

Dreidimensionale Sonographie am Auge des Pferdes

Sylvia List, Bettina Wollanke und Hartmut Gerhards

Pferdeabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilian-Universität München (Leiter: Prof. Dr. H. Gerhards)

Zusammenfassung: Die Sonographie am Auge des Pferdes hat sich in den 1990er Jahren zu einer gängigen Untersuchungsmethode und nützlichen entwickelt. Bei Trübung der Medien stellte die B-Mode-Sonographie schon lange das Diagnostikum der Wahl dar. Vor Verfügbarkeit der dreidimensionalen Sonographie versuchte der Untersucher vor seinem geistigen Auge aus mehreren zweidimensionalen Ultraschallbildern ein dreidimensionales Bild entstehen zu lassen. Fortschritte in der Ultraschalltechnologie ermöglichten dann aber die dreidimensionale Darstellung der untersuchten anatomischen und somit auch der okulären Strukturen. Ziel dieser Arbeit war es, den klinischen Einsatz der dreidimensionalen Sonographie am Auge des Pferdes zu untersuchen. Für diesen Zweck wurde sie an insgesamt 94 Pferden durchgeführt. Zum Einsatz kamen das Ultraschallsystem SONOLINE® Elegra der Firma Siemens mit der Softwareversion 5.0 und 6.0 sowie ein 9 MHz-Linearschallkopf. Die Bildaquisition erfolgte mittels manueller Parallelverschiebung des Schallkopfes auf dem oberen Augenlid. Extirpierte Bulbi wurden im Wasserbad untersucht. Eine Reihe pathologischer Zustände des Auges und teilweise des Retrobulbärraumes des Pferdes wurden im Rahmen dieser Arbeit erstmals dreidimensional sonographisch dargestellt. Dabei erwies sich die dreidimensionale Ophthalmosonographie als gute Möglichkeit, komplexe anatomische Strukturen räumlich und somit besser verständlich zu visualisieren. Insgesamt stellte die dreidimensionale Sonographie in der Pferdeophthalmologie, ebenso wie in der Humanophthalmologie, eine Bereicherung der ophthalmologischen diagnostischen Möglichkeiten dar.

Schlüsselwörter: Pferd, Auge, dreidimensional, Sonographie, darstellbare Strukturen, pathologische Fälle

Three-dimensional ultrasound imaging of the equine eye

In the 1990th, sonographic imaging of the equine eye had developed to a useful diagnostic method. In cases with opacification of the normally translucent media, b-mode-sonography has been the main diagnostic instrument for a long time. Before availability of three-dimensional ultrasound systems, the diagnostician tried to build a three-dimensional picture in his mind out of several two-dimensional images. Improvements in ultrasound technology have enabled the three-dimensional visualisation of many anatomical structures, including the eye structures of the horse. The aim of this study was to evaluate the clinical usefulness of three-dimensional ultrasonography on the equine eye. For this purpose, this technique was performed on totally 94 horses. The device for this application was a Siemens SONOLINE® Elegra ultrasonic system with the 5.0 and 6.0 software and a 9 MHz linear-transducer. Data acquisition resulted out of manually linear parallel scans on the upper eyelid. Extirpated eyes had been examined in a water bath. Several pathological situations of the equine eye and partially of the retrobulbar space have been evaluated in this study. This technique offered an excellent imaging method for examination of the complex anatomical ocular structures when ophthalmoscopy and two-dimensional ultrasonography were insufficient.

Keywords: horse, eye, three-dimensional, sonography, identifiable structures, pathological cases

Zitation: List S, Wollanke B, Gerhards H (2024) Dreidimensionale Sonographie am Auge des Pferdes. *Pferdehkl Equine Med* 40, 100–107; DOI 10.21836/PEM20240201

Korrespondenz: Prof. Hartmut Gerhards, Königinstraße 61, 80539 München; gerhards@lmu.de

Eingereicht: 30. Januar 2024 | **Angenommen:** 13. Februar 2024

Einleitung

Seit Mitte der 70er Jahre fand die zweidimensionale Ultraschalldiagnostik zunehmend auch an Augen von Menschen und Tieren Anwendung^[1,2]. Die dreidimensionale Ultraschalldarstellung anatomischer Strukturen gelang erst mit der Entwicklung leistungsfähiger Scanner und dazugehöriger Software^[3]. Sie wurde wohl durch die spektakulären Bilder aus der humanen Perinatalmedizin bekannt. Die Anfänge der dreidimensionalen Sonographie gelangen bereits 1983^[3]. Der technische und zeitliche Aufwand für das Gewinnen eines dreidimensionalen Datensatzes war zu dieser

Zeit enorm. Anfang 1996 kamen die ersten kommerziell erhältlichen dreidimensionalen Ultraschallsysteme auf den Markt^[3]. Downey et al.^[6] wiesen darauf hin, dass der Augapfel ohne Luft oder Verkalkungen ein nahezu ideal sonographisch untersuchbares Organ darstellt. Er besitzt einen hohen Wasseranteil und verfügt über signifikante Unterschiede in der akustischen Impedanz der verschiedenen Komponenten. Diese Bedingungen machen das Auge zu einem idealen Organ für den Einsatz der dreidimensionalen Ultraschalltechnik. Es handelt sich um eine nicht invasive und schmerzlose Untersuchungsmethode, die von den meisten Pferden gut toleriert wird.

Material und Methode

Patientenmaterial

Für diese Arbeit wurden im Zeitraum von Mai 2000 bis August 2001 Augen von 94 Pferden mittels dreidimensionaler Sonographie untersucht. Davon erfolgte an 79 Pferden die Untersuchung am lebenden Tier. Es handelte sich dabei um Augenpatienten, die ambulant oder stationär an der Chirurgischen Tierklinik der Universität München vorgestellt und behandelt wurden. Bei all diesen Pferden bestand eine Indikation für die Sonographie. Außerdem erfolgte an 8 exstirpierten gesunden Augen die Sonographie im Wasserbad. Zu Übungszwecken wurden gesunde Augen an Schädeln von 4 toten Pferden untersucht.

