

3 Material und Methodik

3.1 Material

Es sind für diese Arbeit insgesamt 21 Hintergliedmaßen von 11 Pferden kernspin- und computertomographisch untersucht worden. Die zur Euthanasie vorgesehenen Pferde stammen aus dem Patientengut der Pferdekliniken Burg Müggenhausen, Hochmoor und Binger Wald. Bei keinem der Pferde lagen vorberichtlich Hinweise auf Probleme in Bereichen der Hintergliedmaßen vor, alle sind wegen anderer Grunderkrankungen euthanasiert worden. Mit Ausnahme eines Falles sind alle Pferde zuerst einer Ultraschall Untersuchung unterzogen worden, um Patienten mit einer Fesselträgererkrankung auszuschließen. Es sind hierfür sonographisch transversale und longitudinale Schnittbilder des M.interosseus medius angefertigt worden.

Bei der Patientenauswahl wurden keine Einschränkungen in Bezug auf Rasse und Alter der Patienten vorgenommen. Von 10 Tieren sind beide Hintergliedmaßen vergleichend untersucht worden, bei einem nur die rechte Extremität. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über Rasse, Alter und Geschlecht der zur Untersuchung herangezogenen Pferde.

Pferd Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Gewicht (ca.)	Hintergliedmaße
1.	Isländer	7	Stute	430	Beidseits
2.	Westfale	13	Wallach	580	Beidseits
3.	Vollblut	4	Hengst	400	Beidseits
4.	Hesse	8	Stute	550	Beidseits
5.	Araber	25	Wallach	420	Beidseits
6.	Trakehner	9	Wallach	520	Beidseits
7.	Vollblut	4	Hengst	430	Rechts
8.	Haflinger	15	Stute	530	Beidseits
9.	Quarter Horse	8	Stute	500	Beidseits
10.	Holsteiner	14	Stute	560	Beidseits
11.	Friese	<1	Hengst	180	Beidseits

Tabelle 5 Tabellarische Beschreibung der in dieser Arbeit verwendeten Präparaten

3.2 Methode

3.2.1 Gewinnung des Präparates

Nach Sedation mit Romifidin (0,4 – 0,8ml/ 100kg KGW i.v.) wurden die Probanden mit Diazepam (0,8ml/ 100kg KGW i.v.) und Ketamin (3ml/ 100kg KGW i.v.) in Narkose gelegt und nach deren Eintritt mit T61® (20ml pro 100 kg KGW i.v.) euthanasiert. Die Gliedmaßen wurden in Höhe der proximalen Tarsalgelenksreihe abgesetzt und innerhalb der folgenden 36 Stunden einer kernspintomographischen Untersuchung zugeführt. Im Vorfeld einer MR-Untersuchung ist es notwendig die Hufeisen zu entfernen, um eine Reaktion im Magnetfeld zu vermeiden und einer Artefaktbildung vorzubeugen.

3.2.2 Anatomisch-präparatorische und histologische Untersuchungen

Bei 11 abgesetzten Hintergliedmaßen wurde der M.interosseus medius in einer anatomischen Präparation freigelegt. Es handelte sich um 4 linke und 7 rechte Gliedmaßen. Während bei drei dieser Extremitäten der M.interosseus medius in seiner gesamten Ausdehnung vom proximalen Ursprungsbereich bis zur Verschmelzung der Unterstützungssehnen mit der langen Strecksehne freipräpariert wurde, diente die Arbeit an den übrigen sechs Gliedmaßen ausschließlich zur Darstellung des Ursprungsbereiches vom proximalen Metatarsusbereich bis zum Calcaneus.

Aus folgenden Bereichen des M.interosseus medius sind im Institut für Veterinäranatomie der freien Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, histologische Schnittpräparate angefertigt und untersucht worden:

- Proximale Ursprungssehne
- Ursprungsbereich am Os metatarsale III
- Bauch des M.interosseus medius
- Fesselträgerschenkel

Im Anschluss an die Präparation wurde das Untersuchungsmaterial mit 4 %iger Formalinlösung fixiert und in Paraffin eingebettet. Danach erfolgte die Herstellung der

benötigten 6µm Paraffinschnitte. Die histologischen Präparate sind mit Toulouidinblau, einer Hämotoxylin-Eosin- oder Trichromfärbung nach Goldner (ROMEIS 1989) bearbeitet worden. Das präparatorische sowie histologische Untersuchungsmaterial wurde mithilfe digitaler Photographien gespeichert und nach Bearbeitung mit „Microsoft Office Word“ und „Power Point 2003“ in diese Arbeit übernommen.

