

# Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici<sup>1</sup>, U. Baron von König<sup>2†</sup>, J. Weber<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Tierarztpraxis Beo-Vet, 3800 Matten bei Interlaken; <sup>2</sup>Klinik für Klautiere, Freie Universität Berlin, Deutschland;

<sup>3</sup>Tierarztpraxis Zettlitz, Deutschland

## Zusammenfassung

Aufgrund meist unspezifischer Symptomatik der meisten Lebererkrankungen ist der diagnostische Wert vieler klinischer Untersuchungen limitiert, wobei in der Regel nur allgemeine Aussagen zu Parenchymschädigungen oder Funktionsverlust getroffen werden können. Demgegenüber kann die Sonographie der Leber Aufschluss über die Art der Läsion und damit auch über die Prognose des Tieres geben. Durch eine systematische Beurteilung von Organgröße, parenchymaler Struktur und von Strukturen des Gefäß- und Gallengangsystems kann dabei die Ableitung möglicher Befunde erleichtert werden. Zudem findet die Sonographie Anwendung bei weiterführender Diagnostik wie Leberbiopsie oder Cholezystozentese. Diese narrative Übersichtsarbeit erläutert die grundsätzliche Vorgehensweise bei der sonographischen Untersuchung anhand ausgewählter Befunde beim Wiederkäuer und Kameliden, die für den praktizierenden Tierarzt relevant erscheinen. Zudem wird auf Möglichkeiten und Limitationen ergänzender Diagnostik eingegangen.

**Schlüsselwörter:** Leber, Lipidosis hepatis, Rind, Stoffwechsel, Ultraschall

## Diagnosis of hepatic diseases in ruminants and camelids with a special focus on sonographic examination

Clinical symptoms are mostly unspecific in hepatic diseases, thus most clinical examinations are of limited benefit in the diagnosis of hepatic diseases and often only general statements can be made about parenchymal damage or loss of function. In contrast, sonography of the liver can provide information about the type of lesion and thus also about the prognosis for the animal. A systematic assessment of organ size, parenchymal, vascular and bile duct system structures can facilitate to make possible findings. Sonography is also used in further diagnostics such as liver biopsy or cholecystocentesis. This review describes the basic procedure for the sonographic examination in ruminants and camelids on the basis of selected findings relevant to the clinical veterinarian. In addition, potential and limits of additional diagnostics are discussed.

**Key words:** Liver, lipidosis hepatis, cattle, metabolism, ultrasound

<https://doi.org/10.17236/sat00304>

Eingereicht: 09.09.2020  
Angenommen: 23.03.2021

†Gleichwertiger  
Autorenbeitrag

## Einleitung

Erkrankungen der Leber treten in der Buiatrik häufig auf und sind sowohl ökonomisch als auch tierschutzrechtlich relevant, da betroffene Tiere eine reduzierte Futteraufnahme mit anschließendem Milch- oder Mastleistungsrückgang oder verschlechterter Fruchtbarkeit zeigen.<sup>35,35,56</sup> Ätiologisch lassen sich metabolisch-toxische und infektiöse Hepatopathien unterscheiden,<sup>72</sup> wobei die Anamnese oftmals bereits einen Hinweis zur Art der möglichen Ursache geben kann. Die Leberverfettung (Lipidosis hepatis) ist mit bis zu 50% Prävalenz die häufigste Form beim Milchvieh in Hochleistungsbetrieben.<sup>42</sup> Haben die Tiere Zugang zu Weiden oder erhalten

sie frisches Gras, kommen parasitäre Lebererkrankungen bzw. Pflanzen- und Mineralvergiftungen in den entsprechenden Gebieten häufiger vor. Bakterielle Infektionen der Leber können als Folge von umbilikalen Entzündungen beim Neonaten, infolge einer Ruminitis durch direkten Organkontakt oder hämatogen über verschiedenste andere Infektionsherde in allen Altersgruppen entstehen.<sup>27</sup> Beobachtungen an Schlachthöfen zeigten zudem, dass diverse hepatische Neoplasien besonders bei Wiederkäuern mit längerer Nutzungsdauer nicht seltener vorkommen als bei anderen Tierarten.<sup>64</sup> Demgegenüber stellen bei Kameliden bakterielle (z. B. *Chlamydia spp.*, *Salmonella spp.*, *Listeria spp.*, *Mycobacterium spp.*) und parasitäre (z. B. *Sarcocystis*

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

*spp.*, *Dicrocoelium dendriticum*, *Fasciola hepatica*, *Ascaris spp.*) Hepatitiden die häufigsten Hepatopathien dar.<sup>3</sup>

Hepatopathien gehen üblicherweise mit unspezifischen Symptomen einher, was die Aussagekraft anderer klinischer oder klinisch-chemischer Untersuchungen zur Krankheitsursache begrenzt.

Ziel dieser narrativen Übersichtsarbeit soll es sein, dem praktizierenden Tierarzt einen Überblick zur grundsätzlichen Vorgehensweise der sonographischen Untersuchung zu geben und ausgewählte Befunde einiger praktisch relevanter Erkrankungen der Leber sowie weitere, klinische Anwendungen der Sonographie vorzustellen. Dabei wird auf Möglichkeiten und Limitationen ergänzender Diagnostik eingegangen.

## Die Rolle der klinischen Untersuchung

Die klinische Untersuchung nach Dirksen<sup>28</sup> bildet die Grundlage für die Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer. Hinweisende Befunde sind zum grössten Teil durch Adspektion zu erheben. Die Farbe der Haut und Schleimhäute muss geprüft werden. Dabei sind im Besonderen die Skleren zu beurteilen, da an ihnen die Entwicklung eines Ikterus am frühesten zu erkennen ist. Allerdings wird eine Gelbfärbung der Haut und Schleimhäute beim Rind erst ab Plasma-Bilirubinkonzentrationen von 35 µmol/l,<sup>27</sup> oft auch ab 65 µmol/l klinisch sichtbar.<sup>54</sup> Diese Konzentrationen müssen mindestens 48 h bestehen, damit es zur Imprägnation der Körpergewebe kommt.<sup>45</sup> Zudem sollte bedacht werden, dass auch prä- und posthepatische Erkrankungen einen Ikterus hervorrufen können. Weitere Veränderungen der Haut wie Dermatitis solaris können auf eine hepatogene Photosensibilität (Typ 3-Photosensibilität) hindeuten. Eine solche entsteht, wenn photodynamische Substanzen (vor allem Phytoporphyrin) aufgrund einer Störung der Ausscheidungsfunktion der Leber im Blut akkumulieren.<sup>52,62</sup>