Untersuchungsmethode

Die Sonographie erfolgte bei 76 Pferden in einem ruhigen Raum im Stehen. Dabei befanden sich die Tiere nicht im Zwangsstand, sondern wurden von einer erfahrenen Hilfsperson fixiert. Die untersuchende Person hielt mit einer Hand Kontakt zum Halfter des Pferdes, um auf Abwehrbewegungen besser reagieren zu können. In der anderen Hand befand sich der Schallkopf. Bei einigen Tieren war aufgrund von Abwehrbewegungen zum Schutz des Untersuchers, des Patienten und des Gerätes eine Sedation erforderlich. Drei Pferde lagen für operative Eingriffe am Auge in Narkose. Alle Untersuchungen an lebenden Tieren wurden ohne Zuhilfenahme einer weiteren Vorlaufstrecke transpalpebral vorgenommen. Um eine gute Ankopplung zu gewährleisten, wurde handelsübliches Ultraschallgel auf das Oberlid aufgetragen. Aus untersuchungstechnischen Gründen erfolgte kein Ausgleich der unebenen Körperoberfläche und die Krümmung des Bulbus wurde in Kauf

genommen. Bei den Untersuchungen der exstirpierten Bulbi im Wasserbad konnte diese Unebenheit ausgeglichen werden, da der Schallkopf entlang der Wasseroberfläche verschoben wurde.

Ultraschallsystem und Schallkopf

Das für die Sonographie benutzte Ultraschallsystem war das für die Humanmedizin entwickelte, SONOLINE® Elegra der Firma Siemens mit der Softwareversion 5.0 und 6.0 (Abb. 1). Die Bilddokumentation erfolgte auf Thermopapier mittels eines Schwarz/Weiss-Thermodruckers und auf magneto-optischen Disketten. Der verwendete Schallkopf war der 7,5 L 40 Linear-Array-Schallkopf der Firma Siemens mit elektronischer Fokussierung (Abb. 2). Für die Untersuchungen am Pferdeauge wurde mit einer Frequenz von 9,0 MHz gearbeitet.

Technik der Datengewinnung

Die für den Scanvorgang benötigte Zeit betrug 10 Sekunden für 5 cm Strecke. Auf diese Weise entstanden bei einer Bildrate von 25 Bildern/sec 250 Einzelschnitte, aus denen Volumina rekonstruiert werden konnten. Beim Scanvorgang wurde der Schallkopf in horizontaler und in vertikaler Position parallel auf dem oberen Augenlid verschoben. Zur Erleichterung des Akquirierungsvorganges (Datenerhebung) erschienen am Bildschirm die Scan-Ablaufanzeige und die Scan-Stoppuhr. Es war darauf zu achten, dass der Schallkopf möglichst in gleichmäßiger Geschwindigkeit parallel verschoben wurde, ohne viel Druck auf den Bulbus auszuüben, und dass sich der Patient während dieser 10 Sekunden nicht bewegte.

Manipulationen des dreidimensionalen Bildes

Gewonnene Volumenbilder konnten in alle Richtungen gedreht werden. Außerdem bestand die Möglichkeit, eine B-Bildebene in einer beliebigen Ausrichtung aus dem Volumen zu extrahieren. Mit Hilfe des Cine-Drehreglers konnte ein Volumen entlang der senkrecht zur Schicht verlaufenden Achse durchschritten werden. Bei den Bildern handelt es sich entweder um transversale, sagittale und koronale Schnittbilder, um Volumenbilder in transparenter Darstellungsweise oder um Volumenbilder in Oberflächendarstellung. Die sagittale Schicht entspricht einem Longitudinalschnitt durch das Auge von dorsal nach ventral in Richtung der optischen Achse. Die koronale Schicht stellt einen Longitudinalschnitt von na-



Abb. 1 Das Ultraschallsystem SONOLINE® Elegra der Fa. Siemens. | The Siemens SONOLINE® Elegra ultrasonic system.



Abb. 2 Der verwendete Array-Linearschallkopf. | Array-linear-transducer.

sal nach temporal ebenfalls in Richtung der optischen Achse dar. Die transversale Schicht ist ein Horizontalschnitt durch das Auge und ist parallel zur Pupille und zum Augenäquator. Sie zeigt das Auge in Draufsicht. Bei der transparenten Darstellungsweise wird ein „gläsernes“ Bild des Volumens gezeigt. Das bedeutet, dass die gesamte Information in dem dargestellten Organ erhalten bleibt. Erst durch Drehung des Organs am Bildschirm wird der räumliche Eindruck verstärkt. In der Oberflächendarstellung (Oberflächenmodus) werden lediglich die Konturen eines Organs räumlich dargestellt, der Inhalt des Organs ist leer und somit ohne Information. Dieser

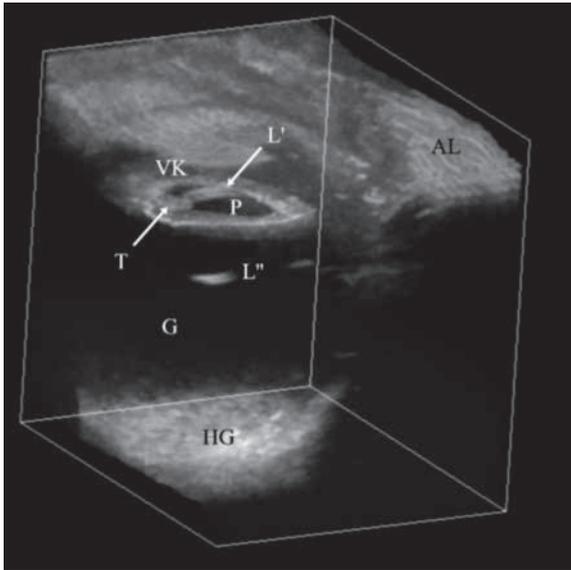


Abb. 3 Das Volumenbild eines gesunden Pferdeauges (transparente Darstellung). VK: Vordere Augenkammer, L': Linsenvorderfläche, L'': Linsenrückfläche, P: Pupille, T: Traubenkörper, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, AL: Lid. | *Volumeimage of a healthy equine eye (transparent imaging). VK: anterior chamber of the eye, L': frontside of lense, L'': backside of lense, P: pupil, T: nigroid bodies, G: vitreous body, HG: fundus, AL: eyelid.*

