

Aus der Pferdeklinik der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Vorstand: Prof. Dr. H. Gerhards

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. H. Gerhards
in der Tierärztlichen Klinik für Pferde Dr. W. Jahn/ V. Sill
Bargteheide

Kernspintomographische Untersuchungen in der Hufregion am stehenden Pferd

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

von

Volker Sill

aus

Kiel

München 2007

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. Gerhards

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. Maierl

Tag der Promotion: 8. Februar 2008

2.6.2	Klasse II.....	28
2.6.3	Klasse III.....	28
2.6.4	Klasse IV	28
2.7	Therapie von Erkrankungen in der Hufregion.....	29
2.7.1	Podotrochlose	29
2.7.2	Podarthritis	29
2.7.3	Zystoide Defekte	30
2.7.4	Frakturen im Hufbereich.....	31
2.7.5	Insertionsdesmopathien bzw. Bänderkrankungen.....	31
2.7.6	Pododermatitis septica	31
2.7.6.1	Nageltritt	31
2.7.7	Hornkapsel	32
2.7.7.1	Hornsäule	32
2.7.7.2	Hornkluft/ Hornspalt	32
2.7.8	Beugesehnenscheidenentzündung	32
2.8	Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie/ MRT/ MRI)	33
2.8.1	Einleitung.....	33
2.8.2	Der Kernspin	33
2.8.3	Proton und Magnetfeld	34
2.8.4	Relaxation	35
2.8.4.1	Longitudinale Relaxation, T1.....	36
2.8.4.2	Transversale Relaxation, T2	37
2.8.5	Bildkontrastdarstellung	38
2.8.5.1	Repetitionszeit	39
2.8.5.2	Echozeit	40
2.8.5.3	Gewebe und ihre Signalintensität	40
2.8.5.4	Pulswinkel.....	43
2.8.5.5	Bildrekonstruktion.....	44
2.8.6	Sequenzen	46
2.8.6.1	Spin-Echo-Sequenz	46
2.8.6.2	Gradientenecho-Sequenz	47
2.8.6.3	Inversion-Recovery-Sequenz.....	47
2.8.7	Darstellung pathologischer Befunde im MRT	48
2.8.7.1	Darstellung pathologischer Befunde am Knochen	49
2.8.7.2	Darstellung pathologischer Befunde an Sehnen und Bändern	49
2.8.7.3	Darstellung pathologischer Befunde an Gelenken und Bursa	50
3	Tiere, Material und Methoden.....	51
3.1	Untersuchte Tiere.....	51
3.2	Gruppeneinteilung.....	53
3.3	Magnetresonanztomographische Untersuchung.....	54
3.3.1	Kernspintomograph	54
3.3.2	Vorbereitung.....	55
3.3.3	Sedation	56

3.3.4	Untersuchungstechnik.....	56
3.3.4.1	Positionierung des Hufes	56
3.3.4.2	Sequenzen.....	57
3.3.4.3	Schnittebenen.....	58
3.4	Auswertungsschema.....	61
3.4.1	MRT-Auswertung	61
3.4.2	Auswertung der Röntgenbilder.....	62
3.4.3	Statistische Auswertung.....	62
4	Ergebnisse.....	64
4.1	Magnetresonanztomographische Untersuchungen.....	64
4.1.1	Allgemeine Auswertung.....	64
4.1.2	Statistische Verteilung der MRT-Befunde.....	64
4.1.3	Korrelation von MRT- und Röntgenbefund der Gruppe 1 (Patienten mit MRT- Befund in der Hufregion)	66
4.1.3.1	Auswertung von Gliedmaßen mit MRT- Befund und mit Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 1.a).....	66
4.1.3.2	Auswertung von Gliedmaßen mit MRT- Befund ohne Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 1.b).....	66
4.1.4	Korrelation von MRT- und Röntgenbefund der Gruppe 2 (Patienten ohne MRT- Befund in der Hufregion)	66
4.1.4.1	Auswertung von Gliedmaßen ohne MRT- Befund und mit Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 2.a)	66
4.1.4.2	Auswertung von Gliedmaßen ohne MRT- Befund und ohne Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 2.b).....	66
4.1.5	Auswertung von MRT- Befunden im Sinne einer Podarthrose	67
4.1.6	Auswertung von MRT- Befunden im Sinne einer Podotrochlose... 70	
4.1.6.1	Strahlbeinbefunde.....	71
4.1.6.1.1	Strahlbeinödem.....	72
4.1.6.1.2	Strahlbeinsklerose.....	73
4.1.6.1.3	Strahlbeinzystoid.....	75
4.1.6.1.4	Strahlbeinfraktur.....	75
4.1.6.1.5	Non unions am Margo distales des Strahlbeines	76
4.1.6.2	Bursa podotrochlearis	77
4.1.6.3	Tiefe Beugesehne.....	79
4.1.7	Auswertung sonstiger MRT- Befunde.....	82
4.1.7.1	Extraartikuläre Hufbeinbefunde.....	82
4.1.7.2	Kronbein	84
4.1.7.3	Hornsäule	86
4.1.7.4	Nageltritt	87
4.1.8	Lahmheitsgrad und –dauer in Beziehung zum MRT-Befund.....	88
4.1.8.1	Lahmheitsdauer von Patienten mit TBS-Schäden.....	89
4.1.8.2	Lahmheitsgrad von Patienten mit TBS-Schäden	90
4.1.9	Korrelation von MRT-Befund und diagnostischer Anästhesie	91
4.2	Auswertung Therapie und Nachuntersuchung.....	92

5	Diskussion	96
6	Zusammenfassung.....	111
7	Summary	113
8	Literaturverzeichnis	114
9	Anhang	120
10	Danksagung.....	133
11	Lebenslauf	134

Abkürzungsverzeichnis

BSS	gemeinsame digitale Beugesehnenscheide
Cm	Zentimeter
CL	Collateral Ligament
CSL	Collateral Sesamoidean Ligament
DDFT	Deep Digital Flexor Tendon
DIP	Distal Interphalangeal Joint
DSIL	Distal Sesamoidean Impar Ligament
ESWT	Stosswellentherapie (engl. für Extracorporal Shockwave Therapy)
GE	Gradienten-Echo-Sequenz
h	Stunde
HF	Hochfrequenzimpuls
HGA	Hufgelenksanästhesie
IR	Inversion-Recovery-Sequenz
IRU	Increased Radiopharmaceutical Uptake
Lig.	Ligamentum (lat. für Band)
Ligg.	Ligamenti (lat. Plural für Band)
m	Meter
min	Minute
ml	Milliliter
MPA	Mittlere palmare Anästhesie
MRT	Magnetresonanztomographie, Magnetresonanztomogramm
MRI	magnetic resonance imaging (engl.)
ms	Millisekunde
N.	Nervus (lat. für Nerv)
NB	Navicular Bursa
Nn.	Nervi (lat. Plural für Nerv)
NSAID	Nicht-Steroidale Antiphlogistika (engl. Non-steroidal anti-inflammatory drug)
OCLLS	Osseus Cyst-Like Lesions
R.	Ramus (lat. für Ast/Zweig)
Rr.	Rami (lat. Plural für Ast/Zweig)
RSO	Radiosynoviorthese

s	Sekunde
SE	Spin-Echo-Sequenz
SI	Signalintensität
STIR	short tau inversion recovery
T	Tesla, Einheit für die Stärke eines Magnetfeldes
T1	T1- Relaxationszeit
T1w	T1-gewichtet
T2	T2- Relaxationszeit
T2w	T2-gewichtet
TBS	Tiefe Beugesehne
TE	Echozeit, echo time, (engl.)
TPA	Tiefe palmare Anästhesie
TR	Repetitionszeit, repetition time, (engl.)

1 Einleitung

Die Kernspintomographie (Magnetresonanztomographie) hat in der Humanmedizin im letzten Jahrzehnt eine rasante Entwicklung genommen und ist aus der orthopädischen und internistischen Diagnostik wegen der bildlichen Darstellbarkeit von Knochen- und Weichteilgeweben nicht mehr wegzudenken (O`Callaghan 1991).

Die kernspintomographische Untersuchung (MRT) am Pferd ist seit den 90 er Jahren beschrieben und wurde zunächst ausschließlich am narkotisierten Pferd mit geschlossenen Hochfeldmagneten aus der Humanmedizin durchgeführt. Der Hauptgrund, welcher die Kernspintomographie beim Pferd bis vor kurzem limitiert hat, ist die Tatsache, dass es schwierig oder sogar unmöglich war, die zu untersuchenden Gebiete in einen für Menschen konzipierten Kernspintomographen zu platzieren (Dyson, Ross 2003; Mair, Kinns 2005). Bei der Verwendung eines geschlossenen Hochfeldtomographen muss das Pferd in liegender Position im Magneten untersucht werden, was eine Allgemeinnarkose erfordert (Dyson, Ross 2003; Weinberger 2004; Mair, Kinns 2005). Dies erhöht nicht nur die Kosten und das Risiko für das Pferd durch die Narkose selbst (Mair, Kinns 2003; Mair, Kinns 2005); vielmehr muss bei einem Hochfeldmagneten darauf geachtet werden, dass keine metallischen Geräte oder Materialien in die Nähe des Magneten verbracht werden dürfen (Dyson, Ross 2003; Weinberger 2004). Im Jahre 2002 entwickelte die Firma Hallmarq einen offenen Niederfeldmagneten, den Equine Limb Scanner. Der Prototyp dieses Gerätes wurde von Dr. Tim Mair in der Bell Equine Veterinary Clinic in Kent, Großbritannien, eingesetzt und auf seine Praxisreife getestet (Mair, Kinns 2005). Das weiterentwickelte Gerät wurde erstmalig in Deutschland in der Pferdeklinik Bargteheide im Jahre 2003 eingesetzt. Der Vorteil der MRT am stehenden Pferd besteht zum einen in dem deutlich niedrigeren Preis des Niederfeldmagneten im Vergleich zum Hochfeldmagneten sowie dem Wegfall der Narkosekosten und des Narkoserisikos.

Der klassischen Diagnostik von Podotrochlose und anderen Erkrankungen in der Hufregion sind trotz weitentwickelter Röntgentechnik, Ultrasonographie und diagnostischer Anästhesie Grenzen gesetzt. Durch die Möglichkeit der Weichteildarstellung im MRT sowie die Darstellung entzündlicher Einlagerungen in die

Gewebe bietet die MRT eine neue Dimension orthopädischer Diagnostik in der Pferdemedizin (O`Callaghan 1991; Busoni et al. 2005; Murray et al. 2006 a).

Ein Grundpfeiler der Podotrochlose- Podarthrosediagnostik und -behandlung stellt die diagnostische Hufgelenksanästhesie bzw. die intraartikuläre Hufgelenkstherapie dar.

Ziel der Arbeit soll es sein, die Möglichkeiten und Grenzen der MRT-Untersuchung am stehenden Pferd in der Hufregion aufzuzeigen. Schwerpunkt dieser Arbeit sollte es sein, eine Einschätzung des diagnostischen Wertes der MRT im Vergleich zum diagnostischen Wert der Hufgelenksanästhesie in Hinblick auf eine Hufgelenks- bzw. Hufrollenerkrankung zu ermöglichen. Hierdurch wird der therapeutische Ansatz, der intraartikulären Hufgelenkstherapie insofern hinterfragt als durch die Kernspintomographie neue Erkenntnisse der Art und des Ausmaßes der Hufrollen-/ bzw. Hufgelenkserkrankung gewonnen werden, die eine andere Therapie erfordern bzw. eine andere prognostische Beurteilung bedingen.

2 Grundlagen

2.1 Anatomie der Hufregion des Pferdes

2.1.1 Knöcherne Strukturen

Die knöchernen Strukturen der Hufregion bestehen aus dem Hufbein, das über seine Facies articularis mit dem Kronbein und über die Facies articularis sesamoidea gemeinschaftlich mit dem Strahlbein das Hufgelenk bildet (Budras, Röck 1997). Das Strahlbein liegt palmar bzw. plantar zwischen Kron- und Hufbein und stellt das Gleitlager der Tiefen Beugesehne oberhalb des Ansatzes an der Facies flexoria des Hufbeines dar. Das Hufbein besteht aus dem Hufbeinkörper mit den seitlich liegenden Hufbeinästen, die sich nach proximal in die elastischen Hufknorpel fortsetzen (Budras, Röck 1997).

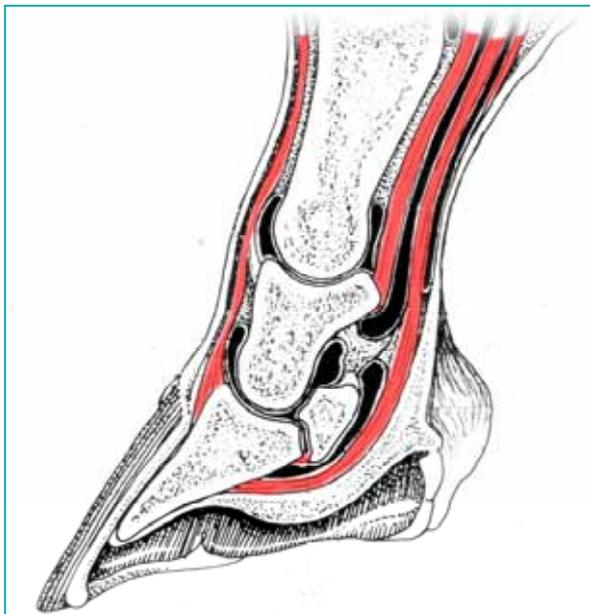


Abbildung 1:

Knöcherne Bestandteile, synoviale Einrichtungen und Sehnen in der Hufregion des Pferdes. Strecksehne, OBS mit ihrem Ansatz an der Kronbeinlehne, TBS mit ihrem Ansatz am Hufbein sind rot markiert. Synoviale Einrichtungen wie Hufgelenk, Bursa podotrochlearis, distale Aussackung der gemeinsamen digitalen Beugesehnenscheide sind schwarz markiert.

2.1.2 Sehnenapparat

Die Endsehne des Musculus flexor digitalis profundus wird als Tiefe Beugesehne bezeichnet und zieht über das Strahlbein. Sie inseriert an der Facies flexoria des Hufbeines (Budras, Röck 1997; Schulze 2004).

2.1.3 Bandapparat

Die Seitenbänder des Hufgelenkes (Ligg. collateralia mediale et laterale) entspringen in den Bandgruben der medialen und lateralen Seite des distalen Kronbeins und inserieren in den Bandgruben der dorsomedialen und dorsolateralen Seiten des Hufbeines. Sie sind eng mit der Gelenkkapsel sowie mit dem Dorsalrand des Hufknorpels verbunden (Nickel et al. 1992; McDiarmid 1998; Dyson et al. 2004).

Das Ligamentum distale impar (Hufbein-Strahlbeinband) gehört zum Aufhängeapparat des Strahlbeins und zieht vom dorsodistalen Strahlbein an den Margo solearis des Hufbeines (Nickel et al. 1992).

2.1.4 Synoviale Einrichtungen

Synoviale Einrichtungen in der Hufregion sind das Hufgelenk, der Hufrollenschleimbeutel (Bursa podotrochlearis) sowie die distale Aussackung der gemeinsamen Tiefen Beugesehnenscheide.



Abbildung 2:

Bursographische Darstellung der Bursa podotrochlearis einer 3-jährigen Holsteiner Stute.



Abbildung 3:

Arthrographische Darstellung des Hufgelenkes mit dorsalem und palmarem Recessus einer 3-jährigen Holsteiner Stute.



Abbildung 4:

Tendographische Darstellung der distalen Aussackung der gemeinsamen digitalen Beugesehnscheide und des Hufgelenkes mit seinem dorsalen und palmaren Recessus einer 3-jährigen Holsteiner Stute.

2.2 Erkrankungen der Hufregion des Pferdes

2.2.1 Hufrollenentzündung (Podotrochlose)

Unter der Hufrolle (Podotrochlea) versteht man das Zusammenspiel von Strahlbein, Hufrollenschleimbeutel (Bursa podotrochlearis) und dem über das Strahlbein gleitenden Teil der Tiefen Beugesehne (Litzke 1999).

Die chronische aseptische Hufrollenerkrankung (Podotrochlose) ist eine degenerative und progressive Erkrankung der Hufrolle. Sie kann alle drei oder einzelne Bestandteile der Hufrolle betreffen. Diese Erkrankung betrifft hauptsächlich die Vordergliedmaßen und ist eine der häufigsten Lahmheitsursachen beim Pferd (Schneider et al. 2003) zwischen vier und fünfzehn Jahren. Als primäre Ursachen werden degenerative Prozesse diskutiert (Stashak 1989; Litzke 1999; Widmer et al. 2000; Hevesi et al. 2004).

Meist tritt die Krankheit vorne beidseits auf, der Grad der Erkrankung kann dabei aber auf beiden Beinen unterschiedlich sein (Dyson, Marks 2003). Da sich die Krankheit langsam entwickelt, wird sie oft erst spät erkannt. Erste Symptome wie schwungloser,

stumpfer Gang bei beidseitiger Erkrankung führen häufig zu einer Verschleierung des Krankheitsbildes bis zum Auftreten eindeutiger Lahmheitserscheinungen. Es wird vermutet, dass bestimmte Faktoren, wie z.B. frühe einseitige Belastung (Berufskrankheit), genetische Prädisposition, Fehlstellung der Gliedmaßen, unsachgemäße Hufzubereitung und Beschlag wie auch die Bewegung auf hartem Boden, degenerative Prozesse und mechanische Traumata die Entstehung der Erkrankung begünstigen können (Stashak 1989; Litzke 1999; Widmer et al. 2000).

Als Symptome zeigen die Pferde eine vom Grad der Belastung abhängige Lahmheit und oft auch einen deutlichen Wendeschmerz an der betroffenen Gliedmaße sowie eine Bewegungsstörung im Sinne einer Verkürzung der Schritte (stumpfer Gang). Die Gangmechanik ist häufig dahingehend verändert, dass die Pferde versuchen, den Trachtenbereich und somit die Hufrollenregion zu entlasten und sich daher bemühen, den Zehenspitzenbereich zeitlich vor dem Trachtenbereich aufzusetzen (zweiphasige Fußung) (Dyson, Marks 2003).

Zusätzlich entlasten die Pferde ihre Vorderbeine häufig, indem sie sie zur Schonung nach vorne setzen. Die Lahmheit wird vielfach durch harten und unebenen Boden verstärkt, da dadurch mehr Druck auf das Strahlbein ausgeübt wird. Die Untersuchung des Hufes mit der Hufuntersuchungszange verläuft oft positiv bei Palpation der Strahlregion (Stashak 1989; Litzke 1999).

Da meist eine Gliedmaße stärker betroffen ist, sieht man häufig nach diagnostischer Anästhesie der lahmen Gliedmaße eine Umkehr der Lahmheit auf die weniger schmerzhaft kontralaterale Extremität.

Die Diagnose wird anhand der Schmerzhaftigkeit auf Druck der Hufzange im mittleren Drittel des Strahles, durch Besserung der Lahmheit oder Lahmfreiheit nach einer Tiefen Anästhesie der Nn. digitales palmares (TPA) sowie mit Hilfe der Röntgenuntersuchung gestellt. Allerdings ist bei der röntgenologischen Untersuchung des Strahlbeines im Frühstadium oft kein Röntgenbefund zu erheben. Bei länger bestehender Krankheit kann sich zusätzlich die Hufform im Sinne eines kleineren und engeren Hufes (Zwanghufbildung) verändern.

Podotrochlose-Patienten sprechen in der Regel auf die TPA mit Lahmfreiheit bzw. mit Lahmheitsumkehr auf die kontralaterale Gliedmaße bei beidseitiger Erkrankung an.

Nach einer Anästhesie der Nn. digitales palmares kann es aus unterschiedlichen Gründen zu einer Teilbesserung mit Restlahmheit kommen (Dyson, Marks 2003). Dies kann folgende Gründe haben: Zum Teil bilden sich bindegewebige Verwachsungen zwischen Strahlbein und Tiefer Beugesehne (Dyson, Marks 2003) mit nachfolgender mechanischer Bewegungseinschränkung.

Bei Vorliegen einer Hufgelenksarthrititis ist häufig auch eine Restlahmheit nach TPA zu verzeichnen, weil das Hufgelenk auch durch den R. dorsales des N. digitalis palmaris innerviert wird, der mit der TPA noch nicht erfasst wird. Auch durch anatomische Variationen der Innervation kann es zu einer partiellen Anästhesie der Hufrollenregion kommen (Stashak 1989; Litzke 1999). Bei sehr schmerzhaften Prozessen wie Strahlbeinfraktur, Hufbeinfraktur, septischen Prozessen, Ruptur der Tiefen Beugesehne ist häufig eine Restlahmheit nach TPA vorhanden.

Folgende röntgenologische Befunde können im Zusammenhang mit dem Podotrochlose-Syndrom auftreten: erweiterte Gefäßkanäle, Kompaktaverdünnung des Strahlbeins an der Sehnengleitfläche, Osteophytose (Spornbildung) innerhalb des Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbandes durch knöcherne Metaplasie, Erhöhung der Dichte der markhaltigen Spongiosa (Sklerosierung), Entstehung von zystoiden Defekten, Frakturen sowie Strukturveränderungen des Knochens (grobmaschige Struktur) oder Veränderung der Knochenform (Stashak 1989).

Die Anzahl der Gefäßkanäle gilt als erhöht, wenn mehr als sechs solcher Kanäle vorhanden sind. Sie gelten als formverändert, wenn sie rundlich, konisch, klein- oder großkolbig erweitert oder verzweigt sind. Die randständige Lokalisation im schrägen Seitenteil des Strahlbeines gilt auch als pathologisch. Zystoide Veränderungen im Zusammenhang mit dem typischen klinischen Bild werden als sichere Diagnose der Podotrochlose angesehen. Während Zysten in der Spongiosa heilen können, bedeuten Zysten im Bereich der Kompakta eine ungünstige Prognose, da diese zur Sehnengleitfläche hin einbrechen können (zentraler Einbruch) und die Gefahr von Verwachsungen mit Bursa oder Tiefer Beugesehne besteht.

Da aber lediglich bei ca. 50 % der Fälle überhaupt Veränderungen am Strahlbein im Röntgenbild sichtbar sind, ist die Diagnose röntgenologisch oft nicht mit Sicherheit zu stellen (Stashak 1989). Zum anderen zeigt das Röntgenbild nicht die

Weichteilstrukturen der Hufrolle, so dass die Bursa und der distale Anteil der Tiefen Beugesehne nicht beurteilt werden kann (Schneider et al. 2003; Murray et al. 2004). Hier erweist sich die MRT als geeignetes und einziges bildgebendes Verfahren in der frühen Erkennung der Erkrankung des Strahlbeines, der Bursa sowie der Tiefen Beugesehne (Whitton et al. 1998; Hevesi et al. 2004; Murray et al. 2006 a). Mithilfe der kernspintomographischen Untersuchung können Veränderungen im Strahlbeinbereich wie z.B. Knochenödem (Schneider et al. 2003) oder Sklerose erkannt werden, die röntgenologisch nicht oder noch nicht nachweisbar sind. Ebenso können Strukturveränderungen der Bursa wie erhöhte Füllung, Verklebung mit der TBS (Dyson, Marks 2003) sowie Schäden der TBS in diesem Bereich sichtbar gemacht werden, was im Röntgenbild nicht möglich ist (Whitton et al. 1998).

2.2.2 Hufgelenkentzündung (Podarthritis)

Man unterscheidet drei Formen der Hufgelenkerkrankung.

Die Podarthritis aseptica acuta entsteht meist durch Kontusion oder Distorsion. Diese akute Hufgelenksentzündung äußert sich in einer Stützbeinlahmheit, welche plötzlich auftritt und in der Regel gering- bis mittelgradig ist. Die Pulsation der Mittelfußarterie ist oft verstärkt und das Hufgelenk vermehrt gefüllt (Dietz et al. 1999 a).

Von einer Podarthritis infectiosa spricht man nach der Infektion des Gelenkes durch eine perforierende Wunde. Das Gelenk kann dabei entweder von der Sohle her oder an der Krone eröffnet worden sein. Das Übergreifen eines infektiösen Prozesses aus der Umgebung des Hufgelenkes ist ebenso möglich. Häufige Ursachen einer solchen Verletzung sind ein Nageltritt oder eine Verletzung am Kronsaum. Die Pulsation der Mittelfußarterie ist gesteigert. Eine koronäre Phlegmone deutet ebenfalls auf eine infektiöse Hufgelenksentzündung hin (Dietz et al. 1999 a). Auch eine iatrogene Infektion durch eine Hufgelenksanästhesie oder –injektion ist möglich.

Die Podarthrose stellt eine Verschleißerscheinung des Hufgelenkes dar. Diese kann durch Gelenkskontusion oder –distorsion entstehen, die Schäden von Gelenkknorpel, -kapsel und –bändern nach sich ziehen können. Diese traumatisch bedingten Schäden des Gelenkes können bei chronischem Verlauf zu osteophytären Zubildungen im Gelenk wie Randwulstbildung, Hufgelenksschale und Gelenksinkongruenzen führen,

die in das Vollbild der Arthrose münden. Nach neueren Untersuchungen können arthrotische Veränderungen auch durch eine überschießende Produktion von Entzündungsmediatoren (Interleukin 1) entstehen (Levy et al. 2005).

Eine vorangegangene infektiöse Arthritis kann auch die Ursache einer Podarthrose sein.

2.2.3 Zystoide Defekte

Zystoide Defekte entstehen durch rarefizierende Prozesse im weitesten Sinne. Ursächlich ist ein gestörter Knochenstoffwechsel durch mangelhafte Durchblutung sowie eine Entstehung im Sinne von osteochondrotischen Veränderungen anzunehmen. Durch entzündliche Folgeerscheinungen dieses Krankheitsbildes kommt es häufig zu vermehrter Synoviaproduktion, welches eine Erhöhung des Gelenkinnen-druckes zur Folge hat. Der erhöhte Druck kann eine weitere Aushöhlung des zystoiden Defektes bewirken (Dyson, Ross 2003).

2.2.4 Frakturen

Frakturen des Hufbeines oder des Strahlbeines entstehen oft nach Traumen wie Ausschlagen gegen die Boxenwände (Dyson, Marks 2003), plötzliches Aufprallen auf hartem Boden oder auch infolge einer Podotrochlose in Form einer pathologischen Fraktur des Strahlbeines (Stashak 1989; Dietz et al. 1999 b).

Bei Hufbeinfrakturen unterscheidet man Sagittalfrakturen des Hufbeines von Frakturen der Hufbeinäste sowie von Chip-Frakturen und Frakturen des Processus extensorius. Das Hufgelenk kann jeweils beteiligt sein (Stashak 1989).

Die Prognose ist bei Hufbeinfrakturen in der Regel besser als bei Strahlbeinfrakturen (Stashak 1989; Dietz et al. 1999 b; Dietz et al. 1999 c) und ist abhängig von Ausmaß, Lokalisation und Grad der Gelenkbeteiligung.

Bei Strahlbeinfrakturen kann es sekundär oft zu Arthrosen des Hufgelenkes sowie Schäden der Weichteilstrukturen der Hufrolle kommen (Stashak 1989; Dietz et al. 1999 b). Strahlbeinfrakturen zeigen keine knöchernen Heilungsprozesse, sondern werden in der Regel bindegewebig durchbaut (Pseudarthrose), weil das aus desmalem Knochen

bestehende Strahlbein nicht von Periost überzogen ist und somit die kallusinduzierende Schicht nicht vorhanden ist.

2.2.5 Erkrankungen des Bandapparates (Desmopathie)

Die Kollateralbänder des Hufgelenkes werden beim Aufpußen auf unebenem Boden besonders beansprucht (Dyson et al. 2004). Wiederholte Mikrotraumen können zu Faserrissen in den Bändern führen, was sich in einer klinisch manifestierten Desmopathie äußern kann (Dyson, Ross 2003). Veränderungen in den Kollateralbändern äußern sich im MRT durch eine Verdickung des Bandes und einer erhöhten Signalintensität sowie durch Veränderungen im Insertionsbereich am Hufbein im Sinne einer Sklerose oder Flüssigkeitsansammlung (Dyson, Marks 2003; Dyson et al. 2004).

Das Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinband stellt den Aufhängeapparat des Strahlbeines an den benachbarten Knochen dar. Der proximale Anteil (Fesselbein-Strahlbeinband) stellt den Aufhängeapparat des Strahlbeines am Fesselbein dar. Der distale Anteil verbindet das Strahlbein mit dem Hufbein (Strahlbein-Hufbeinband) und wird als Ligamentum distale impar bezeichnet. Erkrankungen dieses Bandes stellen sich durch Verbreiterung des Bandes und signalintensive Areale innerhalb des Bandes dar (Dyson, Marks 2003). Bei Insertionsdesmopathien des Ligamentum distale impar treten begleitend häufig ein Knochenödem bzw. –sklerose im Ursprungsbereich am Strahlbein und/ oder im Insertionsbereich am Hufbein in Erscheinung. Das Fesselbein-Strahlbeinband wird zur Beurteilung des Füllungszustandes des Hufgelenkes bzw. der Bursa podotrochlearis herangezogen. Bei einer Füllung des Hufgelenkes erfolgt eine Ablenkung des Bandes nach palmar. Ist die Bursa podotrochlearis vermehrt gefüllt, erfolgt eine Ablenkung des Fesselbein-Strahlbeinbandes nach dorsal.

2.2.6 Pododermatitis septica (Nageltritt/ Hufabszess)

Der Nageltritt stellt eine häufige und zum Teil lebensbedrohliche Verletzung des Pferdes dar. In der Regel entsteht der Nageltritt durch perforierende Fremdkörper über die Hufsohle. Je nach Lokalisation und Tiefe der Penetration des Fremdkörpers kann

eine lokale septische Huflederhautentzündung oder aber eine Infektion von synovialen Einrichtungen wie Hufgelenk, Hufrollenschleimbeutel oder Gemeinsamer Tiefer Beugesehnenscheide bestehen.

Die Kernspintomographie erweist sich hier als geeignetes diagnostisches Mittel zur Beurteilung der betroffenen Strukturen vor allem im Weichteilbereich, aber auch im knöchernen Bereich durch Darstellung von Knochenödem oder –sklerose.

Der Hufabszess stellt eine häufige Lahmheitsursache des Pferdes dar, bedarf aber in der Regel keiner kernspintomographischen Diagnostik.

2.2.7 Erkrankungen der Hornkapsel

2.2.7.1 Hornsäule (Keratom)

Hierbei handelt es sich um eine säulenförmige Proliferation des Blättchenhornes, welche der Innenfläche der Hornkapsel anliegen (Dietz et al. 1999 d). Sie können durch chronische Entzündungen im Wandlederhautbereich entstehen, die eine Hypertrophie des nachwachsenden Wandhornes mit einhergehender Atrophie des Hufbeines verursachen. Eine Hornsäule in Verbindung mit einer lokalen Pododermatitis führt in der Regel zur Lahmheit der betroffenen Gliedmaße (Dietz et al. 1999 d). Keratome können in Einzelfällen auch in Form von isolierten rundlichen Zubildungen im Sohlenbereich vorkommen.

2.2.7.2 Hornkluft/ Hornspalt

Hornspalten verlaufen in Längsrichtung des Hufes und können oberflächlich sein oder auch bis auf die Lederhaut reichen (durchdringender Hornspalt) (Dietz et al. 1999 e). Ist die Huflederhaut mitbeteiligt, kommt es in der Regel zu Blutungen im Hornspalt. Je nach Tiefe des Hornspaltes kommt es zu Lahmheiten unterschiedlichen Grades. Meist treten Hornspalten als Folge übermäßiger Belastungen einzelner Wandabschnitte auf. Bei einer Hornkluft handelt es sich um einen parallel zum Kronrand verlaufenden Defekt, der ebenfalls bis auf die Lederhaut reichen kann (Dietz et al. 1999 e).

2.2.8 Beugesehnscheidenentzündung

Die Beugesehnscheidenentzündung stellt eine Erkrankung der gemeinsamen Beugesehnscheide der Oberflächlichen und Tiefen Beugesehne dar. Sie erstreckt sich von der proximalen Fesselkopfregeion bis in die tiefe Fesselbeugenregion. Sie kann als reine Sehnscheidenentzündung sowie als sekundäre Entzündung bei Tendinitiden der oberflächlichen und Tiefen Beugesehne auftreten. Sie äußert sich durch Wärme, Schwellung (Galle) und Lahmheit auf der betreffenden Gliedmaße. Beim primären Fesselringbandsyndrom kann es durch zirkuläre Kompression der Sehnscheide ebenfalls zu entzündlichen Veränderungen der Beugesehnscheide kommen.

2.2.9 Pododermatitis aseptica (Hufrehe/ Hufprellung)

Die Hufrehe stellt eine Erkrankung dar, die durch die deutliche klinische und häufig auch röntgenologische Symptomatik keiner kernspintomographischen Untersuchung bedarf.

Bei der akuten Fütterungsrehe kommt es 12-18 h nach starker Aufnahme von Krafftutter durch Endotoxineinwirkung zu Störungen der Perfusion im Huflederhautbereich, die bedingt sein können durch Thrombosen oder Endothelschäden im Kapillarbereich.

Andere Ursachen sind Endotoxinausschüttung durch Nachgeburtshaltung (Geburtsrehe), Giftstoffe, die mit der Nahrung aufgenommen werden, Stoffwechselerkrankungen (Cushing-Syndrom) oder Überlastungen (Überlastungsrehe). Auch durch hohe Kortikoidgaben, vor allem mit Triamcinolon, kann iatrogen eine Hufrehe ausgelöst werden.

Da meist die Vorderbeine stärker betroffen sind, stellt das Pferd diese als Entlastungsreaktion weit nach vorne heraus und schiebt die Hinterbeine unter den Körper. Es besteht eine unterschiedlich starke Lahmheit mit ausgeprägtem Wendeschmerz und Trachtenfußung. Zusätzlich besteht eine Pulsation der Mittelfußarterien. Die Palpation mit der Zunge im Strahlspitzenbereich führt zu Schmerzäußerungen des Pferdes. Der Übergang zur chronischen Rehe ist fließend.

Durch eine Auflockerung des Aufhängeapparates des Hufbeines kann es zur Absenkung und/ oder zur Rotation des Hufbeines kommen (Schneider 1999; Dyson, Marks 2003).

2.3 Lahmheitsuntersuchung beim Pferd

2.3.1 Untersuchung des Bewegungsapparates

2.3.1.1 Adspektion, Palpation

Die Pferde werden von der Seite und von vorne hinsichtlich Stellung und Umfangsvermehrung oder sonstigen Auffälligkeiten untersucht. Die Palpation mit der Hufzange wird standardmäßig durchgeführt. Bei der Betastung werden Befunde wie Pulsation, Wärme, Schwellung in der Hufregion protokolliert (Dyson, Marks 2003).

2.3.1.2 Untersuchung in der Bewegung

2.3.1.2.1 Vorführen in Schritt und Trab auf der Geraden

Das Pferd wird auf hartem Untergrund erst im Schritt und anschließend im Trab vorgeführt und beurteilt.

2.3.1.2.2 Vorführen im Trab auf hartem Zirkel

Die Pferde werden auf beiden Händen auf gepflastertem Zirkel im Trab vorgeführt.