Im Weiteren können Blutabflussstörungen der Vena (V.) portae zu Aszites führen, der eine birnenförmige Gestalt der Bauchform zur Folge haben kann.<sup>27</sup> Entfärbungen des Kots deuten möglicherweise auf das Fehlen von Urobilirubin im Darm hin. Dies kann durch Verlegung der Gallenblase aufgrund hepatischer oder pankreatischer Erkrankungen auftreten.<sup>57</sup> Zudem können zentralnervöse Störungen und ein putrid-stechender Atemgeruch durch Hyperammonämie Hinweise auf eine Leberinsuffizienz geben.<sup>59</sup> Im Stadium des Leberkomas kommen die Tiere schliesslich zum Festliegen.<sup>27</sup>

Die Perkussion dient zur Prüfung der Grösse und Topographie der Leber sowie Schmerzhaftigkeit in dieser

Region. Beide Parameter sind abhängig von diversen Faktoren wie Alter, Ernährungszustand, Pansen- und Darmfüllung sowie Trächtigkeitsstadium.<sup>73</sup> Ausserdem können andere Grunderkrankungen, wie Lungenemphysem, Aszites und rechtsseitige Labmagenverlagerung die hepatische Ausdehnung beeinflussen.<sup>27,73</sup> Das Gewicht der Leber kann beim erwachsenen Rind zwischen 4 und 10 kg variieren.<sup>20,29</sup> Pathologisch ist der Befund, wenn die Perkussionsbreite die Ausdehnung von 5 Fingern überschreitet.<sup>27</sup> Noch präziser ist die Messung der Leberperkussionsbreite, wenn die Messung 15 cm unterhalb der Processus transversus erfolgt. Dann sollte die Perkussionsbreite 15 cm nicht überschreiten.<sup>73</sup> Die Laparotomie von der rechten Flanke als weiterführende Intervention ermöglicht palpatorische Befunde.

## Bedeutung und Limitationen klinisch-chemischer Untersuchungen

Anhand der im Folgenden vorgestellten klinisch-chemischen Parameter können Aussagen zu verschiedenen Aspekten der Leberfunktion wie hepatozelluläre Integrität, Synthese- oder Detoxifikationsleistung getroffen werden.

### Statische Blutparameter

Leberenzymaktivitäten können zwar Schäden der Hepatozyten bzw. der Gallengangsepithelien anzeigen, lassen aber kaum Rückschlüsse auf die erhaltene oder verbliebene Funktion des Gesamtorgans zu.<sup>11,25,36</sup> Die Aspartat-Aminotransferase (ASAT) ist das sensitivste Leberenzym, das bei hepatozellulären Schäden schnell in die Blutbahn freigesetzt wird. Allerdings ist die ASAT nicht leberspezifisch, da eine andere Isoform dieses Enzyms in den Myozyten vorkommt.<sup>27,36,47</sup> Zur Differenzierung kann die Messung der Kreatinkinase behilflich sein, doch oft sind Myopathien aufgrund häufigen Liegens oder Transports in unterschiedlichem Mass begleitend vorhanden.<sup>44,47</sup> Die Gamma-Glutamyltransferase (γ-GT) wird in Hepatozyten sowie dem Gallengangsepithel exprimiert. Daneben kommt sie in deutlich höherer Konzentration im Epithel der Nieren, des Pankreas, des Gesäuges und im Darmendothel vor. Beim Rind kann sie Hinweise auf eine Cholestase geben.<sup>47,60</sup> Mit einer Halbwertszeit von ca. 15 h, die grundsätzlich bei der Beurteilung jeder Enzymaktivität berücksichtigt werden muss, ist die Glutamatdehydrogenase (GLDH) das einzige leberspezifische Enzym beim Rind.<sup>4</sup> Bei den Kameliden sind die Enzyme ASAT, GLDH und γ-GT genauso wie beim Wiederkäuer zu interpretieren.<sup>3</sup> Zudem haben Alanin-Aminotransferase, Sorbitoldehydrogenase, Laktatdehydrogenase und Alkalische Phosphatase, die beim Rind eine geringe Sensitivität und Spezifität zeigen, bei diesen Tierarten diagnostische Bedeutung.<sup>3,4</sup>

Die genannten statischen Leberparameter geben Hinweis auf die Synthese-, Ausscheidungs- und Entgiftungsfunktion der Leber, sind aber erst bei schweren Veränderungen verändert (wenig sensitiv). Zudem können sie auch durch Erkrankungen in anderen Organsystemen beeinflusst werden und sind damit zudem wenig spezifisch.<sup>28,40</sup>

Albuminkonzentrationen von weniger als 25 g/l im Serum können Hinweise auf eine verminderte hepatische Proteinsynthese geben, wobei es die anderen Ursachen dafür (vermehrte Ausscheidung über Darm oder Niere, chronische Entzündungsprozesse) zu berücksichtigen gilt.<sup>47,51</sup> Demzufolge ermöglichen auch zu tiefe Serumkonzentrationen der in der Leber synthetisierten proteinartigen Gerinnungsfaktoren den Verdacht auf Leberfunktionsstörungen.<sup>47</sup> Dabei sollten jedoch andere mögliche Ursachen wie eine disseminierte intravasale Koagulopathie infolge Sepsis, Kumarinintoxikation oder Vitamin K-Mangel ausgeschlossen werden.

Erhöhte Gallensäurekonzentrationen sind im Zug von Cholestase oder Hepatitis zu beobachten.<sup>32</sup> Die Bestimmung der Gallensäuren im Blutserum erlaubt allerdings keine Differenzierung zwischen hepatischen und biliären Krankheiten. Ihr diagnostischer Wert ist aufgrund grosser physiologischer Konzentrationsvariationen stark eingeschränkt.<sup>27,32,51</sup>

Wie bereits erwähnt, findet zudem eine Erhöhung der Ammoniakkonzentration im Blut bei Leberversagen oder portosystemischen Shunts (PSS) statt. Dieser Zustand deutet auf einen Ausfall von mehr als 75% des Leberparenchyms hin.<sup>27</sup>

Bilirubin ist ein Abbauprodukt des Hämoglobins. In den Hepatozyten wird dieses soweit umgewandelt, dass es über die Galle in den Darm und mit den Fäzes ausgeschieden wird.<sup>47,54,71</sup> Dabei wird ein Teil als Urobilinogen zurückgewonnen (enterohepatischer Kreislauf) und wiederum teilweise über die Nieren mit dem Harn eliminiert.<sup>54,71</sup> Der Van-den-Bergh-Test erlaubt die Differenzierung zwischen konjugiertem und nicht konjugiertem Bilirubin und kann somit in fraglichen Fällen Aufschluss über die Ursache der Hyperbilirubinämie (prähepatisch, hepatisch oder posthepatisch) geben.<sup>53</sup>

