

# Die sonographische Darstellung der Schulterregion des Pferdes unter besonderer Berücksichtigung von klinisch relevanten Strukturen

Christian Detmer<sup>1</sup>, Eberhard Mettenleiter<sup>2</sup> und Lutz-F. Litzke<sup>3</sup>.

Pferdeklinik Kerken<sup>1</sup>, Ehemals Pferdeklinik Kerken<sup>2</sup> und Chirurgische Veterinärklinik, Chirurgie des Pferdes, der Justus-Liebig-Universität Gießen<sup>3</sup>

## Zusammenfassung

Es werden die Möglichkeiten der sonographischen Darstellbarkeit verschiedener Strukturen der Schulterregion des Pferdes erarbeitet, Standarduntersuchungsebenen vorgeschlagen und den Ultraschallbildern angepasste anatomische Vergleichsschnitte erstellt. Außerdem wird ein neuer Punkt zur Arthrozentese vorgestellt und eine umstrittene Verbindung zwischen Bursa intertubercularis und Schultergelenk überprüft. Die Untersuchungen erfolgten an 23 Gliedmaßen unter Einsatz eines 6,0 / 8,0 MHz Linear- und eines 5,0 / 7,5 MHz Mehrfachwinkelsektorschallkopfes.

**Schlüsselwörter:** Ultraschall, Schultergelenk, Bizepssehne, Bursa intertubercularis, Pferd

## The sonographic representation of the shoulder region in horses with special consideration of clinically relevant structures

The possibilities of sonographic representation of various structures in the shoulder region of the horse are elaborated, standardized diagnostic planes suggested and comparative anatomical preparations adapted to the ultrasound pictures made. Furthermore, a new aspect of arthrocentesis is presented and the controversial connection between the bicipital bursa and the shoulder joint is examined. In vivo ultrasound was performed on 23 limbs using a linear probe (6,0 or 8,0 MHz) and a multiple angle sector probe (5,0 or 7,5 MHz). For the sonographical examinations, the shoulder region was divided into 4 diagnostic areas with an overall of 16 diagnostic planes. These diagnostic planes and the structures associated with them were selected for their clinical relevance and their relation to easily palpable anatomical spots in order to ensure an easy reproducibility. The tendon of the biceps brachii muscle was evaluated in its full extension from its origin at the supraglenoid tubercle, along the shoulder joint and the intertubercular groove, up to its transition into the muscle, as well as, the underlying bursa. Furthermore, the 2 terminal tendons of the supraspinatus muscle were examined. The visible shoulder joint portions of the lateral shoulder region (joint capsule, synovial space, scapula, and head of the humerus) were evaluated and the terminal tendon of the infraspinatus muscle as well as the underlying bursa were represented. In the scapula region the scapular spine and the area around the turning point of the suprascapular nerve were examined. All mentioned structures with the exception of the scapular spine were measured by means of a scanner-integrated measuring device. Postmortal arthrocentesis and colouring of the joint was performed on one shoulder of each of the 18 euthanized horses. Hereby, a position just caudally to the infraspinatus tendon, ca. 1 cm caudally to the centre of the caudal eminence of the greater tubercle, was chosen. A methyl blue coloration was used to test the existence of a controversially discussed connection between the shoulder joint and the intertubercular bursa. In one of the 18 examined cases the bursa was also coloured. A connection between these two synovial structures can therefore not be ruled out. Sonography of the shoulder region of the horse, proves to be a very good alternative of examination, since it requires only little time and few materials and personnel and can also be carried out on-site. Furthermore, sonography neither involves any danger of x-ray contamination for the examiner, nor any anaesthetic risk for the patient.

**Keywords:** ultrasound, shoulder joint, bicipital tendon, bursa intertubercularis, horse

## Einleitung

Lahmheiten im Bereich der Vordergliedmaße, deren Ursache nicht oder nicht eindeutig in den distalen Gliedmaßenabschnitten zu diagnostizieren sind, werden häufig als Schulterlahmheit interpretiert. Dyson (1986b) konnte jedoch nur bei 40 % der mit Verdacht auf Schulterlahmheit überwiesenen Patienten diese auch verifizieren.

Für die weiterführende Diagnostik im Schulterbereich sind neben verschiedenen bildgebenden Verfahren wie Radiologie (Dyson 1986a; Ueltschi 1993; Stadtbäumer 1999; u. a.) und Szintigraphie (Stadtbäumer 1999; Doyle und White II 2000)

auch invasive Verfahren wie Arthrozentese (Dyson 1986a, 1986b), Arthroskopie (Trotter und McIlwraith 1996), Arthrotomie (Mason und McLean 1977; DeBouwes 1982) und Arthrographie (Nixon und Spencer 1990) beschrieben. Die sonographische Untersuchung wird zwar in einigen Fallbeschreibungen eingesetzt (Neuberth et al. 1990; Adams und Blevins 1989; Grant et al. 1992; Pugh et al. 1994; Dik et al. 1996; Braxmeier et al. 1999), eine Standardisierung mit genau definierten Schnittebenen erfolgte weder in den ausführlicheren Untersuchungen von Stanek und Edinger (1992) noch bei Crabill et al. (1995). Tnibar et al. (1999) differenzieren nur Untersuchungszonen im kranialen und lateralen Schulterbereich.

Da die Sonographie eine gute Untersuchungsalternative darstellt, die mit relativ geringem Kosten- und Personalaufwand verbunden ist, dabei gleichzeitig nur ein sehr geringes Risiko (evt. Sedation) in sich birgt, ist es Ziel der Studie, Standarduntersuchungsebenen im Schulterbereich des Pferdes festzulegen, die darin erkennbaren Strukturen auszumessen und zu beschreiben. Da profunde Anatomiekenntnisse die Grundlage einer sonographischen Untersuchung sind, wurden korrespondierend zu jedem Sonogramm anatomische Schnittpräparate angefertigt und diesem gegenübergestellt. Dadurch soll eine sehr gute Reproduzierbarkeit für den täglichen Einsatz in der Praxis geschaffen werden. Die Auswahl der Untersuchungsebenen bzw. der darin erkennbaren Strukturen erfolgte zum einen nach deren klinischer Bedeutung, zum anderen unter Berücksichtigung markanter anatomischer Strukturen, die eine einfache Orientierung erlauben.

## Material und Methode

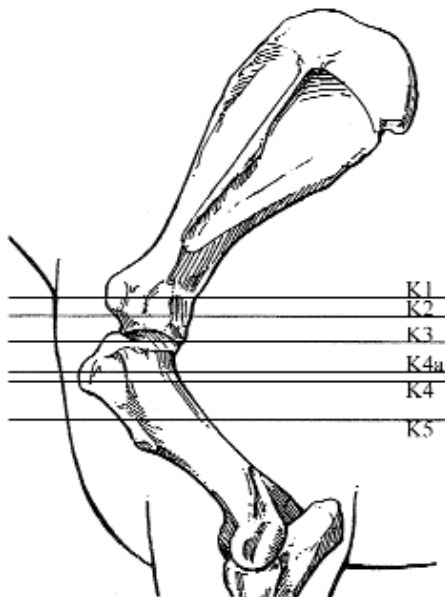
Im Rahmen der Untersuchung wurden 23 Gliedmaßen von 13 klinisch gesunden, ausgewachsenen Warmblutpferden mittels eines transportblen „Scanner 240“ der Firma Pie Medical unter Verwendung eines Linear- (6,0 / 8,0 MHz) und eines Sektorschallkopfes (Mehrfachwinkel, 5,0 / 7,5 MHz) sonographiert. Bei allen Probanden wurde eine klinische Lahmheitsuntersuchung durchgeführt, die in allen Fällen ohne besonderen Befund verlief, auch waren vorberichtlich keine Lahmheiten bekannt. Zu Beginn jeder Untersuchung wurde der Untersuchungsbereich rasiert und die Pferde, wenn

chert und konnten später erneut geladen und ausgemessen werden. Der gesamte Untersuchungsgang wurde zusätzlich mit einem externen Videorecorder auf Videobändern aufgezeichnet.