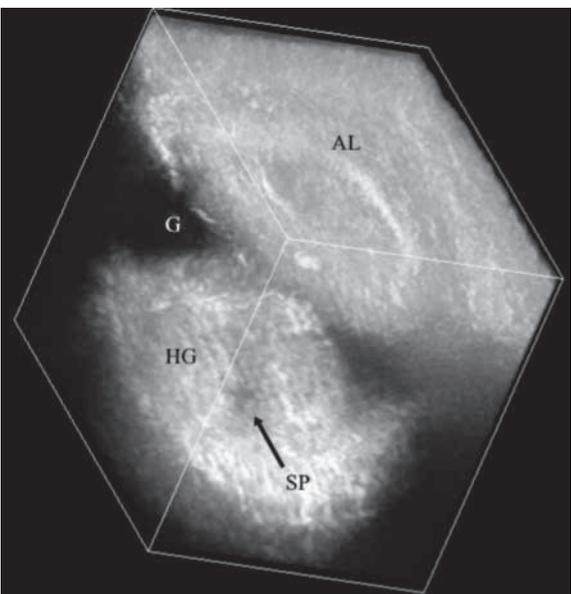


Abb. 4 Sehnervenpapille in transparenter Darstellung. SP: Sehnervenpapille, HG: Augenhintergrund, G: Glaskörper, AL: Lid. | *Disc of optic nerve in transparent imaging. SP: disc of optic nerve, HG: fundus, G: vitreous body, AL: eyelid.*

Oberflächenmodus ermöglicht ein klares und eindeutiges Erkennen des rekonstruierten Organs.

Ergebnisse

Die dreidimensionale Darstellung des gesunden Auges und des Retrobulbärraumes

Abb. 3 zeigt das Volumenbild eines linken gesunden Pferdeauges in transparenter Darstellungsweise. Die Kornea ist bei dieser Darstellungsart nicht von den Strukturen des oberen Augenlides zu trennen. Diese erscheinen als echoreiche Bezirke unmittelbar unter der Transducerankopplungszone. Darunter stellt sich die vordere Augenkammer als echofreier Raum dar. Die echogene Iris umschließt die Pupille. Diese ist als ellipsenförmiger echofreier Bezirk erkennbar. In der dargestellten Position in Abb. 5 blickt man vom Glaskörperaum von unten durch die Pupille. Dorsal und manchmal auch ventral, dann relativ klein, an der Iris befinden sich die Trau-

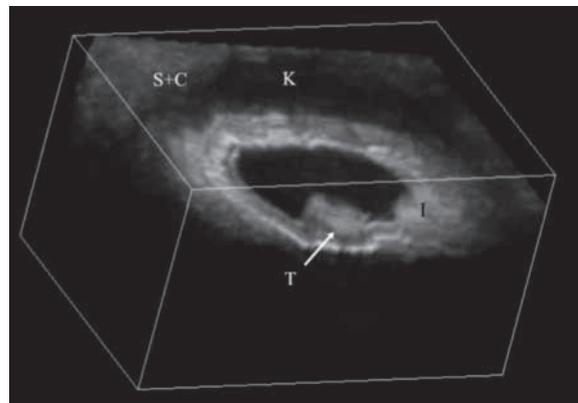


Abb. 5 Traubenkörper am Pupillenrand (Oberflächenmodus). T: Traubenkörper, I: Iris, K: Kammerwinkel, S+C: Sklera und Kornea. | *Nigroid bodies on pupiledge (surfacerendering). T: nigroid bodies, I: iris, K: iridocorneal angle, S+C: sclera and cornea.*

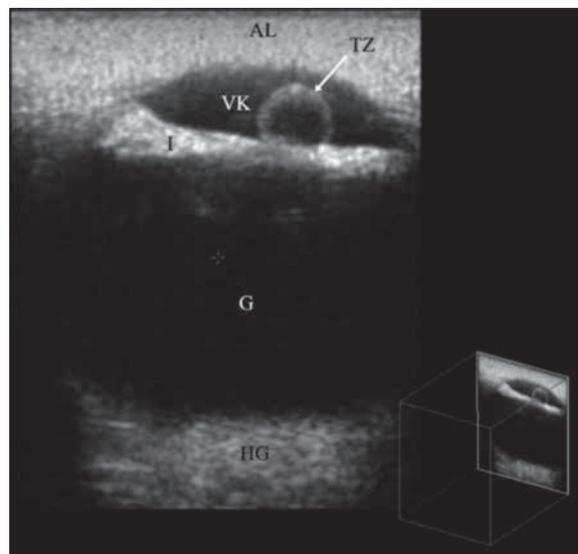


Abb. 6 Koronalschnitt durch eine Traubenkörnzyste (transparente Darstellung). TZ: Zyste, VK: vordere Augenkammer, I: Iris, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, AL: Lid. | *Coronalscan trough nigroid body cyst (Transparent imaging). TZ: cyst, VK: anterior chamber of the eye, I: iris, G: vitreous body, HG: fundus, AL: eyelid.*

benkörner. Sie sind als kugelige und echoreiche Strukturen am Pupillenrand zu erkennen. Die Iris kann im Volumenbild nicht vom Ziliarkörper differenziert werden. Bei Ausschnitten aus dem Volumenbild, die mit einem elektronischen Skalpell vorgenommen wurden, ist der Kammerwinkel zu erkennen. Von der Linse werden lediglich die vordere leicht konvexe und die hintere leicht konkave echogene Fläche abgebildet. Der wasserreiche Glaskörper ist physiologischerweise echofrei. Die Bulbusrückwand stellt sich als echoreicher Bezirk dar. Auch mit der dreidimensionalen Sonographie ist keine Differenzierung zwischen Retina, Choroidea und Sklera möglich. V-förmige, echoarme Strukturen entsprechen Augenmuskeln. Des Weiteren kann bei entsprechender Drehung des Volumens der echoarme Tenonsche Raum abgegrenzt werden, welcher sich der Sklera anschließt. Die Sehnervenpapille lässt sich im Volumenbild am Boden der Bulbuswand als echoarme, rundliche Zone erkennen. In Abb. 4 wurde das transparente Volumen so gedreht, dass die Sehnervenpapille deutlich zu identifizieren ist. In Abb. 5

sind die Traubenkörner am Pupillenrand zu erkennen. Übrige Teile des Auges wurden mit der Skalpellfunktion entfernt. Hier ist ein Blick in den Kammerwinkel möglich. Das Bild wurde im Oberflächenmodus angefertigt.

