuntersuchung galten Befunde, die sechs Monate und später nach der Erstvorstellung des Kalbes erhoben wurden. Die noch lebenden Tiere wurden, wenn möglich, zu einer klinischen und radiologischen Untersuchung in die Großtierabteilung der Chirurgischen Tierklinik transportiert. Neben dem Allgemeinbefinden des Tieres wurde die Gliedmaßenstellung und die Belastung im Stand und im Gehen beurteilt; dabei wurde auch auf die Partnergliedmaße und dort vorhandene Fehlstellungen oder Überlastungserscheinungen geachtet. Der Vergleich hinsichtlich Länge und Kontur war ebenfalls wichtig. Es folgte die Palpation des Gliedmaßenbereichs, wobei auf Kallusbildung oder Deformationen geachtet wurde.

Die Röntgenuntersuchung des behandelten Röhrenknochens wurde mit Ausnahme des Os femoris stets in zwei Ebenen durchgeführt. Bei den schwereren Tieren war auch die lateromediale Strahlenrichtung am Os femoris nur unvollständig möglich, lediglich das distale Ende konnte abgebildet werden. Bei Kontrollen von Antebrachium oder der Tibia wurde der kontralaterale Knochen ebenfalls geröntgt, damit ein Längenunterschied festgestellt werden konnte. Eine Entfernung der Implantate wurde, wenn möglich, durchgeführt.

Bei nicht mehr lebenden Tieren wurde durch telefonische Befragung der Besitzer ermittelt, ob das Tier entsprechend seiner Nutzungsrichtung gehalten werden konnte. Eine uneingeschränkte Nutzung beinhaltete die entsprechenden Zunahmen bei der Mast im Vergleich mit den Altersgenossen oder die uneingeschränkte Verwendbarkeit in der Zucht. Weiter wurde nach Auffälligkeiten wie einer Lahmheit oder einer Fehlstellung gefragt. Die Zufriedenheit des Besitzers wurde festgehalten, jedoch kritisch bewertet, und der Grund der eventuellen Abschaffung möglichst genau ermittelt.

Ein sehr gutes Spätergebnis kennzeichnete ein gesundes Tier ohne erkennbare Fehlstellungen und mit uneingeschränkter **Nutzungstauglichkeit**. Ein gutes Spätergebnis lag vor, wenn die Rinder trotz Fehlstellung im Nutzen nicht eingeschränkt waren. Wenn nach mehr als sechs Monaten eine Fehlstellung oder Fehlbelastung vorhanden war und das Tier deswegen vom Besitzer als **nicht** zur Zucht **tauglich** eingestuft wurde oder wenn eine frakturbedingte Abschaffung des Tieres erfolgte, lag ein schlechtes Spätergebnis vor.

3.1.4 Statistische Analyse

Sofern einzelne Einflussfaktoren auf das Heilungsergebnis zu identifizieren waren, wurde die Hypothese der nicht zufälligen Verteilung in zwei-mal-zwei Felder Tafeln auf Signifikanz geprüft. Bei einer Wahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ wurde von signifikanten Unterschieden in der Verteilung der Ergebnisse gesprochen. Bei der Vielzahl von Einzeltesten konnte das Signifikanzniveau im Gesamten nicht gehalten werden. Da es sich bei den Tieren der retrospektiven Studie, wie in klinischen Untersuchungen meist der Fall, um eine sehr inhomogene Gruppe handelte, wurden die klinischen Daten hauptsächlich beschreibend dargestellt.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Patienten

In den Jahren 1986 bis 2001 wurden 125 Kälber im Alter bis zu zwei Wochen mit Frakturen der langen Röhrenknochen in der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Universität München vorgestellt.

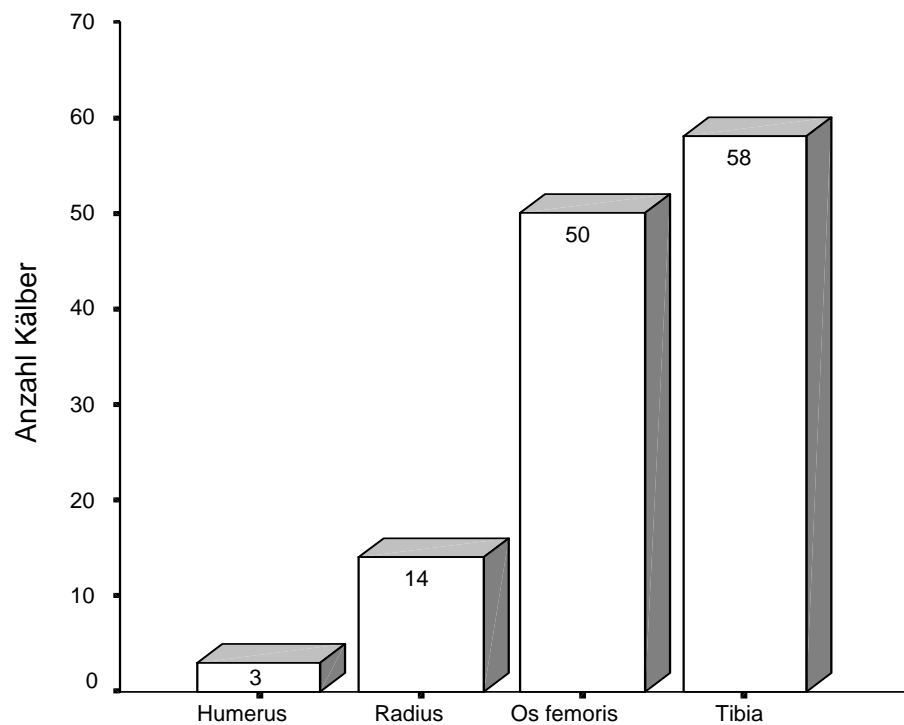


Abb. 3.1: Anzahl der Frakturen der langen Röhrenknochen

Von den insgesamt 125 Frakturen waren drei (2,4 %) am Humerus, 14 (11,2 %) am Antebrachium, 50 (40 %) am Os femoris und 58 (46,4 %) an der Tibia lokalisiert.

In 55 (44 %) Fällen war die rechte und in 70 (56 %) Fällen die linke Gliedmaße von der Fraktur betroffen.

3.2.1.1 Altersverteilung

3.2.1.1.1 Alter bei Entstehung der Fraktur, Alter bei Einlieferung

Die Fraktur entstand bei den meisten (117 Tiere; 93,6 %) der 125 Kälber am ersten Lebenstag. Bei vier Kälbern (3,2 %) ereignete sich das zur Fraktur führende Trauma im Alter von zwei Tagen. Ein Tier (0,8 %) war drei Tage, zwei (1,6 %) waren vier Tage und eines (0,8%) fünf Tage alt, als sie sich die Frakturen zuzogen.

Von den 125 Tieren waren 52 Kälber (41,6 %) innerhalb eines Tages, 44 Tiere (35,2 %) bis zu drei Tagen und 18 (14,4 %) bis zu einer Woche nach der Fraktur-entstehung eingeliefert worden. In elf Fällen (8,8 %) war die Fraktur mehr als eine Woche zuvor geschehen (Abb. 3.2).

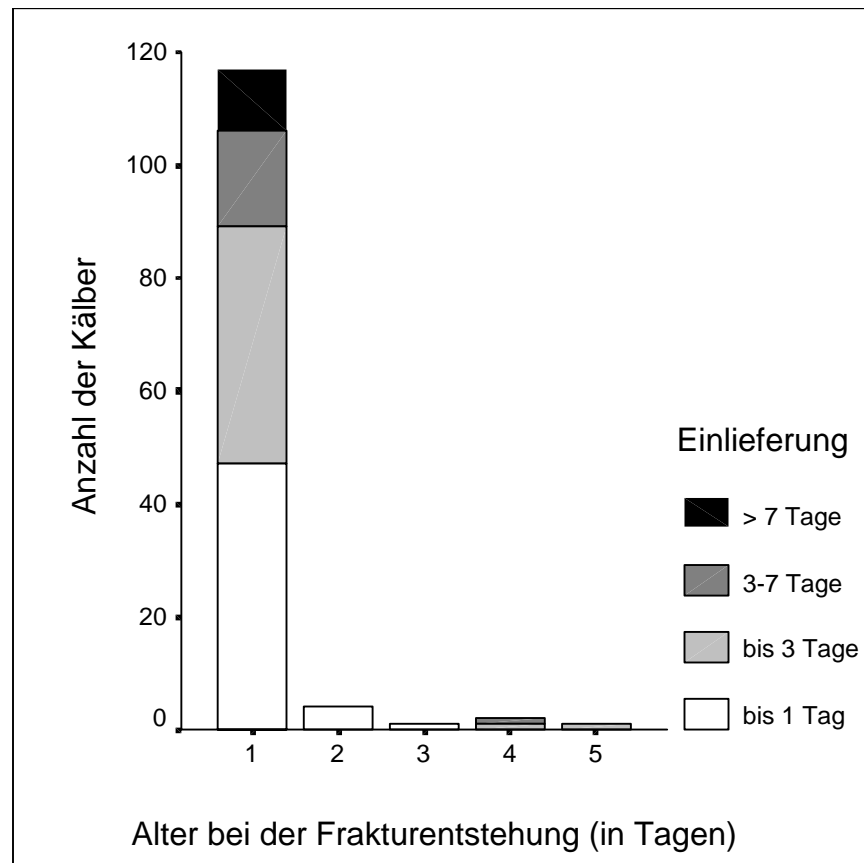


Abb. 3.2: Alter der Kälber bei der Fraktur-entstehung (in Tagen) und Zeitdauer bis zur Vorstellung in der Klinik nach der Fraktur-entstehung (in Tagen).

3.2.1.2 Rasse- und Geschlechterverteilung

Von den 125 Kälbern gehörte der Hauptanteil (88 %) der Rasse Deutsches Fleckvieh an. Die übrigen Rassen waren folgendermaßen vertreten: Deutsche Schwarzbunte 6 (4,8 %), Deutsches Braunvieh 4 (3,2 %), Charolais 4 (3,2 %) und Red Angus 1 (0,8 %) (Tab. 3.1).

Tab. 3.1: Rasse- und Geschlechterverteilung

	männlich	weiblich	Gesamt	%
Deutsches Fleckvieh	82	28	110	88
Deutsche Schwarzbunte	2	4	6	4,8
Deutsches Braunvieh	-	4	4	3,2
Charolais	4	-	4	3,2
Red Angus		1	1	0,8

Unter den 125 Kälbern mit Frakturen der langen Röhrenknochen waren 88 (70,4 %) männlichen und 37 (29,6%) weiblichen Geschlechts (Abb. 3.3).

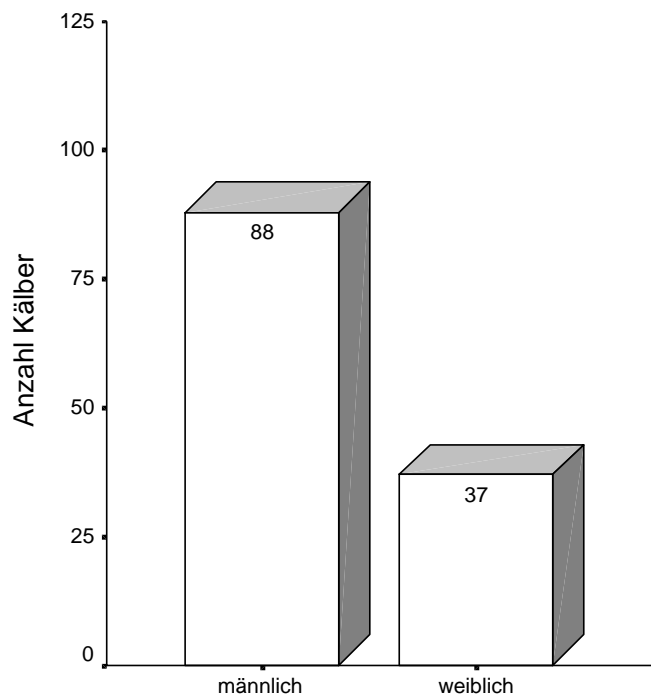


Abb. 3.3: Geschlechterverteilung der Kälber mit Frakturen der langen Röhrenknochen

3.2.2 Ursachen

3.2.2.1 Lage des Kalbes im Geburtsweg und Lokalisation der Fraktur

Von den 125 Tieren war die Lage im Geburtskanal bei 55 (44 %) Kälbern bekannt. Es waren 41 Kälber in Hinterendlage und weitere 14 in Vorderendlage geboren worden. Von den in Hinterendlage geborenen Kälbern war in 21 Fällen das Os femoris und in 20 Fällen die Tibia frakturiert. Von den in Vorderendlage geborenen waren in neun Fällen das Os femoris, zweimal die Tibia und dreimal Radius und Ulna betroffen. Die geringe Kenntnis über die Lage der Kälber beruhte zum Teil darauf, dass 22 Kühe ohne Beobachtung abgekalbt hatten; zum Teil wurde erst in späteren Jahren gezielt nach Lage und Stellung des Kalbes bei der Geburt gefragt.

3.2.2.2 Anamnestische Ursache

Bei insgesamt 77 (61,6 %) der 125 Tiere wurde ein Einfluss von übermäßiger Zughilfe bei der Geburt als mögliche Ursache der Fraktur angesehen. Bei 29 dieser forcierten Extraktionen war gesichert, dass ein mechanischer Geburtshelfer eingesetzt worden war.

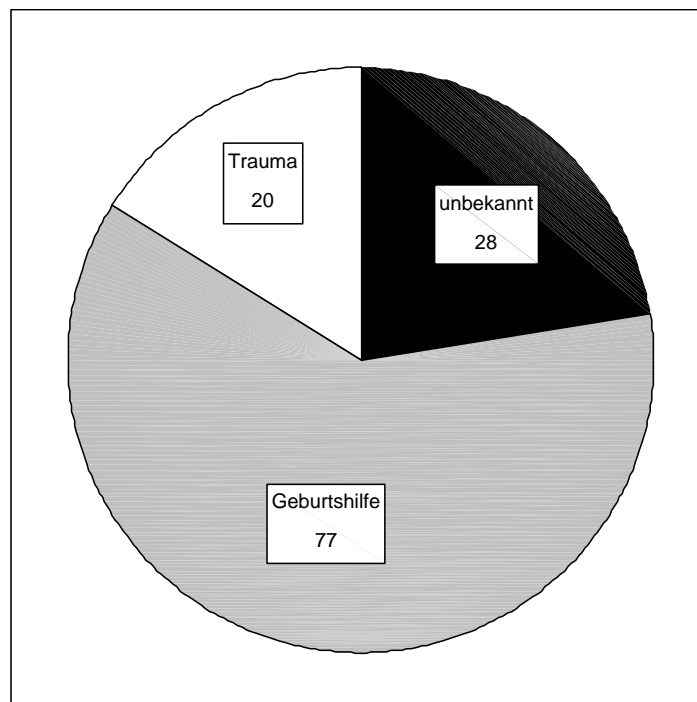


Abb. 3.4: Ursachen der Frakturen

Von zwei Tieren wurde berichtet, dass sie nach der Geburt an den Hinterbeinen aufgehängt oder über eine Mauer gelegt wurden, damit so eine Aspiration von Fruchtwasser behandelt werden konnte; dabei sei die Fraktur entstanden. Bei 20 Frakturen (16 %) wurde ein anderweitiges Trauma nach der Geburt, meist ein Tritt des Muttertieres, vermutet. In 28 Fällen war die Ursache der Fraktur unbekannt (Abb. 3.4).

3.2.3 Lokalisation der Frakturen am Knochen

3.2.3.1 Humerus

Alle drei Humerusfrakturen waren in der Diaphyse lokalisiert. Eine zeigte einen spiralförmigen Frakturverlauf und wies zudem noch eine Fissur auf. Zwei Frakturen wiesen keilförmige Fragmente auf und eine reichte in das Ellbogengelenk hinein.

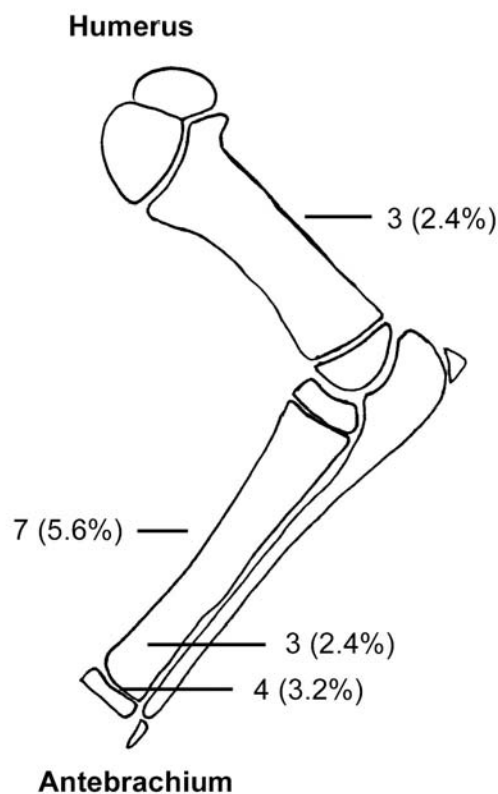


Abb. 3.5: Verteilung der Frakturen am Humerus und Antebrachium

3.2.3.2 Antebrachium

Von 14 Radius- und Ulnafrakturen waren sieben Frakturen in der Diaphyse, drei in der distalen Metaphyse und vier in der Wachstumszone der distalen Epiphyse lokalisiert. Von den sieben diaphysären Frakturen waren eine spiralförmig, zwei schräg und wiederum eine quer verlaufend.

Eine offene Radiusfraktur (Grad II) wies einen schrägen Verlauf mit einem abgesprengten Keil auf, zusammen mit einer einfachen Querfraktur der Ulna. Zuletzt waren zwei Frakturen gesplittert, wobei sowohl der Radius als auch die Ulna betroffen waren. In der distalen Metaphyse waren zwei Schräg- und eine Querfraktur lokalisiert.

Alle Lokalisationen in der distalen Epiphysenfuge konnten dem Fraktur-Typ II nach Salter und Harris zugeordnet werden.

3.2.3.3 Os femoris

Von 50 Frakturen des Os femoris waren eine in der proximalen Epiphyse, drei in der proximalen Metaphyse, 16 in der Diaphyse, 28 in der distalen Metaphyse und zwei in der distalen Epiphyse lokalisiert. Ein Kalb hatte eine Epiphysenfraktur des Caput ossis femoris zusammen mit einer Splitterfraktur der proximalen Metaphyse erlitten. Von den drei Frakturen der proximalen Metaphyse waren einmal eine Abrissfraktur des Trochanter major und zweimal Schrägfrakturen vertreten. Von den in der Diaphyse gelegenen waren fünf einfache Schräg- und fünf einfache Querfrakturen, und sechs wiesen ein keilförmiges Fragment auf. Bei den Frakturen in der distalen Metaphyse handelte es sich um 14 Quer- und sechs Schrägfrakturen, sechs Frakturen mit zusätzlichem keilförmigen Fragment sowie zweimal um eine Splitterfraktur. Von zwei Frakturen im Bereich der distalen Epiphyse war eine nach der Klassifikation von Salter und Harris (1963) als Typ I und eine andere als Typ II zu bezeichnen.

3.2.3.4 Tibia

Unter 58 Tibia Frakturen kam einmal eine Fraktur im Bereich der Wachstumszone der proximalen Epiphyse (SH Typ II) vor.

In 37 Fällen war die proximale Metaphyse betroffen. Darunter waren 12 Schräg-, zehn Quer- und sieben Spiralfrakturen. Oftmals zogen Fissuren in Richtung zur proximalen Epiphyse. Daneben kamen drei Stückfrakturen und fünf Splitterfrakturen vor. Dabei zog einmal der Frakturspalt von der Diaphyse aus in die proximale Metaphyse hinein, wo ein zusätzlicher Splitterbruch der Tuberositas tibiae vorhanden war.

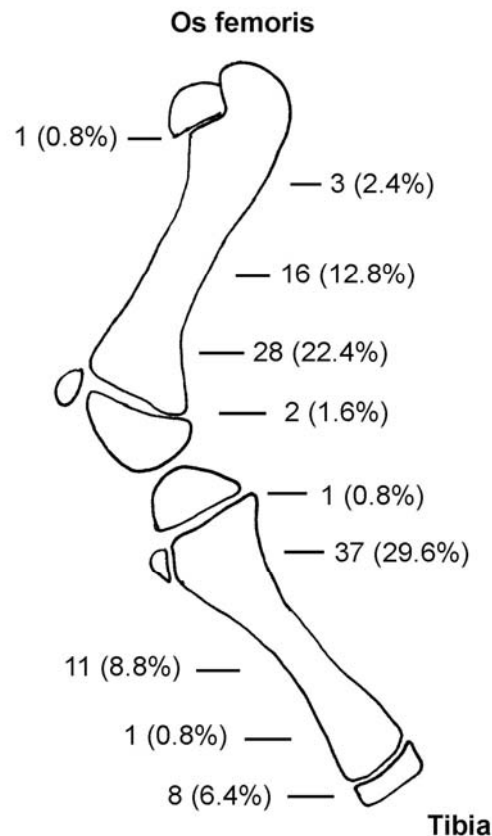


Abb.3.6: Lokalisation der Frakturen an Os femoris und Tibia

Von elf diaphysären Frakturen stellten vier einfache Querfrakturen dar, zwei präsentierten sich als Stückfrakturen mit einem Keilfragment und fünf wiesen mehrere Fragmente auf. Zwei der in der Tibiadiaphyse lokalisierten Frakturen waren offen. Davon wurde eine als Schweregrad I und eine als Schweregrad II offene Fraktur eingeteilt. Eine Querfraktur war in der distalen Metaphyse der Tibia lokalisiert.

Die verbleibenden acht Frakturen befanden sich im Bereich der distalen Epiphyse. Davon waren zwei Frakturen dem Typ I, fünf Frakturen dem Typ II und eine dem Typ IV zuzuordnen. Fünf dieser Frakturen der distalen Epiphyse waren offen (Grad II) (Tab.3.2).

Tab. 3.2: Lokalisation und Klassifikation der Frakturen an den langen Röhrenknochen

lange Röhrenknochen (Anzahl)	proximale Epiphyse*	proximale Metaphyse	Diaphyse	distale Metaphyse	distale Epiphyse*	offen
Humerus (3)			1 (A) 2 (B)			
Radius/ Ulna (14)			4 (A) 1 (B) 2 (C)	3 (A)	4 (A)	1
Os femoris (50)	1 (B)	3 (A)	10 (A) 6 (B)	20 (A) 6 (B) 2 (C)	2 (A)	
Tibia (58)	1 (A)	29 (A) 3 (B) 5 (C)	4 (A) 2 (B) 5 (C)	1 (A)	7(A) 1(B)	7
Gesamt (125)	2	40	37	32	14	8

nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation A = Quer-, Schrägfraktur (einfache) B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe)

3.2.4 Nicht behandelte Tiere

Von den 125 vorgestellten Tieren zeigten 68 (54,4 %) Kälber ein gestörtes Allgemeinbefinden und/oder weitere schwerwiegende Erkrankungen. Als Begleiterkrankungen wurden zusätzliche Frakturen, lokale und systemische Infektionen bei schlechtem Allgemeinbefinden und Kombinationen aus den genannten bezeichnet. Insgesamt wurde die Fraktur bei 18 Kälbern (14,4 %) aufgrund der Schwere der Begleiterkrankungen nicht behandelt (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: 18 Kälber ohne Frakturbehandlung

Kalb Nr.	Tag** der Vorstellung	Lokalisation*	Begleiterkrankung
9	8	34B	Untertemperatur, Diarrhoe, Pneumonie
14	13	31B	NMDC, schlechtes Allgemeinbefinden
21	8	45A	offene Fraktur (Grad II), Osteomyelitis
41	2	34A	Rippenserienfraktur, Leberdystrophie
42	4	42A	NMDC, Omphalitis, Pneumonie
44	2	43A	offene Fraktur (Grad I), viel Blutverlust
45	2	42A	Muskelzerreiung andere Gliedmaße
52	2	34A	Kompartmentsyndrom, Leberdystrophie, Verwahrlosung
54	4	33A	Omphalitis, Pneumonie, Schock, Exitus bei Einlieferung
70	2	42A	Exsikkose, Madenbefall, Frühgeburt
78	13	32A	Osteomyelitis, Omphalitis
90	1	35A	Rippenserienfraktur, Pneumonie, Hämarthros
99	3	34A	Sepsis, Omphaloarteriitis, Peritonitis, Pneumonie
100	1	42A	Rippenserien-, Metatarsalfraktur, Pneumonie
111	2	23A	Schdeltraumata, offene Fraktur (Grad II)
112	2	42C	keine, Euthanasie auf Besitzerwunsch
114	1	45A	NMDC, Omphalitis, offene Fraktur (Grad II)
116	3	42C	Ikterus, Ductus botalli persistens, Gonitis, Sepsis

* Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen: 3 = Os femoris, 4 = Tibia; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 1 = proximale Epiphyse, 2 = proximale Metaphyse, 3 = Diaphyse, 4 = distale Metaphyse, 5 = distale Epiphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A = Quer-/Schrägfraktur (einfache) B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe) ; **nach Frakturentstehung

3.2.5 Therapie

Von insgesamt 125 vorgestellten Kälbern wurde somit bei 107 eine Frakturbehandlung vorgenommen. Davon entfielen 16 auf eine konservative und 91 auf eine operative Versorgung. Weiter aufgeschlüsselt (Tab. 3.4 und Abb. 3.7) wurden 16 (15 %) konservativ, 64 (59,8 %) durch Plattenosteosynthesen, sieben (6,5%) mit Steinmann-Nagelungen, zehn (9,3 %) mit Rush Pins, acht (7,5 %) durch einen Fixateur externe und zwei (1,9 %) mit dem Veterinär-Fixateur (Vet Fix) versorgt (Tab. 3.4).

