

Hochauflösende Sonographie am Auge des Pferdes

Marc Cronau und Hartmut Gerhards

Pferdeambulanz der Ludwig-Maximilians-Universität München

Zusammenfassung

Die sonographische Untersuchung des Pferdeauges ist bei opaken optischen Medien mittlerweile zur Routine geworden. Die Darstellung der Augeninnenstrukturen beschränkte sich bei Verwendung der konventionellen Sonographie bisher jedoch vor allem auf die Linse, den Glaskörper, die Bulbusrückwand und die Augenhöhle. Es war bis jetzt nicht möglich den vorderen Augenabschnitt in einer befriedigenden Qualität darzustellen. Im Rahmen dieser Studie wurde erstmalig beim Pferd ein hochauflösender Linear-Array-Schallkopf mit einer Mittelfrequenz von 12 MHz sowohl zur sonographischen Darstellung des vorderen Augenabschnittes als auch des hinteren Bulbusabschnittes eingesetzt. Ziel war vor allem die Darstellung des vorderen Augenabschnittes, wobei sowohl die normale Anatomie als auch einige ausgewählte pathologische Veränderungen präsentiert werden konnten. In die Studie wurden 75 Pferde unterschiedlichen Alters und Geschlechts und verschiedener Rassen einbezogen, die in der Zeit vom 16.12.2002- 01.08.2003 in der Pferdeambulanz der Universität München vorgestellt und behandelt wurden. Als Ultraschallsystem diente das SONOLINE® Omnia der Firma Siemens (Softwareversion 2.1), mit dem Linearschallkopf VF 13 - 5, mit einer Mittelfrequenz von 12 MHz. Es handelt sich hier um einen sogenannten Nahfeldschallkopf, mit dem Strukturen, die direkt an die Ankopplungsfläche grenzen, mit einer hohen Auflösung wiedergegeben werden können. Die hochauflösende Ophthalmosonographie liefert dem Untersucher Bilder vom gesunden und pathologisch veränderten Pferdeauge in exzellenter Qualität. Die dabei entstehenden Bilder ähneln histologischen Schnittbildern niedriger Vergrößerung. Neben den hinteren Augenabschnitten konnten in dieser Studie vor allem Bereiche des vorderen Bulbusabschnittes wie z.B. Kornea, Iris, Kammerwinkel, Ziliarkörper, hintere Augenkammer und auch die Linse in einer bisher unerreichten Qualität dargestellt werden. An ausgewählten Augen wurde der Kammerwinkel vermessen, inwieweit diese Ergebnisse von klinischen Nutzen sind, müssen Folgeuntersuchungen klären.

Schlüsselwörter: Ophthalmologie, Ultraschall, hochauflösende Sonographie, Auge

High resolution ultrasound in equine ophthalmology

Ultrasonographic evaluation of equine eyes has become routine in horses with opaque media. Depiction of the internal structures of the eye using conventional ultrasound has been restricted to the lens, vitreous, posterior segment of the eye, and the orbit. Previously, it was not possible to display the anterior segment in an acceptable quality. In this study, a high resolution linear-array ultrasound probe with a median frequency of 12 MHz was applied for the first time in equine ophthalmology to display both the anterior and posterior segments of the eye. This research project concentrated primarily on the anterior segment of the eye. Normal anatomy, as well as some specific eye problems, could be displayed. This study was comprised of 75 horses of various age, sex, and breed. All of the horses were treated in the Equine Clinic, Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany from 16.12.2002 to 01.08.2003. The device for this application was a Siemens SONOLINE® Omnia with the linear-array-transducer VF 13 – 5. (Software edition 2.1). The probe is known as a "near-field-transducer" and is capable of displaying high resolution images in the immediate vicinity of the contact surface. High definition ocular ultrasonography provides the examiner with images of unprecedented quality from healthy as well as pathologically changed equine eyes. The resulting images resembled those of lower magnification histological sections. In this study, in addition to the posterior segment of the eye, it was also possible to view several anterior structures, such as: cornea, iris, iridocorneal angle, ciliary body, posterior chamber, as well as the lens in unparalleled quality. The iridocorneal angle was measured on selected eyes. The clinical importance of these results has yet to be determined.

