

# Ultrasonographische Untersuchung der Sehnen und Sehnenscheide des Pferdes mit der SieScape® Technik und dreidimensionaler Darstellung zwischen Fußwurzel und Fessel

Rolf Wagels<sup>1</sup>, Florian Geburek<sup>1</sup>, Robert Markus<sup>1</sup>, Karl Rohn<sup>2</sup> und Peter Stadler<sup>1</sup>

Klinik für Pferde<sup>1</sup>, Tierärztliche Hochschule Hannover und Institut für Biometrie<sup>2</sup>, Tierärztliche Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

In den letzten Jahren werden im Bereich der Sonographie vermehrt Methoden eingesetzt, die die Darstellung zusammenhängender anatomischer Strukturen im Längsschnitt über eine größere Ausdehnung im Bereich der Gliedmaße und eine dreidimensionale Darstellung ermöglichen. In der vorliegenden Arbeit werden die Bilder der sogenannten SieScape® Technik (Längsdarstellung) und der dreidimensionalen Technik mit den Bildern einer mit herkömmlicher Technik ausgestatteten Gerätes verglichen und Besonderheiten der jeweiligen Darstellungen ausgeführt. Zudem werden exemplarisch Bilder von 3 Fällen, bei denen die drei unterschiedlichen Techniken zum Einsatz kamen, vorgestellt. Die SieScape und die dreidimensionale Technik sind hervorragend für die Untersuchung der Sehnen und Sehnenscheide im Bereich des Metakarpus geeignet und ermöglichen neue Darstellungsformen bei der sonographischen Untersuchung von Sehne und Sehnenscheide. Allerdings ist für eine korrekte Anwendung der neuen Untersuchungstechniken eine größere Geschicklichkeit und Erfahrung notwendig, um hochwertige artefaktfreie Bilder zu erstellen als für die konventionelle Technik. Zudem werden aufgrund der verbesserten Bildqualität und der SieScape® und 3-D Bilder neue Fragen aufgeworfen. So muß in Zukunft geklärt werden, welche klinische bzw. prognostische Bedeutung subtile Veränderungen an unterschiedlichen Lokalisationen der Sehnen, die früher nicht erfasst werden konnten, haben.

**Schlüsselwörter:** Sehne, Sehnenscheide, Sonographie, SieScape®, 3-D

## Ultrasonographic examination of tendons and tendon sheath between carpus and fetlock using SieScape® and 3-D techniques

Ultrasound imaging has changed during the last years: It is now possible to show contiguous anatomical structures and threedimensional pictures of examined tissue. In this study, 54 examinations of tendon between carpus and fetlock joint or tendon sheath with the „Sonoline Elegra“ B-Mode, SieScape® and 3-D Mode are compared to pictures produced with a standard portable ultrasound device. Picture quality and the amount of necessary scans were evaluated and statistically compared between the portable device, B-Mode of the Sonoline Elegra and SieScape® and 3-D-Mode of the Elegra device. Also, pictures of 3 cases, in which the new techniques were used are presented. Comparison showed that even in B-Mode the Sonoline Elegra was superior to the portable device due to higher resolution and the cine function. SieScape® pictures have the same high quality as the B-Mode pictures of the Sonoline „Elegra“ but showed the entire tendon between carpus and fetlock in one picture (longitudinal section). 3-D Mode took about 25 seconds to generate, but allowed any section plane the examiner wanted for. In our clinic, a coronal section plane was established as a standard examination method. The SieScape® and the 3-D mode are highly suitable for the examination of tendons and tendons sheath between fetlock and carpus and allow a new way of presentation and diagnosis. The correct use of the new ultrasound techniques requires an experienced examiner and self-critical diagnosis. Due to the new impressions and higher resolution pictures the question is raised what clinical and prognostic significance minor and subtle findings, which could not be detected before, have.

**Keywords:** Tendon, tendon sheath, ultrasound, SieScape®, 3-D

## Einleitung

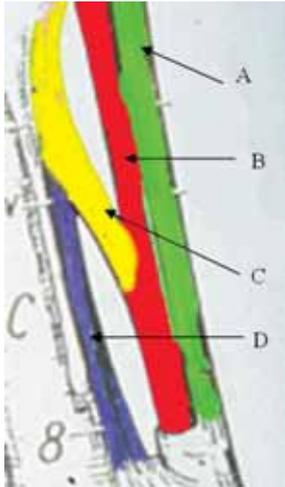
Die ultrasonographische Diagnostik ist nicht nur in der Humanmedizin sondern inzwischen auch in der Veterinärmedizin eine etablierte Untersuchungstechnik. Sie dient in der Orthopädie von Mensch und Pferd vor allem der Darstellung von Weichteilgeweben des Bewegungsapparates (Denoix 1994, Dik et al. 1991, Genovese et al. 1986, Rantanen et al. 1985, Rapp 1997, Stadtbäumer 1988).

Seit einigen Jahren werden in der humanmedizinischen und zunehmend auch in der veterinärmedizinischen Sonographie

Verfahren eingesetzt, die die Darstellung zusammenhängender anatomischer Strukturen im Längsschnitt über eine größere Ausdehnung im Bereich der Gliedmaße und eine dreidimensionale Darstellung ermöglichen. (Nahr et al. 2000, Kriz et al. 1999). In der Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover wird dazu das Gerät „Sonoline Elegra“ der Firma Siemens eingesetzt. Beim Pferd ist die ultrasonographische Untersuchung von Sehnen und Sehnenscheiden, insbesondere im Bereich des Metakarpus eine routinediagnostische Maßnahme. Hierbei wird fast ausschließlich das konventionelle Echtzeit-Bildverfahren im „B-Mode“ (englisch:

brightness-modulated display) mit Darstellung von Einzelbildern eingesetzt (Rapp 1997, Stadtbäumer 1988).

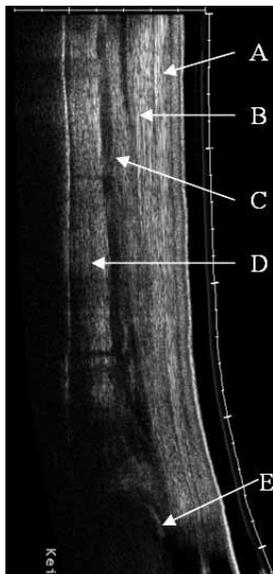
Dabei werden die Sehnen in mehreren Abschnitten in Quer- und Längsrichtung untersucht. Eine Darstellung der gesamten Sehne in ihrer vollen Länge war zunächst nicht, bzw. nur durch fehlerbehaftete Hardcopy Dokumentation möglich.