Die dreidimensionale Darstellung pathologischer Veränderungen am Auge (Fallbeispiele)

Traubenkornzyste

Ein 13-jähriger Warmblutwallach wurde wegen des Verdachts einer durch eine Traubenkornzyste verursachten, rezidivierenden Keratitis vorgestellt. Zur differentialdiagnostischen Abgrenzung von einem Irismelanom wurde präoperativ in einer Allgemeinnarkose eine Sonographie durchgeführt. Die Zyste in Abb. 6 stellt sich im sonographischen Koronalschnitt als kugeliges Gebilde mit echofreiem Inhalt dar. Abb. 7 zeigt die Zyste im Volumenbild, wie sie in die vordere Augenkammer hineinragt.

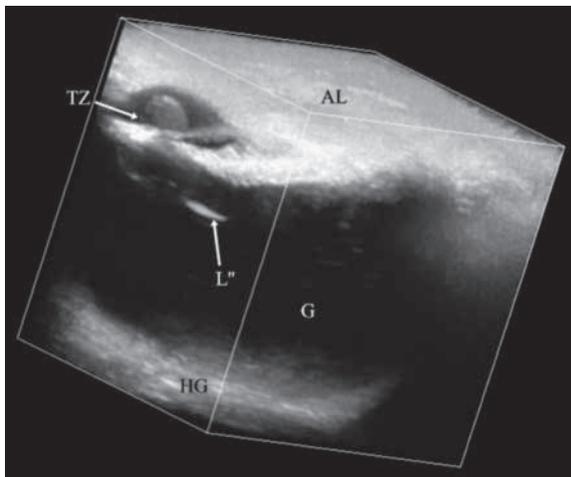


Abb. 7 Das Volumenbild eines Pferdeauges mit Traubenkornzyste. TZ: Zyste, L': Linsenrückfläche, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, AL: Augenlid. | Volumeimage of an equine eye with nigroid body cyst. TZ: cyst, L': backside of lense, G: vitreous body, HG: fundus, AL: eyelid.

Irismelanom

Bei dem Westfalenwallach wurde ventral am rechten Auge ophthalmoskopisch ein Irismelanom diagnostiziert. Zur Abklärung des Ausmaßes des Melanoms wurden vor der Enukleation des Auges dreidimensionale Datensätze aufgenommen. Der Vierquadrantenbildschirm in Abb. 8 demonstriert in drei Ebenen die Ausdehnung des Melanoms. Es stellt sich als unregelmäßiges Gebilde von starker, homogener Echogenität dar. Abb. 9 veranschaulicht das Irismelanom in Oberflächendarstellung. Teile des Augenlids, der Iris und des Augenhintergrundes wurden mittels elektronischen Skalpells entfernt. Hier wird die Oberflächenstruktur des Tumors ersichtlich.

Katarakt

Abb. 10 zeigt das Volumenbild des rechten Auges eines 9-jährigen Warmblutwallachs. Das Tier reagierte bereits nicht mehr auf Drohgebärden. Die kataraktös veränderte Linse er-

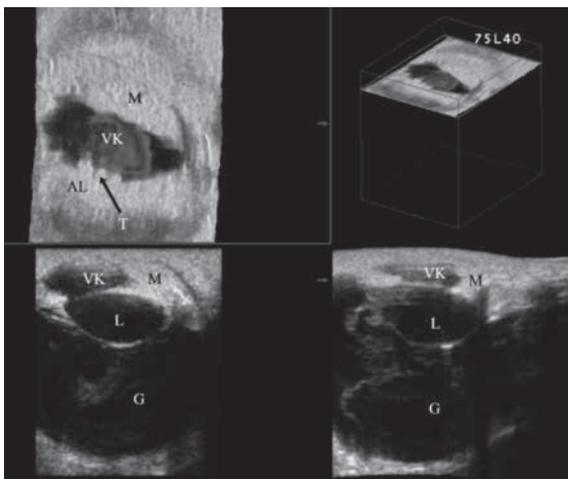


Abb. 8 Vierquadrantendarstellung eines Pferdeauges mit Irismelanom. T: Traubenkörner, M: Melanom, VK: vordere Augenkammer, AL: Lid, G: Glaskörper. | Fourquadrant-imaging of an equine eye with irismelanoma. T: nigroid bodies, M: melanoma, VK: anterior chamber of the eye, AL: eyelid, G: vitreous body.

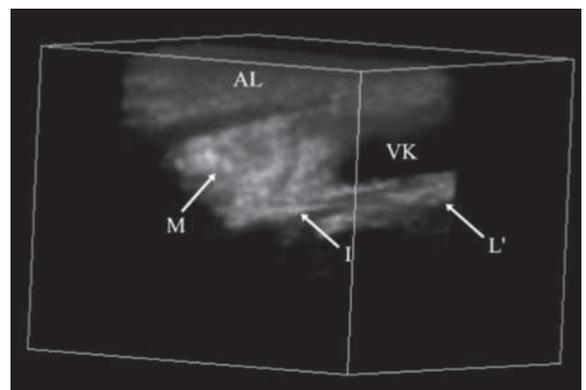


Abb. 9 Oberfläche des Irismelanoms. L': Teil der Linsenvorderfläche mit Teilen der Iris, I: Iris, M: Melanom, VK: vordere Augenkammer, AL: Lid. | Surface of irismelanoma. L': Part of frontside of lense with irisparts, I: iris, M: melanoma, VK: anterior chamber of the eye, AL: eyelid.

scheint dabei in ihrer ganzen Struktur deutlich echogen. Die Cataracta totalis war durch eine equine rezidivierende Uveitis verursacht worden.