Keywords: Horse, high resolution ultrasound, equine ophthalmology, eye

Einleitung

Die diagnostische Ultraschalluntersuchung ist mittlerweile ein fester Bestandteil im Rahmen der Untersuchung der weiblichen Geschlechtsorgane, des Thorax, des Abdomens, auf dem Gebiet der Orthopädie und der Neonatologie. Aber auch die Augenultraschalluntersuchung ist mittlerweile diagnostische Routine in der Pferdeophthalmologie. Es war bisher mittels der konventionellen Sonographie allerdings nur möglich die Linse, den Glaskörper, die Bulbusrückwand und die Augenhöhle in befriedigender Qualität darzustellen. Da

die vordere Augenkammer im Nahfeld des Schallkopfes liegt, lässt sie sich nur sehr schlecht beurteilen. In den Veröffentlichungen von *Whitcomb* (2002), *Jurrah* (1997), *Wilkie* und *Gilger* (1997), *Gevelhoff* (1996), *Esser* (1996), *Mettenleiter* (1995b) und *Miller* (1991) lassen sich dazu genauere Angaben finden.

1990 entwickelten *Pavlin* et al. das erste hochauflösende Ultraschallgerät, das auf dem bekannten B-Mode-Verfahren basiert. Das System arbeitet mit Frequenzen zwischen 50 -

100 MHz (Pavlin et al. 1990). 1991 beschrieben Pavlin et al. dann die klinische Anwendung dieses Gerätes und stellten die vordere Augenkammer dar. In der Humanmedizin führte die Verwendung von diesen sogenannten Ultraschallbiomikroskopen (UBM = ultrasound biomicroscopy) zu erheblichen Fortschritten in Diagnostik und Therapie der Erkrankungen des vorderen Augenabschnittes beim Menschen. Der Nachteil des Ultraschallbiomikroskopes liegt allerdings darin, dass es technisch bedingt die nur sehr geringe Eindringtiefe von 5 mm aufweist und daher in der Pferdeophthalmologie wahrscheinlich kaum praktischen Nutzen bringen würde. Des Weiteren ist das Gerät nicht flexibel einsetzbar, die Nutzung bleibt auf die Darstellung des vorderen Augenabschnittes beschränkt. Ein weiterer limitierender Faktor sind die hohen Kosten des Gerätes.

Seit kurzer Zeit stehen allerdings hochauflösende Schallköpfe (HRUS = high-resolution ultrasound) jenseits der 10 MHz-Grenze zur Verfügung. Sie zeichnen sich durch eine gute Darstellung des Nahfeldes aus und sind daher auch für die Sonographie der vorderen Augenkammer des Pferdeauges geeignet. Weiter sind die Geräte flexibel einsetzbar und daher bleibt die Nutzung nicht nur auf das Auge beschränkt. In der Veterinärmedizin wurden bisher nur wenige Studien veröffentlicht, die die Anwendung der hochauflösenden Sonographie am Auge beschreiben. Es gibt lediglich eine Veröffentlichung in der Pferdemedizin, die allerdings auf ein Fallbeispiel beschränkt bleibt (Bentley et al. 2003), sonst lassen sich in der Literatur keine Angaben über die Verwendung eines hochauflösenden Ultraschalls in der Pferdeophthalmologie finden.

Das Hauptaugenmerk wurde in dieser Abhandlung auf die Darstellung des vorderen Augenabschnittes gelegt, wobei sowohl die normale Anatomie als auch einige ausgewählte pathologische Veränderungen präsentiert werden konnten.

Material und Methode

Für die vorliegende Studie wurden im Zeitraum vom 16.12.2002 bis zum 01.08.2003 die Augen von 75 Pferden unterschiedlichen Alters, Geschlechts und verschiedener Rassen mittels hochauflösender Sonographie untersucht. Das Alter der Pferde lag zwischen 1 Jahr und 21 Jahren. Es handelte sich um Augenpatienten, die ambulant oder stationär in der Pferdeklinik der Universität München vorgestellt und behandelt wurden. Bei einem Großteil der Pferde bestand eine Indikation zur Sonographie, wobei bei zwei Pferden verschiedene Messungen des gesunden Auges durchgeführt wurden. In den meisten Fällen wurde das andere Auge zu Vergleichszwecken mituntersucht.

Die Patientenaugen wurden mit der Ultraschallplattform SONOLINE® Omnia der Firma Siemens (Abb. 1) untersucht (Softwareversion 2.1). Bei dieser handelt es sich um ein flexibles, softwaregesteuertes und digitales Ultraschallsystem, welches für verschiedene Gebiete einsetzbar ist. Die im Realtime-Modus volldigital erstellten Bilder werden auf einem hochauflösenden Farbmonitor mit einer Bildschirmdiagonalen von 30 cm (13 Zoll) in 256 Graustufen wiedergegeben. Die Auflösung beträgt 512 x 512 Bildpunkte, wobei die dokumentierbare Bildgröße bei ebenfalls 512 x 512 Bildpunkten liegt.