Tab. 3.4: Übersicht über die Behandlungsformen von Frakturen der langen Röhrenknochen (n = 107)

Therapie	Humerus	Radius/Ulna	Os femoris	Tibia	Gesamt
konservativ	2	5	1	8	16
Plattenosteosynthese	1	6	34	23	64
Steinmann-Nagel	-	-	4	3	7
Rush-Pin	-	-	2	8	10
Fixateur externe	-	2	-	6	8
Veterinär-Fixateur	-	-	1	1	2
Gesamt	3	13	42	49	107

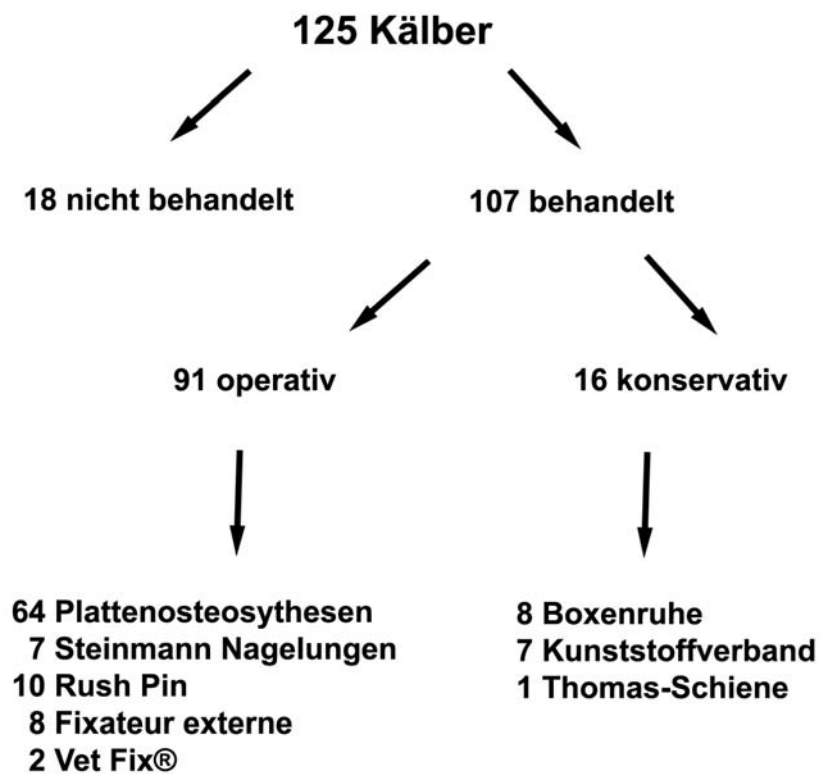


Abb. 3.7: Flussdiagramm der Behandlung der Kälber

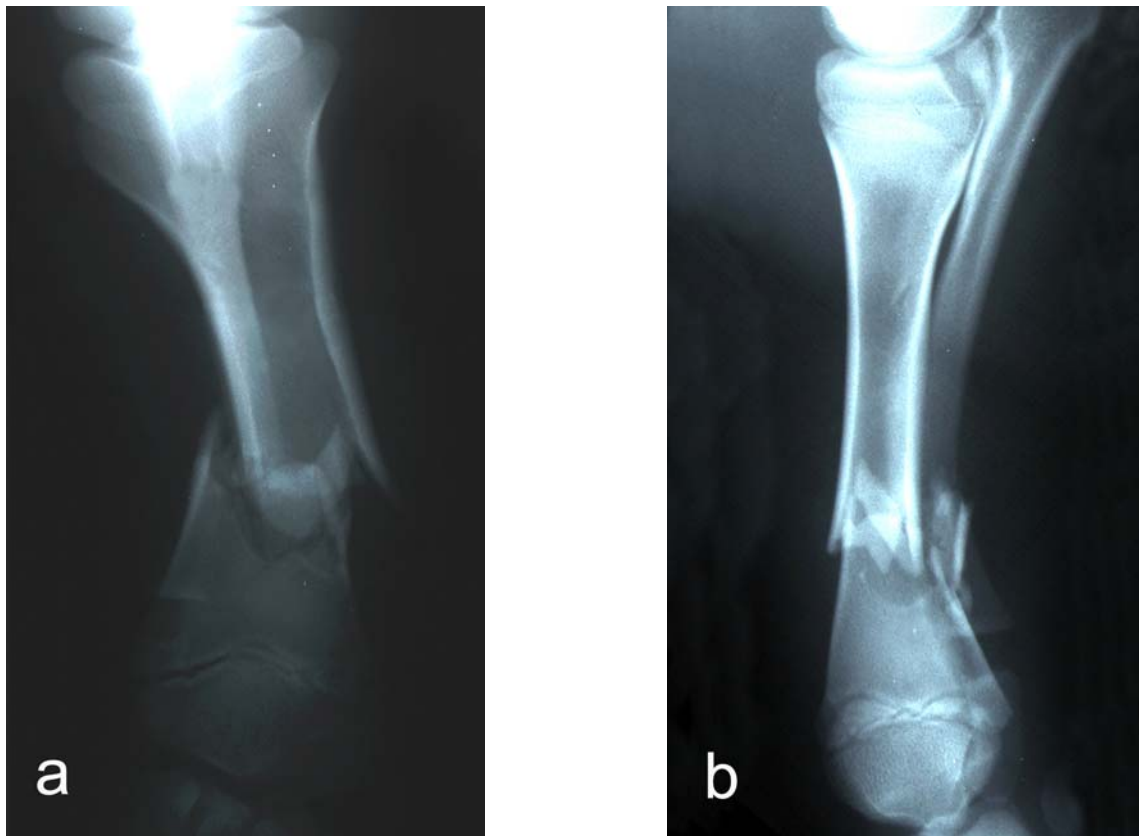
3.2.5.1 Konservative Behandlung

3.2.5.1.1 Humerus

Von insgesamt drei vorgestellten Humerus Frakturen wurden zwei konservativ mit alleiniger Stallruhe behandelt. Davon wurde ein Kalb nach Erklärung der Therapie durch Boxenruhe zur ambulanten Behandlung nach Hause entlassen. Wie sich später herausstellte, wurde es im Betrieb eingeschläfert. Das Tier mit der anderen diaphysären Humerus Fraktur wurde in der Tierklinik in einer kleinen Laufbox aufgestellt und der Verlauf beobachtet. Es belastete die Gliedmaße nicht und entwickelte eine Bursitis praecarpalis des kontralateralen Beines und eine Omphalitis. Es wurde am 17. Tag eingeschläfert.

3.2.5.1.2 Radius und Ulna

Von den insgesamt 13 behandelten Frakturen des Antebrachiums wurden fünf nach gedeckter manueller Reposition mit einem Kunstharzverband versorgt. Zwei dieser Frakturen lagen in der Diaphyse, bei dreien handelte es sich um eine Fraktur mit Beteiligung der distalen Epiphysenfuge (Salter-Harris-TypII). Der Watteverband wurde zunächst von den Klauen bis zum Ellbogengelenk angelegt; darauf aufstützend konnte er bis über das Ellbogengelenk hochgezogen werden. Der nachfolgende Kunstharzverband härtete somit aus, indem er das Gelenk mit einschloss. Die Kälber kamen mit dem Verband nach den ersten Aufstehversuchen gut zurecht und belasteten die Gliedmaße nach kurzer Zeit.



Bilder 1a und 1b: Fleckviehkalb, 2 Tage, mit einer diaphysären Splitterfraktur von Radius und Ulna, rechts **a)** kraniokaudaler Strahlengang **b)** mediolateraler Strahlengang



Bilder 1c, 1d und 1e: konservative Frakturbehandlung der Radius-Ulna-Fraktur durch einen Kunststoffverband **c)** Kontrolle nach 2 Wochen, **d)** Frakturdurchbau nach sechs Wochen, kraniokaudaler und **e)** mediolateraler Strahlengang.

3.2.5.1.3 Os femoris

Von 42 zu behandelnden Frakturen des Os femoris wurde nur ein Kalb, eines mit einer zwei Tage alten Fraktur in der distalen Metaphyse, mit alleiniger Stallruhe behandelt. Dieses Kalb hatte eine leichte Lastaufnahme an der verletzten Gliedmaße gezeigt und kam von Beginn an mit der Fraktur gut zurecht, so dass die konservative Behandlung vertretbar erschien. Die Belastung besserte sich in den ersten Wochen zusehends, und das Allgemeinbefinden war stets gut.

3.2.5.1.4 Tibia

Von insgesamt 49 Tibiafrakturen wurden acht konservativ behandelt. Von diesen erhielten fünf eine Behandlung durch alleinige Boxenruhe. Alle fünf Kälber waren zwischen fünf bis 13 Tagen nach dem Frakturtrauma eingeliefert worden. Diese Kälber belasteten die verletzte Gliedmaße und zeigten keine Allgemeinbeschwerden. Da die Fraktur röntgenologisch in der proximalen Metaphyse lag und Fragmente nicht disloziert, sondern ineinander verkeilt waren, wurde die konservative Behandlung versucht.

Zwei weitere Frakturen, eine Fraktur in der distalen Metaphyse und eine Absprengungsfraktur des Os malleolare, wurden mit einem Kunstharzverband stabilisiert. Einmal diente eine Thomas-Schiene der Ruhigstellung einer Querfraktur der proximalen Metaphyse. Alle drei so behandelten Kälber waren nicht in der Lage, selbstständig aufzustehen. Obwohl sie regelmäßig aufgestellt wurden, verschlechterte sich der Allgemeinzustand zusehends, so dass sie innerhalb von zwei Wochen eingeschläfert werden mussten.

3.2.5.2 Operative Behandlung

3.2.5.2.1 Plattenosteosynthese

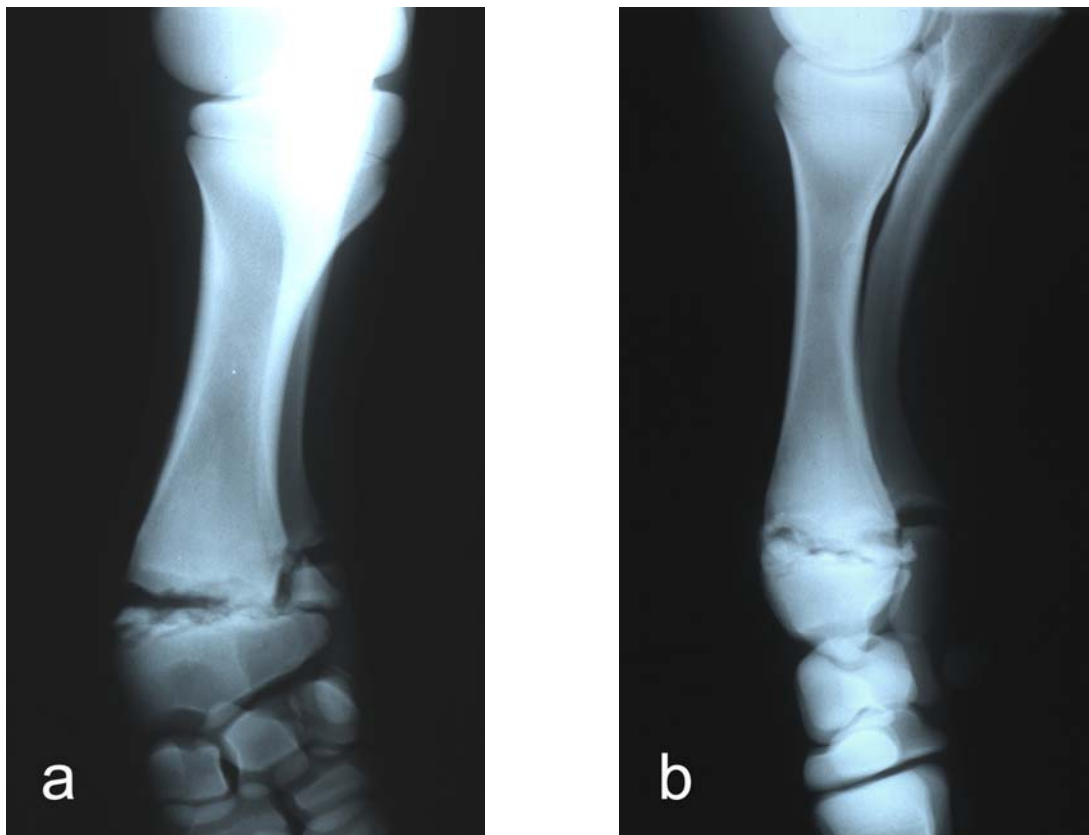
Bei 60 Kälbern wurde eine offene Reposition und Fixation mit Plattenosteosynthese durchgeführt. Bei vier Kälbern wurde die Frakturbehandlung intra operationem aufgrund von Schwierigkeiten bei der Reposition abgebrochen, weitere vier Kälber starben in der Narkose.

3.2.5.2.1.1 Humerus

Einmal wurde eine Fraktur des Oberarmbeines mit Plattenosteosynthese versorgt. Die diaphysäre Spiralfaktur wies Fissuren auf, die in die Metaphysen zogen; deswegen und auch wegen der Schwierigkeit im Zugang wurden die Fragmente zusätzlich durch zwei Drahtzerklagen fixiert.

3.2.5.2.1.2 Antebrachium

Von 13 Frakturbehandlungen am Antebrachium bestanden insgesamt sechs aus Plattenosteosynthesen. Bei zwei diaphysären Frakturen wurden breite dynamische Kompressionsplatten dorsolateral angelegt. Bei einer weiteren diaphysären Fraktur sowie einer der distalen Metaphyse wurden je eine Platte medial und eine zweite dorsomedial am Knochen angebracht. Eine andere diaphysäre Fraktur erhielt eine Behandlung durch eine Löffelplatte in Kombination mit einer zusätzlichen Neutralisationsplatte. Eine Fraktur der distalen Epiphyse (Salter-Harris-TypII) wurde durch eine T- Platte stabilisiert.



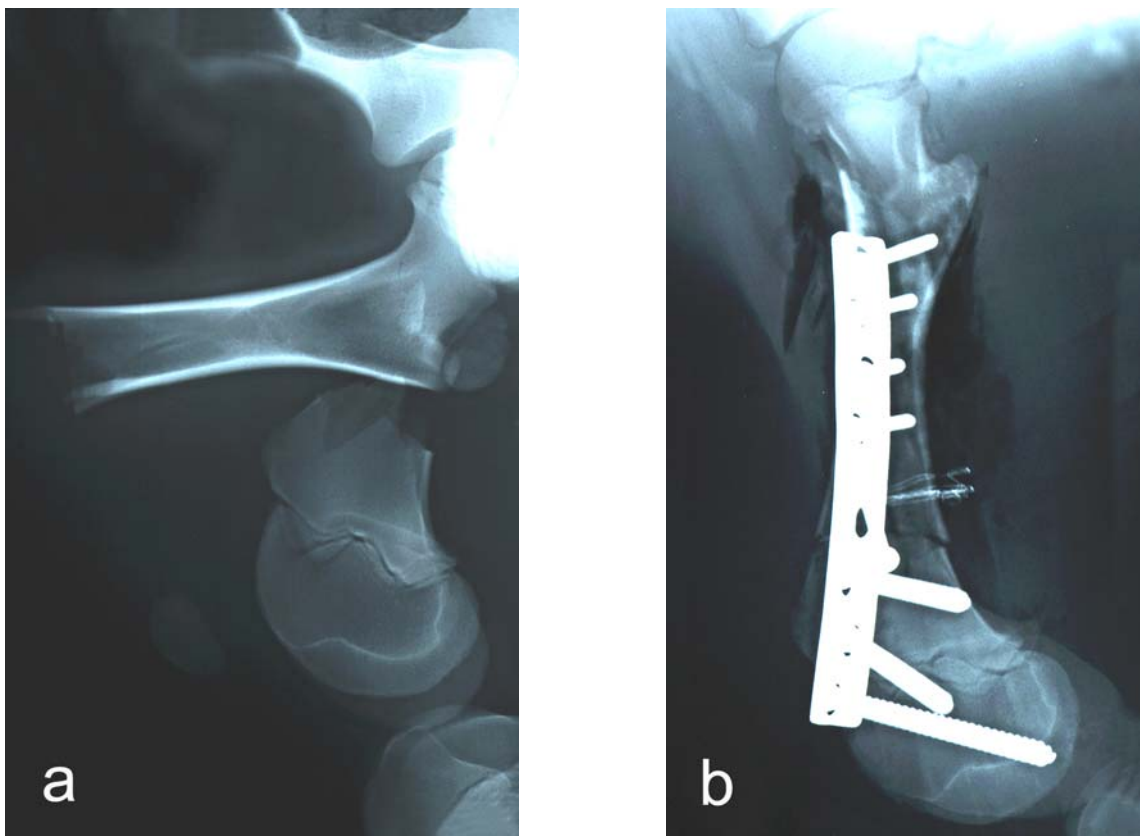
Bilder 2a und b: Fleckviehkalb, 2 Wochen alt, mit einer distalen Epiphysenfraktur (Salter- Harris II) des Radius, links **a)** kraniokaudaler **b)** mediolateraler Strahlengang, 14 Tage nach dem Frakturtrauma, vor der Frakturbehandlung.



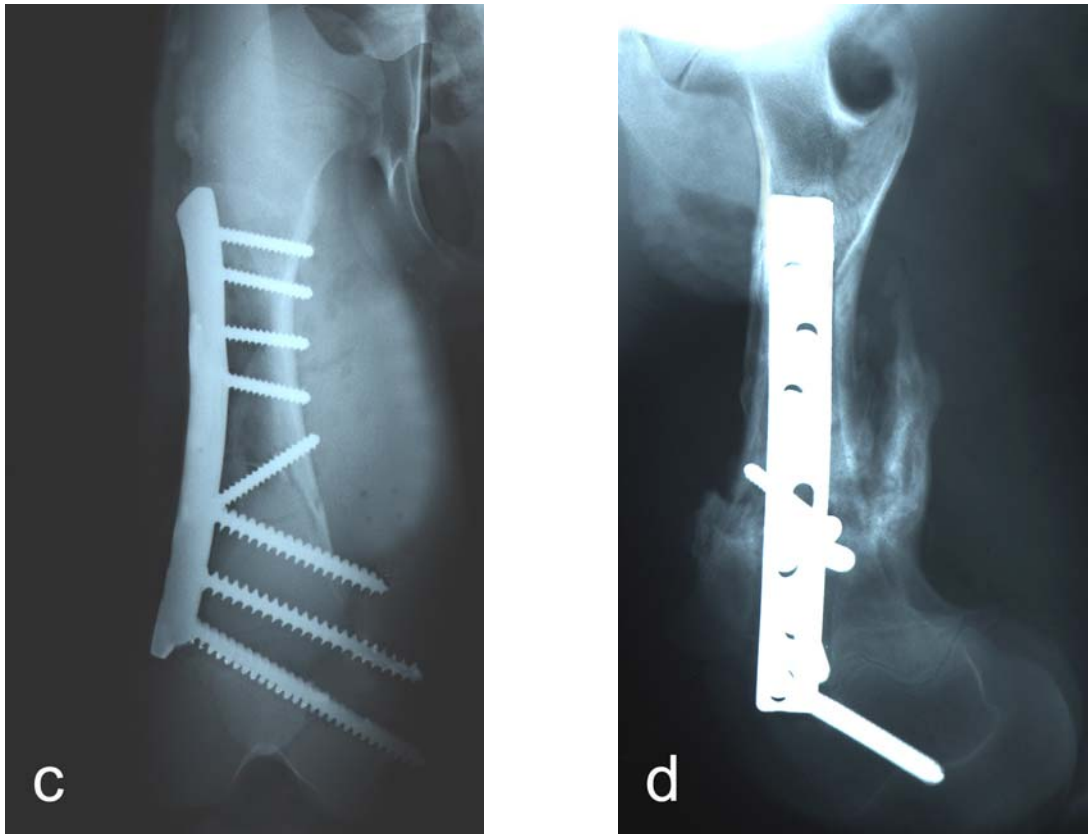
Bilder 2c, 2d, 2e, und 2f: Röntgenaufnahmen nach Frakturbehandlung der Radiusfraktur **c)** kraniokaudaler und **d)** mediolateraler Strahlengang, Osteosynthese durch eine T-Platte mit 5 Kortikalisschrauben, 2 Wochen post operativ **e)** und **f)** Kontrolle nach 6 Wochen, Achsenfehlstellung durch Überbrückung der distalen Epiphysenfuge.

3.2.5.2.1.3 Os femoris

Unter 42 behandelten Frakturen des Os femoris entschied man sich bei 30 dafür, die Plattenosteosynthese anzuwenden. Bei einer in der proximalen Metaphyse gelegenen Fraktur wurde eine breite Wagnerplatte angebracht. Mit dynamischen Kompressionsplatten (DCP) wurden zwölf diaphysär lokalisierte Frakturen behandelt. In zwei dieser Fälle sorgten zusätzliche Platten von kaudolateral für zusätzliche Stabilität. Einmal wurde hierzu eine Rundloch- und einmal eine Malleolus Platte verwendet. Von den insgesamt 15 in der distalen Metaphyse lokalisierten Frakturen wurden 14 mit dynamischen Kompressionsplatten fixiert. Einmal wurde zur stärkeren Fixation eine T-Platte kaudolateral an die Os femoris-Kontur angebracht. In zwei Fällen wurden Drainagen angewendet.



Bilder 3a und 3b: Fleckviehkalb, 4 Tage, Os femoris-Fraktur der distalen Metaphyse, rechts
a) mediolaterale Röntgenaufnahme bei Einlieferung **b)** mediolaterale Röntgenaufnahme nach der Frakturbehandlung durch eine 8-Loch- Dynamische Kompressionsplatte.

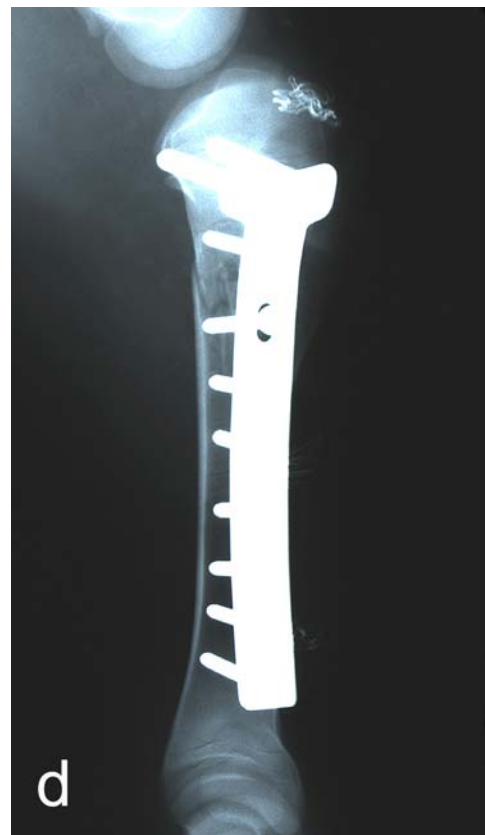


Bilder 3c und 3d: c) kraniokaudale Röntgenaufnahme des Os femoris, post operativ. d) Kontrolle der behandelten Os-femoris-Fraktur 8 Wochen post operativ, mediolateraler Strahlengang; Frakturdurchbau aber Lockerung der Schrauben und überschießende Kallusproduktion.

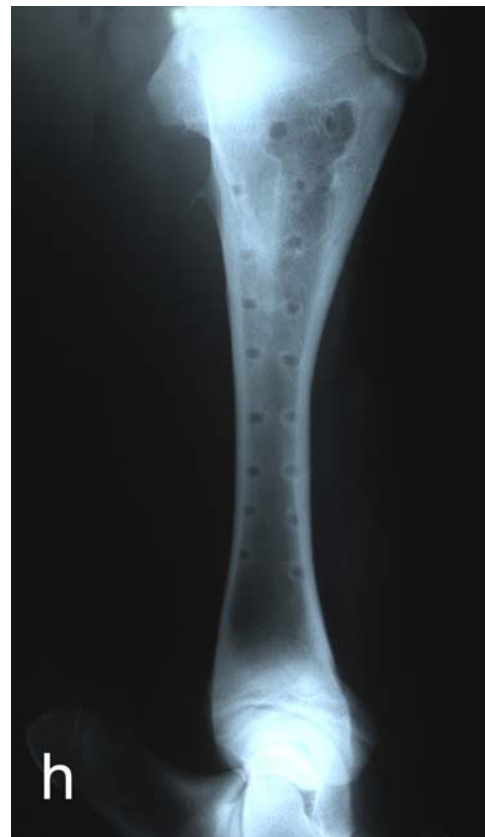
3.2.5.2.1.4 Tibia

Insgesamt 23 von 49 Tibiafrakturen erhielten eine offene Reposition und Fixation durch eine Plattenosteosynthese.

Von den in der proximalen Metaphyse gelegenen Frakturen wurden sieben mit einer Plattenosteosynthese versorgt. Darunter waren drei Fixationen mit Löffelplatten, weitere drei mit T-Platten und eine mit einer Rundlochplatte. Bei drei dieser Fälle dienten zwei übereinander gelegte Platten („Sandwich-Technik“) der stärkeren Stabilisation. Bei acht in der Diaphyse lokalisierten Frakturen wurden sechsmal Spanngleitlochplatten (DCP) verwendet. In zwei Fällen wurden zusätzliche Platten, einmal eine Kompressionsplatte und einmal eine T-Platte, angebracht. Zwei diaphysäre Frakturen wurden durch Wagnerplatten behandelt, während eine Fraktur mit Beteiligung der distalen Epiphyse durch eine dynamische Kompressionsplatte fixiert wurde. Bei einer Behandlung wurde eine Drainage angebracht.