Luxatio lentis anterior

Bei einem 24-jährigen Bayerischen Warmblutwallach wurde aufgrund immer wiederkehrender Schübe der inneren Augenentzündung das bereits erblindete rechte Auge enukleiert. Abb. 11 stammt von einer Untersuchung des exstirpierten Bulbus im Wasserbad. Darauf ist in einem Koronalschnitt die in die vordere Augenkammer luxierte Linse zu erkennen, die aufgrund der Kataraktbildung eine vermehrte Echogenität aufweist. Ferner lag eine Netzhautablösung vor. Diese stellt sich

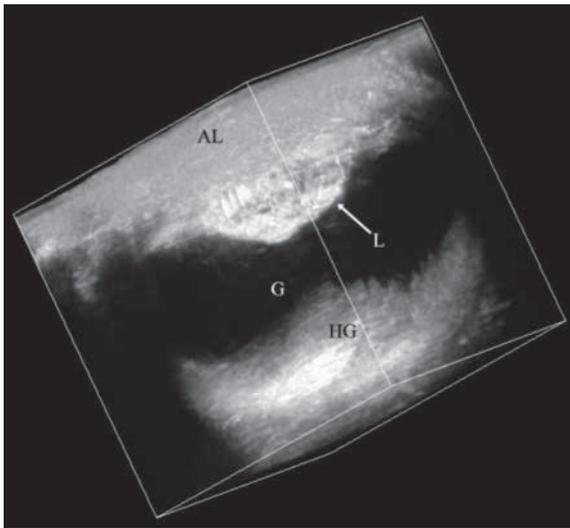


Abb. 10 Cataracta totalis. L: Linse, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, AL: Lid. | Cataracta totalis. L: linse, G: vitreous body, HG: fundus, AL: eyelid.

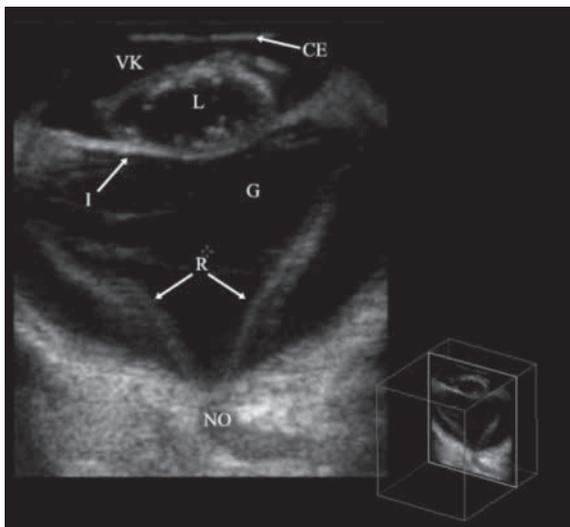


Abb. 11 Koronalschnitt durch ein Pferdeauge mit Luxatio lentis anterior und Ablatio retinae. L: Linse, VK: vordere Augenkammer, I: Iris, G: Glaskörper, R: abgelöste Netzhaut, NO: Nervus opticus, CE: Korneaendothel. | Coronalscan through equine eye with luxatio lentis anterior and ablatio retinae. L: linse, VK: anterior chamber of the eye, I: iris, G: vitreous body, R: retinal detachment, NO: optic nerve, CE: endothel of cornea.

als deutlich echogene V-förmige Struktur mit Anheftungspunkten im Bereich der Ora serrata und der Sehnervenpapille dar.

Abb. 12 zeigt denselben Zustand im Volumenbild. Dabei wird die räumliche Beziehung der Linse zur Iris und vorderen Augenkammer verdeutlicht. Die nach anterior luxierte Linse liegt der Iris direkt auf.

Luxatio lentis posterior

Das Volumenbild in Abb. 13 stammt vom rechten Auge eines 12 Jahre alten Trakehnerwallachs mit innerer Augenentzündung.

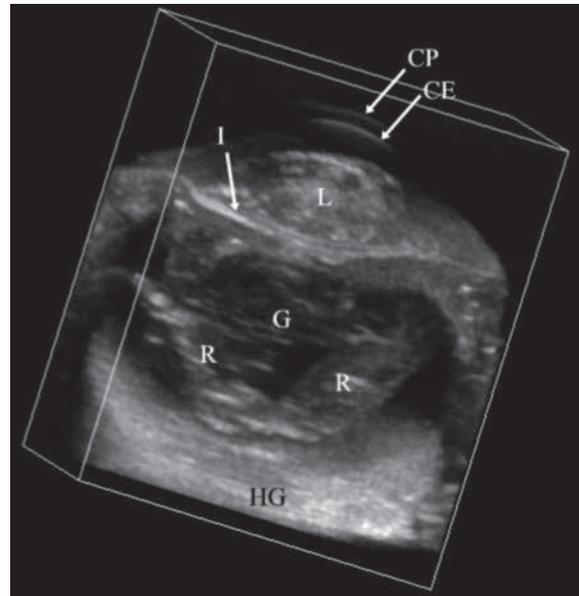


Abb. 12 Volumenbild bei Luxatio lentis anterior. CP: Korneaepithel, CE: Korneaendothel, L: Linse, I: Iris, R: abgelöste Netzhaut, G: Glaskörper mit entzündlichen Einlagerungen, HG: Augenhintergrund. | Volume image of luxatio lentis anterior. CP: corneal epithel, CE: corneal endothel, L: linse, I: iris, R: retinal detachment, G: vitreous body with inflammatory material, HG: fundus.

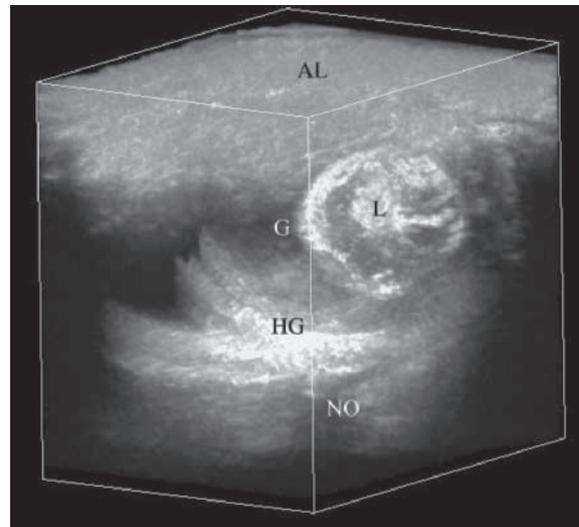


Abb. 13 Luxatio lentis posterior und Phthisis bulbi. L: Linse, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, NO: Nervus opticus, AL: Lid. | Luxatio lentis posterior and phthisis bulbi. L: linse, G: vitreous body, HG: fundus, NO: optic nerve, AL: eyelid.

dung. Als Ausdruck der starken Schädigung des Auges ist der Bulbus bereits geschrumpft, die Netzhaut abgelöst und die kataraktös veränderte Linse in den Glaskörperbereich luxiert. Der Vierquadrantenbildschirm in Abb. 14 verdeutlicht die Lage der luxierten Linse in drei Ebenen. Dabei werden in der transversalen und koronalen Schicht zackenförmige Verzerrungsartefakte sichtbar, die aus Lidbewegungen resultieren.