3.2.3 Magnetresonanztomographische Untersuchung

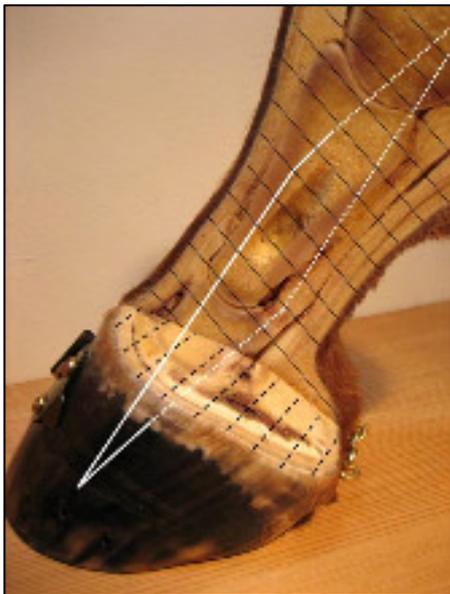
Der MR-Tomograph des veterinärmedizinischen Diagnosezentrums „Magnostic GmbH“ in Gundersheim kam zur Anwendung (Abb. 38). Die Anlage arbeitet mit einem 1,0 Tesla Kryomagnet und ist speziell für die Anwendung am Pferd und Kleintier in Vollnarkose ausgerichtet.



**Abb. 38 Photo des Kernspintomographen der Magnostic GmbH in Gundersheim
A- Patientenlagerungstisch; B- 1.0 Tesla Magnet; C- Patient in Seitenlage**

Zur Kontrolle der Sequenzen und Bearbeitung der Bilder wird Software der Firma „Bruker“ genutzt. Es sind Schnittbilder in transversaler, sagittaler und frontaler Projektion angefertigt worden (Abb. 39). Während bei 17 Gliedmaßen die MR-Untersuchung auf den Ursprungsbereich und den Bauch des M.interosseus medius konzentriert wurde, sind 4 Fesselträger in ihrer gesamten Ausdehnung bis zur Einstrahlung der Unterstützungssehnen in die gemeinsame Strecksehne gescannt worden. Es fanden GEFI und T1-gewichtete Sequenzen Anwendung, wobei die Bildparameter variierten und gesondert in den Tabellen 6-8 dargestellt werden. Um übersichtliche Referenzbilder zu erhalten, wurde das „Field of View“ mit bis zu 45 cm für die sagittalen Aufnahmen möglichst groß gewählt und damit ein Verlust der Auflösungsstärke in den Randbereichen in Kauf genommen. Zur Beurteilung und

Bewertung der anatomischen Strukturen sind in dieser Arbeit primär die transversalen Schnittbilder herangezogen worden. Das „Field of View“ lag dabei, je nach Größe der Gliedmaße, bei 23 oder 16 Zentimetern. Sagittale und frontale Bilder dienten vorrangig zur Orientierung und übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse. Für die frontalen Ansichten wurde ausschließlich ein „Field of View“ von 23 cm verwendet, womit für eine durchgängige Darstellung des M. interosseus medius immer zwei Sequenzen notwendig waren. Die Unterschiede der dabei verwendeten Parameter sind ebenfalls in den untenstehenden Tabellen aufgeführt.



**Abb. 39 MRT Projektionsebenen dargestellt am anatomischen Präparat eines Pferdehufes:
Durchgehend schraffiert- Sagittale Ebene;
Gestrichelt schraffiert- Transversale Ebene; Weiß umrahmt- Frontale Ebene**

Zur Durchführung der Untersuchung sind die Präparate zentral im Magneten in einer Zirkulärspule platziert worden. Mit Schaumstoffpolstern konnte eine Stabilisierung erreicht werden. Um den M.interosseus medius in seiner gesamten Länge darzustellen, mussten 2 der 4 Präparate aufgrund ihrer Länge im Verlauf der Untersuchung zwei Mal in das Zentrum des Magnetfeldes nachgerückt werden. Nach Beendigung der MRT-Untersuchungen wurden die Präparate, möglichst ohne deren Haltungen zu verändern, eingefroren.