### Dynamische Leberfunktionstests

Der Vorteil der Leberfunktionstests gegenüber den statischen Blutparametern ist die Quantifizierung der aktuellen Leberfunktion. Der Bromsulfophthalein (BSP)-Test wurde beim Rind in den 60er Jahren als einziger dynamischer Leberfunktionstest Literaturangaben nach angewendet. Dieser Test spiegelt die biliäre Ausscheidungskapazität der Leber wider. Dabei ist er von der intestinalen Absorption der Gallensäuren unabhängig

und unterscheidet sich somit von der Gallensäurebestimmung im Blut.<sup>32</sup>

## Sonographie der Leber – grundsätzliche Vorgehen und physiologische Befunde

Die sonographische Untersuchung der Leber sollte am stehenden Tier durchgeführt werden. Die Auswahl der Sonde richtet sich nach Grösse des Tieres und Fragestellung. Bei Kälbern und kleinen Wiederkäuern kann eine Mikrokonvexsonde bis zu einer Eindringtiefe von 10–12 cm gute Ergebnisse liefern. Bei erwachsenen Rindern ist die Konvexsonde Mittel der Wahl. Die empfohlene Frequenz bei Wiederkäuern sowie Neuweltkameliden beträgt 5 MHz und bei Altweltkameliden 3,5 MHz.<sup>12,24,68,69</sup> Diese kann zur Beurteilung tieferer Bereiche erhöht werden. Die Untersuchung beginnt in Höhe der letzten Rippe bis zum 5. (Wiederkäuer) bzw. 6. (Kamelide) Interkostalraum (IKR) von dorsal nach ventral.<sup>22,30,58,68</sup> Die Sonde wird parallel zu den Rippen aufgesetzt. Es erfolgt eine laterolaterale Schallrichtung, wobei die Sonde jeweils nach kranial und kaudal gekippt werden sollte, auch wenn die schmalen Interkostalräume diese Vorgehensweise begrenzen.

Die Lebergrenzen werden zusätzlich visualisiert. Die Leber grenzt im 6.–7. IKR ventral an die Haube. Weiter kranial und ebenfalls ventral grenzt die Leber im 8.–10. IKR an den Psalter. Beim Neuweltkameliden grenzt die Leber ventral im 8.–9. IKR an das Kompartiment C1 und kaudoventral im 10.–11. IKR an das Kompartiment C3 sowie an den proximalen Anteil des Duodenums.<sup>22,24</sup> Zusätzlich ist das Organ im poststernalen sowie direkt im rechten kaudoventralen Abschnitt des Rippenbogens zugänglich. Allerdings können zwei Artefakte (Spiegelartefakt und distale Schallverstärkung) dabei entstehen, die berücksichtigt werden müssen.

Das physiologische Leberparenchym stellt sich homogen dar und hat eine glatte Oberfläche. Im physiologischen Zustand können die verschiedenen Lobi hepatis nicht voneinander differenziert werden. Dies kommt nur bei Aszites oder unterschiedlicher Echogenität der Leberlappen vor. Die V. cava caudalis ist dorsomedial im 11. und 12. IKR (selten auch im 10. IKR) in einer typischen Dreieckform mit anechogen erscheinenden Wänden darstellbar. Weiter dorsoventral erscheint die V. portae im Bereich des 8.–12. IKR in Sternform mit echogenen Wänden. Je nach Lokalisation der Messung beträgt der physiologische Lumendurchmesser von V. cava caudalis 1,8–5,0 cm, derjenige der V. portae 2,9–5,3 cm. Mit zunehmender Graviditätsdauer nimmt ersterer zu und letzterer ab.<sup>43</sup> Die V. portae hat eine echogene Wand und hepatische Venen besitzen eine anechogene Wand, wo-

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

durch sich diese Strukturen gut voneinander abgrenzen lassen. Beim senkrechten Auftreffen der Ultraschallwellen erscheinen die betroffenen Abschnitte der hepatischen Venen echogen. Intrahepatische Arterien und Gallengänge sind normalerweise nicht darstellbar. Die ersten sind bei einer portalen Hypertension und die letzteren bei Cholestase erweitert. Im Gegensatz dazu sind Ductus cysticus sowie Ductus hepatis communis ausserhalb der Leber immer und der Ductus choledochus gelegentlich physiologisch erkennbar.<sup>14</sup>

Die Gallenblase ist birnenförmig und lässt sich im ventralen Bereich zwischen 9. und 11. IKR darstellen. Sie ist mit anechogenem Inhalt gefüllt und weist eine Wand mit einer Dicke von maximal 2,0 mm auf.<sup>26</sup> Wandschichten sind physiologisch nicht zu unterscheiden. Die Darstellung der Gallenblase ist bei jungen Kälbern deutlich erschwert.<sup>43</sup>

Bezüglich Lebergrenze bestehen grosse speziesindividuelle Unterschiede, deren Kenntnis essentiell für die Untersuchung ist. Bei den kleinen Wiederkäuern (13 Brustwirbel) erstreckt sich diese zwischen der 5. und 12., bei den Kameliden (12 Brustwirbel) zwischen der 6. und 12. Rippe. Bei Altweltkameliden liegt die kraniale Lebergrenze in Höhe der 5. Rippe, während das Organ kaudal über den 12. Rippenbogen hinaus ragt.<sup>1,22,58,68,70</sup> Die mittlere Leberdicke ist sowohl bei Ziege als auch Altweltkamelide im 9.–10. IKR am grössten und nimmt nach kaudal und kranial progressiv ab, im 5. IKR ist sie am kleinsten.<sup>8,68</sup> Beim Neuweltkameliden sollte die Leberbiopsie nicht blind durchgeführt werden, da das Lebergewebe nicht gleichmässig dick ist und nach marginal progressiv abnimmt.<sup>1,21,22,30</sup> Des Weiteren sind die hauptversorgenden vaskulären Strukturen oberflächlich im Leberparenchym lokalisiert, weshalb die blinde Punktion das Risiko deren Perforation birgt.<sup>31,58</sup> Das Leberparenchym stellt sich bei kleinen Wiederkäuern und Kameliden genau wie beim Rind als homogen isoechogen dar.<sup>8,11,23,39,68</sup>

Die V. portae als auch die V. cava caudalis können bei kleinen Wiederkäuern im 11. oder 12. IKR aufgefunden werden.<sup>18</sup> Bei den Altweltkameliden kann die V. cava caudalis im 10. und 11. IKR und die V. portae im 9., 10. und 11. IKR sonographisch dargestellt werden.<sup>68,69</sup> Die sonographische Darstellung der Gefässe ist bei beiden Tierarten mit dem Rind vergleichbar.<sup>8,69</sup> Dagegen sind die physiologischen Lebergefässe und Gallengänge der Neuweltkameliden häufig durch eine doppelte hyperechogene Wand charakterisiert,<sup>23</sup> was bei der Befundinterpretation zu berücksichtigen ist. Bei den Altweltkameliden stellt sich die Gefässwand der hepatischen Venen im Vergleich zur V. portae anechogen dar.<sup>68,69</sup>