Bilder 4a, 4b, 4c und 4d: Fleckviehkalb, 2 Tage, mit einer Fraktur der proximalen Tibiametaphyse, links **a)** kaudokranieler und **b)** mediolateraler Strahlengang **c)** und **d)** entsprechende Röntgenaufnahmen nach Frakturbehandlung durch eine übereinander angebrachte T-Platte („Sandwich-Technik“) mit zwei Spongiosaschrauben proximal und acht Kortikalisschrauben distal des Frakturspaltes.



Bilder 4e, 4f, 4g, und 4h: e) kaudokraniale und f) mediolaterale Röntgenaufnahme bei einer Kontrolle der Frakturbehandlung nach drei Monaten, vor der Implantatentfernung, g) und h) entsprechende Röntgenaufnahmen nach der Implantatentfernung

3.2.5.3 Veterinär-Fixateur (Vet Fix)

Ein Kalb mit einer Fraktur der distalen Metaphyse des Os femoris und eines mit einer Fraktur der proximalen Metaphyse der Tibia wurden durch einen Veterinär-Fixateur (Vet Fix) behandelt.

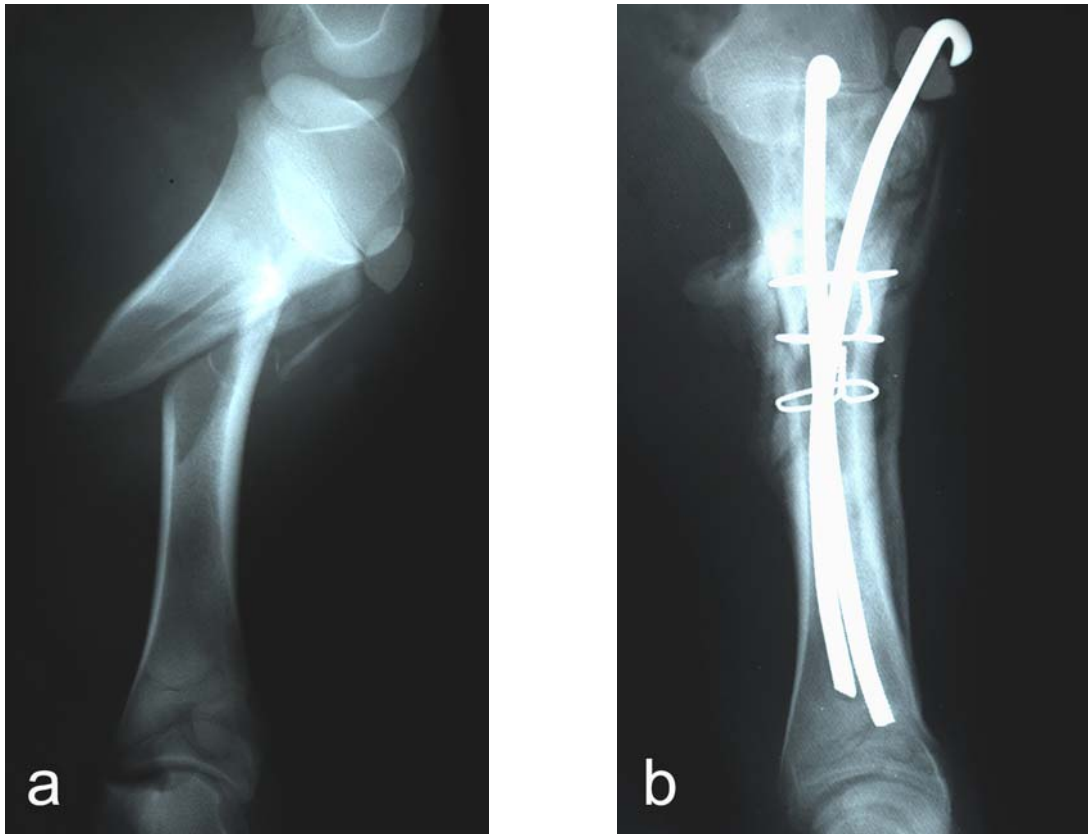
3.2.5.3.1 Osteosynthese mit intramedullärem Kraftträger

3.2.5.2.3.1 Nagelung nach Steinmann und Bündelnagelung

Insgesamt wurde bei sieben Frakturen die Therapie durch Steinmann-Nägel oder Bohrdrähte gewählt. Vier Frakturen des Os femoris wurden mit Steinmann-Nägeln behandelt. Bei einer Fraktur der proximalen Metaphyse wurden zwei Steinmann-Nägel vom Tuberculum majus aus eingeführt. Bei zwei Frakturen der distalen Metaphyse sowie einer Fraktur in der distalen Wachstumszone (SH Typ I) wurden die Steinmann-Nägel retrograd vom Kniegelenk her eingeführt. Eine Fraktur im Bereich der proximalen Wachstumszone (SH Typ II) sowie zwei offene Frakturen der distalen Epiphysenfuge der Tibia wurden mit Bohrdrähten fixiert.

3.2.5.2.3.2 Nagelung nach Rush

Die Technik nach Rush wurde bei insgesamt zehn Frakturen, und zwar bei zwei Frakturen des Os femoris und bei acht der Tibia, begonnen. Ein Kalb mit einer proximalen Tibia Fraktur starb jedoch in der Narkose (Tab.: 3.7). Am Os femoris lagen einfache Frakturen der distalen Metaphyse vor. Bei einem Tier wurden retrograd vom Kniegelenk ausgehend je ein Rush Pin von lateral, medial und kranial, bei einem zweiten Kalb wurde jeweils ein Rush Pin lateral und medial in den Oberschenkelknochen eingebracht. Bei fünf in der proximalen Metaphyse und einer in der Diaphyse gelegenen Tibia Frakturen wurden je ein Rush Pin von medial sowie einer von lateral eingebracht. Zusätzlich wurden in drei Fällen Zerklagen und einmal ein Steinmann Nagel zur weiteren Stabilisierung eingesetzt. Bei der Versorgung einer Fraktur mit Beteiligung der distalen Wachstumszone der Tibia wurde ein Rush Pin und zwei zusätzliche Bohrdrähte gesetzt. Bei insgesamt vier Behandlungen diente zusätzlich ein Kunstharzverband der äußeren Stabilisation.



Bilder 5a und 5b: Fleckviehkalb mit einer Spiralfaktur der proximalen Metaphyse der Tibia, links **a)** mediolateraler Strahlengang bei Einlieferung am dritten Tag **b)** Röntgenkontrolle 10 Tage nach der Frakturbehandlung durch zwei Rush-Pins und drei Drahtzerklagen. Langfristig war das Behandlungsergebnis gut.

3.2.5.3.2 Osteosynthese mit einem Fixateur externe

Es wurden acht Frakturen durch einen Fixateur externe versorgt. Davon erhielten zwei Frakturen der distalen Metaphyse des Radius einen Fixateur externe sowie einen zusätzlichen Verband. In der Tibia wurden vier Frakturen der proximalen Metaphyse, ein offene Fraktur der Diaphyse sowie eine offene Fraktur in der distalen Epiphysenfuge (SH Typ II) mit einem Fixateur externe behandelt. Beide offenen Frakturen erhielten zur weiteren Stabilisation einen Kunstharzverband.

3.2.5.4 Unmittelbar postoperative Nachbehandlung und Heilverlauf

3.2.5.4.1 Konservative Behandlung

Die tägliche Untersuchung des Allgemeinbefindens der 15 in der Klinik verbliebenen konservativ behandelten Kälber wurde bei 14 als gut bis mäßig beurteilt. Eines entwickelte zusehends ein schlechtes Allgemeinbefinden. Zwölf dieser Tiere waren

innerhalb der folgenden zwei Wochen in der Lage, die Gliedmaße zu belasten und wurden nach einer abschließenden Röntgenuntersuchung nach Hause entlassen. Bei insgesamt 10 der 15 konservativ behandelten Frakturen wurde eine Frakturheilung erzielt.

3.2.5.4.2 Operative Behandlung

Von den zunächst 91 Tieren überlebten 82 die Operation (siehe Tab. 3.6 und 3.7). Insgesamt verblieben 77 Kälber zur Nachbehandlung in der Tierklinik, der Heilungsverlauf von fünf Tieren wurde nicht dokumentiert. In 76 Fällen wurden während der ersten Tage Chemotherapeutika in Form von Beta-Lactam Antibiotika eingesetzt. Die Zeitspanne variierte, je nach Allgemeinbefinden des Tieres, zwischen einer einmaligen Gabe prä operationem bis zu einer täglichen Gabe eine Woche post operationem. Die Nachbehandlung der operativ versorgten Kälber beinhaltete neben täglicher Allgemeinuntersuchung vor allem die Wundkontrolle sowie die Beobachtung der Belastung der Gliedmaße. Von den 77 in der Klinik verbliebenen Kälbern wurde das Allgemeinbefinden in dieser Zeit bei 28 als „gut“ und bei 34 als mäßig gestört beurteilt. Viele Tiere, deren Allgemeinbefinden als mäßig gestört bezeichnet wurde, entwickelten Fieber mit klinischen Anzeichen einer Pneumonie oder Diarrhoe. Insgesamt 15 Kälber zeigten ein schlechtes Allgemeinbefinden. Bei 60 (77,9 %) der 77 Kälber ergab sich im Verlauf von zwei Wochen eine gute bis mäßige Belastung. Von den 26 Kälbern, die innerhalb kurzer Zeit eine gute Belastung der Gliedmaße sowie ein zufriedenstellendes Stehvermögen zeigten, waren alle durch eine Plattenosteosynthese sowie den Veterinär-Fixateur versorgt worden. Ein nicht zufriedenstellender Gebrauch der Gliedmaße wurde bei 17 der operierten Kälber beobachtet.

Wenn die Belastung der Gliedmaße innerhalb der Box zufriedenstellend war, wurden die Tiere zeitweise auf einer Wiese aufgestellt und das Gehvermögen beobachtet. Nach zehn Tagen post operationem wurden die Hautfäden entfernt und insgesamt 54 Kälber nach einer durchschnittlichen Aufenthaltsdauer von zwei Wochen nach Hause entlassen. Insgesamt wurde bei 50 (54,9 %) der 91 operativ behandelten Frakturen eine Heilung erzielt.

Therapie	Anzahl	intraoperative Komplikationen	weitere Komplikationen	aus Klinik entlassen	Spät- komplikationen	mittelfristig geheilt *	langfristig geheilt **
Konservativ	16	-	5	12	1	10 (62,5%)	10 (62,5%)
Plattenosteosynthese	64	15	24	38	2	36 (56,3%)	35 (54,7%)
Steinmann Nagel	7	1	6	3	-	3 (42,9%)	1 (14,3%)
Rush Pin	10	3	8	6	-	6 (60,0%)	3 (30,0%)
Fixateur externe	8	-	5	5	2	3 (37,5%)	3 (37,5%)
Vet Fix	2	-	-	2	-	2 (100,0%)	2 (100,0%)
Gesamt	107	19	48	66	5	60 (58,3%)	54 (52,4%)

Tab. 3.5: Behandlungsergebnisse von 107 Therapien bei Kälberfrakturen

*als mittelfristig geheilt galten alle Frakturheilungen innerhalb sechs Monaten nach Frakturbehandlung;

**als langfristig geheilt galten sehr gute und gute Spätergebnisse (mindestens sechs Monate nach Frakturbehandlung)

3.2.6 Begleiterkrankungen und Frakturheilung

Von 57 Tieren, die mit gutem Allgemeinbefinden, genügender Kolostrumaufnahme und ohne weitere Traumatisierung in der Tierklinik vorgestellt wurden, kam es in 41 (71,9 %) Fällen zu einer Frakturheilung. Von 35 Kälbern, die mit geringfügigen Begleiterkrankungen in der Klinik vorgestellt wurden, kam es nur bei 16 Tieren zu einer Frakturheilung. Von 33 Kälbern, die bei der Einlieferung klinisch schon erhebliche Begleiterkrankungen aufwiesen sowie eine frühzeitige Kolostrumaufnahme nicht stattgefunden hatte, wurden aufgrund der schlechten Prognose nur 16 behandelt. Eine Frakturheilung fand nur bei drei (9,1 %) dieser Tiere statt, die anderen 13 Kälber starben oder wurden eingeschläfert.

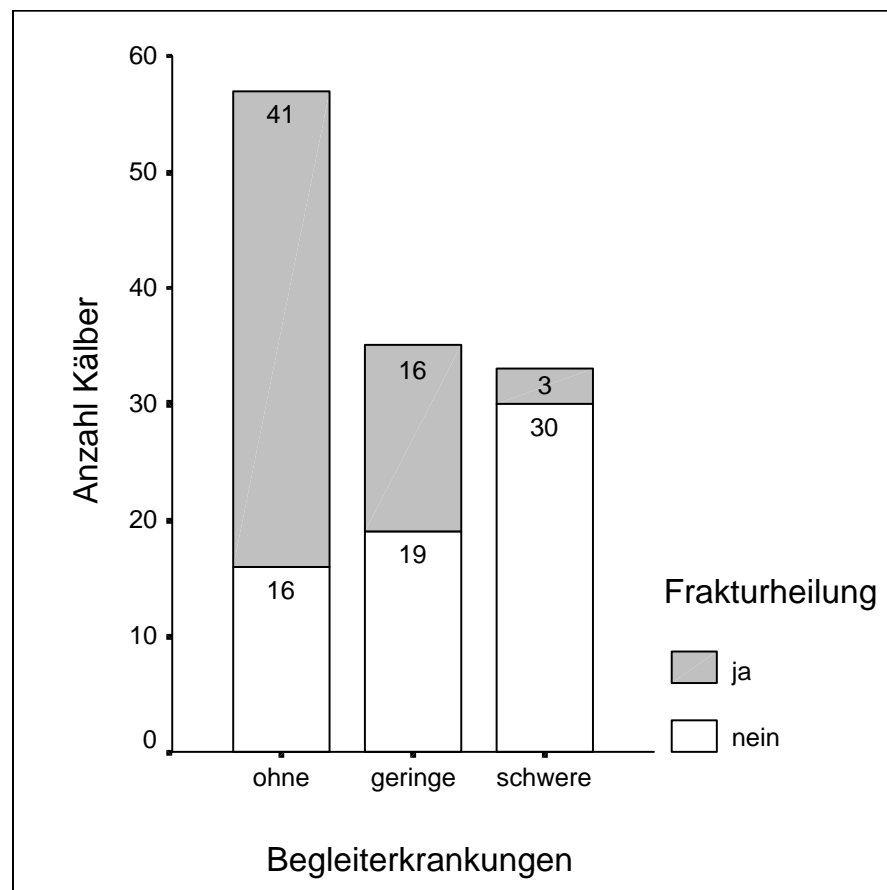


Abb. 3.8: Anzahl der Kälber, die mit Begleiterkrankungen vorgestellt wurden und die nachfolgende Heilung der Frakturen

Der negative Einfluss der Begleiterkrankungen auf die Heilung war hoch signifikant (Chi²-Test: $p < 0.01$). Die Heilungschancen von Kälbern mit schwerwiegenden Begleiterkrankungen waren demnach gering.

3.2.7 Komplikationen

Von insgesamt 107 Kälbern mit Frakturbehandlungen kam es in 67 (62%) Fällen zu Komplikationen im intra- und postoperativen Behandlungsverlauf. Von diesen konnten 26 Tiere aus der Klinik entlassen werden.

3.2.7.1 Intraoperative Komplikationen

Von 91 operativ behandelten Kälbern starben fünf in der Narkose, vier weitere wurden intra operationem eingeschläfert, weil entweder die Frakturkonfiguration oder die Muskelkontraktur eine Reposition nicht erlaubte (Tab: 3.6).

Tab. 3.6: Intra operationem eingeschläfert

Kalb Nr.	Geschlecht	Einlieferungstag*	Frakturort**	Begründung
17	m	2	34A	Muskelkontraktur
81	m	2	34C	stark gesplittert
91	m	5	34B	Muskelkontraktur, Rippenserienfraktur
106	m	9	33A	Muskelkontraktur

*in Tagen nach dem Frakturtrauma; ** modifizierte Frakturklassifikation nach Steiner (1993): Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 3= Os femoris, die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 3 = Diaphyse, 4= distale Metaphyse, A = einfache, B = keilförmige, C = komplexe Fraktur.

Bei insgesamt zehn Kälbern wurde aufgrund der gelenknahen Lokalisation der Fraktur das Kniegelenk und einmal das Tarsalgelenk während der Operation ungewollt eröffnet. Bei drei Behandlungen ragte eine Schraube und bei einer ein Bohrdraht in das Gelenk.

Einmal kam es durch ein Gelenktrauma zu einer Infektion. Vier Fixationen waren instabil. Diese fünf Tiere starben während des weiteren Klinikaufenthalts.

Damit eine stabile Fixation der Fraktur erreichbar war, insbesondere bei Frakturen der distalen Metaphyse des Os femoris, wurden in 41 Fällen die Wachstumszonen in die Fixation mit einbezogen und somit traumatisiert.

Von insgesamt 30 bei Plattenosteosynthesen verletzten Epiphysenfugen entwickelten drei Tiere schwerwiegende Komplikationen. Zwei Kälber zeigten im

weiteren Verlauf eine Osteomyelitis und Sepsis und wurde daraufhin euthanasiert, eine Fraktur in der distalen Epiphysenfuge (SH-II) der Tibia heilte unter Valgusstellung der Gliedmaße ab.

Von zwei Kälbern, deren Wachstumszonen von Rush Pins durchquert wurden, fand einmal eine Epiphyseodese statt. Das zweite Tier entwickelte eine systemische Infektion und starb in der Klinik.

In drei Fällen wurden die Wachstumszonen durch Steinmann-Nägel, bei vier Behandlungen durch einen Bohrdrat eines Fixateur externe sowie bei zwei Versorgungen durch eine Vet Fix-Schraube ohne erkennbare nachfolgende Komplikationen traumatisiert.

Tab.3.7: Intraoperative Komplikationen (19) bei 91 operativen Behandlungen

	Platten- osteosynthese (64)	Steinmann -Nagel (7)	Rush Pin (10)	Fixateur externe (8)	Vet Fix (2)	Gesamt
Operation abgebrochen	4	-	-	-	-	4
Narkosetod	4	-	1	-	-	5
Gelenktrauma	4	1	-	-	-	5
Fugentrauma	3	-	2	-	-	5
Gesamt	15	1	3	0	0	19

3.2.7.2 Komplikationen im weiteren Behandlungsverlauf

Bei insgesamt 48 der behandelten Kälber traten Komplikationen in Form von primären, also die Fraktur betreffenden, und sekundären Erkrankungen auf (Tab. 3.8). Insgesamt starben 32 der Kälber aufgrund der aufgeführten Komplikationen im weiteren Behandlungsverlauf.

Tab 3.8: Komplikationen* bei 48 von 98 Kälbern (inklusive zwei Behandlungen mit Veterinär- Fixateur) im unmittelbaren postoperativen Behandlungsverlauf

Komplikation	Konservativ (16)	Plattenosteosynthese (56)	Steinmann - Nagel (7)	Rush Pin (9)	Fixateur externe (8)	Gesamt
Anzahl der Tiere mit Komplikationen	5	24	6	8	5	48
Instabilität	5	18	5	7	2	37
Infektion lokal	-	4	1	1	3	9
Infektion systemisch	3	6	1	1	2	13
Refraktur	-	3	2	1	1	7
davon gestorben	4	18	4	3	3	32

Interaktionen zwischen Komplikationen traten häufig auf.

3.2.7.2.1 Konservative Therapie

Von 16 konservativ behandelten Frakturen waren bei fünf Komplikationen zu verzeichnen. Alle Komplikationen ließen sich auf eine Instabilität der Fraktur zurückführen. Insgesamt wurden vier der 16 Kälber aufgrund dieser Komplikationen eingeschläfert.

3.2.7.2.2 Operative Therapie

Bei 43 der 82 die Operation überlebenden Kälber kam es zu Komplikationen im weiteren Behandlungsverlauf. Von 32 aufgetretenen Instabilitäten waren 16 Behandlungen der Tibia, 14 des Os femoris und 2 Behandlungen von Radius- und Ulnafrakturen. Lokale und systemische Infektionen entwickelten sich in 19 Fällen. Infektionen nach operativen Behandlungen der Tibia waren signifikant häufiger (Chi²-Test: < 0.05) als die des Os femoris.

3.2.7.2.2.1 Osteosynthese durch Platte

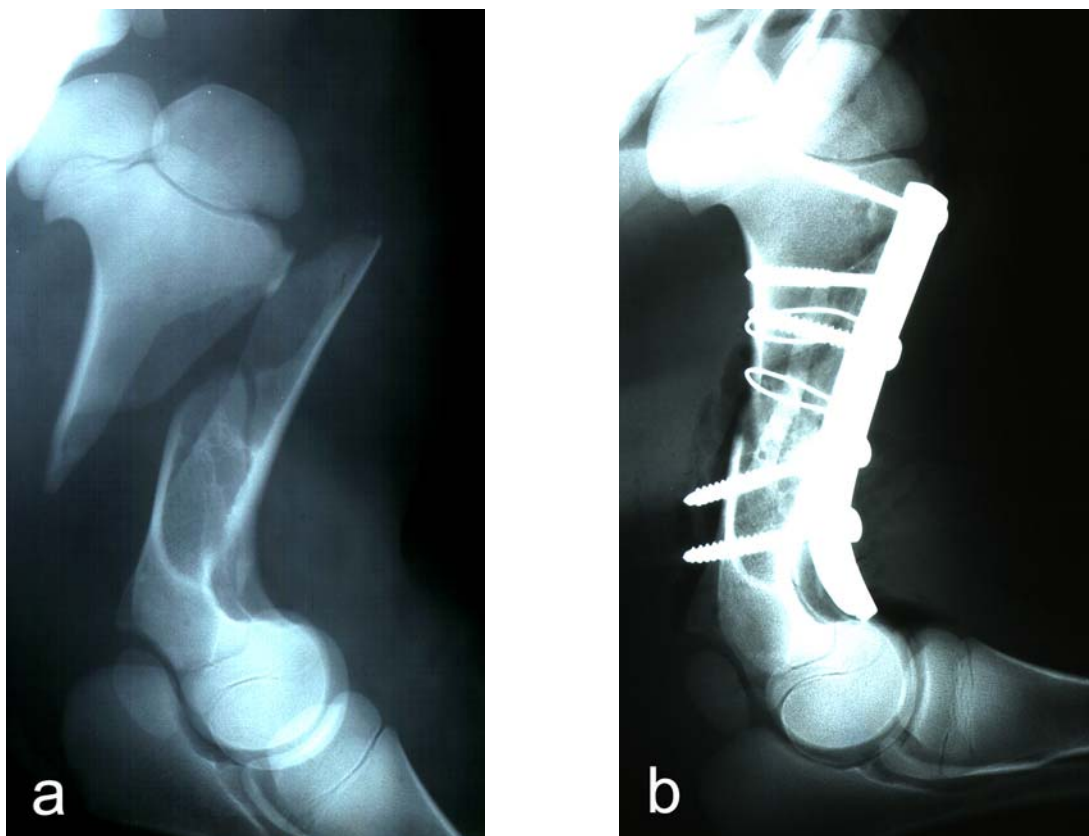
A) intraoperative Komplikationen

Von 64 Kälbern, bei denen eine Frakturbehandlung durch Plattenosteosynthese begonnen wurde, mussten vier Tiere intra operationem euthanasiert werden. Es starben vier weitere Kälber aufgrund eines Narkosezwischenfalls (Tab. 3.6 und 3.7)

B) Komplikationen im weiteren Behandlungsverlauf

Von den 56 verbleibenden und durch eine Plattenosteosynthese behandelten Tieren traten bei insgesamt 24 (42,9 %) eine oder mehrere Komplikationen auf. Implantatlockerungen und Instabilitäten entstanden bei 18 Tieren. Von diesen Tieren konnten trotzdem acht später aus der Klinik entlassen werden.

Bei drei Tieren kam es zu einer Refraktur: Die Behandlung einer Humerusfraktur durch eine Plattenosteosynthese war erfolglos. Bei ersten Aufstehversuchen post operationem kam es zu einem Ausreißen der Schrauben aus dem Knochen.



Bilder 6a und 6b: Fleckviehkalb, 1 Tag alt mit diaphysärer Spiralfaktur des Humerus, links **a)** mediolaterales Röntgenbild am Tag der Einlieferung, **b)** nach der Frakturbehandlung durch eine Plattenosteosynthese mit fünf Malleolarschrauben und zwei Zerklagedrähten



Bild 6c: Durch Plattenosteosynthese behandelte Humerusfraktur, proximaler Ausriss des Implantates einen Tag nach der Frakturbehandlung

Ein Kalb glitt einen Tag nach der Frakturbehandlung des Oberschenkelknochens in der Box aus und erlitt eine Tibiafraktur an der gleichen Gliedmaße. Eine weitere Refraktur mit Implantatausriss war bei einer Fraktur der proximalen Metaphyse der Tibia zu verzeichnen.

Von zehn postoperativ aufgetretenen Infektionen war in drei Fällen während der Operation ein Gelenktrauma gesetzt worden. In vier Fällen kam es zu einer Osteomyelitis. Einmal bildete sich ein Knochensequester an der Tibia; bei dieser Operation war zuvor eine Saugdrainage eingelegt worden. Systemische Infektionen entwickelten sich bei sechs Tieren. Bei diesen waren bei einem der Radius, bei zweien das Os femoris und bei drei Kälbern die Tibia behandelt worden.