2.3.1.2.3 Vorführen auf weichem Zirkel

Die Pferde werden in einer 20 x 20m Longierhalle auf beiden Händen in Schritt und Trab longiert, sofern keine hochgradige Lahmheit besteht.

2.3.1.3 Beugeproben

Die Zehenbeugeprobe wird vorne beiderseits mit ca. 15 Kilopond über eine Minute durchgeführt und mit einer Gradeinteilung von 1-5 Graden beurteilt.

2.4 Diagnostische Anästhesien

Ein häufig angewendetes diagnostisches Hilfsmittel, welches bei der Lahmheitsuntersuchung angewendet werden kann, ist die Leitungs- bzw. Gelenkanästhesie. Nachdem die Gliedmaße ermittelt wurde, auf der das Pferd lahmt, werden diese eingesetzt, um den lahmheitsverursachenden Prozess an der Gliedmaße lokalisieren zu können. Bei der Leitungsanästhesie wird die Erregungsfortleitung in den peripheren Nerven durch Lokalanästhetika verhindert. Bei den Gelenkanästhesien wird durch das Lokalanästhetikum eine Gefühllosigkeit der Synovialis verursacht.

Verbessert sich die Lahmheit des Pferdes nach einer diagnostischen Anästhesie oder verschwindet sie sogar ganz, ist davon auszugehen, dass sich die Lahmheitsursache in der betäubten Region befindet. Diese Region kann dann eingehend mit weiterführender bildgebender Diagnostik untersucht werden. Bleibt die Lahmheit nach der Anästhesie bestehen, liegt der schmerzhaft Prozess vermutlich außerhalb des anästhesierten Gebietes (Gasthuys, De Moor 1999). Allerdings ist die Aussage diagnostischer Anästhesien in manchen Fällen unzuverlässig. Bei sehr schmerzhaften Prozessen, septischen Prozessen, unsachgemäß durchgeführten Anästhesien oder Wirkungsverlust von Lokalanästhetika kann eine Anästhesie unter Umständen falsch negativ ausfallen. Dies bedeutet, dass der schmerzhaft Prozess zwar im Einzugsbereich des anästhesierten Nerven liegt, die Anästhesie aber kein zuverlässiges Ergebnis im Sinne einer Lahmfreiheit erreicht.

Oft kommt es auch vor, dass mehrere Prozesse im Bereich der Gliedmaße zur Lahmheit beitragen. Nur mit Hilfe der diagnostischen Anästhesien kann ermittelt werden, welcher Bereich in welchem Ausmaß an der Lahmheit beteiligt ist (Stashak 1989).

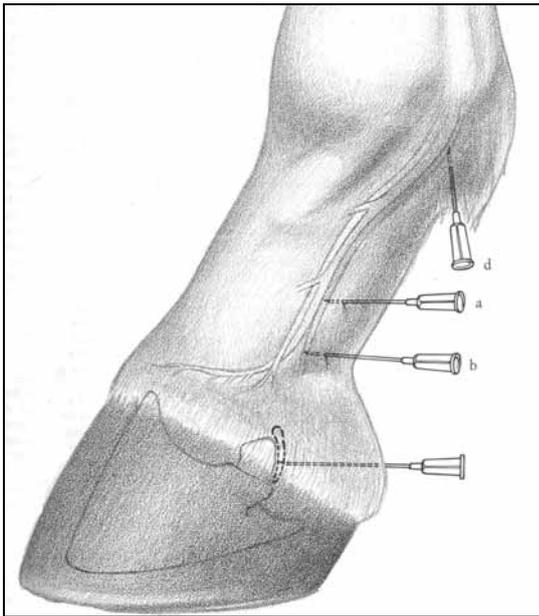


Abbildung 5:

Die Abbildung zeigt die Punktionsstellen für die Tiefe Palmarnervenanaästhesie (a), die Ramus Pulvinusanästhesie (b) sowie für die mittlere Palmarnervenanaästhesie (d). Die unterste Kanüle markiert die Punktionsstelle zur Bursainjektion (Stashak 1989).

2.4.1 Leitungsanästhesien

2.4.1.1 Tiefe Palmarnervenanaästhesie (TPA)

Es handelt sich hierbei um eine Anästhesie der Nn. digitales palmares/ plantares. Sie dient vor allem der Feststellung einer Podotrochlose sowie von Hufbeinveränderungen und anderen schmerzhaften Prozessen im distalen Bereich der Zehe. Die Rr. dorsales, welche die seitliche sowie dorsale Kronhaut innervieren, werden mit dieser Anästhesie nicht erreicht. Allerdings kann auch dieser Bereich bei der Verwendung einer größeren Dosis durch Diffusion des Lokalanästhetikums nach proximal betäubt werden, so dass der diagnostische Wert dieser Anästhesie durch falsch positive Ergebnisse verloren geht (Gasthuys, De Moor 1999).

Der Nervus digitalis palmaris bzw. plantaris lateralis oder medialis verläuft entlang der Tiefen Beugesehne an der palmaren/ plantaren Seite der Blutgefäße. Er innerviert den kaudalen Bereich des Hufes. Durch eine Anästhesie werden das Strahlbein, die Bursa podotrochlearis, das palmare/ plantare Drittel der Sohlenlederhaut und der Wandlederhaut, das palmare/ plantare Drittel des Hufbeins, Teile des Hufknorpels,

distale Teile der oberflächlichen und Tiefen Beugesehne mit ihrer gemeinsamen digitalen Sehnenscheide, die palmaren bzw. plantaren Anteile von Huf- sowie Krongelenk, das Hufpolster, der palmare/ plantare Anteil des Fesselgelenkes sowie die Haut an Ballen und Fesselbeuge desensibilisiert (Stashak 1989).

Der Nerv kann lateral sowie medial proximal der Hufknorpel palpirt werden. Jeweils drei Milliliter des Lokalanästhetikums werden perineural injiziert (Gasthuys, De Moor 1999).

Eine positive TPA weist daher auf Hufrollenentzündungen, distale TBS-Schäden, Schäden der kollateralen (welche jedoch nicht vollständig betäubt werden) oder der distalen sesamoidalen Bänder hin (Denoix 1994). Pferde mit positiver TPA stellen daher eine Indikation für die kernspintomographische Untersuchung dar.

2.4.1.2 Mittlere Palmarnervenanästhesie (MPA)

Hierbei handelt es sich um eine Anästhesie der Nn. palmares/ plantares auf Höhe des Fesselgelenkes. Sie dient der Betäubung der Zehe bis hinauf zum Fesselgelenk, welches allerdings nicht vollständig betäubt wird. Die Gleichbeine werden durch diese Anästhesie ebenfalls nicht vollständig erreicht.

Der Nerv und die Blutgefäße sind auf Höhe der Gleichbeine latero- und mediopalmar bzw. latero- und medioplantar palpierbar. Jeweils 6 bis 8 Milliliter des Lokalanästhetikums werden subkutan an den Nerv injiziert (Gasthuys, De Moor 1999).

2.4.2 Anästhesien synovialer Einrichtungen

2.4.2.1 Hufgelenksanästhesie (HGA)

Wie bei jeder Gelenksinjektion muss streng aseptisch gearbeitet werden. An der dorsalen Fläche wird das Hufgelenk etwa 1-1,5 cm oberhalb des Kronrandes und 1-1,5 cm lateral oder medial der Hufmedianen punktiert. Hierbei wird eine Menge von 5 ml Lokalanästhetikum injiziert (Stashak 1989; Gasthuys, De Moor 1999).

2.4.2.2 Anästhesie der Bursa podotrochlearis

Die Anästhesie der Bursa podotrochlearis wird in unserer Klinik unter digitaler Röntgenkontrolle durchgeführt (siehe Abbildung 7). Dabei wird die Nadel in der Ballenmedianen horizontal zum Tragrand bis auf das Strahlbein vorgeschoben und bei röntgenologisch kontrollierter Position 2-3 ml Lokalanästhetikum injiziert. Diese Anästhesie erfasst schmerzhafte Prozesse an der Sehnengleitfläche des Strahlbeines sowie intrabursale und teilweise schmerzhafte Befunde an der Tiefen Beugesehne.

2.4.2.3 Anästhesie der digitalen gemeinsamen Beugesehnenscheide

Die digitale gemeinsame Beugesehnenscheide der Oberflächlichen und Tiefen Beugesehne verläuft vom palmaren bzw. plantaren Fesselkopf bis in die tiefe Fesselbeuge. Im Bereich des Fesselkopfes bildet sie das Gleitlager der Tiefen Beugesehne im Gleichbeinbereich und wird vom Fesselringband manschettenartig umschlossen. Die distale Aussackung der Sehnenscheide mündet knapp oberhalb der Hufrollenregion (siehe auch Abbildung 6).



Abbildung 6:

Tendographische Darstellung des Verlaufes der gemeinsamen digitalen Beugesehnenscheide einer 3-jährigen Holsteiner Stute.

Die Punktionsstellen liegen im lateropalmar bzw. -plantaren proximalen Rezessus bzw. bei nichtgefüllter Sehnenscheide im Bereich der Sehnengleitfläche der Gleichbeine. Es werden 10-15 ml Lokalanästhetikum injiziert. Diese Anästhesie betäubt die synoviale

Sehnenscheidenwand sowie innenliegende Sehnenstrukturen der Tiefen und Oberflächlichen Beugesehne.

2.5 Röntgenologische Befunde in der Hufregion des Pferdes

Befunde am Strahlbein wurden in der 90 Grad Projektion und in der Hufrollenaufnahme nach Oxspring beurteilt. In einigen Fällen wurde zusätzlich eine Skyline-Aufnahme des Strahlbeins durchgeführt, die im 45 Grad-Winkel von palmar auf das Strahlbein gerichtet wurde.

In der 90 Grad Aufnahme des Strahlbeines wurden Befunde wie Sklerosierung der Spongiosa, knöcherne Zubildungen, zentrale Einbrüche, zystoide Defekte festgestellt. Des weiteren wurden Inkongruenzen des Gelenkspaltes, Randwülste am Kronbein, Konturveränderungen sowie isolierte Verschattungen an Huf- oder Kronbein, Strukturveränderungen im subchondralen Gelenkflächenbereich und Zubildungen am dorsalen oder palmaren Huf- und Kronbein befundet.

In der Oxspring-Aufnahme wurden Abweichungen bezüglich Größe, Form und Lage der Canalis sesamoidalis festgestellt und entsprechend dem Röntgenleitfaden kategorisiert. Zum anderen wurden Strukturabweichungen wie grobmaschige Knochenstruktur, zentrale Aufhellung (Zystoid) bzw. Aufhellungslinien (Fissur/Fraktur) beurteilt. Auch Konturveränderungen wie knöcherne Zubildungen im Seitenendenbereich des Strahlbeins, Zubildungen am proximalen Strahlbeinrand wurden protokolliert. Sofern vorhanden wurden auch Befunde am Hufbein wie zystoide Defekte, Frakturen, Struktur- und Konturveränderungen sowie Hufknorpelverknöcherungen mitbeurteilt.

In der Skyline-Aufnahme wurden Konturveränderungen an der Sehnengleitfläche sowie Strukturveränderungen in Kompakta und Spongiosa wie Sklerosierung und röntgenologische Aufhellungen im Sinne von zystoiden Defekten oder Frakturen befundet.

2.6 Röntgenkategorien

Der „Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes“, auch „Röntgenleitfaden“ genannt, ist eine Empfehlung der Bundestierärztekammer, der durch die Röntgenkommission erstellt wurde (Hertsch et al. 2003). Er umfasst ein Röntgenprotokoll, welches bei einer Kaufuntersuchung verwendet werden sollte und definiert die Einteilung der Befunde in Röntgenklassen anhand der röntgenologischen Befunde. Für die Beurteilung der Röntgenbilder wurde eine Einteilung in vier Klassen empfohlen.

Anhand dieser Empfehlung soll in der vorliegenden Arbeit die Beurteilung der Röntgenbilder vorgenommen werden.

2.6.1 Klasse I

Röntgenologisch ohne Befund und Befunde, die als anatomische Formvarianten eingestuft werden (Röntgenleitfaden).

2.6.2 Klasse II

Befunde, die gering von der Norm abweichen, bei denen klinische Erscheinungen unwahrscheinlich sind.

2.6.3 Klasse III

Befunde, die deutlich von der Norm abweichen, bei denen klinische Erscheinungen wenig wahrscheinlich sind.

2.6.4 Klasse IV

Befunde, die erheblich von der Norm abweichen, bei denen klinische Erscheinungen wahrscheinlich sind.

2.7 Therapie von Erkrankungen in der Hufregion

2.7.1 Podotrochlose

Die systemische Therapie der Podotrochlose wird in der Regel mit NSAID, Kortikoiden und mit Vasodilatoren wie Isoxsuprin oder Gerinnungshemmern (Warfarin) behandelt.

Die lokale Therapie wird in der Regel mittels Hufgelenksinjektion von Hyaluronsäure, Depot-Kortikoiden, Chondroitin4-Sulfat (Adequan) durchgeführt. Die Bursainjektion (siehe Abbildung 7) stellt eine weitere Therapieform dar und wird häufig mit Depot-Kortikoiden vorgenommen (Schneider et al. 2003). Begleitende Maßnahmen sind Arbeitsruhe und orthopädischer Beschlag (Egg-Bar-Shoe, Heart-Bar-Shoe) mit Trachtenerhöhung, was häufig mit einem Sohlenpolster zur Stoßdämpfung kombiniert wird. In Fällen chronischer Podotrochlose kann in austherapierten Fällen eine chirurgische Behandlung in Form eines Nervenschnittes durchgeführt werden.



Abbildung 7:

Das digitale Röntgen ermöglicht eine direkte Kontrolle des korrekten Sitzes der Nadel bei Bursapunktion.

2.7.2 Podarthritis

Zur Behandlung der Podarthritis kann eine Hufgelenksinjektion mit Hyaluronsäure und Depot-Kortikoiden durchgeführt werden. Chondroitinsulfat und Interleukin II-Rezeptor-

Antagonisten (IRAP) (Levy et al. 2005), Radiosynoviorthese (RSO) mit Yttrium und Rhenium stellen weitere Möglichkeiten der lokalen Hufgelenktherapie dar. Begleitende orthopädische Maßnahmen sind die gleichen wie bei der Hufrollentherapie. Die chirurgische Therapie umfasst die Hufgelenksspülung bzw. Hufgelenksarthroskopie mit arthroskopischen Debridement. Hierbei wird die entzündliche Synovia mit steriler Kochsalzlösung herausgespült bzw. in Form von chirurgischer Arthroskopie osteochondrale Fragmente entfernt oder Knorpelschäden geglättet. Wie im arthrographischen Bild ersichtlich, wird durch eine medikamentöse Behandlung auch die Facies articularis des Strahlbeines erfasst, sodass gelenksseitige Erkrankungen des Strahlbeines häufig auch durch eine Hufgelenksinjektion behandelt werden (Abbildung 8).



Abbildung 8:
Arthrographische Darstellung des Hufgelenkes mit dorsalem und palmarem Recessus.

2.7.3 Zystoide Defekte

Die Therapie zystoider Defekte erfolgt durch intraartikuläre Injektion von Hyaluronsäure und Triamcinolon sofern sie eine Gelenkverbindung haben. Eine physikalische Therapie durch Stoßwellenbehandlung (Extracorporal Shock Wave Therapy) kann den Heilungsprozeß beschleunigen. Auch eine chirurgische Therapie mit Kürettage, Spongiosatransplantation, Implantation knocheninduktiver Materialien (Cerasorb) ist möglich.

2.7.4 Frakturen im Hufbereich

Die Therapie von Hufbeinfrakturen erfolgt in der Regel über orthopädischen Beschlag unter Ausschaltung des Hufmechanismus sowie durch einen Kunststoffgipsverband um die Hornkapsel in Verbindung mit Boxenruhe. In Fällen von starker Dislokation der Fragmente kann bei Sagittalfrakturen in Einzelfällen eine Osteosynthese mittels Zugschraubentechnik durchgeführt werden.

2.7.5 Insertionsdesmopathien bzw. Bänderkrankungen

Die Therapie von Insertionsdesmopathien der Kollateralbänder erfolgt durch Infiltrationen mit Entzündungshemmern, Stoßwellentherapie oder in Fällen von Bandrupturen durch Gipsverband. Eine Verbreiterung des Eisenschenkels an der betroffenen Seite wird empfohlen (Dyson, Ross 2003). Die Therapie von Insertionsdesmopathien der Tiefen Beugesehne erfolgt in der Regel durch Trachtenerhöhung, Stoßwellenbehandlung bzw. systemischer Behandlung mit NSAID in Verbindung mit Arbeitsruhe (Schneider et al. 2003).

2.7.6 Pododermatitis septica

2.7.6.1 Nageltritt

Die chirurgische Therapie des Nageltrittes hängt ab von Tiefe, Lokalisation und Ausmaß der Verletzung. In Fällen einer oberflächlichen Verletzung wird eine Umschneidung und Kürettage des Stichkanals durchgeführt. Sind synoviale Einrichtungen betroffen, ist eine Spülung betroffener synovialer Strukturen wie Hufgelenk, Bursa oder Beugesehnenscheide mit antibiotischen Spüllösungen indiziert.

2.7.7 Hornkapsel

2.7.7.1 Hornsäule

Handelt es sich um eine infizierte Hornsäule mit starker Lahmheit ist eine chirurgische Therapie mit Wandresektion angezeigt. Ist die Hornsäule dagegen ein Zufallsbefund ohne das eine Lahmheit vorliegt, kann auch eine konservative Therapie erfolgen. Hierbei wird der Bereich der Hornsäule aus der Belastung genommen, indem man den betroffenen Hufabschnitt schweben lässt und das Horn über der Säule dünn raspelt (Dietz et al. 1999 d).

2.7.7.2 Hornkluft/ Hornspalt

Der betreffende Wandabschnitt wird durch das Anlegen einer Schewebe aus der Belastung genommen. Durch eine Querrinne im Horn wird die Hornspalte zum Kronrand hin abgeriegelt (Dietz et al. 1999 e). Eine mechanische Stabilisierung des Hornspaltes lässt sich auch mit Klammern, Clips, Verschraubungen sowie mit Kunsthorn herbeiführen. In chronischen Fällen kann eine chirurgische Therapie mit Wandresektion vorgenommen werden. Eine Therapie der Hornkluft ist nur bei Vorliegen einer Lederhauterkrankung nötig, da der Defekt mit der Zeit aus dem Huf herauswächst (Dietz et al. 1999 e).

2.7.8 Beugesehnscheidenentzündung

Die Therapie der Beugesehnscheidenentzündung erfolgt durch Arbeitsruhe und kühlende Maßnahmen im akuten Stadium. Systemisch werden steroidale und nicht-steroidale Antiphlogistika angewendet. Auch eine lokale Therapie mit Kortikoiden und/oder Hyaluronsäure ist indiziert. Chirurgisch ist eine Sehnscheidenendoskopie, gegebenenfalls mit chirurgischer Lösung von Adhäsionen oder cleaning up von fibrillären Auffaserungen der Sehnen sowie eine Synovektomie möglich. Im Falle von Strikturen des Fesselringbandes wird eine Durchtrennung des Fesselringbandes durchgeführt.

2.8 Magnetresonanztomographie (Kernspintomographie/ MRT/ MRI)

2.8.1 Einleitung

Die Magnetresonanztomographie stellt ein relativ junges, nicht invasives bildgebendes Verfahren dar. Grundlegendes Prinzip der Magnetresonanztomographie ist die Kernspinresonanz, die in den 50iger Jahren von Purcell und Bloch entdeckt wurde.

Seit den 80iger Jahren findet die MRT in der medizinischen Diagnostik zunehmend Verwendung. Sie besitzt gegenüber anderen bildgebenden Verfahren entscheidende Vorteile. So liegt der MRT keine ionisierende Strahlung zugrunde wie dies z.B. in der Computertomographie der Fall ist. Die Magnetresonanztomographie ermöglicht eine präzise und reproduzierbare Darstellung insbesondere der Weichteilgewebe. Durch die Wahl beliebig vieler Schnittebenen durch den zu untersuchenden Bereich kann der Patient detailliert untersucht werden.

Nachteile der Kernspintomographie am stehenden Pferd bestehen hauptsächlich durch die Anfälligkeit für Bewegungsartefakte durch Schwanken des sedierten Pferdes. Verwendung finden in der Humanmedizin zur Zeit meist Magnetfelder mit einer Feldstärke von 1,5 Tesla. In der Veterinärmedizin werden seit einiger Zeit eigens dafür konzipierte Tomographen mit einer niedrigeren Feldstärke wie das 0,3 Tesla-MRT eingesetzt. Durch die offene U-förmige Form des Magneten wird eine Untersuchung der Gliedmaße bis zur Karpal- bzw. Tarsalregion im Stehen möglich, sodass eine Narkose mit damit verbundenem Narkose- und Aufstehrisiko vermieden werden kann.

2.8.2 Der Kernspin

Zur Bildgebung im Kernspintomographen werden die Kerne der Wasserstoffatome verwendet, da Wasserstoff das am häufigsten vorkommende Element im Organismus ist. Wasserstoffatome haben als Kern ein einziges positiv geladenes Teilchen, das Proton. Um das Proton kreist das negativ geladene Elektron der Hülle. Das Atom ist daher elektrisch neutral.

Eine Grundeigenschaft der Elementarteilchen und somit auch des Protons, ist die Eigenschaft des Spins. Der Kernspin ist die Drehbewegung um die eigene Achse des

Kernes. Diese Eigenrotation des Atomkernes, in diesem Fall des Protons hat zwei Effekte.

Das Proton ist eine rotierende Masse m und besitzt daher einen Drehimpuls M . Das bedeutet, dass das Proton die räumliche Lage der Rotationsachse beibehalten will und sich wie ein Kreisel verhält. Zusätzlich besitzt es ein magnetisches Moment B , weil es eine rotierende elektrische Ladung hat. Es verhält sich wie ein Magnet und kann dementsprechend auch von Magnetfeldern beeinflusst werden.

Der Kernspin ist jederzeit gleich stark, er kann weder abgebremst noch beschleunigt werden (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.3 Proton und Magnetfeld

Statistisch gesehen sind die magnetischen Momente der Atomkerne in einem magnetfeldfreien Raum in alle Richtungen des Raumes verteilt. Sobald die Atomkerne in ein starkes magnetisches Feld gebracht werden, richtet das Magnetfeld die Rotationsachse der Spins entlang des Feldes aus.

Der Spin reagiert auf diese äußere Kraft mit einer Ausweichbewegung, der Präzessionsbewegung. Die Kerne rotieren in Richtung des Magnetfeldes in einem konstanten Winkel. Diese Präzessionsbewegung erfolgt mit einer charakteristischen Frequenz, die Larmor-Frequenz genannt wird. Sie ist proportional zur Stärke des Magnetfeldes und die Grundlage der MR-Bildgebung.

Allmählich erfolgt die Ausrichtung der Rotationsachse parallel zum Magnetfeld, wobei die Atomkerne Energie an die Umgebung abgeben. Während das Spin-System in einen stabilen Zustand gelangt, baut sich in Richtung des angelegten Magnetfeldes B_0 eine Längsmagnetisierung M_z auf.

Die Spins richten sich „parallel“ in einer energetisch niedrigeren, also vorwiegend eingenommenen Stellung bzw. „antiparallel“ in einer energetisch höherwertigen Stellung zum äußeren Magnetfeld aus.

Wird in das stabile Spin-System kurzzeitig hochfrequente Energie z.B. in Form einer elektromagnetischen Welle mit einer bestimmten Frequenz, der Larmor-Frequenz gebracht, kippen die Spins der Protonen und somit die Längsmagnetisierung aus ihrer

parallelen Ausrichtung heraus in den höherenergetischen antiparallelen Zustand hinein. Das Spin-System wird so angeregt. Dieses Phänomen wird Resonanzbedingung genannt.

Eine Anregung der Spins erfolgt jedoch nur, wenn die Anregungsfrequenz gleich der Larmor-Frequenz ist.

Eine Auslenkung um genau 90° wird erreicht, wenn ein Hochfrequenzimpuls (HF-Impuls) der richtigen Leistung und Dauer angelegt wird, der so genannte 90° -Impuls. Alle Spins und mit ihnen die gesamte Magnetisierung werden um 90° ausgelenkt bzw. abgekippt.

Da das Magnetfeld die Spins wieder in die Ausrichtung des Magnetfeldes zurückzukippen versucht, beginnen sie, sich um die Achse der Ausrichtung des Magnetfeldes zu drehen, das heißt, dass sie sich in der Ebene um diese Achse drehen. Mit ihnen dreht sich auch der magnetische Summenvektor.

Die Bewegung der Spins, zeitlich und örtlich, bei ihren Übergängen von einem in den anderen Energiezustand, und daher auch die Bewegung des Summenvektors, induziert in der Empfangsspule eine Wechselspannung, deren Frequenz gleich der Larmor-Frequenz ist, das MR-Signal. Es wird mit Verstärkern und Computern für die Bildgebung bearbeitet (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.4 Relaxation

Nach Anregung durch einen HF-Impuls kreisen alle Spins und die gesamte Magnetisierung in einer Ebene. Diese Magnetisierung wird nun transversale Magnetisierung genannt. Durch ihr Kreisen wird in der Empfangsspule das MR-Signal erzeugt.

Zwei voneinander unabhängige Vorgänge veranlassen, dass nach dem Abschalten des HF-Impulses die transversale Magnetisierung und somit das MR-Signal wieder abnimmt, da die aufgenommene Energie abgegeben wird und der ursprüngliche stabile Ausgangszustand wieder erreicht wird: Die Spin-Gitter-Wechselwirkung (T1-Relaxation) und die Spin-Spin-Wechselwirkung (T2-Relaxation).

Als Relaxationszeiten werden also die Zeitkonstanten bezeichnet, in denen die Wasserstoffprotonen ihren Gleichgewichtszustand wieder erreicht haben. T1- und T2-Relaxationen sind dabei voneinander unabhängig, und laufen somit gleichzeitig ab.

Allerdings zerfällt das MR-Signal aufgrund der T2-Relaxation bereits in den ersten 100-300 ms, bevor sich die Längsmagnetisierung aufgrund der T1-Relaxation erst voll aufbauen konnte. Die Protonen stehen erst wieder für eine erneute Anregung zur Verfügung, nachdem sie in ihren ursprünglichen Zustand zurückgekehrt sind (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.4.1 Longitudinale Relaxation, T1

Die Protonen erreichen ihren Gleichgewichtszustand wieder, indem sie ihre Energie an die Umgebung, also an benachbarte Nichtwasserstoffatome, abgeben. Dies wird als Spin-Gitter-Wechselwirkung bezeichnet.

Die angeregten Spins richten sich mit der Zeit wieder in ihrer ursprünglichen Position entlang des äußeren Magnetfeldes aus. Die transversale Magnetisierung nimmt damit ab, das MR-Signal wird kleiner. Stattdessen baut sich wieder die anfängliche Längsmagnetisierung auf. Dies wird T1-Relaxation, longitudinale Relaxation oder Spin-Gitter-Wechselwirkung genannt.

Sie geht mit der Abgabe von Energie an die Umgebung einher. Die Zeitkonstante dieses Vorganges heißt T1. Sie gibt an, wie schnell die Relaxation stattfindet, sie ist sowohl abhängig von der Stärke des Magnetfeldes als auch von der inneren Bewegung der Atome. Typische T1-Relaxationszeiten von Geweben liegen zwischen 100 und über 2000 ms (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

Bei einer bestimmten Pulswiederholzeit (TR) beschränkt sich der Einfluss der T1-Relaxationszeit auf die Anfangsamplitude des Signals (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.4.2 Transversale Relaxation, T2

Erreichen die Protonen den Gleichgewichtszustand wieder, indem sie ihre Energie an benachbarte Wasserstoffatome abgeben, wird dies als Spin-Spin-Wechselwirkung bezeichnet.

Direkt nach dem Abschalten der Anregung präzessieren, d.h. drehen sich alle Spins mit einer Phase von 0° , sie drehen sich also synchron. Mit Phase ist ein Winkel gemeint, den die Spins in der Ebene zueinander haben können. Dreht sich ein Spin um die Achse der longitudinalen Ausrichtung mit der gleichen Geschwindigkeit wie ein anderer Spin, der dem ersten Spin um eine Drehbewegung von 30° voraus ist, so hat der zweite Spin gegenüber dem ersten Spin eine Phase von $+30^\circ$.

Wenn sich alle Spins synchron drehen, haben also alle eine Phase von 0° , wird dies als Phasenkohärenz bezeichnet. Es kann zu einem Verlust der Phasenkohärenz kommen, wenn die Spins sich nicht mehr synchron drehen. Anstatt sich zu addieren, heben sich dann die einzelnen Magnetvektoren gegenseitig auf. Daraufhin nimmt die transversale Magnetisierung und mit ihr das MR-Signal immer mehr ab, bis sie schließlich ganz verschwindet.

Die transversale Relaxation ist also das Verschwinden der transversalen Magnetisierung durch eine Dephasierung der Spins. Dabei kommt es nicht zum Energieverlust an die Umgebung, sondern zum Energieaustausch der Spins untereinander.

Faktoren, die zur Dephasierung der Spins führen, sind zum einen der Energieaustausch der Spins untereinander durch schnell wechselnde lokale Magnetfeldveränderungen aufgrund benachbarter Spins. Dies ist die Spin-Spin-Wechselwirkung und hat eine Zeitkonstante, die T2 genannt wird. Sie ist vergleichsweise unabhängig von der Magnetfeldstärke. Zum anderen kommt es aus technischen Gründen durch das MRT und den Patienten darin zu Inhomogenitäten des äußeren Magnetfeldes, die zeitlich konstant sind. Sie führen auch zu einer Dephasierung, wodurch das Signal jedoch nicht mit der Zeitkonstante T2 zerfällt, sondern schneller mit der so genannten Zeitkonstante T2*. Diese Inhomogenitäten können mit 180° -Impulsen ausgeglichen werden, was bei T2 nicht möglich ist.

Die T2*-Relaxationszeit ist gewöhnlich kürzer als die T2-Relaxationszeit. Die gewebetypische T2-Relaxationszeit kann jedoch durch spezielle Pulssequenzen (z.B. Spinechosequenzen) bestimmt werden. T2-Zeiten sind wesentlich kürzer als T1-Zeiten. Typische T2-Relaxationszeiten von Gewebe liegen zwischen 10 und über 1000 ms (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.5 Bildkontrastdarstellung

Der Bildkontrast wird auch Signalintensität (SI) genannt und ist die Helligkeit eines Gewebes im MRT-Bild. Er wird durch die Protonendichte sowie durch die T1- und T2-Zeit bestimmt.

Da für verschiedene Gewebe diese Parameter stark variieren können, können durch deren unterschiedliche Betonung in einer Meßsequenz, Bilder mit verschiedenen Kontrasten zwischen den einzelnen Geweben entstehen. Dadurch ist es alleine aufgrund der verschiedenen Eigenschaften der Gewebe mit dem MRT möglich, sehr differenzierte Bilder unterschiedlichster Gewebe zu erstellen.

Das Maximum an Signal, das ein Gewebe abgeben kann, wird durch die Anzahl der zur Anregung zur Verfügung stehenden Spins, also von der Protonendichte limitiert. Wie schnell die Spins sich wieder in ihrem ursprünglichen Gleichgewicht einfinden und dementsprechend für eine neue Anregung zur Verfügung stehen, wird durch die T1-Zeit eines Gewebes bestimmt. Wird der Kontrast eines Bildes hauptsächlich durch die T1-Zeit bestimmt, entsteht ein „T1-gewichtetes“ Bild (T1w).

Die T2-Zeit gibt an, wie schnell das MR-Signal nach einer Anregung wieder verschwindet. Wie der T1-Kontrast, kann ebenfalls der T2-Kontrast nach Belieben betont werden, es entsteht ein „T2-gewichtetes“ Bild (T2w).

Wenn die T1- und T2-Zeiten gering gehalten werden, wird folglich die Protonendichte betont, wodurch ein „dichtegewichtetes“ Bild entsteht (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.5.1 Repetitionszeit

Die Repetitionszeit (TR) ist die Zeit, die zwischen zwei aufeinander folgenden Anregungen derselben Schicht verstreicht.

Eine einzige Schicht muss viele Male hintereinander angeregt und gemessen werden, damit ein MR-Bild entsteht. Hochfrequenzpulsfolgen, so genannte Pulssequenzen, werden eingestrahlt, um die Wasserstoffprotonen anzuregen. In bestimmten Abständen werden diese Pulse wiederholt. Die Zeit, die zwischen zwei solchen Anregungen verstreicht, ist die genannte Repetitionszeit, die Pulswiederholzeit.

Der T1-Kontrast wird stark durch die Repetitionszeit beeinflusst. Durch eine unterschiedlich lang gewählte Repetitionszeit wird bestimmt, wie viel Zeit die Spins haben, um sich von der Anregung zu erholen, um also wieder in ihre ursprüngliche Ausrichtung zu kippen.

Wird die Zeit lang gewählt, kippen mehr Spins in die Ausgangsposition zurück und umso mehr Längsmagnetisierung steht für die nächste Anregung zur Verfügung, was dann zu einem größeren Signal führt.

Eine kurze Repetitionszeit (unter 600 ms) führt zu einer starken T1-Gewichtung. Solche Gewebe mit einer kurzen T1-Zeit erholen sich sehr schnell und geben somit nach einer erneuten Anregung auch wieder viel Signal, erscheinen daher im MR-Bild hell, während solche Gewebe mit einer langen T1-Zeit dunkel erscheinen, da sie sich kaum erholt haben, und somit wenig Signal bei einer erneuten Anregung abgeben können.

Bei einer langen Repetitionszeit (über 1500 ms) besitzen alle Gewebe wieder viel Längsmagnetisierung und geben somit alle viel Signal, die T1-Gewichtung ist somit gering.

Typische Repetitionszeiten für T2w-Aufnahmen liegen bei 2000-2800 ms.

Bei schnellen und ultraschnellen MR-Sequenzen mit sehr kurzen Repetitionszeiten kommt es zur Sättigung. Diese entsteht dadurch, dass bei den schnell hintereinander folgenden Pulssequenzen immer weniger Spins sich in ihre Gleichgewichtslage zu verbringen vermögen und sich immer weniger Längsmagnetisierung aufbaut. Das Signal nach einer erneuten Anregung wird dementsprechend immer geringer (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.5.2 Echozeit

Vor einer MR-Messung müssen die Spins wieder in Phase gebracht werden, damit das Signal, das gemessen werden soll, wieder hergestellt ist. Die Effekte der Dephasierung müssen also rückgängig gemacht werden. In dem Moment, wo sich die Spins wieder in Phase befinden, das Signal folglich wieder hergestellt ist, spricht man von einem Echo.

Die Zeitspanne, die man nach einer Anregung bis zur Messung des MR-Signals verstreichen lässt, ist die Echozeit (TE).

Der Einfluss von T2 auf den Bildkontrast wird vorwiegend durch die Echozeit bestimmt. Die Unterschiede in der Signalintensität sind noch klein, wenn die Messung kurz nach der Anregung durchgeführt, also eine kurze Echozeit (kleiner als 30 ms) gewählt wird, da sich alle Spins noch vorwiegend in Phase befinden und ein starkes Signal abgeben. Die Gewebe sind noch nicht relaxiert, die T2-Gewichtung dieses Bildes ist somit gering.