Die Gallenblase kann bei Schaf und Ziege im 9. oder 10. IKR dargestellt werden, wo sie der Facies visceralis der Leber anliegt.<sup>18</sup> Bei den Kameliden fehlt die Gallenblase.<sup>21,23,68</sup>

## Beurteilung der Lebermorphologie und pathologische Befunde

Eine strukturierte und schrittweise Beurteilung der sonographischen Leberstruktur ist essentiell und erleichtert eine vollständige und korrekte Befunderhebung. Nach Kenntnis der Autoren wurde jedoch das folglich vorgestellte, beim Kleintier<sup>49</sup> etablierte Befundungsschema bisher nicht für Wiederkäuer bzw. Kameliden angewendet. Dennoch erscheint es auch bei diesen Tierarten nützlich und beinhaltet die Beurteilung folgender Aspekte:

1. Lebergrösse und Kontur
2. Parenchymale Echogenität sowie
3. Gefässstrukturen und Gallengangsystem.

Mögliche parenchymale Veränderungen werden nach dem Verteilungsmuster differenziert. Es darf nicht vergessen werden, dass die Diagnosestellung ausschliesslich in Zusammenhang mit der Anamnese und klinischen Untersuchung erfolgen darf. Eine zytologische und histopathologische Untersuchung kann je nach Fall nötig sein.

Im Folgenden werden die zu beurteilenden Aspekte erläutert und ausgewählte pathologische Befunde vorgestellt.

### 1. Lebergrösse und Kontur

Die Messung der Lebergrösse erfolgt entweder subjektiv oder objektiv. Subjektiv wird darauf geachtet, ob sich die Leber innerhalb ihrer Lebergrenzen darstellen lässt.

Die objektive Messung der Lebergrösse beim Rind ist in der Literatur bereits beschrieben.<sup>19</sup> Am häufigsten wird die Leberdicke anhand der Distanz zwischen der V. portae und der viszeralen Leberoberfläche gemessen. Sie sollte nicht mehr als 13 cm, gemessen im 10. IKR, betragen. Zudem lässt die Bestimmung des Leberwinkels, welcher zwischen Facies diaphragmatica und Facies visceralis im ventralen Leberbereich erfasst wird, eine Aussage zu Volumenänderungen des Organs zu.<sup>14</sup>

Aufgrund grosser interindividueller Unterschiede korrelieren die sonographisch gemessene Lebergrösse und Leberwinkel nicht mit dem Leberfettgehalt.<sup>38</sup> Die Autoren empfehlen, die Messungen immer im Verhältnis zum Ernährungszustand zu beurteilen. So stellt eine Leberdicke, die mehr als 13 cm beträgt, bei einem mageren Tier eine offensichtliche Hepatomegalie dar. Oftmals sind neben der Grössenzunahme weitere Veränderungen der Leber darstellbar. Die Abb. 1 zeigt sowohl Beispiele von Grössenveränderungen des Leberparen-



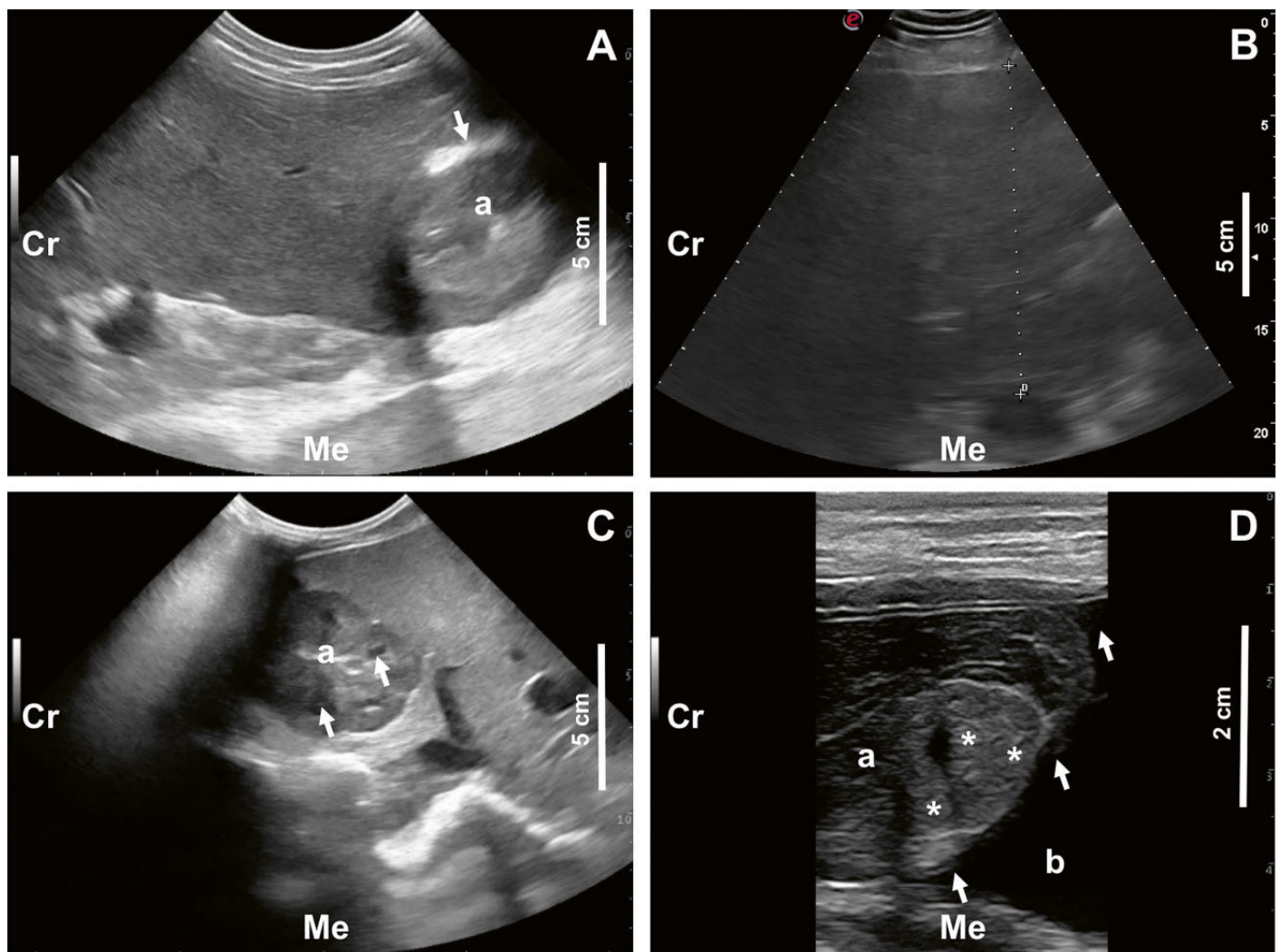
chymys als auch von peri- oder intrahepatischen Umfangsvermehrungen, die zu asymmetrischen Ausdehnungen des Organs führen können. Neben Abszessen, Zysten, Granulomen, Hämatomen und Neoplasien kommen auch Thrombosen für asymmetrische Grössenzunahmen in Frage. Hepatische Abszesse lassen sich anhand ihrer hyperechogenen Kapsel, rundlichen Form und ihres inhomogenen Inhalts erkennen (Abb. 1A). Gelegentlich lässt sich beim adulten Rind der kaudale Pol der rechten Niere und beim Neonaten die gesamte rechte Niere innerhalb des Leberparenchyms darstellen (Abb. 1C). Dies sollte nicht mit einem Abszess verwechselt werden.