Insgesamt starben 18 der 24 Kälber mit Komplikationen nach Fixation durch die Plattenosteosynthese.

3.2.7.2.2 Nagelung nach Steinmann (Bündelnagelung)

Von sieben mit Steinmann-Nägeln behandelten Frakturen wurden bei sechs postoperative Komplikationen festgestellt. In einem Fall konnte der spätere Heilungsverlauf nicht mehr eruiert werden, da das Tier vorzeitig entlassen wurde. Eine Lockerung der Bohrdrähte kam in sechs Fällen vor und führte zur Instabilität mit Dislokation der Fraktarenden bei fünf Tieren. Zweimal trat eine Refraktur auf. Einmal wanderte ein gelockerter Steinmann-Nagel ins Kniegelenk. Das Tier entwickelte neben einer Instabilität des Frakturbereiches eine Arthritis und eine Septikämie. Bei einem Kalb war im Anschluss an eine Osteomyelitis der Tibia eine Ankylosierung des Tarsalgelenks im Röntgenbild ersichtlich. Insgesamt mussten vier Tiere nach der operativen Behandlung mit Steinmann-Nägeln eingeschläfert werden.

3.2.7.2.2.3 Nagelung nach Rush

Von zunächst zehn Frakturen, die durch Rush Pin therapiert wurden, starb ein Kalb während der Narkose (Tab. 3.6).

Von den neun verbliebenen, durch Rush Pin behandelten Kälbern kam es bei insgesamt acht Tieren zu Komplikationen im postoperativen Behandlungsverlauf: Lockerungen der Implantate und dadurch bedingte Instabilität der Fraktur traten bei sieben Tieren auf. Bei einer Fraktur der proximalen Metaphyse der Tibia kam es zu einer Osteomyelitis, einmal entwickelte sich im Behandlungsverlauf einer distalen Epiphysiolyse eine Septikämie. Ein Kalb erlitt aufgrund der Instabilität eine Refraktur der behandelten Gliedmaße. Drei Tiere wurden innerhalb von drei Wochen aufgrund des schlechten Allgemeinbefindens eingeschläfert, bei sechs Tieren heilte die Fraktur trotz der Instabilität ab.

3.2.7.2.2.4 Fixateur externe

Bei allen acht durch Fixateur externe behandelten Frakturen kam es entlang der Bohrdrähte zu Sekretionen, davon waren drei purulent. Bei zwei der behandelten Frakturen der proximalen Tibiametaphyse entwickelten sich postoperativ streuende, systemische Infektionen und einmal wurde bei einer Röntgenkontrollen eine Osteomyelitis diagnostiziert. Aufgrund von Implantatlockerungen wurden die

Frakturbereiche in zwei Fällen wieder instabil. Insgesamt wurden drei Tiere im weiteren Behandlungsverlauf eingeschläfert.

3.2.7.2.2.5 Veterinär-Fixateur (Vet Fix)

Es wurden keine Komplikationen im postoperativen Behandlungsverlauf bei den zwei durch einen Vet Fix behandelten Frakturen festgestellt.

3.2.7.3 Spätkomplikationen

3.2.7.3.1 Konservative Therapie

Bei einer mit einem Kunstharzverband behandelten Radius-Ulna-Fraktur entwickelte sich eine offene, perforierende Hautwunde unter dem Verband, die erst bei einer Kontrolle nach vier Wochen festgestellt wurde. Das Tier musste eingeschläfert werden.

3.2.7.3.2 Osteosynthese durch Platte

Bei zwei Kälbern, deren Implantate nach Behandlungen des Os femoris nach acht Wochen entfernt wurden, kam es zu Komplikationen. Bei einem Tier brach der Knochen nach einem Sturz an der gleichen Lokalisation (Refraktur). Diese Fraktur wurde erneut durch eine Plattenosteosynthese behandelt und heilte nachfolgend ab. Das andere Kalb belastete die Gliedmaße nach der Implantatentfernung im Betrieb des Besitzers nicht mehr, es wurde nicht wieder vorgestellt.

3.2.7.3.3 Fixateur externe

Eine durch einen Walking Cast behandelte, offene Tibiafraktur war bei der Wiedervorstellung nach vier Wochen infiziert und refrakturiert. Ein Tier starb nach vier Wochen während der Narkose bei der Entfernung des Walking Cast. Das Kalb zeigte zu diesem Zeitpunkt ein schlechtes Allgemeinbefinden und eine geringe Belastung der Gliedmaße. Im Röntgenbild wurden Arthroseanzeichen im

behandelten Bereich der distalen Tibiaepiphyse und des benachbarten Gelenkes gesehen.

3.2.8 Pathologische Untersuchungen

3.2.8.1 Konservative Therapie

Von 15 Kälbern, deren Frakturen konservativ behandelt worden waren, wurden vier Tiere im weiteren Verlauf eingeschläfert. Davon wurden drei Tierkörper zur pathologischen Untersuchung überwiesen. Die pathologisch-anatomischen Befunde bei diesen Tieren waren: zusätzliche Frakturen (1), Hüftluxation (1), Omphalitis (2) und Pneumonie (1).

Tab. 3.9: Sektionsbefunde nach konservativer Therapie

Fraktur-lokalisierung	Therapie	Alter in Tagen*	Befund der Sektion
Humerus-diaphyse	Boxenruhe	17	Omphalitis, Bursitis praecarpalis
proximale Tibia-metaphyse	Thomas-Schiene	3	Omphalitis
distale Tibia-metaphyse	Kunststoffverband	12	Fraktur 2. Lendenwirbel, Hüftluxation, Pneumonie

* nach der Frakturentstehung

3.2.8.2 Operative Therapie

3.2.8.2.1 Osteosynthese durch Platte

Von 64 Kälbern, die durch eine Plattenosteosynthese behandelt worden waren, wurden 15 zur Sektion in das Institut für Pathologie überwiesen. Darunter waren auch Tiere, die intra operativ starben. Die pathologischen Befunde waren:

Polyarthritits (7), Osteomyelitis (4) zusätzliche Frakturen (4), Omphalitis (5), Septikämie (10), Pneumonie (6), Enteritis (6), Anämie nach starkem intra operativen Blutverlust (1). Bei einem Kalb, bei dem zusätzlich nach der Frakturbehandlung eine Nabeloperation stattfand, wurde post mortem eine Blasenruptur diagnostiziert. Einmal kam es zu einer Invagination des Darmes nach Enteritis. Von zwei Kälbern, die während der Narkose starben, wies eines einen kongenitalen Leberschaden auf, bei dem anderen wurde eine Septikämie festgestellt. Einmal wurde eine nekrotisierende Myositis der kontralateralen Gliedmaße und eine Thrombophlebitis der Vena jugularis festgestellt (Tab 3.10).

Tab. 3.10: Sektionsbefunde nach Plattenosteosynthese

Kalb Nr.	Fraktur-lokalisierung*	Alter** in Tagen	Befund der Sektion
24	23A	6	Polyarthritits, Omphalitis, Septikämie, Pneumonie
31	33A	18	Wirbelsäulenfraktur, Osteomyelitis, Septikämie
65	33B	7	Anämie, starker intraoperativer Blutverlust
38	34B	11	Polyarthritits, Omphalitis, Septikämie, Pneumonie, Enteritis
25	34A	29	Rippenfrakturen, Polyarthritits, Omphalitis, Septikämie, Pneumonie
81	34C	4	Leberdystrophie
91	34B	7	Rippenfrakturen, Polyarthritits, Omphalitis, Septikämie
102	34A	6	Narkosetod: Enteritis, Septikämie
69	42A	6	Zusätzliche Fraktur, Polyarthritits, Osteomyelitis, Septikämie, Omphalitis, Pneumonie
71	42C	2	Narkosetod: kongenitaler Leberschaden
108	42B	20	nekrotisierende Myositis, Thrombophlebitis der V. jugularis, Septikämie
13	43A	4	Invagination nach Enteritis
26	43A	13	Blasenruptur, Leberdystrophie
34	43C	5	Invagination, Polyarthritits, Osteomyelitis, Septikämie, Pneumonie
57	43C	16	Polyarthritits, Osteomyelitis, Septikämie, Pneumonie

*Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen: 2 = Radius/ Ulna, 3 = Os femoris, 4 = Tibia; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 2 = proximale Metaphyse, 3 = Diaphyse, 4 = distale Metaphyse, A = Quer-/ Schrägfraktur (einfache) B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe) ; ** nach Frakturtrauma

3.2.8.2.2 Osteosynthese durch intramedulläre Kraftträger

Die Sektion nach der Behandlung einer distal metaphysären Os-femoris-Fraktur durch Steinmann-Nägel (Bündelnagelung) ergab eine eitrige Polyarthrititis und Osteomyelitis. Bei einer durch eine Kreuzspickung therapierte distale Epiphysiolyse der Tibia wanderte ein Nagel in das angrenzende Gelenk und führte zu einer Osteomyelitis und Sepsis durch streuende Arthritis. Von zwei Kälbern, die während oder nach der Behandlung durch die Rush Pin-Technik starben, ergab die pathologische Untersuchung des in Narkose gestorbenen Kalbes eine Fruchtwasseraspiration mit Pneumonie und zusätzliche Rippenfrakturen. Das Kalb, das nach einer Refraktur eingeschläfert wurde, wies bei der Sektion ebenso Rippenfrakturen auf.

3.2.8.2.3 Fixateur externe

Die Befunde des Tieres, das während der Implantatentfernung in Narkose starb, waren Pneumonie, Polyarthrititis, Osteomyelitis und eine daraus entstandene Septikämie. Bei der Präparation des Knochens wurde ein Markhöhlensequester gesehen. Die Sektion eines Kalbes mit einer Fraktur der proximalen Metaphyse der Tibia ergab ebenfalls eine Polyarthrititis und Osteomyelitis sowie Pneumonie.

3.2.9 Implantatentfernungen

Insgesamt konnte bei 39 der 50 operativ behandelten und noch lebenden Tiere eine Implantatentfernung durchgeführt werden. Von durch eine Plattenosteosynthese behandelten Frakturen wurden die Implantate bei 26 Kälbern entfernt. Der Zeitpunkt der Implantatentfernung variierte zwischen acht und 24 Wochen (Mittel 12,7 Wochen). Bei zwei Tieren wurden die Steinmann-Nägel einmal nach fünf und einmal nach sechs Wochen entfernt. Die Implantatentfernung nach Rush Pin Behandlungen fand bei zwei Tieren nach fünf Wochen statt. Die Entfernung der Bohrdrähte nach Behandlung durch einen Fixateur externe wurde bei sieben Tieren zwischen drei und sechs Wochen (Mittel 4,5 Wochen) durchgeführt. Beide Veterinär-Fixateur Implantate wurden nach zwölf Wochen wieder entfernt (Abb.: 3.9).

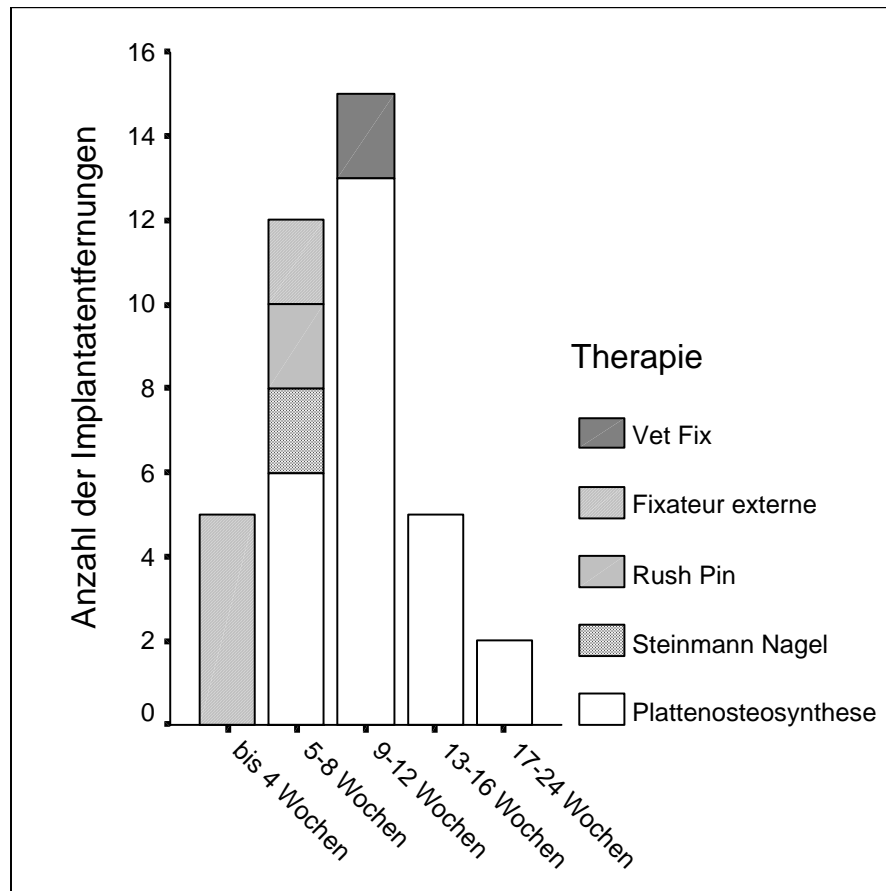


Abb.3.8: Zeitpunkt der Implantatentfernung bei 39 Kälbern

3.2.10 Mittelfristige Ergebnisse

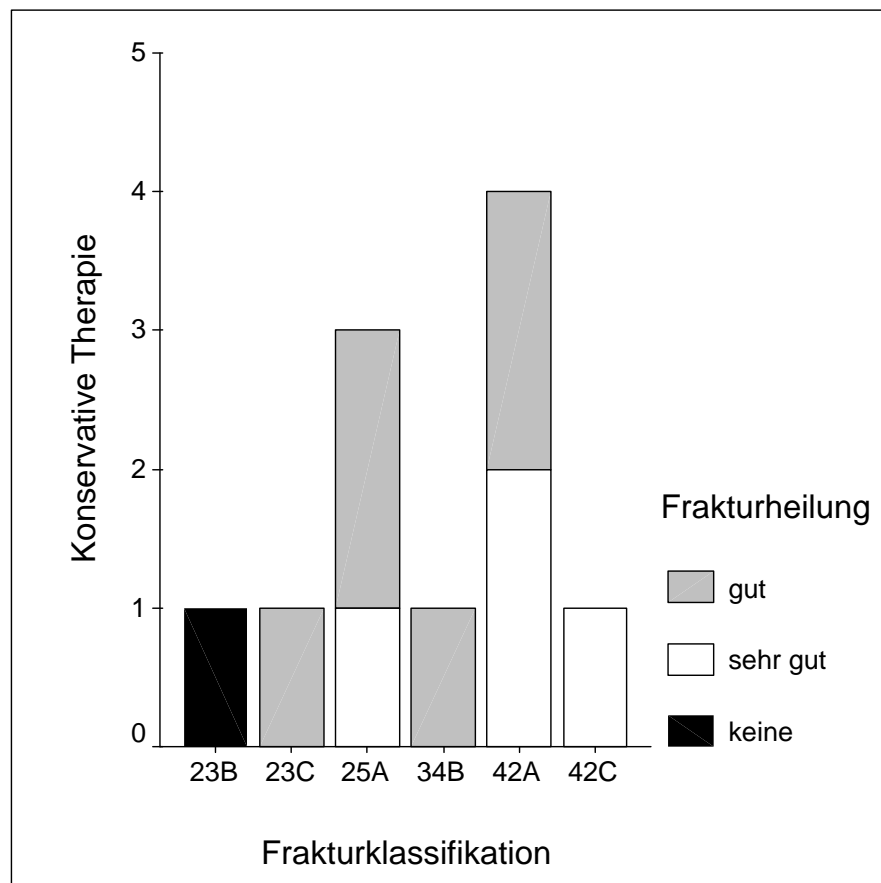
Tab 3.11: Ergebnisse innerhalb der ersten 6 Monate postoperativ

	Anzahl Frakturbehandlungen	Mittelfristiger Behandlungserfolg	Ohne Behandlungserfolg
Humerus	3	0	3
Radius/ Ulna	13	11	2
Os femoris	42	23	19
Tibia	49	26	23
Gesamt	107	60	47

3.2.10.1 Konservative Therapie

Von insgesamt elf aus der Klinik entlassenen Kälbern zeigten vier ein sehr gutes Ergebnis. Darunter waren eine Radius-Ulna-Fraktur sowie drei durch alleinige Boxenruhe behandelte Tibia Frakturen. Mit gutem Ergebnis heilten sechs Frakturen. Darunter waren drei mit einem Kunststoffverband behandelte Frakturen von Radius und Ulna sowie eine Fraktur des Os femoris und zwei Tibiafrakturen, die mit alleiniger Boxenruhe behandelt worden waren. Eine Radius-Ulna-Fraktur heilte nicht (Abb.:3.10).

Insgesamt heilten 10 der 15 konservativ behandelten Frakturen.



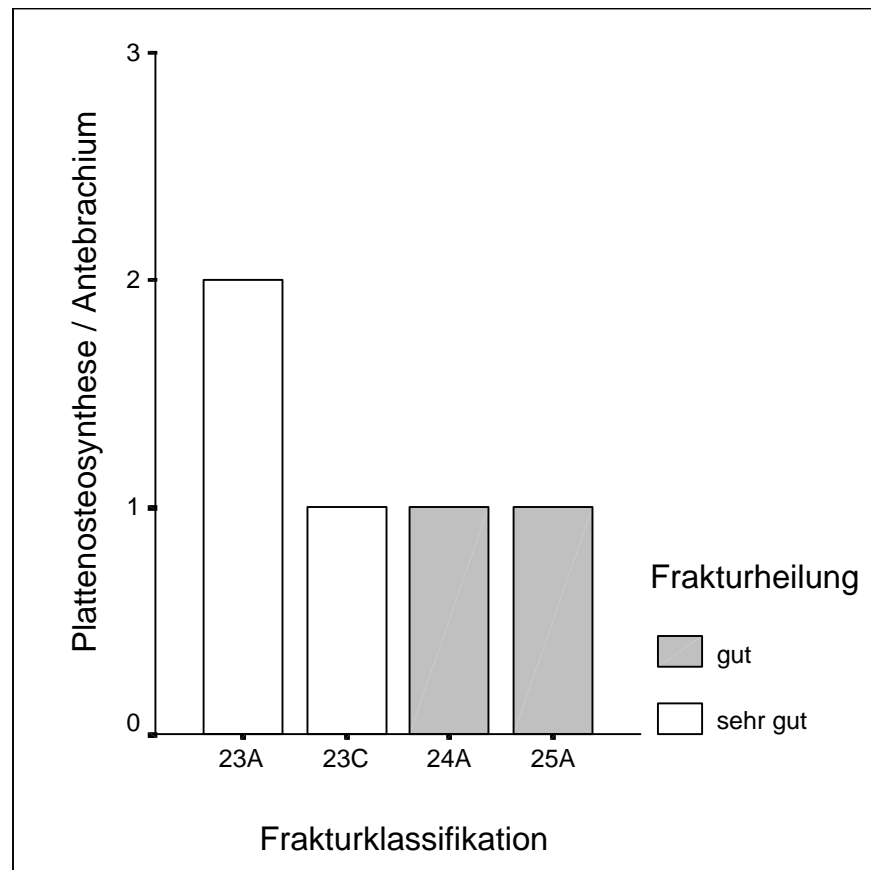
Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 2 = Radius/ Ulna, 3 = Os femoris, 4 = Tibia die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 1 = proximale Epiphyse, 2 = proximale Metaphyse, 3 = Diaphyse, 4 = distale Metaphyse, 5 = distale Epiphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A= Quer-/ Schrägfraktur (einfache), B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe Fraktur)

Abb. 3.10: Ergebnis der konservativen Frakturbehandlung innerhalb von 6 Monaten

3.2.10.2 Operative Therapie

3.2.10.2.1 Plattenosteosynthese des Antebrachium

Von sechs durch die Plattenosteosynthese behandelten Frakturen des Antebrachiums konnten fünf nach Hause entlassen werden. Das Ergebnis war bei drei diaphysären Frakturen sehr gut. Bei einer Fraktur der distalen Metaphyse sowie einer Epiphysenfugenfraktur (Salter-Harris-TypII) wurde postoperativ eine Achsenabweichung, sowohl radiologisch als auch klinisch, festgestellt. Diese beiden Tiere belasteten die Gliedmaße jedoch gut, so dass das Behandlungsergebnis insgesamt gut war (Abb. 3.11).

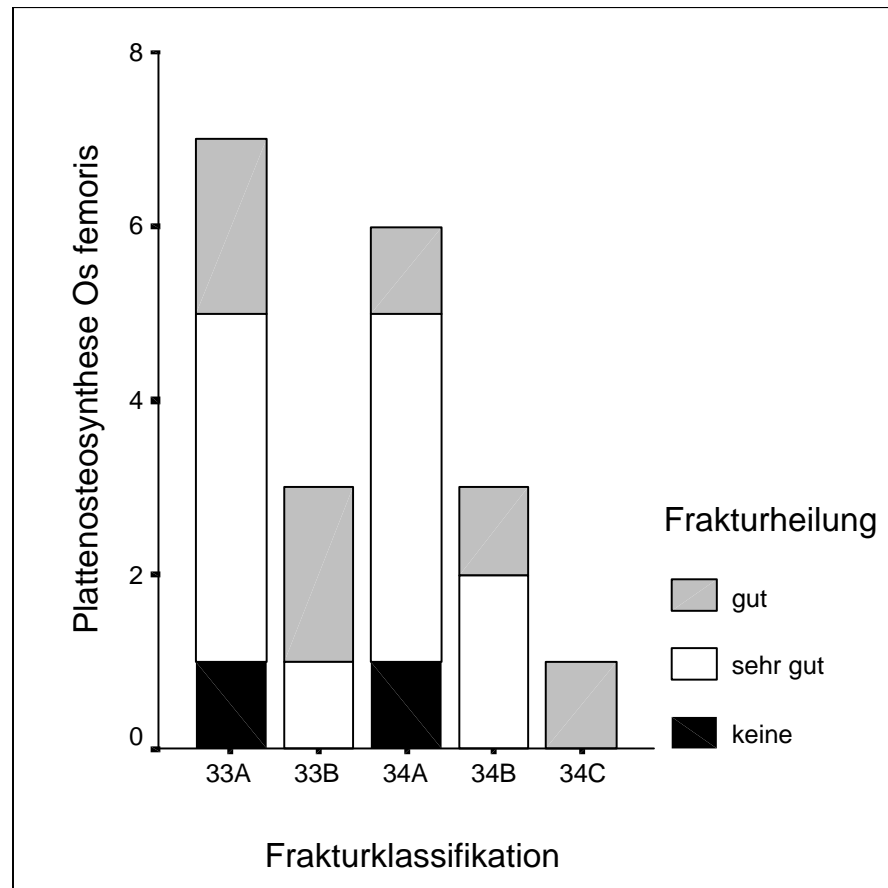


Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 2 = Radius/ Ulna, die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 3 = Diaphyse, 4 = distale Metaphyse, 5 = distale Epiphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A= Quer-/ Schrägfraktur (einfache), C= Splitterfraktur (komplexe Fraktur)

Abb.3.11: Beurteilung der Heilung von Radius-Ulna-Frakturen innerhalb von sechs Monaten nach Versorgung durch Plattenosteosynthese

3.2.10.2.2 Plattenosteosynthese des Os femoris

Von 30 durch Plattenosteosynthese behandelten Kälbern mit einer Fraktur des Os femoris konnten 20 aus der Tierklinik entlassen werden. Das Heilungsergebnis war bei 11 Tieren sehr gut und bei 7 weiteren gut. Es wurden 2 Tiere nach der Entlassung aus der Klinik durch den Besitzer abgeschafft (Abb. 3.12).

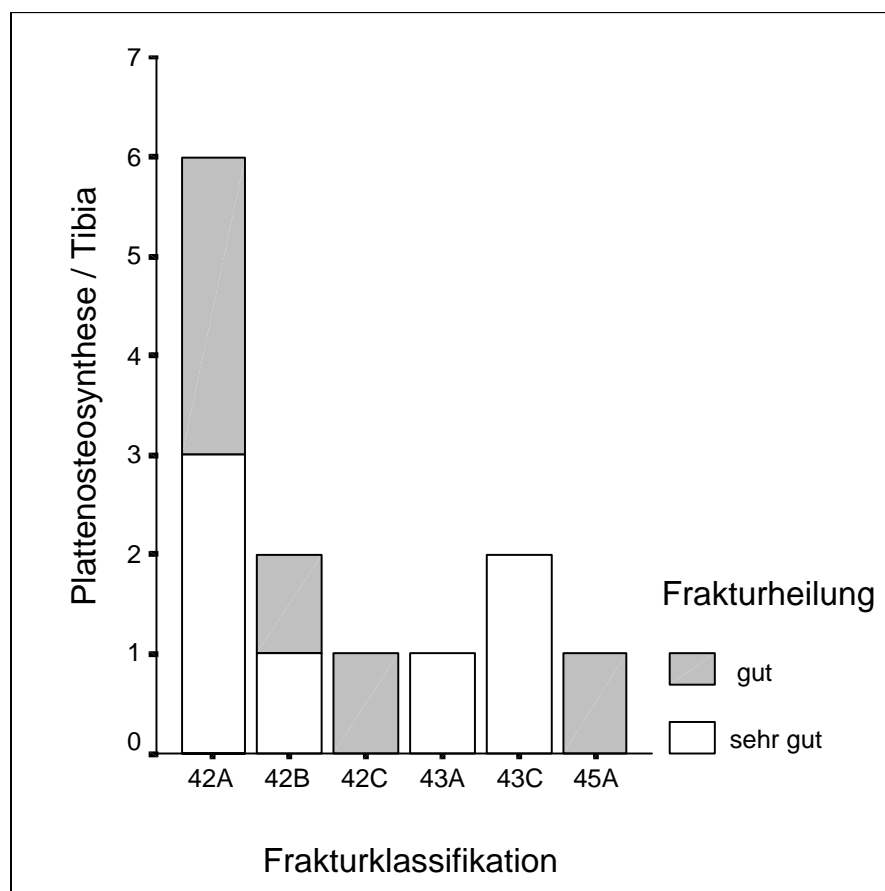


Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 3 = Os femoris; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 3 = Diaphyse, 4 = distale Metaphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A = Quer-/ Schrägfraktur (einfache), B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe Fraktur)

Abb. 3.12: Ergebnis der Frakturheilung des Os femoris innerhalb von sechs Monaten nach Versorgung durch Plattenosteosynthese

3.2.10.2.3 Plattenosteosynthese der Tibia

Von 23 Kälbern mit Tibia Frakturen konnten 13 nach der Behandlung durch Plattenosteosynthese aus der Klinik entlassen werden. Unter diesen war die Frakturheilung innerhalb von sechs Monaten siebenmal sehr gut. In sechs Fällen war die Belastung innerhalb der angegebenen Zeit gut, obwohl eine Fehlstellung der behandelten Gliedmaße vorlag (Abb.3.13).