Die Schulterregion wurde in 4 Bereiche unterteilt (kranialer (K), lateraler (L), proximaler (P) und Schultergelenksbereich (S)), welchen jeweils mehrere Untersuchungsebenen zugeteilt wurden (vgl. Abb. 1-4). In jeder Untersuchungsebene wurden sowohl Horizontal- als auch Sagittalschnitte angefertigt.

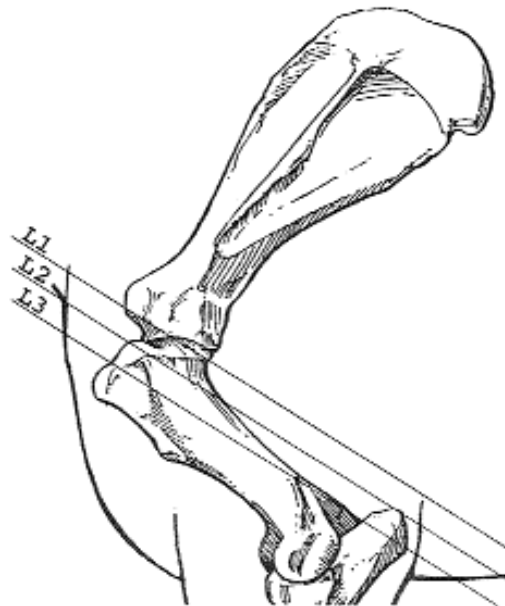
Beurteilt wurde die Sehne des Musculus biceps brachii, von ihrem Ursprung am Tuberculum supraglenoidale über das Buggelenk und den Sulcus intertubercularis hinweg, bis zu ihrem Übergang in den Muskel, sowie die sie unterlagernde Bursa intertubercularis. Desweiteren erfolgte eine Untersuchung der beiden Endsehnen des Musculus supraspinatus. Im lateralen Schulterbereich wurden die darstellbaren Schultergelenkanteile (Gelenkkapsel, Synovialraum, Scapula und Humeruskopf) evaluiert und die Endsehne des Musculus infraspinatus sowie die sie unterlagernde Bursa subtendinea musculi infraspinati dargestellt. Im Bereich der Scapula wurden die Spina scapulae und der Bereich der Umschlagstelle des Nervus suprascapularis untersucht. Die genannten Strukturen wurden vermessen und in allen Einstellungen wurden die überlagernde Muskulatur und die Knochenoberflächen betrachtet.

Zur Erstellung der korrespondierenden Anatomieschnittpräparate wurden 8 Extremitäten unmittelbar nach Eintritt des



**Abb 1** Untersuchungsebenen kran. Schulterbereich  
Diagnostic planes cran. shoulder region

notwendig mit Detomidinhydrochlorid (Domosedan, Pfizer, 10-20 µg/kg Körpermasse) sediert, so dass eine Untersuchung am ruhigen, nicht wankenden Pferd möglich war. Dabei wurde auf eine regelmäßige Gliedmaßenstellung unter gleichmäßiger Belastung beider Vordergliedmaßen geachtet. Stets erfolgte das Procedere in einem ruhigen, abgedunkelten Raum, um ein zu „lautes“ Schallen zu unterbinden. Die erzeugten Ultraschallbilder wurden als Standbilder mittels geräteintegriertem Diskettenlaufwerk auf Disketten gespei-



**Abb 2** Untersuchungsebenen lat. Schulterbereich  
Diagnostic planes lat. shoulder region

Todes vom Tierkörper getrennt und bei mindestens -18°C bis zur Schnittanfertigung gelagert. Die gefrorenen Gliedmaßen wurden dann mittels einer Bandsäge entsprechend den Untersuchungsebenen durchtrennt. Bedingt durch die Durchtrennung der Schultergürtelmuskulatur bei der Exartikulation und das Einfrieren dieser dann nicht mehr fixierten Strukturen ist es nicht möglich die genaue physiologische Situation wiederzugeben. Individuelle Unterschiede in der Ausprägung der untersuchten Strukturen verstärken diesen Effekt. Daher

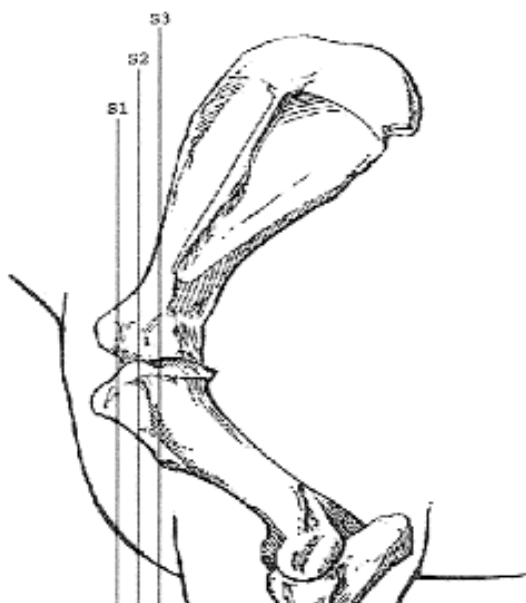
kommt es bei wenigen Einstellungen zu geringgradigen Differenzen zwischen Sonogramm und Schnittpräparat.

Um eine in der Literatur umstrittene Verbindung zwischen Schultergelenk und Bursa intertubercularis zu untersuchen, instillierten wir eine Methylenblaulösung unmittelbar post mortem in das Schultergelenk von 18 toten Pferden, die zuvor aus internistischen Gründen euthanasiert wurden und bei denen keine Lahmheit bekannt war.

Wir punktierten nach ausführlicher Studie der Gegebenheiten im Gelenksbereich und in Anlehnung an den von Nixon (1987) beschriebenen arthroskopischen Zugang zum Bugelenk unmittelbar kaudal der Infraspinatussehne das Gelenk auf mittlerer Höhe des Tuberculum majus pars caudalis, ca. 1 cm kaudal dieses Knochenvorsprungs. Wir verwendeten für die Punktion wahlweise Kanülen mit den Abmessungen 1,2 x 100 mm oder 1,5 x 90 mm.

## Ergebnisse

Die sonographischen Befunde werden anhand einer markanten Untersuchungsebene aus jeder der 4 Schulterregionen stellvertretend dargestellt. Die Selektion erfolgte aufgrund der klinischen Bedeutung, der eindeutigen und klaren Darstellung der Strukturen sowie ihrer einfachen Zuordnung zu anatomisch markanten Punkten. Es werden jeweils das anatomische Übersichtsbild mit korrespondierendem Detail, das Ultraschallbild sowie die ermittelten Messwerte aufgeführt.



**Abb 3** Untersuchungsebenen Schultergelenk  
Diagnostic planes shoulder joint

Kranialer Schulterbereich, Untersuchungsebene K 4 lateral, Horizontalschnitt (Abb. 5a-c).