Wird dagegen eine längere Echozeit (über 60 ms) gewählt, so geben die verschiedenen Gewebe unterschiedlich starke Signale ab. Dies entsteht dadurch, dass Gewebe mit kurzer T2 zu diesem Zeitpunkt nur noch wenig Signal abgeben, da die Dephasierung der Spins schon eingesetzt hat, sie erscheinen im MR-Bild dunkel.

Gewebe mit langer T2 geben indessen noch viel Signal ab, da sich hier die Spins noch weitgehend in Phase befinden, sie erscheinen im Bild hell.

Bei längerer TE ist somit die Differenzierung zwischen den Geweben deutlicher, das Bild ist T2-gewichtet.

Die Signalintensität wird also durch die Relaxationszeiten des Gewebes (T1 und T2) sowie die Protonendichte und durch die speziellen Messparameter (Pulswiederholzeit TR, Echozeit TE) bestimmt (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.5.3 Gewebe und ihre Signalintensität

Die Signalintensität richtet sich nach der Verwendung von T1- oder T2-gewichteten Meßsequenzen. Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Wässrige Flüssigkeit stellt sich im T1w-Bild dunkel und im T2w-Bild hell dar. Muskel, Bindegewebe sowie die Kompakta des Knochens stellen sich bei beiden Wichtungen jeweils dunkel dar.

Gesundes Sehngewebe hat einen sehr niedrigen Wassergehalt und hat daher eine niedrige Signalintensität, erscheint also in allen Sequenzen dunkel bzw. schwarz (Mair, Kinns 2005).

In T1 Spin-Echo-Sequenzen stellt sich die Spongiosa des Knochens durch eine hohe Signalintensität dar, d.h. sie erscheint im MR-Bild hell. Dies hängt damit zusammen, dass Fett eine hohe SI hat und die Markhöhle des Knochens weitgehend mit Fett ausgefüllt ist (Denoix 1994; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004). Hyaliner Knorpel hat ebenfalls eine hohe SI und erscheint somit im MR-Bild hell (Denoix 1994). Die Synovia von Gelenken und der Bursa sowie das Impar-Band stellen sich durch eine mittlere SI dar. Eine sehr geringe SI weisen dagegen die Kompakta des Knochens, die TBS außerhalb der Insertion und Bänder wie die Ligg. sesamoidea collateralia auf, was bedeutet, dass sich diese Strukturen im MR-Bild dunkel bzw. schwarz darstellen (Denoix 1994; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004; Mair, Kinns 2005).

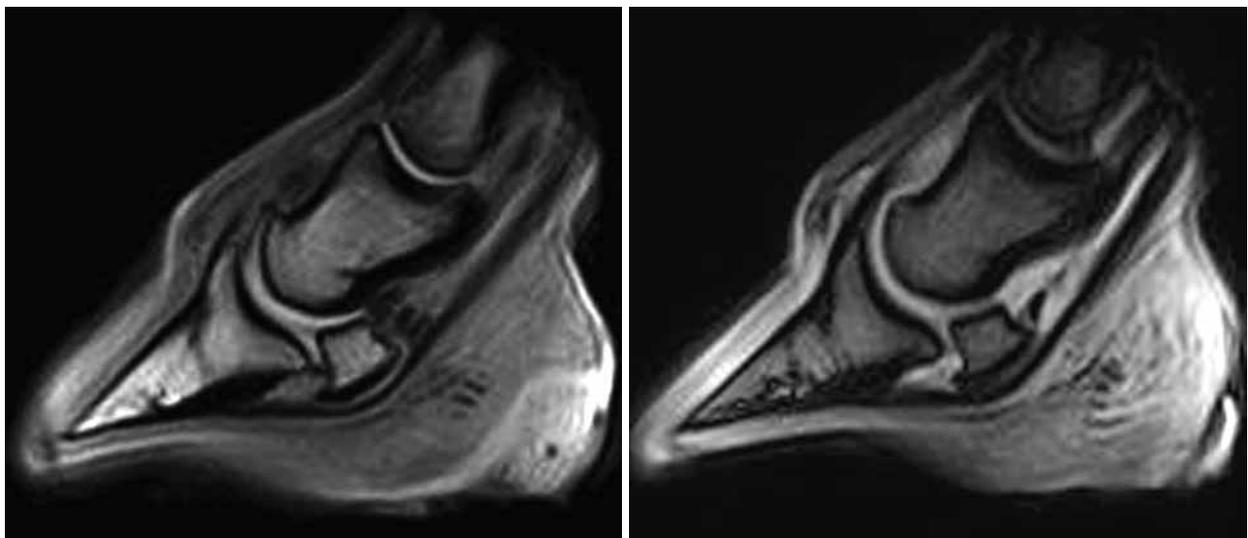


Abbildung 9:

Das linke Bild zeigt eine T1 gewichtete sagittale Schnittführung des Hufes, während die rechte Abbildung dasselbe Pferd mit T2 gewichteter Sequenz zeigt.

T2w Sequenzen ermöglichen eine eingehende Untersuchung von Flüssigkeitsansammlungen in Geweben oder Hohlräumen, welche sich gegenüber dem umliegenden Gewebe hell darstellen.

In T2 Spin-Echo-Sequenzen zeigt die Synovia eine erhöhte SI und stellt sich somit hell dar, während sich die Spongiosa durch eine mittlere SI grau darstellt. TBS sowie Kompakta weisen eine reduzierte SI auf und erscheinen schwarz (Hevesi et al. 2004).

Fett stellt sich sowohl im T1w-Bild wie auch im T2w-Bild hell dar. In den fettunterdrückten STIR-Sequenzen stellen sich Spongiosa, Imparband sowie die TBS durch eine reduzierte SI dar und erscheinen dunkel. Diese Sequenz eignet sich zum Nachweis von Flüssigkeitseinlagerungen in den Geweben. Hier führt eine Erhöhung des Wassergehaltes zu einer erhöhten SI mit entsprechender Aufhellung des Gewebes (Hevesi et al. 2004).

Knochen sowie Spongiosa stellten sich in T1w, T2w und STIR Sequenzen mit geringer Signalintensität dar (Dyson et al. 2004), während gesunde Spongiosa aufgrund des hohen Fettgehaltes des Knochenmarkes hell erschien (Widmer et al. 2000).

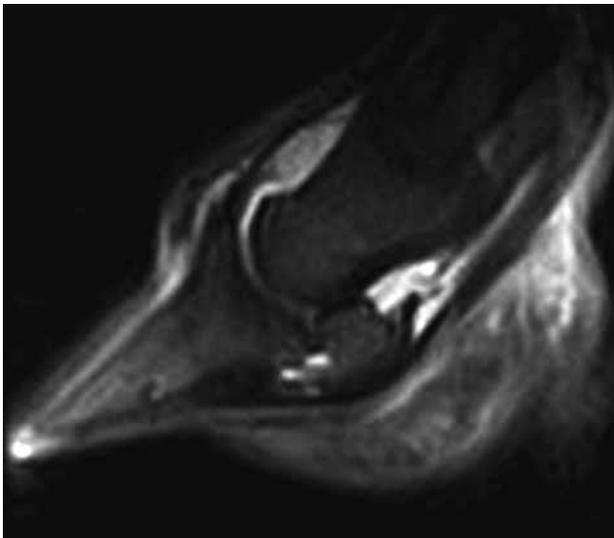


Abbildung 10:

STIR-Sequenz desselben Pferdes wie in Abbildung 9 in sagittaler Ausrichtung.

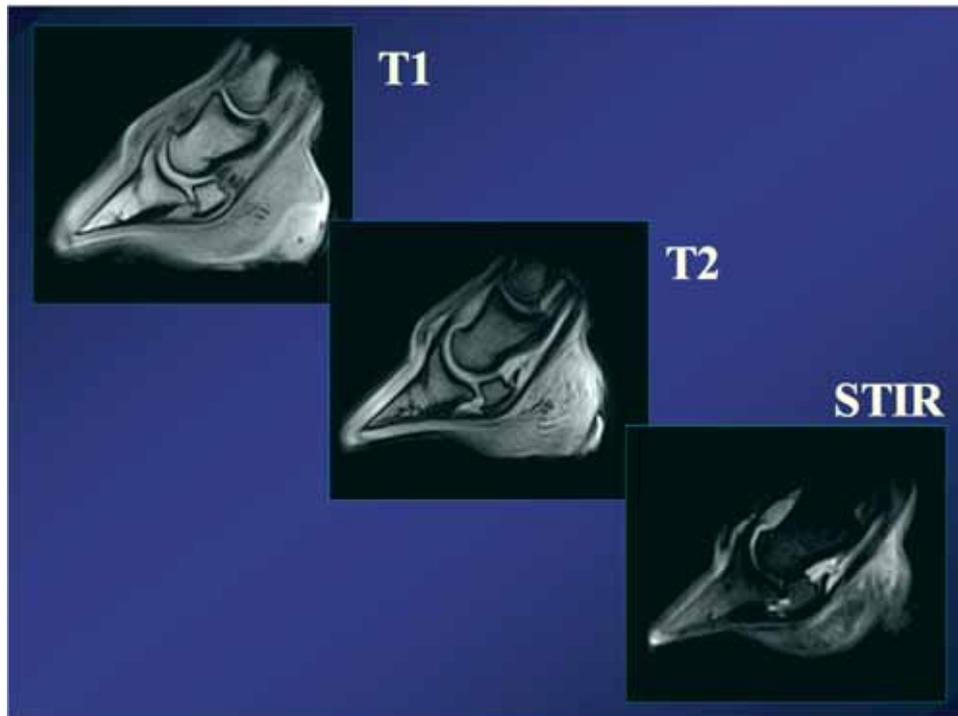


Abbildung 11:
Vergleichende Darstellung eines Sagittalschnittes in T1, T2 und STIR-Sequenz.

2.8.5.4 Pulswinkel

Um der schon erwähnten Sättigung entgegen zu wirken, um also trotz sehr kurzer Repetitionszeit noch ausreichend Signal zu erhalten, kann ein reduzierter Pulswinkel („flip angle“) verwendet werden. Das führt dazu, dass die Spins nicht mehr um 90° , sondern z.B. nur um 30° ausgelenkt werden. Es entsteht dadurch zwar insgesamt weniger Signal, da weniger Magnetisierung in die Ebene gelangt. Es verbleibt aber dafür genügend Magnetisierung für die nächste Anregung in der ursprünglichen Ausrichtung, der Richtung des Magnetfeldes. Über eine ganze Sequenz gesehen, erhält man also mehr Signal als bei einem Pulswinkel von 90° .

Je kürzer die Repetitionszeit, desto kleiner muss also auch der Pulswinkel sein (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.5.5 Bildrekonstruktion

Vorraussetzung für eine Bildrekonstruktion ist die genaue Information über den Entstehungsort des MR-Signals.

Bei der Magnetresonanztomographie soll nicht der gesamte Körper, sondern nur bestimmte Schichten des Körpers, eben im Sinne einer Tomographie, angeregt werden. Um dies zu erreichen, dürfen also nicht alle im Körper vorhandenen Wasserstoffatome gleichzeitig angeregt werden, sondern nur die in der zu messenden Schicht. Ist das Magnetfeld, das immer entlang des zu untersuchenden Körpers verläuft, aber überall gleich stark (also homogen), bedeutet dies, dass alle Spins die gleiche Larmor-Frequenz besitzen und mit einem Anregungspuls somit der gesamte Körper angeregt werden würde.

Um das zu verhindern, wird das Magnetfeld entlang des Körpers durch eine zusätzliche Magnetspule inhomogen gemacht, sodass es an einem Ende des Tomographen etwas verstärkt und am anderen Ende etwas abgeschwächt ist.

Das Magnetfeld besitzt somit einen Gradienten, einen Anstieg entlang der Ausrichtung des Magnetfeldes. Dies wird durch das Anlegen eines zusätzlichen sehr kleinen magnetischen Gradientenfeldes erreicht, das durch eine zusätzliche Widerstandsspule erzeugt wird.

Dadurch ist es möglich, selektiv eine Schicht anzuregen, da sich nun die Larmor-Frequenz der Spins fließend ändert und im Falle des Hauptmagnetfeldes an einem Ende höher ist als am anderen. Die Spins präzessieren also in den verschiedenen Schichten unterschiedlich schnell.

Nun ist die Ortskodierung innerhalb dieser Schichten, also die genaue Information, welches Element der Schicht welchen Anteil des MR-Signals erzeugt hat, von entscheidender Bedeutung. Zu diesem Zweck werden zwei weitere Gradientenspulen, die senkrecht zueinander stehen und das Magnetfeld in zwei weiteren Raumrichtungen inhomogen machen, angelegt.

Zur Aufschlüsselung der Ortskodierung sind die Phasencodierung und die Frequenzcodierung von Wichtigkeit.

Wird einer der zusätzlichen Gradienten, in Richtung von oben nach unten, angeschaltet, kommt es zur Phasencodierung. Die Larmor-Frequenz ist nun oben im Gerät höher als unten. Dadurch kreisen die Spins oben etwas schneller als unten, was zu einer Phasenverschiebung der Spins gegeneinander führt. So kann jede Zeile einer Schicht durch ihre Phase identifiziert und aufgeschlüsselt werden.

Um eine Aufschlüsselung in der zweiten Raumrichtung zu erreichen, bedient man sich der Frequenzcodierung. Durch das Anschalten des weiteren Gradienten nimmt das Magnetfeld und damit auch die Larmorfrequenzen von links nach rechts zu. Da die Spins links nun also schneller präzessieren als rechts, erhält man mit dem MR-Signal ein ganzes Frequenzspektrum anstelle einer einzigen Frequenz. Die hohen Frequenzen können dem rechten Rand der Schicht und die Tiefen dem linken Rand zugeordnet werden, wodurch es möglich ist, jede Spalte anhand ihrer Frequenz zuzuordnen.

Letztendlich kann also jedes Volumenelement, „Voxel“, durch Phase und Frequenz eindeutig charakterisiert werden. Durch eine komplizierte mathematische Operation erhält man aus den Frequenzen und den Phasenaufteilungen die jeweilige Herkunft des Signals aus einer Schicht.

Die Bildschärfe variiert dadurch, wie viele Phasencodierungen aufgenommen werden. Viele Phasencodierungen enthalten mehr Informationen, bedingen also ein schärferes Bild als wenige, die Bildaufnahme verlängert sich jedoch dafür.

Das räumliche Auflösungsvermögen in der Bildebene wird durch die Voxelgröße bestimmt. Ein Pixel ist die zweidimensionale Darstellung eines Voxels auf dem Monitor, das bedeutet 128 x 128, 256 x 256 oder 512 x 512 einzelne Bildpunkte.

Für die Rekonstruktion eines MR-Bildes mit einer Auflösung von 256 x 256 Pixeln sind als Beispiel 256 Sequenzdurchgänge nötig. So gelingt eine Aufschlüsselung des Signals in seinen drei räumlichen Richtungen anhand der Gradientenfelder (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.6 Sequenzen

Um ein MR-Bild zu erstellen, wählt man verschiedene, exakt definierte Folgen von Hochfrequenzimpulsen, die Sequenzen. Modifikationen in der Art der Sequenzen verändern das MR-Bild und betonen jeweils unterschiedliche Aspekte.

Eine MR-Sequenz besteht aus verschiedenen Schritten. Um eine Sequenz zu fahren, bedarf es zuerst der Anregung, dann der Phasencodierung, der Echoerzeugung und der Messung, die mit dem Empfang des Echos einhergeht.

Von klinischer Bedeutung sind vor allem die Spin-Echo- und die Gradientenecho-Sequenz, sowie die Inversion-Recovery-Sequenz. Bei allen handelt es sich um Pulssequenzen, sie können durch verschiedene Parameter beeinflusst werden (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.6.1 Spin-Echo-Sequenz

Bei der Spin-Echo-Sequenz (SE) erfolgt die Anregung immer mit Hilfe eines 90° -Impulses. Nach dem Ende der Anregung zerfällt die transversale Magnetisierung mit T_2^* durch die einsetzende Dephasierung. Nach der Hälfte der Echozeit ($TE/2$) wird ein 180° -Impuls gesendet. Dieser kehrt die „Reihenfolge“ der Spins um, was dazu führt, dass sich alle Spins am Ende der Echozeit wieder in Phase befinden, woraufhin es zum Echo kommt. So kann der Einfluß externer Magnetfeldinhomogenitäten ausgeschaltet werden, und das Signal zerfällt nur noch mit T_2 anstatt mit T_2^* .

Eine SE ergibt also eine gute Bildqualität, da sie relativ unempfindlich gegenüber statischen Feldinhomogenitäten ist. Andererseits verlängert sich so die Messzeit, was die Empfindlichkeit gegenüber Bewegungsartefakten erhöht.

Eine weitere Eigenschaft der Spin-Echo-Sequenz liegt im so genannten Outflow-Effekt. Er führt dazu, dass die Blutgefäße kein Signal abgeben, also schwarz erscheinen. Dies resultiert aus der relativ langen Echozeit. Das Signal des Blutes geht vor der Messung verloren, da das Blut die untersuchte Schicht vorher verlässt (Köchli, Marincek 1994; Schild 1997; Reiser, Semmler 2002).

2.8.6.2 Gradientenecho-Sequenz

Bei der Gradientenecho-Sequenz (GE) wird nicht der HF-Impuls zur Erzeugung des Echos verwendet, es wird vielmehr nur mithilfe der Gradientenspulen durch eine Umkehr des Gradientenfeldes erzeugt. So ist kein 180° -Impuls notwendig, was sich zeitsparend auswirkt. Ein Vorteil dieser Sequenz ist darum seine größere Geschwindigkeit gegenüber der Spin-Echo-Sequenz. Das Gradientenecho ist folglich auch weniger anfällig für Bewegungsartefakte.

Zur Erzeugung des Echos werden die angeregten Spins durch An- und Abschalten des Frequenzgradienten mit umgekehrter Polarität erst de- und dann nach der Echozeit wieder rephasiert.

Man verwendet bei dieser Sequenz kleinere Pulswinkel als 90° , um das Problem der Sättigung bei schnellen Sequenzen mit kurzer Repetitionszeit zu beheben.

Allerdings ist die Bildqualität insgesamt etwas schlechter als beim Spin-Echo, da das Signal mit $T2^*$ zerfällt. Das Gradientenecho bietet sich besonders für die Untersuchung von dynamischen Prozessen, wie Kontrastmitteluntersuchungen an (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.6.3 Inversion-Recovery-Sequenz

Die Längsmagnetisierung wird bei der Inversion-Recovery-Methode (IR) durch einen 180° -Impuls (Inversionsimpuls) invertiert. Diesem folgt nach einer Inversionszeit T_I ein 90° -Impuls, der Ausleseimpuls genannt wird. Er klappt die schon wieder teilweise relaxierte Längsmagnetisierung in die Ebene um. Nach der Hälfte der Echozeit ($TE/2$) wird erneut ein 180° -Impuls gesendet. Durch diesen zusätzlichen, rephasierenden 180° -Impuls wird ein Spin-Echo-Signal erzeugt, das dann für die Bildgebung verwendet wird.

Durch die ausgeprägte T_1 -Abhängigkeit eignet sich die IR-Methode für die Erstellung T_1 -gewichteter MR-Bilder.

Die durch den Inversionspuls invertierte Längsmagnetisierung strebt gegen die Gleichgewichtsmagnetisierung an („inversion recovery“). Die Repetitionszeit wird für

diese Sequenz möglichst groß gewählt, damit sich nach der HF-Anregung wieder eine ausreichende Längsmagnetisierung aufbauen kann. Die Echozeit wird kurz gewählt.

Der T1-Faktor wird zunächst kleiner, erreicht den Wert Null und konvergiert dann gegen die Gleichgewichtsmagnetisierung.

Die IR-Sequenz ist zwar recht zeitintensiv, Vorteile erhält man aber, wenn das Bildsignal einer bestimmten Gewebestruktur unterdrückt werden soll. T1 ist so zu wählen, dass der T1-Faktor des zu unterdrückenden Gewebes in etwa gleich Null ist (Köchli, Marincek 1994; Reiser, Semmler 2002).

2.8.7 Darstellung pathologischer Befunde im MRT

Wenn sich die Zusammensetzung eines Gewebes durch Läsionen ändert, ändert sich auch seine typische Relaxationszeit, was dazu führt, dass sich das betroffene Gewebe im MR-Bild anders darstellt als im physiologischen Zustand. Diese Veränderungen in der Signalintensität der Gewebe entstehen durch Veränderungen in der biochemischen Komposition oder der Wasserzusammensetzung der Gewebe (Kraft, Gavin 2001).

T2w Sequenzen ermöglichen eine eingehende Untersuchung von Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe oder in Hohlräumen und somit eine genaue Bewertung von pathologischen Veränderungen, welche mit einer Änderung des Wassergehaltes einhergehen (Kraft, Gavin 2001; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004; Schulze 2004).

Entzündliche Flüssigkeitsansammlungen erscheinen im T1w-Bild eher dunkel und im T2w-Bild hell (Dyson 2004).

In T2 Spin-Echo-Sequenzen z.B. zeigt die Synovia eine erhöhte SI und erscheint daher hell (Denoix 1994; Kleiter et al. 1999), während die Spongiosa eine mittlere SI mit gräulicher Färbung (Kleiter et al. 1999) und TBS sowie Kompakta eine reduzierte SI mit schwarzer Darstellung aufweisen (Kleiter et al. 1999; Hevesi et al. 2004).

2.8.7.1 Darstellung pathologischer Befunde am Knochen

Knöchernerne Läsionen in Form von Sklerosis und trabekulärem Remodelling bedingen hypointense (dunkle) Zonen in der normalerweise hyperintensen (hellen) Spongiosa (Kleiter et al. 1999; Tucker, Sande 2001; Busoni et al. 2004; Busoni et al. 2005) in T1w, T2w und STIR Sequenzen (Dyson et al. 2004; Busoni et al. 2005). Sklerosierter Knochen erscheint daher dunkel im MRT-Bild (Tapprest et al. 2003; Busoni et al. 2005), während Knochenmark aufgrund seines hohen Fettgehaltes hell erscheint (Kleiter et al. 1999; Widmer et al. 2000; Busoni et al. 2005). Veränderungen in der Darstellung der Kompakta treten nur in Fällen von Zusammenhangstrennungen (Fissur/Fraktur) oder rarefizierenden Prozessen (Zyste/Tumor) auf und erscheinen dann hell.

Sequenzen mit Fettunterdrückung sind besonders wichtig, um Flüssigkeitseinlagerungen im Knochen aufzuzeigen, die ohne Fettunterdrückung unentdeckt blieben (Tucker, Sande 2001; Tapprest et al. 2003; Busoni et al. 2004). Dies spielt eine wichtige Rolle bei entzündlichen Knochenerkrankungen im Sinne eines Knochenödems (Tapprest et al. 2003). Solche Flüssigkeitsansammlungen rufen in STIR-Sequenzen und T2w Sequenzen ein erhöhtes Signal hervor (Dyson et al. 2004; Busoni et al. 2005; Murray et al. 2006 b). Diese Sequenzen sind auch nötig, um knöchernerne Entzündungen und Ödeme zu erkennen, die mit Frakturen assoziiert sein können (Tucker, Sande 2001; Tapprest et al. 2003).

2.8.7.2 Darstellung pathologischer Befunde an Sehnen und Bändern

Akute und subakute entzündliche Läsionen in Sehnen und Bändern führen besonders in T2w Sequenzen (sensitiv für Flüssigkeiten) zu gut darstellbaren Arealen mit erhöhter SI im MRT, da diese Läsionen Blut, Entzündungsflüssigkeit und zelluläre Infiltrate enthalten und somit einen erhöhten Wassergehalt aufweisen (Denoix 1994; Tucker, Sande 2001; Murray et al. 2004; Busoni et al. 2005; Mair, Kinns 2005; Murray et al. 2006 b). Klingt die Entzündung ab, sinkt auch das MR-Signal in der betroffenen Läsion (Denoix 1994; Mair, Kinns 2005). Aber auch in T1w- Bildern sind Schäden in Sehnen durch einen erhöhten Wassergehalt darstellbar (Mair, Kinns 2005).

2.8.7.3 Darstellung pathologischer Befunde an Gelenken und Bursa

Die Synovia von Gelenk und Bursa weist im T2w Bild eine erhöhte SI auf und stellt sich somit hell dar (Denoix 1994; Kleiter et al. 1999). So stellt sich die Bursa podotrochlearis in T2w-Aufnahmen als dünne weiße Linie zwischen Strahlbein und TBS dar (Kleiter et al. 1999). Bei einer Veränderung der Bursa ist diese weiße Linie oft unregelmäßig oder unterbrochen. Eine Darstellung von Adhäsionen der TBS am Strahlbein ist daher mit dem MRT möglich (Tucker, Sande 2001).

3 Tiere, Material und Methoden

3.1 Untersuchte Tiere

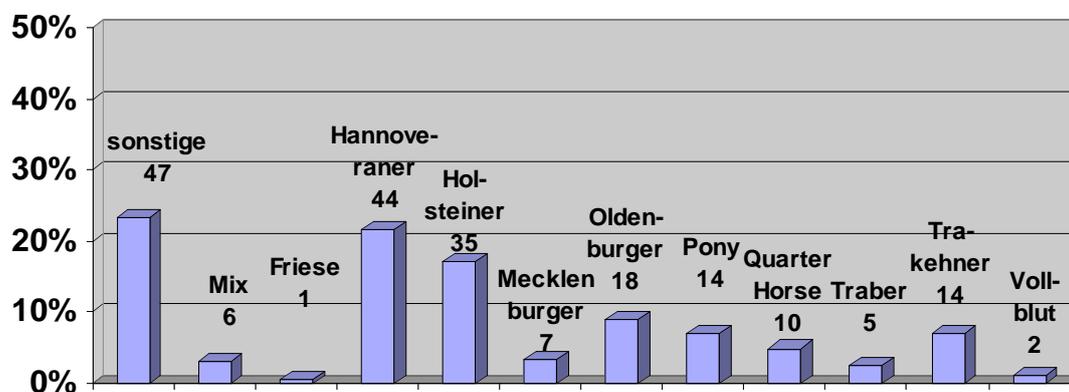
Es wurden 203 Pferde als MRT-Patienten mit Lahmheitsursache bzw. vermutetem Befund in der Hufregion aus den Jahren 2004 und 2005 in die Auswertung einbezogen. Alle Pferde waren Patienten der Tierärztlichen Klinik für Pferde Bargteheide.

Insgesamt wurden 231 Extremitäten untersucht. Davon sind 28 Patienten, die auch an der kontralateralen Gliedmaße untersucht wurden, nur mit der primär erkrankten Extremität in die Auswertung einbezogen, um keine Verfälschung der Merkmalshäufigkeit im Patientengut zu erhalten und um eine Unabhängigkeit der Beobachtungen zu gewährleisten.

Weiterhin wurden die Patienten, von denen Röntgenbilder zur Beurteilung vorlagen (165 der 203 Pferde) in 2 Gruppen eingeteilt und die MRT-Befunde mit den Röntgenbefunden in Korrelation gesetzt (siehe 3.2).

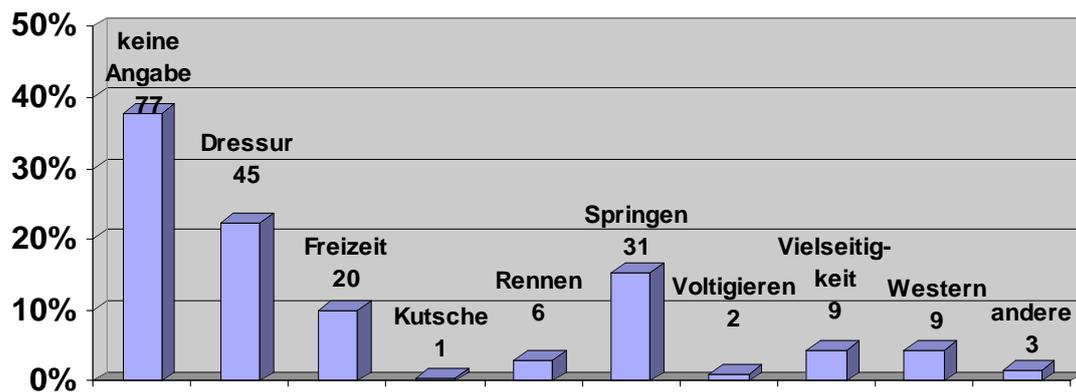
Das Patientengut (203 Pferde) setzte sich vornehmlich aus Warmblutpferden der unterschiedlichen Rassen, sowie zu geringerem Prozentsatz aus Ponys, Trabern und Vollblutpferden zusammen (Tabelle1).

Tabelle 1: Absolute und relative Häufigkeiten der Rasseverteilung von 203 mittels MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide (2004 und 2005).



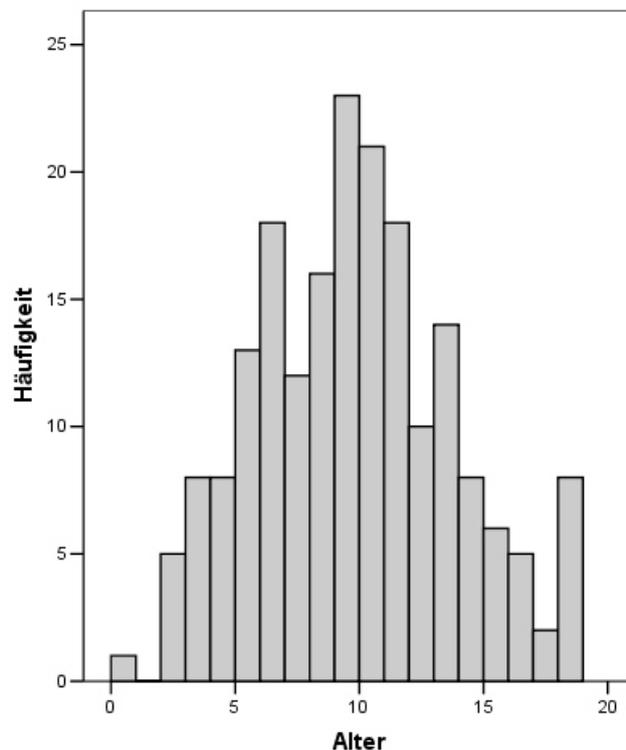
Die Nutzungsrichtung der Pferde war sehr vielfältig, siehe Tabelle 2. Es wurden schwerpunktmäßig Dressur- und Springpferde, aber auch viele Freizeitpferde oder sonstig genutzte Pferde untersucht.

Tabelle 2: Absolute und relative Häufigkeiten der Nutzung von 203 mittels MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide (2004 und 2005).



Bei der Altersverteilung der Patienten war eine Häufung der Pferde in mittlerem Alter von 5 –15 Jahren zu verzeichnen, wobei auch einige 3 - 5 jährige und einige Pferde im Alter von 15 - 20 Jahren untersucht wurden.

Tabelle 3: Histogramm der Altersverteilung von 203 mittels MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide (2004 und 2005).



3.2 Gruppeneinteilung

Alle in die Studie eingeschlossenen Pferdegliedmaßen unterlagen folgenden Einschlusskriterien:

- Lahmheit einer oder beider kontralateralen Vorder- bzw. Hintergliedmaßen
- Positive Tiefe Palmarnerveanästhesie (TPA) und/ oder
- Positive Hufgelenksanästhesie (HGA)

Weiterhin wurden alle 165 untersuchten Pferde, von denen auch Röntgenbilder vorlagen, in zwei Gruppen eingeteilt. Die Patienten, von denen keine Röntgenbilder vorlagen, sind nur in die Gesamtauswertung der einzelnen MRT-Befunde eingegangen.

Gruppe 1: Gliedmaßen **mit** MRT-Befund in der Hufregion

1.a **mit** Röntgenbefund

1.b **ohne** Röntgenbefund

Gruppe 2: Gliedmaßen **ohne** MRT-Befund in der Hufregion

2.a **mit** Röntgenbefund

2.b **ohne** Röntgenbefund

3.3 Magnetresonanztomographische Untersuchung

3.3.1 Kernspintomograph

Die Pferde wurden in der Pferdeklinik Bargtheide (Tierärztliche Klinik für Pferde; Dr. W. Jahn, V. Sill, Alte Landstr. 104, 22941 Bargtheide) mit dem Kernspintomographen „Hallmarq Veterinarian Limb Scanner“ der Firma Hallmarq, Unit 1K Merrow Business Centre, Guildford, Surrey, GU 4 7 WA, United Kingdom untersucht. Der Magnet ist u-förmig gebaut und arbeitet mit einer Feldstärke von 0,27 Tesla. Mit Hilfe dieses offenen Systems ist es möglich, die Pferde im Stehen zu untersuchen (Mair, Kinns 2005). (Equine Limb MRI Scanner. Hallmarq Veterinary Imaging). Die technischen Daten werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 4: In dieser Tabelle sind die technischen Daten des Equine Limb Scanners der Firma Hallmarq dargestellt.

TE:	Echozeit, echo time
TR:	Repetitionszeit, repetition time
FOV:	field of view
STIR:	short tau inversion recovery
T1:	T1 Relaxationszeit
T2:	T2 Relaxationszeit
T2FSE:	T2 gewichtete fast spinecho sequenz

	TE	TR	FOV	Matrixgröße	Schichtdicke
3DT1	7,0	23,0	16,9 × 16,9	256 × 256	4 mm
3DT2	13,0	34,0	16,9 × 16,9	256 × 256	4 mm
STIR	28	1800	16,9 × 16,9	256 × 256	5 mm/5mm
T1	8,0	97	16,9 × 16,9	256 × 256	5 mm
T2	13	130	16,9 × 16,9	256 × 256	5 mm
T2FSE	30	1800	16,9 × 16,9	256 × 256	5 mm



Abbildung 12:

Positionierung des Patienten im Equinen Limb Scanner. Die linke Vorderzehe des Pferdes wird untersucht.

3.3.2 Vorbereitung

Da keine ferromagnetischen Gegenstände in die Nähe des Magneten gebracht werden dürfen (Denoix 1994; Kraft, Gavin 2001; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004), wurden den Pferden vor der Untersuchung im MRT die Hufeisen abgenommen und

das Halfter gegen ein Halfter aus Seil ausgetauscht. Da es sich bei unserem Scanner um einen Magneten mit niedriger Feldstärke handelt, wurden bei der Untersuchung der Vordergliedmaße lediglich beide Vorderbeine und bei der Untersuchung einer Hintergliedmaße nur die Eisen beider Hinterbeine abgenommen. Hierbei war besonders darauf zu achten, dass keine Reste der Hufnägel im Horn verblieben, da jegliche ferromagnetischen Partikel das Gewebesignal der umliegenden Gewebe zerstören (Kraft, Gavin 2001; Tucker, Sande 2001) und zu Signalauslöschungen im MRT-Bild führen.

3.3.3 Sedation

Bevor die Pferde in den Untersuchungsraum gebracht wurden, erhielten sie eine Sedation mit Domosedan® (20-40 µg/kg) und Vetranquil® (0,05-0,1 mg/kg). Je nach Länge der Untersuchung wurden die Pferde bei Bedarf nachsediert. Sehr unkooperative Patienten wurden zusätzlich mit Torbugesic® (0,01 –0,02 mg/ kg) ruhig gestellt.