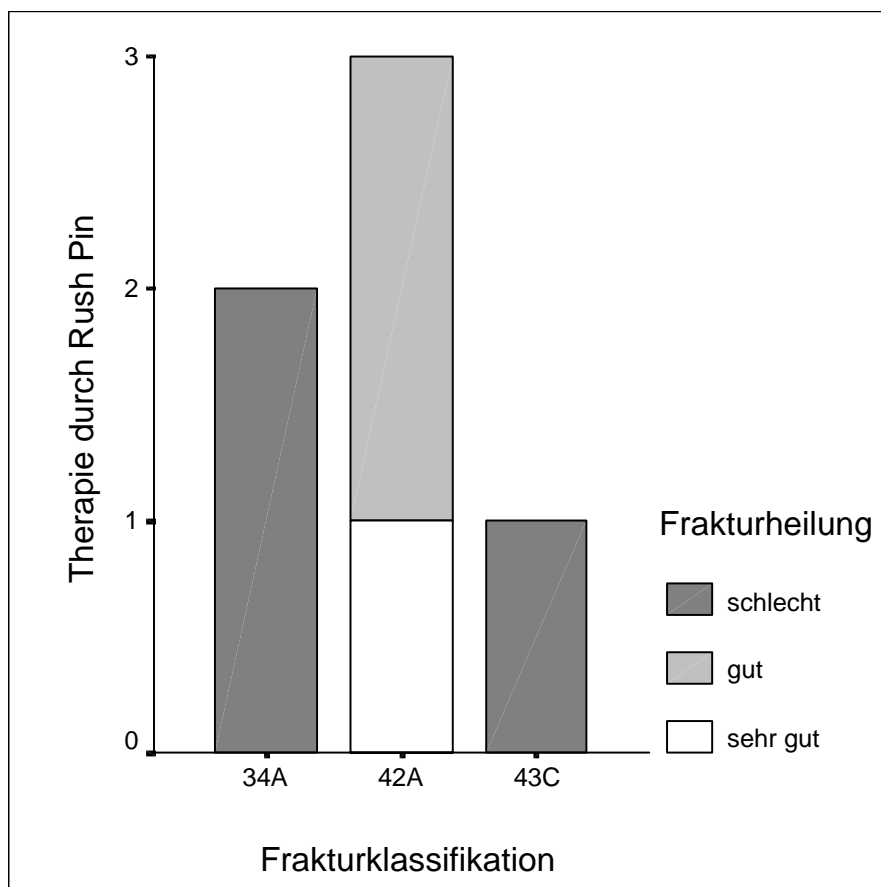
Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 4 = Tibia; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 2 = proximale Metaphyse, 3 = Diaphyse, 5 = distale Epiphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A = Quer-/ Schrägfraktur (einfache), B = Stückfraktur (mit Keilfragment), C = Splitterfraktur (komplexe Fraktur)

Abb.3.13: Ergebnis der Frakturheilung (< sechs Monaten) der Tibia nach Versorgung durch Plattenosteosynthese

3.2.10.2.4 Osteosynthese mit intramedullärem Kraftträger

Von sieben mit Steinmann-Nägeln (Bündelnagelung) behandelten Kälbern konnten drei aus der Klinik entlassen werden. Bei zwei je in der proximalen und distalen Wachstumszone gelegenen Tibia Frakturen (Salter-Harris-Typ II) wurde das Heilungsergebnis aufgrund einer Fehlstellung der Gliedmaße nur gut bewertet. Ein Kalb mit der behandelten Femurkopfhalsfraktur wies nach der Entlassung aus der Klinik eine schlechte Belastung des Beines auf.

Von sechs mit Rush Pin-Technik aus der Klinik entlassenen Tieren war das Ergebnis der folgenden Kontrollen einmal sehr gut und bei zwei Tieren gut. Zwei Frakturen des Os femoris sowie eine der Tibia wiesen bei den Kontrollen aufgrund von Fehlstellungen der Gliedmaßen und ungenügender Belastung ein schlechtes Heilungsergebnis auf (Abb.3.14).

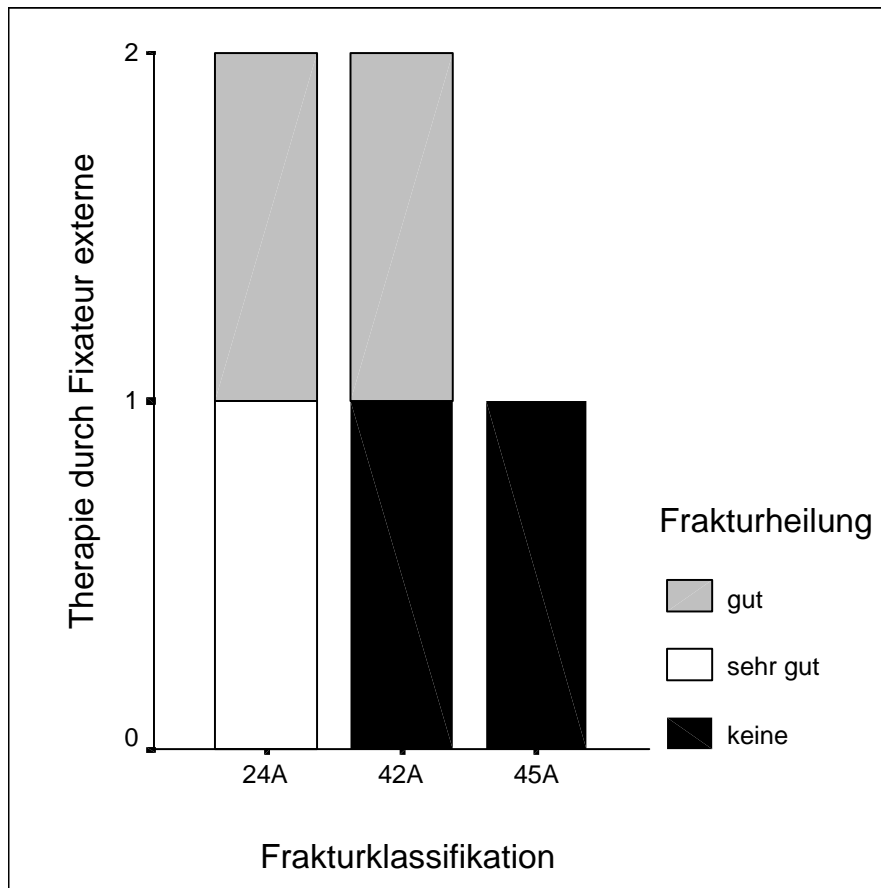


Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 3= Os femoris, 4= Tibia; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 2= proximale Metaphyse, 3= Diaphyse, 4= distale Metaphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A= Quer-/Schrägfraktur (einfache), C= Splitterfraktur (komplexe Fraktur)

Abb. 3.14: Ergebnis der Frakturheilung nach Versorgung durch Rush Pin

3.2.10.2.5 Fixateur externe

Von fünf aus der Klinik entlassenen Tieren wurde das Heilungsergebnis innerhalb von sechs Monaten bei einer Radiusfraktur als sehr gut bewertet. Bei zwei Kälbern mit einer Radius- sowie einer Tibiafraktur wurde bei den Kontrollen jeweils eine geringgradige Lahmheit gesehen. Bei zwei weiteren Frakturen der Tibia blieb eine Frakturheilung, nach Entlassung aus der Klinik, aus (Abb.3.15).



Nach Unger (1990) und Steiner (1993) modifizierte Frakturklassifikation: Die erste Ziffer kennzeichnet den Knochen 2 = Radius/ Ulna, 4 = Tibia; die zweite Ziffer kennzeichnet die Lage 2 = proximale Metaphyse, 4 = distale Metaphyse, 5 = distale Epiphyse. Der Buchstabe kennzeichnet die Art der Fraktur: A = Quer-/ Schrägfraktur (einfache),

Abb.3.15: Ergebnis der Frakturheilung nach Versorgung durch Fixateur externe

3.2.10.2.6 Osteosynthese durch Veterinär-Fixateur (Vet Fix)

Beide mit einem Vet Fix behandelten Frakturen heilten problemlos ab. Die Kälber, die eine distal metaphysäre Fraktur am Os femoris sowie eine proximal-metaphysäre Fraktur der Tibia erlitten hatten, belasteten die Gliedmaßen vollständig und ohne Fehlstellung.

Insgesamt heilten 50 (54,95 %) der 91 operativ behandelten Frakturen mit gutem oder sehr gutem Ergebnis ab.

3.2.11 Spätuntersuchungen

Von allen 60 Tieren, die innerhalb der ersten sechs Monate nach der Frakturbehandlung als geheilt bezeichnet wurden, wurden die Spätergebnisse beurteilt. Immerhin 25 Tiere konnten zu einer Nachuntersuchung in die Tierklinik gebracht werden. Die Beurteilung der Heilung weiterer 35 Tiere beruht auf den Aussagen der Besitzer. Ein sehr gutes oder gutes Ergebnis wiesen 54 Tiere auf, bei sechs Rindern führten Komplikationen zu einer starken Nutzungseinschränkung und wurden als untauglich bewertet (Tab. 3.12).

Tab. 3.12: Ergebnis der Heilung bei Spätkontrollen (> 6 Monate postoperativ)

Therapie	sehr gut	gut	untauglich	tauglich
Konservativ	7	3	-	10
Plattenosteosynthese	24	11	1	35
Steinmann Nagel	1	-	2	1
Rush Pin	1	2	3	3
Fixateur externe	3	-		3
Vet Fix	2	-	-	2
Gesamt	38	16	6	54

sehr gut = keine sichtbare Fehlstellung, uneingeschränkte Nutzung; gut = sichtbare Fehlstellung, uneingeschränkte Nutzung; untauglich = schlechte Belastung und/oder Stellung und vorzeitig abgeschafft

Einen langfristigen Behandlungserfolg gab es bei 11 (84,6 %) Frakturen von Radius und Ulna, 20 (47,6%) Frakturen des Os femoris und 23 (46,9 %) Frakturen der Tibia (Tab. 3.13).

Tab. 3.13: langfristiges Behandlungsergebnis der therapierten Röhrenknochen

	Humerus (3)	Radius/Ulna (13)	Os femoris (42)	Tibia (49)	Gesamt (107)
Proximale Epiphyse				1 von 1	1
Proximale Metaphyse			0 von 2	18 von 31	18
Diaphyse	0 von 3	4 von 6	9 von 15	3 von 10	16
Distale Metaphyse		3 von 3	11 von 24	0 von 1	14
Distale Epiphyse		4 von 4	0 von 1	1 von 6	5
Langfristiger Behandlungserfolg	0	11	20	23	54

3.2.11.1 Konservative Behandlung

Bei allen 10 konservativ behandelten Tieren, die eine Frakturheilung nach konservativer Behandlung erfuhren, konnten Spätuntersuchungen durchgeführt werden. Davon wurden vier durch eine Kunststoffschiene behandelte Frakturen des Antebrachiums als sehr gut geheilt bezeichnet. Die durch alleinige Stallruhe behandelte Os femoris-Fraktur der distalen Metaphyse war in Varus Fehlstellung geheilt. Die drei Patienten mit den Frakturen der proximalen Tibiametaphyse, die mit alleiniger Boxenruhe behandelt wurden, zeigten bei Spätkontrollen eine vollständige Belastung der Gliedmaßen bei korrekter Stellung. Zwei weitere Tibiafrakturen der proximalen Metaphyse waren unter Fehlstellung der Gliedmaße, jedoch bei guter Belastungsfähigkeit konsolidiert. Die körperliche Entwicklung entsprach bei allen Tieren der „gesunder“ Altersgenossen.

3.2.11.2 Operative Behandlung

3.2.11.2.1 Plattenosteosynthese

Der spätere Verbleib und das „Befinden“ wurden bei 36 Tieren erfragt. Die Belastung und Stellung der Gliedmaße war bei drei Tieren mit einer Frakturbehandlung von Radius und Ulna sehr gut. Die Kuh, deren Epiphysenfugenfraktur des Radius unter klinisch sichtbarer Achsenabweichung heilte, war zum Zeitpunkt der Spätkontrolle trächtig und kaum behindert. Ein Tier mit guter Belastung der Gliedmaße und radiologisch als gut bewertetem Frakturdurchbau zeigte kurz nach der Implantatentfernung, die erst nach fünf Monaten stattfand, vorübergehend eine geringgradig schlechtere Belastung der Gliedmaße bei zufriedenstellendem Allgemeinbefinden.

Die Spätergebnisse von 18 der 20 Kälber mit Behandlungen von Os femoris-Frakturen wurden in 14 Fällen als sehr gut und bei vier Tieren als gut bezeichnet. Zwei der vier als gut beurteilten Frakturheilungen des Os femoris wiesen bei der Spätkontrolle eine Verkürzung der Gliedmaße auf, zwei andere Tiere kamen mit einer Fehlstellung des Beines gut zurecht. Alle 18 Tiere zeigten zufriedenstellende Gesamtleistungen.

Das Langzeitergebnis von Therapien durch die Plattenosteosynthese der Tibia war in sieben Fällen sehr gut. Von fünf als gut bewerteten Frakturheilungen waren vier, die klinisch sichtbare Achsenabweichungen bei guter Belastung der Beine zeigten. Eine telefonische Kontrolle ergab, dass ein Tier trotz Fehlstellung der Gliedmaße zufriedenstellend ausgemästet werden konnte. Einmal wurde das Spätergebnis nach einer Fraktur der Tibia Diaphyse als schlecht bezeichnet, weil der Besitzer das Tier aufgrund einer Fehlstellung nicht belegen ließ (Tab. 3.14).

Tab. 3.14: Spätuntersuchungen (> sechs Monate) nach einer Plattenosteosynthese.

	sehr gut	gut	untauglich	tauglich
Antebrachium	3	2	-	5
Os femoris	14	4	-	18
Tibia	7	5	1	12

sehr gut = keine sichtbare Fehlstellung, uneingeschränkte Nutzung; gut = sichtbare Fehlstellung und eingeschränkte Nutzung; untauglich = schlechte Belastung und/ oder Stellung und eingeschränkte Nutzung

3.2.11.2.2 Osteosynthese durch intramedulläre Krafträger

Von den durch **Steinmann-Nägeln** behandelten Kälbern, war eines mit einer Fraktur der proximalen Wachstumszone der Tibia entsprechend einer telefonischen Auskunft des Besitzers beschwerdefrei, und die Tageszunahmen waren zufriedenstellend. Ein Rind mit einer Fraktur des Os femoris sowie ein zweites mit einer Tibiafraktur wurden aufgrund der Fehlstellungen der Gliedmaßen von den Besitzern als nicht nutzbar bewertet (Tab. 3.12).

Es wurden drei Spätkontrollen von Frakturen der proximalen Metaphyse der Tibia durchgeführt, die eine Therapie durch **Rush Pin**-Technik erhalten hatten. Einmal wurde die Frakturheilung dabei als sehr gut beurteilt. Von zwei weiteren Tieren, die eine Gliedmaßenfehlstellung hatten, konnte eines später erfolgreich zur Zucht eingesetzt und das andere problemlos ausgemästet werden. Nach Auskunft der Besitzer zeigten drei Kälber im angegebenen Zeitraum deutliche Beschwerden der behandelten Gliedmaße und wurden vorzeitig geschlachtet.

3.2.11.2.3 Fixateur externe

Die Langzeitergebnisse von beiden Radius-Ulna-Frakturen sowie einer Tibiafraktur wurden als sehr gut bezeichnet, da zufriedenstellende Entwicklungen der Tiere ohne Leistungseinschränkungen bestanden (Tab. 3.12).

3.2.11.2.4 Veterinär-Fixateur (Vet Fix)

Die durch einen Vet Fix behandelten Gliedmaßen wiesen bei der Spätuntersuchung eine sehr gute Belastung ohne Fehlstellung auf. Die Tageszunahmen waren gut und die Tiere ihren Altersgenossen ebenbürtig (Tab. 3.12).

4 Diskussion

4.1 Allgemein

Insgesamt 125 neugeborene Kälber mit Frakturen der langen Röhrenknochen wurden in den Jahren 1986 bis 2001 in der Chirurgischen Tierklinik der Universität München vorgestellt. Vergleiche mit anderen Studien sind allein mit dieser Zahlenangabe nicht möglich; auch eine Aussage über Häufigkeit von Frakturen ist nicht möglich. Die Frakturen entstanden nach den eigenen Erhebungen am häufigsten (93,6 %) am ersten Lebenstag. Es wurden jedoch nur 52 (41,6 %) der Kälber am Tag des Frakturgeschehens vorgestellt. Die Besitzer suchten wohl oft erst nach einem oder mehreren Tagen Verzögerung nach dem Grund, weswegen das Kalb festlag oder die Gliedmaße nicht belastete, oder sie konnten sich erst später zu einer Behandlung entschließen. Die **Ursache** war oft nicht genau zu eruieren, jedoch waren die meisten (77; 61,6%) Frakturen durch eine assistierte Geburt entstanden, von denen in 29 (37,7 %) Fällen ein mechanischer Geburtshelfer eingesetzt worden war. Bereits Tulleners (1986), Elma (1988), Ferguson (1990), Köstlin et al. (1990), Nemeth (1988), St. Jean (1992) berichteten, dass der gewaltsame Auszug bei einer assistierten Geburt bei neugeborenen Kälbern die häufigste Ursache für Frakturen sei (Tulleners, 1986, Elma, 1988, Nemeth, 1988, Ferguson et al., 1990, Köstlin et al., 1990, St. Jean et al., 1992b). Schuijt (1990) fand Belege dafür, dass das durch eine forcierte Extraktion induzierte Trauma die häufigste Todesursache bei neugeborenen Kälbern darstellte (Schuijt, 1990). Bereits Konermann (1963) stellte nach Prüfung des „HK-Geburtshelfers“ fest, dass er wie viele mechanische Hilfsmittel in der Tiergeburtshilfe aus medizinischen und wirtschaftlichen Gründen sowie aus Gründen des Tierschutzes abgelehnt werden muss (Konermann, 1963). In den eigenen Untersuchungen fanden sich allerdings auch Kälber, bei denen eine fachgerechte Geburtshilfe ohne mechanische Hilfsmittel durchgeführt worden war. Dies beobachtete auch Ferguson (1986) (Ferguson et al., 1986). Möglicherweise können Frakturen bereits während der Trächtigkeit entstehen, wenn der Fetus beispielsweise bei einem Sturz der Kuh verletzt wird. Eine weitere Möglichkeit, die von Ferguson (1986) erwähnt wird, besteht darin, dass bereits durch die Presswehen solch starke Kräfte auftreten können, dass bei ungünstiger Position im Geburtskanal ein Knochen brechen kann (Ferguson et al., 1986). Eine pathologische Fraktur tritt auf, wenn eine instabile oder poröse

Knochenstruktur vorliegt. Eine mögliche Verbindung einer Fraktur mit abnormaler Knochenstruktur und der transplazentalen Infektion durch das BVD Virus (Scruggs et al., 1995, Hirsbrunner und Häni, 1998, Hilbe et al., 2000) wurde bei den eigenen Patienten einmal beobachtet. Wenn das Frakturtrauma vermutlich durch die Mutterkuh oder Artgenossen zugefügt worden war, bestand meistens eine nicht überwachte Geburt. Die Kälber gehörten zu 88 % der **Rasse** Deutsches Fleckvieh an, also der im Einzugsbereich der Klinik am zahlreichsten vorkommenden Rasse. Laut Ames (1981) führen die Kreuzungszuchtprogramme mit größeren Rassen oftmals zu unverhältnismäßig großen Kälbern und damit zu Schweregeburten (Ames 1981). Entgegen den Beschreibungen von Ames (1981), Hamilton (1978) und Martens (1998), die von häufigen Frakturen der Röhrenknochen bei stark bemuskelten Rassen berichteten, gehörten dem vorliegenden Patientengut nur eine geringe Anzahl (4 %) den Fleischrassen an (Hamilton et al., 1978, Ames, 1981, Martens et al., 1998). Da die Rasseverteilung des Patientengutes immer im Zusammenhang mit der bevorzugten Rasse des jeweiligen Standortes in Verbindung zu bringen ist, ist eine Aussage über eine Prädisposition bestimmter Rassen nicht möglich.

Der deutlich größere Anteil der männlichen Tiere (70,4 %) in dem untersuchten Patientengut entspricht nicht den in der Literatur gefundenen Angaben über **Geschlechterverteilungen**. Insgesamt wurden dort Frakturen bei weiblichen Tieren häufiger behandelt (Hickman, 1957, Hamilton et al., 1978, Adams und Fessler, 1983, Kahrs, 1983). Dies mag damit zusammenhängen, dass das Fleckvieh eine Zweinutzungsrasse ist und daher sowohl die weiblichen als auch die männlichen Kälber einen recht großen Wert haben. Bei anderen Rassen wird dagegen die Behandlung der männlichen Kälber oft als nicht lohnend angesehen. Für die Richtigkeit der eigenen Beobachtungen spricht, dass Stierkälber üblicherweise ein höheres Geburtsgewicht aufweisen als weibliche Kälber und es dadurch öfter zu Schweregeburten kommt. Eine Aussage über das tatsächliche Vorkommen ist jedoch schwer zu machen. Es kann nicht unterschieden werden, ob die männlichen Tiere häufiger Verletzungen unterliegen als weibliche, oder ob sie nur häufiger zur Behandlung gebracht wurden.

In vielen Fällen wurden die Kälber erst mehrere Tage nach der Fraktorentstehung in der Tierklinik vorgestellt. So war es nicht verwunderlich, dass bei der Einstellungsuntersuchung ein beeinträchtigtes Allgemeinbefinden neben anderen zusätzlichen Erkrankungen bei 68 (54,5 %) der vorgestellten Kälber vorlag. Diese Erkrankungen verringerten die Aussichten auf eine erfolgreiche Frakturbehandlung. Das Fehlen von

Begleiterkrankungen ist ein aussagekräftiger prognostischer Parameter. Beim Frakturpatienten muss der Beurteilung des Allgemeinzustandes erste Priorität beigemessen werden. Die Ermittlung einer möglichen Immuninkompetenz durch eine ausführliche Anamnese sowie durch Laboruntersuchungen wird von Ferguson (1990) als zusätzlicher prognostischer Anhaltspunkt empfohlen. Das Ausmaß der Schädigung der oft polytraumatisierten Kälber ist jedoch nicht immer einfach festzustellen. Die Möglichkeit, ein Rind im Stehen zu untersuchen (Fessler und Adams, 1996), ist bei neugeborenen Kälbern oft nicht gegeben. Es ist nicht einfach zu unterscheiden, ob ein Kalb wegen mangelnder Übung, der Fraktur allein oder zusätzlicher Traumata wie Rippen- oder Wirbelfrakturen nicht stehen kann. Kälber, die ungenügend Kolostrum aufnehmen, wenig aktiv sind oder Untertemperatur aufweisen, sollten gezielt auf diese Traumafolgen hin untersucht werden. Der Einfluss der Vorschädigung sowohl auf die Entscheidung zu einer Therapie als auch auf die Frakturheilung war signifikant (Chi²-Test; $p < 0.01$). Von 33 Tieren, die bei der Einlieferung klinisch schon erhebliche Begleiterkrankungen aufwiesen, wurden 16 Kälber weiter therapiert. Bei nur drei (9%) dieser Tiere fand eine Frakturheilung statt, die anderen 13 Kälber starben während des Behandlungsverlaufs. Dagegen kam es von 57 Tieren mit gutem Allgemeinbefinden, genügender Kolostrumaufnahme und ohne weitere Traumatisierung in 41 Fällen (71,9%) zu einer Frakturheilung. Diese Ergebnisse entsprechen denen der Arbeiten von Ferguson (1990), St. Jean (1992b) und Zaremba (1995), die der frühzeitigen Kolostrumaufnahme und dem Allgemeinbefinden des Tieres eine große Bedeutung in der Überlebensfähigkeit des Frakturpatienten zumessen (Ferguson et al., 1990, St. Jean et al., 1992a).