Aufgrund der Breite der Bizepssehne und ihrer leicht gewölbten Form ist es nicht möglich sie adäquat in einem Sonogramm darzustellen. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden ist eine getrennte Untersuchung von lateralem und medialem Anteil unumgänglich. Unter Verwendung eines dualen B-Bildes lässt sich unter Umständen der gesamte Querschnitt aufzeigen.

Zwischen dem oberflächlich verlaufenden M. brachiocephalicus und der Bizepssehne befindet sich stark echogenes Gewebe, das schwer von dieser abzugrenzen ist. Es handelt sich hierbei unter anderem um tiefe Anteile der Fascia brachii.

Der tendinöse Anteil des M. biceps brachii tritt in dieser Einstellung durch sein homogenes, feines, stark reflexgebendes Erscheinungsbild hervor. Er füllt den lateralen Anteil des Sulcus intertubercularis vollkommen aus und besitzt hier auch seine größte kranio-kaudale Ausdehnung. In Richtung auf das Tuberculum intermedium verjüngt er sich wieder.

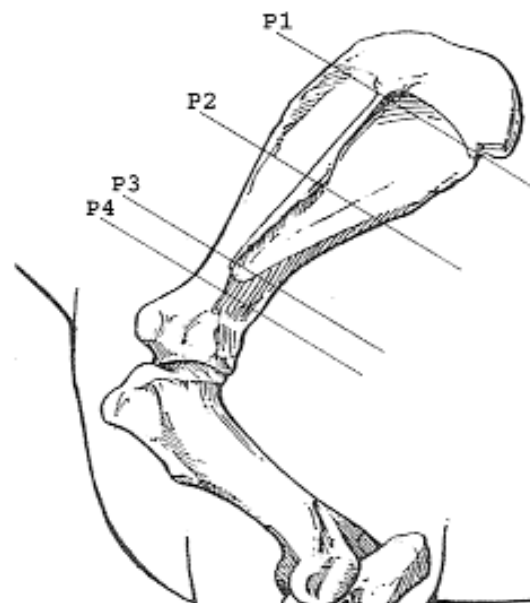
Die Knochenoberfläche des Sulcus intertubercularis zeigt sich als glatte, geschwungene, mittelstark bis stark reflektierende Distalbegrenzung des Ultraschallbildes.

Ihr folgt nach proximal eine parallel verlaufende, echofreie, beziehungsweise vereinzelte Echos aufweisende Zone. Dabei handelt es sich um die Bursa intertubercularis und den der Knochenlamelle aufgelagerten Knorpel. Beide Strukturen sind kaum voneinander abgrenzbar. Auf der Lateralseite der Bizepssehne überragt dieser Bereich das Tuberculum majus nur geringgradig.

## Messwerte

### Sehne des M. biceps brachii

Stärke (kranio-kaudal, im Bereich lat. Sulcus) 2,1 +/- 0,22 cm

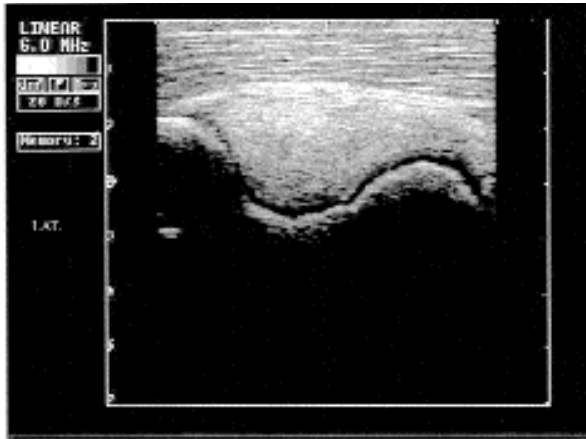


**Abb 4** Untersuchungsebenen prox. Schulterbereich  
Diagnostic planes prox. shoulder region

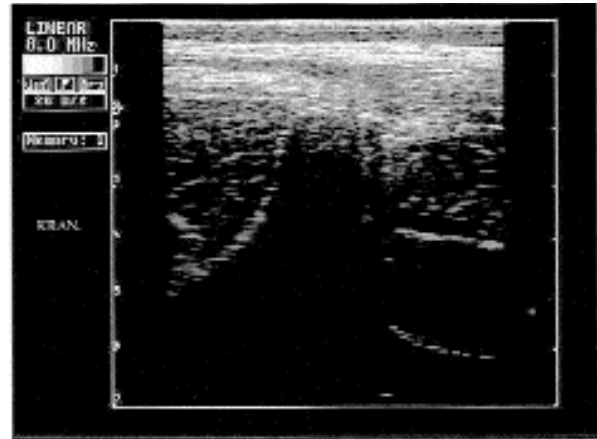
Stärke (kranio-kaudal, im Bereich Tub. int.) 1,1 +/- 0,29 cm  
Breite des lat. Anteils 3,78 +/- 0,34 cm  
(vom Tub. int. zum lateralen Punkt)

### Bursa intertubercularis

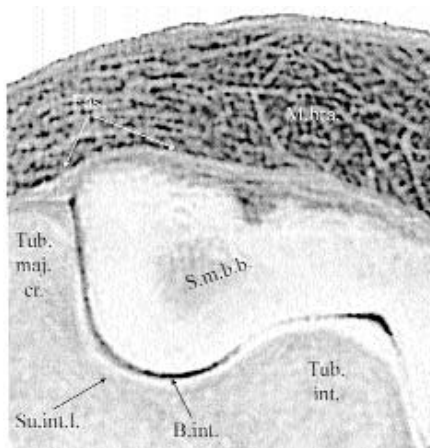
Stärke (kranio-kaudal, im Bereich lat. Sulcus) 0,26 +/- 0,1 cm  
Stärke (kranio-kaudal, im Bereich Tub. int.) 0,21 +/- 0,08 cm



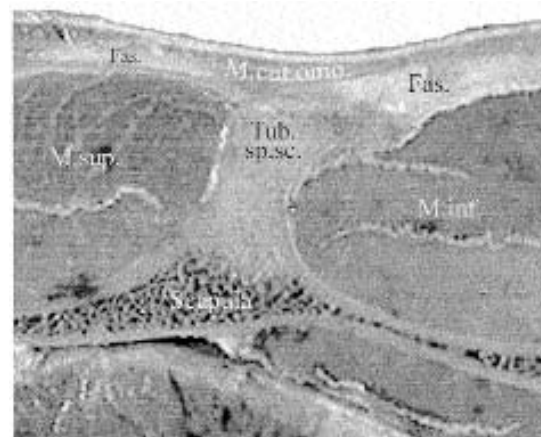
**Abb 5a** Sonogramm Untersuchungsebene K 4 lat. horizontal  
Sonogram diagnostic plane K 4 horizontal



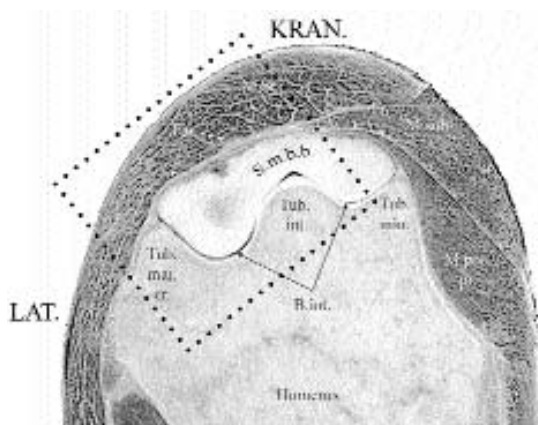
**Abb 6a** Sonogramm Untersuchungsebene P 2 lat. horizontal  
Sonogram diagnostic plane K 4 horizontal