Die Bilder wurden in digitaler Form abgespeichert. Die Betrachtung der Originalbilder erfolgte mit der Bruker Software. Zur Umwandlung der Originaldaten zu den in dieser Arbeit verwendeten Bildern im Jpeg-Format waren drei weitere Bildbearbeitungsschritte notwendig. Dazu erfolgte die Konvertierung der Bilder am PC mit den Programmen „Bru2Ans“, „Micro“ und dem Betrachtungsprogramm „Osiris“. Die Gestaltung der Bildlegenden wurde am PC mit „Microsoft Office Word und Power Point 2003“ durchgeführt.

Sequenzen (Transversal)	GEFI	T1 - (Ursprung, Bauch)	T1 - (FT-schenkel + Tendo accessoria)
FOV (cm)	23	23	16
Flip Angle (°)	50	/	/
TR (ms)	743,2	914,2	914,2
TE (ms)	10,5	14,0	14,0
Matrix (Pixel)	256x256	256x256	256x256
Schnittdicke (mm)	3	3	3
Schnittabstand (mm)	3,3	3,3	3,3

Tabelle 6 Untersuchungsparameter der in dieser Arbeit dargestellten transversalen MR Schnittbilder

Sequenzen (Sagittal)	GEFI (Übersicht)	GEFI (Detailliert)	T1
FOV (cm)	45	23	23
Flip Angle (°)	50	50	/
TR (ms)	487,0	487,0	599,0
TE (ms)	10,5	10,5	14,0
Matrix (Pixel)	512x512	256x256	256x256
Schnittdicke (mm)	3	3	3
Schnittabstand (mm)	3,3	3,3	3,3

Tabelle 7 Untersuchungsparameter der in dieser Arbeit dargestellten sagittalen MR Schnittbilder

Sequenzen (Frontal)	GEFI (prox.)	GEFI (dist.)	T1 (prox.)	T1 (dist.)
FOV (cm)	23	23	23	23
Flip Angle (°)	50	50	/	/
TR (ms)	487,0	384,4	599,0	472,9
TE (ms)	10,5	10,5	14,0	14,0
Matrix (Pixel)	256x256	256x256	256x256	256x256
Schnittdicke (mm)	3	3	3	3
Schnittabstand (mm)	3,3	3,3	3,3	3,3

Tabelle 8 Untersuchungsparameter der in dieser Arbeit dargestellten frontalen MR Schnittbilder

3.2.4 Computertomographische Untersuchung

Die computertomographischen Untersuchungen fanden in der Tierklinik Hochmoor statt. Die Gliedmaßen der Pferde 1-9 wurden am Tomographen SCT-3000TF der Firma Shimadzu angefertigt. Dieses System ließ keine digitale Abspeicherung und Bearbeitung des Bildmaterials zu. Im Rahmen einer Neuanschaffung in der Tierklinik bot sich für die Untersuchungen der Hinterextremitäten der Pferde 10 und 11 die Möglichkeit, den Computertomographen Somotom Plus 4 der Firma Siemens für die Untersuchungen zu nutzen, welcher eine digitale Archivierung des Bildmaterials zuließ (Abb. 40).



Abb. 40 Photo des Computertomographen der Tierklinik Hochmoor

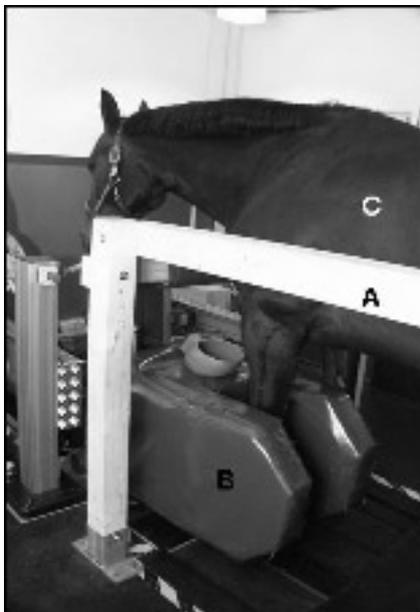
A- Patientenlagerungstisch Kleintier; B- Patientenlagerungstisch Pferd; C- Gantry