3.3.4 Untersuchungstechnik

3.3.4.1 Positionierung des Hufes

Die zu untersuchende Gliedmaße wurde zentral jeweils so im Magneten platziert, dass sich das Strahlbein immer im Gerätemittelpunkt befand. Das andere Bein wurde jeweils seitlich neben dem Magneten platziert. Verwendet wurde eine speziell der Hufform angepasste Spule der Firma Hallmarq.



Abbildung 13:

Positionierung der linken Vorderzehe des Pferdes im Magneten mit angelegter Spule.

3.3.4.2 Sequenzen

Am Anfang jeder Untersuchung wurde ein sogenannter Pilot Scan durchgeführt, welcher eine Übersicht des zu untersuchenden Gebietes in drei Ebenen (sagittal, transversal, frontal) lieferte. Anhand dieses Piloten wurden die Schnittebenen aller weiteren Scans ausgerichtet.

Folgende Sequenzen wurden durchgeführt: Die Gradientenechosequenz wurde mit T1- und T2-Wichtung angewandt.

Die T1-gewichteten Sequenzen wurden routinemäßig zur Darstellung physiologisch-anatomischer Strukturen durchgeführt (Kraft, Gavin 2001; Mair, Kinns 2003). Die T2w Sequenzen wurden zur Beurteilung von Flüssigkeit im Gelenk, anderen synovialen Einrichtungen oder entzündlicher Flüssigkeitseinlagerung in den Knochen gefahren (Tucker, Sande 2001; Mair, Kinns 2003; Hevesi et al. 2004). Die STIR zur Darstellung von Flüssigkeitseinlagerung in den Knochen (Tucker, Sande 2001; Mair, Kinns 2003) wurde ebenfalls routinemäßig als FSE-Sequenz gefahren. Zur Darstellung von Bandstrukturen insbesondere der Kollateralbänder des Hufgelenkes wurde eine T2w

Fastspin-Echo-Sequenz (FSE) gewählt (Denoix 1994; Kraft, Gavin 2001; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004).

3.3.4.3 Schnittebenen

Die routinemäßig gewählten Schnittebenen waren der Sagittalschnitt, der Transversalschnitt und der Frontalschnitt. Eine andere mögliche Schnittebene war der parallel zur Sohlenfläche verlaufende Horizontalschnitt (siehe Abb. 14). Jede beliebige andere Schnittebene konnte je nach Fragestellung gewählt werden. Beispielsweise wurde die Tiefe Beugesehne jeweils senkrecht zu ihrem Verlauf geschnitten. Die Schnittbreite betrug 5 mm.

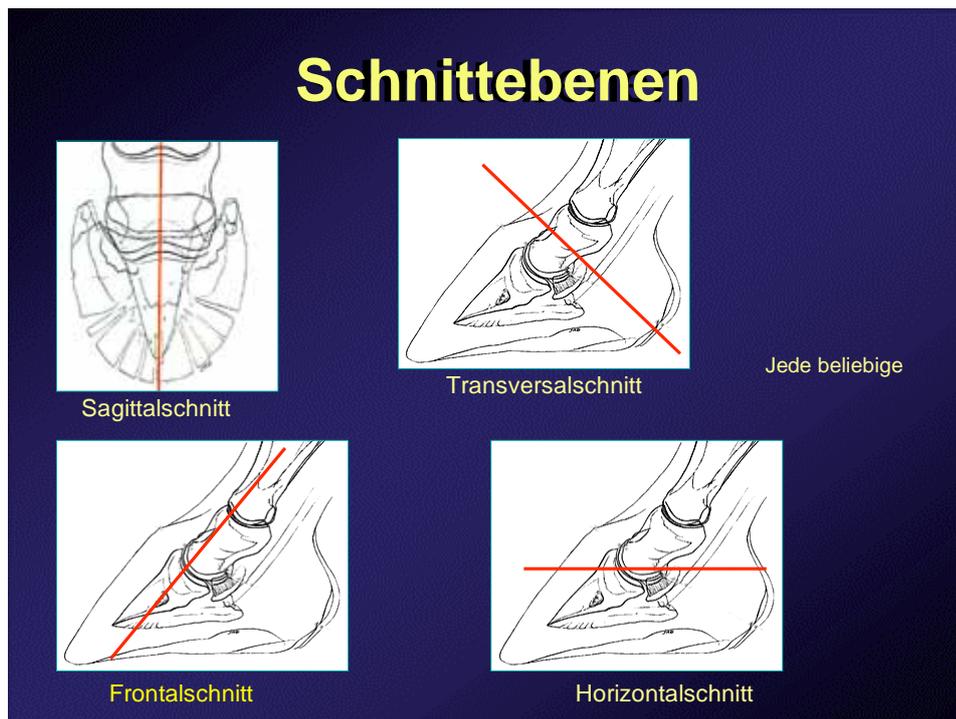


Abbildung 14:

Die Abbildung zeigt die routinemäßig gewählten Schnittführungen im MRT. Jede beliebige andere Schnittebene ist möglich. z.B. wurde die Tiefe Beugesehne jeweils senkrecht zu ihrem Verlauf geschnitten.

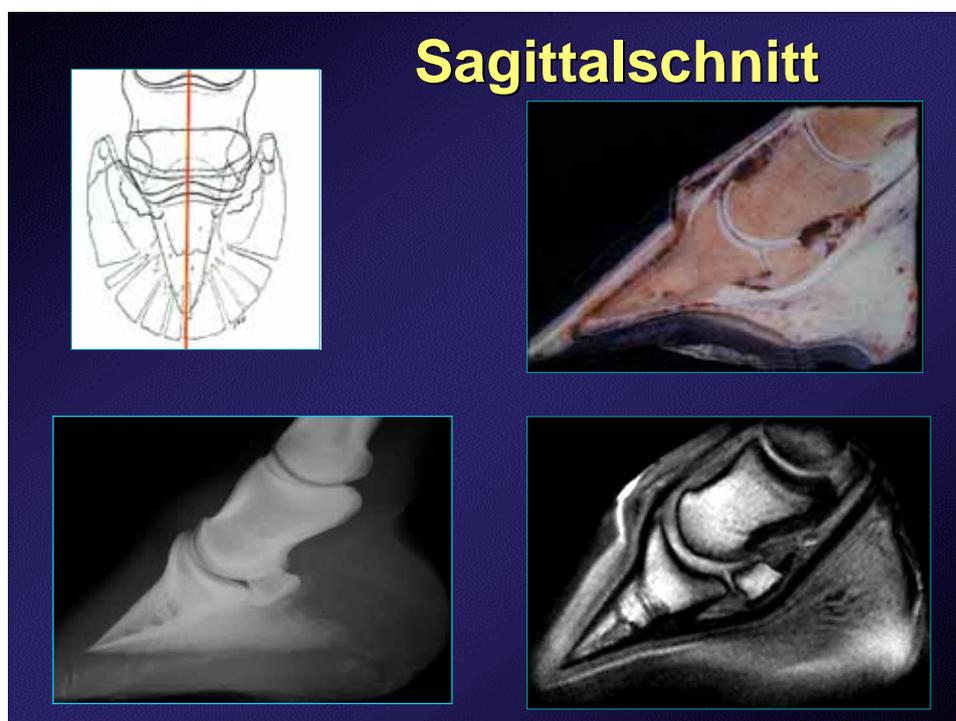


Abbildung 15:

Sagittalschnitt in schematischer, röntgenologischer, pathologisch-anatomischer und kernspintomographischer Darstellung in T1w.

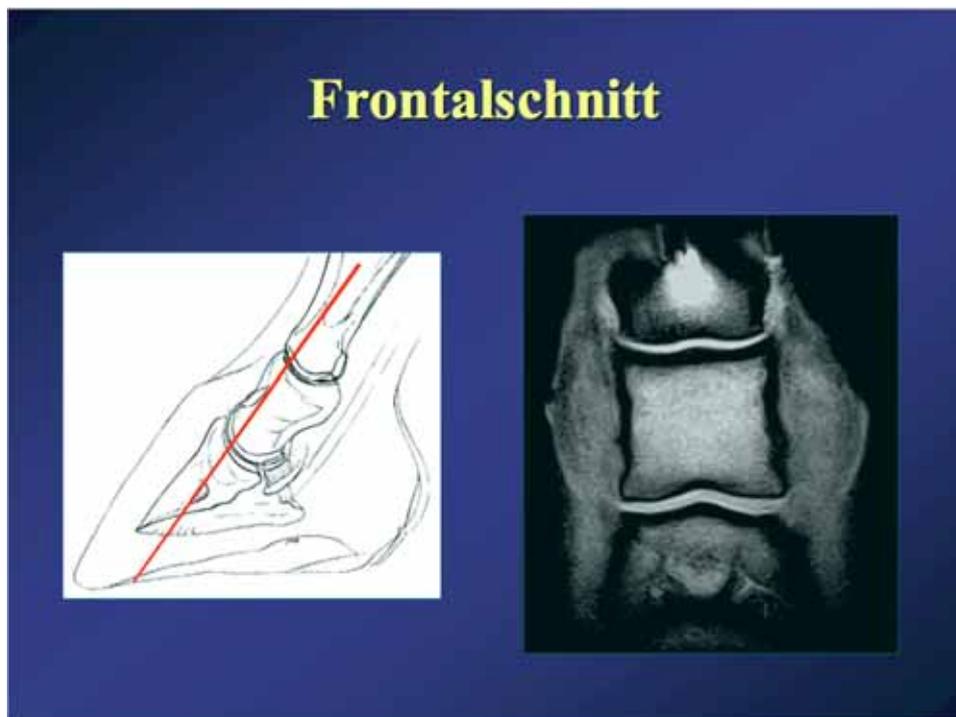


Abbildung 16:

Schematische und kernspintomographische Darstellung des Frontalschnittes in T1-Sequenz.

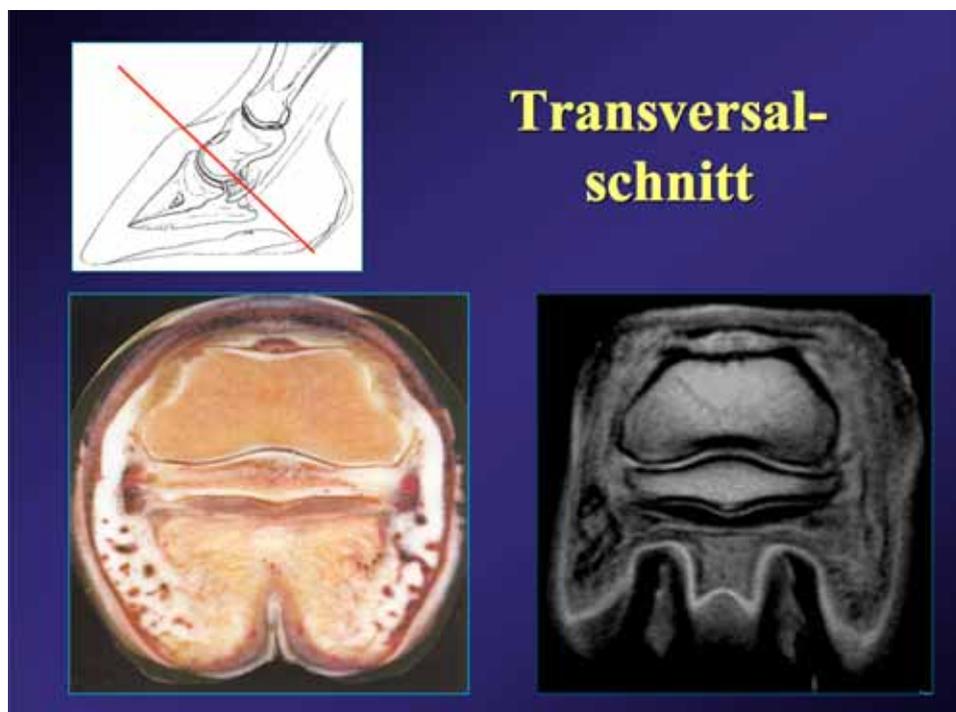


Abbildung 17:

Vergleichend pathologisch-anatomische und kernspintomographische Darstellung des Transversalschnittes in T1-Sequenz.



Abbildung 18:

Schematische und kernspintomographische Darstellung des Horizontalschnittes in T1-Sequenz.

3.4 Auswertungsschema

3.4.1 MRT-Auswertung

Die MRT-Auswertung wurde durch die Tierärzte Dr. Jahn und Frau Lorenz vorgenommen. Es wurde auf Erfahrungen aus der Human- und Kleintiermedizin zurückgegriffen, sowie Spezialkenntnisse der equinen MRT-Diagnostik auf Fachkongressen oder Workshops, vornehmlich in den USA, erworben. Die Auswertung erfolgte nach den in der Humanmedizin angewendeten Grundlagen durch eine Abstufung von hyperintens/ signalreich über isointens zu hypointens/ signalarm. Als isointens wurde die Signalintensität des gesunden Nachbargewebes von Knochen und Sehnenstrukturen bezeichnet. Im Zweifelsfall wurde ein Vergleich zur kontralateralen Gliedmaße vorgenommen. Bei Signalintensitätsmessungen ist der Referenzwert die

Signalintensität des gesunden Nachbargewebes. Signalintensitätsmessungen wurden jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt.

3.4.2 Auswertung der Röntgenbilder

Die Auswertung der Röntgenbilder wurde nach den Definitionen des Röntgenleitfadens (Hertsch et al. 2003) vorgenommen. Die Beurteilung der Bilder wurde dabei als Blindstudie ohne Kenntnis der kernspintomographischen Befunde durchgeführt. Bewertet wurden jeweils die seitliche Zehenübersichtsaufnahme und die Hufrollenaufnahme nach Oxspring sowie, wenn vorhanden, die proximopalmar-dorsodistal gerichtete Strahlbeinprojektion (Skyline-Aufnahme).

3.4.3 Statistische Auswertung

Die Erhebung der Daten erfolgte anhand der 203 untersuchten Patienten, von denen die primär erkrankte Gliedmaße in die Auswertung einbezogen wurde. Von 28 Patienten wurde auch die kontralaterale Gliedmaße magnetresonanztomographisch untersucht, deren Befunde jedoch nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Insofern lagen Befunde von 203 Gliedmaßen zur statistischen Auswertung vor.

Es wurden untersucht:

- MRT-Patienten auf die Merkmale einer Podarthrose, Podotrochlose und weiterer Erkrankungen in der Hufregion
- MRT-Befunde an der Tiefen Beugesehne in Bezug auf Lahmheitsgrad und -dauer
- MRT-Befunde hinsichtlich diagnostischer Anästhesien
- MRT-Befunde hinsichtlich der Therapie und Nachuntersuchung.

Für die Zusammenfassung der Merkmale wurden die relativen und absoluten Häufigkeiten berechnet. Statistische Zusammenhänge zwischen ordinal skalierten Merkmalen wurden mit dem Kontingenzkoeffizient nach Pearson (C) beschrieben und mit dem exakten Test nach Fisher auf Signifikanz geprüft. Für alle statistischen Tests

wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% gewählt. Die statistische Auswertung wurde mit der Software R Version 2.1.1 durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Magnetresonanztomographische Untersuchungen

4.1.1 Allgemeine Auswertung

Es wurden 203 MRT-Patienten der Tierärztlichen Klinik für Pferde Bargteheide mit Lahmheitsursache bzw. vermutetem Befund in der Hufregion aus den Jahren 2004 und 2005 in die Auswertung einbezogen.

Die im folgenden graphisch dargestellten Tabellen finden sich unter gleicher Bezeichnung mit dem Zusatz a im Anhang, nicht graphisch dargestellte Tabellen befinden sich mit fortlaufender Nummer im Anhang.

90,6 % (184/ 203) aller für die MRT-Untersuchung selektierten Patienten wiesen einen oder mehrere MRT-Befunde in der Hufregion auf. Bei 9,4 % (19/ 203) der Patienten konnte kein Befund erhoben werden.

Insgesamt war festzustellen, dass bei 65 % (132/ 203) (siehe Anhang Tabelle 24) des Patientengutes knöcherne MRT-Befunde vorlagen. Diese unterschieden sich in auch röntgenologisch darstellbare, wie Strukturverlust der Kortikalis oder der Spongiosa des Knochens, Sklerose, osteophytäre Zubildungen, Frakturen und röntgenologisch nicht darstellbare wie Knochenödem oder dezente subchondrale Veränderungen.

Bei 71,9 % (146/ 203) der Patienten lag ein Weichteilbefund vor, der in der Regel weder röntgenologisch noch sonographisch dargestellt werden konnte (siehe Anhang Tabelle 25).

4.1.2 Statistische Verteilung der MRT-Befunde

Es wurden 165 der 203 Patienten (81,3 %) in Gruppe 1 bzw. Gruppe 2 aufgenommen. Von 38 Patienten (18,7%) lagen keine Röntgenbilder zur Befundung vor, weil sie nicht in der Pferdeklinik Bargteheide, sondern vom überweisenden Tierarzt geröntgt wurden. Diese Patienten wurden nicht in Gruppe 1 und 2 berücksichtigt.

43 von 165 Pferden (26,1 %) ohne MRT-Befunde am Knochen zeigten auch röntgenologisch keine Befunde.

60 von 165 Pferden (36,4 %) mit MRT-Befunden am Knochen zeigten röntgenologisch keine Befunde.

11 von 165 Pferden (6,7 %) ohne MRT-Befund am Knochen wiesen einen pathologischen Röntgenbefund auf.

51 von 165 Pferden (30,9 %) mit MRT-Befund am Knochen zeigten auch einen korrespondierenden Röntgenbefund (siehe Anhang Tabelle 26).

23 von 165 Patienten (13,9 %) zeigten keinen Weichteilbefund im MRT und ließen auch keinen Röntgenbefund in der Hufregion erkennen.

80 von 165 Pferden (48,5 %) zeigten einen Weichteilbefund im MRT, ohne einen Röntgenbefund aufzuweisen.

25 von 165 Pferden (15,2 %) wiesen keinen Weichteilbefund im MRT auf, zeigten aber röntgenologische Befunde.

37 von 165 Pferden (22,4 %) wiesen einen Weichteilbefund im MRT auf und zeigten auch röntgenologische Befunde (siehe Anhang Tabelle 27).

4.1.3 Korrelation von MRT- und Röntgenbefund der Gruppe 1 (Patienten mit MRT-Befund in der Hufregion)

Wie aus Tabelle 5 zu ersehen, ergaben sich folgende Korrelationen zwischen MRT- und Röntgenbefund.

4.1.3.1 Auswertung von Gliedmaßen mit MRT-Befund und mit Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 1.a)

Patienten der Gruppe 1.a [59 von 165 Pferden (35,8 %)] zeigten einen oder mehrere MRT-Befunde und gleichfalls einen korrespondierenden Röntgenbefund.

4.1.3.2 Auswertung von Gliedmaßen mit MRT-Befund ohne Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 1.b)

Patienten der Gruppe 1.b [91 von 165 Pferden (55,2 %)] zeigten einen oder mehrere MRT-Befunde, ohne einen pathologischen Röntgenbefund aufzuweisen.

4.1.4 Korrelation von MRT- und Röntgenbefund der Gruppe 2 (Patienten ohne MRT-Befund in der Hufregion)

4.1.4.1 Auswertung von Gliedmaßen ohne MRT-Befund und mit Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 2.a)

Patienten der Gruppe 2.a [3 von 165 Pferden (1,8 %)] ließen keinen pathologischen MRT-Befund erkennen, obwohl sie einen pathologischen Röntgenbefund aufwiesen.

4.1.4.2 Auswertung von Gliedmaßen ohne MRT-Befund und ohne Röntgenbefund in der Hufregion (Gruppe 2.b)

Patienten der 2.b [12 von 165 Pferden (7,3 %)] zeigten weder einen eindeutig pathologischen MRT- noch Röntgenbefund.

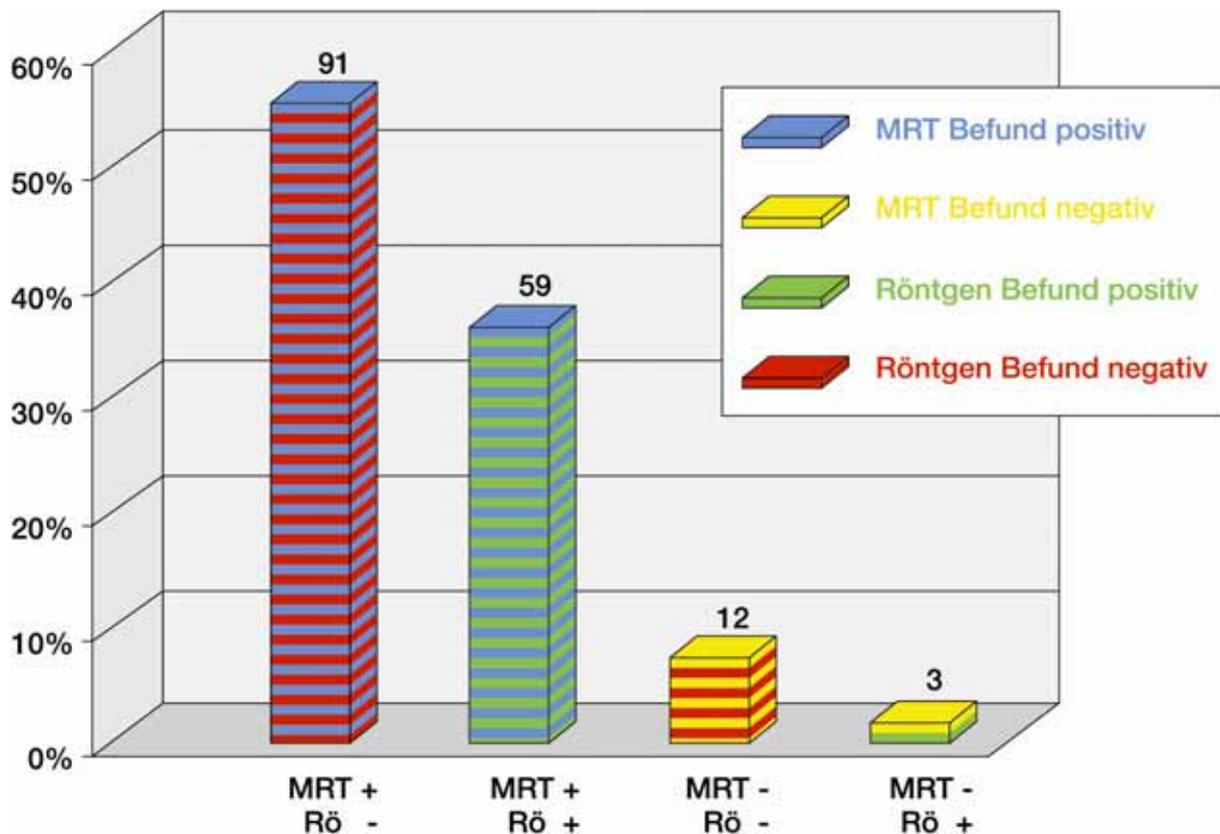
Tabelle 5: Diese Tabelle stellt die Korrelation von erhobenen MRT-Befunden (MRT +/-) und erhobenen Röntgenbefunden (Rö +/-) dar.

MRT + bedeutet MRT Befund vorhanden, farblich blau dargestellt

MRT - bedeutet ohne besonderen MRT Befund, farblich gelb dargestellt

Rö + bedeutet Röntgenbefund vorhanden, farblich grün dargestellt

Rö - bedeutet ohne besonderen Röntgenbefund, farblich rot dargestellt



4.1.5 Auswertung von MRT-Befunden im Sinne einer Podarthrose

49 von 203 Patienten (24,1 %) wiesen einen Hufgelenksbefund auf (siehe Anhang Tabelle 29).

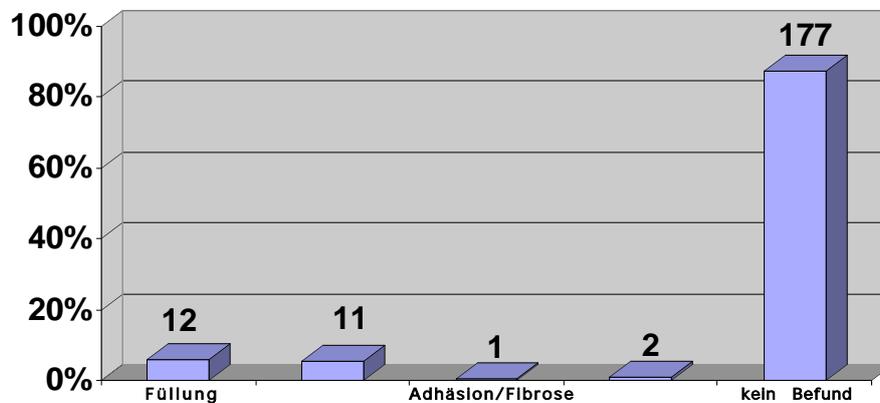
Hier wurden Befunde erfasst, die das Hufgelenk und die Kollateralbänder des Hufgelenkes betrafen. 5,9 % der Tiere (12/ 203) zeigten eine deutliche Füllung des Hufgelenkes, die in der T2w Sagittal-Aufnahme beurteilt wurde. Inkongruenzen im Hufgelenk ließen sich am besten im Frontalschnitt beurteilen. In 11 von 203 Fällen

(5,4 %) stellte sich der Hufgelenkspalt im lateromedialen Vergleich ungleichmässig breit dar. In Einzelfällen stellte sich eine Adhäsion bzw. Fibrose im Kapselbereich des

Hufgelenkes dar. Befunde am Hufbein, die in Verbindung mit dem Hufgelenk standen, waren bei 17,7 % (36/ 203) der Patienten zu verzeichnen. Bei kernspintomographischen Untersuchungen von Dyson bestand ein Zusammenhang zwischen Läsionen des Hufgelenkes und Strahlbeinbefunden, insbesondere der dorsal gelegenen facies articularis des Strahlbeines (Dyson, Murray 2007 a).

Wie aus Tabelle 12 (Seite 80) ersichtlich, wiesen 2,5 % (5/ 203) der Pferde einen zystoiden Defekt im Hufbein auf. Dyson fand im proximalen Hufbein im MRT bei 2 von 264 Pferden zystoide Defekte (OCLLS), die röntgenologisch nicht sichtbar waren, aber szintigraphisch eine fokale erhöhte radioaktive Speicherung (IRU) zeigten (Dyson, Murray 2007 b). Die Lokalisation der zystoiden Defekte war zentral im subchondralen Hufbeinbereich (Abbildung 30), in einem Fall im seitlichen Hufbein im Ansatzbereich des Kollateralbandes (Abbildung 31). 3 % (6/ 203) der Pferde wiesen ein Knochenödem, 5,9 % (12/ 203) eine Sklerose auf. In 2 % (4/ 203) der Fälle bestand sowohl ein partielles Knochenödem, als auch eine Sklerose.

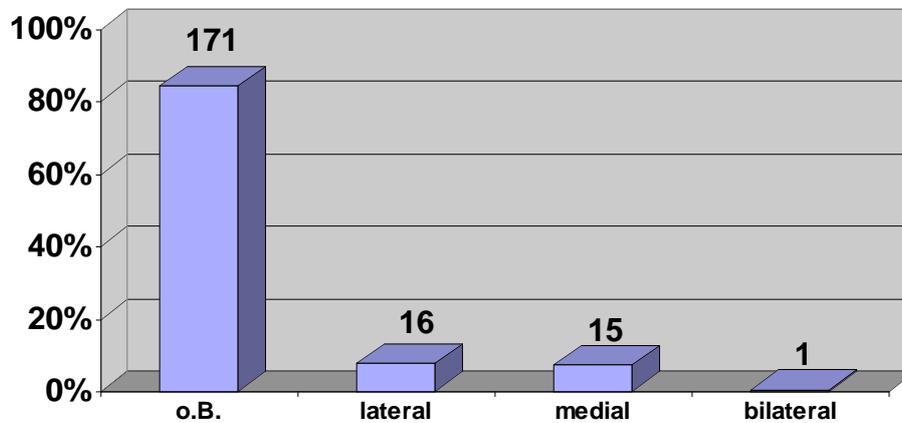
Tabelle 6: Prozentuale Verteilung der MRT-Befunde im Hufgelenk.



In 15,8 % (32/ 203) der Fälle war ein Kollateralbandbefund zu erheben, der zu 7,9 % (16/ 203) das laterale, zu 7,4 % (15/ 203) das mediale und in 0,5 % (1/ 203) der Fälle beide Kollateralbänder betraf.

Schäden an den Kollateralbändern des Hufgelenkes zeigten sich durch einseitig asymmetrische Verdickung des Bandes im MRT mit erhöhter Signalintensität. Bei sehr starken Schäden wie Bandabrissen ließ sich das Kollateralband im Ursprungsbereich nicht mehr kernspintomographisch nachweisen.

Tabelle 7: Statistische Verteilung von Kollateralbandbefunden am Hufgelenk der 203 untersuchten Pferdepatienten.



In 16 von 203 Fällen (7,9 %) waren knöcherne Reaktionen des Kronbeines in Form von Arealen mit erhöhter Signalintensität (Knochenödem) sowie Veränderungen der kortikalen Knochenkontur im Ursprungsbereich der Kollateralbänder im Frontalschnitt festzustellen. Ebenso waren Areale mit verminderter Signalintensität (Knochensklerose) im Ursprungsbereich der Kollateralbänder des Hufgelenkes am Kronbein darstellbar. Gleichsinnige Befunde waren im Ansatzbereich der Kollateralbänder des Hufgelenkes am Hufbein auffindbar.



Abbildung 19a:

Abbildung 19b:

Die linke Abbildung (19a) zeigt einen T1w Koronarschnitt eines 15-jährigen Friesenhengstes. Es ist eine einseitige signalarme Zone im proximalen Hufbein zu erkennen, die als Sklerose im Insertionsbereich des medialen Kollateralbandes zu werten ist. Die rechte Abbildung (19b) zeigt eine FSE-Sequenz im Frontalschnitt einer 13-jährigen Hessenstute. Im proximalen Kollateralbandbereich ist einseitig eine Verdickung des Bandes mit signalreichen Arealen im Sinne einer Desmopathie des medialen Kollateralbandes erkennbar.

4.1.6 Auswertung von MRT-Befunden im Sinne einer Podotrochlose

78,3 % (159) der MRT-Patienten wiesen einen Hufrollenbefund in der Kernspintomographie auf (siehe Anhang Tabelle 28). Folgende Befunde wurden der Hufrolle zugeordnet:

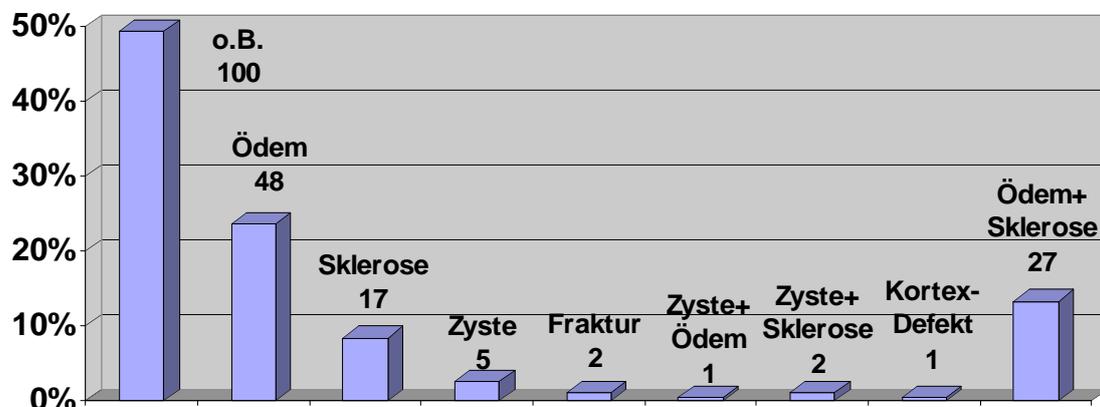
1. Befunde am Strahlbein
2. Befunde an der Bursa podotrochlearis
3. Befunde an der Tiefen Beugesehne proximal der Insertion bis zur proximalen Strahlbeinregion
4. Befunde an der Insertion der Tiefen Beugesehne.

4.1.6.1 Strahlbeinbefunde

Von den 203 im MRT untersuchten Pferden war in 50,7 % (103) der Fälle ein Strahlbeinbefund zu erheben (siehe Anhang Tabelle 30).

Von Dyson wurde bei 59% von 264 Pferden kernspintomographisch ein Strahlbeinbefund festgestellt. Des weiteren wurde ein gehäuftes Auftreten von Strahlbeinbefunden jeglicher Art in Zusammenhang mit TBS-Schäden im palmaren Hufbereich festgestellt. Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen Strahlbeinbefunden an der Facies flexoria, am Margo distales, in der Medulla des Strahlbeines und Bursaveränderungen. Des weiteren bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen erhöhtem Signal im Bereich der synovialen Invaginationen am Margo distales des Strahlbeines und Bursaveränderungen (Dyson, Murray 2007 a). Die Befunde am Strahlbein, wie aus untenstehender Tabelle ersichtlich, gliederten sich auf in röntgenologisch sichtbare, wie Substanzverluste im Bereich der Canales sesamoidales, zystoide Defekte, Kortikalisschäden an der Sehnengleitfläche, Sklerose, Fissur/ Fraktur und röntgenologisch nicht sichtbare wie Strahlbeinödem oder Bandansatzerkrankungen. Folgende einzeln oder zusammenhängend auftretende Befunde wurden festgestellt, wie aus Tabelle 8 in ihrer prozentualen Verteilung ersichtlich:

Tabelle 8: Prozentuale Verteilung der MRT-Befunde von 103 Pferden mit Strahlbeinbefunden. Von den insgesamt 203 untersuchten Pferden wiesen 100 Patienten keinen MRT-Befund auf (ohne Befund = o.B.).



Befunde am Strahlbein- Hufbeinband (Ligamentum distale impar) traten in 2 % der Fälle auf, zum Teil mit knöchernen Prozessen wie Ödem oder Sklerose im Ursprungsbereich am Strahlbein oder im Ansatzbereich am Hufbein (siehe Anhang Tabelle 33).

Befunde am Strahlbein-Fesselbeinband (Ligamentum sesamoideum collaterale) wurden nicht statistisch erfasst, weil hier keine krankhaften Prozesse nachgewiesen wurden. Dieses Band wurde allerdings für die Beurteilung vom Füllungszustand des Hufgelenkes und der Bursa podotrochlearis herangezogen (siehe Abbildung 29 rechts, S. 79).

4.1.6.1.1 Strahlbeinödem

Von den 203 untersuchten Pferden hatten 23,6 % (48/ 203) ein Strahlbeinödem (Edema like lesion) als Einzelbefund. Das Strahlbeinödem trat sowohl partiell als auch das gesamte Strahlbein betreffend auf. Die deutlichste Darstellung gelang in sagittaler Ausrichtung mit der STIR, wo sich das signalintensive Ödem deutlich gegen den hypointensen gesunden Knochen in der Umgebung abhob. Dieser Befund ließ sich in der röntgenologischen Untersuchung nicht darstellen, wurde andererseits aber häufig im MRT festgestellt. Bei 27 von 203 (13,3 %) Pferden trat ein Strahlbeinödem in Verbindung mit einer Strahlbeinsklerose auf. Bei 1 von 203 Patienten (0,5 %) war ein Strahlbeinödem in Verbindung mit einer Strahlbeinzyste festzustellen.