**Abb 5b** Anatomischer Schnitt Ebene K 4 (Detail)  
Anatomical preparation plane K 4 (detail)



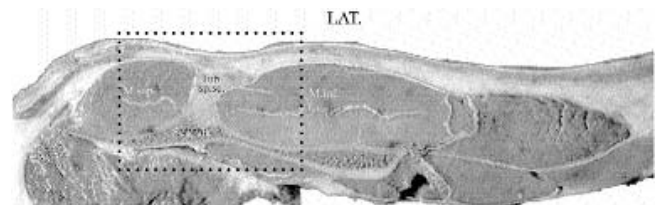
**Abb 6b** Anatomischer Schnitt Ebene P 2 (Detail)  
Anatomical preparation plane P 2 (detail)



**Abb 5c** Anatomischer Schnitt Ebene K 4 (Übersicht)  
Anatomical preparation plane K 4 (overview)

Proximaler Schulterbereich, Untersuchungsebene P 2, Horizontalschnitt (Abb. 6a-c):

Je nach Körperstatur des Pferdes kann in dieser Ebene die Verwendung einer Vorlaufstrecke von Vorteil sein. Bei Verwendung der 8,0 MHz Sonde war dies aber in den meisten Fällen nicht notwendig.



**Abb 6c** Anatomischer Schnitt Ebene P 2 (Übersicht)  
Anatomical preparation plane P 2 (overview)

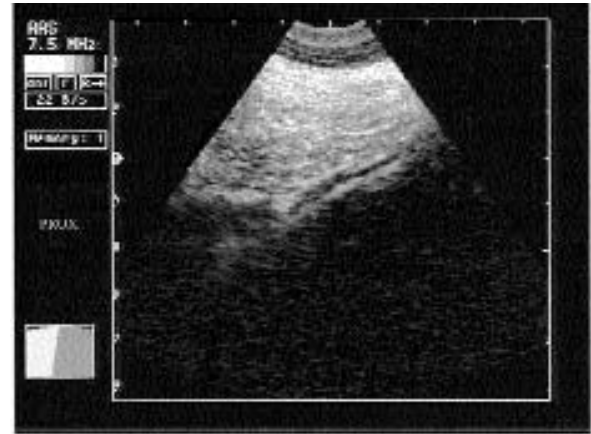
Scannernah befinden sich die Hautschichten, gefolgt vom M. cutaneus omobrachialis. Unmittelbar anschließend stellen sich stark echogene Strukturen dar, bei denen es sich um Faszien- bzw. intermuskuläres Bindegewebe handelt.

Im mittleren Bildbereich erscheint fingerförmig die Knochengrenze der Spina scapulae. Sie ist im Spitzenbereich (Tuber spina scapulae) durch starke, unregelmäßige Reflexionen gekennzeichnet und der auf kranialer Seite abfallende Schenkel zeichnet sich durch schwache, mittelgrobe Signale aus. Kaudal der Schulterblattgräte ist die Knochenoberfläche der Scapula erst wieder im unteren Sonogrammbereich in Form schwacher Echos zu erkennen. Die Spina scapulae erzeugt aufgrund der rauen Oberfläche des Tuber spina scapulae einen inkompletten Schallschatten.

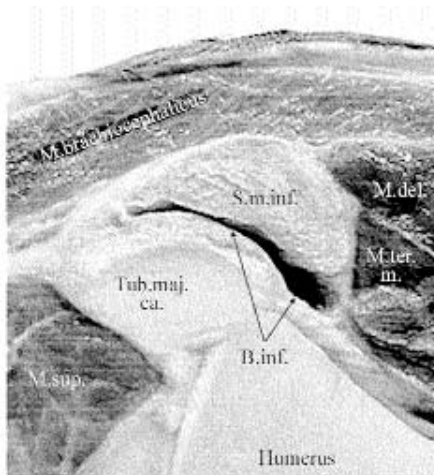




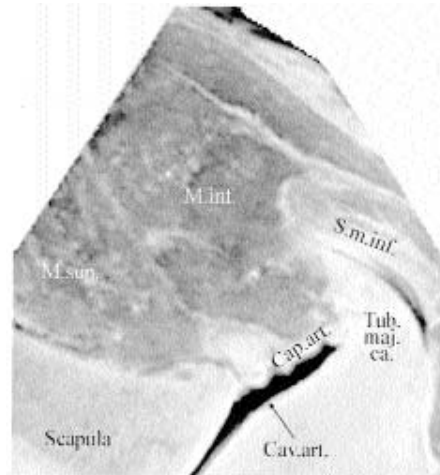
**Abb 7a** Sonogramm Untersuchungsebene L 2 lat. horizontal  
Sonogram diagnostic plane L 2, horizontal



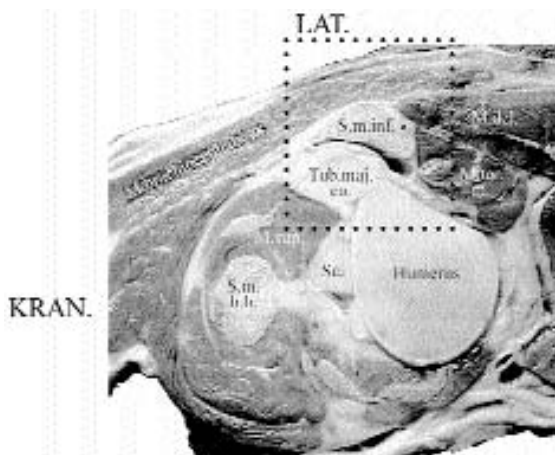
**Abb 8a** Sonogramm Untersuchungsebene S 2 lat. horizontal  
Sonogram diagnostic plane S 2, horizontal



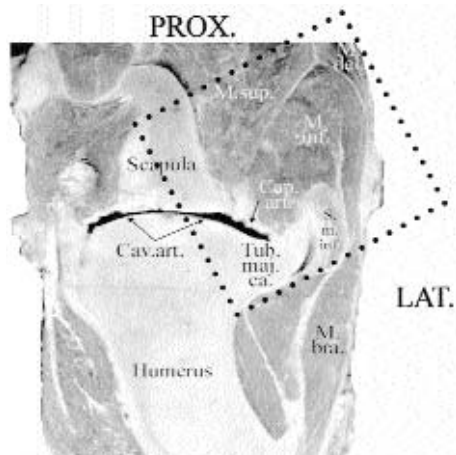
**Abb 7b** Anatomischer Schnitt Ebene L 2 (Detail)  
Anatomical preparation plane L 2(detail)



**Abb 8b** Anatomischer Schnitt Ebene S 2 (Detail)  
Anatomical preparation plane S 2(detail)



**Abb 7c** Anatomischer Schnitt Ebene L 2(Übersicht)  
Anatomical preparation plane L 2(overview)



**Abb 8c** Anatomischer Schnitt Ebene S 2 (Übersicht)  
Anatomical preparation plane S 2 (overview)

Die Mm. supraspinatus et infraspinatus zeigen dem Hautmuskel gegenüber eine hypoechogene Struktur.