**Abb 1** Anatomisches Bild der Sehnen am Metakarpus. A: Oberfl. Beugesehne, B: tiefe Beugesehne, C: Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, D: M. interosseus. Nickel et al.

*Anatomical view of the tendons at the metacarpus*

Legend: A: Superficial flexor tendon, B: deep flexor tendon, C: check ligament, D: M. interosseus.



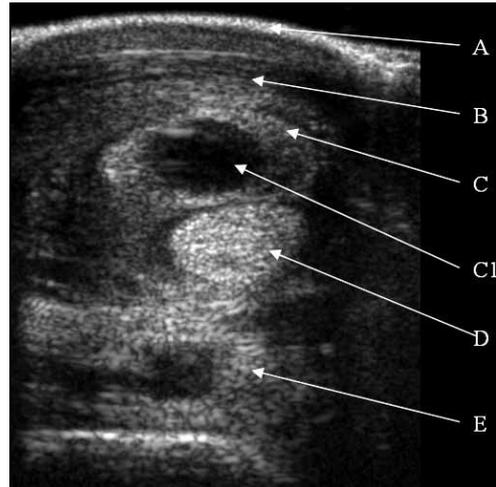
**Abb 2** SieScape Scan der Sehnen am Metakarpus. Echo von: A: Oberflächl. Beugesehne, B: Tiefe Beugesehne, C: Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, D: M. interosseus, E: Gleichbein

*SieScape Scan of the tendons at the metacarpus. Echo of: A: Superficial flexor tendon, B: deep flexor tendon, C: check ligament, D: M. interosseus osseus, E: sesamoid bone*

Gleichmaßen ist die distale gemeinsame Beugesehnenhülle mit diesem Verfahren nicht in ihrem diagnostisch bedeutsamen Ausmaß umfassend darzustellen. Deshalb sollte überprüft werden, ob der Einsatz der neuen Untersuchungstechniken (Panoramabild und dreidimensionale Darstellung) neue Möglichkeiten der Diagnostik mit zusätzlichen Informationen zu dem erkrankten Sehngewebe bietet.

## Material und Methode

Für diese Untersuchungen wurden die sonografischen Bilder der tendinösen Strukturen im Bereich des Metacarpus von 35 Pferden und im Bereich der gemeinsamen Fesselbeugesehnenhülle an 5 Pferden ausgewertet. Einige Pferde sind mehrfach untersucht worden, sodass insgesamt die sonogra-



**Abb 3** Fall 1, Core lesion der OBS im Bereich 3a im B-Mode Bild, Querschnitt. A: Haut, B: verdickte Unterhaut, C: oberflächliche Beugesehne mit C1: Core lesion, D: tiefe Beugesehne, E: Anteile des M. interosseus

*Case 1, Core lesion of the SFT area 3a B-Mode, cross section. A: cutis, B: thickened subcutis, C: superficial flexor tendon with C1: Core lesion, D: deep flexor tendon, E: parts of M. interosseus*

fischen Bilder von 54 Untersuchungen bewertet wurden. Die Untersuchungen erfolgten im konventionellen B-Mode- und mit der SieScape®- und 3-D-Technik.

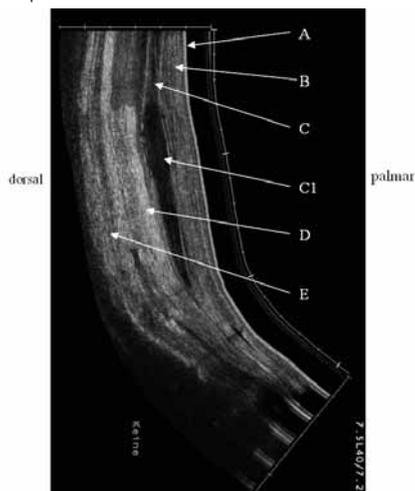
## SieScape® Verfahren

SieScape® ist eine sonographische Abbildungsmethode, die eine spezielle Computerverarbeitungssoftware zur Erzeugung eines großen Bildfeldes mit konventionellen Schallköpfen anwendet. Dazu wird aus mehreren Einzelbildern mit Hilfe aufwendiger Rechenfunktion ein erweitertes Bild in Echtzeit erzeugt. Zwei sequentielle Bilder werden in einem temporären Speicher mit Hilfe einer Minimalsummen – Absolutdifferenzberechnung (MSAD) miteinander verglichen. Außerdem wird die Bewegungsrichtung des Schallkopfes mit Hilfe eines Bewegungssensors erkannt. Für die resultierende Darstellung ist ein spezieller Bildprozessor notwendig. So entsteht aus einer nicht unterbrochenen Applikatorbewegung ein Gesamtbild. Der Schallkopf wird zur Untersuchung des Sehngewebes in einer möglichst gleichmäßigen Vorwärtsbewegung entlang der Hautkontur geführt. Dabei wird das Bildfeld beim Scannen zunehmend ausgeweitet. So liefert das SieScape® Verfahren ein annähernd anatomisches Bild der Sehnen am Metakarpus/tarsus im Längsschnitt (s. Abb. 2).

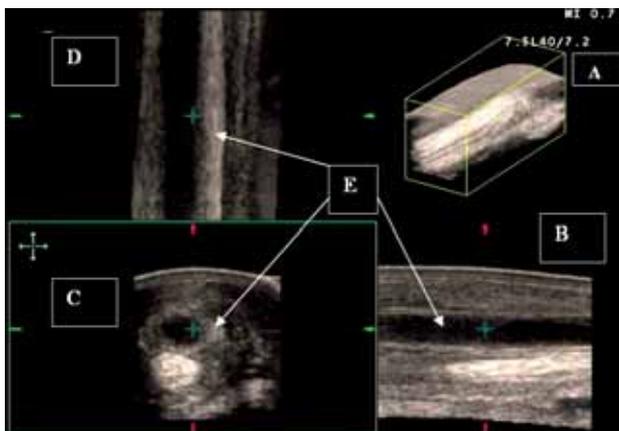
## 3-Scape Darstellung

Das 3-Scape Real Time 3-D Imaging Modul ermöglicht die Darstellung dreidimensionaler so genannter Volumenbilder von Gewebe in Echtzeit. Dabei werden dreidimensionale

Informationen erstellt, die die Berechnung und die Beurteilung beliebig vieler Schichten des zuvor erstellten Volumensbildes ermöglichen. Die konventionellen standardisierten Untersuchungsebenen in Quer- und Längsrichtung werden dabei durch die so genannte koronale Ebene ergänzt (s. Abb 5). Die Software bietet mehrere Darstellungsmöglichkeiten der im 3-Scape Modus erstellten Ultraschallbilder: Als Stan-