Sonographisch erscheinen Zysten, welche beispielsweise bei boviner Echinokokkose auftreten können, ebenfalls als runde Strukturen, jedoch mit echogener Kapsel und anechogenem Inhalt.<sup>48</sup>

Neoplasien können sowohl eine diffuse als auch asymmetrische Vergrößerung der Leber verursachen. Hämangiosarkome können zystenähnlich aussehen und müssen sowohl von Gallengangszysten als auch Gallengängen unterschieden werden.<sup>65</sup> Dies kann am besten mit Hilfe einer Farbdoppleruntersuchung (Color- oder Powerdoppler) abgesichert werden.

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameleiden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.



**Abbildung 1:** Sonographische Darstellung von peri-/intrahepatischen Umfangsvermehrungen sowie Grössenveränderungen der bovinen Leber. **A:** Fokale, rundliche Umfangsvermehrung mit hyperechogener Kapsel (Pfeil) und inhomogen-echogenem Inhalt (a) als ein mögliches Erscheinungsbild eines länger bestehenden Leberabszesses nach ascendierender, omphalogener Infektion bei einem Kalb; Eindringtiefe=10 cm. **B:** Diffuse Hepatomegalie mit einer Leberdicke von >15 cm über der V. portae (Referenz:  $\leq 13$  cm gemessen im 10. Interkostalraum) bei einer Kuh mit mittelgradiger Leberverfettung; Eindringtiefe=25 cm. **C:** Physiologische Überlagerung des Leberparenchyms durch die rechte Niere mit hyperechogenem Sinus renalis (a) und hypoechogenen Markpyramiden (Pfeile) besonders beim Neonaten; Eindringtiefe=10 cm. **D:** Diffuse Verkleinerung der Leber mit unregelmässiger Kontur (Pfeile), unstrukturiertem Parenchym (a) und hyperechogen-rundlichen Regeneratknoten (Sternchen) verbunden mit Aszites (b) bei einer Ziege mit Leberzirrhose; Eindringtiefe=10 cm. Cr – kranial, Me – medial

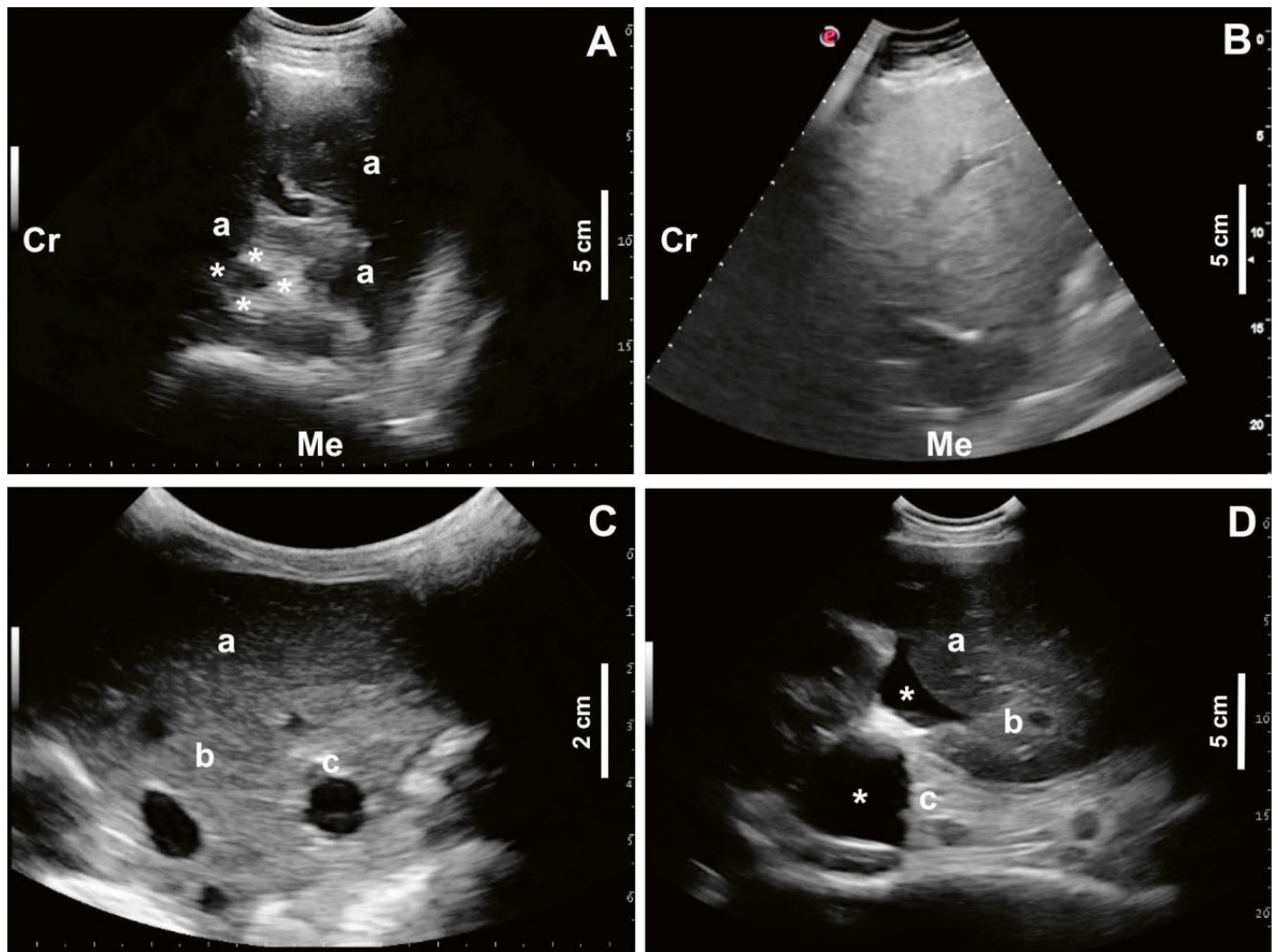
Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