Glaskörperblutung

Ein Oldenburgerhengst war am linken Auge an einer schweren hinteren Uveitis erkrankt. Dabei entstanden massive

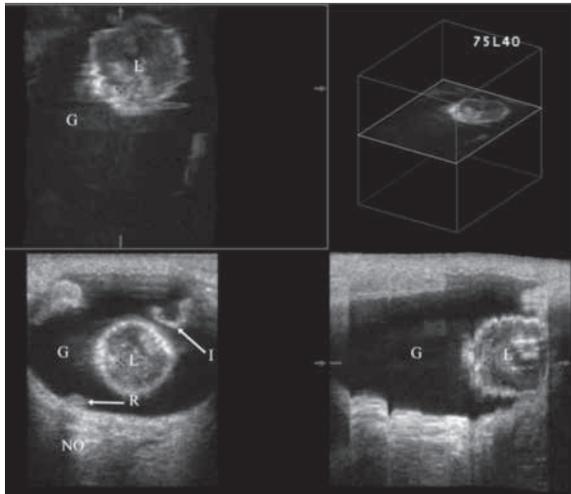


Abb. 14 Vierquadrantendarstellung bei Luxatio lentis posterior. L: Linse, G: Glaskörper, I: Iris, R: Teil der abgelösten Netzhaut, NO: Nervus opticus. | Four-quadrant-imaging of luxatio lentis posterior. L: lense, G: vitreous body, I: iris, R: part of detached retina, NO: optic nerve.

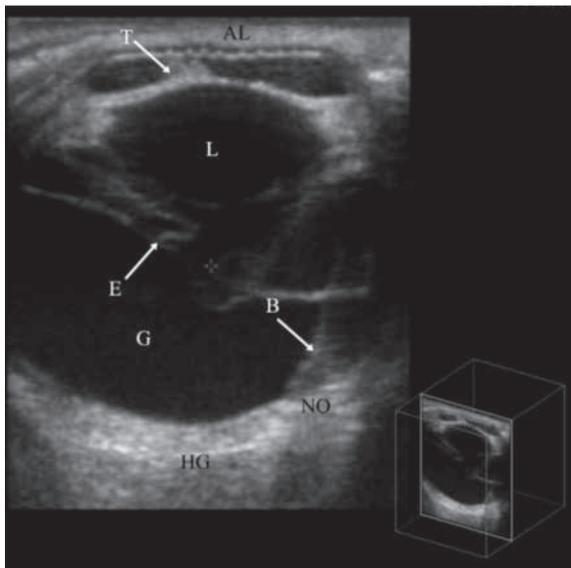


Abb. 15 Glaskörperblutung mit Verbindung zum Augenhintergrund (Sagittalschnitt). B: Blutkoagel, E: entzündliches Material, NO: Nervus opticus, L: Linse, T: Traubenkörner, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund, AL: Lid. | Vitreous body bleeding with adhesion to the fundus (Sagittalscan). B: blood clot, E: inflammatory material, NO: optic nerve, L: lense, T: nigroid bodies, G: vitreous body, HG: fundus, AL: eyelid.

entzündliche Einlagerungen und eine Glaskörperblutung, so dass eine ophthalmoskopische Beurteilung des Augenhintergrundes nicht mehr möglich war. Der sonographische Sagittalschnitt in Abb. 15 zeigt eine Verbindung des mäßig echogenen Blutkoagels zum Augenhintergrund, was die Gefahr einer Traktionsamotio bedeutet. Durch axiales Drehen der sagittalen Schicht in Abb. 16 konnte die Anheftungszone am Augenhintergrund noch deutlicher demonstriert werden.

Netzhautablösung

Die dreidimensionale Sonographie erleichtert die Diagnose einer Netzhautablösung. Bei der Durchsicht der einzelnen Schichten des Volumenblockes kann die Sehnervenpapille aufgesucht werden, wo die abgelöste Retina in den meisten Fällen noch anhaftet. Des weiteren können Anheftungsbezirke von entzündlichen Einlagerungen oder Blutungen im Glaskörper an der Netzhaut ermittelt werden. Räumliche Beziehungen der abgelösten Netzhautanteile zu anderen okularen Strukturen werden durch Manipulation des dreidimensionalen Bildes verdeutlicht. Es gelang auch die Darstellung einer partiellen Netzhautablösung am linken Auge einer Araberstute. Dies demonstriert das sagittale Schnittbild in Abb. 17. Teile der Retina ragen als echoreiche Stränge von der Gegend der Sehnervenpapille in den Glaskörper. Ein 15-jähriger Fjord-Warmblutmixwallach war an einer schweren Keratouveitis am linken Auge erkrankt. Aufgrund einer massiven Infiltrierung des Glaskörpers mit Entzündungsprodukten konnte der Augenhintergrund ophthalmoskopisch nicht beurteilt werden. Mittels Sonographie konnte eine Netzhautablösung diagnostiziert werden. In Abb. 18 wird die abgelöste Netzhaut als echogene strauchartige Struktur dargestellt, welche in den Glaskörperbereich hineinragt. Das Bild ist ein Ausschnitt aus dem Volumendatensatz und wurde in Oberflächendarstellungsweise angefertigt. Es zeigt lediglich die posterioren Anteile des Glaskörpers und den Augenhintergrund.