Die Auswertung der Versorgung einer speziellen Frakturkonfiguration ist nur möglich, wenn ein einheitliches **Klassifikationssystem** zur Auswertung von Röntgenbildern vorhanden ist (Steiner et al., 1993). Dies trifft insbesondere für vergleichende Untersuchungen zu oder wenn die Patienten mehrerer Kliniken in einer Untersuchung zusammengefasst werden sollen. Das von Unger (1990) in Anlehnung an das für den menschlichen Knochen entwickelte Codesystem für Frakturen der langen Röhrenknochen bei Hunden und Katzen ist sehr hilfreich für vergleichende Zwecke (Unger et al., 1990). Damit man die genaue Beschreibung der Fraktur auf den entsprechenden Code festlegen kann, bedarf es jedoch der von ihm dargestellten Zeichnungen. Dies erschien uns während der Beurteilung der Röntgenbilder als wenig vorteilhaft.

Nicht immer stimmte die exakte Frakturkonstellation mit der auf der Zeichnung angegebenen überein, so dass ein Kompromiss gefunden werden musste.

Die von Steiner (1993) modifizierte Klassifizierung für die Beurteilung der Röhrenknochen bei Rindern mit nur drei Ziffern des Codes war praktikabler (Steiner et al., 1993). Die Unterteilung des Röhrenknochens in drei Abschnitte wurde jedoch wegen der gerade am Kälberknochen oft diagnostizierten metaphysären Frakturlokalisation als unvollständig angesehen. Deshalb wurde bei der verwendeten Frakturklassifikation in der eigenen Untersuchung eine Unterteilung des Röhrenknochens in fünf Abschnitte vorgenommen.

Die von Unger (1990) dargestellte Beschreibung der Epiphysen in extra-, partiell oder vollständig artikulär erschien zu kompliziert. Daher wurde für die Epiphysenfrakturen die Klassifikation nach Salter und Harris (1963) gewählt (Salter und Harris, 1963). Abschließend ist festzuhalten, dass die Klassifikation in den eigenen Untersuchungen sehr hilfreich darin war, die Frakturen der Patienten untereinander zu vergleichen. Insbesondere konnten damit bevorzugte Lokalisationen, wie der Bereich des Kniegelenks – sowohl für die Os-femoris- als auch die Tibiafrakturen –, deutlich gemacht werden. Mit Steiner et al. (1993) konnte nicht verglichen werden, da dieser keine Kälber vorstellte (Steiner et al., 1993). Insgesamt gesehen erscheint die mögliche prognostische Aussagekraft dieser Klassifikation jedoch gering, weil darin viele Faktoren nicht berücksichtigt sind, wie beispielsweise die Weichteilschädigung im Bereich der Fraktur oder der Allgemeinzustand des Kalbes.

Am häufigsten war in der vorliegenden Untersuchung die Tibia (46,4 %) betroffen. Dies stimmt nicht mit den Beobachtungen von Ferguson (1986), Hamilton (1978) und Nemeth (1988) überein, wonach das Os femoris beim neugeborenen Kalb an zweiter Stelle nach der Fraktur des Os metacarpale (Os metatarsale) betroffen ist (Hamilton et al., 1978, Nemeth, 1982, Ferguson et al., 1986). Auffallend war die vielfach auftretende **Lokalisation** der Frakturen des Os femoris und der Tibia in der Nähe des Kniegelenkes (54,4 %): Am zahlreichsten war die einfache Schrägfraktur der proximalen Metaphyse der Tibia (29) und der distalen Metaphyse des Os femoris (20). Auch Ferguson (1990), Hance (1992) und Steiner (1993) gaben als häufigste Frakturlokalisation bei neugeborenen Kälbern die Metaphyse an. Erst bei älteren Kälbern kommt es durch ein Trauma häufiger zu einer Verletzung der Wachstumszone und einer dadurch bedingten Epiphysenlösung (Ferguson et al., 1990, Hance et al., 1992). Eine Erklärung für die vorherrschende Frakturlokalisation in der Metaphyse

der Beckengliedmaße kann die Verkeilung des Kniegelenkes des Kalbes im Becken der Kuh während der Geburt sein. Diese von Mickelsen (1976) als „stifle lock“ beschriebene Komplikation führt durch Hebelbewegungen vor allem durch große Kraft ausübende, mechanische Geburtshelfer zu Kompressionsfrakturen (Mickelsen, 1976). In biomechanischen Untersuchungen von Ferguson (1994) wurde die Frakturlokalisierung mit dem Wechsel von dichter Kortikalis zu weniger dichter Spongiosa im Bereich der Metaphyse in Zusammenhang gebracht (Ferguson, 1994). Eine Erklärung für die Lokalisation der Frakturen proximal bzw. distal der Epiphysenfugen kann auch die durch den perichondralen Ring verstärkte Befestigung des Periostes in diesem Bereich sein. Die Stabilität des epimetaphysären Bereiches wird bei jungen Tieren dadurch enorm erhöht (Deppermann et al., 1989). Die Frakturmorphologie wurde bei nur 14 (11,2 %) der Frakturen in Anlehnung an das Klassifikationssystem von Unger (1990) mit der größten Komplexität (C) bezeichnet (Unger et al., 1990). Davon waren in der eigenen Untersuchung die meisten dieser Splitterfrakturen (10) in der Tibia gelegen. Nur acht (6,4 %) der Frakturen der Kälber waren in der vorliegenden Untersuchung offene Frakturen. Davon wurden sieben als Grad II offene Frakturen bezeichnet. Am häufigsten (5) waren sie an der distalen Epiphyse der Tibia lokalisiert. Dies kann durch die in diesem Bereich nur geringe Weichteilabdeckung durch die Muskulatur erklärt werden.

Frakturen der linken Gliedmaße waren mit 56 % häufiger als die der rechten 44,0 %. In einer retrospektiven Untersuchungen von Ferguson (1990) konnte ebenfalls eine höhere Prävalenz von Frakturen des Os femoris der linken Gliedmaße bei neugeborenen Kälbern festgestellt werden (Ferguson et al., 1990). Eine Erklärung dafür, warum die linke die benachteiligte Seite ist, ist schwierig. Bei Druckversuchen mit Kälberfemora konnte kein signifikanter Unterschied in der Stärke der rechten oder linken Seite festgestellt werden (Ferguson, 1994). Mögliche begünstigende Faktoren wie die Position des Kalbes im Uterus, die bevorzugte Lage des Muttertieres während der Geburt oder die Art und Weise der Geburtshilfe sind denkbar (Hindson, 1978).

Die Wahl der Behandlungsmethode war neben der Frakturlokalisierung und Frakturkonfiguration abhängig von dem Allgemeinzustand und zusätzlichen Verletzungen des Kalbes. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten und da geringe Achsenfehlstellungen vom Rind gut kompensiert werden, wäre der konservativen Behandlung der Vorzug zu geben (Crawford und Fretz, 1985).

Die Art der Therapie während des untersuchten Zeitraumes variierte auch mit dem zuständigen Operateur. Insgesamt kleine Fallzahlen erschwerten eine gute Übung in der Behandlung von neugeborenen Kälbern. Obwohl eine „Linie“ in der Behandlungsmethode nicht verfolgt werden kann, ist in der eigenen Untersuchung die vermehrte Wahl der Plattenosteosynthese in dem späteren Zeitraum erkennbar. Wegen des hohen Pflegeaufwandes und der Gefahr der aufsteigenden Infektion wurden nur in zwei Fällen von Os-femoris-Frakturen postoperative Drainagen eingelegt. Der Vorteil der operativen Frakturversorgungen liegt theoretisch in der schnellen Wiedererlangung der Mobilität und Belastungsfähigkeit post operationem (Denny et al., 1988). Bei der Entscheidung für eine Osteosynthese beim Jungtier muss jedoch berücksichtigt werden, dass Komplikationen wie Implantatlockerungen in der weichen Kortikalis und Infektionen aufgrund des noch immaturnen Immunsystems eher zu befürchten sind als bei einem adulten Organismus (Banks, 1982).

In der eigenen Untersuchung wurde zwischen mittelfristigen (unter sechs Monate) und langfristigen Frakturheilungen unterschieden. Insgesamt heilten bei 60 (56,1 %) der behandelten 107 Tiere die Frakturen mittelfristig und bei 54 (50,5 %) langfristig ab. Als geheilt wurden in der vorliegenden Untersuchung auch solche Tiere eingestuft, die nach der Frakturheilung eine Fehlstellung oder eine geringfügige Lahmheit aufwiesen. Als entscheidendes Merkmal wurde die wirtschaftliche Nutzbarkeit des Tieres gewertet. Entsprechend der Meinung von Fessler (1974) müssen Rinder nach der Behandlung nur in der Lage sein, in der Zucht einsetzbar oder ausmästbar zu sein. Wenn dies erreicht wurde, war ihrer Meinung nach die Behandlung als erfolgreich anzusehen (Fessler und Amstutz, 1974). Ferguson (1986) bezeichnete bereits die überstandene Narkose sowie erfolgreiche Frakturreduktion als einen „Kurzzeiterfolg“. Ein „Langzeiterfolg“ war durch die Rückkehr des Kalbes in den eigenen Betrieb und Weidegang innerhalb von sechs Wochen bis zwei Monaten definiert (Ferguson 1986).

4.2 Speziell

Die Erfolgsquote der **konservativen** Frakturbehandlungen lag etwas höher als die der operativen (55 %). Es muss jedoch bedacht werden, dass ungünstigere Frakturkonfigurationen eher operativ versorgt wurden und daher schon die höhere Komplikationsrate in sich bargen. Die langen Röhrenknochen wurden konservativ versorgt,

wenn die Frakturkonfiguration im distalen Bereich der Diaphyse war oder, wie bei drei Tibiafrakturen der Fall, sich bereits eine Stabilität eingestellt hatte.

Beim Pferd wurde festgestellt, dass Humerusfrakturen nach konservativer Therapie ähnliche Heilungsaussichten haben wie nach operativer (Carter et al., 1993). Die starken Muskelpakete gewähren vor allem dem kurzen Humerus des Rindes bereits eine gute Stabilisation, solange die Frakturrenden korrekt zueinander stehen. Bei keiner der drei in der eigenen Untersuchung vorgestellten Humerusfrakturen kam es zu einer Frakturheilung. Aufgrund der geringen Fallzahlen ist dieses Ergebnis jedoch wenig aussagekräftig. In einem Fall wurde das Tier nach Erläuterung der konservativen Frakturbehandlung durch Boxenruhe im heimatlichen Stall sofort getötet. Bei dem zweiten Kalb stellte sich in der Sektion heraus, dass eine zusätzliche Fraktur der Wirbelsäule bestand. Obwohl (Hickman, 1957) eine Humerusfraktur erfolgreich durch Anlegen eines stabilisierenden Kunststoffverbandes entlang der Vordergliedmaße therapierte, ist die Verbandsbehandlung von Humerus Frakturen aufgrund der körpernahen Lokalisation schwierig. Der Pendeleffekt bei einer schweren Gliedmaße führt zu Hebelbewegungen im Frakturbereich und somit zu einer Instabilität (Schneider et al., 1982). Die Behandlung durch eine Plattenosteosynthese des Humerus scheiterte ebenfalls. Bei Aufstehversuchen des Tieres nach der Operation kam es zu einem Ausriss der Platte und einem Zusammenbruch der Reposition. Die anatomische Präparation des Knochens nach dem Einschläfern zeigte, dass zwei Schrauben im Bereich von Fissuren platziert worden waren. Nach der Meinung von Auer (1993) haben Humerusfrakturen aufgrund des Verhältnisses von einem großen Markraum zu der dünnen Kortikalis und der Torsionskräfte, die durch den Musculus brachialis entstehen, generell eine schlechte Prognose (Auer et al., 1993). Beim Humerus des neugeborenen Kalbes ist auch zu bedenken, dass sowohl der Zugang zum distalen Humerusende von medial infolge des vorstehenden Brustbeins schwierig als auch der Halt von Schrauben im relativ weichen Knochen vermindert ist. Bei ungeschickten Aufstehversuchen, die für neugeborene Kälber typisch sind, wirken erhebliche Kräfte ein, welche die Haltekraft der Implantate gefährden.

Die konservativen Behandlungen von Radius- und Ulnafrakturen mit einem Kunststoffverband erwiesen sich bei den eigenen Patienten als geeignete Therapie (80 % Langzeiterfolg), wenn die Tiere frühzeitig und ohne schwere Begleiterscheinungen vorgestellt wurden. Alle Frakturlokalisationen von Radius und Ulna waren in der Diaphyse oder distal davon gelegen. Ein Verband kann bei einer einfachen Fraktur die-

ses Röhrenknochens nach den eigenen Untersuchungen bis über das Tuber olecrani angelegt werden und bringt eine ausreichende Stabilisierung, die von den Kälbern im Allgemeinen auch gut toleriert wird. An der Beckengliedmaße dagegen ist ein Verband bis über das Kniegelenk technisch zwar möglich, aber schwieriger anzulegen. Der Spannsägeapparat erschwert die komplette Ruhigstellung der Tibia – vor allem bei Splitterfrakturen – erheblich. Zudem kommen die Kälber mit einem derartigen hohen Verband deutlich schlechter zurecht als an der Schultergliedmaße. Die in den eigenen Untersuchungen durch einen Kunststoffverband behandelten Kälber mit Tibiafrakturen zeigten Schwierigkeiten beim Aufstehen. In beiden Fällen wurden jedoch auch zusätzliche schwerwiegende Begleiterscheinungen festgestellt, die schließlich ausschlaggebend für eine Euthanasie der Kälber waren. Eine Behandlung von Frakturen des Os femoris mit Fixationsverbänden ist nicht angezeigt; die abwartende Behandlung führt nur zum Erfolg, wenn die Fragmente nicht disloziert sind. Dies ist jedoch gerade beim Os femoris, bei dem der Musculus gastrocnemius das distale Fragment nach kaudal zieht, selten der Fall. Die stets vorhandene Dislokation der Frakturen im Bereich der distalen Metaphyse des Os femoris kann aufgrund der stark kontrahierten Muskulatur in diesem Bereich nur sehr schwer reponiert werden. Die Reposition gelingt nicht, weil eine angemessene Distraction der Gliedmaße nicht möglich ist. Wenn die Fraktur bereits einige Tage alt war, war selbst eine offene Reposition nicht mehr möglich. Da dieser Knochen ohne ausreichende Stabilisation bei einer Fraktur starken Hebelwirkungen bei der Belastung der Gliedmaße unterworfen wird, ist eine ständige schmerzhafteste Bewegung die Folge.

Bei fünf in der eigenen Untersuchung durch alleinige Boxenruhe behandelten Kälbern mit Tibiafrakturen war eine Lokalisation im Bereich der proximalen Metaphyse vorhanden. Bei diesen Frakturen bestand zusätzlich noch eine Verkeilung der Frakturfragmente. Zum Teil erschien röntgenologisch noch ein Kortikalisanteil intakt zu sein. Somit waren sie wenig disloziert und es kam bei allen zu einer langfristigen Frakturheilung. In einer derartigen Konfiguration wirkt der Spannsägemechanismus stabilisierend und verhindert die Dislokation der Fragmente, die entsprechend ohne weitere äußere Stabilisierung heilen konnten.

Die Thomas-Schiene wurde als Behandlungsmöglichkeit von Trümmerfrakturen von Lundvall (1960) und Adams (1985) für das Rind vorgeschlagen (Lundvall, 1960). Nachteile dieser äußeren Fixation sind eine starke Behinderung der Tiere und Gefahr von Drucknekrosen (Wintzer, 1961, Walker, 1979, Adams, 1985). Zwar hatte die Be-

handlung mit der Thomas-Schiene nach Adams (1985) insgesamt eine Erfolgsquote von 85,7 %, aber diese beruhte vor allem auf den besseren Resultaten bei älteren Rindern. Bei einem von Adams und Fessler (1983) mit einer Thomasschiene behandelten neugeborenen Kalb konnte keine ausreichende Ruhigstellung einer Radius-Ulna-Fraktur erzielt werden (Adams, 1985). Auch Ames (1981) musste ein so versorgtes Kalb, allerdings mit einer Os-femoris-Fraktur, einschläfern, weil keine Durchbautendenz erkennbar war. Bei den Kälbern der eigenen Untersuchung gelang die Behandlung einer Tibiafraktur mit Thomas-Schiene nicht. Das Tier konnte nicht aufstehen und zeigte Druckstellen im Bereich der Fixierung. Obwohl demnach nur Berichte über einzelne Patienten vorhanden sind, erscheinen diese darauf hinzuweisen, dass die Behandlung mit einer Thomas-Schiene bei neugeborenen Kälbern, die noch nicht stehen gelernt haben, fragwürdig ist.

Alle **operativen** Therapien wurden unter Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Inhalationsnarkose mit Halothan, Isofluran, Lachgas und Sauerstoff erwies sich als gut durchführbare Möglichkeit zur Allgemeinanästhesie auch beim neugeborenen Kalb (Steffey und D.Howland, 1979). Eine übermäßige Aufgasung durch Lachgas wurde nicht beobachtet. Von den insgesamt sechs Tieren, die während der Narkose starben - davon eines erst während der Implantatentfernung -, wiesen vier Kälber schwerwiegende, jedoch klinisch schwer erkennbare Vorschädigungen auf. Eine operative Frakturversorgung unter Inhalationsanästhesie überschreitet in den meisten Fällen den wirtschaftlichen Wert eines neugeborenen Kalbes. In einigen Fällen handelte es sich im Patientengut um wertvolle Kälber aus Embryotransfer oder mit hohem Zuchtwert. Ein interessanter Aspekt für den Besitzer war sicherlich die Möglichkeit, das Tier aus wissenschaftlichem Interesse zu günstigeren Konditionen behandeln lassen zu können. In wenigen Fällen war auch der ideelle Wert des Tieres ausschlaggebend, einer Behandlung durch die Tierklinik zuzustimmen.

Insgesamt wiesen Radius-Ulna-Frakturen die beste Prognose sowohl bei der konservativen als auch operativen Therapie der untersuchten Röhrenknochen auf. Alternativ zu der konservativen Versorgung eignen sich in Übereinstimmung mit anderen Autoren ein Fixateur externe mit oder ohne Kunststoffverband (St.Jean und DeBowes, 1992) sowie die Plattenosteosynthese (Denny 1988). Die Ergebnisse der Frakturen des Antebrachiums nach **Plattenosteosynthese** waren bei den eigenen Kälbern gut (83,3 % geheilt).

Von insgesamt 42 behandelten Frakturen des Os femoris wurden in der eigenen Untersuchung 30 durch die Plattenosteosynthese behandelt. Von diesen wurden 18 (60 %) langfristig geheilt. Nach Nemeth (1982), Ashworth (1990; 4 von 5 Frakturen geheilt) und Denny (1988; 5 von 5 geheilt) kann die Plattenosteosynthese bei diaphysären Frakturen sowie solchen der distalen Metaphyse des Os femoris mit gutem Erfolg angewendet werden (Nemeth, 1982, Denny et al., 1988, Ashworth, 1990). Hamilton (1980) und Ames (1981) hatten aufgrund von Komplikationen durch Implantatlockerungen weniger gute Erfahrungen mit der Plattenosteosynthese bei Os-femoris-Frakturen (Hamilton und Tulleners, 1980, Ames, 1981). Ames (1981) verwendete allerdings kurze Platten mit nur sechs oder sieben Schraubenlöchern und Kortikallisschrauben, die demnach keine ausreichende Stabilität aufwiesen. Gerade bei den Knochen von Kälbern, die den Schrauben wenig Halt bieten, sollte eine möglichst lange Platte verwendet werden. Bei den meisten Frakturen des Os femoris der vorliegenden Untersuchung wurde während der offenen Reposition ein weit abgestreiftes Periost gesehen. Die Blutversorgung des Knochens über das Periost wird beim Neugeborenen mit 35 % angegeben (Brookes, 1967, Rhineland, 1968, Macnab und DeHaas, 1974). Ein übermäßiger Verlust des Periostschlauches mit großflächiger Devaskularisierung des Knochens war in der Untersuchung von Ferguson (1986) der häufigste Grund, Kälber intraoperativ einzuschläfern (Ferguson et al., 1986). Da das intakte Periost den Frakturspalt verschließen kann und die periostalen Gefäße das Knochengewebe mit revaskularisieren, können verzögerte Frakturheilungen die Folge der fehlenden Abdeckung durch das Periost sein (Ferguson, 1982) (Ferguson et al., 1990). Eine Naht des Periosts war nicht möglich, weil es in der Regel zerrissen war. Wenn möglich, wurde die Platte in den späteren Jahren der eigenen Untersuchungen zur Reposition nicht unter das Periost, sondern über die verbliebenen Reste gelegt.

Von 49 therapierten Kälbern mit Tibiafrakturen wurden 23 durch die Plattenosteosynthese therapiert. Von diesen konnten, unabhängig von der Frakturmorphologie, lediglich 12 (52,2 %) langfristig geheilt werden. Eine Schwierigkeit lag in der häufig sehr weit proximal gelegenen Frakturlokalisation. Das Fragment war oft zu klein, als dass eine ausreichende Fixation hätte erreicht werden können. In diesem engen Bereich wurden deswegen einige Male T-Platten, die eine bessere Verankerung durch mehr Schraubenlöcher in dem kurzen Fragment zulassen, verwendet. Durch das Übereinanderlegen von zwei Platten in der bei Crawford (1985) beschriebenen

„Sandwich-Technik“ wurde in drei Fällen versucht, die Stabilität der Platte zu erhöhen (Crawford und Fretz, 1985). Trotzdem kam es vor allem bei Behandlungen der proximalen Metaphyse der Tibia in sechs von 18 Fällen zu Instabilitäten. Die Schwierigkeiten in der Behandlung von Tibiafrakturen durch die Plattenosteosynthese kann in der ungenügenden Weichteilabdeckung im Bereich der medial angebrachten Platte liegen. Im Vergleich zu den Os-femoris-Frakturen wiesen Tibiafrakturen signifikant mehr Infektionen nach operativer Versorgung auf (Chi^2 -test, $p < 0,01$). Die periostale und kortikale Blutversorgung wird durch die Platte gestört und der Bereich ist anfällig für Infektionen. Eine Überdeckung mit gut durchbluteter Muskulatur kann sowohl die Durchblutung des Knochens verbessern als auch die Wunde erheblich besser schützen. Die mediale Seite der Tibia weist kaum Muskulatur auf und dort angebrachte Implantate sind schlecht geschützt.

Plattenosteosynthesen eignen sich anscheinend besser für diaphysäre Frakturen und sollten an der Tibia dorsomedial oder -lateral angebracht werden, wo eine bessere Weichteilabdeckung möglich ist. Die kraniale Aussackung der lateralen Abteilung des Femorotibialgelenks ist dabei zu schonen. Es konnte keine statistische Beziehung der Frakturlokalisationen zu den Behandlungsergebnissen hergestellt werden.

Eine Ursache der - sowohl in der eigenen Untersuchung als auch in der Literatur festzustellenden - enttäuschenden Erfolgsquote bei der Anwendung der Plattenosteosynthese besteht sicherlich in der Schwierigkeit, eine Schraube in der sehr dünnen Kortikalis der juvenilen Kälberknochen zu befestigen (Ferguson, 1982). Dadurch kam es in 18 von 56 Fällen (32,1 %) zum Ausreißen der Schrauben und Platten. Experimentelle Studien verglichen den Halt von 4,5-mm- und 5,5-mm-Kortikalisschrauben und 6,5-mm-Spongiosaschrauben in Röhrenknochen von Kälbern und Fohlen in vitro. Den mit Abstand besten Halt in der Diaphyse und Metaphyse von Röhrebeinen bei Kraftereinwirkung ergaben die 6,5-mm-Spongiosaschrauben (Kirpensteijn et al., 1992, Sedrish et al., 1998). Der Halt der verschiedenen Schraubenarten in der Diaphyse oder Metaphyse von Kälberfemora wies dagegen keine signifikanten Unterschiede auf (Kirpensteijn et al., 1993). In der vorliegenden Untersuchung wurden deswegen in den letzten Jahren Spongiosaschrauben im Bereich der Metaphysen und Epiphysen den Kortikalisschrauben vorgezogen. Eine Verbesserung der Ergebnisse kann jedoch nicht festgestellt werden.

Die Therapie von Frakturen mit einem **Veterinär-Fixateur** (Vet Fix) ist recht neu und wurde erst in dem letzten Jahr der retrospektiven Untersuchung angewandt. Der Veterinär Fixateur wurde als Implantat für die Röhrenknochen bei Großtieren entwickelt. Obwohl mechanische Tests einer in-vitro-Studie mit Knochenersatzmaterial zeigten, dass die Implantate sich plastisch deformierten (Haerdi- Landerer, 2001), war das Heilungsergebnis bei Os-femoris-Frakturen zweier Kälber in der vorliegenden Untersuchung sehr gut.

Intramedulläre Frakturbehandlungen mit **Steinmann-Nägeln** oder **Rush Pin** sind vom Material her recht kostengünstig. Ein Vorteil der intramedullären Nagelung liegt auch in der Erhaltung der periostalen und kortikalen Blutversorgung, die für die Frakturheilung wichtig ist. Untersuchungen an Knochen von Hunden ergaben, dass die Markhöhle zu 70 % mit Implantaten ausgefüllt werden kann, ohne dass die medulläre Blutversorgung eingeschränkt wird (DeYoung und Probst, 1992).