Demgegenüber ist bei diffuser Grössenzunahme und Hyperechogenität des Parenchyms aufgrund hoher Prävalenz zuerst an die Leberverfettung zu denken (Abb. 1B). Zur Diagnosesicherung können Anamnese (vorangegangene Kalbung der Primärerkrankungen mit folglichem Körperkonditionsverlust) oder eine Leberbiopsie herangezogen werden.<sup>66</sup>

Die Verkleinerung der Leber wird vorwiegend bei kongenitalen PSS und degenerativen Organveränderungen (Leberzirrhose) beobachtet. Zudem werden diese sonographischen Befunde von erhöhten Gallensäuren- und Ammoniakkonzentrationen im Blut begleitet. Die im Zug einer Zirrhose auftretende Fibrose bewirkt eine unregelmässige Kontur der Leber und

Regeneratknoten erscheinen als hyperechogene Punkte. Rarefizierung der hepatischen Venen, Aszites und Splenomegalie sind ebenfalls darzustellen (Abb. 1D). Die portale Hypertension bedingt eine Entstehung von Kollateralen der Gefässe (erworbener Shunt). Dabei lässt das sonographische Erscheinungsmuster der Parenchym- und Gefässarchitektur Rückschlüsse auf die mögliche Genese der Zirrhose (entzündungsbedingt vs. metabolisch-toxisch) zu.<sup>5</sup> Relativ homogene, echodichte Parenchymstrukturen mit erkennbaren Gefässverläufen sind eher typisch für eine metabolisch-toxische Erkrankung (z. B. Fettzirrhose), grob-noduläre Parenchymveränderungen mit zusätzlicher Gefässrarefizierung hingegen eher Ausdruck einer chronisch-entzündlichen Genese. Bei der Stauungs-



**Abbildung 2:** Darstellung unterschiedlicher Echogenitäten des Leberparenchyms.

**A/B:** Diffuse Hyperechogenität bei einem Trampeltier aufgrund akuter Hepatitis (A) und einer Kuh mit hochgradiger Lipidosis hepatis (B); Eindringtiefe=20cm (A) bzw. 25 cm (B). Akute Hepatitiden sind oftmals zusätzlich durch hypoechogene Parenchymareale (a) und Donut-ähnliche Portalvenenwände (Sternchen) charakterisiert. **C/D:** Gemischte Echogenität mit Bereichen von hypoechogener (a), normoechogener (b) und hyperechogener (c) Struktur bei einer Ziege mit Co-Mangel (C) sowie einer Kuh infolge Pericarditis traumatica (D); Eindringtiefe=10 cm (C) bzw. 20cm (D). Bei diesem Rind lag zusätzlich eine passive Hyperämie des Organs vor, die durch dilatierte Venen gekennzeichnet ist (Sternchen). Cr – kranial, Me – medial

leber (kardiale Leberzirrhose) sind die Lebervenen immer gut darstellbar.<sup>5</sup>

## 2. Parenchymale Echogenität

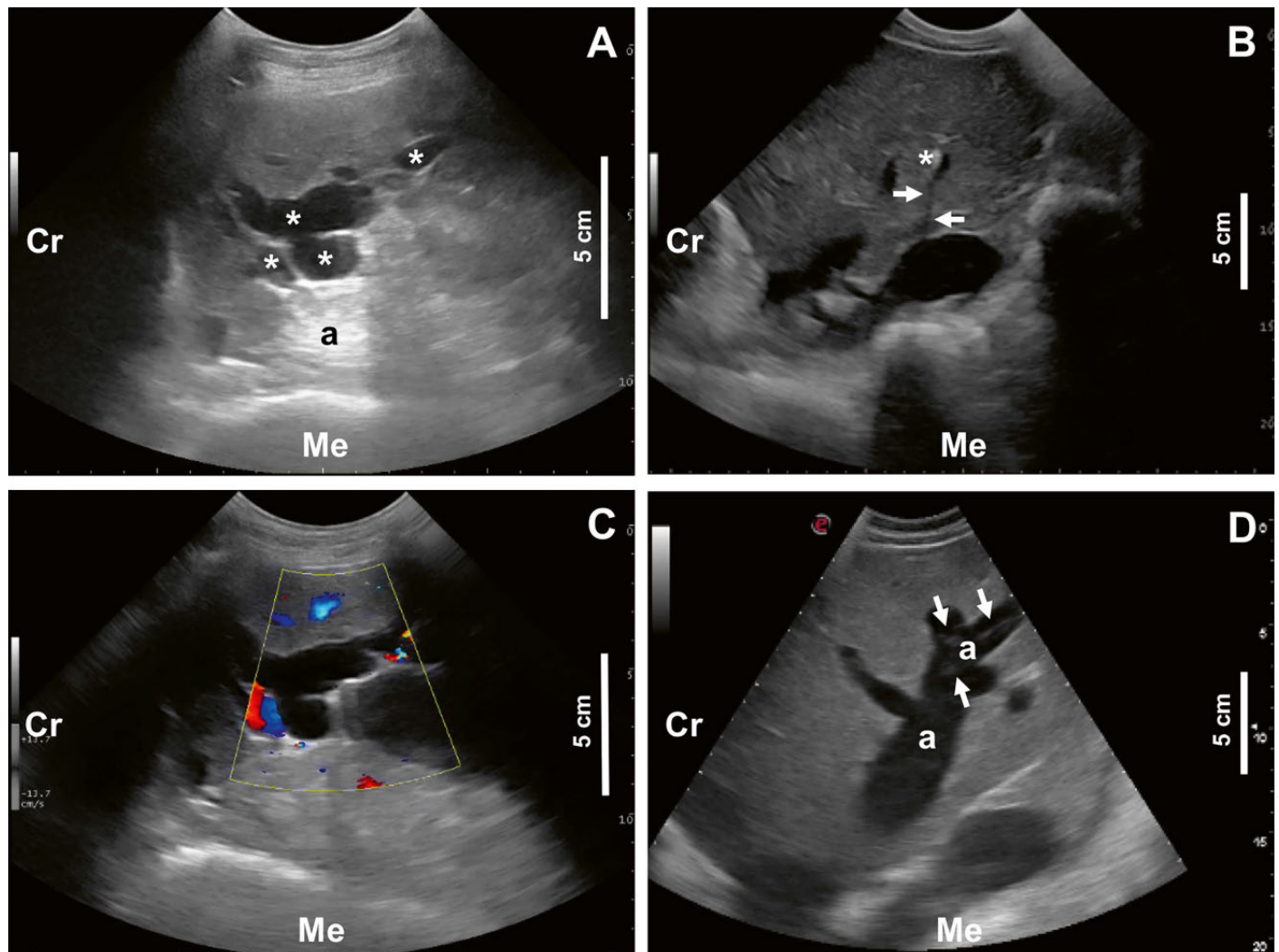
Die Echogenität der Leber gibt ebenfalls Hinweise auf zahlreiche Leberabnormalitäten, von denen einige in Abb. 2 gezeigt werden. Da die Leberechogenität einstellungsabhängig ist,<sup>49,67</sup> sollte sie analog der Vorgehensweise bei Mensch<sup>67</sup> und Kleintier<sup>49</sup> mit der Echogenität der rechten Niere und der Milz unter gleichen Einstellungen und Lichtverhältnissen verglichen werden. Dabei ist die Echogenität des Nierenkortex und der Leber ähnlich stark. Die Leber ist grobkörniger und weniger echogen

als die Milz. Diese Vergleiche sind ebenfalls beim Rind anwendbar.<sup>41,43</sup>