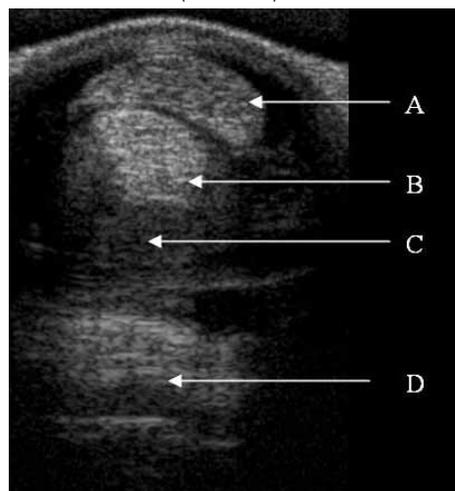
**Abb 4** Fall 1: SieScape® Scan nach Verletzung der OBS. Das Bild zeigt, dass die oberflächliche Beugesehne im Bereich 1b bis 3a fast anechogen und in ihrer Struktur zerstört ist. Dorsal der Läsion liegt eine Schallverstärkung vor. A: Haut B: verdickte Unterhaut, C: oberflächl. Beugesehne mit C1 Core lesion, D: tiefe Beugesehne und E: M. interosseus  
 Case 1: SieScape® Scan after SFT injury. The SFT is almost anechogenic from area 1b to 3a. The structure is destroyed. A: cutis, B: thickened subcutis, C: superficial flexor tendon with C1: Core lesion, D: deep flexor tendon, E: M. interosseus



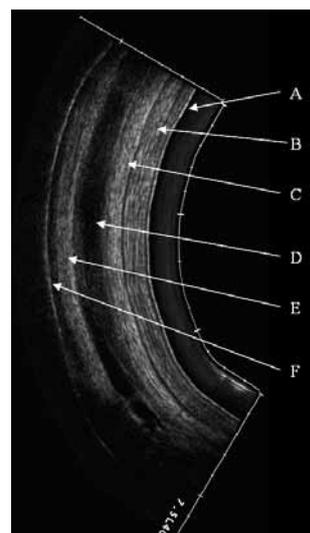
**Abb 5** Fall 1: Dreidimensionale Ansicht des erkrankten Sehnenabschnittes, sog. Volumendarstellung. A: 3D Volumen, B: Längsschnitt, C: Querschnitt und D: koronaler Schnitt, jeweils mit E: oberflächliche Beugesehne mit Core lesion. Das Kreuz zeigt als Marker die relative Position in den einzelnen Schnittebenen.  
 Case 1: Threedimensional view of the injured area, so called Volumescan. A: 3D Volume, B: longitudinal section, C: cross section and D: coronal section E: superficial flexor tendon with core lesion. The cross shows relativ position in the various sections.

dard wird in der sog. Vierfelder Darstellung (Abb.5) der dreidimensionalen Volumenscan oben rechts, und die drei Standardscanebenen longitudinal (unten rechts), sagittal (unten links) und koronal (oben links) auf dem Monitor gezeigt oder ausgedruckt. Jede der vier Darstellungen lässt sich zur Einzel-

darstellung im Vollbild vergrößern. An dieser Darstellung kann das Bild der Sehne simultan in allen drei dargestellten Ebenen dynamisch untersucht werden. Dies ermöglicht z.B. in der longitudinalen Darstellung, die Sehne in ihrer gesamten lateromedialen Ausdehnung zu betrachten. Dabei werden nacheinander die longitudinalen Schnittbilder des dreidimensionalen Volumenscans (Abb.5 A) mit Hilfe eines Scrollrades



**Abb 6** Fall 2: Konventionelles B-Mode Bild der Desmopathie des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne. A: oberflächliche Beugesehne, B: tiefe Beugesehne, D: Unterstützungsband der tiefen Beugesehne (hypoechoген), D: M. interosseus  
 Case 2: conventional B-Mode picture of the desmopathy of the check ligament. A: superficial flexor tendon, B: deep flexor tendon, D: check ligament (hypoechogenic), D: M. interosseus



**Abb 7** Fall 2: SieScape Scan der erkrankten Gliedmaße mit vollständig hypoechogenem UTB. A: Haut, B: oberflächliche Beugesehne, C: tiefe Beugesehne, D: hypoechogenes Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, E: M. interosseus, F: Kontur der Kortikalis des Metakarpus  
 Case 2: SieScape Scan of the injured area with hypoechogenic check ligament. A: Cutis, B: superficial flexor tendon, C: deep flexor tendon, D: check ligament (hypoechogenic), E: M. interosseus, F: outline of the metacarpal corticalis

stufenlos dargestellt. Parallel dazu dient im Volumenscanbild die Position der untersuchten Schnittebene zur Orientierung.

In dieser Studie wurde ein 7,5 MHz Linearschallkopf verwendet. Der zu untersuchende Bereich wurde wie üblich gescho-

ren und mit Spiritus entfettet. Nach der Einteilung von Genova et al. (1986) wurden die Sehnen der Vordergliedmaßen im Querschnitt in 6 (1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b) und im Längsschnitt in drei Zonen (1, 2, 3) die der Hintergliedmaßen in 4 Zonen eingeteilt und von proximal nach distal zunächst konventionell im B-Mode untersucht. Anschließend erfolgte ein SieScape®-Scan und die Erstellung eines dreidimensionalen Volumenbildes. Zur Untersuchung mit dem SieScape® Verfahren wurde der Schallkopf longitudinal über die gesamte Länge des Sehnenpaketes geführt.

Mit einem ca. 10 cm langen Scan von proximal nach distal (Schallkopf quer zur Sehne) wurde das dreidimensionale Volumenbild erstellt. Dieser Scan wurde anschließend auf dem Bildschirm in allen drei Ebenen (Abb. 5) beurteilt und komplett als Datensatz abgespeichert. Alle Bilder wurden sowohl auf der Festplatte des Sonoline Gerätes als auch auf magneto-optischen Disks zur späteren Auswertung gespeichert und zusätzlich auf Thermodruckpapier ausgedruckt. Die Bilder wurden subjektiv in Bezug auf ihre Bildqualität (Auflösung, Trennbarkeit der einzelnen Strukturen, Helligkeit und Kontrast) in drei Stufen mit „befriedigend“ „gut“ und „sehr gut“ bewertet und mit den B-Mode Bildern eines herkömmlichen tragbaren Ultraschallgerätes (Hersteller und Modell b. Verfasser) verglichen. Außerdem wurde die Anzahl der zur vollständigen Darstellung des Defektes benötigten Querschnittscans erfasst. Die Ergebnisse zeigen Tabellen 1 und 2. Die einzelnen Bilderstellungsverfahren wurden mit einer statistischen Auswertung mit Hilfe des McNemar Test verglichen.