Lateraler Schulterbereich, Untersuchungsebene L 2, Horizontalschnitt (Abb. 7a-c)

Im proximalen Bildausschnitt sind die Hautschichten und daran anschließend der M. brachiocephalicus zu erkennen. Die

Sehne des M. infraspinatus stellt sich als echostarke, gleichmäßige Struktur dar, die der Knochengrenze des Tuberculum majus pars caudalis halbmondförmig aufliegt. Es sind drei übereinander liegende, gleichartige Anteile zu unterscheiden. Zwischen der durch feine, dicht beieinander liegende Reflexe geprägten Knochenoberfläche und der Sehne befinden sich echofreie Areale, welche die Bursa subtendinea muscoli infraspinati repräsentieren. Anteile dieses Schleimbeutels, deren

Ausdehnungen mit dem vom Untersucher ausgeübten Druck des Schallkopfs auf das Gewebe variieren, lassen sich auch immer kranial und kaudal der Sehne als anechogene Bereiche nachweisen.

Die mittelstarken, vereinzelt angeordneten Signale kaudal der Infraspinatussehne entstammen dem M. deltoideus.

#### Messwerte

##### Endsehne des M. infraspinatus

Gesamtstärke (latero-medial)	1,52 +/- 0,21 cm
Breite (kranio-kaudal)	3,71 +/- 0,3 cm
Umfang	10,12 +/- 0,96 cm
Stärke des oberflächigen Sehnenanteils	0,53 +/- 0,04 cm
Stärke des mittleren Sehnenanteils	0,61 +/- 0,06 cm
Stärke des tiefen Sehnenanteils	0,46 +/- 0,08 cm

##### Bursa subtendinea musculi infraspinati

Stärke (zwischen Sehne und Knochenoberfläche)	0,11 +/- 0,03 cm
Umfang des kranialen Anteils	3,43 +/- 0,6 cm
Größter Durchmesser des kranialen Anteils	1,24 +/- 0,14 cm
Umfang des kaudalen Anteils	5,04 +/- 0,81 cm
Größter Durchmesser des kaudalen Anteils	1,67 +/- 0,3 cm

Bereich des Schultergelenks, Untersuchungsebene S 2 (Abb. 8a-c):

Das nach proximal über den Gelenkspalt ragende Tuberculum majus verhindert in dieser Untersuchungsregion eine adäquate Darstellung der Gelenkhöhle und der Oberfläche des Humerus mittels Linearsonde. Der Sektorscanner erzeugt aufgrund der geringeren Ankopplungsfläche deutlich bessere Bilder.

Im proximalen Bildbereich stellt sich der M. deltoideus dar. Weiter unten im Sonogramm erscheint in Form gleichmäßiger, mittelstarker, feiner Echos der M. infraspinatus. Ihm schließt sich der durch gröbere und weiter auseinander liegende Reflexe gekennzeichnete M. supraspinatus an. Die Oberfläche der Scapula erscheint als hyperechogene Gerade im linken Bildbereich. Die mittelstarken Signale des Humeruskopfes bilden eine zweite, schallschattenproduzierende Linie. Fast parallel zu dieser verläuft eine Struktur, die sich aus mittelstarken Reflexen zusammensetzt und abschnittsweise nur unvollständig vom M. supraspinatus zu trennen ist. Hierbei handelt es sich um die Gelenkkapsel. Zwischen Kapsel und subchondraler Knochenoberfläche befindet sich ein echofreier Bereich, der den Synovialraum des Schultergelenks und den Knorpelüberzug des Humeruskopfes repräsentiert.

#### Messwerte

Stärke des Gelenkknorpels und Synovialraumes: 0,2 +/- 0,06 cm

Die post mortem Punktion des Schultergelenks mit Anfärbung der Synovialhöhle war bei allen 18 Probanden an der beschriebenen Stelle ohne Probleme möglich. Dabei erwiesen sich die stärkeren Kanülen (1,5 x 90 mm) bei der Direktion durch die überlagernde Muskulatur als geeigneter. Bei der im Anschluß durchgeführten Teilsektion konnte in einem Fall

auch Färbelösung in der Bursa intertubercularis nachgewiesen werden. Damit konnte eine Verbindung zwischen Buggelenk und diesem Schleimbeutel nachgewiesen werden, die offensichtlich bei Pferden vorkommen kann. Dem sollte bei der Beurteilung von positiven Bursa- bzw. Schultergelenksanästhesien in der Lahmheitsdiagnostik Rechnung getragen werden.

Es war nicht möglich statistisch gesicherte Verbindungen zwischen den erhobenen Meßwerten und verschiedenen Körpermaßen (Stockmaß, Brustumfang, Körperlänge) der Pferde zu finden. Dies entspricht den Ergebnissen von Crabill et al. (1995), die versuchten Korrelationen zwischen den Ausdehnungen der Bizepssehne und verschiedenen Körpermaßen zu finden.

#### Diskussion

Ziel der Studie war es die Anatomie im Bereich der Pferdeschulter sonographisch darzustellen und Standardebenen für die Sonographie in dieser Region zu definieren. Die Schwerpunktsetzung erfolgte hierbei anhand der vorliegenden klinischen Berichte und unter dem Gesichtspunkt der leichten Orientierung anhand markanter, in der Regel palpierbarer anatomischer Strukturen. Auch wenn eine derartige Darstellung nie vollständig sein kann, so wurde versucht, die Schulterregion möglichst umfassend zu untersuchen. Sowohl Stanek und Edinger (1992) als auch Crabill et al. (1995) schlagen in ihren sonographischen Erhebungen über die Pferdeschulter keine genau definierten Standardebenen vor. Demgegenüber unterscheiden Tnibar et al. (1999) verschiedene Zonen im Bereich der Bizeps- und Infraspinatussehne. Aufgrund der zum Teil variierenden Morphologie einzelner Strukturen innerhalb dieser Zonen, erwähnt sei z.B. der proximale Bereich der Bizepssehne, bevorzugen wir fest vorgeschriebene Schnittebenen.

##### M. biceps brachii

Die Sehne des M. biceps brachii ist von ihrem Ursprung am Tuberculum supraglenoidale bis zum Übergang in den Muskelbauch gut darstellbar. Sie weist über die gesamte Länge eine starke Echogenität auf, aber ihre Kaudalbegrenzung ist vor allem im Bereich der Ebene K3 nicht immer eindeutig zu identifizieren. Dies ist durch ein Fettpolster bedingt, welches zwischen Sehne und Buggelenk liegt und das sich teilweise von kaudal in die Sehne fortsetzt. Die Ausdehnung dieses Fettgewebes unterliegt individuellen Schwankungen, wodurch auch die Bizepssehne in diesem Bereich ein sonographisch sehr heterogenes Erscheinungsbild aufweist. Tnibar et al. (1999) machten vergleichbare Feststellungen. Durch die unterschiedliche Verteilung des Fettes innerhalb der Sehne können von einer Bizepssehne sehr unterschiedliche Sagittalschnitte in einer Untersuchungsebene entstehen. Die Konsistenz der Sehne erweist sich bei der Präparation im Bereich des Sulcus intertubercularis deutlich derber als proximal hiervon. Dies spricht ebenfalls für eine schwierigere Darstellbarkeit der Sehne in dieser Region. Nach unseren Erfahrungen kann man bessere Scans durch das Anheben und Wenden des Kopfes in Richtung auf die kontralaterale Gliedmaße erzielen. Während Stanek und Edinger (1992) und Tnibar et al. (1999) Muskelfasern in den kranialen Anteilen der Bizeps-