Bei akuten Hepatitiden erscheint das Leberparenchym hypoechogen und die portalen Gefässwände lassen sich breiter darstellen. Dies führt beim Querschnitt aufgrund ihres doppelwandigen Erscheinungsmusters zu einem «Donut»-ähnlichem Aussehen (Abb. 2A). Bei chronischen Hepatitiden erscheint das Leberparenchym in Abhängigkeit des Fortschreitens einer Fibrose hyperechogen und es kommt zur Abschwächung der Schallwellen (Hyperattenuation). Dadurch können tiefere Bereiche schwieriger oder gar nicht dargestellt werden.

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameleiden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.



**Abbildung 3:** Mögliche sonographische Befunde im Gefäß- und Gallengangsystem der Leber im Rahmen von Neoplasien, Parasitosen und Hyperämien beim Wiederkäuer.

**A:** Vermehrte Anzahl von an- bis hypoechogenen, tubulären Strukturen im Leberparenchym einer Ziege (Sternchen) mit cholangiozellulärem Adenokarzinom; Eindringtiefe=10cm. Unmittelbar im schallkopffernen Bereich der Strukturen befindet sich ein Schallverstärkungsartefakt (a; «distal enhancement»). **B:** Hyperechogen erscheinende, mineralische Inkrustation (Sternchen) in der Gallengangwand bei einer Kuh mit Schallauslöschung unmittelbar im schallfernen Bereich (Pfeile); Eindringtiefe=20cm. **C:** Mithilfe des Farbdopplers können Blutgefäße in diesem Fall ausgeschlossen werden. **D:** Passive Hyperämie mit Dilatation der hepatischen Venen und charakteristischer hasenartiger Silhouette (a) durch multiple intravasale Thromben bei einer Kuh, die sich als hyperechogene, unregelmässige Strukturen (Pfeile) im Gefässlumen darstellen; Eindringtiefe=20cm. Cr – kranial, Me – medial



Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

Hyperechogenes Leberparenchym mit folglich Hyperattenuation wird auch bei der Leberverfettung beobachtet, da Fettgewebe die Schallwellen ebenfalls abschwächt (Abb. 2C). Um tiefere Bereiche sichtbar zu machen, empfiehlt es sich, die Time-Gain-Compensation (TGC, Zeitverstärkungskompensation) im tieferen Bereich des Parenchyms zu verstärken. Eine gemischte Echogenität wird oft bei Neoplasien beobachtet. Beispielhaft ist der sonographische Befund einer Ziege mit Co-Mangel (Abb. 2C) sowie einer Stauungsleber bei einer Kuh infolge Pericarditis traumatica dargestellt (Abb. 2D).

### 3. Gefäßstrukturen und Gallengangsystem

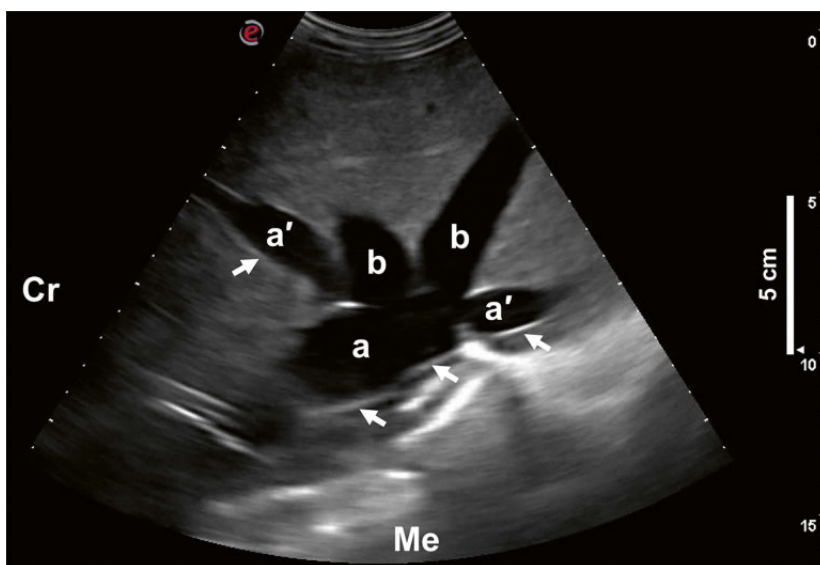
Neben V. portae und V. cava caudalis lassen sich sonographisch deren peripheren Äste innerhalb des Leberparenchyms darstellen. Auch extrahepatische Gefäßäste der V. portae (V. splenica und V. gastrica sinistra) können medial von der V. portae und V. cava caudalis dargestellt werden. Pathologien des Gefäß- oder Gallengangsystems (Abb. 3, 4) sind im Allgemeinen durch ein so genanntes «too many tubes»-Phänomen charakterisiert, das durch zahlreiche tubuläre Strukturen mit hypo- oder anechogenem Inhalt auffällt. Mithilfe des Power-Dopplers kann neben der Differenzierung zwischen Blutgefäßen und sonstigen Strukturen zudem auch die Feststellung möglicher Shuntbildungen erfolgen. Eine abnorm grosse Anzahl hepatischer Blutgefäße von physiologischer Morphologie kann beispielsweise im Rahmen eines vaskulären Hamartoms auftreten,<sup>10</sup> während dilatierte tubuläre Strukturen unter anderem bei gestauten intra- sowie extrahepatischen Gallengängen, Zysten oder Neoplasien zu beobachten sind. Bei einer