Zusätzlich kann mittels eines Vergrößerungs- oder „Zoom“-Modus ein einzelner Bildausschnitt auf das bis zu fünffache der Ausgangsgröße vergrößert werden. Außerdem lassen sich Distanzmessungen bis zu einer minimalen Entfernung von 0,1 mm durchführen.



Abb 1 Ultraschallsystem SONOLINE® Omnia der Firma Siemens.
Device SONOLINE® Omnia Siemens company



Abb 2 Der verwendete Linear Array Schallkopf VF 13 - 5
Used linear-array ultrasound probe VF 13 - 5

Als Schallkopf kam der VF 13 - 5 Linear Array (Abb. 2) von der Firma Siemens zum Einsatz. Der Mittelfrequenzbereich im B- Mode liegt bei 7 - 12 MHz. Es handelt sich hier um einen sogenannten Nahfeldschallkopf, mit dem Strukturen, die direkt an die Ankopplungsfläche grenzen, mit einer hohen Auflösung wiedergegeben werden können. Die maximale Auflösung beträgt bei -6dB 0,21 mm axial und 0,38 mm lateral. Die maximale Eindringtiefe liegt bei einer Frequenz von 8 MHz bei 80 mm, die minimale bei 12 MHz bei 20 mm.

Als Dokumentationsmedien können sowohl ein Schwarzweiß-Videodrucker (Mitsubishi P 91), ein Farb- Videodrucker (Mitsubishi CP 700) als auch ein magneto- optisches Diskettenlaufwerk (Magneto Optical Disc, MOD) verwendet werden. Die MOD's kamen im Rahmen dieser Studie zur Anwendung. Die Patienten wurden erst einer eingehenden ophthalmologischen Untersuchung unterzogen. Anschließend erfolgte die Sonographie im Stehen, wobei zwei augengesunde Pferde zusätzlich in Vollnarkose untersucht wurden. Die Sonographie wurde transpalpebral, ohne Vorlaufstrecke und überwiegend ohne Lokalanästhesie durchgeführt. Da es sich um eine schmerzlose und nicht invasive Untersuchungsmethode handelt, war eine Sedation des Patienten in der Regel nicht nötig. Lediglich zwei Pferde mussten wegen unruhigen Verhaltens sediert werden.

Um sich einen guten Überblick über den ganzen Bulbus zu verschaffen, wurde die Untersuchung bei horizontaler Schnitt- richtung mit einer Eindringtiefe von 50 mm bei 10 MHz bei mittlerer Fokusposition angefangen. Es wurden sowohl der Reflex der Linsenrückfläche als auch die Papille des Nervus opticus eingestellt, um eine standardisierte Betrachtungsweise zu erhalten. Fielen etwaige Veränderungen auf, so wurde der Fokus auf diese fixiert und diese genauer untersucht. Dabei ist es wichtig, nicht nur aus der horizontalen Position zu schallen, sondern die Veränderung aus verschiedenen Richtungen zu untersuchen, da sich manche nur in einem bestimmten Schnittwinkel darstellen. War es möglich die Auffälligkeit mit einer Eindringtiefe von 40 mm zu untersuchen, so wurde die Frequenz auf 12 MHz gestellt. Zur routinemäßigen Untersu- chung der vorderen Bulbusabschnitte stellte man den Schall- kopf auf 12 MHz und die Eindringtiefe zwischen 20 mm und 40 mm. Im Anschluss an die Untersuchung traten keine unter- suchungsbedingten ophthalmologischen Probleme auf.

Ergebnisse

Das Ultraschallbild in Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über den temporalen Bereich des vorderen Augenabschnittes eines normalanatomischen Pferdeauges. Geschallt wurde hier mit einer Frequenz von 12 MHz, bei einer Eindringtiefe von 20 mm. An der Kornea lassen sich bei dieser Auflösung drei Strukturen differenzieren. Das Korneaepithel und das Endo- thel mit der Descemet´schen Membran stellen sich als hoch- reflektive Linien dar. Das dazwischenliegende Stroma ist ein schwach- bis anechogenes Band von homogener Struktur.