Die an der gemeinsamen Fesselbeugesehnen Scheide (FBSS) erkrankten Pferde wurden sowohl von plantar bzw. palmar als

**Tab 1** Bildqualität der verschiedenen Darstellungsmodi  
Picture quality of the different sonographic devices and modes. 3: satisfying, 2: good, 1: excellent

| Fall | Diagnose               | Alter (J) | Rasse         | B-Mode tragb. Gerät | B-Mode "Elegra" | SieScape® "Elegra" | 3-D "Elegra" |
|------|------------------------|-----------|---------------|---------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| 1    | Erkrankung OBS         | 11        | Araber        | 3                   | 1               | 1                  | 2            |
| 2    | FTU & FG Arthrose      | 9         | Hannoveraner  | 3                   | 1               | 2                  | 2            |
| 3    | Überbein               | 6         | Hannoveraner  | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 4    | Hufrehe                | 8         | Quarter       | 2                   | 2               | 2                  | 2            |
| 5    | Erkrankung OBS         | 11        | Hesse         | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 6    | Erkrankung OBS & FT    | 9         | Ungar         | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 7    | Erkrankung Griffelbein | 8         | Hannoveraner  | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 8    | o.b.B.                 | 6         | Hannoveraner  | 3                   | 2               | 1                  | 2            |
| 9    | Erkrankung OBS         | 12        | Andalusier    | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 10   | Erkrankung TBS         | 5         | Appaloosa     | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 11   | FTU                    | 6         | Quarter       | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 12   | o.b.B.                 | 1         | Welsh         | 2                   | 2               | 1                  | 2            |
| 13   | Erkrankung UTB         | 4         | Quarter       | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 14   | Erkrankung FTU         | 5         | Hesse         | 2                   | 2               | 2                  | 2            |
| 15   | Erkrankung FTU         | 7         | Hannoveraner  | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 16   | Erkrankung OBS         | 19        | Reitpony, deu | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 17   | Erkrankung FTU         | 10        | Oldenburger   | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 18   | Erkrankung FTU         | 13        | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 19   | Erkrankung OBS         | 9         | Mecklenburger | 3                   | 1               | 1                  | 2            |
| 20   | Erkrankung TBS         | 13        | Däne          | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 21   | Erkrankung OBS         | 1 M       | Oldenburger   | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 22   | Erkrankung OBS         | 7         | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 23   | Erkrankung UTB         | 14        | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 24   | Erkrankung UTB         | 9         | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 25   | Erkrankung OBS         | 12        | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 26   | Erkrankung FTU         | 6         | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 27   | Erkrankung OBS         | 13        | Araber        | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 28   | Erkrankung FTU         | 11        | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 29   | Erkrankung TBS         | 11        | Hannoveraner  | 3                   | 2               | 2                  | 2            |
| 30   | Erkrankung FT          | 4         | Traber        | 2                   | 2               | 2                  | 2            |
| 31   | Fesselgelenk           | 5         | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 32   | Chip Hufgelenk         | 5         | Hannoveraner  | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 33   | Erkrankung OBS         | 5         | Andalusier    | 2                   | 1               | 2                  | 2            |
| 34   | o.b.B.                 | 3         | Vollblut      | 2                   | 1               | 1                  | 2            |
| 35   | Erkrankung OBS         | 15        | Araber        | 2                   | 1               | 1                  | 2            |

3: befriedigend, 2: gut, 1: sehr gut

**Tab 2** Anzahl der Scans zur Darstellung von Defekten bei Pferden mit Sehnen Schäden in verschiedenen Darstellungsmodi.  
Number of scans necessary to display the full tendon injury in different devices and modes Scans. The number shows the amount of cross sections necessary to show the full tendon injury.

| Diagnose            | Alter (J) | Rasse         | B-Mode tragb. Gerät | B-Mode "Elegra" | SieScape® "Elegra" | 3-D "Elegra" |
|---------------------|-----------|---------------|---------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Erkrankung OBS      | 11        | Araber        | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| FTU & FG Arthrose   | 9         | Hannoveraner  | 1                   | 1               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 11        | Hesse         | 3                   | 3               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS & FT | 9         | Ungar         | 3                   | 3               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 12        | Andalusier    | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung TBS      | 5         | Appaloosa     | 3                   | 3               | 1                  | 2            |
| Erkrankung UTB      | 4         | Quarter       | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 5         | Hesse         | 1                   | 1               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 7         | Hannoveraner  | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 19        | Reitpony, deu | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 10        | Oldenburger   | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 13        | Hannoveraner  | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 9         | Mecklenburger | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung TBS      | 13        | Däne          | 1                   | 1               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 1 M       | Oldenburger   | 4                   | 4               | 1                  | 2            |
| Erkrankung OBS      | 7         | Hannoveraner  | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung UTB      | 14        | Hannoveraner  | 4                   | 4               | 1                  | 2            |
| Erkrankung UTB      | 9         | Hannoveraner  | 3                   | 3               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 12        | Hannoveraner  | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 6         | Hannoveraner  | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 13        | Araber        | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FTU      | 11        | Hannoveraner  | 1                   | 1               | 1                  | 1            |
| Erkrankung TBS      | 11        | Hannoveraner  | 1                   | 1               | 1                  | 1            |
| Erkrankung FT       | 4         | Traber        | 2                   | 2               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 5         | Andalusier    | 3                   | 3               | 1                  | 1            |
| Erkrankung OBS      | 15        | Araber        | 2                   | 2               | 1                  | 1            |

Die Zahl gibt an, wieviele Querschnittscans nötig waren, um den Defekt in seinem gesamten Ausmaß darzustellen

auch von lateral und medial im Längs- und Querschnitt untersucht. Dabei wurde der Schallkopf im SieScape® Verfahren vom lateralen bis zum medialen Schenkel des M. interosseus so um das Pferdebein geführt, dass das sonographische Bild der oberflächlichen und tiefen Beugesehne in die Mitte des SieScape® Bildes projiziert wurde (Abb.10). Die laterale und mediale Aussackung des proximalen Rezessus der Fesselbeugesehnen Scheide wurde ergänzend mit dem 3-Scap Verfahren untersucht. Es wurden Ausmaß der BSS, Flüssigkeitsfüllung und Echoqualität sowie Veränderungen zwischen äußerer Haut und Sehnen Scheide dokumentiert.

## Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt, dass im B-Mode und SieScape® Modus alle Bilder der Sonoline Elegra entweder mit gut oder sehr gut bewertet wurden. Somit zeigte das Gerät eine deutlich verbesserte Darstellung von Sehngewebe im B-Mode und SieScape®-Modus, da die Auflösung des Monitors und des Schallkopfes höher als bei einem konventionellen tragbaren Gerät sind. Im statistischen Vergleich war die Bewertung des B-Modes der Sonoline Elegra signifikant besser als für den B-Mode des tragbaren Gerätes.

Das Gerät „Sonoline Elegra“ verfügt über die so genannte Cine Funktion, mit der die letzten 350 Bilder (ca.10 Sekunden) im B-Mode abgerufen werden können. Im SieScape® Modus ließen sich alle untersuchten Strukturen in Ihrer gesamten Länge im Bereich des Metakarpus/tarsus im Längsschnitt in guter bis sehr guter Bildqualität darstellen. Zur Anfertigung eines SieScape® Scans musste das Pferd während der gesamten Scanlänge (ca.15-20 Sekunden) ruhig stehen. Einige Pferde mussten zur korrekten Ausführung des SieScape® Scans kurzzeitig sediert werden. Diese Untersuchungsmethode erforderte einerseits, dass der Schallkopf gerade ohne Abweichung von der Längsachse

über eine Strecke von ca. 35-40cm in vollem Kontakt geführt wird und andererseits musste der Scan in einer vom Gerät vorgegebenen Zeit durchgeführt werden. Diese Zeit wird übersichtlich mit Pfeilen auf dem Monitor des Gerätes visualisiert und konnte auch bei den hier untersuchten Pferden eingehalten werden. Bei Abweichung von der Längsachse während des Scans kam es zu einer Krümmung des ultrasonographischen Bildes (Abb. 7).

Eine Darstellung im Querschnitt ist in diesem Modus nicht möglich. Der SieScape® Scan erfolgt auf der Mitte des Sehnenapparates. Dabei konnten die Sehnen nicht in ihrer gesamten lateromedialen Ausdehnung dargestellt werden. Das gelang jedoch mit dem 3-D Modus. Im 3-D Modus waren zur Erstellung eines Scans von 10cm Länge 25 Sekunden erforderlich. In dieser Zeit musste der Schallkopf möglichst gleichmäßig und ohne Abweichung von der Bewegungsrichtung geführt werden. So konnte in 25 Sekunden ein räumliches Bild (sog. 3D-Volumenscan) erstellt werden.

Das mit einem einzigen Scan erzeugte 3D- Volumenbild konnte nachträglich stufenlos in allen Ebenen analysiert werden. Dies ermöglichte auch die Betrachtung der Längsebene in der lateromedialen Ausdehnung der Sehne. Somit waren beliebige Schnittebenen durch das gescannte Sehnenpaket darstellbar. Die Qualität dreidimensionaler Bilder war bis auf wenige Ausnahmen gut, erreichte jedoch nie eine sehr gute Bewertung, da die Auflösung im 3-D Modus grundsätzlich geringer ist als im B-Mode bzw. Sie Scape Modus.

26 der 35 untersuchten Pferde wiesen einen Sehnendefekt auf. Tabelle 2 zeigt, dass bei der Darstellung dieser Defekte im B-Mode häufig mehrere Scans des erkrankten Bereiches notwendig waren, um den Defekt in seiner ganzen Ausdehnung zu erfassen. Dies entfiel im SieScape® Modus und der dreidimensionalen Darstellung. Dieser Unterschied ist signifikant. Im Folgenden werden Beispiele für die Ultraschallbilder gezeigt, die mit dem Gerät Sonoline Elegra erstellt werden können.

#### Fall 1

Es handelt sich um ein 2 Monate altes Fohlen, welches sich auf dem Transport durch einen Sturz eine Verletzung der oberflächlichen Beugesehne hinten links zugezogen hatte. Klinisch waren mit Umfangsvermehrung, Wärme und Schmerz alle Anzeichen einer akuten Tendinitis vorhanden. Das Fohlen zeigte eine geringgradige Lahmheit. Die Diagnose in Bezug auf die betroffene Sehne und die Abgrenzung zu paratendinösen Erkrankungen wurde mit Hilfe der konventionellen sonographischen Untersuchung mit einem herkömmlichen Gerät und dem Sonoline Elegra gestellt. Dabei war das Bild des Sonoline Elegra deutlich höher aufgelöst und die einzelnen Sehnenstrukturen waren besser zu erkennen. Abb. 3 zeigt einen mit dem Sonolinegerät erstellten B-Mode- Querschnitt durch den Sehnenapparat hinten links mit einer zentralen hypoechogenen Zone in der OBS (sog. Core lesion) im Bereich 3a. Die Unterhaut ist deutlich verdickt, die übrigen tendinösen Strukturen erscheinen unverändert.

Der SieScape® Scan zeigt das gesamte Ausmaß des Schadens der OBS im Längsschnitt dagegen in einem Bild (Abb.4). Der

Schaden der OBS wird in seinem gesamten Ausmaß deutlich. Die oberflächliche Beugesehne stellt sich in dem Bereich 1b bis 3a fast insgesamt anechogen und in deutlich vergrößerter Dimension dar. In der dreidimensionalen Darstellung ist zusätzlich die Beurteilung des Schadens in seiner lateromedialen Ausdehnung möglich. (s. Abb. 5). Mit Hilfe von Markern können die korrelierenden Lokalisationen in den unterschiedlichen Scanebenen kenntlich gemacht werden. Abbildung 5 D zeigt die koronale Ebene. Der am Monitor des Ultraschallgerätes Bild darstellbare Vorgang des „Scrollens“ erlaubt eine umfassende Erweiterung der Darstellungsmöglichkeiten im Vergleich zur konventionellen B-Mode Technik. Somit konnte bei allen untersuchten Pferden der gesamte Schaden bereits mit einem Scan in seiner vollständigen Ausdehnung beurteilt werden.