Insgesamt war das eigene Ergebnis der Frakturbehandlungen mit den intramedullären Kraftträgern, in Form der Steinmann-Nägel und Bohrdrähte, bei Os femoris- und Tibiafrakturen weniger gut. Von sieben durch Steinmann-Nagelung behandelten Frakturen konnte in der eigenen Untersuchung nur die einer Tibia nachweislich langfristig geheilt werden (14,3%). Obwohl meistens mehrere Nägel zur Erhöhung der Rotationsstabilität verwendet wurden, kam es bei allen intramedullären Fixationen zu Implantatlockerungen mit nachfolgenden Komplikationen wie Refrakturen (2) und Infektionen (2). Entgegen diesen Beobachtungen hatte St. Jean (1992) mit der intramedullären Behandlung am Os femoris von 12 Kälbern Erfolg. Trotz häufig auftretender Implantatlockerungen (50 %) kam es in seiner Untersuchung relativ selten (16,7 %) zu Komplikationen. Die übermäßige Kallusbildung bei einer geringen Instabilität überwiegt offenbar die Nachteile. Die behandelten Kälber wurden zuvor jedoch auch sehr gründlich in Bezug auf ein gutes Allgemeinbefinden und ausreichende Kolostrumaufnahme selektioniert (St.Jean et al., 1992a).

Die Behandlung durch die Rush Pin-Technik war in der vorliegenden Untersuchung in 6 von 10 Fällen zunächst erfolgreich. Langfristig waren jedoch nur 3 Frakturbehandlungen der proximalen Tibiametaphyse erfolgreich. Obwohl diese Implantate nicht immer sofort zur stabilen Fixation führten, kam es vor allem bei der häufigen Lokalisation in der proximalen Metaphyse der Tibia zu einer Verkeilung der Frakturfragmente und stabilisierender Kallusformation. Bei Beherrschung der Technik der

optimalen bogenförmigen Positionierung und Drei-Punkt-Fixierung des Rush Pins innerhalb des Markraums ist eine ausreichende Fixation der Fraktur somit möglich. Die Ursache für die Komplikationen bei der Behandlung des Os femoris kann auf den zu großen Markraum dieses Knochens bei Rindern zurückzuführen sein. Die Kräfte, die dort auf das Implantat einwirken, sind für die Rush Pins zu groß.

Vorteil der Behandlung durch einen **Fixateur externe** ist eine im Vergleich zur offenen Reposition und Fixation wirtschaftlich günstigere und weniger aufwendige Durchführung. Das Anbringen eines Fixateur externe eignet sich vergleichsweise besser bei bereits offenen, infizierten Frakturen. Auch bei einfachen, wenig dislozierten Frakturen ist er anwendbar. Die Fragmentenden erhalten eine bessere Stabilisierung als durch alleiniges Anlegen eines Kunststoffverbandes. Die Gefahr der Infektion entlang der Bohrdrähte ist jedoch bei Rindern aufgrund der Stallhaltung in der Regel größer als bei Hunden und Katzen. Als weitere Nachteile nennt Martens (1998) die schlechte Möglichkeit der Reposition der Fragmente und eine extensive Kallusformation (Martens et al., 1998). Aufgrund der dünnen Kortikalis bei Neugeborenen ist diese Art der Fixierung problematisch, da es relativ schnell zu Lockerungen der eingebrachten Nägel kommt. Diese begünstigen eine Infektion entlang der Bohrdrähte (Nemeth, 1988, St.Jean et al., 1991, Steiner et al., 1993). Bei allen Versorgungen mit dieser Technik kam es in der eigenen Untersuchung zu Sekretionen an den Eintrittsstellen der Bohrdrähte. In drei Fällen waren diese Sekrete purulent und wurden als Komplikation bewertet, da die Tiere Anzeichen von systemischen Infektionen aufwiesen. Osteolysen entlang der Bohrdrähte werden häufig durch thermische Verletzungen beim Bohren begünstigt, bleiben jedoch oft ohne Konsequenzen. Bei einem Kalb der eigenen Untersuchungen trat eine Refraktur auf, die möglicherweise dadurch begünstigt wurde.

Beide Radius-Ulna-Frakturen wiesen auch bei der Behandlung mit dem externen Fixateur gute Langzeitergebnisse auf. Die so behandelten Tibiafrakturen waren dagegen in der eigenen Untersuchung nicht erfolgreich. Von ursprünglich sechs mit einem Fixateur externe behandelten Frakturen heilte nur eine. Martens (1998) empfiehlt, den Fixateur externe nicht bei einer sehr stark gesplitterten Fraktur, einer proximal epiphysären oder metaphysären Fraktur der Tibia anzuwenden (Martens et al., 1998). Bei Hamilton und Tulleners (1980) entwickelten zwei Tiere, die mit einem Fixateur externe im Bereich der proximalen Tibiametaphyse versorgt wurden, eine

Arthritis des Kniegelenks. In diesem Bereich bildet die laterale Abteilung des Femorotibialgelenks eine große Ausbuchtung unter die Sehne des M. extensor digitorum communis/ M. fibularis tertius aus (Nuss, 2000, Nuss et al., 2002). Bei weit proximal gelegener Fraktur, bei der wenig Platz für die Bohrdrähte bleibt, besteht also die Gefahr, dass diese Aussackung verletzt wird. Auf das perkutane Eindringen von Keimen entsteht als Folge die Infektion des Kniegelenks. Beim Setzen von Bohrdrähten an dieser Stelle sollte diese Gelenkaussackung geschont werden. Durch das Anlegen eines selbsthärtenden Kunststoffverbandes als zusätzlicher, äußerer Stabilisierung der perkutanen Fixierung (Walking Cast) wurde in der eigenen Untersuchung ein besseres Heilungsergebnis erhofft. In beiden Fällen wurden Kälber mit einer offenen, distal des Knochens gelegenen Tibiafraktur des zweiten Schweregrades zunächst therapiert, aber später aufgrund des schlechten Allgemeinzustandes eingeschläfert. Das Anlegen eines zusätzlichen Kunststoffverbandes führt zwar zu einer Stabilisierung der Bohrdrähte, jedoch ist die schlecht durchzuführende Kontrolle des Frakturbereiches gerade bei offenen Frakturen als Nachteil des Walking Cast anzusehen. St. Jean (1991) empfiehlt, bei Frakturen in der distalen Metaphyse der Tibia aufgrund des nur kurzen distalen Fragmentes das angrenzende Gelenk zu überbrücken, um durch das Einbringen von Nägeln in den Metatarsus und der Fixierung durch einen Kunststoffverband eine zusätzliche Stabilität zu erreichen (St. Jean et al., 1991). In den eigenen Untersuchungen heilte nur eine von acht Frakturen im Bereich der distalen Epiphyse der Tibia aus. Die ungenügende Weichteilabdeckung kann weder ein starkes Trauma kompensieren noch Implantaten Schutz bieten. Die anatomische Nähe der sehr kleinen distalen Epiphyse zum Tarsokruralgelenk kann im Fall einer Entzündung zu einer reaktiven Arthritis führen, die in einer Ankylosierung resultiert. Die **Komplikationen** während (19 von 91; 20,9 %) und nach den Frakturversorgungen (48 von 98; 49 % der Kälber) waren häufig. Von den fünf Tieren, die während der Frakturversorgung in der Narkose starben, wurden bei vier Kälbern zusätzliche Erkrankungen als Ursache verantwortlich gemacht. Aufgrund der häufig noch nicht vollständigen Lungenausreifung ist das Narkoserisiko sowie die Gefahr, an einer nachfolgenden Pneumonie zu erkranken, erhöht. Damit das Risiko der Anästhesie beim Kalb minimiert werden kann, sollte es mindestens 24 Stunden alt sein (Chatre, 1995). Da die Tiere häufig nicht am ersten Lebenstag in der Tierklinik vorgestellt oder in der Klinik zunächst mit Kolostrum und Elektrolyttränken stabilisiert wurden, wurden die Kälber erst an dem folgenden Tag operiert.

Trotz der sowohl peri- als auch postoperativen, systemischen Antibiotikagabe wurden in der eigenen Untersuchung bei den pathologisch untersuchten Kälbern die Kombinationen von Omphalitis (7), Osteomyelitis (8), Polyarthritits (11) und Septikämie (12) diagnostiziert. Zusätzliche Frakturen wurden bei zwölf der vorgestellten Kälber gefunden. Eine Osteomyelitis sowie erreggerbedingte Osteoarthritis und folgende Septikämie entstehen bei Kälbern häufiger nach einer Verletzung der entsprechenden Knochen und Gelenke als durch alleinige hämatogene Streuung (Verschooten et al., 2000). Durch das Vorhandensein zusätzlicher Erkrankungen vergrößert sich die Wahrscheinlichkeit einer negativen Entwicklung im postoperativen Heilungsverlauf noch. Von den vorgestellten Kälbern mit schwerwiegenden zusätzlichen Erkrankungen, wie weiteren Frakturen oder starker Weichteilschädigung, konnte in der Untersuchung von Ferguson (1990) keines erfolgreich therapiert werden. Wenn zusätzliche Erkrankungen wie Pneumonie oder Diarrhoe vorhanden waren, sanken die Aussichten einer erfolgreichen Therapie um die Hälfte (Ferguson et al., 1990). Aufgrund der Unreife des Immunsystems ist bei neugeborenen Kälbern die Anfälligkeit für Infektionen gesteigert (Banks, 1982). Auch eine lange Operationsdauer, verursacht beispielsweise durch schwer zu reponierende Frakturen, macht den Wundbereich anfälliger für eine Infektion.

Die Traumatisierung der Epiphysenfuge sollte, wenn immer möglich, vermieden werden. Wenn eine Schraube durch den Fugenknorpel verläuft, kann ihr Gewinde und der ausgeübte Zug das Längenwachstum blockieren. Bei exzentrischer Verschraubung kann es zu einer partiellen Epiphysiodese kommen, nicht nur mit Beinverkürzung, sondern auch mit einer Fehlstellung der Gelenkachse (Matis et al., 1985). Die häufig anzutreffenden Frakturlokalisationen im Bereich der Metaphysen machten eine Traumatisierung der Wachstumszonen zu Gunsten einer Stabilisation der Frakturfragmente jedoch in vielen Fällen unumgänglich. Häufig musste die Wachstumsfuge überbrückt werden und nicht selten war ein Durchbohren der Wachstumszone zum Erreichen einer stabilen Fixation unausweichlich. In der vorliegenden Untersuchung wurde in 41 Fällen ein Fugentrauma gesetzt. Bei nur zwei Kälbern wurde jedoch eine spätere Fehlstellung aufgrund des Traumas der Wachstumszone diagnostiziert. Auch Nemeth (1988) schätzte die Gefahr des vorzeitigen Verschlusses der Wachstumszone gering ein.

In der eigenen Untersuchung wurde eine **Implantatentfernung** angestrebt, damit die Gefahr von Fehlstellungen oder Verkürzungen reduziert wird. Den durch die Traumatisierung der Wachstumszone möglichen Wachstumsproblemen sollte jedoch - aufgrund der Gefahr einer Refraktur - nicht durch eine frühere Implantatentfernung begegnet werden. Eine Teilimplantatentfernung der entsprechenden Schrauben kann eine Lösung dieses Problems sein. Ferguson (1985) riet, die Implantate etappenweise zu entfernen, um den Knochen vor den Folgen einer „stress protection“ zu schützen (Ferguson, 1985), was ökonomisch gesehen nicht durchführbar ist. Die Konsolidierung einer Fraktur ist nach durchschnittlich sieben Wochen zu erwarten (Nemeth, 1988). Bei insgesamt 39 (78%) der 50 operativ behandelten und noch lebenden Tiere der eigenen Untersuchung wurde eine Implantatentfernung durchgeführt. Platten wurden im Schnitt nach 12,7 Wochen entfernt. Hickman (1957) schlug eine Implantatentfernung der Platte nach sechs bis acht Wochen vor, da sie ansonsten von Kallus umgeben wäre und ein Entfernen schwierig sei (Hickman, 1957); dies kann nach eigenen Beobachtungen nicht bestätigt werden; lediglich bei einem Kalb, das nach sechs Monaten erst zur Implantatentfernung vorgestellt wurde, war die Osteosyntheseplatte stark knöchern überbaut. Von sechs Kälbern, bei denen eine Implantatentfernung bereits nach acht Wochen durchgeführt wurde, erlitt eines eine Refraktur durch einen Sturz. Bei zwei weiteren Plattenosteosynthesen des Os femoris wurde von den Besitzern im Anschluss an die Implantatentfernung - einmal nach acht und einmal nach 24 Wochen - eine deutlich schlechtere Belastung der Gliedmaße gesehen und die Kälber mussten geschlachtet werden. Auch bei diesen Kälbern, die allerdings nicht mehr in der Klinik untersucht werden konnten, muss an das Auftreten einer Refraktur gedacht werden. Die Implantatentfernung bei langen Röhrenknochen sollte nach diesen Befunden eher um 10 bis 12 Wochen postoperativ erfolgen. In der Dissertation von Beck (1988) waren bei allen Kälbern, denen experimentell Schrägfrakturen von Metakarpus und Metatarsus zugeführt wurden, unabhängig von der Behandlungsart nach vier Wochen eine genügende Kallusbildung und Stabilität nachweisbar. Diese Stabilität wurde allerdings nicht in praxi erprobt (Beck, 1988). Für lange Röhrenknochen ist sicherheitshalber eine längere Zeitdauer anzunehmen. Speziell bei Splitter- oder Schrägfrakturen ist diese Zeitspanne zu kurz.

Wenn die Implantate später nicht entfernt werden, können die Schrauben, welche die Platten durch beide Kortizes hindurch befestigen, die Struktur und die Formung – Remodelling - des Knochens negativ beeinflussen. Dies führt dann bei Belastung zu

Schmerzen (Bramlage, 1989). In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit einer zweiten Operation zur Implantatentfernung wurde die Erfahrung gemacht, dass die Landwirte häufig nur durch ein finanzielles Entgegenkommen bezüglich der Kosten mit einer wiederholten Behandlung des Tieres einverstanden waren. Oft wurden die Tiere nach der ersten Operation und dem Entlassen aus der Klinik trotzdem nicht wieder vorgestellt. Die Implantatentfernung von sieben Fixateur externes fand in der Regel nach sechs Wochen statt: Komplikationen aufgrund der Implantatentfernung wurden nicht beobachtet. Aufgrund der Infektionsgefahr entlang der Nägel in den Knochen und dem dadurch bedingten Lockern der Implantate sollte die Entfernung der Bohrdrähte so früh wie möglich, entsprechend dem Fortschreiten der Frakturheilung, erfolgen (Hamilton und Tulleners, 1980, St.Jean und DeBowes, 1992).

Angaben über **Langzeitergebnisse** liegen von 60 aus der Klinik entlassenen Tiere vor. Immerhin 25 Rinder konnten zu einer Nachuntersuchung - mindestens sechs Monate nach der Frakturbehandlung - in die Tierklinik gebracht werden. Die Beurteilung der Heilung weiterer 35 Tiere beruht auf den Aussagen der Besitzer. Ein sehr gutes oder gutes Ergebnis wiesen 54 Tiere auf. Bei sechs Rindern führten Komplikationen zu einer starken Nutzungseinschränkung und die Tiere wurden als untauglich bewertet. Die geringe Anzahl der eigens durchgeführten Spätkontrollen ist vorwiegend auf die kurze Lebensdauer der Rinder zurückzuführen. Vor allem männliche Tiere wurden innerhalb relativ kurzer Zeit ausgemästet. Einige zur Zucht bestimmte Tiere wurden verkauft und der neue Besitzer konnte nicht ausfindig gemacht werden. Kühe, die zum Zeitpunkt der Befragung trächtig waren, wurden wegen des Abortrisikos nicht mehr in die Klinik transportiert. In zwei Fällen wurde eine klinische Untersuchung vor Ort durchgeführt.

Aufgrund der Subjektivität und geringen Antworten ist die telefonische Besitzerbefragung nur kritisch zu beurteilen (Schwabe et al., 1977). Sie war dennoch in den eigenen Untersuchungen bezüglich der Lebensdauer und der weiteren Nutzung der Patienten hilfreich. Häufig konnten zwar nur sehr grobe Beurteilungen über die Belastung und Stellung der Gliedmaßen gemacht werden, da sich die Tiere in Anbindehaltungen oder Buchten mit mehreren Artgenossen befanden. Wenn die Tiere jedoch in der Nutzungsrichtung nicht tauglich waren, war die Auskunft immer recht präzise, auch wenn die Behandlungen schon Jahre zurücklagen.

Die klinische und röntgenologische Nachuntersuchung war bei den Tieren, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ausgewachsen waren, oft nur unvollständig durch-

zuführen. Aufgrund der Frakturlokalisierung (Os femoris) war es dann nicht möglich, vergleichende Röntgenbilder anzufertigen. Eventuell vorhandene Achsenabweichungen oder Verkürzungen der ehemals frakturierten Knochen konnten in diesen Fällen deswegen nicht festgestellt werden. In einigen Fällen war eine Verkürzung eines Knochens festzustellen, allerdings waren sie nur geringfügig und die Aussagekraft der gemessenen Längen entsprechend gering. Auch Beck (1988) wies auf die bei Röntgenaufnahmen von Metakarpalfrakturen entstehenden Projektions- und Messfehler hin. Durch die nicht exakt gleiche Möglichkeit der Lagerung der Tiere war eine reproduzierbare Präzision nicht möglich. Für die Wachstumsbeurteilung ergab sich auch unter Einbezug der Projektions- und Messfehler eine Ungenauigkeit von +/- 2%, wodurch keine zuverlässigen Aussagen gemacht werden konnten (Beck, 1988).

Klinische Messungen der Knochenlänge am lebenden Tier, indem die Knochenenden durch die Haut palpiert und gemessen werden, sind sehr ungenau (Graham und Price, 1981). Die subjektiven, klinischen Untersuchungen in Bezug auf Gliedmaßenstellung, -länge und -belastung waren hingegen gut durchführbar.

Insgesamt war selbst bei einem Längenunterschied des behandelten Knochens eine sichtbare Lahmheit meist nicht feststellbar. Einige Tiere zeigten während der Frakturheilung und in den folgenden Monaten noch eine Deformation oder geringe Achsenabweichung der Gliedmaße. Zum Zeitpunkt der Spätkontrolle schien sich die Deformation zurückgebildet zu haben oder die Achsenabweichung geringer geworden zu sein. Geringe Achsenfehler, die aufgrund der Fraktur entstehen, werden vom Rind in der Regel gut kompensiert (Köstlin et al., 1990). Obwohl eine Rotation des Knochens durch die Frakturheilung nicht kompensiert werden kann (Rahn, 1982), wird eine geringe Seitenverschiebung oder Achsenabweichung vor allem im wachstumsintensiven Alter spontan korrigiert (Matis et al., 1985).

Zusammenfassend gesagt eignet sich die konservative Therapie bei Radius-Ulna- sowie Tibiafrakturen, sofern nur eine geringe Dislokation vorhanden ist. Die operative Therapie ist aufgrund des Kostenaufwandes und der hohen Misserfolgsquote der vorliegenden Untersuchung genau abzuwägen. Frakturen des distalen Bereiches des Os femoris sowie andere stark dislozierte Frakturen sollten bereits aus Gründen des Tierschutzes operativ behandelt werden. Eine Aussage über Behandlungen des Humerus ist aufgrund der geringen Fallzahlen nicht zu machen. Eine sorgfältige Selektion der Kälber in Bezug auf ein gutes Allgemeinbefinden und fehlender Begleiter-

krankungen ist in der Frakturbehandlung wesentlich. Primäres Ziel ist die fachgerechte Geburtshilfe, zur Vermeidung unnötiger Verletzungen.

5 Zusammenfassung

Frakturen der langen Röhrenknochen beim neugeborenen Kalb

- Behandlung und Ergebnisse - (1986 - 2001)

In dieser retrospektiven Untersuchung wurden die Krankenakten von neugeborenen Kälbern, die in der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Universität München mit einer Fraktur der langen Röhrenknochen vorgestellt worden waren, ausgewertet. Die Untersuchung erstreckte sich über einen Zeitraum von 16 Jahren und erfasste 125 Tiere. Frakturen der Metakarpal- und Metatarsalknochen fanden dabei keine Berücksichtigung, da sie in der Regel konservativ zu behandeln sind.

Die Mehrzahl der Kälber (77; 61,6 %) erlitt die Frakturen im Verlauf einer assistierten Geburt. Viele von ihnen (68; 54,4 %) wiesen bei der Einstellungsuntersuchung zusätzliche Erkrankungen - wie Nabelerkrankungen, Gliedmaßenfehlstellungen und beeinträchtigtes Allgemeinbefinden - auf. Begleiterkrankungen beeinflussten sowohl die Entscheidung zu einer Therapie als auch die Frakturheilung signifikant (Chi²-Test: $p < 0,01$).

Vergleichsweise häufiger als die Knochen der Schultergliedmaße waren die der Beckengliedmaße, die Tibia (58; 46,4 %) und das Os femoris (50; 40 %) betroffen. Lediglich in 8 Fällen (6,4%) bestanden offene Frakturen. Als Hinweis für eine Verkeilung der Hintergliedmaßen im mütterlichen Becken ist zu werten, dass die Frakturen oft in der Nähe des Kniegelenkes lokalisiert waren (54,4%).

Insgesamt 107 Kälber wurden behandelt. Konservativ therapiert wurden 16 Frakturen, vor allem solche von Humerus und Radius/ Ulna, aber auch fünf der Tibia. Letztere im Bereich der proximalen Metaphyse lokalisierte Frakturen (5) heilten ohne Verband allein durch Boxenruhe ab. Die bei den restlichen 91 Kälbern angewendeten operativen Techniken bestanden aus Plattenosteosynthesen (64), Rush Pin (10), Fixateur externe (8), Steinmann Nagel (7) und Veterinär- Fixateur (2). Nach einer durchschnittlichen Aufenthaltsdauer von zwei Wochen konnten 66 (61,7%) der behandelten Kälber aus der Klinik entlassen werden. Bei den übrigen traten Komplikationen auf, so dass sie starben oder eingeschläfert werden mussten. Kälber mit zusätzlichen Erkrankungen und instabilen Fixationen (37) waren

prädisponiert für Infektionen (22). Bei 67 (62,6 %) der 107 behandelten Tiere kam es zu Komplikationen, von diesen konnten dennoch 26 aus der Klinik entlassen werden. Die spätere Entfernung der Implantate erfolgte bei 39 Tieren. Mittelfristig (bis sechs Monate nach der Frakturbehandlung) gesunden 60 (56,1%) und langfristig (> sechs Monate) 54 (50,5%). Die Erfolgsquote der konservativen Frakturbehandlung lag etwas höher als die der operativen (55%).

Eine besonders ungünstige Prognose weisen nach dieser Studie die Frakturen im distalen Bereich der Tibia auf. Bei lediglich einem von acht Kälbern kam es zur Frakturheilung. Im Vergleich zu den Os-femoris-Frakturen traten bei den Tibiafrakturen nach operativer Versorgung signifikant häufiger Infektionen auf (Chi²-Test < 0,05). Die Versorgung mit intramedullären Kraftträgern war wenig erfolgreich. Bei neugeborenen Kälbern ist die Behandlung von Frakturen der langen Röhrenknochen aufgrund ihres unausgereiften Immunsystems, der häufig zu konstatierenden Begleiterkrankungen sowie der noch weichen Knochenbeschaffenheit als schwierig zu bewerten. Es ist anzunehmen, dass in den landwirtschaftlichen Betrieben viele Frakturen der langen Röhrenknochen vorkommen, aber wegen der ökonomischen Situation die Kälber nicht behandelt werden.

Günstig für eine erfolgreiche Behandlung sind die Abwesenheit von Begleiterkrankungen, die einfache Frakturkonfiguration sowie die Frakturlokalisierung in der Diaphyse oder Metaphyse. Bei wenig dislozierten Frakturen, wie sie des öfteren an Radius/Ulna und an der Tibia gefunden werden können, ist die konservative Therapie angebracht. Meist sind die Fragmente jedoch stark disloziert und müssen durch eine Osteosynthese adaptiert und fixiert werden. Trotz aller Nachteile erscheinen hierzu die Plattenosteosynthese sowie eingeschränkt der Veterinär-Fixateur (Vet Fix) am ehesten geeignet.

6 Summary

Fractures of the longbones in the newborn calf

– treatment and results – (1986 - 2001)

In this retrospective study the patient data of newborn calves were evaluated. These were presented at the bovine section of the Surgery Clinic of the University Munich with fractures of the long bones. The investigation took place over a period of 16 years and included 125 animals. Fractures of the metacarpal and metatarsal bones were not considered as they are usually treated conservatively.

The majority of the calves (77, 61,6%) acquired fractures during assisted delivery. During the initial examination several calves (68, 54,4%) presented additional disorders such as navel infections, abnormal limb posture and poor physical condition. These disorders had a significant negative influence not only on the choice of therapy, but also on fracture healing (χ^2 -test < 0.01).

Fractures in the hind limb occurred more often - tibia 58 (46,6%) and femur 50 (40%) - than in the forelimb. Only 8 cases (6,4%) of open fractures were documented. The frequent location of fractures in the stifle area (54,4%) might be an indication of a breech presentation of the hind limbs in the maternal pelvis ("stifle lock").

Of the 125 calves 107 were subjected to treatment. Conservative therapy was chosen for 16 fractures, especially for those of the humerus and radius/ulna as well as the tibia.

Tibial fractures located in the proximal metaphysis (5) healed without a supportive dressing and through stall rest alone. The operative techniques applied to the other 91 calves consisted of plateosteosynthesis (64), rush-pins (10), external fixateur (8), Steinmann pins(7) and Veterinary Fixation System (VFS; 2). After an average period of two weeks, 66 (61,7%) of the treated calves were discharged from the clinic. The remaining developed complications leading to death or euthanasia.