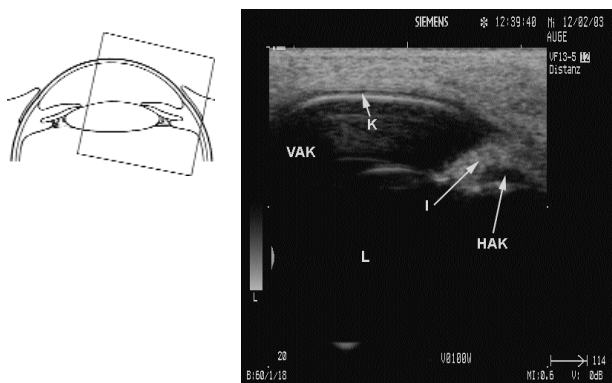


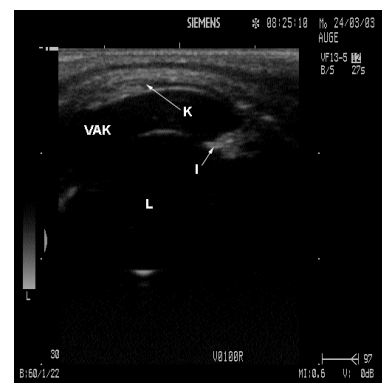
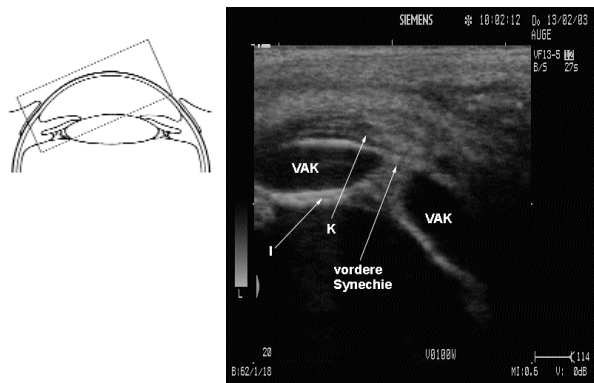
Abb 3 Warmblut, Hengst, 1 Jahr, 12 MHz, gesundes Auge, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris, L: Linse, HAK: hintere Augenkammer
Warmblood, stallion, 1 year, 12 MHz, normal anatomical eye, K: cornea, VAK: anterior chamber, I: iris, L: lens, HAK: posterior chamber.

Die beiden Augenkammern stellen sich beim gesunden Auge echofrei dar. In der Vorderkammer finden sich oft Wiederho- lungsechos der hyperechogenen Korneastrukturen, die sich bei einem zu starken Anpressdruck des Schallkopfes noch ver- stärken. Die vordere Augenkammer erscheint abgeflacht. Die Iris stellt sich zwischen diesen beiden Kammern als mittelre- flektive, geringgradig inhomogene Struktur dar. Sie steht mit ihrer Spitze in direktem Kontakt mit der Linsenvorderfläche. Der Ziliarkörper liegt unterhalb des Iriswurzelbereichs. Er weist eine niederreflektive, homogene Echostruktur auf. Die Zonula- fasern stellen sich im physiologischen Zustand nicht dar.

Auf dem Bild in Abbildung 4a ist das Hornhautulkus eines 6- jährigen Warmblut- Wallachs zu sehen. Abbildung 4b zeigt das Sonogramm des rechten Auges. Es ist deutlich eine vordere Synechie zu erkennen. Die Iris zieht als echogene Linie an das Endothel der Kornea. Die Kornea ist auf ca. 5 mm ver- dickt und das Stroma erscheint hypoechogen. Im Bereich der Verklebung zwischen Iris und Kornea erscheint das Epithel der Kornea aufgrund des Ulkus dünner als in den anderen Berei-



Abb 4a Warmblut, Wallach, 6 Jahre, Hornhautulkus, vordere Synechie. **4b.** Warmblut, Wallach, 6 Jahre, OD, 12 MHz, vordere Synechie, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris. **4c** Warmblut, Wallach, 6 Jahre, OD, 12 MHz, nach Synechiolyse, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris, L: Linse
4a.. Warmblood, gelding, 6 years, corneal ulcer, anterior syne - chia. 4b Warmblood, gelding, 6 years, OD, 12 MHz, anterior synechia, K: cornea, VAK: anterior chamber, I: iris. 4c.. Warm - blood, gelding, 6 years, OD, 12 MHz, post synechotomy, K: cor - nea, VAK: anterior chamber, I: iris, L: lens



chen. Das Sonogramm in Abbildung 4c zeigt das selbe Auge nach erfolgter Synechiolyse. Es stellt sich keine Verbindung mehr zwischen Iris und Kornea im Ultraschallbild dar. Die vordere Augenkammer ist anechogen. Die Korneadicke ist auf ca. 2,5 mm zurückgegangen.