#### Fall 2

##### Desmopathie des Unterstützungsbandes

Es handelt sich um einen 13jährigen Warmblutwallach, der mit einer geringgradig deutlichen Lahmheit nach einem Springeinsatz vorgestellt wurde. Bei der Adspektion fiel eine deutliche Umfangsvermehrung im palmaren Bereich des linken Metakarpus auf. Palpatorisch waren oberflächliche und tiefe Beugesehen gut trennbar, dorsal der tiefen Beugesehen war eine deutliche, teilweise schmerzhafte Umfangsvermehrung auf nahezu der gesamten Länge des Metakarpus zu palpieren. Im sonographischen Bild im B-Mode war das Unterstützungsband der tiefen Beugesehne (UTB) deutlich hypoechogen und umfangsvermehrt. Im Längsschnitt war der Schaden nicht vollständig darstellbar. Die Aufnahme im SieScape® Modus zeigt dagegen den gesamten veränderten Bereich. Die Krümmung dieses Scans ist durch geringe Bewegungen des Schallkopfes nach lateral oder medial bedingt. Es handelt sich um ein Krümmungsartefakt.

Im weiteren Verlauf wurde das Pferd mehrfach mit dem SieScape® Verfahren nachkontrolliert. Die Struktur und Ausmaß des UTB waren gut zu beurteilen und die Verlaufsuntersuchungen wurden durch die vollständige Darstellung im SieScape® Modus erleichtert.

#### Fall 3

Bei diesem Patienten handelt es sich um einen elfjährigen Wallach, der seit 4 Jahren eine chronische Tendovaginitis zeigte. Das Pferd war intermittierend, vor allem nach verstärkter Belastung, lahm. Abbildung 8 zeigt die laterale Umfangsvermehrung der proximalen Aussackung der distalen gemeinsamen Fesselbeugesehnen-scheide. Palpatorisch war diese teilweise derb und teilweise fluktuierend.

Der SieScape® Scan führt im Querschnitt von lateral nach medial palmar/plantar um die proximale Fesselregion herum. Die Abbildung 9 zeigt das anatomische Bild einer proximalen Fesselregion. Abbildung 10 zeigt das ultrasonographische SieScape® Bild dieses Patienten. Es konnte simultan sowohl die laterale als auch die mediale Aussackung der distalen gemeinsamen Beugesehnen-scheide dargestellt und beurteilt werden (Buchstaben C und D). Die gesamte latera-

le Aussackung stellte sich als vergrößerter hypoechogener Bereich dar, der von hyperechogenen bandartigen Strukturen durchzogen war (Region 1), die im bewegten Bild flotierten und einzelne Kompartimente bildeten. Diese stellten sich im tendovaginoskopischen Bild als solide Stränge dar. Der Anteil der gemeinsamen Fesselbeugesehnenhülle, der zwischen oberflächlicher und tiefer Beugesehne liegt, stellt sich anechogen verbreitert dar. (Abb. 10, E). Im dorsalen Bereich in der Nähe zum lateralen Fesselträgerschenkel ist die Struktur vermehrt hyperechogen und nur noch vereinzelt von hypoechogenen Bereichen durchzogen (Region 2). Die Veränderungen in Region 2 weisen darauf hin, dass die Seh-



**Abb 8** Fall 3: chronische Tendovaginitis mit deutlicher Umfangsvermehrung lateral. Schwarze Linie: Schnittebene der folgenden sonographischen Abbildungen.

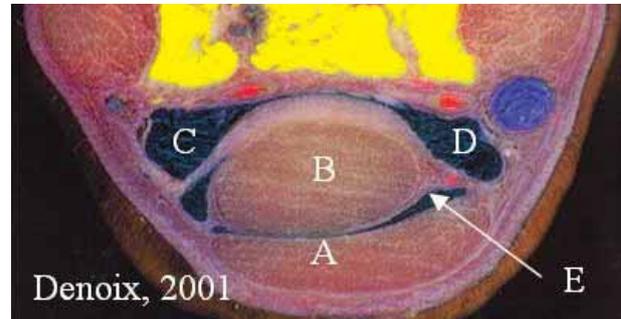
*Case 3: chronic tendovaginitis with lateral swelling. The black line indicates the section of the following sonographic pictures*

nenscheide in diesem Bereich schon bindegewebig induriert ist und kaum noch Synovialflüssigkeit aufweist. Zwischen oberflächlicher und tiefer Beugesehne ist die Sehnenhülle vermehrt gefüllt.

## Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Großgerät Sonoline Elegra bereits im B-Mode eine deutlich bessere Bildqualität liefert als die üblicherweise in der Pferdepraxis eingesetzten konventionellen Kleingeräte. Bei dem Vergleich der beiden Gerätetypen wurde darauf geachtet, dass das hier zu den Referenzuntersuchungen herangezogene Kleingerät den Anforderungen einer gehobenen Pferdepraxis entspricht. Allerdings war das hier verwendete Kleingerät nicht mit einer Cinefunktion ausgestattet. Das wirkt sich insbesondere bei nichtkooperativen Patienten nachteilig aus, weil ein erneutes Anfertigen von Ultraschallbildern eines speziellen Untersuchungsabschnittes nach Abwehrbewegung des Pferdes notwendig wird. Da inzwischen bessere Kleingeräte auch mit einer Cinefunktion ausgerüstet sind, stellt diese Funktion keinen spezifischen Vorteil des Sonoline Elegra dar. Dagegen beinhaltet die Sie-Scape-Darstellung mit dem Großgerät im Längsschnitt diagnostische Vorteile im Vergleich zur B-Mode-Untersuchung, weil die Sehne damit in toto darstellbar ist. Insbesondere bei Veränderungen, die größer waren als der im B-Mode erfassbare Bereich konnte das Ausmaß einer Sehnenläsion mit der Sie-Scape-Technik besser beurteilt werden.