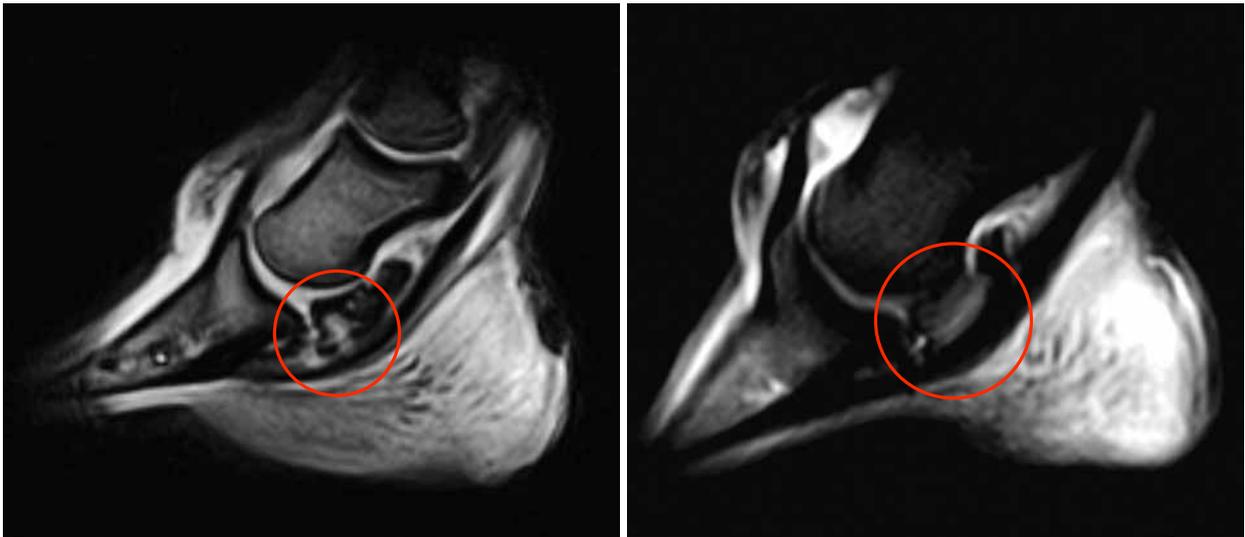


Abbildung 20:

Linkes Bild: Partielles Strahlbeinödem im T2 gewichteten Sagittalschnitt eines 16-jährigen Islandpferdewallachs. Rechtes Bild: Diffuses Strahlbeinödem in einer sagittalen STIR-Sequenz bei einer 5-jährigen Hannoveranerstute.

4.1.6.1.2 Strahlbeinsklerose

8,4 % (17) der 203 untersuchten Pferde zeigten eine Strahlbeinsklerose als Einzelbefund. Sklerosierter subchondraler Knochen sowie Spongiosa stellten sich in T1w, T2w und STIR Sequenzen mit geringer Signalintensität dar (Dyson et al. 2004), während gesunde Spongiosa aufgrund des hohen Fettgehaltes des Knochenmarkes hell erschien (Widmer et al. 2000). In 2 von 203 (1%) Fällen stellte sich eine Sklerose in Verbindung mit einem zystoiden Defekt dar.

Strahlbeinsklerosen waren röntgenologisch in der Hufrollenaufnahme nach Oxspring nicht sichtbar, stellten sich aber in der proximopalmar-dorsodistal gerichteten Skyline-Aufnahme dar. Hierbei kam es zu partiell oder total sklerosierter Spongiosa des Strahlbeines, was sich röntgenologisch durch einen verwaschenen Übergang zwischen der Kortikalis und Spongiosa des Strahlbeines darstellte.



Abbildung 21:

Die linke Abbildung zeigt ein physiologisches Röntgenbild in Skylineprojektion, die rechte Abbildung zeigt eine Sklerose der Spongiosa des Strahlbeines, somit einen verwaschenen Übergang zwischen Kortikalis und Spongiosa einer 7-jährigen Holsteiner Springpferdestute im kontralateralen Vergleich.

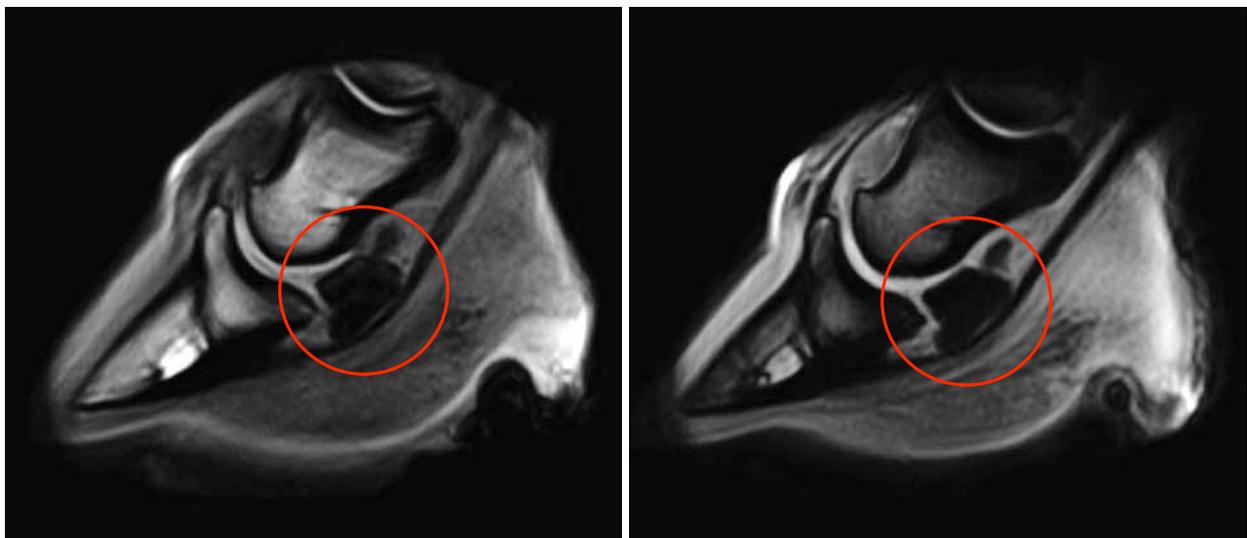


Abbildung 22:

Sklerosiertes Strahlbein einer 7-jährigen Holsteiner Springpferdestute im T1w sagittalen Schnitt (linke Abbildung) sowie im T2w sagittalen Schnitt (rechte Abbildung). Deutlich ist erkennbar, dass sich das Strahlbein in beiden Sequenzen signalärmer darstellt als die anderen Knochen, was durch eine verdichtete Knochenstruktur und damit verringertem Fettgehalt des Knochenmarkes mit entsprechend niedriger Signalintensität hervorgerufen wird.

4.1.6.1.3 Strahlbeinzystoid

2,5 % (5/ 203) der insgesamt untersuchten Pferde wiesen ein Zystoid im Strahlbein auf. Im MRT gelang der Nachweis eines Zystoids mit Hilfe einer sagittalen oder transversalen T2w oder STIR-Sequenz durch die Darstellung der im Zystoid befindlichen Flüssigkeit, welche sich dann signalintensiv rundlich bis polygonal darstellte.

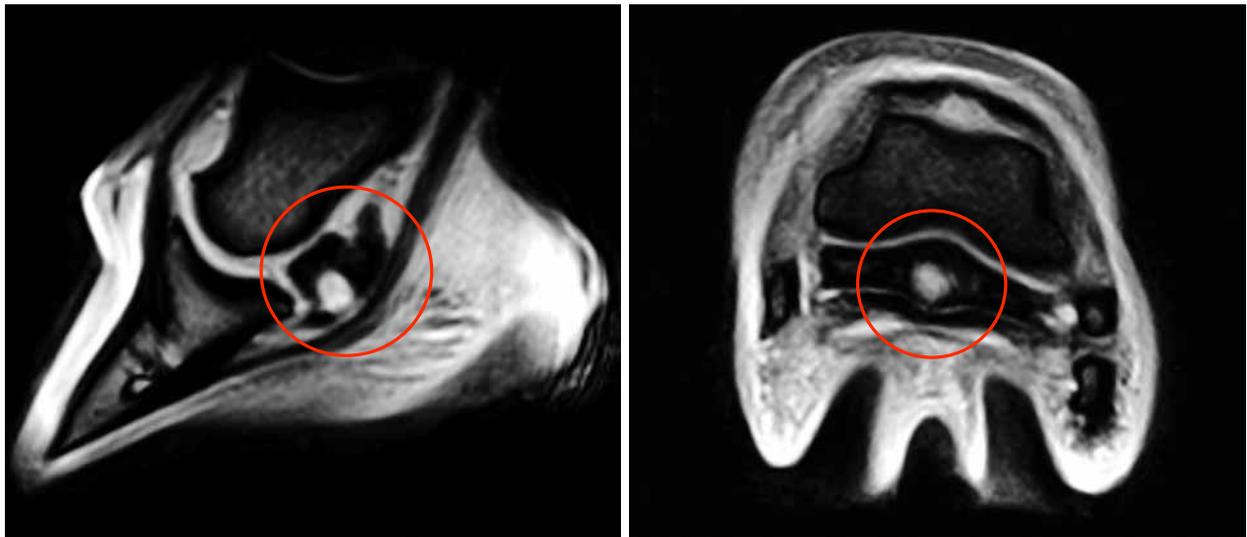


Abbildung 23:

T2w sagittale Aufnahme (linke Abbildung) sowie T2w transversale Aufnahme (rechte Abbildung) eines 11-jährigen Pintowallachs mit einem Zystoid im Strahlbein.

4.1.6.1.4 Strahlbeinfraktur

Die Strahlbeinfraktur war röntgenologisch deutlich darstellbar, bedurfte insofern nur in uneindeutigen Fällen z.B. bei Strahlbeinfissuren einer kernspintomographischen Abklärung. Unten erwähntes Beispiel stellte einen Fall dar, der röntgenologisch nicht darstellbar war.

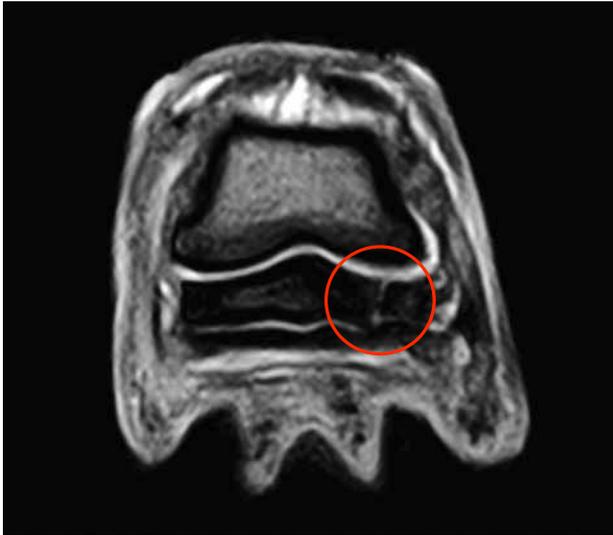


Abbildung 24:

Strahlbeinfraktur am Hinterbein eines 5-jährigen dänischen Warmbluthengst in T2w transversal ausgerichteter Schnittebene. In dieser Abbildung ist eine signalintensive Frakturlinie im lateralen Strahlbeindrittel sichtbar.

4.1.6.1.5 Non unions am Margo distales des Strahlbeines

Diese isolierten knöchernen Strukturen stellen sich im MRT als signalarme Areale distal des Strahlbeines vor allem im Sagittalschnitt dar. Mögliche Herkunft dieser isolierten Verschattung sind Absplitterungen des distalen Strahlbeines (parent bone) oder metaplastische Verkalkungen im Lig. distale impar (Dyson, Denoix 2006; Dyson, Murray 2007 a). In der Oxspring-Aufnahme stellten sich gelegentlich isolierte Verschattungen am distalen Strahlbeinrand dar, die röntgenologisch häufig nur undeutlich sichtbar und hinsichtlich ihres Ursprunges nicht eindeutig identifizierbar waren.

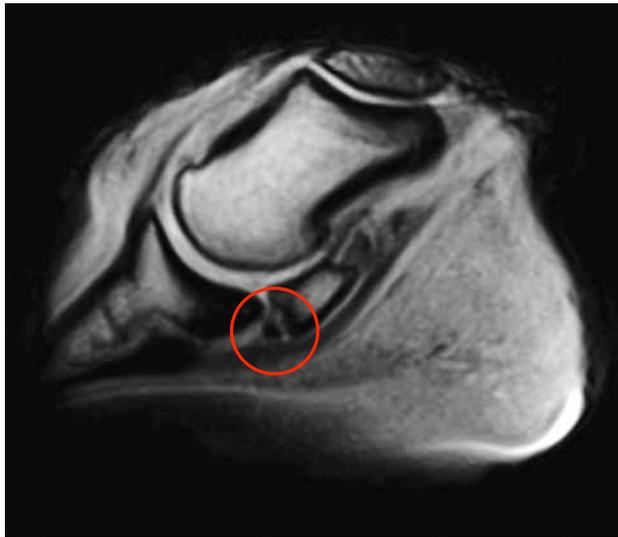


Abbildung 25:

Das T1w MRT-Bild zeigt im Sagittalschnitt isolierte hypointense Areale in der distalen Strahlbeinregion, die in den untenstehenden Röntgenbildern nur undeutlich erkennbar waren.

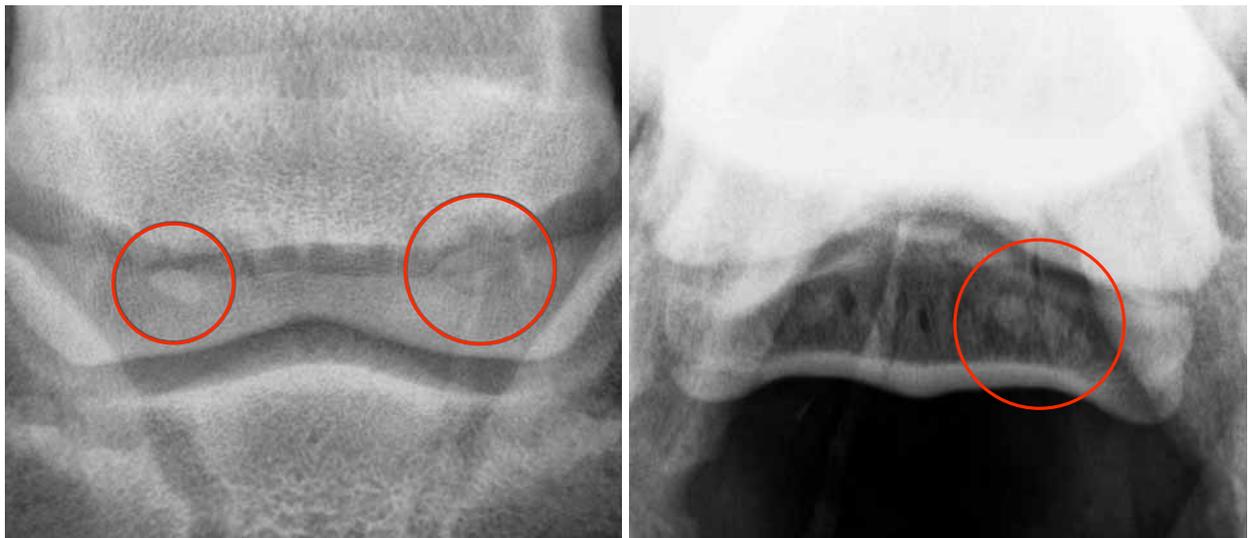


Abbildung 26:

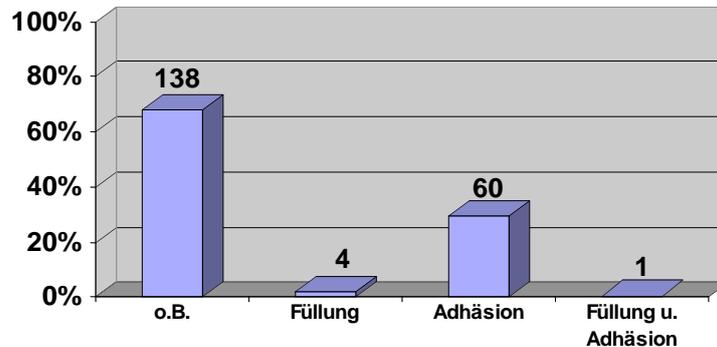
Röntgenologische Befunde des MRT-Patienten aus Abbildung 25. Sowohl auf der Oxspringaufnahme (Abbildung links), als auch auf der Tangentialaufnahme (Abbildung rechts) des Strahlbeines lassen sich isolierte Verschattungen am distalen Strahlbeinrand undeutlich erkennen.

4.1.6.2 Bursa podotrochlearis

Von den 203 untersuchten Pferden wiesen 32 % (65/ 203) der Tiere einen Bursabefund auf. An der Bursa podotrochlearis wurden bei 2 % (4/ 203) des Patientengutes ein

erhöhter Füllungszustand und bei 29,6 % (60/ 203) der Patienten eine Adhäsion mit dem Strahlbein, bzw. der Tiefen Beugesehne festgestellt.

Tabelle 9: Prozentuale Verteilung von Bursabefunden von 203 im MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide



Im MRT stellte sich eine partielle oder totale Adhäsion der Bursa mit der TBS in der Form dar, dass eine optische Abgrenzung zwischen Bursa und TBS nicht oder kaum möglich erschien. Im physiologischen Fall stellte sich die Bursa als feine weiße Linie zwischen Strahlbein und Tiefer Beugesehne dar. Eine Bursafüllung war indirekt sichtbar durch Ablenkung des Strahlbein-Fesselbeinbandes nach dorsal.

Von Dyson wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen kernspintomographisch festgestellten Bursaveränderungen und erhöhtem Signal im Bereich der synovialen Invaginationen am Margo distales des Strahlbeines festgestellt (Dyson, Murray 2007 a).

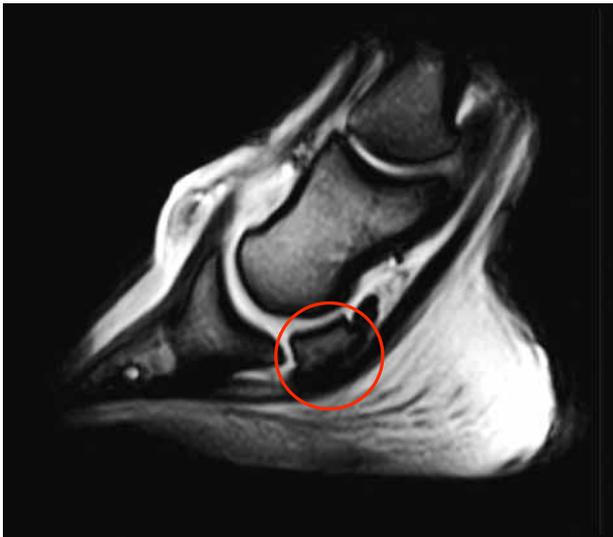


Abbildung 27:

T2w sagittale Aufnahme einer 10-jährigen Mecklenburger Stute mit einer partiellen Adhäsion von Strahlbein und TBS.

4.1.6.3 Tiefe Beugesehne

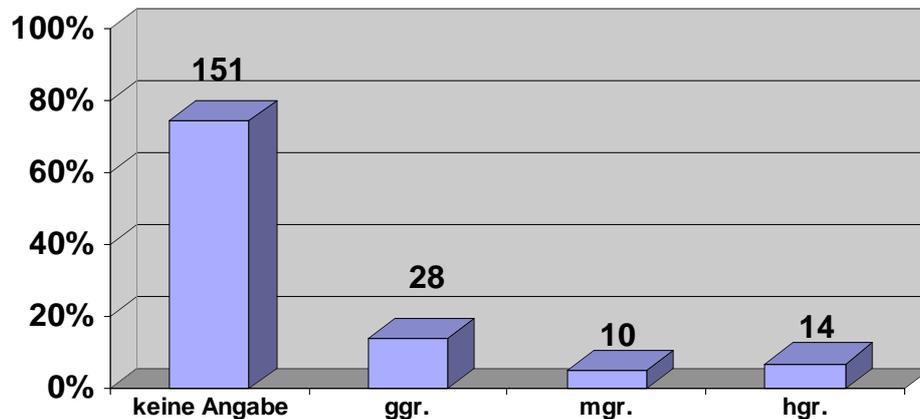
44,3 % (90/ 203) des Patientengutes wiesen einen Schaden der Tiefen Beugesehne auf (siehe Anhang Tabelle 31). Von Dyson wurde bei 60 % von 199 Pferden ein TBS-Befund festgestellt (Dyson et al. 2005). Es wurden core lesions, dorsal border lesions, sagittalsplits und komplette Rupturen festgestellt. Bei der core lesion stellt sich die Sehne zentral hyperintens, bei der dorsal border lesion am dorsalen Sehnenrand hyperintens dar. Sagittalsplits stellen sich in Form von kerbenförmigen hyperintens Einschnitten im betroffenen Sehnenchen dar. Bei kompletten Rupturen stellt sich der hypointense Sehnenchen komplett hyperintens (weiß) dar. Die Beurteilung der Art des Sehnen Schadens wurde im T2w Transversalschnitt vorgenommen.

82,6% der von einer Arbeitsgruppe um S. Dyson untersuchten 264 Pferde wiesen einen TBS-Befund auf, der allerdings nicht in jedem Fall zu klinischen Erscheinungen bezüglich Lahmheit führte (Dyson, Murray 2007 a).

Das Ausmaß des Tiefen Beugesehnenschadens, sofern eine Gradeinteilung vorgenommen wurde, erfolgte in drei Grade. Es waren in 13,8 % (28/ 203) der Fälle geringgradige Schäden, d.h. das Ausmaß des Sehnen Schadens im Transversalschnitt lag unter 10 %. In 4,9 % (10/ 203) der Fälle lag ein mittelgradiger Sehnen Schaden vor,

d.h. es waren 11 - 30% des Sehnenquerschnittes betroffen. Hochgradige Schäden mit mehr als 30 % Sehnen Schaden kamen zu 6,9 % (14/ 203) vor.

Tabelle10: Prozentuale Verteilung des Schadensgrades von TBS-Schäden.



Befunde an der Insertion der Tiefen Beugesehne traten zu 17,2 %, (35/ 203) auf (siehe Anhang Tabelle 32). Tendopathien der Tiefen Beugesehne stellten sich im MRT am deutlichsten in der T1w und T2w Sequenz dar. Die Darstellung im Insertionsbereich war am deutlichsten in der Transversalaufnahme, aber auch im Sagittalschnitt möglich. In manchen Fällen ließ sich auch eine Sklerosierung der zentralen Hufbeinregion im T1w oder T2w Frontalschnitt mit niedriger Signalintensität und somit Schwärzung der Insertionsregion nachweisen.

Die Lokalisation des TBS-Schadens kann im Insertionsbereich, im Strahlbeinbereich oder im proximalen Strahlbeinbereich liegen. Befunde im proximalen Strahlbeinbereich und im Insertionsbereich sind z.T. im Ultraschall darstellbar. Nach Dyson bestand ein Zusammenhang zwischen der Lokalisation von Tendopathien der TBS (DDFT) und dem Auftreten von entsprechenden Weichteilläsionen des Ligamentum distale impar (DSIL), des Ligamentum sesamoidale collaterale (CSL), der Bursa podotrochlearis (NB) in Abhängigkeit von Grad und Lokalisation von Strahlbeinbefunden. Nach Angabe der Autorin bestand ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von TBS-Schäden und Strahlbeinbefunden jeglicher Art (Dyson, Murray 2007 a).

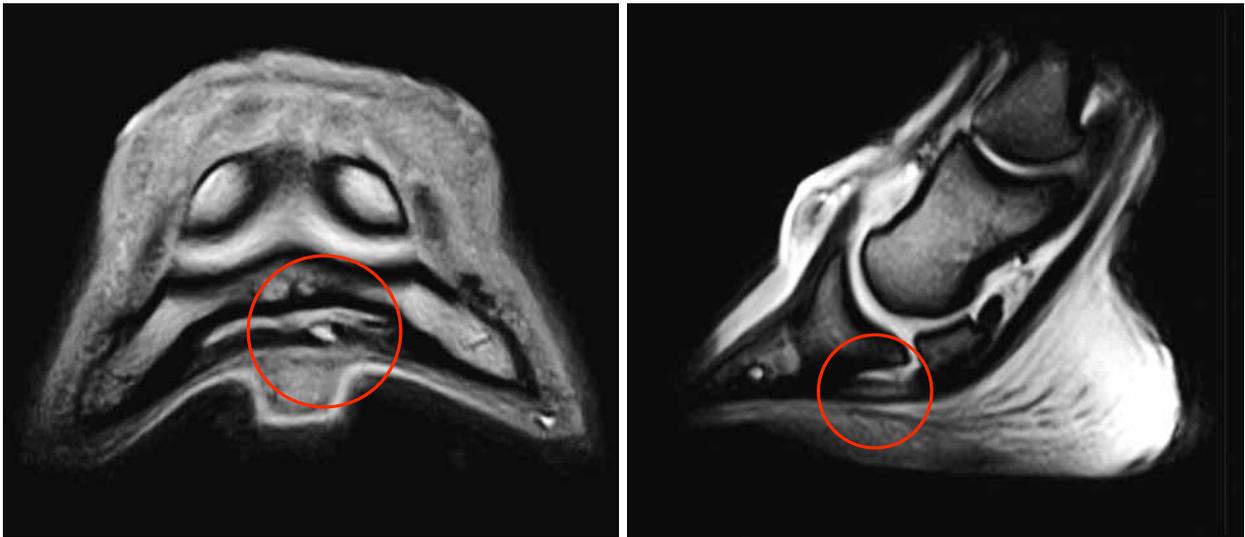


Abbildung 28:

Insertionsdesmopathie der Tiefen Beugesehne einer 10-jährigen Mecklenburger Stute in T1w transversaler Ausrichtung (linke Abbildung) sowie in T2w sagittaler Ausrichtung (rechte Abbildung). Sowohl in der T1w wie in der T2w Aufnahme ist der Defekt in der Sehne durch eine erhöhte Signalintensität im Insertionsbereich sichtbar.

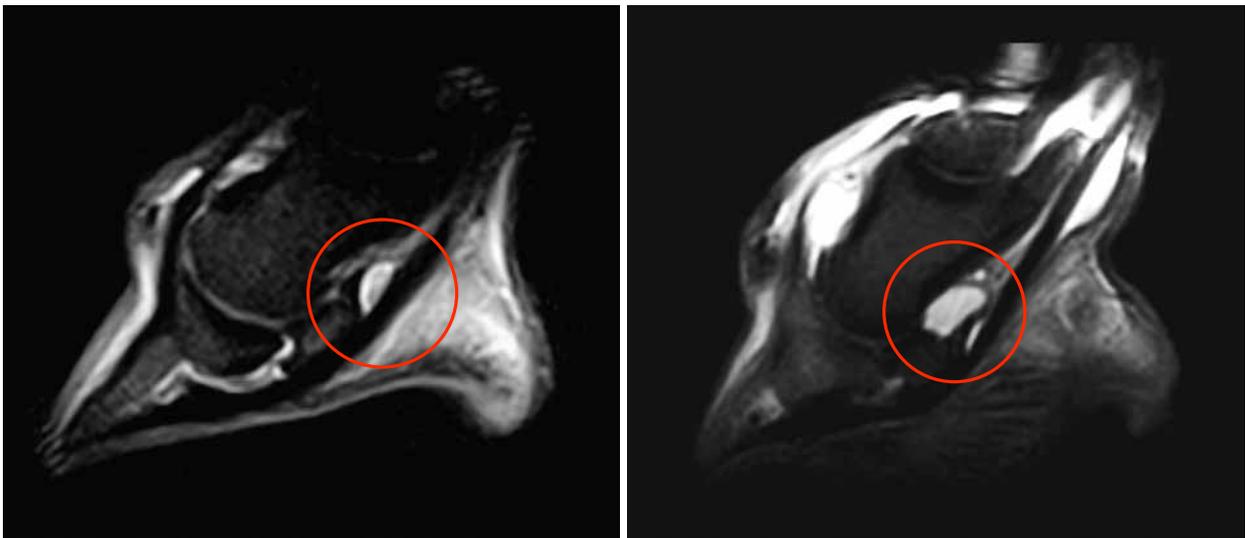


Abbildung 29:

Die linke Abbildung stellt den T2w Sagittalschnitt eines 6-jährigen Holsteiner Hengstes dar. Hier ist deutlich die konkave Ablenkung des Strahlbein-Fesselbeinbandes nach dorsal im Sinne einer Bursaeffusion zu erkennen. Die rechte Abbildung zeigt eine Ablenkung des Strahlbein-Fesselbeinbandes nach palmar im Sinne einer Hufgelenksfüllung in einer Fastspinecho-STIR-Sequenz bei einem 4-jährigen Holsteiner Hengst.

4.1.7 Auswertung sonstiger MRT-Befunde

4.1.7.1 Extraartikuläre Hufbeinbefunde

Extraartikuläre Hufbeinbefunde wie Hornsäule, hohle Wand, Hufbeinsequester kamen, wie aus Tabelle 12 ersichtlich, vereinzelt vor. Hufbeinbefunde, die in Verbindung zum Hufgelenk standen, wurden in Kapitel 4.1.5 behandelt.

Tabelle 12: Prozentuale Verteilung der Hufbeinbefunde von 203 im MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide.

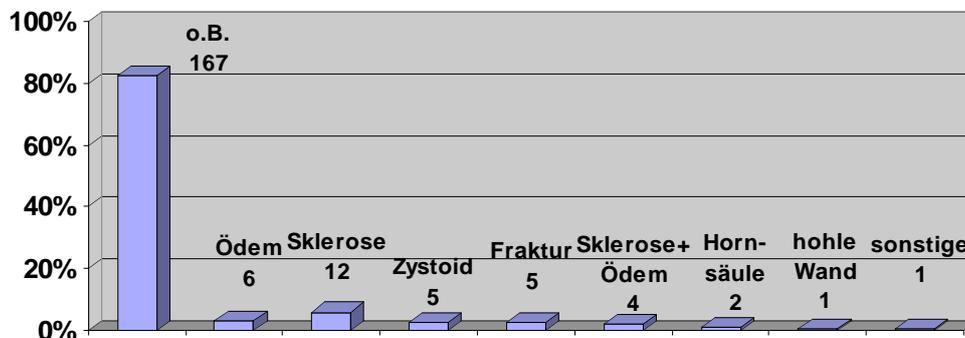


Abbildung 30:

T2w Frontalaufnahme eines 4-jährigen Holsteiner Hengstes mit einem Hufbeinzystoid, das Verbindung zum Hufgelenk hat. Dieses stellt sich als Areal mit erhöhter Signalintensität im sonst relativ signalarmen Knochen dar

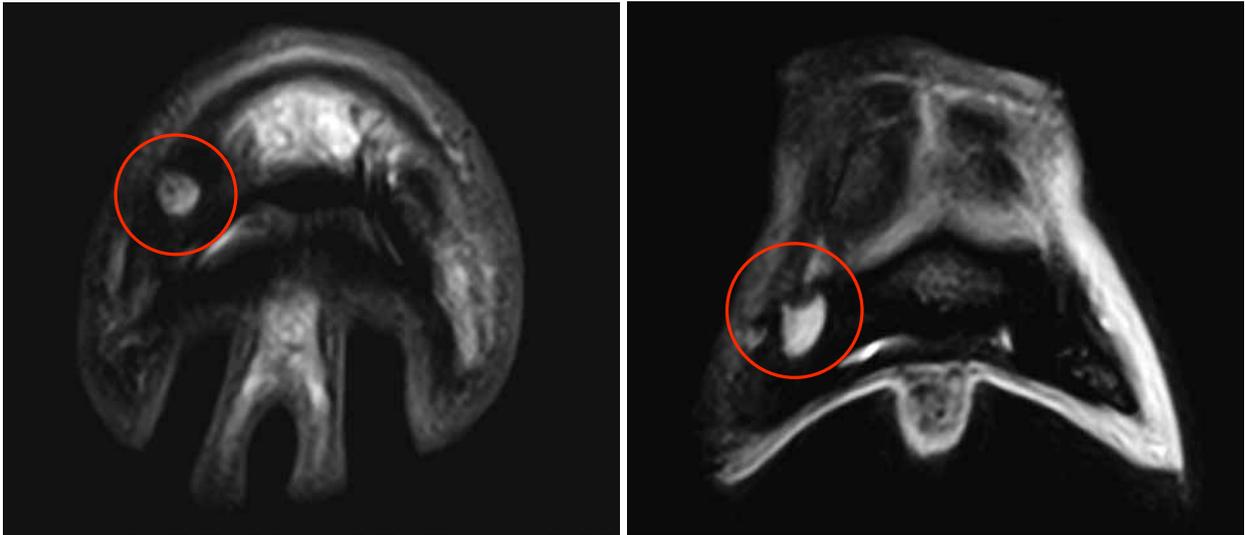


Abbildung 31:

Hufbeinzystoid bei einem 3-jährigen Holsteiner Hengst in transversaler FSE-Sequenz (linke Abbildung) sowie in T2w GE-Sequenz (rechte Abbildung). Deutlich hebt sich das Zystoid durch eine stark erhöhte Signalintensität vom Rest des Hufbeines ab.

Hufbeinfrakturen kamen zu 2,5 % im Hufbeinastbereich vor (siehe Anhang Tabelle 12 a). Sagittalfrakturen wurden nicht nachgewiesen. Die Hufbeinastfraktur stellte sich durch eine Linie mit deutlich erhöhter SI und verminderter SI in der Frakturumgebung durch reparative Sklerosierungsprozesse dar.



Abbildung 32:

Hufbeinastfraktur bei einem 13-jährigen Deutschen Reitponyhengst im T1w Horizontalschnitt. Erkennbar ist die Fraktur als hyperintense Linie im sklerosierten und daher hypointensen Hufbeinast.

In einem Fall wurde eine Kernspintomographie bei einem Pferd mit einer lokalen eitrigen Ostitis des Hufbeines durchgeführt, wie im nachfolgenden Bild erkennbar.



Abbildung 33:
4-jähriger Hannoveraner Wallach mit einer konkaven hyperintensiven Zone im dorsolateralen Hufbein. Darstellung im T1w Transversalschnitt. Befund im Sinne eines Hufbeinsequesters.

4.1.7.2 Kronbein

Befunde im Kronbein [7/ 203 (3,4 % des Patientengutes)] wurden nur berücksichtigt, wenn sie in Verbindung mit der Huf- bzw. Hufgelenksregion standen. Befunde am Krongelenk blieben unberücksichtigt.

Tabelle 13: Befundhäufigkeit von Kronbeinbefunden.

Kronbeinbefund	Häufigkeit	Prozent
Ohne Befund	196	96,5
Ödem	2	1,0
Sklerose	1	0,5
Zyste	3	1,5
Spongiosafraktur	1	0,5
Gesamt	203	100,0

Hier kamen zu 1,5 % der Fälle (3/ 203) zystoide Defekte im subchondralen distalen Kronbein vor, die sich in der T2w Sequenz und in der STIR durch konkave bis rundliche hyperintense Areale im Kronbein abzeichneten und eine Verbindung zum Hufgelenk hatten. Befunde im Sinne von Hufgelenksschale bzw. osteochondrotischen

Fragmenten kamen nicht vor, weil diese bereits in der röntgenologischen Untersuchung festgestellt und die Patienten nicht kernspintomographisch untersucht wurden.