Das Ultraschallbild in Abbildung 5 zeigt den linken Augapfel einer 13-jährigen Warmblut-Stute. Die Kornea stellt sich auf ca. 3 mm verdickt dar. Die vordere Augenkammer ist abgeflacht. Sowohl temporal als auch nasal liegt über der hyperechogenen Linsenvorderfläche die hyperechogene Iris, die im zentralen Bereich der Linse mit dieser verklebt ist (hintere Synchie). Zwischen diesen beiden hyperechogenen Grenzflächen zeigt sich ein anechogener Raum. Dieser kommt dadurch zustande, dass das Kammerwasser durch die im zentralen Bereich verklebte Iris nicht abfließen kann und sich

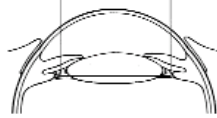
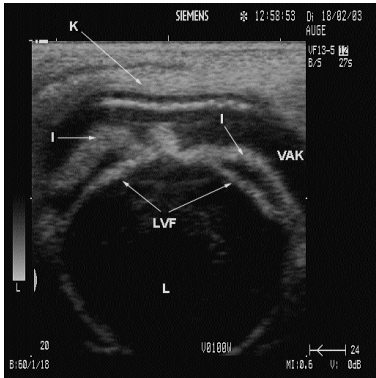


Abb 5 Warmblut, Stute, 13 Jahre, OS, 12 MHz, Napfkucheniris, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris, LVF: Linsenvorderfläche, L: Linse
Warmblood, mare, 13 years, OS, 12 MHz, iris bombé, K: cornea, VAK: anterior chamber, I: iris, LVF: anterior lens surface, L: lens.

dann die Iris von der Linsenvorderfläche abhebt. Man spricht hier von einer sogenannten Napfkucheniris.

Abbildung 6 zeigt das Sonogramm des linken Auges eines 4-jährigen Warmblut-Wallachs. Die Kornea stellt sich verdickt dar. In der vorderen Augenkammer sind deutlich zwei Iriszysten zu erkennen.

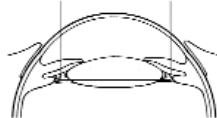
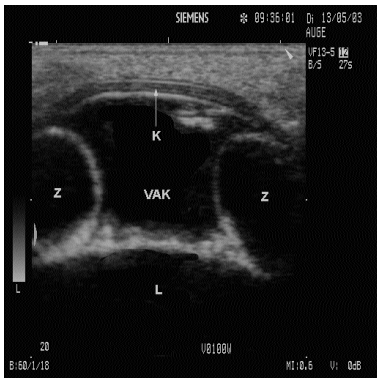


Abb 6 Warmblut, Wallach, 4 Jahre, OS, 12 MHz, Ziliarkörperzysten, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, Z: Zyste, L: Linse
Warmblood, gelding, 4 years, OS, 12 MHz, cyst of the ciliary body, K: cornea, VAK: anterior chamber, Z: cyst, L: lens.

sten zu erkennen. Die Hüllen stellen sich in der typischen Weise echogen dar, im Gegensatz zum Inhalt der Zysten, der anechogen ist.

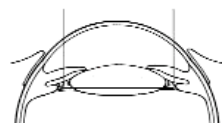
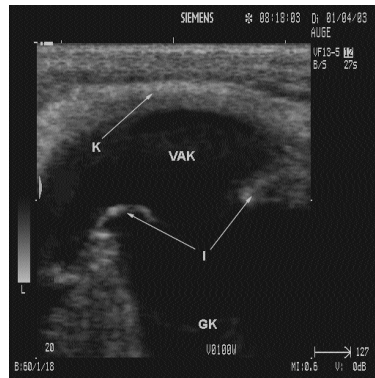
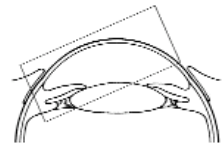
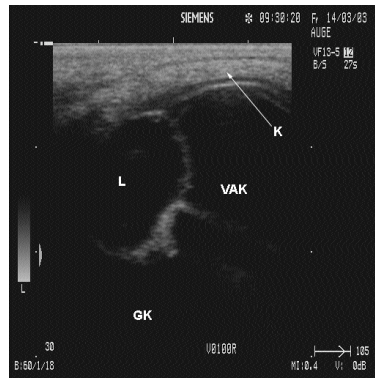
In Abbildung 7a ist das rechte Auge eines 7-jährigen Warmblut-Wallachs zu sehen. Es zeigt eine deutliche Hornhauttrübung, eine sogenannte Bändertrübung. Abbildung 7b zeigt

das Sonogramm zu diesem Befund. Es ist deutlich die nach anterior nasal luxierte Linse zu erkennen. Weiter fällt auch im Ultraschallbild das Korneaödem auf. Die Kornea ist auf ca. 3 mm verdickt. Aufgrund des verlegten nasalen Kammerwinkels kam es zu einer Erhöhung des Augeninnendrucks und daraus ergibt sich sekundär das Hornhautödem. Es wurde dann, um den Kammerwasserabfluss wieder frei zu geben, die Linse mittels Phakoemulsifikation entfernt. Abbildung 7c zeigt das Auge 12 Tage nach erfolgreicher Operation. Die Korneadicke ist auf 2 mm zurückgegangen und es ist im Sonogramm kei-