Somit dient dieser Modus für die Pferdebesitzer und im Rahmen der Lehre für die Studierenden zu einer besseren Veranschaulichung von Sehnenläsionen. Allerdings erfordert die Anwendung der Panorambildtechnik mehr Übung als die konventionelle Sonografie. Dies bestätigt die Untersuchungen von Nahr et al (1999). Bei zunehmender Erfahrung mit dieser sonografischen Diagnostik und bei optimaler Fixierung des Pferdes kann eine Krümmung des sonografischen Bildes weitgehend vermieden werden. Eine leichte Achsenabweichung nach lateral oder medial ist jedoch auf Grund der geringen Auflagefläche des Schallkopfes am Sehnenpaket im Bereich des Metacarpus/-tarsus nicht immer ganz vermeidbar. Diese



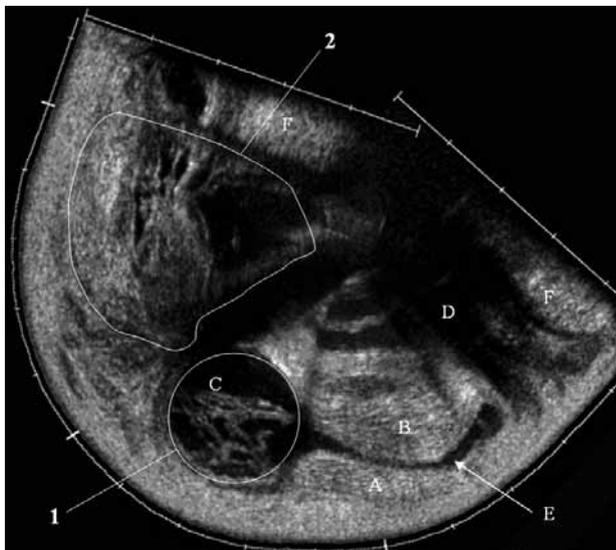
**Abb 9** Anatomisches Bild der proximalen Fesselregion im Querschnitt (DenoiX 2001).  
*Anatomical picture of the proximal fetlock region (cross section) (DenoiX 2001)*

geringgradige Krümmung beeinflusst jedoch die gute Auswertbarkeit der Sie-Scape-Aufnahmen nicht.

Ein weiterer Vorteil des hier überprüften Großgerätes besteht in der dreidimensionalen Darstellungsmöglichkeit von Geweben. Mit Hilfe der Scrollfunktion kann das gespeicherte 3-D-Bild nicht nur in den bisher bekannten Längs- und Querebenen, sondern zusätzlich in der sog. koronalen Ebene, die eine „Aufsicht“ auf die Sehnen und auf Defekte ermöglicht, untersucht werden. Damit ist die Lokalisation und das Ausmaß von Sehnenläsionen unterschiedlicher Größe eindeutig feststellbar. Dieses könnte z.B. therapeutisch eine gezielte Drainage von Ergüssen im Sehnenparenchym ermöglichen. Somit können sowohl bei der Sehnenagnostik mit Hilfe bioptrischer Methoden (Movin et al. 1997, Rühmann 1999, Wagels 2000) oder bei der therapeutischen Sehnenpunktion mit der 3-D-Technik Fehlpunktionen verhindert werden. Neben der koronalen Ebene ist theoretisch eine Vielzahl von weiteren Untersuchungsebenen evaluierbar. Für die praktische Anwendung hat sich allerdings die Reduktion auf Längs-, Quer- und koronale Ebene bewährt. Damit ist eine exakte Zielführung nicht nur für das Einbringen einer Punktionskanüle für die Sehnen Drainage, sondern auch für die Nadel eines Biopsiegerätes möglich geworden. Mit der 3-D-Darstellung können auch nach Anfertigung eines einzigen Scans beliebig viele longitudinale Ultraschallbilder im Bereich der latero-medialen Ausdehnung der Sehne erzeugt werden. Mit konventionellen Geräten müsste dazu die Sehne kontinuierlich mehrfach von lateral nach medial im Längsschnitt sonografisch untersucht werden.

Allerdings muss auch bei der dreidimensionalen Darstellung die Möglichkeit einer speziellen Artefaktbildung beachtet werden. Eine Abweichung von der Hauptbewegungsrichtung des Schallkopfes während eines Scans führt zur Entstehung von

treppenförmigen „Versetzungsartefakten“. Diese Artefakte können weitgehend dadurch vermieden werden, dass für die 3-dimensionale Darstellung die Scanlänge auf 10 cm beschränkt bleibt. Bei dem hier verwendeten Ultraschallgerät hat sich herausgestellt, dass für die 3-D-Technik eine Scanlänge von 10 mm in hohem Maße ausreicht, da der Sehnen-schaden zunächst mit Hilfe von normalen B-Mode-Bildern und der Sie-Scape-Technik lokalisiert und danach dreidimensional dargestellt wird. Sollte ein Sehnen-defekt auf einer Länge von mehr als 10 cm auftreten, sind je nach Ausdehnung 2 oder mehr 3-dimensionale Ultraschallaufnahmen zu erstellen (vergl. Tab. 2 Fall 10, 21 und 23). Ein Nachteil des 3-D-



**Abb 10** Fall 3: ultrasonographisches SieScape® Bild der proximalen Fesselregion mit deutlicher Umfangsvermehrung (s. Abb.8) im SieScape Verfahren des Patienten aus Fall 3. A: oberfl. Beugesehne, B: tiefe Beugesehne, C : Proximolot. Aussackung der gemeinsamen Fesselbeugesehnscheide, D: proximo-mediale Aussackung der gemeinsamen Fesselbeugesehnscheide., E: Anteil der distalen gemeinsamen Beugesehnscheide zwischen oberfl. und tiefer Beugesehne, F: lat. und medialer Schenkel des M. interosseus. Befunde: Region1: vergrößerter hypoechogener Bereich der lat. Aussackung mit hyperechogener Struktur Region 2: Im dorsalen Bereich in der Nähe zum lateralen Fesselträgerschenkel ist die Struktur vermehrt hyperechogen und nur vereinzelt von hypoechogenen Bereichen durchzogen.

Case 3: sonographic SieScape® picture of the proximal fetlock region with extensive swelling (see fig.8) (SieScape Mode). A: superficial flexor tendon, B: deep flexor tendon, C : Proximolot. Compartment of the tendon sheath, D: proximo-medial compartment of the tendon sheath., E: part of the tendon sheath between superficial and deep flexor tendon, F: M. interosseus. Findings: Region1: hypoechogenic area of the lateral compartment with hyperechogenic structure, Region 2: In the dorsal area close the M. interosseus hyperechogenic structure mixed with hypoechogenic areas.

Modus liegt derzeit noch in einer etwas geringeren Auflösung im Vergleich zum B-Mode-Bild des Großgerätes Sonoline Elegra. Die Auflösung des 3-D-Bildes entspricht etwa der Bildqualität des konventionellen Kleingerätes. Ein systembedingter Nachteil des Sonoline Elegra-Gerätes liegt darin, dass die 3-D-Bilder lediglich ausgedruckt und digital gespeichert werden können. Ein nachträgliches Betrachten der Volumenscans ist ortgebunden nur auf dem Gerät Sonoline Elegra möglich. Somit funktioniert zurzeit weder ein Datenaustausch noch eine nachträgliche Datenbetrachtung und -bearbeitung losgelöst von dem Standort des 137 kg schweren Großgerätes.