In wenigen Fällen wurden signalintensive Areale im Ursprungsbereich der Kollateralbänder oder im subchondralen Kronbein festgestellt (edema like lesions). Diese gingen häufig einher mit einer Bandansatzerkrankung der Kollateralbänder bzw. mit Strukturdefiziten des subchondralen Knochens (beginnende zystoide Defekte) und der Spongiosa (okkulte Spongiosafaktur).

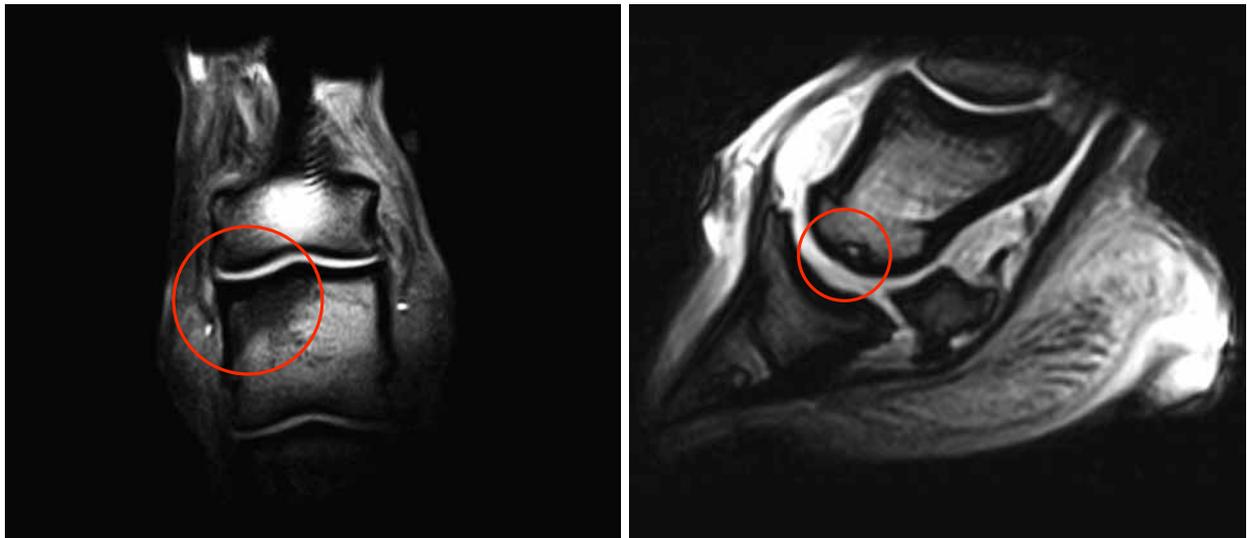


Abbildung 34:

Die linke Abbildung zeigt im Frontalschnitt ein hypointenses Areal im proximalen Kronbein im Sinne einer okkulten Spongiosafaktur bei einem 12-jährigen Holsteiner Schimmelhengst im T2w Bild. Die rechte Abbildung zeigt im Sagittalschnitt eine konkave Eindellung der Kortikalis des distalen Kronbeines im Sinne eines beginnenden zystoiden Defektes des Hufgelenkes bei einem 5-jährigen Holsteiner Hengst im T2w Bild.



Abbildung 35:

Die Abbildung zeigt einen T1w Sagittalschnitt einer 12-jährigen Holsteiner Springstute mit einem großen hypointensen zystoiden Defekt im distalen Kronbein.

4.1.7.3 Hornsäule

Pferde mit Befunden im Sinne einer Hornsäule wurden nur in zwei Fällen kernspintomographisch untersucht, weil sie in der Regel klinisch und röntgenologisch diagnostiziert wurden.

Sie stellt sich durch Vorwölbung des Wandhornes nach innen unter Verdrängung des Hufbeines (Hufbeinatrophie) im T1w und T2w Transversalschnitt dar.



Abbildung 36:

T1w Transversalschnitt eines 8-jährigen Oldenburger Wallach mit einem großen rundlichen hyperintensiven Areal im dorsalen Hufbein im Sinne eines Keratoms (Hornsäule).

4.1.7.4 Nageltritt

4,4 % der Patienten (9/ 203) wiesen einen Nageltritt auf. Es gelang eine detaillierte Darstellung des Stichkanals und entsprechenden entzündlichen Reaktionen der Stichkanalumgebung. Festzustellen waren penetrierende Schäden der TBS, Strahlbeinödem, Hufbeinödem, Bursafüllung sowie Hufgelenksfüllung.

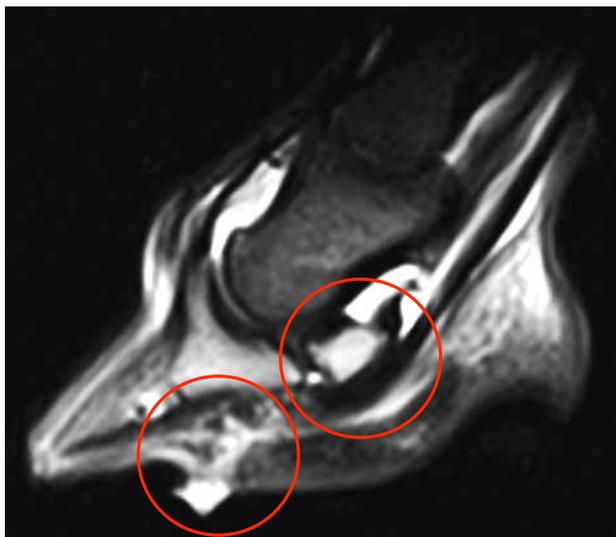


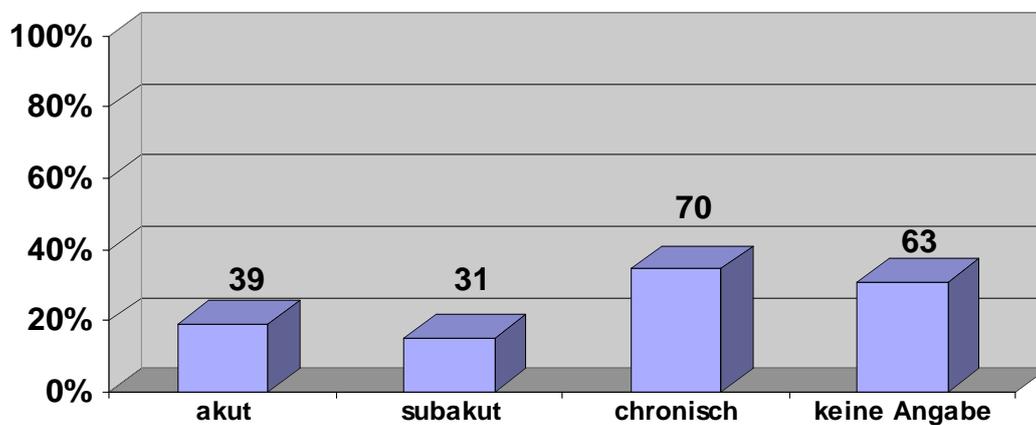
Abbildung 37:

STIR-Sequenz im Sagittalschnitt eines 2-jährigen Quarter-Horse-Hengstes mit Nageltritt. Deutlich sichtbar ist der Stichkanal sowie ein Strahlbein- und Hufbeinödem und eine Verletzung der Tiefen Beugesehne im Insertionsbereich.

4.1.8 Lahmheitsgrad und –dauer in Beziehung zum MRT-Befund

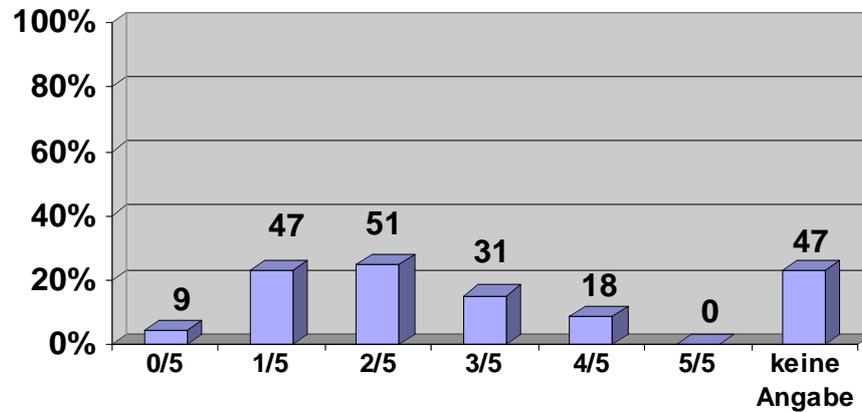
Bezüglich der Lahmheitsdauer wurden die Pferde in 3 Gruppen eingeteilt. Die Gruppe der Pferde mit akuter Lahmheit von 1-14 Tagen Lahmheitsdauer war mit 19,2 % (39/ 203) in etwa gleich groß wie die Gruppe der Pferde mit subakuter Lahmheit von 2-4 Wochen Lahmheitsdauer [15,3 %, (31/ 203)], die Patientengruppe der chronisch lahmen Pferde mit länger als 4 Wochen währender Lahmheit war in etwa doppelt so groß [34,5 %, (70/ 203)].

Tabelle 14: Prozentuale Verteilung der Lahmheitsdauer von 203 im MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide.



Der Lahmheitsgrad der Pferde wurde in 5 Grade von 0-5 eingeteilt. Die statistische Verteilung des Lahmheitsgrades fiel von geringgradiger Lahmheit zu hochgradiger Lahmheit leicht ab.

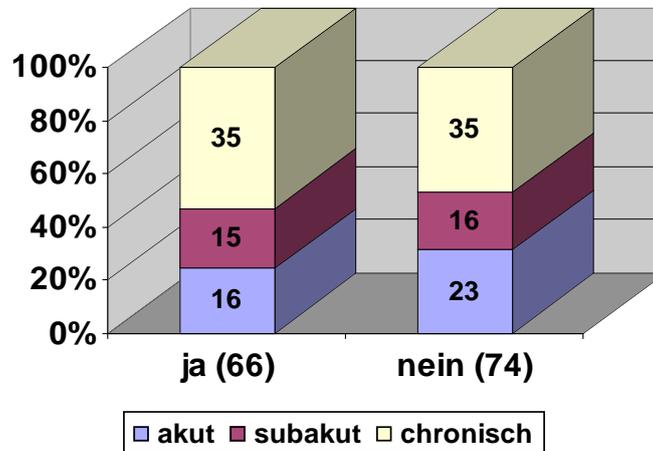
Tabelle 15: Prozentuale Verteilung des Lahmheitsgrades von 0–5 von 203 im MRT untersuchten Pferden der Klinik für Pferde Bargteheide.



4.1.8.1 Lahmheitsdauer von Patienten mit TBS-Schäden

Bezogen auf die Lahmheitsdauer waren von 66 Pferden mit Tendopathien der TBS 24,2 % (16/ 66) akut (< 14 Tage), zu 22,7% (15/ 66) subakut (2-4 Wochen) und zu 53 % (35/ 66) chronisch lahm (> 4 Wochen). 74 Pferde ohne feststellbare Tendopathien der Tiefen Beugesehne im MRT waren zu 31,1 % (23/ 74) akut, zu 21,6 % (16/ 74) subakut und zu 47,3 % (35/ 74) chronisch lahm. Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen bzw. nicht Vorliegen eines TBS-Schadens in Beziehung zur Lahmheitsdauer ($p = 0,612$).

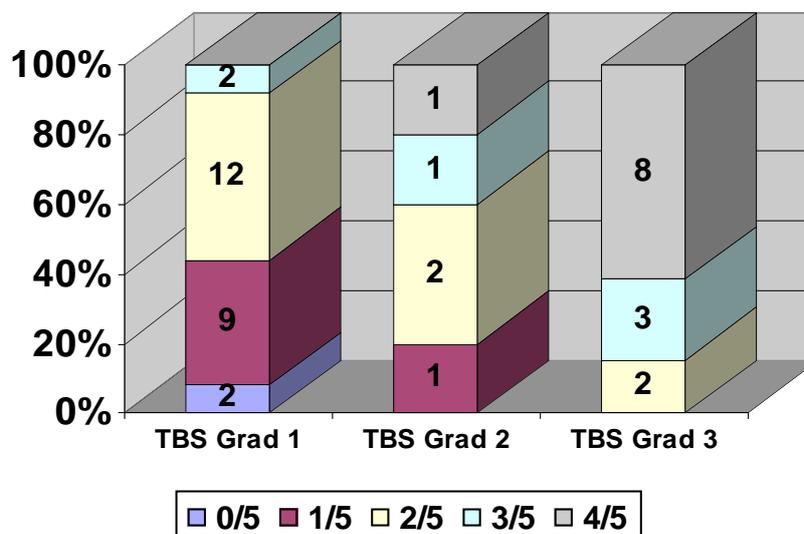
Tabelle 16: Die linke Säule gibt die prozentuale Verteilung der Lahmheitsdauer bei Pferden mit Tendopathie der TBS (ja), die rechte Säule die Lahmheitsdauer bei Pferden ohne Tendopathie der TBS (nein) an.



4.1.8.2 Lahmheitsgrad von Patienten mit TBS-Schäden

Die Abhängigkeit zwischen dem Grad des TBS-Schadens und dem Lahmheitsgrad ist in untenstehender Tabelle dargestellt. Es zeigt sich ein signifikant erhöhter Lahmheitsgrad in Abhängigkeit vom Schadensgrad des TBS-Schadens ($C = 0.78$, $p < 0.001$).

Tabelle 17: Diese Grafik stellt die Abhängigkeit des Lahmheitsgrades von 0/5 bis 5/5 vom Schadensgrad des TBS-Schadens dar. TBS Grad 1 = geringgradiger TBS-Schaden, TBS Grad 2 = mittelgradiger TBS-Schaden und TBS Grad 3 = hochgradiger TBS-Schaden.

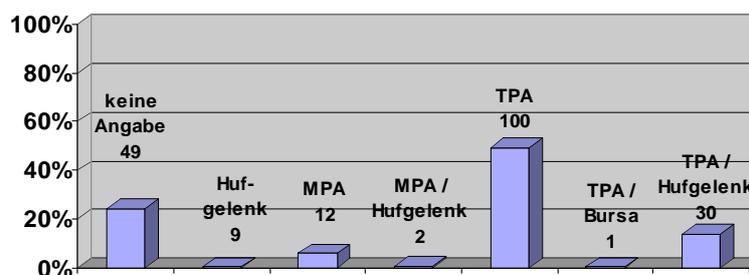


4.1.9 Korrelation von MRT-Befund und diagnostischer Anästhesie

Von den insgesamt untersuchten 203 Pferden lagen Anästhesieergebnisse von 154 Pferden (75,9 %) vor. Die Mehrzahl dieser Patienten [85,1 %, (131/ 154)] hatte ein positives Ergebnis der Tiefen Palmarnervenanästhesie gezeigt. 26,6 % (41/ 154) der Pferde hatten positiv auf die Hufgelenksanästhesie angesprochen. 9,1 % (14/ 154) der Pferde waren nach durchgeführter Mittlerer Palmarnervenanästhesie lahmfrei.

Ein Teil der diagnostisch anästhesierten Patienten hatten auf verschiedene Anästhesien positiv reagiert. 30 von 154 Patienten (19,5 %) sprachen sowohl positiv auf die TPA als auch positiv auf die Hufgelenksanästhesie an. 100 von 154 Patienten (64,9 %) sprachen positiv auf die TPA an und wiesen eine negative Hufgelenksanästhesie auf oder wurden nicht hufgelenksanästhesiert. Untenstehende Tabelle bezieht sich auf die Gesamtzahl der untersuchten Patienten (203). Bei 49 Patienten wurde vom Haustierarzt zum Ergebnis von diagnostischen Anästhesien keine Angabe gemacht.

Tabelle 18: Statistische Verteilung von Ergebnissen durchgeführter diagnostischer Anästhesien. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, sprachen die Patienten z.T. sowohl auf die TPA als auch auf die Hufgelenksanästhesie mit Lahmfreiheit an (TPA/ Hufgelenk).



Pferde mit positiver TPA zeigten zu 67,3 % (107 von 159 Patienten) einen oder mehrere Hufrollenbefunde in der Kernspintomographie (siehe Anhang Tabelle 38).

Pferde, die positiv auf die Hufgelenkanästhesie reagierten, hatten neben Hufgelenksbefunden im MRT in 90,2 % (37 von 41 Patienten) der Fälle zusätzlich oder ausschließlich einen Hufrollenbefund (siehe Anhang Tabelle 37). Als solcher wurden Befunde des Strahlbeines, der Bursa podotrochlearis, der TBS und der Insertion der TBS gewertet.

Patienten mit positiver Hufgelenksanästhesie (41) wiesen in 12 Fällen einen nachweislichen MRT-Befund im Hufgelenk auf (29,3 %) (siehe Anhang Tabelle 35).

Pferde die schon ein- oder mehrmalig ins Hufgelenk vorbehandelt waren, zeigten im MRT zu 84,3 % (43 von 51 Patienten) einen Hufrollenbefund (siehe Anhang Tabelle 36).

Die Auswertung der durchgeführten diagnostischen Anästhesien im Hufbereich lässt erkennen, dass die Mehrzahl der Pferde TPA positiv waren, ca. ein Drittel der TPA-positiven Pferde war sowohl TPA- als auch hufgelenkspositiv. Einzelne Pferde waren TPA negativ, aber hufgelenkspositiv. Wiederum einzelne Pferde mit Lahmheitsursache in der Hufregion waren erst durch die MPA lahmfrei. Die Anästhesie wurde als positiv gewertet, wenn sie überwiegend positiv, d. h. allenfalls mit geringgradiger Restlahmheit ausfiel.

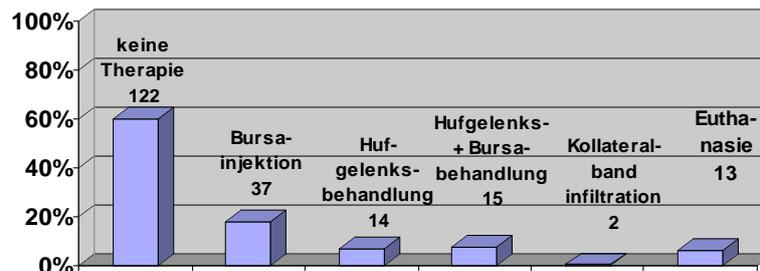
4.2 Auswertung Therapie und Nachuntersuchung

Grundpfeiler der Podotrochlosebehandlung waren mehrmonatige Boxenruhe mit Schrittbewegung und orthopädischer Beschlag (Dyson et al. 2005). Die biomechanischen Faktoren, die eine Prädisposition für das Podotrochlosesyndrom darstellen, sind weitgehend unbekannt. Ein Faktor ist die nach dorsal gebrochene Zehenachse, die zu erhöhter mechanischer Belastung der TBS und des Strahlbeines führt und somit einen prädisponierenden Faktor für eine Läsion des Hufrollenapparates darstellt (Dyson, Murray 2007 a).

Ein Teil der Patienten wurde im Anschluss an die MRT-Untersuchung einer konservativen oder chirurgischen Therapie unterzogen. Bei 14,3 % (29/ 203) der Patienten wurden aufgrund der MRT-Ergebnisse eine ein- oder mehrmalige intraartikuläre Injektion ins Hufgelenk vorgenommen. Bei 18,2 % (37/ 203) Patienten wurde eine Injektion in die Bursa podotrochlearis unter Röntgenkontrolle vorgenommen. 15 von 203 Pferden (7,4 %) wurden kombiniert in die Bursa podotrochlearis und das Hufgelenk behandelt. In 2 von 203 Fällen (1 %) wurde eine Infiltration des Kollateralbandes des Hufgelenkes durchgeführt. 6,4 % (13/ 203) der Pferde wurden wegen infauster Prognose nicht behandelt und euthanasiert. 122 von

203 Pferden (60 %) wurden nach der MRT nicht in unserer Klinik therapiert, sondern zur Weiterbehandlung an den Haustierarzt rücküberwiesen.

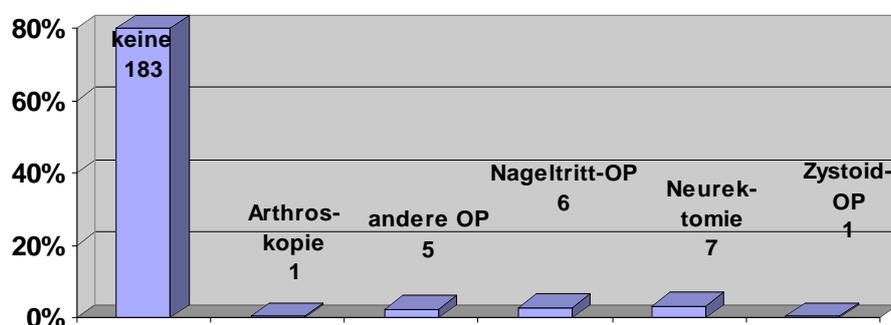
Tabelle 19: Prozentuale Verteilung durchgeführter Injektionstherapien bei 68 Pferden von 203 Pferden, die in der Klinik für Pferde Bargteheide im MRT untersucht wurden. Bei 122 Pferden wurde die Therapie von den überweisenden Haustierärzten durchgeführt. 13 Pferde wurden aufgrund der MRT-Ergebnisse euthanasiert.



Eine physikalische Therapie in Form einer Stosswellenbehandlung (ESWT) wurde vereinzelt bei Insertionsdesmopathien der TBS oder der Kollateralbänder des Hufgelenkes durchgeführt [(5,4 %), 11/ 203] (siehe Anhang Tabelle 34).

Bei 9,9 % (20/ 203) der Patienten wurde eine chirurgische Therapie durchgeführt. In einem Fall wurde eine Hufgelenksarthroskopie mit arthroskopischer Entfernung eines Hufgelenkchips vorgenommen. In 3,4 % (5/ 203) der Fälle wurde eine andere chirurgische Therapie durchgeführt, zu 3 % (6/ 203) eine Nageltritt-Operation, zu 3,5 % (7/ 203) eine Neurektomie. In einem Fall wurde eine Zystoid-OP mit Kürettage und Füllung der Zyste mit osteoinduktiver Keramik (Cerasorb) durchgeführt.

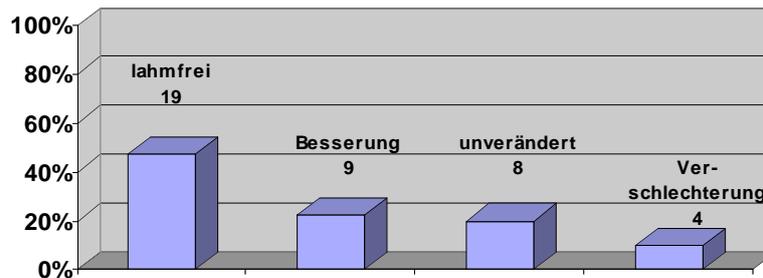
Tabelle 20: Prozentuale Häufigkeit der chirurgischen Therapie von 20 Pferden.



40 von 203 Patienten (19,7 %) wurden einer klinischen Nachuntersuchung unterzogen. Bei der klinischen Nachuntersuchung waren 47,5 % (19/ 40) der Pferde lahmfrei,

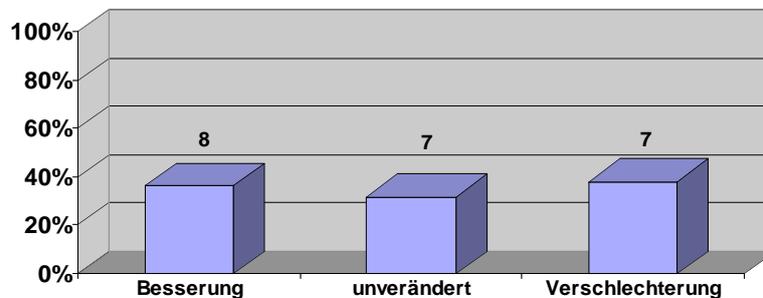
22,5 % (9/ 40) zeigten eine Verbesserung der Lahmheit und 20 % (8/ 40) zeigten eine unveränderte Lahmheit. 10 % (4/ 40) der Patienten zeigten eine Verschlechterung hinsichtlich des Lahmheitsgrades.

Tabelle 21: Prozentuale Verteilung der klinischen Entwicklung des Lahmheitsgrades von 40 Pferden, die nach der MRT einer klinischen Nachuntersuchung unterzogen wurden.



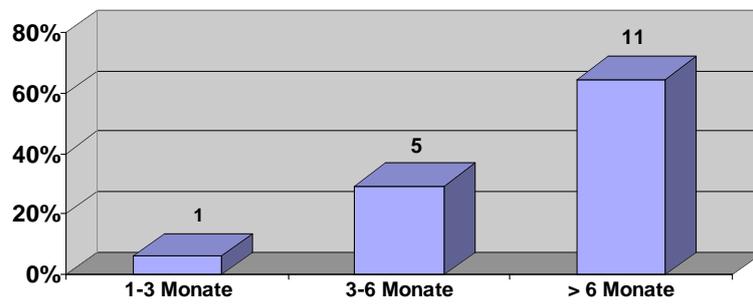
Es wurden 22 der 203 Patienten (10,8 %) einer Kontrolluntersuchung im MRT unterzogen. Hiervon zeigten 36,4 % (8/ 22) eine Ausheilung oder Verbesserung des MRT-Befundes. 31,8 % (7/ 22) der nachuntersuchten Pferde wiesen einen gleichbleibenden Befund und 31,8 % (7/ 22) eine Verschlechterung des Befundes auf.

Tabelle 22: Prozentuale Verteilung der Entwicklung des MRT-Befundes bei der MRT-Nachuntersuchung von 22 Pferden.



Das Intervall der Nachuntersuchung erstreckte sich bei 17 von 203 Patienten (8,4 %) von 1-3 Monaten in 5,9 % (1/ 17) der Fälle bis zu 3-6 Monaten in 29,4 % (5/ 17) der Fälle.

64,7 % (11/ 17) der Pferde wurden in einem Abstand von mehr als 6 Monaten nachuntersucht.

Tabelle 23: Prozentuale Verteilung der Intervalle der MRT-Nachuntersuchung von 17 Pferden.

5 Diskussion

MRT ermöglicht, Läsionen im Hufrollenapparat zu erkennen, die röntgenologisch nicht sichtbar sind. Zum anderen liefert die MRT zusätzliche Informationen über Befunde bei Pferden mit röntgenologisch veränderten Strahlbeinen im Strahlbein selbst oder im Weichteilbereich des Hufrollenkomplexes. Damit stellt MRT ein wertvolles Diagnostikum bezüglich der Früherkennung von Läsionen im Hufrollenbereich dar, so dass Krankheitsprozesse im Anfangstadium erkannt und zielgerichteter therapiert werden können (Dyson, Murray 2007). In einer Studie an 9 Kadavern konnten alle pathologisch-anatomisch und pathohistologisch erhobenen Befunde im Bereich des Knochens, der Sehnen und der Bänder im Hufrollenkomplex sowohl im Hochfeldmagneten als auch im Niederfeldmagneten dargestellt werden. Die Darstellung von Knorpelschäden und manchen Details war allerdings nur im Hochfeldmagneten möglich (Murray et al. 2007).

Andererseits ist die Kernspintomographie ein kostspieliges und technisch aufwändiges, insofern in einer privaten Pferdeklinik betriebswirtschaftlich schwer amortisierbares bildgebendes Verfahren, welches durch die Entwicklung des „preiswerten“ Niederfeldmagneten der Firma Hallmarq in der Pferdeorthopädie weltweit eine starke Verbreitung erfahren hat.

MRT weist eine hohe Sensitivität und Spezifität für die Auffindung von den meisten Strukturen in der Hufregion auf. Schäden der TBS, des Bandapparates des Strahlbeines und Hufgelenkes, der Bursa podotrochlearis, pathologische Veränderungen des Knochenmarks des Strahlbeines werden im MRT sicher erkannt und wurden auch pathohistologisch von anderen Autoren verifiziert (Murray et al. 2006 b).

Die wesentlichen Vorteile dieses diagnostischen Verfahrens liegen im von der Hornkapsel umschlossenen Hufbereich und dabei insbesondere in der parallelen Darstellbarkeit von Knochen- und Weichteilstrukturen ohne potentiell schädigende Strahlenbelastung wie bei anderen bildgebenden Verfahren (Röntgen, Computertomographie und Szintigraphie) (O`Callaghan 1991; Denoix 1994; Martinelli

et al. 1996 a; Widmer et al. 2000; Tucker, Sande 2001; Hevesi et al. 2004; Murray et al. 2004; Schulze 2004; Weinberger 2004; Murray et al. 2006 a). Ausgehend von Untersuchungen zu Flächen- und Distanzmessungen an physiologischen Beugesehnen sollten Pferde mit Sehnenproblemen mit MRT untersucht werden. Durch Senkung der Kosten für MRT-Systeme am stehenden Pferd, eventuell auch von portablen Systemen, können detailliertere Erkenntnisse über Therapieverlauf und Heilungsprozesse der Sehnen gewonnen werden (Ersoy 2005).

Die Hauptindikationen in der Humanmedizin liegen in der internistischen und orthopädischen Diagnostik. In der Pferdeorthopädie blieb die MRT wenigen Großkliniken vorbehalten und ließ sich in der Regel nur durch zusätzliche Forschungsgelder finanzieren, z.B. Animal Health Trust, Großbritannien, nicht aber wirtschaftlich in einer durchschnittlich ausgestatteten Pferdeklinik betreiben (Kasashima et al. 2002; Hevesi et al. 2004; Mair, Kinns 2005). Bei der Verwendung eines geschlossenen Hochfeldtomographen muss das Pferd in liegender Position im Magneten untersucht werden, was eine Narkose bedingt (Denoix 1994; Kraft, Gavin 2001; Tucker, Sande 2001; Dyson, Ross 2003; Hevesi et al. 2004; Mair, Kinns 2005), wodurch spezielle MRT-kompatible Narkosegeräte verwendet werden müssen, die den materiellen Aufwand der Untersuchung erheblich steigern. Diese Probleme bestehen bei der Verwendung eines offenen Systems mit niedriger Feldstärke nicht, da keine Narkose nötig ist (Schäfer 2004; Schulze 2004; Weinberger 2004; Mair, Kinns 2005).

Weitere Vorteile sind der Wegfall des Narkose- und Aufstehrisikos vor allem bei hochgradig lahmen Patienten, wie z.B. Pferden mit Fissur-/ Frakturverdacht. Durch die Entwicklung des Equine Limb Scanners der Firma Hallmarq, Großbritannien, wurde die Möglichkeit einer Untersuchung am stehenden Pferd erschlossen (Mair, Kinns 2003). Dies spart einerseits Kosten durch entfallende Allgemeinanästhesie und geringeren Personalaufwand, andererseits ist diese Technologie in einem Preisbereich angesiedelt, die die MRT für eine Privatklinik amortisierbar macht (Mair, Kinns 2003; Mair, Kinns 2005). Die Kosten pro Untersuchung liegen derzeit bei 750 € pro Extremität. Somit werden die Kosten durch den Wegfall der Narkose, den damit verbundenen geringeren Personal- und Materialaufwand im Vergleich zur Untersuchung im Hochfeldmagneten auf einem für viele Pferdebesitzer bezahlbaren Niveau gehalten.

Einen weiteren Vorteil bei Verwendung des Niederfeldmagneten stellt die physiologische Belastung und Stellung der zu untersuchenden Extremität am stehenden Pferd dar, was eine realitätsgetreuere Abbildung als am liegenden Patienten ermöglicht. Nachteile der Untersuchung am stehenden Pferd stellen Bewegungsartefakte durch den sedierten schwankenden Patienten dar (Mair, Kinns 2003). Durch Verbesserung der Software in Form von Bewegungskorrekturprogrammen (Motion Insensitiv) können diese Nachteile gegenüber der Untersuchung in Narkose weitgehend ausgeglichen werden (Mair, Kinns 2003; McKnight et al. 2004).

Die niedrigere Feldstärke des Niederfeldmagneten (0,3 Tesla) bedingt ein niedrigeres Signal-Rausch-Verhältnis, was zu einer schlechteren Auflösung der Bilder und zu längeren Untersuchungszeiten führt (Kraft, Gavin 2001; Tucker, Farrell 2001; Tucker, Sande 2001; Mair, Kinns 2005). Die Qualität der Bilder eines offenen Magnetsystems mit niedriger Feldstärke wird im Vergleich zu Bildern der Hochfeldmagnetresonanztomographie teilweise noch als mittelmäßig bezeichnet (Dyson, Ross 2003). Die Bildqualität hat sich jedoch durch Verbesserung der Software derartig sprunghaft entwickelt, dass auch im Niederfeldmagneten eine sichere Diagnosestellung möglich ist (Mair, Kinns 2003). Somit ist bei geringerem Aufwand, geringerem Risiko und niedrigeren Kosten eine umfassende kernspintomographische Untersuchung der distalen Gliedmaße des Pferdes möglich (Mair, Kinns 2005). In Folge dessen hat die Verwendung des Hallmarq Limb Scanners in den letzten Jahren weltweit erheblich an Bedeutung gewonnen.

Technische Nachteile des Equine Limb Scanners, aber auch von Hochfeldmagneten, bestehen darin, dass aufgrund des Aufbaus des Magneten orthopädische Untersuchungen proximal des Karpal- und Tarsalgelenkes nicht möglich sind (O`Callaghan 1991). Im Vergleich zum Hochfeldmagneten sind Untersuchungen der Kopf- Halsregion mit dem derzeitig verfügbaren Gerät nicht durchführbar und befinden sich noch in der Planungsphase.

Die technische Konzeption erlaubt bei jungen oder unkooperativen Pferden durch die Drehbarkeit des Magneten auch eine Untersuchung im Liegen. Bei Erkrankungen in der Karpal- bzw. Tarsalregion wird die Untersuchung in Allgemeinanästhesie

durchgeführt, weil bei der Untersuchung im Stehen der Magnet zu nah am Rumpf des Pferdes positioniert ist und somit keine korrekte Stellung der Gliedmaße im Magneten gewährleistet ist.

Die Untersuchung insbesondere der Hinterextremität am stehenden Pferd bereitet bei unkooperativen Pferden Schwierigkeiten. Es ist aber durch die Drehbarkeit des Magneten möglich, solche Patienten gegebenenfalls in Allgemeinanästhesie zu untersuchen.

Seit die MRT sich als Standarduntersuchungsmethode zur bildgebenden Diagnostik von schmerzhaften Prozessen im Hufbereich (PFP, Palmar Foot Pain) etabliert hat, ist klar geworden, dass verschiedentliche Strukturen innerhalb der Hornkapsel betroffen sein können, die zu Lahmheit führen (Dyson et al. 2003 a; Dyson et al. 2003 b; Dyson 2004; Kristoffersen et al. 2004; Boado et al. 2005; Dyson et al. 2005; Murray et al. 2006 a).

Die MRT hat das Potential, solche Schäden im Frühstadium zu erkennen und damit die Therapie früher und zielgerichteter anzuwenden. Somit können Pferde mit geringen Schäden ohne manifeste Lahmheit frühzeitig aus dem Sport genommen werden, um eine Ausweitung der Läsion zu vermeiden (Kotani et al. 2000). Der Schweregrad der Läsion und das bessere Verständnis der Pathogenese führt auch zu einer verlässlicheren Prognosestellung, was eine wertvolle Information hinsichtlich der Nutzbarkeit des Pferdes für den Besitzer darstellt (Schäfer 2004; Schulze 2004; Schramme et al. 2005; Blunden et al. 2006; Murray et al. 2006 a).