sehne auf Höhe des Tuberculum intermedium bzw. unmittelbar proximal und distal hiervon beschreiben, konnten wir diese in den anatomischen Untersuchungen bis unmittelbar distal des Ursprungs der Sehne am Tuberculum supraglenoidale nachweisen. Treten derartige Muskelfasern auf, lassen sie den kranialen Bizepssehnenrand durch ihr hypoechogenes Bild unregelmäßig erscheinen und können somit Läsionen des Sehngewebes vortäuschen. Die Sehne des M. biceps brachii liegt zunächst halbmond- bzw. sichelförmig leicht nach medial gekippt dem Tuberculum supraglenoidale auf, weist direkt distal des Ursprungs eine mehr oder weniger querovale Form auf und verliert dann eine einheitliche Form. Neben Formen, die der des Kerns eines segmentkernigen Granulozyten ähnelten war auch die von Tnibar et al. (1999) beschriebene dreilappige Form feststellbar. Unmittelbar vor dem Eintritt in den Sulcus intertubercularis war bei allen Pferden eine leicht nierenförmige, andeutungsweise zweilappige Gestalt der Sehne zu erkennen, die weiter nach distal eine markantere Form annahm. Der laterale Anteil war immer stärker als der mediale, wodurch eine Asymmetrie entstand. Distal des Sulcus intertubercularis verschmelzen Sehnen- und Muskelteil des dann ovalen M. biceps brachii.

#### M. infraspinatus

Der M. infraspinatus reflektiert ein typisches „Muskelecho“, bei dem sich die Muskelfasern selbst als echoarm, die fibroadipösen Muskelsepten hingegen reflexogener darstellen. Diese sind im Sagittalschnitt als längsorientierte, regelmäßige Linien und im Querschnitt als punktförmige Strukturen zu erkennen. Der Muskel lässt sich über seine gesamte Ausdehnung gut darstellen und wird distal vom M. deltoideus und M. brachiocephalicus bzw. M. omotransversarius bedeckt. Auch die Infraspinatussehne ist über ihren gesamten Untersuchungsbereich gut darstellbar. Proximal, in der Untersuchungsebene L1, ist sie noch komplett von Muskelfasern des M. infraspinatus umlagert und weist einen fast rechteckigen Querschnitt auf. Hierbei „laufen“ die Ecken, vor allem die kaudal gerichteten, häufig in die Muskulatur aus. Gelegentlich sind einzelne Anteile der sich isolierenden Sehne erkennbar. Auf Höhe der Ebene L2 verliert sich die einheitliche Darstellung, und es sind drei Sehnenteile erkennbar. Diese liegen leicht nach kaudal versetzt sichelförmig übereinander dem Tuberculum majus pars caudalis auf. Der mittlere Anteil weist regelmäßig die stärkste lateromediale Ausdehnung auf, gefolgt vom oberflächlich gelegenen Anteil. Durch die Krümmung dieser Sehne erscheinen die Randbereiche hypoechogen gegenüber dem Zentrum, dieser Artefakt verliert sich aber bei entsprechender Positionierung des Schallkopfs. Diese Dreiteilung der Sehne wird erstmals von Tnibar et al. (1999) beschrieben. Sie sind der Auffassung, dass es sich bei den oberflächlich und mittig liegenden Anteilen um den, in der Literatur als einheitlich beschriebenen, oberflächlichen Teil der Infraspinatussehne handelt. Weiter distal wird die Sehne wieder einheitlich und erscheint im Querschnitt dreieckig, bis sie im Ansatzbereich ihres oberflächigen Anteils am Humerus flach ausläuft.

#### M. supraspinatus

Er ist von seinem Ursprung bis zum Ansatz am Humeruskopf einer Ultraschalluntersuchung zugänglich und erzeugt dabei ebenfalls ein typisches „Muskelecho“. Ungefähr ab der Mitte

der Scapula ist ein bindegewebiges Septum im Muskel zu erkennen, das sich sonographisch nach distal hin über den gesamten Muskelverlauf darstellen lässt. Auf Höhe des Tuberculum supraglenoidale ummantelt der M. supraspinatus die Sehne des M. biceps brachii U-förmig, um im weiteren Verlauf von dieser in einen lateralen und medialen Schenkel geteilt zu werden. Jeder der beiden Teile setzt unter anderem mit einer Endsehne am Tuberculum majus sive minus an. Sowohl der sich teilende Muskelbauch, als auch die bindegewebigen Strukturen, die beide Anteile zunächst noch verbinden und auch die zwei Endsehnen lassen sich mittels Ultraschalluntersuchung abbilden. Beide Endsehnen isolieren sich aus den Muskelbäuchen, stellen aber nicht den alleinigen Ansatz des Muskels dar. Die laterale Sehne ist im Horizontal- wie auch im Sagittalschnitt relativ einfach darstellbar. Dies gilt nicht für die mediale Sehne. Aufgrund ihrer geringen Größe und der sie überlagernden Muskelschichten bedarf vor allem die Darstellung des Längsschnittes einiger Zeit und Erfahrung. War die mediale Supraspinatussehne auch darstellbar, so war sie nicht in allen Fällen beurteilbar.

Weitere Schultermuskeln wurden im Rahmen dieser Studie ebenfalls sonographiert, ohne dass sie gezielt untersucht wurden, sondern weil sie bestimmte Strukturen mit deutlich höherer klinischer Relevanz überlagern. Es ist möglich den M. triceps brachii, M. deltoideus, M. teres minor, M. cutaneus omobranchialis, M. subclavius, M. pectoralis profundus bzw. Anteile dieser Muskeln darzustellen. Limitierend hierbei ist die Eindringtiefe der Schallwellen. Alle reflektieren ein typisches Muskelecho, welches je nach Anteil der fibroadipösen Strukturen und je nach Spannungszustand des Muskels leicht variieren kann.

#### Bursa intertubercularis

Dieser Schleimbeutel stellt sich immer kaudal der Bizepssehne zwischen dieser und dem stark reflektierenden subchondralen Knochen des Humerus in Form eines schmalen anechogenen Bereiches dar. Eine Trennung zwischen dem Knorpelüberzug des Sulcus intertubercularis und dem Synovialraum ist in unseren Untersuchungen sonographisch nicht möglich. Im anatomischen Präparat überragt die Bursa das Proximalende des Sulcus intertubercularis um ca. 1 bis 2 cm je nach Tier. Diese Ausbuchtung ist sonographisch in der Regel nicht darstellbar, was mit den mechanischen Vorstellungen bei belasteter Gliedmaße in Einklang zu bringen ist (Böhmisch 2001). Lateral und medial des Bizepssehnenrandes endet bei den meisten Pferden auch dieser anechogene Bereich, wobei die Wände des Schleimbeutels in physiologischem Zustand mittels Ultraschalltechnik nicht abgebildet werden können. Bei einem Pferd konnte medial aber auch der Umschlagsbereich der Bursa auf die Kranialfläche der Sehne in Form eines anechogenen Saumes nachgewiesen werden. Die Anatomiepräparate ließen diesen Umschlag in unterschiedlicher Ausprägung häufig erkennen. Pathologisch gefüllte Schleimbeutel sind nach Stanek und Edinger (1992) sonographisch vor allem an den dann darstellbaren lateralen und medialen Ausbuchtungen zu erkennen. Ähnliche Beobachtungen machte Dik (1996). Das distale Bursaende kann den Sulcus intertubercularis nach eigenen Untersuchungen um bis zu 4 cm überragen und kann mittels Ultraschalluntersuchung wiedergegeben werden. Crabill et al. (1995) beschreiben die Wiedergabe in longitudinaler Ebene als