Auch bei der Darstellung der distalen gemeinsamen Beugesehnscheide haben sich sowohl die Sie-Scape- als auch das 3-D-Verfahren bewährt. Mit Hilfe des Sie-Scape-Scanners ist es nun erstmals möglich, die distale gemeinsame Beugesehnscheide in ihrer gesamten Ausdehnung von lateral nach medial ähnlich z.B. einem computertomografischen Schnitt, sonografisch dazustellen. Strukturveränderungen an verschiedenen Lokalisationen der Sehnscheide können jetzt auf einem Ultraschallbild dargestellt werden. Wie die Sehne kann auch die Sehnscheide, sogar bei hochgradiger Füllung, mit ihrer lateralen bzw. medialen Aussackung nach einem einzigen 3-dimensionalen Scan in beliebig vielen Ebenen dargestellt und untersucht werden. Auch hier hat sich der angewendete Untersuchungsstandard mit einer horizontalen, sagittalen und zusätzlichen koronalen Ebene bewährt.

Im Bereich der Sehnscheide können bei Anwendung der 3-D- oder SieScape®-Technik Artefakte auftreten, wenn der Schallkopf in einem engen Radius (z.B. in der horizontalen Ebene) geführt werden muss oder der Hautkontakt auf der gesamten Fläche des Schallkopfes nicht gewährleistet ist. Dieses trifft nicht selten bei Untersuchungen in der horizontalen Ebene der Sehnscheide zu. Deshalb ist, besonders in diesem Bereich eine kritische Interpretation der sonografischen Untersuchung angezeigt und in der Region der Sehnscheide sollten mehrere Scans mit reproduzierbaren Befunden bei einer Auswertung herangezogen werden.

Die hier untersuchten neuen Verfahren (Sie-Scape und 3-D-Technik) eignen sich im Weichteilbereich des Pferdefußes hervorragend zur übersichtlichen Darstellung von ausgedehnten Läsionen (Flüssigkeitsansammlung, Vernarbung, Strukturschäden u.a.). Vor der Entwicklung der Panoramabildtechnik war es nicht möglich, Ultraschallbilder zu erstellen, die mit der makroskopischen Anatomie im Bereich der Sehnen eine große Ähnlichkeit aufwiesen. Dieses macht die Ultraschalldiagnostik im Bereich der Sehnen des Pferdes für Anfänger (Studierende) und Besitzer, aber auch im Rahmen der Fortbildung leichter verständlich. Es wäre wünschenswert, wenn in Zukunft diese neuen Darstellungsmöglichkeiten und die hervorragende Auflösung im B-Mode auch auf kompakte Kleingeräte zu einem für die Praxis vertretbaren Preis übertragen werden können. Wie häufig bei der Verbesserung bildgebender Untersuchungsmethoden werden damit auch in diesem Fall neue Fragen aufgeworfen. In Zukunft gilt es deshalb zu klären, welche klinische bzw. prognostische Bedeutung subtile Veränderungen an unterschiedlichen Lokalisationen der Sehnen, die früher nicht erfasst werden konnten, haben. Außerdem stellt sich die Frage, ob im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen mit der verbesserten Auflösung klinisch noch inapparente Sehnen-schäden frühzeitig aufgedeckt werden können.

## Literatur

- Denoix J. M. (2001): The Equine Distal Limb. Verlag Schattauer Stuttgart-New York  
 Denoix J. M. (1994): Diagnostic Techniques for Identification of tendon and Ligament Injuries. Vet. Clin. North Am. Large. Anim. Pract. 10, 365-409  
 Dik K. J. und A. J. M. Van den Belt (1991): Ultraschallfehldiagnostik bei Sehnenkrankungen des Pferdes. Pferdeheilkunde 7, 83-90

- Genovese R. L., N. W. Rantanen, M. L. Hauser und B. S. Simpson (1986): Diagnostic ultrasonography of equine limbs. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 2, 145-226
- Kriz N. G. und J. S. Boyd (1999): Das Panoramabildverfahren in der Ultraschalldiagnostik beim Pferd. *Klinische Erfahrung bei über 300 Pferden. Pferdeheilkunde* 15, 129-138
- Movin T., P. Guntner, A. Gad und C. Rolf (1997): Ultrasonography-guided percutaneous core biopsy in Achilles tendon disorder. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 7, 244-248
- Nahr W., H. Gerhards und A. Baumann (2000): Erfahrungen mit der Panorama Ultrasonographie bei chirurgischen Erkrankungen des Pferdes. 16. Arbeitstagung der Fachgruppe Pferdekrankeheiten, Wiesbaden, den 16. und 17. März 2000.
- Nickel R., A. Schummer und E. Seiferle (1984): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, 5. Aufl., Bd. 1 Bewegungsapparat. Verlag Paul Parey Berlin, Hamburg
- Rantanen N. W., M. L. Hauser und R. L. Genovese (1985): Superficial digital flexor tendinitis: diagnosis using real-time ultrasound imaging. *J. Equine Vet. Sci.* 5, 115-119
- Rapp H. J. (1997): Sonographische Sehnenagnostik beim Pferd. Verlag Schattauer Stuttgart-New York

- Rühmann K. (1999): Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchung von Sehnenbiopsaten und biopsierten Sehnen beim Pferd. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Stadtbäumer G. (1988): Ultraschalldiagnostik bei der Sehnenkrankung des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 4, 125-137
- Stadtbäumer G. (1990): Ein Vergleich der Ergebnisse der klinischen mit der sonographischen Untersuchung bei der Sehnenkrankung des Pferdes. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Wagels R. (2000): Die Biopsie der oberflächlichen und tiefen Beugesehne des Pferdes - Methodik und klinische Verlaufsuntersuchung. *Med. Vet. Diss. Hannover*

Dr. Rolf Wagels  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
Klinik für Pferde  
Bischofsholer Damm 15  
30173 Hannover  
rolf.wagels@iho-hannover.de

Pferdeheilkunde Forum und MICEM

# ESpoM Aachen 2006



## Fortschritte in der Pferde-Sportmedizin

Internationaler Tierärztekongress und Hufschmiede-Tagung  
vom 23. bis 26. August 2006, während der FEI Weltreiterspiele in Aachen

Seminare, Workshops, Vorträge, Posterausstellung, Fachmesse

*Herz und Atemwege, Knochen und Gelenk, Huf und Beschlag  
Muskel und Leistung, Bewegung und Lahmheit, Leistung und Fütterung*

Dressurfinale

[www.espomaachen2006.info](http://www.espomaachen2006.info)