Abb 7a Warmblut, Wallach, 7 Jahre, OD, Luxatio lentis anterior, Hornhauttrübung. **7b** Warmblut, Wallach, 7 Jahre, OD, 12 MHz, Luxatio lentis anterior, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, L: Linse, GK: Glaskörper. **7c** Warmblut, Wallach, 7 Jahre, OD, 12 MHz, post Phakoemulsifikation, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris, GK: Glaskörper

7a Warmblood, gelding, 7 years, OD, luxatio lentis anterior, corneal opacity. **7b** Warmblood, gelding, 7 years, OD, 12 MHz, luxatio lentis anterior, K: cornea, VAK: anterior chamber, L: lens, GK: vitreous body. **7c** Warmblood, gelding, 7 years, OD, 12 MHz, post lens extraction, K: cornea, VAK: anterior chamber, I: iris, GK: vitreous body

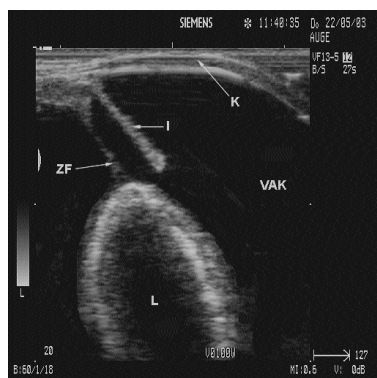
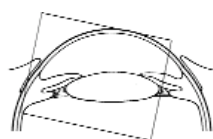


ne Linse mehr darzustellen. Lediglich die anechogene vordere Augenkammer, die echogene Iris und der anechogene Glaskörper sind zu sehen.

Abbildung 8a zeigt die ausgeprägte Hornhauttrübung am rechten Auge des 13-jährigen Warmblut-Wallachs. Die Vergrößerung des Bulbus lässt sich ebenfalls schon erahnen. Der intraokulare Augendruck betrug 49 mm Hg. In einem Übersichtssonogramm wurde ein Durchmesser des Bulbus von 51 mm gemessen. Abbildung 8b zeigt die vordere und hintere



Abb 8a Warmblut, Wallach, 13 Jahre, OD, absolutes Glaukom. **8b:** Warmblut, Wallach, 13 Jahre, OD, 12 MHz, absolutes Glaukom, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, I: Iris, ZF: Zonulafasern, L: Linse
8a: Warmblood, gelding, 13 years, OD, absolute glaucoma
Abbildung 8b: Warmblood, gelding, 13 years, OD, 12 MHz, absolutes glaucoma, K: cornea, VAK: anterior chamber, I: iris, ZF: lens zonules, L: lens.



Augenkammer im Ultraschallbild. Es lassen sich hinter der Iris die Zonulafasern als echogen erkennen. Die Linse stellt sich völlig kataraktös dar.

Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Messung des temporalen Kammerwinkels an einem Auge, welches keine pathologischen Veränderungen aufwies. Der temporale Kammerwinkel beträgt 50,0°.

Diskussion

Für die sonographische Untersuchung des Pferdeauges wurden bisher lediglich konventionelle Ultraschallgeräte verwendet, die bis zu einer Frequenz von 10 MHz arbeiten. Mit diesen Geräten war es ohne Vorlaufstrecke nicht möglich, den vorderen Augenabschnitt darzustellen oder es gelang nur in einer nicht befriedigenden Qualität (Gewelhoff 1996).

Die ophthalmosonographische Untersuchung mit dem in dieser Studie verwendeten Siemens SONOLINE® Omnia wurde von den Pferden in der Regel problemlos toleriert. Es war wichtig, dass der Patient sich während der Untersuchung so wenig wie möglich bewegte, was in den meisten Fällen schon durch die Verbringung in einen ruhigen und abgedunkelten Raum gewährleistet war. Die Pferde tolerierten in der Regel die Untersuchung so gut, dass eine Fixation im Zwangsstand nicht nötig war. Sehr nervöse Tiere mussten zum Schutz von

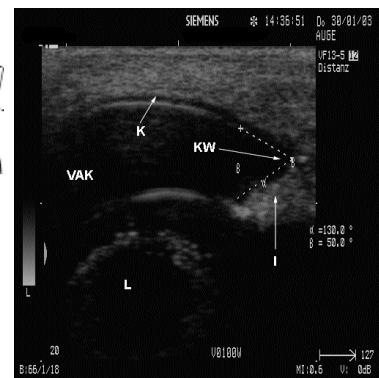
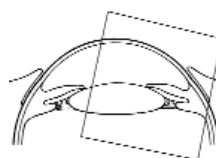


Abb 9 Warmblut, Wallach, 8 Jahre, OD, 12 MHz, K: Kornea, VAK: vordere Augenkammer, KW: Kammerwinkel, I: Iris, L: Linse
9.: Warmblood, gelding, 8 years, OD, 12 MHz, K: cornea, VAK: anterior chamber, KW: iridocorneal angle, I: iris, L: lens.