Im Jahre 2004 und 2005 wurden 231 Scans an 203 Pferden in der Hufregion durchgeführt. Bei 28 Pferden erfolgte auch eine Untersuchung der kollateralen Gliedmaße. Dies war zum einen indiziert bei beidseitiger Erkrankung in der Hufregion oder zur vergleichenden Untersuchung von Befunden der erkrankten zur nicht erkrankten Gliedmaße. Das Patientengut setzte sich zur Hauptsache aus überwiesenen Patienten zusammen, die in der Regel röntgenologisch und mit diagnostischen Anästhesien, z.T. auch szintigraphisch voruntersucht waren. 90,6 % der Patienten wiesen einen oder mehrere MRT-Befunde in der Hufregion auf. 35,8 % ließen einen korrespondierenden Röntgenbefund erkennen.

Hingegen wurde auch bei Pferden ohne besonderen Röntgenbefund in 55,2 % der Fälle ein MRT-Befund im Knochen- und/ oder Weichteilbereich erhoben. Somit stellt die MRT eine sehr wertvolle Ergänzung zur röntgenologischen Diagnostik in dieser Region dar (Schneider et al. 2003).

Bei 65 % des Patientengutes waren knöcherne MRT-Befunde festzustellen, die z.T. röntgenologisch sichtbar waren, wie Strukturverlust der Kortikalis oder der Spongiosa des Knochens, osteophytäre Zubildungen und Frakturen. Röntgenologisch nicht darstellbar waren Befunde wie Knochenödem, dezente sklerotische oder subchondrale Veränderungen. In diesen Fällen wurde eine Diagnosestellung erst durch die Kernspintomographie möglich (Dyson, Marks 2003). Im MRT ließ sich bei 71,9 % der Patienten ein Weichteilbefund erheben, der röntgenologisch größtenteils unerkannt geblieben wäre. Im Vergleich zur Sonographie zeichnet sich die MRT durch höhere Sensitivität und Spezifität sowie Reproduzierbarkeit aus (Rand et al. 1998). In der sonographischen Diagnostik ist die Weichteildarstellung durch die Hornkapsel limitiert (Schneider et al. 2003) und nur bedingt von der Ballengrube aus oder über die Strahlregion nach Resektion des Strahls möglich.

Die Bildung der Gruppen 1 und 2 hinsichtlich Korrelation von Röntgen- und MRT-Befund führt zu folgenden Schlussfolgerungen: Ein Großteil der kernspintomographierten Patienten mit Lahmheit in der Hufregion wies keinen Röntgenbefund auf. Folglich konnte erst durch die MRT eine Diagnose gestellt werden, die hinsichtlich Therapie und Prognose einen sehr wertvollen Informationsgewinn für den Tierbesitzer darstellt (Dyson, Marks 2003; Schäfer 2004; Schulze 2004). Die hohe Prozentzahl von Pferden ohne Röntgenbefund mag auch an der Tatsache liegen, dass Pferde, die einen die Lahmheit erklärenden Röntgenbefund aufwiesen, häufig nicht der MRT-Untersuchung zugeführt wurden. Patienten mit MRT- und Röntgenbefund kamen am zweithäufigsten vor. Hier bestätigte sich der bestehende Röntgenbefund durch die MRT, es wurden aber häufig zusätzliche Befunde im Weichteilbereich oder Knochenödem/ -sklerose festgestellt, die weitere Informationen bezüglich Therapie und Prognose erbrachten. Patienten ohne Röntgen- und MRT-Befund kamen seltener vor. Nur in 7,3 % der Fälle war weder durch die Röntgen- noch durch die MRT-Untersuchung eine Diagnosestellung möglich. In diesen Fällen waren häufig Beschlagsfehler oder eine septische bzw. aseptische Pododermatitis die

Lahmheitsursache. In manchen Fällen lag allerdings die Lahmheitsursache außerhalb der Hufregion, insofern auch außerhalb der Untersuchungsregion, obwohl diese Patienten positiv auf die TPA ansprachen. In Einzelfällen konnten keine MRT-Befunde erhoben werden, obwohl ein Röntgenbefund bestand. Dies erklärt sich durch die röntgenologische Bewertung erweiterter Canales sesamoidales im Strahlbein als pathologischer Befund. Im MRT stellten sich solche Patienten in Einzelfällen ohne Befund dar, wenn das Strahlbein keine Anzeichen eines akut entzündlichen Ödems oder eines chronisch sklerotischen Krankheitsprozesses zeigte. Hierbei stellt sich die Frage, ob die röntgenologische Beurteilung formveränderter Canales sesamoidales als pathologischer Befund zutreffend ist, wenn keine entzündlichen oder sklerotischen Prozesse im MRT nachweisbar sind.

Die Darstellung des hyalinen Gelenkknorpels im verwendeten Niederfeldmagneten mit den gefahrenen Sequenzen erlaubt keine sichere Beurteilung eventueller Chondropathien. Hier sind andere diagnostische Verfahren, wie Hochfeld-MRT, CT oder die diagnostische Arthroskopie der Niederfeldtechnik überlegen (Murray et al. 2007).

Die Gruppe der chronisch lahmen Pferde mit TBS-Schäden (länger als vier Wochen) war doppelt so groß wie die Gruppe der akut und subakut lahmen Pferde. Hieraus lässt sich schließen, dass die meisten Patienten zunächst einer konventionellen Diagnostik zugeführt wurden und erst bei diagnostischen Schwierigkeiten die MRT-Diagnostik hinzugezogen wurde.

Röntgenologisch sind in der Hufrollenaufnahme nach Oxspring Form- und Strukturabweichungen des Strahlbeines erkennbar, so dass degenerative Veränderungen im Bereich der Canales sesamoidales, grobmaschige Struktur des Strahlbeines sowie metaplastische Verkalkungen im Bandapparat des Strahlbeines sicher erkannt werden.

In der seitlichen Zehenaufnahme sind röntgenologisch feinere strukturelle Veränderungen des Strahlbeines nicht sichtbar, allerdings lassen sich hier schwere Kortikalisschäden der Sehnengleitfläche und z.T. auch Insertionsdesmopathien des Strahlbeines durch röntgendichte metaplastische Verkalkungen erkennen.

Auch zystoide Defekte lassen sich in dieser Aufnahmetechnik erkennen und differentialdiagnostisch von zystoiden Defekten im Kronbein, die sich in der Oxspringaufnahme mit dem Strahlbein überlagern können, differenzieren.

Hier stellt die MRT vor allem eine wertvolle diagnostische Hilfe in der „Früherkennung“ dar, weil durch die verschiedenen Projektionen in 5 mm Schnitten eine wesentlich detailliertere Beurteilung von Form, Größe und Lage des zystoiden Defektes möglich ist.

78,3 % der Patienten mit einer Erkrankung in der Hufregion wiesen einen Hufrollenbefund auf. In 50,7 % der 203 Fälle war ein Strahlbeinbefund zu erheben. Bestimmte Strahlbeinbefunde sind nicht röntgenologisch erkennbar und nur kernspintomographisch darstellbar. Wie aus Tabelle 8 ersichtlich, wiesen 23,6 % der Patienten ein Strahlbeinödem und 8,4 % eine Strahlbeinsklerose auf. Diese Befunde wären röntgenologisch unerkannt geblieben.

Das Strahlbeinödem ist Ausdruck entzündlicher Flüssigkeitseinlagerung im Knochen und stellte sich in T2w und STIR-Sequenzen dar (Dyson et al. 2004). Das Strahlbeinödem wurde häufig bei akuten Fällen von Podotrochlose festgestellt.

Strahlbeinsklerosen waren röntgenologisch in der Hufrollenaufnahme nach Oxspring nicht sichtbar, stellten sich aber in der proximopalmar-dorsodistal gerichteten Skyline-Aufnahme dar. Hierbei kam es zu partiell oder total sklerosierter Spongiosa des Strahlbeines, was sich röntgenologisch durch einen verwaschenen Übergang zwischen der Kortikalis und Spongiosastruktur darstellte. Hochgradige sklerotische Prozesse der Medulla des Strahlbeines waren sowohl im MRT sowie in der Skylineaufnahme des Strahlbeines röntgenologisch darstellbar. Frühe Stadien der partiellen Sklerosierung waren hingegen im MRT sicher feststellbar und im Röntgen auf der Skylineaufnahme nicht eindeutig diagnostizierbar.

Zystoide Defekte im Strahlbein stellten sich je nach Stadium und Lokalisation im Röntgenbild undeutlich bis sehr deutlich dar. Undeutliche zystoide Defekte wurden röntgenologisch in der Hufrollenaufnahme nach Oxspring häufig nicht erkannt oder als Artefakte gewertet. Mit Hilfe der MRT konnte die Diagnose Strahlbeinzystoid dahingehend konkretisiert werden, ob die zystoide Veränderung zu einem Einbruch der Facies articularis oder der Facies flexoria geführt hat, was sehr entscheidend für die

prognostische Beurteilung ist (Schäfer 2004). In diesen Fällen war die Kernspintomographie eine wertvolle diagnostische Unterstützung (Zubrod et al. 2004). Manche zystoide Defekte stellten sich in Frühstadien in der Skyline-Projektion des Strahlbeines deutlicher als in der Oxspring-Aufnahme dar.

Sogenannte „non unions“ am Margo distales des Strahlbeines sind röntgenologisch nur undeutlich sichtbar und hinsichtlich ihres Ursprungs nicht eindeutig identifizierbar. Diese Befunde sind kernspintomographisch darstellbar. Mögliche Herkunft dieser isolierten Verschattungen sind Absplitterungen am distalen Strahlbein oder metaplastische Verkalkungen im Lig. distale impar (Dyson, Denoix 2006; Murray et al. 2006 a). Röntgenologisch sind umschriebene Aufhellungen am distalen Strahlbeinrand ein Hinweis; die Fragmente selbst sind häufig nicht oder nur undeutlich sichtbar. In einer vergleichenden Studie zwischen lahmen und nicht lahmen Pferden war die Inzidenz dieser Befunde bei lahmen Pferden signifikant höher (Wright et al. 1998; Dyson et al. 2003 a; Dyson et al. 2005; Schramme et al. 2005; Blunden et al. 2006; Murray et al. 2006 a; Murray et al. 2006 b).

Pathologische Prozesse im Weichteilbereich der Hufrolle stellen eine wertvolle Information für den behandelnden Tierarzt dar, um eine zielgerichtete Therapie zu ermöglichen und die Prognose der an Podotrochlose erkrankten Patienten sicherer stellen zu können (Schneider et al. 2003; Murray et al. 2006 a).

Die Bursa podotrochlearis ist röntgenologisch nicht und sonographisch schwer darstellbar. Im MRT sind Adhäsionen zwischen der TBS und dem Strahlbein darstellbar. Ein erhöhter Füllungszustand der Bursa podotrochlearis ist durch die Ablenkung des Hufbein-Strahlbein-Fesselbeinbandes nach dorsal nachweisbar. Die Effusion der Bursa tritt häufig in Kombination mit anderen Befunden auf und ist häufig Ausdruck einer chronisch-proliferativen Synovialitis.

Therapeutisch ist hier eine Injektionsbehandlung von palmar möglich, die röntgenologisch, computertomographisch oder kernspintomographisch geleitet werden kann. In ausgewählten Fällen kann bei Adhäsionen im Bursabereich eine Bursoskopie mit chirurgischem Debridement dieser Verklebungen erfolgen (Dyson, Murray 2006).

Die Niederfeldtechnik stellt eine wertvolle diagnostische Hilfe zur Darstellung von Sehnenschäden in der Hufregion dar (Kasashima et al. 2002).

Bei Tendopathien der Tiefen Beugesehne versagt die Röntgentechnik weitgehend. Lediglich schwerwiegende Tendopathien lassen sich klinisch durch Hochklappen der Zehenspitze bei Fußung sowie röntgenologisch durch Darstellung metaplastischer Verkalkungen und Verknöcherungen der Tiefen Beugesehne feststellen (Murray et al. 2004).

Die sonographische Darstellbarkeit der TBS in der Hufregion ist durch die Hornkapsel limitiert (Mair, Kinns 2003; Schneider et al. 2003). Es besteht eine enge Korrelation von festgestellten MRT-Befunden an der TBS und Ultraschallbefunden sowie post mortem festgestellten pathohistologischen Befunden (Kasashima et al. 2002; Murray et al. 2006 b). Im Insertionsbereich der TBS am Hufbein gelingt eine sonographische Darstellung über die Strahlregion nach Resektion des Strahls. Die sonographische Darstellung von der Fesselbeuge aus gelingt nur unvollständig in der proximalen Strahlbeinregion, die distal der Ballengrube befindlichen Anteile der TBS sind durch mangelnde Ankopplung des Schallkopfes nicht oder nur unzureichend ultraschallmäßig darstellbar. Die Szintigraphie ist ein Verfahren mit hoher Spezifität der Detektion von entzündlichen Prozessen der TBS (DDFT), der Kollateralbänder des Hufgelenkes (CL) und des Hufgelenkes (DIP). Die Sensitivität ist allerdings im Vergleich zum MRT gering. Die Sensitivität im Bereich der TBS hängt auch von der Länge der Lahmheitsdauer und damit von dem Alter der Verletzung ab. Akute Prozesse werden in der Szintigraphie mit höherer Sensitivität erkannt als chronische Tendopathien. MRT-Befunde an der Insertion der TBS am Hufbein korrelieren sehr gut mit szintigraphisch erhöhter radioaktiver Speicherung (IRU) im Insertionsbereich am Hufbein. Ein negatives szintigraphisches Resultat schließt jedoch eine signifikante Läsion im Hufrollenkomplex nicht aus (Dyson, Murray 2007 b).

Hieraus ist zu schlußfolgern, dass die MRT eine sinnvolle Ergänzung zur Szintigraphie insbesondere im Weichteilbereich des Hufrollenapparates darstellt.

Nach Martinelli ist die Szintigraphie sehr hilfreich, um die lahmheitsverursachende Läsion zu lokalisieren, während MRT die involvierte(n) Struktur(en) genauer definiert (Martinelli, Rantanen 2007).

Die Untersuchung der TBS im MRT ist über die gesamte Hufregion im Sagittal- und Transversalschnitt möglich. Hyperintense Areale im Sinne von „core lesions“ sowie

randständige Defekte in Form fibrillärer Auffaserungen (border lesions) als auch Längsaufspaltungen (Sagittalsplits) lassen sich detailliert kernspintomographisch abbilden. Die beste Darstellung gelingt im Transversalschnitt, hier sind auch quantitative Bestimmungen der Signalintensität und Größe des Sehnenschadens möglich. Da 44,3 % der 203 untersuchten Patienten eine Läsion der TBS aufwiesen, hat die MRT in der Diagnostik von pathologischen Befunden der TBS in der Hufregion den höchsten diagnostischen Stellenwert (Kasashima et al. 2002; Murray et al. 2006 b). Von Dyson wurde bei 60 % von 199 Pferden ein TBS-Befund festgestellt (Dyson et al. 2005).

TBS-Schäden stellen sich als umschriebenes oder diffuses hyperintenses Areal in einem oder beiden Sehnenschenkeln dar. Sie sind Ausdruck von Sehnenfaserrissen mit einhergehenden Blutungen, Gewebsödemen oder degenerativen fibrotischen bis knorpeligen Metaplasien der Sehne (Kasashima et al. 2002; Murray et al. 2004; Murray et al. 2006 b). Der Schadensgrad des TBS-Schadens wurde in geringgradige, mittelgradige und hochgradige Schäden eingeteilt (siehe Tabelle 10, S. 78). Bezogen auf die Lahmheitsdauer war kein signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit und ohne TBS-Schaden feststellbar. Pferde mit höherem Schadensgrad von TBS-Schäden zeigten allerdings einen signifikant erhöhten Lahmheitsgrad.

Einen Hufgelenksbefund wiesen 24,1 % der 203 Pferde auf. Von (Dyson et al. 2005) wurde bei 31 % von 199 Pferden ein Hufgelenksbefund im MRT festgestellt.

Die MRT stellt eine wichtige diagnostische Hilfe in Fällen von Desmopathien der Kollateralbänder des Hufgelenkes dar. Diese stellen sich kernspintomographisch durch Verbreiterung des Bandes, hyperintense Areale innerhalb des Bandes oder signalarme (sklerotische), bzw. signalreiche Areale (Ödem) im Ansatzbereich am Hufbein oder im Ursprungsbereich am Kronbein dar (Dyson, Murray 2006).

Diese sind in der röntgenologischen Untersuchung und in der sonographischen Untersuchung nur partiell im Ursprungsbereich am Kronbein, nicht aber im Ansatzbereich am Hufbein darstellbar. Hier ist durch die Hornkapsel eine Ankopplung mit dem Ultraschallkopf nicht möglich. Eine weitere diagnostische Möglichkeit liefert hier die Szintigraphie, die entzündliche Prozesse im Ursprungs-, bzw. Insertionsbereich des Bandes in Form von fokal erhöhtem uptake des Knochens erkennen lässt.

In 50,9 % der Fälle von 62 Pferden mit Kollateralbandschäden des Hufgelenkes, die im MRT erkennbar waren, stellte sich dieser Befund auch szintigraphisch dar (Dyson, Murray 2007 b).

Die Therapie besteht in Arbeitsruhe mit sechsmonatiger Schrittbewegung, medikamentöser Infiltration oder Stosswellenbehandlung. Im Falle eines positiven Ausfalles der Hufgelenksanästhesie ist auch eine Hufgelenksinjektion indiziert. Die Prognose hinsichtlich sportlicher Belastbarkeit ist vorsichtig bis ungünstig (Dyson et al. 2005; Dyson, Murray 2006). (Dyson et al. 2005) haben festgestellt, dass in ihrem Patientengut nur 29 % der Pferde mit Kollateralbandschäden nach halbjähriger Belastungspause volle sportliche Belastbarkeit wiedererlangten (Dyson et al. 2005). Martinelli therapiert Pferde mit Kollateralbandschäden mit IRAP und ESWT mit guten Therapieergebnissen. In Abhängigkeit von der Lokalisation des Schadens haben die Pferde bezüglich sportlicher Belastbarkeit seinen Untersuchungsergebnissen nach eine gute Prognose (Martinelli, Rantanen 2007 a). Bei 5 von 6 Pferden (83,3 %) stellte Martinelli auch einen IRU in der Szintigraphie im Insertionsbereich der Kollateralbänder am Hufbein fest (Dyson, Murray 2007 b).

Sagittalfrakturen des Hufbeines lassen sich röntgenologisch erkennen und bedürfen keiner MRT-Untersuchung. Hingegen ist bei Parasagittal- sowie Hufbeinastfrakturen der Verlauf der Frakturlinie in der Röntgenaufnahme nach Oxspring nicht sicher darstellbar. Diese Fraktur wurde aber im MRT durch die verschiedenen Projektionsebenen sicher erkannt. Im Nachhinein ließen sich diese Befunde dann durch spezielle Röntgenprojektionen in Verlaufsrichtung des Frakturspaltes bestätigen.

Hufbeinsequester stellen sich durch konkave oder polygonale hyperintense Areale im Hufbein dar, wie aus Abbildung 33 ersichtlich. Hier erfolgt die Diagnosestellung allerdings in der Regel klinisch und röntgenologisch.

Keratome in bestimmter Lokalisation lassen sich röntgenologisch nicht erkennen (Dyson, Murray 2006).

Die im Wandbereich liegenden Hornsäulen lassen sich in der Regel klinisch durch Einbuchtung der weißen Linie oder durch konkave röntgenologische Aufhellungen der Hufbeinkontur erkennen. Isolierte rundliche Keratome im Sohlenbereich sind in der Regel röntgenologisch nicht und nur kernspintomographisch erkennbar.

Befunde am Kronbein wurden nur berücksichtigt, wenn eine Verbindung zum Hufgelenk bestand. Hier stellten sich insbesondere Ödeme, subchondrale Defekte, beginnende zystoide Defekte und okkulte Spongiosafrakturen dar, die röntgenologisch in der Regel nicht sichtbar waren. Kernspintomographische Befunde am Kronbein im Sinne von Schale bzw. osteochondrotischen Fragmenten wurden nicht in die Untersuchung einbezogen, weil diese bereits in der röntgenologischen Untersuchung festgestellt wurden und folglich eine kernspintomographische Untersuchung nicht durchgeführt wurde.

Krankhafte Befunde am Hufbein- Strahlbein- Fesselbeinband (Lig. collaterale sesamoidale = collateral sesamoidean ligament = CSL) wurden nicht festgestellt. Dieses Band wurde jedoch zur Beurteilung von Füllungszustand des Hufgelenkes und der Bursa podotrochlearis herangezogen. Wie aus Abbildung 29 (Seite 79, rechts) ersichtlich, erfolgt im Falle einer Füllung des palmaren Hufgelenkes eine Ablenkung dieses Bandes nach palmar, während bei einer Füllung der Bursa podotrochlearis eine Ablenkung des Bandes nach dorsal erfolgt (Seite 79, siehe Abbildung 29 links).

Bei Nageltrittverletzungen ist insofern eine Indikation zur MRT gegeben, als dass eine genaue Abschätzung des durch den Fremdkörper verursachten Knochen- und/ oder Weichteilschadens möglich ist und somit eine wertvolle Information bezüglich der Prognosestellung liefert (Kristoffersen et al. 2004).

Die klassische Lahmheitsdiagnostik in der Hufregion gründet auf zwei Hauptpfeilern, der diagnostischen Anästhesie (TPA; Hufgelenksanästhesie) und der Röntgendiagnostik (Martinelli et al. 1996 a; Dyson, Marks 2003). Bezüglich der diagnostischen Anästhesien ist folgendes festzustellen. Zwei Drittel des Patientengutes mit positiver TPA ließen im MRT einen oder mehrere Hufrollen-Befunde erkennen und bestätigten damit die Lokalisation der Lahmheit im Hufrollenkomplex. Hingegen wurde nur in ca 30% der Fälle das Ergebnis der Hufgelenksanästhesie bestätigt, indem sich im MRT ein Hufgelenksbefund feststellen ließ. Diese Aussage wird unterstützt durch Untersuchungen von Schumacher, nachdem die Verabreichung des Lokalanästhetikums ins Hufgelenk keine Aussage darüber zulässt, ob der Schmerz durch ein Hufrollensyndrom oder eine Hufgelenkserkrankung verursacht wird (Schumacher et al. 2000).

Über 80 % der Patienten, die ein- oder mehrmalig ins Hufgelenk vorbehandelt waren, wiesen im MRT einen oder mehrere Befunde im Hufrollenkomplex auf. Hieraus ist schlusszufolgern, dass das positive Ergebnis der Hufgelenksanästhesie häufig zu der Fehlannahme führt, das Pferd habe eine Hufgelenksentzündung. Von dieser Annahme ausgehend schließt sich therapeutisch in der Regel eine intraartikuläre Behandlung an. Diese wird aber in einigen Fällen nicht zum gewünschten therapeutischen Erfolg führen, wenn der Ort der Erkrankung eben nicht das Hufgelenk, sondern der Hufrollenkomplex ist und somit gegebenenfalls eine andere Therapie erfordert. Insofern wird der diagnostische Wert der Hufgelenksanästhesie grundsätzlich in Frage gestellt und sollte zumindest sehr kritisch bewertet werden (Dyson 1998; Dyson, Marks 2003).

Bei der Hufgelenksanästhesie besteht eine weitere diagnostische Unsicherheit in dem Ergebnis der Hufgelenksanästhesie und der hieraus resultierenden Annahme einer Hufgelenkserkrankung (Dyson 1998; Dyson, Marks 2003). Ein positiver Ausfall der Hufgelenksanästhesie impliziert nicht zwingend, dass der Schmerz im Gelenkbereich lokalisiert ist (Dyson, Kidd 1993; Bowker et al. 1997; Van Wulfen, Bowker 2002). Dies erklärt sich zum Teil durch die Diffusion des Lokalanästhetikums aus dem Gelenk (Dyson 1998) in die Peripherie des N. digitales palmares, was insbesondere bei längerer Einwirkungszeit des Lokalanästhetikums (> 5 min) auftritt und zu einem falsch positiven Ergebnis der Hufgelenksanästhesie führt.

Die Hufgelenksdruckmessung stellt eine weitere diagnostische Hilfe im Hufgelenksbereich dar. Es wird davon ausgegangen, dass bei entzündlichen Veränderungen des Gelenkes der Gelenksinnendruck durch vermehrte Hufgelenksfüllung erhöht ist (Hertsch, Höppner 1993). Von Nowak wurde allerdings kritisch angemerkt, dass nicht alle Pferde mit signifikant erhöhtem Hufgelenksdruck eine positive Hufgelenksanästhesie aufwiesen (falsch positive Ergebnisse). Andererseits hatten Pferde mit normalem Hufgelenksdruck positive Ergebnisse der Hufgelenksanästhesie (falsch negativ Ergebnisse) (Nowak et al. 1992).

Eine weitere Erklärung stellt die Zuordnung des Strahlbeines zum Hufrollenkomplex dar. Strahlbeinerkrankungen, die in Verbindung zum Hufgelenk stehen, wurden in dieser Arbeit dem Hufrollenkomplex zugeordnet, können aber sehr wohl anatomisch/physiologisch einer Hufgelenkserkrankung zugeordnet sein. Bezüglich der

intraartikulären Behandlung von Hufgelenkserkrankungen nach durchgeführter Hufgelenksanästhesie liefert die MRT wertvolle zusätzliche Informationen, um zu beurteilen, ob eine therapeutische Wirkung von einer Hufgelenksbehandlung zu erwarten ist oder aber die Erkrankung im extraartikulären Hufrollenkomplex liegt und somit einer anderen Therapie bedürfte.

Es war festzustellen, dass einzelne Pferde mit nachweislichen Befunden im Hufrollenkomplex nicht oder nicht vollständig TPA positiv waren, sondern erst positiv auf die MPA reagierten. Dies war insbesondere bei hochgradigen Strahlbein- und TBS-Befunden, sowie bei septischen Prozessen festzustellen. Insofern lieferte hier die durchgeführte TPA falsch negative Ergebnisse. Der diagnostische Wert der TPA wird in diesen Fällen durch die MRT-Ergebnisse in Frage gestellt. Somit stellt diese Leitungsanästhesie nicht immer ein verlässliches Diagnostikum dar und sollte kritisch geprüft werden.

Die Anästhesie der Bursa podotrochlearis stellt insofern kein spezifisches Diagnostikum dar, als dass durch sie ein Sohlenschmerz nicht sicher auszuschließen ist. Nach Einwirkungszeit des Lokalanästhetikums von 10 min. scheint die Bursaanästhesie spezifisch für einen schmerzhaften Prozess im Bereich der Bursa podotrochlearis zu sein. Veränderungen wie proliferative Synovialitis, Adhäsionen mit der TBS und dem Strahlbein sind im MRT sicher diagnostizier- und differenzierbar (Schumacher et al. 2001). Nach Einwirkungszeit des Lokalanästhetikums von 20 min. und länger kann eine Anästhesie der Bursa podotrochlearis auch schmerzhaft Prozesse im Hufgelenk betäuben (Schumacher et al. 2003).

Die Anästhesie der BSS wurde nicht in die Auswertung einbezogen, weil die Spezifität bezüglich genauer Lokalisation der Lahmheitsursache gering ist. Die Anästhesie führt zu Lahmfreiheit/ -verbesserung bei Tendopathien der TBS im BSS-Bereich, bei schmerzhaften Prozessen im Bandapparat des Strahlbeines und bei Leckagen aus der Punktionsstelle in den Unterhautbereich des N. digitales palmares auch zu Verbesserung von Lahmheiten im Hufrollenkomplex. Nur in Fällen von TBS-Schäden proximal des Strahlbeines wurde in Einzelfällen eine Sehnenscheidenanästhesie und nachfolgende Therapie mittels Sehnenscheideninjektion durchgeführt (Schneider et al. 2003). Die MRT stellt ein sensitives und spezifisches Diagnostikum im Hufbereich dar,

dass diagnostische Lücken von Röntgen, Diagnostischer Anästhesie, sowie Sonographie und Szintigraphie schließt. Dies hat insbesondere Bedeutung für die Früherkennung, zielgerichtete Therapie und Prognose von Erkrankungen im Hufrollenkomplex.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen einer klinischen Studie wurde eine kernspintomographische Untersuchung der Hufregion an jeweils einer Gliedmaße von 203 Pferden durchgeführt. Die Untersuchung erfolgte am stehenden Pferd mit dem 0,3 Tesla Niederfeldmagneten Equine Limb Scanner der Firma Hallmarq. Die Mehrzahl der Pferde wurden einer MRT unterzogen, wenn die Lahmheitsursache durch diagnostische Anästhesie (TPA; Hufgelenksanästhesie) in der Hufregion lokalisiert worden war, aber keine klinischen, röntgenologischen oder ultrasonografischen von der Norm abweichende Befunde festgestellt werden konnten, mit denen Lahmheitsursache, Lahmheitsgrad und Lahmheitsdauer zu erklären waren. Die klinische Signifikanz der festgestellten Befunde im MRT wurden verglichen mit den Resultaten der röntgenologischen Untersuchung und den Ergebnissen der diagnostischen Anästhesien (TPA, Hufgelenksanästhesie). Die erhobenen Befunde wurden beschrieben und nach ihrem prozentualen Vorkommen und ihrer klinischen Bedeutung ausgewertet. Die erhobenen MRT-Befunde wurden hinsichtlich Korrelation mit Röntgenbefunden in der Hufregion in zwei Gruppen untersucht. 55,2 % der Patienten mit einem oder mehreren MRT-Befunden zeigten keinen pathologischen Röntgenbefund. Somit war in diesen Fällen erst durch die MRT eine Diagnosestellung möglich. 35,8 % der Pferde zeigten sowohl einen pathologischen MRT-Befund als auch einen korrespondierenden Röntgenbefund, so dass die Röntgendiagnose gestützt und durch zusätzliche Weichteilbefunde oder röntgenologisch nicht sichtbare Befunde wie Knochenödem oder –sklerose ergänzt wurde. Nur in 7,3 % der Fälle ließ sich weder durch die MRT noch durch die Röntgenuntersuchung eine Diagnose stellen. Pferde mit Befunden im Sinne einer Podotrochlose (78%) und Podarthrose (24%) wurden hinsichtlich Befundlokalisation im MRT und Ergebnis der Diagnostischen Anästhesie (TPA, Hufgelenksanästhesie) untersucht. Patienten mit positiver Hufgelenksanästhesie hatten in 29,3 % der Fälle einen intraartikulären Befund. Viele Befunde lagen allerdings außerhalb des Hufgelenkes, obwohl die Pferde eine positive Hufgelenksanästhesie aufwiesen. Die in der Regel an die positive Hufgelenksanästhesie anknüpfende Hufgelenksbehandlung ist in diesen Fällen meist erfolglos und erfordert eine andere Therapie. Der am

häufigsten vorkommende Befund im Weichteilbereich bei 44,3 % der Patienten war die Tendopathie und Insertionstendopathie der TBS. Diese Patienten wurden hinsichtlich Lahmheitsgrad und Dauer in Abhängigkeit vom Schadensgrad des TBS-Schadens ausgewertet. Andere Weichteilbefunde waren zu 15,8 % Kollateralbandschäden (32/ 203), zu 2 % Schäden am distalen Bandapparat des Strahlbeines (Lig. distale impar) (4/ 203) sowie zu 32 % pathologische Befunde an der Bursa Podotrochlearis (65/ 203) wie Füllung und Adhäsionen. Sonstige Befunde waren Hufbeinfrakturen (5/ 203), Keratome (2/ 203), Hufbeinsequester (1/ 203), Nageltrittverletzungen (9/ 203) und zystoide Defekte im Hufbein (5/ 203). Die Kernspintomographie stellt eine wertvolle diagnostische Hilfe mit hoher Sensitivität und Spezifität dar, die insbesondere in der Hufregion wegen der mangelnden Zugänglichkeit dieser Region für die Ultraschalluntersuchung, bedingt durch die Hornkapsel, einen festen Platz in der orthopädischen Diagnostik einnimmt. Durch präzise Diagnosestellung ist auch eine zielgerichtetere Therapie und exaktere Prognosestellung möglich.

7 Summary

During a clinical study from January 2004 until December 2005 203 horses underwent MR imaging in a standing position, using the Equine Limb Scanner. Selection criteria were lameness that could be localized in the foot by positive response to a posterior digital nerve block (PDN) or a block of the distal interphalangeal joint and absence of ultrasonographic and radiographic findings or findings that were not in accordance with the severity or duration of the lameness. So 165 lame horses met these criteria and were selected for MRI. 55% (91/ 165) horses showed one or more MRI findings, but no radiological abnormalities. 36% (59/ 165) horses showed a corresponding radiological finding, which confirmed the MRI result. In addition this group showed soft tissue injuries or findings like bone edema or sclerosis, which were not detected by radiography. In 7 % (12/ 165) of the cases there was no diagnosis possible neither with MRI nor radiography. Horses with positive result to anaesthesia of the DIP-joint showed in 29% (12/ 41) of cases intraarticular lesions in MRI.

Most of the MRI findings were localised extraarticular although the horses blocked sound to the DIP-joint analgesia. The most common finding was navicular disease (78%, 159/ 203). 44% (90/ 203) horses showed a tendopathy of DDFT an 24 % (49/ 203) findings in the distal interphalangeal joint (DIP). The severity of lesions of DDFT was compared to degree and duration of lameness. Other soft tissue findings were lesions of the collateral ligaments of the DIP-joint (16%, 32/ 203), distal sesamoidean impar ligament (2%, 4/ 203) and bursa abnormalities like effusion, adhesion with DDFT or proliferative synovitis. Other findings were fractures of the navicular bone or P3, keratoma, sequestration of a P3 fragment, penetration injuries and cyst like lesions (subchondral bone cysts).

MRI is a helpful diagnostic modality in addition to radiography, ultrasonography, diagnostic analgesia and scintigraphy, because of its high sensitivity and specificity in equine orthopaedics. MRI is a valuable tool for a more specific therapy and for a prognosis which is more precise.

8 Literaturverzeichnis

Blunden, A., S. Dyson, R. Murray and M. Schramme (2006). Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 2: The deep digital flexor tendon. *Equine Vet J* 38(1): 23-7.

Boado, A., M. Kristofferson, S. Dyson and R. Murray (2005). Magnetic resonance imaging to diagnose chronic penetrating wounds in the equine foot. *Equine Vet. Educ.* 17: 62-68.

Bowker, R. M., K. Linder, K. K. Van Wulfen and I. M. Sonea (1997). Anatomy of the distal interphalangeal joint of the mature horse: relationships with navicular suspensory ligaments, sensory nerves and neurovascular bundle. *Equine Vet J* 29(2): 126-35.

Budras, K.-D. and S. Röck (1997). *Atlas der Anatomie des Pferdes*. Hannover, Schlütersche; 3. Auflage.

Busoni, V., M. Heimann, J. Trenteseaux, F. Snaps and R. F. Dondelinger (2005). Magnetic resonance imaging findings in the equine deep digital flexor tendon and distal sesamoid bone in advanced navicular disease--an ex vivo study. *Vet Radiol Ultrasound* 46(4): 279-86.