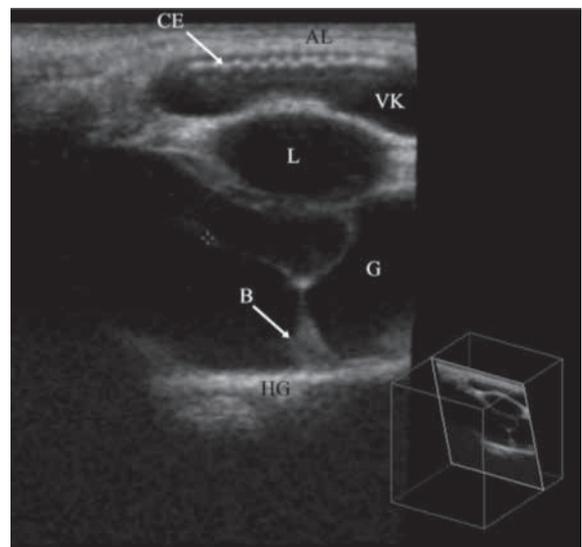


Abb. 16 Anheftungszone der Glaskörperblutung am Augenhintergrund. B: Blutkoagel, HG: Augenhintergrund, L: Linse, VK: vordere Augenkammer, CE: Korneaendothel, AL: Lid. | Adhesion-zone of the vitreous body bleeding on fundus. B: blood clot, HG: fundus, L: lense, VK: anterior chamber of the eye, CE: corneal endothel.

Diskussion

Bildgebende Diagnostik am Pferdeauge mit Medientrübungen wurde in Abhängigkeit der verfügbaren Technik angestrebt^[7,2]. Den entscheidenden Vorteil der dreidimensionalen Sonographie stellen und stellen die Bearbeitungsmöglichkeiten des gewonnenen Volumens dar^[3]. Mit ihrer Hilfe sind Ansichten und Schnittebenen zu erzielen, die mit der konventionellen zweidimensionalen B-Mode-Sonographie aufgrund anatomischer Verhältnisse damals nicht möglich waren^[8,9,6]. Beispielsweise sind Transversalschnitte durch hintere Augenabschnitte möglich. Bei der dreidimensionalen Sonographie ist nicht das Volumenbild von vorrangigem klinischem Interesse, sondern die multiplanare Darstellung, die eine Extraktion einer beliebigen B-Bildebene in jeder Ausrichtung erlaubt. Die Informationsmenge eines Datensatzes übersteigt die einer konventionellen sonographischen Untersuchung um ein Vielfaches. Bei Drehung des Volumenbildes wird der räumliche Eindruck verstärkt und das Verständnis für die normale und pathologische Anatomie und dadurch die diagnostische Auswertung verbessert. Außerdem erleichtert die Rotation des Objekts das Erkennen verborgener Grenzen wie z. B. überlappende Strukturen. Die Stereodarstellung der verschiedenen Schichten veranschaulicht komplexe anatomische Strukturen deutlicher und der Rückblick des Volumens in den einzelnen Schichten macht die Anatomie für den Betrachter nachvollziehbarer. Die Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes muss nicht mehr wie bisher im Kopf des Untersuchers aus vielen zweidimensionalen Bildern erfolgen. Dies stellt einen Vorteil dar, da vor allem komplexe Fälle selbst für Spezialisten schwierig aus konventionellen B-Mode-Bildern zu analysieren sind^[10]. Außerdem kann das geistige dreidimensionale Bild nicht archiviert und anderen präsentiert werden^[11]. Weiterhin ist im Vergleich zum

geistigen dreidimensionalen Bild die Gefahr geringer, dass während des Erstellens dieses Bildes diagnostische Informationen verloren gehen^[6,12]. Mit der konventionellen Sonographie dauert die Untersuchung wesentlich länger, bis der Untersucher im Geiste ein dreidimensionales Bild entworfen hat. Diese Zeitersparnis wirkt sich laut Downey et al.^[6] in einer Patientenschonung aus, da dieser mit zunehmender Untersuchungsdauer unruhiger wird und so auch die zweidimensionale Bildanzahl limitiert ist^[12]. Dieses entspricht nach eigenen Erfahrungen den Untersuchungen am Pferdeauge^[3]. Nach einer kurzen Untersuchung im B-Mode und der Gewinnung der dreidimensionalen Daten konnte das Tier bereits den Untersuchungsraum verlassen, dann erst erfolgten Manipulationen und Bearbeitung des Volumens. Weiterhin sei angemerkt, dass eine kürzere Untersuchungszeit auch das Risiko eines Schadens durch Abwehrbewegungen des Pferdes am Hilfspersonal, am Untersucher, am Gerät und am Tier selbst reduziert. Auch für die Studentenausbildung könnte sich die dreidimensionale Sonographie als wertvolle Hilfe zum besseren Verständnis der Sonographie herausstellen, vor allem bei der Interpretation komplexer anatomischer Strukturen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde von Studierenden zugestimmt, dass die dreidimensionale Sonographie und ihre Manipulationsmöglichkeiten ein sehr anschauliches bildgebendes Verfahren darstellt^[3]. Die dreidimensionale Sonographie erleichtert weiterhin die Planung von Operationen, v. a. bei Patienten mit komplexen Traumen und Netzhautablösungen^[6,11]. Auch im Rahmen dieser Arbeit diente die dreidimensionale Sonographie zu den präoperativen Maßnahmen vor Vitrektomien. Das Volumenbild des Glaskörpers wurde mittels Durchsicht der einzelnen Schichten sorgfältig betrachtet. Dabei wurde auf die Lokalisation, Art und Menge der entzündlichen Einlagerungen geachtet. Die dreidimensionale sonographische Untersuchung des Glaskörpers lieferte Informationen bezüglich der Lokalisation und des Ausmaßes von Entzündungsprodukten und somit über die Operationsdauer. Als wichtigsten Punkt gab sie Aufschluss über den Zustand der Retina. Selbst partielle Ablösungen konnten bei der Durchsicht der einzelnen Schichten meist identifiziert werden, was ein besonders vorsichtiges Vorgehen bei der Vitrektomie erforderte^[3]. Die