Mensch und Tier sediert werden. Dies war allerdings insgesamt nur zweimal der Fall. Die Sedation wird von verschiedenen Autoren entweder generell empfohlen (Mettenleiter 1995a, Jurrat 1994, Miller 1991) oder erforderlichenfalls zusätzlich eingesetzt (Williams et al. 1995, Read und Barnett 1995).

In der Literatur gibt es verschiedene Angaben bezüglich der verschiedenen Ankopplungsmethoden. Read und Barnett (1995), Williams et al. (1995), Jurrat (1994), sowie Hillyer (1993) erreichen durch direktes Aufsetzen auf die Kornea eine wesentlich bessere Bildqualität als bei der transpalpebralen Technik. Williams et al. (1995) weisen darauf hin, dass häufig nur eine transpalpebrale Untersuchung von den Tieren toleriert wird. Dies kann bestätigt werden, vor allem wenn die Pferde keine Oberflächenanästhesie der Kornea erhalten haben. Die in dieser Arbeit mit der transpalpebralen Methode erreichte Bildqualität stand der direkten Methode in keiner Weise nach. Ein zu starker Druck bei der Ankopplung ist zu vermeiden. Er führt verstärkt zu Artefakten und lässt die vordere Augenkammer flacher als normal erscheinen. Außerdem kann der Druck zu einer temporären intraokulären Druckerhöhung führen. Ein weiterer Vorteil der transpalpebralen Methode liegt darin, dass es zu keiner Irritation der Kornea kommt. Bei Patienten die wegen einer Hornhautverletzung mit Hyphäma untersucht werden müssen, stellt die transpalpebrale Methode ebenfalls die schonendere Methode dar. Für die Darstellung des anterioren Augenabschnittes empfehlen Read und Barnett (1995), Mettenleiter (1995a), Jurrat (1994), Hillyer (1993) die Verwendung einer Vorlaufstrecke. Williams et al. (1995) erwähnen die transpalpebrale Methode als gleichwertig. Dies kann durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden.

Die Darstellung des klinisch unauffälligen Auges entspricht den Angaben aus der Literatur (Mettenleiter 1995a, Read und Barnett 1995, Williams et al. 1995, Jurrat 1994, Hillyer 1993, Miller 1991), wobei dank der höheren Auflösung des VF 13 - 5 Schallkopfes die Darstellung einzelner Strukturen detaillierter ist und Strukturen sichtbar gemacht werden konnten, die mit der herkömmlichen Sonographie nicht darstellbar waren. Am vorderen Augenabschnitt konnten alle relevanten Strukturen sichtbar gemacht werden. Es war ohne die Verwendung einer Vorlaufstrecke möglich, die Lider und die Kornea darzustellen; dies gelingt mit der konventionellen Sonographie nicht (Mettenleiter 1995a, Hillyer 1993). Es ist mit der hochauflösenden Sonographie möglich, die Kornea viel deutlicher im Sonogramm nachzuweisen, als das mit herkömmlichen Geräten der Fall ist. Es kann sehr deutlich zwischen Epithel, Stroma und Endothel mit Descemet'scher Membran unterschieden werden. Liegt ein Korneaödem vor, so erscheint das Stroma hypoechogen und deutlich verdickt (Abb. 4b). Bei einer Eindringtiefe von 20 mm und einer Frequenz von 12 MHz lässt sich die Iris sehr deutlich vom umgebenden Gewebe abgrenzen. Sie präsentiert sich mittelreflektiv, geringgradig inhomogen und als deutlicher Streifen zwischen vorderer und hinterer Augenkammer (Abb. 3). Selbst eine vordere Synechie lässt sich bei opaken optischen Medien nachweisen. Die Iris zieht als echogene Linie an das Endothel der Kornea (4b). Im Falle einer hinteren Synechie mit Ausbildung einer Napfkucheniris ist die hyperechogene Iris gut von der hyperechogenen Linsenvorderfläche zu unterscheiden (Abb. 5). Auch die rundlichen Traubenkörner können sehr deutlich als mäßig echogene Kugeln nachgewiesen werden. Iriszysten stellen sich in ihrer typischen Weise dar. Die Hüllen sind echogen, im Gegensatz zum Inhalt der Zysten, der anechogen ist (Abb. 6). Laut Jurrat (1997) bildet sich der Ziliarkörper als schmales, dreieckiges Gebilde mittlerer Echogenität ab, wobei an der Irisbasis nicht genau zwischen dieser und dem Ziliarkörper zu differenzieren ist. Mittels der hochauflösenden Sonographie ist eine genaue Differenzierung der beiden Strukturen möglich. Es gelingt immer die Darstellung der hinteren Augenkammer (Abb.3). Die Zonulafasern konnten am gesunden Pferdeauge nicht ermittelt werden. Dies gelang allerdings bei stark gedehnten und entzündlich veränderten Fasern infolge eines Glaukoms (Abb. 8b).