schwierig, Tnibar et al. (1999) sind aber der Auffassung, dass diese Einstellung eine bessere Untersuchung des Schleimbeutelendes ermöglicht. Wir stellten die Bursa im Längsschnitt im lateralen Sulcus intertubercularis dar, weil der mediale Teil aufgrund der starken überlagernden Muskelschicht nicht regelmäßig erkennbar war. Das Problem bei der Visualisierung der Bursa lag dabei nicht an der Muskelstärke sondern am Anpressdruck. Wird zu starker Druck mit dem Schallkopf ausgeübt verlagert sich die Synovia in andere Bereiche, und das verbleibende Restlumen kann nicht mehr dargestellt werden. Bei zu geringem Druck fehlt die optimale Ankopplung des Transducers, und eine Identifizierung dieser Struktur ist ebenfalls nicht möglich. Da dieses Problem bei dem medialen Bursaanteil gravierender auftrat als beim lateralen, empfahl sich diese Einstellung (medial) in unseren Augen nicht als Standardebene. Das distale Bursaende kann septiert sein, was sich auch sonographisch nachweisen ließ.

#### Bursa subtendinea musculi infraspinati

Der Schleimbeutel unter der Infraspinatussehne konnte regelmäßig nachgewiesen werden. Seine Ausdehnungen, vor allem kranial und kaudal der Sehne, variieren ebenfalls sehr stark mit dem durch den Schallkopf ausgeübten Druck und der Stellung der Gliedmaße. Die Stärke dieses anechogenen Bereiches zwischen Knochenoberfläche des Tuberculum majus pars caudalis und der Infraspinatussehne schwankt hingegen nur um ca. 1 mm.

#### Articulatio humeri

Die Ultraschalluntersuchung des Schultergelenkes erfordert Übung im Umgang mit dem Sektorschallkopf. Aussagen über dargestellte Strukturen konnten nur auf Sagittalschnitten gemacht werden, weshalb wir auf Horizontalschnitte als Standardebene verzichteten. Wichtiger als bei allen anderen Untersuchungsregionen ist in diesem Bereich die Stellung der zu untersuchenden Gliedmaße. Wir stellten fest, daß die Positionen von Humerus und Scapula zueinander trotz paralleler und gerader Gliedmaßenstellung nicht bei jedem Pferd identisch sind. Stoßen bei einem Patienten Lateralrand der Cavitas glenoidalis und Medialrand des Tuberculum majus bei „optimaler“ Gliedmaßenstellung aneinander, was durchaus dem Physiologischen entsprechen kann (Böhmisch 2001), so ist es nicht möglich Gelenkstrukturen sonographisch abzubilden. Es muss dann versucht werden, das Bein leicht zu adduzieren und wieder zu belasten, so dass der Gelenkspalt zwischen diesen knöchernen Strukturen sichtbar wird. Dadurch kann die Untersuchung bei einigen Tieren deutlich schwieriger sein als bei anderen. Dik (1996) bezeichnet die Arthrosonographie der Schulter als ineffektiv und beschränkt sich auf die Untersuchung des kranialen Schulterbereiches. Wir sind aber in Übereinstimmung mit Tnibar et al. (1999) der Meinung, dass die lateralen und teilweise auch die kaudalen Schultergelenkstrukturen mittels Ultraschalltechnik darstellbar und auch zu beurteilen sind. In den beschriebenen Untersuchungsebenen konnten subchondrale Knochenoberfläche, Gelenkknorpel, Synovia und die Gelenkkapsel begutachtet werden. In der kaudal gelegenen Ebene war die Gelenkkapsel in der Regel nicht von der überlagernden Muskulatur zu trennen. Diese Beobachtungen können mit den Ergebnissen von Böhmisch (1998) erklärt werden, der nachweisen konnte, dass der Anteil der fibrösen Kapselanteile im

lateralen Gelenkbereich auf Grund der höheren Zugbelastung dieses Bereiches am stärksten ausgeprägt ist. Mit Zunahme der bindegewebigen Anteile ist auch eine Zunahme der Echogenität zu erwarten.

Die Verwendung unterschiedlicher Untersuchungsebenen bei der Arthrosonographie erfolgte in Anlehnung an die Arbeiten von Mettenleiter (1992) und Budde (1997), die auf diesem Wege eine möglichst umfassende Darstellung der von ihnen untersuchten Gelenke erzielten.

Da Ultraschallwellen vom Knochengewebe reflektiert werden und es nicht penetrieren, können sie in der Diagnostik von Skeletterkrankungen nicht den Stellenwert radiologischer Untersuchungsverfahren einnehmen. Gerade im Schulterbereich ist es aber schwierig, aussagekräftige Röntgenbilder zu erstellen, da diese Region von einer starken Muskulatur überlagert wird (Dyson 1995) und überlagerungsfreie Abbildungen vor allem im Schulterblattbereich oft nicht möglich sind (Dyson 1986b). Die Ultraschalltechnik liefert in dieser Region Aufschlüsse über die Integrität der Knochenoberflächen. Es war möglich die lateralen Anteile der Scapula, das Tuberculum supraglenoidale, das Tuberculum majus (kranialer und kaudaler Teil), Tuberculum intermedium, Tuberculum minus (kranialer Teil), Sulcus intertubercularis, laterale Anteile des Humeruskopfes sowie den Bereich der Tuberositas deltoidea darzustellen. Während alle Oberflächen Echos in Form glatter, schallschattenerzeugender Linien wiedergaben, reflektierte die Oberfläche des Tuber spina scapulae unregelmäßige Signale mit einem unvollständigen Schatten. Es spiegelt sich hierin die rauhe, ungleichmäßige Form dieses Knochenvorsprunges wider, und dies sollte nicht mit pathologischen Prozessen verwechselt werden.

Während Crabill et al. (1995) und Tnibar et al. (1999) in ihren Untersuchungen ausschließlich Sektorscanner einsetzen, berichten andere Autoren auch über den Einsatz von Konvex- oder Linearsonden (Neuberth et al. 1990; Stanek und Edinger 1992; Pugh et al. 1994; Dik 1996). Neuberth et al. (1990) verweisen dabei auf die mittels Linearschallkopf sicherere Darstellung von Flüssigkeitsräumen im Nahfeldbereich. Van Schie et al. (1998) stellen bei der sonographischen Untersuchung von equinen Sehnen fest, dass Sektorscanner dazu neigen, Strukturen, welche sich im Randbereich des Bildes befinden zu verzerren bzw. sie hypoechogener darzustellen. Diese Erfahrungen in Verbindung mit der Tatsache, dass ein Sonogramm eines Lineartransducers im Allgemeinen einfacher nachzuvollziehen ist, führten uns zur Verwendung eines Linearschallkopfes. Durch die in der Regel ebenen und großen Untersuchungsflächen im Schulterbereich ist unter Verwendung von ausreichend Kontaktgel eine sehr gute Ankopplung dieses Scanners an die Haut möglich. Lediglich die Darstellung des Schultergelenks ist mit der Linearsonde nur unzureichend möglich.

Aufgrund der Stärke der überlagernden Muskulatur wurden der größte Teil der Ultraschallbilder im kranialen Schulterbereich mit dem 6,0 MHz Scanner erstellt. Im proximalen und lateralen Untersuchungsbereich hingegen wird in der Regel eine nicht so große Eindringtiefe benötigt, so daß hier meistens der 8,0 MHz Transducer mit der ihm eigenen höheren Auflösung eingesetzt werden kann. In der Literatur wird nur der Einsatz eines 5- bzw. 7,5 MHz Schallkopfes beschrieben.