Calves with additional disorders and unstable repair (37) were more susceptible to infections (22). In 67 (62,6 %) of the 107 treated animals complications occurred, 26 of which could be successfully treated. Implant removal at a later stage was performed in 39 of the animals. Over a mid-term period (of up to six month post fracture repair) 60 (56,1%) and in longterm follow up (> six month) 54 animals could be cured and were sound. The success rate of conservative fracture repair lay

slightly above the operative (55%).

Fractures located in the distal region of the tibia responded poorly to treatment during this study, with only one in eight calves having successful fracture repair taking place. Infections occurred significantly more often in tibial fractures than in the femoral fractures (χ^2 -test < 0.05). In the treatment of long bone fractures in newborn calves, the therapy using intramedullary pins proved to be less successful.

The fractures of the long bones in newborn calves are difficult to treat, due to the undeveloped immune system, frequently occurring additional disorders and the soft texture of the bones. It is likely that fractures of the long bones happen more often on farms but remain untreated due to the economic situation.

An absence of additional disorders, a simple fracture configuration as well as fracture localisation in the diaphysis or metaphysis render the prognosis of the therapy more positive. Fractures that are only slightly dislocated, as often found in the radius/ ulna as well as in the tibia, can be treated conservatively. In most cases of this study, the fragments were dislocated in such a way that they required osteosynthesis for adaptation and fixation. Irrespective of all disadvantages the plate osteosynthesis and to a certain degree the Veterinary Fixation System (VFS) can be recommended for the treatment of these fractures.

7 Literaturverzeichnis

Adams, S (1985): The role of external Fixation and Emergency Fracture Management in bovine Orthopedics. Food Animal Practice 1: 1: 109-128.

Adams, S und Fessler, J (1983): Treatment of radial-ulnar and tibial fractures in cattle, using a modified Thomas splint-cast combination. JAVMA 183: 4: 430-433.

Aitken, A (1936): The end of result of the fractures distal tibial epiphysis. J Bone Jt Surg 18: 658.

Ames, N (1981): Comparison of methods for femoral fracture repair in young calves. JAVMA 179: 5: 458-459.

Ashworth, C (1990): Repair of distal femoral fractures in calves using a 90° blade plate. ACVS, 5: 56.

Auer, J, Steiner, A, Iselin, U und Lischer, C (1993): Internal Fixation of long bone fractures in farm animals. V.C.O.T. 6: 36-41.

Banks, K (1982): Host defense in the newborn animal. JAVMA 181: 10: 1053-1056.

Beck, P (1988): Der Heilungs und Wachstumsverlauf am osteotomierten os metacarpale des Kalbes nach operativer und konservativer Frakturbehandlung. Eine Vergleichende Studie bei normierter Operationstechnik. Universität Zürich, Inaugural Dissertation.

Blenmann, P, Carter, D und Beaupre', G (1989): Role of mechanical loading in the progressive ossification of a fracture callus. J. Orthop. Res. 7: 398- 407.

Boelitz, R, Dallek, M, Meenen, M und Jungbluth, K (1994): Die Reaktion der Epiphysenfuge auf Fugenkreuzende Bohrdrahtosteosynthesen. Unfallchirurgie 20: 3: 131-137.

Bramlage, LR (1989): Principles of plate fixation of long bone fractures. Equine orthopedic program, München, 66-71.

Bramlage, LR (1993): Long bone fractures. Large Animal Practice 5: 2: 285-310.

Brinker, W, Flo, G, Braden, T, Noser, G und Merkley, D (1975): Removal of bone plates in small animals. J.A.A.H.A. 11: 577-586.

Brinker, W, Piermattei, W und Flo, G (1993): Orthopädie und Frakturbehandlung beim Kleintier. Stuttgart, Schattauer,

Brookes, M (1967): Blood flow rates in compact and cancellous bone and bone marrow. J Anat 101: 533-541.

Bucher, O (1980): Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Bern, Verlag Huber, 10:

Burstein, A, Currey, J, Frankel, V, Heiple, G, Lunseth, P und Vessely, J (1972): Bone Strength. *J Bone Jt Surg* 54-A: 6: 1143-1156.

Burt, J, Myers, V, Hillmann, D und Getty, R (1968): The radiographic locations of epiphyseal lines in bovine limbs. *JAVMA* 152: 2: 168-174.

Carter, B, Schneider, R, Hardy, J, Bramlage, L und Bertone, A (1993): Assessment and treatment of equine humeral fractures: retrospective study of 54 cases (1972-1990). *Equine Vet J* 25: 3: 203-207.

Chamay, A (1972): Mechanical influences in bone remodelling. *J Biomech* 5: 173-180.

Chatre, J (1995): Fractures metacarpe, du metatarse et du tibia chez le veau. *Le Point Veterinaire* 27: 169: 225-235.

Constable, P, Hull, B, Wicks, J und Myer, W (1993): Femoral and Tibial fractures in a newborn calf after transplacental infection with bovine viral diarrhoea virus. *Veterinary Record* 132: 383-385.

Crawford, W und Fretz, P (1985): Long bone fractures in large animals- a retrospective study. *Veterinary Surgery* 14: 4: 295-302.

Dallek, M, Jungbluth, K und Hollstein, A (1983): Studies of the arrangement of the collagenous fibers in infant plates using polarized light and the scanning electron microscope. *Arch Orthop Trauma Surg* 101: 239- 245.

Dämmrich, K (1981): Exogene und Endogene Einflüsse auf Erkrankungen des Bewegungsapparates. *Beihefte Zentralblatt Veterinärmedizin* 35: 140-151.

De Kruijff, A (1995): Komplikationen des normalen Partus beim Rind. *Prakt Tierarzt* 10: 850-852.

Denny, H, Sridhar, B, Weaver, B und Waterman, A (1988): The management of bovine fractures: a review of 59 cases. *Vet Rec* 123: 18-295.

Deppermann, F, Dallek, M, Meenen, N, Lorke, D und Jungbluth, K (1989): Die biomechanische Bedeutung des Periosts für die Epiphysenfuge. *Unfallchirurgie* 15: 4: 165-173.

DeYoung, D und Probst, C (1992): Methods of internal fracture fixation. *Slatter*, 1610-1631.

Diesem, C, Hockman, M und Burt, J (1971): Age determination and structural changes in calves. *JAVMA* 158: 9: 1542-1547.

Dingwall, J, Duncan, D und Horney, F (1971): Compression plating in large animal orthopedics. *JAVMA* 158: 10: 1651-1657.

Draenert, K und Draenert, Y (1995): Die Bedeutung der Blutgefäße auf beiden Seiten der Wachstumsfuge. *Der Orthopäde* 24: 394-401.

Dyce, K, Sack, W und Wensing, C (1991): *Anatomie der Haustiere*. Stuttgart, Enke Verlag,

Eigenmann, U (1981): Der Einfluß geburtshilflicher Maßnahmen auf die Lebensfähigkeit neugeborener Kälber. *Der Praktische Tierarzt* 11: 933-942.

Ellenberger, W und Baum, H (1932): *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haussäugetiere*. Berlin, Verlag Julius Springer,

Elma, E (1988): *Frakturen beim Rind. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1970-1987*. Veterinärmedizinische Universität, München, Inaugural Dissertation.

Ferguson, J (1982): Management and repair of bovine fractures. *Pract Vet* 4: 128-135.

Ferguson, J (1985a): Principles and application of internal fixation in cattle. *Food Animal Practice* 1: 1: 139-152.

Ferguson, J (1985b): Special considerations in bovine orthopedics and lameness. *Vet Clin North Am Food An Pract* 1: 131-8.

Ferguson, J (1994): Femoral fractures in the newborn calf: Biomechanics and etiological considerations for practitioners. *Can Vet J* 35: 626-630.

Ferguson, J, Dehghani, S und Petrali, S (1986): Femurfrakturen beim neugeborenen Kalb. *Wien.Tierärztl. Mschr.* 73: 9: 320-325.

Ferguson, J, Dehghani, S und Petrali, S (1990): Fractures of the femur in newborn calves. *Can.Vet.J.* 31: 289-291.

Fessler, J und Adams, S (1996): Decision making in ruminant orthopedics. *Vet Clin North Am Food An Pract* 12: 1-18.

Fessler, J und Amstutz, H (1974): *Fracture repair*. Oehme, Fund Prier, J, Large animal surgery, Baltimore, William and Wilkins, 260- 339.

Field, JR (1997): Bone plate fixation: its relationship with implant induced osteoporosis. *V.C.O.T.* 10: 88-94.

Fretz, P, Dingwall, J und Horney, F (1973): Excision arthroplasty in calves. *Mod Vet Pract* 67-69.

Frewein, J und Wilkens, H (1992): *Bewegungsapparat*. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Berlin und Hamburg, Parey, I:

Frost, H (1989): The Biology of Fracture Healing, Part I. *Clin Orth Rel Res* 248: 283-293.

Gautier, E und Perren, S (1992): Die "Limited Contact Dynamic Compression Plate" (LC-DCP)- Biomechanische Forschung als Grundlage des neuen Plattendesigns. *Der Orthopäde* 21: 11-23.

Getty, R (1975): *General Osteology*. Getty, R, Sisson and Grossman' s: *The Anatomy of the Domestic Animals*, Philadelphia, Saunders Company, 1:

Ghetie, V (1971): *Anatomica animalelor domestica*. Bucuresti, Ed. acad. de la RSR, 744.

Goedegebuure SA, Häni H und PW, P (1981): Kongenitale Oteopetrosis bei zwei Kälbern und einem Schaf. *Zbl. Vet.Med. A* 28: 345-356.

Graham, W und Price, M (1981): A technique for measuring linear bone growth during short time intervalls in cattle. *Can J An Sc* 61: 1049-1053.

Green, S (1983): Complications of external skeletal fixation. *Clin. Orthopaedics* 180: 109.

Greenough, P, MacCallum, F und Weaver, D (1972): *Lameness in cattle*. Edinburgh, Oliver & Boyd,

Haerdi- Landerer, M (2001): Mechanische Testung eines neuen internen Veterinär Fixateurs (VetFix): Vergleich der Doppel- DCP- Fixation mit 2 verschiedenen Doppel-VetFix- Konfigurationen. Eine in vitro Studie mit Knochenersatzmaterial. Veterinärchirurgische Klinik und AO Forschungsinstitut Davos, Zürich, Inaugural Dissertation.

Hamilton, G und Tulleners, E (1980): Transfixation pinning of proximal tibial fractures in calves. *JAVMA* 176: 725-727.

Hamilton, G, Turner, A, Ferguson, J und Pharr, J (1978): Slipped Capital Femoral Epiphysis in Calves. *JAVMA* 172: 11: 1318-1322.

Hance, S, Bramlage, L, Schneider, R und Embertson, R (1992): Retrospective study of 38 cases of femur fractures in horses less than one year of age. *Equine Veterinary Journal* 24: 5: 357-363.

Hees, H und Sinowatz, F (1992): *Histologie*. Köln, Deutscher Ärzte-Verlag GmbH,

Hefti, F, von Laer, L und Morscher, E (1991): Prinzipien der Pathogenese posttraumatischer Achsenfehler im Wachstumsalter. *Der Orthopäde* 20: 324-330.

Hickman, J (1957): *The Treatment of Fractures in Farm Animals*. *Vet Rec* 1227-1236.

Hilbe, M, Ossent, P, Zlinsky, K und Ehrensperger, F (2000): Abnormal Bone Development Associated with Bovine Virus Diarrhea (BVDV) Infection in a Newborn Calf. *Eur J Vet Path* 6: 3: 115-119.

Hindson, J (1978): Quantification of obstetric traction. *Vet Rec* 327-332.

Hirsbrunner, G und Häni, H (1998): Was diagnostizieren Sie? Schweiz Arch Tierheilk 140: 114-116.

Houghton, G und Rooker, G (1979): The role of the periosteum in the growth of long bones. Journal of Bone and Joint Surgery 61- B: 218- 220.

Hulse, D (1992): Fracture Biology and Biomechanics. Slatter, 1595-1603.

Jani, L und Morscher, E (1977): Prinzipien der Behandlung von posttraumatischen Störungen. Z. Orthop. 115: 586-592.

Jensen, P, Rasmussen, P und Basse, A (1976): Congenital osteogenesis imperfecta in Charolais cattle. Nord Vet Med 28: 304-308.

Kahrs, U (1983): Vergleichende Untersuchungen über Gliedmaßenfrakturen und deren Therapie bei Rindern sowie über den Verbleib der Tiere. Klinik für Rinderkrankheiten, Hannover, Inaugural Dissertation.

Kalbe, P und Schulz, J (2000): Das Kalb in Hinterendlage aus perinatologischer Sicht. Tierärztliche Praxis 28 (G): 9-11.

Kaneps, A, Schmotzer, W, Huber, M, Riebold, T, Watrous, B und Arnold, J (1989): Fracture repair with transfixation pins and fiberglass cast in llamas and small ruminants. JAVMA 195: 9: 1257-1261.

Kirker-Head, C und Fackelman, G (1989): Use of the Cobra Head bone plate for distal long bone fractures in large animals. Vet Surg 18: 3: 227-234.

Kirpensteijn, J, Roush, J, St.Jean, G, DeBowes, R und Gaughan, E (1993): Holding Power of Orthopaedic Screws in Femora of Young Calves. VCOT 6: 16-20.

Kirpensteijn, J, St. Jean, G, Roush, J, DeBowes, R und Gaughan, E (1992): Holding Power of Orthopaedic Screws in Metacarpal and Metatarsal Bones of Young Calves. VCOT 5: 100-103.

Koch, T und Berg, R (1992): Lehrbuch der Veterinär Anatomie. Jena, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag,

Konermann, H (1963): Prüfung und Beurteilung des "HK-Geburtshelfers". Dt Tierärztliche Wochenschrift 70: 3: 67-70.

König, H und Liebich, H-G (1999): Anatomie der Haussäugetiere. Stuttgart, Schattauer Verlag, 1:

Köstlin, R, Nuß, K und Elma, E (1990): Metakarpal- und Metatarsalfrakturen beim Rind. TÄ Prax 18: 131-144.

Lacroix, P (1951): Organisation of Bone.

Liebich, H (1993): Funktionelle Histologie. Stuttgart / New York, Schattauer, 2:

Lundvall, R (1960): Fractures of the long bones. JAVMA 137: 5: 308-312.

MacCallum, F, Latshaw, W und Kelly, R (1970): Identification of postnatal ossification sites: A contribution to radiographic interpretation. Brit Vet J 127: 2: 83-87.

Macnab, I und DeHaas, W (1974): The role of periosteal blood supply in the healing of fractures of the tibia. Clin Orth Rel Res 105: 27-33.

Martens, A, Steenhaut, M, Gasthuys, F, DeCupere, C, DeMoor, A und Verschooten, F (1998): Conservative and surgical treatment of tibial fractures in cattle. Vet Rec 143: 12-16.

Matis, U, Köstlin, R und Brunnberg, L (1985): Fehler in der Frakturbehandlung beim Kleintier und deren Folgen. BMTW 98: 173- 180.

Mickelsen, WD (1976): Correction of Stifle Lock in bovine dystocia. Vet Med / Small Animal Clinician 1047-1048.

Morscher, E (1977): Klassifikation der Epiphysenfugenverletzung. Z Orth 115: 557-562.

Nemeth, F (1982): Treatment of supracondylar fractures of the femur in large animals. 12 th World Buiatrics Congress, Amsterdam, The Netherlands, 791-793.

Nemeth, F (1988): The applicability of the "walking Cast "technique in fracture repair in large animals. 12th world Buiatrics Congress, Palma de Mallorca, Spain, 1124-9.

Nickel, R, Schummer, A und Seiferle, E (1992): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bewegungsapparat, Berlin, Hamburg, Paul Parey,

Nuss, K (2000): Stadienorientierte Sequenztherapie der septischen Monarthrit beim Rind. Chirurgische Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät, München, Habilitationsschrift.

Nuss, K, Hecht, S, Maierl, J und U, M (2002): Zur Punktion der Gliedmaßenengelenke beim Rind. TÄ Prax 30 (G): 301-7.

Nyrop, K, DeBowes, R und Beiermann, R (1985): Repair of a radial fracture in a calf. Compendium Continuing Education 7: 8: 459-461.

Oishi, A, Hamada, S und Sakamoto, H (1996): Radiographical evaluation of bone maturation in Japanese Black Beef Cattle. J Vet Med Science 58: 6: 529-535.

Osterwalder, A, Beeler, C, Hussler, A und Matter, P (1978): Längenwachstum an der unteren Extremität nach Schafffrakturen bei Jugendlichen. Helv Cir Acta 45: 23.

Owada, K und Sutow, W (1953): The standard skeletal maturation (The standard skeletal age) from 6 to 19 years old in Japanese healthy children. Clin Ped 6: 738-746.

Pauwels, F (1958): Funktionelle Anpassung des Knochens durch Längenwachstum. Verl Dtsch Orthop Ges 90: 34:

- Perren, S (1992): Biomechanische Grundlagen der Frakturheilung. *Der Orthopäde* 21: 3-10.
- Prieur, W, Braden, T und Rechenberg, B (1990): A suggested fracture classification of adult small animal fractures. *Vet Comp Orthop Traumatol* 3: 111-116.
- Rahn, B (1982): Bone healing: histologic and physiologic concepts. Smith, S-, *Bone in clinical orthopedics. A study in comparative osteology*, Philadelphia, Saunders, 335- 386.
- Rajtova, V (1974): Die postnatale Entwicklung des Extremitätenskeletts bei Schaf und Ziege. *Anat Histol Embryol* 3: 29-39.
- Rand, J, An, K, Chao, E und Kelly, P (1981): A Comparison of the Effect of open Intramedullary Nailing and Compression-Plate fixation on fracture.site blood flow and fracture union. *J Bone Jt Surg* 63-A: 3: 427-442.
- Rao, K und Rao, S (1973): Rush Pins for Tibial Fractures in Bovines. *Indian Vet J* 50: 702-713.
- Rhineland, F (1968): The normal microcirculation of diaphyseal cortex and its response to fracture. *J Bone J Surg* 50-A: 4: 784-800.
- Rhineland, F (1974): Tibial blood supply in relation to fracture healing. *Clin Orthop* 105: 34-81.
- Rosson, J, Egan, J, Shearer, J und Monro, P (1991): Bone weakness after the removal of plates and screws. *J Bone Jt Surg* 73-B: 2: 283-286.
- Rüsse, I und Sinowatz, F (1991): *Lehrbuch der Embryologie der Haustiere*. München, Verlag Paul Parey, 1:
- Rüsse, M, Schmid, G und Wilhelm, U (1978): Zum "Hängenbleiben" bei Rindergeburten mit Zughilfe. *BMTW* 16: 321-324.
- Salter, R und Harris, W (1963): Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone J Surg* 45A: 3: 587-622.
- Schebitz, H, Brass, W und Wintzer, H (1993): *Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende*. Paul Parey, 2:
- Schenk, R (1978): Die Histologie der primären Knochenheilung im Lichte neuer Konzeptionen über den Knochenumbau. *Unfallheilkunde* 81: 219-227.
- Schenk, R und Willenegger, H (1977): Zur Histologie der primären Knochenheilung. Modifikationen und Grenzen der Spalthheilung in Abhängigkeit der Defektgröße. *Unfallheilkunde* 80: 155.

Schneider, R, Milne, D, Gabel, A, Groom, B und Bramlage, L (1982): Multidirectional in vivo strain analysis of the equine radius and tibia during dynamic loading with and without a cast. *Am J Vet Res* 43: 9: 1541-1550.

Schuijt, G (1990): Iatrogenic fractures of ribs and vertebrae during delivery in perinatally dying calves: 235 cases (1978-1988). *JAVMA* 197: 9: 1196-1202.

Schwabe, C, Riemann, H und Franti, C (1977): *Epidemiology in veterinary practice*. Philadelphia, Lea & Febiger, 27-8.

Scruggs, W, Fleming, A, Maslin, W und Wayne Groce, A (1995): Osteopetrosis, anaemia, thrombocytopenia and marrow necrosis in beef calves naturally infected with bovine virus diarrhoea virus. *J Vet Diagn Invest* 7: 555-559.

Sedrish, S, Moore, R, Kelly, K, Martin, G und Burba, D (1998): Pullout strength of screws in foal third metacarpal bone after overdrilling a 4.5 mm hole. *Vet Comp Orthop Traumatol* 11: 200-204.

Shapiro, F, Holtrop, M und Glimcher, M (1977): Organization and cellular biology of the perichondral ossification groove of Ranvier. *J Bone Jt Surg* 59-A: 703-723.

Shim, S (1968): Physiology of blood circulation of bone. *J Bone Joint Surg* 50-A: 812.
St.Jean, G, Clem, M und DeBowes, M (1991): Transfixation pinning and casting of tibial fractures in calves: five cases (1985-1989). *JAVMA* 198: 1: 139-143.

St.Jean, G, DeBowes, M, Hull, B und Constable, P (1992a): Intramedullary pinning of femoral diaphyseal fractures in neonatal calves: 12 cases (1980-1990). *JAVMA* 200: 9: 1372-1376.

St.Jean, G, DeBowes, M, Rashmir, A und Engelken, T (1992b): Repair of a proximal diaphyseal femoral fracture in a calf, using intramedullary pinning, carilage wiring and external fixation. *JAVMA* 200: 11: 1701-1703.

St.Jean, G und DeBowes, R (1992): Transfixation pinning and casting of radial- ulnar fractures in calves: A review of three cases. *Can Vet J* 33: 257-262.

Starck, D (1979): *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere*. Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 2: 8-12.

Steffey, E und D.Howland, J (1979): Halothane anaesthesia in calves. *Am J Vet Res* 40: 3: 372-6.

Steiner, A, Iselin, U, Auer, J und Lischer, C (1993): Shaft Fractures of the Metacarpus and Metatarsus in Cattle. *VCOT* 6: 138-145.

Stick, J und Derksen, F (1980): Intramedullary pinning of a fractured femur in a foal. *JAVMA* 176: 7: 627-629.

Tonna, E (1974): Electron microscopy of aging skeletal cells III: The Periosteum. *Lab Invest* 31: 609-632.

- Trueta, J und Morgan, J (1960): The vascular Contribution to Osteogenesis. I Studies by the injection method. J Bone Jt Surg 42-B: 97-109.
- Tulleners, E (1986a): Management of bovine orthopedic problems. Part I. Fractures. Comp Cont Ed 8: 2: 69-80.
- Tulleners, E (1986b): Metacarpal and Metatarsal fractures in dairy cattle:33 cases. JAVMA 189: 4: 463-468.
- Unger, M, Montavon, P und Heim, U (1990): Classification of fractures of long bones in the dog and cat: Introduction and clinical application. VCOT 3: 41-50.
- Verschooten, F, Vermeiren, D und Devriese, L (2000): Bone infection in the bovine appendicular skeleton: Clinical, radiographic and experimental study. Vet Rad & Ultras 41: 2: 250-260.
- Von Laer, L (1981): Klinische Aspekte zur Einteilung kindlicher Frakturen, insbesondere zu den traumatischen Läsionen der Wachstumsfuge. Unfallheilkunde 84: 229.
- Walker, D (1979): Coaptation splinting of the bovina rear limb. Vet Pract 60: 629-630.
- Watkins, JP (1991): Fracture management in foals. ACVS Vet.Symposium, San Francisco, California, 384-389.
- Wilson-MacDonald, J, Houghton, G, Bradley, J und Morscher, E (1990): The relationship between periosteal division and compression or distraction of the growth plate. J Bone Jt Surg 72: 303-308.
- Wintzer, H (1961): Eine Behandlungsmöglichkeit von Frakturen langer Röhrenknochen des Rindes. Dt Tierärztl Wschr 68: 226- 230.
- Young, J und Blair, J (1974): Perinatal calf losses in a beef herd. Aust Vet J 50: 338-344.
- Zaremba, W, Guterbock, W und Ahlers, D (1995): Einfluß von Zughilfe bei geburtshilflichem Eingreifen auf den Gesundheitszustand des Kalbes in der peri- und postnatalen Phase. Prakt Tierarzt 10: 870-876.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. R. Köstlin danke ich für die Überlassung des Themas der Dissertation.

Herrn PD Dr. K. Nuss gilt mein aufrichtiger Dank für die Themenstellung, die hervorragende Betreuung und jederzeit gewährte Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Den Assistentinnen und dem Pflegepersonal der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik (OWF) für die tatkräftige Unterstützung.

Frau Erika Bauer-Spiess nicht nur für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Dr. Mark Dickomeit und Dr. Stefan Spiess für die Hilfe in allen technischen Angelegenheiten.

Meinen Eltern für ihre liebevolle und finanzielle Unterstützung.

Lebenslauf

AMELIE KATRIN SPIESS

- 9.März 1971 geboren in Düren
Eltern: Dr. jur. Hans H. Spieß
Frau Gabriele Spieß
- 1977-1981 Grundschule, Blankenheim
1981-1983 Hermann-Josef Kolleg, Steinfeld
1983-1989 Städt. Gymnasium Kreuzgasse, Köln
1989-1991 Städt. Friedrich-Wilhelm-Gymnasium, Köln
1991 Abitur
- 1991-1993 Berufsausbildung zur Medizinisch Technischen
Radiologieassistentin (MTRA), Universitätsklinik Köln
1993-1994 MTRA in der Röntgenabteilung der Chirurgischen
Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität,
München
- 1994-2000 Studium der Tiermedizin an der Tiermedizinischen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU),
München
- seit Oktober 2000 Doktorandin in der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik
der LMU, München
- November 2000 Approbation
Oktober 2001 bis
September 2002 Internship (ECVS) in der Chirurgischen Tierklinik der LMU, Mün-
chen
- seit Februar 2003 Kleintierassistentin Nottingham, England