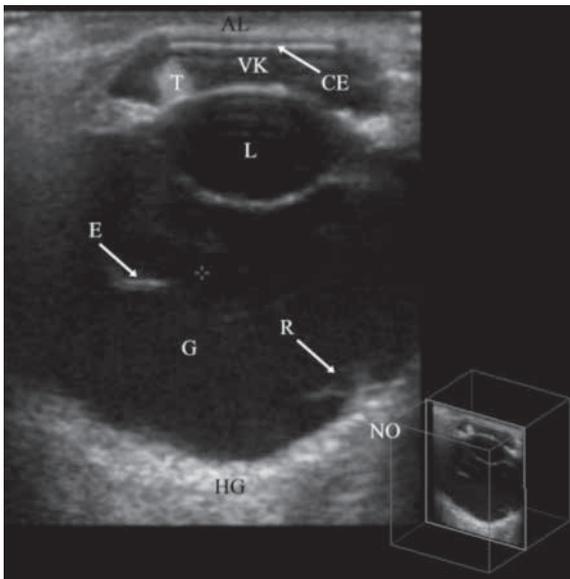


Abb. 17 Ablatio retinae partialis (Sagittalschnitt). R: Teile der abgelösten Netzhaut, E: entzündliche Einlagerungen im Glaskörper, L: Linse, T: dorsale Traubenkörner, G: Glaskörper, NO: Nervus opticus, VK: vordere Augenkammer, CE: Korneaendothel, AL: Lid, HG: Augenhintergrund. | Ablatio retinae partialis (sagittalscan). R: parts of the detached retina, E: inflammatory material in vitreous body, L: lense, T: dorsal nigroid bodies, G: vitreous body, NO: optic nerve, VK: anterior chamber of the eye, CE: corneal endothel, AL: eyelid, HG: fundus.

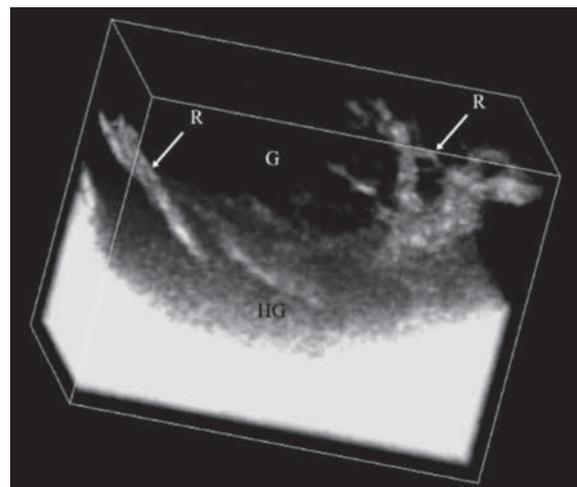


Abb. 18 Ablatio retinae in Oberflächendarstellung. R: abgelöste Netzhaut, G: Glaskörper, HG: Augenhintergrund. | Ablatio retinae in surface-rendering. R: detached retina, G: vitreous body, HG: fundus.

dreidimensionale Sonographie hat aber auch einige wenige Nachteile gegenüber der konventionellen Sonographie. Als erstes seien hier die hohen Gerätekosten zu nennen. Als nachteilig hat sich in eigenen Untersuchungen in manchen Fällen die Tatsache herausgestellt, dass statische Bilder entstehen und eine Darstellung von dynamischen Vorgängen, wie z. B. Fließbewegungen von entzündlichen Einlagerungen im Glaskörper oder ein Nachschwingen einer abgelösten Netzhaut nicht gezeigt werden können [6,8,13].

Interessenskonflikt

Die Autoren erklären, durch die Mit-Nutzung des verwendeten Gerätes der Universitäts-Tierklinik für diese Untersuchung in keine Interessenkonflikte geraten zu sein.

Literatur

- 1 Gevelhoff I (1996) Ultraschalldiagnostik in der Pferdeophthalmologie. Diss Med Vet LMU München
- 2 Cronau M, Gerhards H (2004) Hochauflösende Sonographie am Auge des Pferdes. *Pferdeheilk Equine Med* 20, 321–326, DOI 10.21836/PEM20040402
- 3 List S (2002) Dreidimensionale Sonographie am Auge des Pferdes. Vet Med Diss LMU München
- 4 Thijssen JM (1993): The history of ultrasound techniques in ophthalmology. *Ultrasound Med Biol* 19, 559–618, DOI 10.1016/0301-5629(93)90068-y
- 5 Poulsen Nautrup C (1998) Dreidimensionale Sonographie. In: Poulsen Nautrup C, Tobias R (Hrsg.): Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. 2. Aufl. Schlütersche, Hannover, 381–390
- 6 Downey DB, Nicolle DA, Levin MF, Fenster A (1996) Three-dimensional ultrasound imaging of the eye. *Eye* 10, 75–81, DOI 10.1038/eye.1996.11
- 7 Gerhards H, Wollanke B (2002) Einsatz der Vitroptik bei Pferden: Endoskopie des Glaskörperaums und angrenzender Strukturen. *Pferdeheilk Equine Med* 18, 559–562, DOI 10.21836/PEM20020608
- 8 Fisher Y, Hanutsaha P, Tong S, Fenster A, Mazarin G, Mandava N (1998) Three-dimensional ophthalmic contact B-scan ultrasonography of the posterior segment. *Retina* 18, 251–256, DOI 10.1097/00006982-199803000-00010
- 9 Coleman DJ, Silverman RH, Daly SM, Rondeau MJ (1998) Advances in ophthalmic ultrasound. *Radiol Clin North Am* 36, 1073–1082, DOI 10.1016/s0033-8389(05)70232-3
- 10 Nelson TR, Pretorius DH (1997) Interactive acquisition, analysis and visualization of sonographic volume data. *Int J Imaging Syst Technol* 8, 26–37
- 11 Cusumano A, Coleman DJ, Silverman RH, Reinstein DZ, Rondeau MJ, Ursea R, Daly SM, Lloyd HO (1998) Three-dimensional ultrasound imaging. Clinical applications. *Ophthalmology* 105, 300–306, DOI 10.1016/s0161-6420(98)93211-0
- 12 Romero JM, Finger PT, Iezzi R, Rosen RB, Cocker RS (1998) Three-dimensional ultrasonography of choroideal melanoma: Extrascleral extension. *Am J Ophthalmol* 26, 842–844, DOI 10.1016/s0002-9394(98)00178-0
- 13 Grasbon T, Schriever S, Hoops JP, Mueller AJ (2001) 3D-Ultraschall: Erste Erfahrungen bei verschiedenen Augenerkrankungen. *Ophthalmologie* 98: 88–93, DOI 10.1007/s003470170206