Der Kammerwinkelbereich war in der Regel gut zu erkennen. Dies wird in der Literatur nicht erwähnt. Es konnten in dieser Studie verschiedene Messungen sowohl des physiologischen Kammerwinkels (Abb. 9) als auch des pathologischen gemacht werden. In wie weit die Winkelmessungen von klinischem Nutzen sind, müssen weitere Untersuchungen klären. Insgesamt lässt sich feststellen, dass mit dem verwendeten Ultraschallsystem im Vergleich zur konventionellen Sonographie eine deutlich verbesserte in- vivo- Darstellung der anatomischen Strukturen vor allem des vorderen Augenabschnittes gelang.

Literatur

- Bentley E., P. E. Miller und K. A. Diehl (2003): Use of high-resolution ultrasound as a diagnostic tool in veterinary ophthalmology. *J Am Vet Med Assoc*, 223, S. 1617- 22
- Esser M. (1996): B- Mode Ultraschalldiagnostik bei Augenerkrankungen des Pferdes. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation
- Gevelhoff I. (1996): Ultraschalldiagnostik in der Pferdeophthalmologie. München, Tierärztliche Fakultät, Dissertation
- Hillyer M. H. (1993): Ocular ultrasonography in the horse. *Vet Ann*, 33, S. 131- 137
- Jurrat T. (1997): Die sonographische Untersuchung des Pferdeauges. *Prakt Tierarzt*, 78, S. 1009- 1116
- Jurrat T. (1994): Untersuchungen zur Anwendung der ophthalmologischen Ultraschalldiagnostik (B- Bildverfahren) am Pferdeauge. Freie Universität Berlin, Tierärztliche Fakultät, Dissertation
- Mettenleiter E. M. (1995a): Sonographische Diagnostik (B- mode-Verfahren) am Auge des Pferdes. Teil 1: Methodik und Normalbefunde. *Tierärztl Prax*, 23, S. 481- 88
- Mettenleiter E. M. (1995b): Sonographische Diagnostik (B- mode-Verfahren) am Auge des Pferdes. Teil 2: Pathologische Fälle. *Tierärztl Prax*, 23, S. 588- 95
- Miller W. W. (1991): Diagnostic ultrasound in equine ophthalmology. In: 36. Ann. Conv. Am. Assoc. Equine Pract. Lexington, S. 559- 565
- Pavlin C. J., K. Harasiewicz M. D. Sherar und F. S. Foster (1991): Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology*, 98, S. 287- 95
- Pavlin C. J., M. D. Sherar und F. S. Foster (1990): Subsurface ultrasound microscopic imaging of the intact eye. *Ophthalmology*, 97, S. 244- 50
- Read R. A. und K. C. Barnett (1995): Equine glaucoma diagnosed with the aid of ultrasonography. *Equine Vet Educ*, 7, S. 225- 226
- Whitcomb M. B. (2002): How to diagnose ocular abnormalities with ultrasound. In: 48. Ann. Conv. Am. Assoc. Equine Pract. Orlando, S. 272- 275
- Wilkie D. A. und B. C. Gilger (1997): Equine diagnostic ocular ultrasonography. In: Rantanen, N. W., McKinnon, A. O. (Hrsg.). *Equine diagnostic ultrasonography*. Williams & Wilkins, Baltimore, London, Paris, Munich, Sydney, S. 637- 643
- Williams J., D. A. Wilkie und U. Gränitz (1995): Ultraschalluntersuchungen in der Veterinärphthalmologie. *Tierärztl Prax*, 23, S. 111- 15

Dr. Marc Cronau
 Prof. Dr. Hartmut Gerhards
 Pferdeklinik
 Ludwig-Maximilians-Universität München
 Veterinärstr. 13
 D-80539 München
 cronau@freenet.de
 H.Gerhards@chir.vetmed.uni.muenchen.de