Wir sind jedoch der Auffassung, dass Transducer mit Frequenzkombinationen von 6 und 8 MHz eine optimale Verbindung von gewünschter Eindringtiefe und hoher Auflösung darstellen und gleichzeitig eine gewisse Variabilität bei unterschiedlich stark bemuskelten Patienten bieten.

Die Wahl der Frequenzen von 7,5 und 5 MHz beim Sektorschallkopf ermöglichen auch bei muskulöseren Pferden die Darstellung der Gelenkanteile, wobei in unserer Untersuchung ausschließlich die 7,5 MHz Sonde zum Einsatz kam. Trnibar et al. (1999) empfehlen ebenfalls diese Frequenzen, wohingegen Stanek und Edinger (1992) nur unvollständige und schemenhafte Darstellungen sowohl mit dem 7,5 als auch mit einem 3,5 MHz Scanner erhielten.

Abschließend bleibt festzustellen, dass die Sonographie der Schulterregion des Pferdes ein sehr gutes weiterführendes Diagnostikum darstellt, dessen Vorteile vor allem in der einfach durchführbaren, risikoarmen und für den Untersucher unbelastenden Untersuchung liegen. Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen der Arbeiten von Mettenleiter (1992) und Budde (1997) über das Tarsal- bzw. Karpalgelenk des Pferdes. Da Ultraschallgeräte heute zur Standardausrüstung des Pferdepraktikers gehören, ist der finanzielle Aufwand einer derartigen Untersuchung ebenfalls als gering zu beurteilen. Die Diagnose einiger Erkrankungen bleibt jedoch anderen Spezialuntersuchungen (Röntgen, Szintigraphie, Arthroskopie) vorbehalten.

## Abkürzungen

B.inf.	Bursa subtendinea musculi infraspinati
B.int.	Bursa intertubercularis
Cap.art.	Capsula articularis
Cav.art.	Cavum articulare
Fas.	Faszie
Kran.	Kranial
Lat.	Lateral
M.bra.	M. brachiocephalicus
M.cut.omo.	M. cutaneus omobrachialis
M.del.	M. deltoideus
M.inf.	M. infraspinatus
M.pec.pr.	M. pectoralis profundus
M.sub.	M. subclavius
M.sup.	M. supraspinatus
M.ter.m.	M. teres minor
Prox.	Proximal
Su.int.l.	Sulcus intertubercularis, lat. Teil
S.m.b.b.	Sehne des M. biceps brachii
S.m.inf.	Sehne des M. infraspinatus
Sp.sc.	Spina scapulae
Tub.int.	Tuberculum intermedium
Tub.maj.ca.	Tuberculum majus pars caudalis
Tub.maj.cr.	Tuberculum majus pars cranialis
Tub.mi.	Tuberculum minus
Tub.sp.sc.	Tuber spina scapulae

## Literatur

- Adams S. B. and W. E. Blevins (1989): Shoulder lameness in horses- Part II. Comp Contin Educ Prat Vet 1, 190-195  
 Böhmisch R. (1998): Anatomische Untersuchungen zur funktionellen Morphologie des Schultergelenkes des Pferdes. Dissertation Universität München

- Böhmisch R. (2001): Persönliche Mitteilungen  
 Braxmeier, U., M. Rizgalla, M. Kramer, B. Grevemeyer, B. Tellhelm und L. F. Litzke (1999): Fallbericht über die sonographische Untersuchung am Buggelenk eines Warmblutpferdes. Ultraschall in Med 20, 126  
 Budde K. (1997): Sonographische Diagnostik im Bereich des Karpalgelenkes beim Pferd. Dissertation Universität Bern  
 Crabill, M.R., M.K. Chaffin und D.G. Schmitz (1995): Ultrasonographic morphology of the bicipital tendon and bursa in clinically normal Quarter Horses. Am J Vet Res 56, 5-10  
 DeBowes R.M., P.C. Wagner, M.S. and B.D. Grant (1982): Surgical approach to the equine scapulohumeral joint through a longitudinal infraspinatus tenotomy. Vet Surg 11, 125-128  
 Dik K. J. (1996): Ultrasonography of the equine shoulder. Equine-Practice. 18, 13-18  
 Doyle P. S. and N. A. White II (2000): Diagnostic findings and prognosis following arthroscopic treatment of subtle osteochondral lesions in the shoulder joint of horses: 15 cases (1996-1999). J Am Vet Med Assoc 217, 1878-1882  
 Dyson S. (1986a): Diagnostic techniques in the investigation of shoulder lameness. Equine Vet J 18, 25-28  
 Dyson S. (1986b): Shoulder lameness in horses: Diagnosis and differential diagnosis. Proc Am Assoc Equine Pract 32, 467-480  
 Dyson S. (1995): Radiography and radiology of the equine shoulder and elbow. Equine Vet Educ 7, 229-235  
 Mason T. A. and A. A. MacLean (1977): Osteochondrosis dissecans of the head of the humerus in two foals. Equine Vet J 9, 189-191  
 Mettenleiter E. (1992): Sonographische Diagnostik im Bereich des Tarsalgelenkes beim Pferd. Dissertation Universität Bern  
 Neuberth, M.; P. Steffanson und B. Hertsch (1990): Die sonographische Untersuchung als Methode zur Diagnosesstellung von Hämatomen und Abszessen in proximalen Abschnitten des Bewegungsapparates des Pferdes. Pferdeheilkunde 6, 237-244  
 Nixon A. J. (1987): Diagnostic and surgical arthroscopy of the equine shoulder joint. Vet Surg 16, 44-52  
 Nixon A. J. and C. P. Spencer (1990): Arthrography of the equine shoulder joint. Equine Vet J 22, 107-13  
 Pugh, C. R., P. J. Johnson, G. Crawley and S. T. Finn (1994): Ultrasonography of the equine bicipital tendon region. Vet Radiol Ultrasound 35, 183-188  
 Schie, J.T. van, E.M. Bakker and P.R. van Weeren (1998): Ultrasonographic evaluation of equine tendons: a quantitative in vitro study. Vet Radiol Ultrasound, 40, 151-160  
 Stadtbäumer G. (1999): Radiologie und Szintigraphie an Ellenbogen- und Schultergelenk. Vortrag im Rahmen des Maastricht International Congress on Equine Medicine.  
 Stanek C. und H. Edinger (1992): Die sonographische Darstellung der Schulter des Pferdes. Pferdeheilkunde 8, 367-375  
 Trnibar, M.A., J.A. Auer and S. Bakkali (1999): Ultrasonography of the equine shoulder: Technique and normal appearance. Vet Radiol Ultrasound 40, 44-57  
 Trotter G. W. and C. W. McIlwraith (1996): Clinical Features and Diagnosis of Equine Joint Disease. In: Joint Disease in the horse, Hrsg. McIlwraith, C.W. and Trotter, G.W. Saunders Company. pp. 120-145  
 Ueltschi G. (1993): Zur Röntgendiagnostik von degenerativen Gelenkerkrankungen beim Pferd. Wien Tierärztl Mschr 80, 81-87

Dr. Christian Detmer  
 Tierärztliche Praxis S. Kaldenhoff & T. van't Riet  
 Cohnenstraße 83  
 50769 Köln  
 TieraerzteKaRie@t-online.de