Busoni, V., F. Snaps, J. Trenteseaux and R. F. Dondelinger (2004). Magnetic resonance imaging of the palmar aspect of the equine podotrochlear apparatus: normal appearance. *Vet Radiol Ultrasound* 45(3): 198-204.

Denoix, J. M. (1994). Diagnostic techniques for identification and documentation of tendon and ligament injuries. *Vet Clin North Am Equine Pract* 10(2): 365-407.

Dietz, O., H.-J. Schneider and L.-F. Litzke (1999 a). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.9: 922-925.

Dietz, O., H.-J. Schneider and L.-F. Litzke (1999 b). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.12: 926-927.

Dietz, O., H.-J. Schneider and L.-F. Litzke (1999 c). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.11: 925-926.

Dietz, O., H.-J. Schneider and L.-F. Litzke (1999 d). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.18: 939-940.

Dietz, O., H.-J. Schneider and L.-F. Litzke (1999 e). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdpraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.20: 941-943.

Dyson, S. (1998). The puzzle of distal interphalangeal joint pain. Satellite Article. *Equine vet. Educ.* 10(3): 119-125.

Dyson, S. and J. M. Denoix (2006). *MRT-Meeting*. Bonn 2006.

Dyson, S. and D. Marks (2003). Foot pain and the elusive diagnosis. *Vet Clin North Am Equine Pract* 19(2): 531-65, viii.

Dyson, S. and R. Murray (2006). Magnetic resonance imaging of the equine foot. *Clin. Tech. equine Pract.* In press.

Dyson, S. and R. Murray (2007). Use of concurrent scintigraphic and magnetic resonance imaging evaluation to improve understanding of the pathogenesis of injury of the podotrochlear apparatus. *Equine Vet J* 39(4): 365-369.

Dyson, S. and R. Murray (2007 a). Magnetic resonance imaging evaluation of 264 horses with foot pain: The podotrochlear apparatus, deep digital flexor tendon and collateral ligaments of the distal interphalangeal joint. *Equine Vet J* 39: 340-343.

Dyson, S. and R. Murray (2007 b). Verification of scintigraphic imaging for injury diagnosis in 264 horses with foot pain. *Equine Vet J* 39(4): 350-355.

Dyson, S., R. Murray, M. Schramme and M. Branch (2003 a). Magnetic resonance imaging of the equine foot: 15 horses. *Equine Vet J* 35(1): 18-26.

Dyson, S., R. Murray, M. Schramme and M. Branch (2003 b). Lameness in 46 horses associated with deep digital flexor tendonitis in the digit: diagnosis confirmed with magnetic resonance imaging. *Equine Vet J* 35(7): 681-90.

Dyson, S. a. M., R. (2004). Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in 62 horses (January 2001-December 2003). *Proc. Am. Ass. equine Practners.* 50: 248-256.

Dyson, S. J. and L. Kidd (1993). A comparison of responses to analgesia of the navicular bursa and intra-articular analgesia of the distal interphalangeal joint in 59 horses. *Equine Vet J* 25(2): 93-8.

Dyson, S. J., R. Murray, M. Schramme and M. Branch (2004). Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in 18 horses (2001-2002). *Equine Vet J* 36(2): 160-6.

Dyson, S. J., R. Murray and M. C. Schramme (2005). Lameness associated with foot pain: results of magnetic resonance imaging in 199 horses (January 2001--December 2003) and response to treatment. *Equine Vet J* 37(2): 113-21.

Dyson, S. J. and M. W. Ross (2003). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. St. Louis, Missouri, Saunders.

Ersoy, S. H. (2005). Können Erkenntnisse über mechanische Eigenschaften der tiefen und oberflächlichen Beugesehne des Pferdes durch Magnetresonanztomographie gewonnen werden? *Dissertation*: 63.

Gasthuys, F. M. R. and A. De Moor (1999). aus Dietz, O.; Huskamp, B. *Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 8.2.4.4: 120-131.

Hertsch, B., H. Gerhards, W. Jahn and F. von Saldern (2003). *Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes (Röntgenleitfaden)*.

Hertsch, B. and S. Höppner (1993). Der diagnostische Wert der Druckmessung im Hufgelenk bei der Lahmheitsdiagnostik und bei der Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms. *Int. Symposium Strahlbeinlahmh. Dortmund*: 173-182.

Hevesi, A., C. Stanek, R. Garamvolgyi, Z. Petrasi, P. Bogner and I. Repa (2004). Comparison of the navicular region of newborn foals and adult horses by magnetic resonance imaging. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 51(3): 143-9.

Kasashima, Y., A. Kuwano, Y. Katayama, Y. Taura and T. Yoshihara (2002). Magnetic resonance imaging application to live horse for diagnosis of tendinitis. *J Vet Med Sci* 64(7): 577-82.

Kleiter, M., S. Kneissl, C. Stanek, E. Mayrhofer, U. Baulain and E. Deegen (1999). Evaluation of magnetic resonance imaging techniques in the equine digit. *Vet Radiol Ultrasound* 40(1): 15-22.

Köchli, V. and B. Marincek (1994). *Wie funktioniert MRI?* Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 1. Auflage.

Kotani, H., Y. Taura, A. Sakai, T. Tsuka, Y. Kageyama and M. Nakaichi (2000). Antemortem Evaluation for Magnetic Resonance Imaging of the Equine Flexor Tendon. *J Vet Med Sci* 62: 81-84.

Kraft, S. L. and P. Gavin (2001). Physical principles and technical considerations for equine computed tomography and magnetic resonance imaging. *Vet Clin North Am Equine Pract* 17(1): 115-30, vii.

Kristoffersen, M., S. Dyson, R. Murray and A. Boado (2004). Magnetic resonance imaging and szintigraphic findings in five horse with obscure lameness associated with penetrating injuries. *Proc. Am. Ass. equine Practnrs*. 50: 320-327.

Levy, E., J. Tornell and M. Koene (2005). Intraartikuläre Behandlung mit autologem IRAP conditionierten Serum-Teil 1. *pferde spiegel* 3: 120-124.

Litzke, L.-F. (1999). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.13: 927-932.

Mair, T. S. and J. Kinns (2003). Magnetic resonance imaging of the distal limb of the standing horse: Technique and Review of 40 cases of foot lameness. 49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, New Orleans, Louisiana: 29-41.

Mair, T. S. and J. Kinns (2005). Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing patient: 18 cases. *Vet Radiol Ultrasound* 46(6): 458-66.

Mair, T. S. and J. Kinns (2005). Magnetic resonance imaging of the distal limb of the standing horse. Satellite Article. *Equine Veterinary Education/ AE/ April 2005*: 98-107.

Martinelli, M. and N. W. Rantanen (2007). The relationship between nuclear scintigraphy and standing mri in 115 horses with lameness of the foot. *Handbook of Presentations 46th BEVA Congress 2007*: 422.

Martinelli, M. and N. W. Rantanen (2007 a). The diagnosis and treatment of collateral ligament injuries of the distal interphalangeal joint in 58 horses. *Handbook of Presentations 46th BEVA Congress 2007*: 147.

Martinelli, M. J., G. J. Baker, R. B. Clarkson, J. C. Eurell, G. J. Pijanowski and I. V. Kuriashkin (1996 a). Magnetic resonance imaging of degenerative joint disease in a horse: a comparison to other diagnostic techniques. *Equine Vet J* 28(5): 410-5.

McDiarmid, A. M. (1998). Distal interphalangeal joint lameness in a horse associated with damage to the insertion of the lateral collateral ligament. *Equine vet. Educ.* 10(3): 114-118.

McKnight, A. L., A. Manduca, J. P. Felmlee, P. J. Rossmann, K. P. McGee and R. L. Ehmann (2004). Motion-correction techniques for standing equine MRI. *Vet Radiol Ultrasound* 45: 513-519.

Murray, R., A. Blunden and T. S. Mair (2007). Comparison of high and low field magnetic resonance imaging of the distal limb of lame horses: preliminary findings. *Handbook of Presentations 46th BEVA Congress 2007*: 423.

Murray, R., A. Blunden, M. Schramme and S. Dyson (2006 b). How does magnetic resonance imaging represent histologic findings in the equine digit? *Vet Radiol Ultrasound* 47: 17-31.

Murray, R. C., B. L. Roberts, M. C. Schramme, S. J. Dyson and M. Branch (2004). Quantitative evaluation of equine deep digital flexor tendon morphology using magnetic resonance imaging. *Vet Radiol Ultrasound* 45(2): 103-11.

Murray, R. C., M. C. Schramme, S. J. Dyson, M. V. Branch and T. S. Blunden (2006 a). Magnetic resonance imaging characteristics of the foot in horses with palmar foot pain and control horses. *Vet Radiol Ultrasound* 47(1): 1-16.

Nickel, R., A. Schummer and E. Seiferle (1992). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I: Bewegungsapparat*. Berlin Hamburg, Verlag Paul Parey; 6. Auflage.

Nowak, M., B. Huskamp, G. Stadtbäumer and S. Tietje (1992). Kritische Anmerkungen zu einigen kritischen Verfahren bei der Podotrochlose. *12. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten d. DVG, Wiesbaden*: 219-230.

O`Callaghan, M. W. (1991). Future Diagnostic Methods. *Vet Clin North Am Equine Pract* 7: 467-478.

Rand, T., T. Bindeus, K. Alton, T. Voegele, C. Kukla, C. Stanek and H. Imhof (1998). Low-field magnetic resonance imaging (0.2 T) of tendons with sonographic and histologic correlation. Cadaveric study. *Invest Radiol* 33(8): 433-8.

Reiser, M. and W. Semmler (2002). *Magnetresonanztomographie*. Berlin Heidelberg, Springer Verlag; 3. Auflage.

Schäfer, C. (2004). Strahlbeinzyste beim Pferd. *pferde spiegel* 2: 16-19.

Schild, H. H. (1997). *MRI-made easy*. Berlin, Schering Diagnostika GmbH.

Schneider, H.-J. (1999). *aus Dietz, O.; Huskamp, B. Handbuch Pferdepraxis*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag; 2. Auflage; Abschnitt 47.5: 916-918.

Schneider, R. K., P. R. Gavin and T. R.L. (2003). What MRI is Teaching us about Navicular Disease. *49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*.

Schramme, M., R. Murray, A. Blunden and S. Dyson (2005). Comparison between MRI, pathology and radiology in 34 limbs with navicular syndrome and 25 control limbs. *Proc. Am. Ass. equine Practnrs*. 51: 348-358.

Schulze, T. (2004). Kernspintomographie im Ansatzbereich der tiefen Beugesehne. *pferde spiegel* 4: 6-11.

Schumacher, J., F. de Graves, M. Schramme, R. Smith, M. Coker and R. Steiger (2001). A comparison of the effects of local analgesic solution in the navicular bursa of horses with lameness caused by solar toe or solar heel pain. *Equine Vet J* 33(4): 386-9.

Schumacher, J., R. Gillette, F. DeGraves, M. Schramme, R. Smith, J. Perkins and M. Coker (2003). The effects of local anaesthetic solution in the navicular bursa of horses with lameness caused by distal interphalangeal joint pain. *Equine Vet J* 35(5): 502-5.

Schumacher, J., R. Steiger, J. Schumacher, F. de Graves, M. Schramme, R. Smith and M. Coker (2000). Effects of Analgesia of the Distal Interphalangeal Joint or Palmar Digital Nerves on Lameness Caused by Solar Pain in Horses. *Veterinary Surgery* 29: 54-58.

Stashak, T. S. (1989). *Adams` Lahmheit bei Pferden*. Alfeld-Hannover, Verlag M. & H. Schaper; 4. Auflage.

Tapprest, J., F. Audigie, C. Radier, M. C. Anglade, M. C. Voisin, N. Foucher, C. Collobert-Laugier, D. Mathieu and J. M. Denoix (2003). Magnetic resonance imaging for the diagnosis of stress fractures in a horse. *Vet Radiol Ultrasound* 44(4): 438-42.

Tucker, R. L. and E. Farrell (2001). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the equine head. *Vet Clin North Am Equine Pract* 17(1): 131-44, vii.

Tucker, R. L. and R. D. Sande (2001). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the equine musculoskeletal conditions. *Vet Clin North Am Equine Pract* 17(1): 145-57, vii.

Van Wulfen, K. K. and R. M. Bowker (2002). Microanatomic characteristics of the insertion of the distal sesamoidean impar ligament and deep digital flexor tendon on the distal phalanx in healthy feet obtained from horses. *Am J Vet Res* 63(2): 215-21.

Weinberger, T. (2004). Use of magnetic resonance imaging with the horse using the "standing unit". *MICEM 2004*: 38-42.

Whitton, R. C., C. Buckley, T. Donovan, A. D. Wales and R. Dennis (1998). The diagnosis of lameness associated with distal limb pathology in a horse: a comparison of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging. *Vet J* 155(3): 223-9.

Widmer, W. R., K. A. Buckwalter, J. F. Fessler, M. A. Hill, D. C. VanSickle and S. Ivancevich (2000). Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Vet Radiol Ultrasound* 41(2): 108-16.

Wright, I., L. Kidd and B. H. Thorp (1998). Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet J* 30: 220-234.

Zubrod, C. J., R. K. Schneider and R. L. Tucker (2004). Use of magnetic resonance imaging identify suspensory desmitis and adhesions between exostoses of the second metacarpal bone and the suspensory ligament in four horses. *J Am Vet Med Assoc* 224(11): 1815-20, 1789.

9 Anhang

Die dargestellten Tabellen mit der Zusatzbezeichnung a finden sich unter der gleichen Ziffer im Text.

Tabelle 1a: Absolute und relative Häufigkeiten über die Rassenverteilung

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Mix	6	3,0	3,0
Sonstige	47	23,2	23,2
Friese	1	0,5	0,5
Hannoveraner	44	21,7	21,7
Holsteiner	35	17,2	17,2
Mecklenburger	7	3,4	3,4
Oldenburgerer	18	8,9	8,9
Pony	14	6,9	6,9
Quarter Horse	10	4,9	4,9
Traber	5	2,5	2,5
Trakehner	14	6,9	6,9
Vollblut	2	1,0	1,0
Gesamt	203	100,0	100,0

Tabelle 2a: Absolute und relative Häufigkeiten der Nutzung.

Nutzung	Häufigkeit	Prozent
keine Angabe	77	37,9
Dressurpferd	45	22,2
Freizeitpferd	20	9,9
Kutschpferd	1	0,5
Rennpferd	6	3,0
Springpferd	31	15,3
Voltigierpferd	2	1,0
Vielseitigkeitspferd	9	4,4
Westernpferd	9	4,4
Andere	3	1,5
Gesamt	203	100,0

Tabelle 5a: Diese Tabelle stellt die Korrelationen von MRT-Befunden (MRT +/-) und Röntgenbefunden (Rö +/-) dar. + bedeutet Befund vorhanden, - bedeutet ohne besonderen Befund.

		MRT-Befund		Gesamt	
		Gruppe 2	Gruppe 1		
Röntgen- befund	Anzahl	2b 12	1b 91	103	
	-	% von Röntgenbefund	11,7	88,3	100
		% von MRT-Befund	80,0	60,7	62,4
		% der Gesamtzahl	7,3	55,2	62,4
		Anzahl	2a 3	1a 59	62
	+	% von Röntgenbefund	4,8	95,2	100
		% von MRT-Befund	20,0	39,3	37,6
	% der Gesamtzahl	1,8	35,8	37,6	
Gesamt	Anzahl	15	150	165	
		% von Röntgenbefund	9,1	90,9	100
		% von MRT-Befund	100	100	100
		% der Gesamtzahl	9,1	90,9	100

Tabelle 6a: Prozentuale Verteilung der MRT-Befunde im Hufgelenk.

Hufgelenk	Häufigkeit	Prozent
0	177	87,2
Füllung	12	5,9
Inkongruenz	11	5,4
Adhäsion /Fibrose	1	0,5
Inkongruenz und Füllung	2	1,0
Gesamt	203	100,0

Tabelle 7a: Befundverteilung von Kollateralbandbefunden am Hufgelenk.

Kollateralbandbefund	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
ohne Befund	171	84,2	84,2
lateral Befund	16	7,9	7,9
medialer Befund	15	7,4	7,4
bilateraler Befund	1	0,5	0,5
Gesamt	203	100,0	100,0

Tabelle 8a: Prozentuale Verteilung der MRT-Befunde am Strahlbein.

Strahlbeinbefund	Häufigkeit	Prozent
ohne Befund	100	49,3
Ödem	48	23,6
Sklerose	17	8,4
Zyste	5	2,5
Fissur/Fraktur	2	1,0
Zyste u. Ödem	1	0,5
Zyste u. Sklerose	2	1,0
Kortikalisdefekt	1	0,5
Ödem u. Sklerose	27	13,3
gesamt	203	100,0

Tabelle 9a: Prozentuale Verteilung von Bursabefunden.

Bursabefund	Häufigkeit	Prozent
Ohne Befund	138	68,0
Füllung	4	2,0
Adhäsion	60	29,6
Füllung u. Adhäsion	1	0,5
Gesamt	203	100,0

Tabelle10a: Prozentuale Verteilung des Schadensgrades von TBS-Schäden.

Schadensgrad	Häufigkeit	Prozent
Schadensgrad nicht angegeben	151	74,4
ggr	28	13,8
mgr	10	4,9
hgr	14	6,9
gesamt	203	100,0

Tabelle 12a: Prozentuale Verteilung der Hufbeinbefunde.

Hufbeinbefund	Häufigkeit	Prozent
ohne Befund	167	82,3
Ödem	6	3,0
Sklerose	12	5,9
Zyste	5	2,5
Fissur/ Fraktur	5	2,5
Ödem u. Sklerose	4	2,0
Hornsäule	2	1,0
Hohle Wand	1	0,5
andere	1	0,5
Gesamt	203	100,0

Tabelle 14a: Prozentuale Verteilung der Lahmheitsdauer.

Lahmheitsdauer	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
akut	39	19,2	27,9
subakut	31	15,3	22,1
chronisch	70	34,5	50,0
gesamt	140	69,0	100,0
keine Angabe	63	31,0	
	203	100,0	

Tabelle 15a: Prozentuale Verteilung des Lahmheitsgrades von 0 – 5.

	Häufigkeit	Prozent
keine Lahmheit	9	4,4
ggr. undeutlich	47	23,2
ggr. deutlich	51	25,1
mittelgradig	31	15,3
hochgradig	18	8,9
gesamt	156	76,8
keine Angabe	47	23,2
	203	100,0

Tabelle 16a: Diese Tabelle gibt die prozentuale Verteilung von Pferden mit Tendopathie der TBS (ja) und ohne Tendopathie der TBS (nein) bezüglich der Lahmheitsdauer (Lahmheit) an.

			Lahmheitsdauer			
			akut	subakut	chronisch	Gesamt
TBS-Schaden	nein	Anzahl	23	16	35	74
		% von TBSSchaden	31,1%	21,6%	47,3%	100,0%
		% von Lahmheit	59,0%	51,6%	50,0%	52,9%
	ja	% der Gesamtzahl	16,4%	11,4%	25,0%	52,9%
		Anzahl	16	15	35	66
		% von TBSSchaden	24,2%	22,7%	53,0%	100,0%
		% von Lahmheit	41,0%	48,4%	50,0%	47,1%
		% der Gesamtzahl	11,4%	10,7%	25,0%	47,1%
		% der Gesamtzahl	11,4%	10,7%	25,0%	47,1%
Gesamt	Anzahl	39	31	70	140	
	% von TBSSchaden	27,9%	22,1%	50,0%	100,0%	
	% von Lahmheit	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	27,9%	22,1%	50,0%	100,0%	

Tabelle 17a: Diese Tabelle stellt die Abhängigkeit des Lahmheitsgrades vom Schadensgrad des TBS-Schadens dar. TBS Grad 1 =geringgradiger TBS-Schaden, TBS Grad 2 = mittelgradiger TBS-Schaden und TBS Grad 3 = hochgradiger TBS-Schaden.

TBS Schadensgrad	Lahmheitsgrad						Gesamt
	0	ggru (1)	ggrd (2)	mgr (3)	hgr (4)		
Anzahl	38	7	37	35	25	9	151
% von TBSSchadensGrad	25,2%	4,6%	24,5%	23,2%	16,6%	6,0%	100,0%
% von Lahmheitsgrad	80,9%	77,8%	78,7%	68,6%	80,6%	50,0%	74,4%
% der Gesamtzahl	18,7%	3,4%	18,2%	17,2%	12,3%	4,4%	74,4%
ggr Anzahl	3	2	9	12	2	0	28
% von TBSSchadensGrad	10,7%	7,1%	32,1%	42,9%	7,1%	,0%	100,0%
% von Lahmheitsgrad	6,4%	22,2%	19,1%	23,5%	6,5%	,0%	13,8%
% der Gesamtzahl	1,5%	1,0%	4,4%	5,9%	1,0%	,0%	13,8%
hgr Anzahl	1	0	0	2	3	8	14
% von TBSSchadensGrad	7,1%	,0%	,0%	14,3%	21,4%	57,1%	100,0%
% von Lahmheitsgrad	2,1%	,0%	,0%	3,9%	9,7%	44,4%	6,9%
% der Gesamtzahl	,5%	,0%	,0%	1,0%	1,5%	3,9%	6,9%
mgr Anzahl	5	0	1	2	1	1	10
% von TBSSchadensGrad	50,0%	,0%	10,0%	20,0%	10,0%	10,0%	100,0%
% von Lahmheitsgrad	10,6%	,0%	2,1%	3,9%	3,2%	5,6%	4,9%
% der Gesamtzahl	2,5%	,0%	,5%	1,0%	,5%	,5%	4,9%
Anzahl (Gesamt)	47	9	47	51	31	18	203
% von TBSSchadensGrad	23,2%	4,4%	23,2%	25,1%	15,3%	8,9%	100,0%
% von Lahmheitsgrad	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% der Gesamtzahl	23,2%	4,4%	23,2%	25,1%	15,3%	8,9%	100,0%

Tabelle 18a: Statistische Verteilung von Ergebnissen durchgeführter diagnostischer Anästhesien. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, sprachen die Patienten z.B. sowohl auf die TPA als auch auf die Hufgelenksanästhesie an (TPA/ Hufgelenk).

Positive diagnostische Anästhesie	Häufigkeit	Prozent
Keine Angabe	49	24,1
Hufgelenk	9	4,4
MPA	12	5,9
MPA/Hufgelenk	2	1,0
TPA	100	49,3
TPA/Bursa pod.	1	0,5
TPA/Hufgelenk	30	14,8
Gesamt	203	100,0

Tabelle 19a: Prozentuale Verteilung durchgeführter Injektionstherapien.

Injektionstherapie	Häufigkeit	Prozent
Keine	122	60,1
Bursainjektion	37	18,2
Bursainj. und Kollateralbandinfiltration	1	0,5
Hufgelenksinjektion	14	6,9
Hufgelenks- und Bursainjektion	15	7,4
Kollateralbandinfiltration	1	0,5
Euthanasie	13	6,4
Gesamt	203	100,0

Tabelle 20a: Prozentuale Häufigkeit der chirurgischen Therapie.

Chirurgische Therapie	Häufigkeit	Prozent
keine	183	90,1
Andere OP	1	0,5
Arthroskopie	5	2,5
Nageltritt-OP	6	3,0
Neurektomie	7	3,4
Neu	1	0,5
Gesamt	203	100,0

Tabelle 21a: Prozentuale Verteilung der klinischen Entwicklung des Lahmheitsbildes.

Klinische Nachuntersuchung	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Lahmfrei	19	9,4	47,5
Besserung	9	4,4	22,5
Unverändert	8	3,9	20,0
Verschlechterung	4	2,0	10,0
Gesamt	40	19,7	100,0
Nicht nachuntersucht	163	80,3	
	203	100,0	

Tabelle 22a: Prozentuale Verteilung der Entwicklung des MRT-Befundes bei der MRT-Nachuntersuchung.

MRT-Nachuntersuchung	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Befundbesserung	8	3,9	36,4
Befundgleichheit	7	3,4	31,8
Befundverschlechterung	7	3,4	31,8
Gesamt	22	10,8	100,0
Keine MRT-Nachuntersuchung	181	89,2	
Gesamt	203	100,0	

Tabelle 23a: Prozentuale Verteilung der Intervalle der MRT-Nachuntersuchung.

Nachuntersuchungsintervall	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
1-3 Monate	1	0,5	5,9
3-6 Monate	5	2,5	29,4
Mehr als 6 Monate	11	5,4	64,7
Gesamt	17	8,4	100,0
Keine Nachuntersuchung	186	91,6	
	203	100,0	

Tabelle 24: Befundhäufigkeit knöcherner MRT-Befunde.

Befund am Knochen	Häufigkeit	Prozent
nein	71	35,0
ja	132	65,0
gesamt	203	100,0

Tabelle 25: Prozentuale Verteilung der Weichteilbefunde.

MRT Weichteilbefund	Häufigkeit	Prozent
nein	57	28,1
ja	146	71,9
gesamt	203	100,0

Tabelle 26: Prozentuale Häufigkeit von knöchernen MRT-Befunden bei Patienten ohne und mit Röntgenbefund.

			MRT-Befund am Knochen		Gesamt
			ohne Befund	mit Befund	
Anzahl			43	60	103
Röntgen- befund	ohne	% von Röntgenbefund	41,7	58,3	100
	Befund	% von MRT-Knochen	79,6	54,1	62,4
		% der Gesamtzahl	26,1	36,4	62,4
Anzahl			11	51	62
	mit	% von Röntgenbefund	17,7	82,3	100
	Befund	% von MRT-Knochen	20,4	45,9	37,6
		% der Gesamtzahl	6,7	30,9	37,6
Anzahl			54	111	165
Gesamt		% von Röntgenbefund	32,7	67,3	100
		% von MRT-Knochen	100	100	100
		% der Gesamtzahl	32,7	67,3	100

Tabelle 27: Prozentuale Häufigkeit von MRT-Weichteilbefunden bei Patienten ohne und mit Röntgenbefund.

			MRT-Weichteilbefund		Gesamt	
			ohne Befund	mit Befund1		
Anzahl			23	80	103	
Röntgen- befund	ohne	% von Röntgenbefund	22,3	77,7	100	
	Befund	% von MRT-Weichteil	47,9	68,4	62,4	
		% der Gesamtzahl	13,9	48,5	62,4	
		Anzahl			25	37
	mit	% von Röntgenbefund	40,3	59,7	100	
	Befund	% von MRT-Weichteil	52,1	31,6	37,6	
% der Gesamtzahl		15,2	22,4	37,6		
Anzahl			48	117	165	
Gesamt	% von Röntgenbefund		29,1	70,9	100	
	% von MRT-Weichteil		100	100	100	
	% der Gesamtzahl		29,1	70,9	100	

Tabelle 28: MRT-Befundhäufigkeit im Hufrollenbereich.

Hufrollenbefund	Häufigkeit	Prozent
nein	44	21,7
ja	159	78,3
gesamt	203	100,0

Tabelle 29: Prozentuales Auftreten von Hufgelenksbefunden einschließlich der Kollateralbänder im MRT.

Hufgelenksbefund	Häufigkeit	Prozent
nein	154	75,9
ja	49	24,1
gesamt	203	100,0

Tabelle 30: Prozentuale Befundhäufigkeit am Strahlbein.

Strahlbeinbefund	Häufigkeit	Prozent
nein	100	49,3
ja	103	50,7
gesamt	203	100,0

Tabelle 31: Befundhäufigkeit von TBS-Schäden.

TBS Befund	Häufigkeit	Prozent
nein	113	55,7
ja	90	44,3
gesamt	203	100,0

Tabelle 32: Befundhäufigkeit von Insertionstendopathien der TBS.

Insertionsbefund	Häufigkeit	Prozent
nein	168	82,8
ja	35	17,2
gesamt	203	100,0

Tabelle 33: Befundhäufigkeit von Desmopathien des Ligamentum distale impar.

Ligamentum distale impar	Häufigkeit	Prozent
ohne Befund	199	98,0
ja	4	2,0
gesamt	203	100,0

Tabelle 34: Prozentuale Häufigkeit durchgeführter extracorporaler Stoßwellenbehandlung.

Physikalische Therapie	Häufigkeit	Prozent
Keine	192	94,6
ESWT	11	5,4
Gesamt	203	100,0

Tabelle 35: Prozentuale Häufigkeit von Ergebnis der Hufgelenksanästhesie (hga) zu MRT-Befunden am Hufgelenk (hufgelenk).

			MRT-Hufgelenksbefund		Gesamt
			nein	ja	
Hufgelenks-anästhesie	negativ	Anzahl	125	37	162
		% von hga	77,2%	22,8%	100,0%
		% von hufgelenk	81,2%	75,5%	79,8%
	positiv	% der Gesamtzahl	61,6%	18,2%	79,8%
		Anzahl	29	12	41
		% von hga	70,7%	29,3%	100,0%
Gesamt	% von hufgelenk	18,8%	24,5%	20,2%	
	% der Gesamtzahl	14,3%	5,9%	20,2%	
	Anzahl	154	49	203	
	% von hga	75,9%	24,1%	100,0%	
	% von hufgelenk	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	75,9%	24,1%	100,0%	

Tabelle 36: Prozentuale Häufigkeit von Hufgelenksbehandlungen zu MRT-Befunden an der Hufrolle (hufrolle).

		MRT Befund Hufrolle		Gesamt	
		nein	ja1,000		
Hufgelenksbehandlung einmalig	Anzahl	5	20	25	
	% von Hufgelenksbehandlung	20,0%	80,0%	100,0%	
	% von hufrolle	62,5%	46,5%	49,0%	
	% der Gesamtzahl	9,8%	39,2%	49,0%	
	Mehr-malig	Anzahl	3	23	26
		% von Hufgelenksbehandlung	11,5%	88,5%	100,0%
% von hufrolle		37,5%	53,5%	51,0%	
% der Gesamtzahl		5,9%	45,1%	51,0%	
Gesamt	Anzahl	8	43	51	
	% von Hufgelenksbehandlung	15,7%	84,3%	100,0%	
	% von hufrolle	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	15,7%	84,3%	100,0%	

Tabelle 37: Prozentuale Häufigkeit von Ergebnis der Hufgelenksanästhesie (hga) zu MRT-Befunden an der Hufrolle (hufrolle).

			MRT-Befund Hufrolle		Gesamt
			nein	ja	
Hufgelenks anästhesie	negativ	Anzahl	40	122	162
		% von hga	24,7%	75,3%	100,0%
		% von hufrolle	90,9%	76,7%	79,8%
		% der Gesamtzahl	19,7%	60,1%	79,8%
	positiv	Anzahl	4	37	41
		% von hga	9,8%	90,2%	100,0%
		% von hufrolle	9,1%	23,3%	20,2%
		% der Gesamtzahl	2,0%	18,2%	20,2%
Gesamt	Anzahl	44	159	203	
	% von hga	21,7%	78,3%	100,0%	
	% von hufrolle	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	21,7%	78,3%	100,0%	

Tabelle 38: Prozentuale Häufigkeit von Ergebnis der diagnostischen Anästhesien (PosDiagnostischA) zu MRT-Befunden an der Hufrolle (hufrolle).

Hufgelenk (hg)
Mittlere Palmarnerven-anästhesie (mpa)
sowohl MPA als auch Hufgelenksanästhesie positiv (mpahg)
Tiefe Palmarnerven-anästhesie (tpa)
sowohl TPA als auch Bursa podotrochlearisanästhesie positiv (tpabur)
sowohl TPA als auch Hufgelenksanästhesie positiv (tpahg)

		Positive Diagnostische Anästhesie							Gesamt	
		hg	mpa	mpahg	tpa	tpabur	tpahg			
hufrolle 0	Anzahl	12	2	5	1	23	0	1	44	
	% von hufrolle	27,3%	4,5%	11,4%	2,3%	52,3%	0,0%	2,3%	100,0%	
	% von PosDiagnostisch eA	24,5%	22,2%	41,7%	50,0%	23,0%	0,0%	3,3%	21,7%	
	% der Gesamtzahl	5,9%	1,0%	2,5%	0,5%	11,3%	0,0%	0,5%	21,7%	
	1	Anzahl	37	7	7	1	77	1	29	159
		% von hufrolle	23,3%	4,4%	4,4%	0,6%	48,4%	0,6%	18,2%	100,0%
		% von PosDiagnostisch eA	75,5%	77,8%	58,3%	50,0%	77,0%	100,0%	96,7%	78,3%
		% der Gesamtzahl	18,2%	3,4%	3,4%	0,5%	37,9%	0,5%	14,3%	78,3%
Gesamt	Anzahl	49	9	12	2	100	1	30	203	
	% von hufrolle	24,1%	4,4%	5,9%	1,0%	49,3%	0,5%	14,8%	100,0%	
	% von PosDiagnostisch eA	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	24,1%	4,4%	5,9%	1,0%	49,3%	0,5%	14,8%	100,0%	

10 Danksagung

Ich möchte mich bedanken bei Herrn Professor Hartmut Gerhards, der mir im Rahmen einer Stipvisite in München zu einer klinisch orientierten Arbeit über die Kernspintomographie am Pferd geraten hat. Dies geschah in dem Wissen, dass eine externe Doktorarbeit eines tätigen Pferdetierarztes über die Strecke von München nach Hamburg nicht immer leicht zu betreuen ist. In diesem Zusammenhang möchte ich insbesondere Frau Dr. Kerstin Gerlach für Ihre wissenschaftlich beratende und vermittelnde Unterstützung danken.

Mein Dank gilt auch meinem Partner Dr. W. Jahn, der mich phasenweise von der klinischen Arbeit entbunden hat, um genügend Zeit und Energie für das Erstellen der Arbeit zu gewinnen.

Für die Auswertung und Bereitstellung der MRT-Befunde danke ich auch meinem Partner Dr. W. Jahn, insbesondere aber auch Ina Lorenz und Nina Steenbuck für die praktische Durchführung der Kernspintomographie bei den Pferdepatienten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Christine Jahntz und Anna Skorka für die Unterstützung bei Text- und Bildbearbeitung, bei Frau Dr. Sandra Freitag-Wolf für die wissenschaftliche Unterstützung bei der statistische Auswertung.

Last but not least bedanke ich mich bei Svenja für die liebevolle Entlastung in der Betreuung unseres Sohnes Mats und in der Arbeit auf unserem gemeinsamen Hof.

11 Lebenslauf

Name : Volker Sill

Geburtsort: Kiel

Geburtsdatum: 27.06.1960

Wohnort: 23816 Heiderfeld

Eltern: Kurt Sill
Eleonore Sill, geb. Stahl

Kinder: Janna, Hendrik und Mats

Schulbildung: Ludwig-Richter-Grundschule 1966-1970
Klaus-Groth-Realschule 1970-1976
Sozialwirtschaftliches Fachgymnasium Kiel 1976-1979

Berufsausbildung: Sanitätsausbildung Bundeswehr 1979-1981

Studium: Studium der Agrarwissenschaft bis Vordiplom
Christian-Albrechts-Universität Kiel 1982-1984

Studium der Veterinärmedizin an der
Freien Universität Berlin 1984-1989

Beruf: Assistenztierarzt an der Tierklinik Wahlstedt 1989-1993
Assistenztierarzt an der Tierärztlichen Klinik für Pferde Bargteheide
1993-1998
Partner an der Tierärztlichen Klinik für Pferde Bargteheide seit
1998