Die Präparate sind dafür mit der dorsalen Seite auf dem Untersuchungstisch positioniert worden, wobei eine Stabilisierung mit Schaumstoffpolstern erfolgte. Bei der Lagerung wurde beachtet, dass der längs ausgerichtete Lichtstrahl des Lichtvisieres genau mittig über die Gliedmaße verlief. Zu Beginn jeder computertomographischen Untersuchung wurde eine Übersichtsaufnahme (so genanntes Topogramm oder Scanogramm) des Untersuchungsabschnittes angefertigt, anhand dessen der gewünschte Aufnahmebereich und die geeigneten Schichtpositionen festgelegt wurden. Bei allen Präparaten ist der M.interosseus medius in seiner gesamten Ausdehnung von Ursprung bis zur Vereinigung mit der gemeinsamen Strecksehne dargestellt worden. Ausschließlich die Weichteilfenster

Einstellungen fanden in dieser Arbeit Anwendung. Die CT-Untersuchung erfolgte in der üblichen transversalen (axialen) Schnittführung. Standardmäßig wurden eine Schichtdicke von einem Millimeter und ein Scheibenabstand von fünf Millimeter gewählt. Die Röhrenspannung lag bei 120 kV mit 400 mA bei einer Scandauer von 4,5 sec. Die gemessenen Daten aus einer Röhren/Detektor-Rotationsphase wurden vom SMI Synchro®-Computer (Siemens Medical Imaging) verarbeitet, um das gewünschte transversale Bild für jede Schicht zu erzeugen. Die digitale Archivierung des Bildmaterials erlaubte eine Nachbearbeitung mit einem PC und „Windows Office Word und Power Point 2003“.

3.2.5 Klinische Untersuchungen

Die klinischen Fälle wurden beispielhaft aus dem Patientengut der Pferdeklinik Burg Müggenhausen ausgewählt, um den diagnostischen Nutzen der Kernspintomographie in der Pferdeorthopädie zu verdeutlichen. Dort kam der „Hallmarq Distal Limb Scanner“ zum Einsatz, welcher eine MR Untersuchung am stehenden Pferd zulässt (Abb. 41).



**Abb. 41 „Hallmarq Distal Limb Scanner“ – MR Tomograph zur Untersuchung eines stehenden Pferdes (Pferdeklinik Burg Müggenhausen)
A- Untersuchungsstand; B- 0,28 Tesla Magnet; C- Patient**

Dabei handelt es sich um ein sogenanntes „Low-Field“ System, welches mit einer permanenten Magnetfeldstärke von 0.28 Tesla arbeitet. Der Polabstand beträgt 23 cm und die bewegliche Anbringung des Magneten ermöglicht Untersuchungen vom distalen Zehenabschnitt des Pferdes bis proximal zum Karpal- bzw. Tarsalgelenk. Der Patient wird dafür unter einer Sedation so im Untersuchungsstand positioniert, dass der zu untersuchende

Gliedmaßenabschnitt im Zentrum des Magnetfeldes liegt. Anschließend wird eine aufklappbare RF- Spule um diesen Bereich fixiert. Um etwaige Bewegungsartefakte bestmöglich zu limitieren, besteht die Möglichkeit zur Verwendung einer sogenannten „Motion Correction“ Software. Tabelle 9 gibt die Parameter der verwendeten Sequenzen wieder. Es wurden T1 und T2 gewichtete Sequenzen von den untersuchten Patienten angefertigt. Das System arbeitet mit einer auf Windows NT basierenden Software. Zur Bewertung der Untersuchungsergebnisse ist der „Cura Systems Viewer“ herangezogen worden, welcher eine Abspeicherung der Bilder im Jpeg-Format erlaubt. Die Beschriftung der Bilder erfolgte mit „Microsoft Office Word und Power Point 2003“.

Sequenzen	T1 Sagittal	T1 Transv.	T1 Frontal	T2 Sagittal	T2 Frontal
FOV (cm)	17	17	17	17	17
Flip Angle (°)	50	50	50	28	28
TR (ms)	49	49	49	64	12
TE (ms)	8	8	8	64	12
Matrix (Pixel)	256x256	256x256	256x256	256x256	256x256
Schnittdicke (mm)	5	5	5	5	5
Schnittabstand (mm)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Tabelle 9 Untersuchungsparameter des „Hallmarq Distal Limb Scanners“ 2004-05