Ziege mit cholangiozellulärem Adenokarzinom konnten Blutgefäßstrukturen durch die Verwendung des Color-Dopplers ausgeschlossen werden (Abb. 3A/B). Sollte eine Power- oder Color-Doppler-Funktion nicht zur Verfügung stehen, kann das Vorhandensein eines Schallverstärkungsartefaktes («distal enhancement») im schallkopffernen Bereich unmittelbar distal der tubulären Strukturen herangezogen werden (Abb. 3A). Dieser Artefakt tritt bei Zysten, kavernen Strukturen und gestauten Gallengängen auf, während es bei Gefäßen aufgrund der Fliesseigenschaft nicht dazu kommt. Tiefer gelegene Gefäße können durch den Farbdoppler unerkannt bleiben. Um dies zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Farbfenster möglichst klein zu halten, die Puls-Repetitions-Rate (PRF) entsprechend der Gefäßgeschwindigkeit einzustellen und auf die zu untersuchenden Strukturen zu fokussieren. Während der Power-Doppler generell für langsam fließende, tiefer gelegene Gefäße bevorzugt werden sollte, wird der Color-Doppler dann eingesetzt, wenn die Fließrichtung von Bedeutung ist oder die Fließgeschwindigkeit gemessen werden soll. Des Weiteren ermöglicht der gepulste Doppler (Pulsed-wave-Doppler) die Erfassung ortsselektiver Fließgeschwindigkeiten und Fliesseigenschaften (Flussmuster).<sup>34,50,61</sup> Er kommt zur Diagnostik von Stenosen, Gefäßobstruktionen, Blutrückfluss (z. B. bei Leberzirrhose) und kardialen Erkrankungen (Triskuspidalinsuffizienz und Rechtsherzinsuffizienz) beim Mensch<sup>63</sup> und teilweise auch bei Kleintieren<sup>46,49</sup> zum Einsatz. Referenzwerte für Fließgeschwindigkeiten portaler und hepatischer Venen existieren bereits.<sup>2</sup>

Gallengänge können hepatisch oder extrahepatisch gestaut sein. Mineralische Inkrustationen der Gallengangwände, wie sie beispielsweise im Verlauf der Fasziolose auftreten, erscheinen hyperechogen mit einer schallfernen Schallauslöschung (Abb. 3C).

Eine Vergrößerung der V. portae kann bei einer portalen Hypertension beobachtet werden. Demgegenüber können die Stauungsleber oder Thrombosen zur Dilatation von V. cava caudalis und hepatischen Venen führen. Letztere zeigen sonographisch eine charakteristische Form, die der Silhouette eines Hasen ähnelt und in der Humanmedizin auch als solche beschrieben wird.<sup>74</sup> Am Beispiel einer Kuh mit gestauten hepatischen Venen aufgrund multipler intravasaler Thromben, die im Gefäßlumen darstellbar sind, kann dieses Phänomen nachvollzogen werden (Abb. 3D).

PSS können intra- oder extrahepatisch lokalisiert sein. Im ersten Fall besteht eine direkte Verbindung zwischen intrahepatisch gelegenen Anteilen der V. portae und V. hepatica oder V. cava caudalis, während extrahepatische PSS durch pathologische Verbindungen zwischen extrahepatischer V. portae und V. cava caudalis charakte-



**Abbildung 4:** Sonographische Darstellung eines intrahepatischen, portosystemischen Shunts bei einem Kalb zwischen V. portae (a) bzw. ihren Gefäßästen (a') und V. hepatica (b). Anhand der erhöhten Echogenität der Gefäßwände von V. portae und ihren Ästen (Pfeile) ist eine Differenzierung dieser Strukturen möglich; Eindringtiefe=10cm. Cr – kranial, Me – medial



risiert werden. Da das venöse Blut des Gastrointestinaltraktes unter Umgehung der Leber direkt in die systemische Zirkulation gelangt, kommt es bei betroffenen Tieren neben erhöhten Leberenzymaktivitäten gewöhnlich auch zur Hyperammonämie. Beide Befunde konnten auch bei dem in Abb. 4 dargestellten Kalb mit intrahepatischem PSS erhoben werden.

## Sonographie-gestützte Leberbiopsie und Cholezystozentese

Die Durchführung der Leberbiopsie beim Rind ist in der Literatur zahlreich beschrieben.<sup>37</sup> Eine Leberbiopsie bietet die Möglichkeit weiterführender Diagnostik wie zytologische, immunhistochemische und histologische Untersuchungen. Zudem können Fett- und Spurenelementengehalt analysiert werden. In der Praxis wird beim Rind oft eine sterilisierbare, manuelle Biopsienadel (z. B. Leberbiopsienadel «Berliner Modell» mit 10 G Durchmesser) eingesetzt. Noch sicherer ist der Einsatz von Coaxial-Biopsienadeln mit 16 G Durchmesser beim erwachsenen Rind. Diese bieten eine Tiefenmarkierung und eine echogene Markierung für die präzise Platzierung unter Sonographiekontrolle. Vollautomatische Coaxialnadeln sind mit einer Hand bedienbar und somit praktisch für Ultraschall-gestützte Verfahren. Biopsien bei kleinen Wiederkäuern und Kälbern bzw. Neuweltkameliden sollten mit Biopsienadeln von kleinerem Durchmesser (18–22 G bzw. 14–18 G)<sup>1</sup> durchgeführt werden, um Gewebetraumata und Blutungen zu minimieren. Die empfohlene Länge richtet sich nach Grösse der Tiere (16–20 cm für adulte Rinder und Altweltkamelide, 6–10 cm für Kälber, kleine Wiederkäuer und Neuweltkamelide). Damit genügend Gewebe entnommen werden kann, sollte eine Gewebesammelkerbe von 2 cm (bzw. 10–30 mg)<sup>1</sup> bevorzugt werden. Aus dem gleichen Grund wird der Einsatz einer Feinnadelaspirationen von den Autoren nicht empfohlen, da die Menge der durch Feinnadelaspiration gewonnenen Probe für weitere Un-

tersuchungen oft unzureichend ist. Der Einsatz einer Einführnadel minimiert Gewebetraumata und ist insbesondere für Mehrfachprobenentnahmen an einer Punktionsstelle unverzichtbar. Im Falle von stark vaskularisierten Veränderungen ist die Stichrichtung vorzugsweise so zu wählen, dass umliegendes Leberparenchym anschliessend die gesetzte Läsion komprimieren und einen höheren Blutverlust in das Abdomen verhindern kann.

Die Cholezystozentese mit anschliessender Spülprobe ist eine weitere Methode, die verglichen mit der koproskopischen Untersuchung eine höhere Sensitivität in der Diagnostik der Fasziolose hat.<sup>11</sup> Die Durchführung erfolgt an einer sonographisch gut darstellbaren Stelle der Gallenblase (meistens 10. oder 11. IKR) unter lokaler Infiltrationsanästhesie. Je nach Füllungszustand der Gallenblase werden zunächst 5–10 ml Galle aspiriert, um dann die gleiche Menge an physiologischer Kochsalzlösung intraluminal zu applizieren. Unmittelbar nach der Applikation sollte die Aspiration des gesamten Volumens erfolgen, um die im Sediment lokalisierten Eier von *Fasciola hepatica* zu gewinnen. Das Aspirat kann nach dem Zentrifugieren mikroskopisch untersucht werden.<sup>11</sup>

## Schlussfolgerungen

Die sonographische Untersuchung stellt besonders in Fällen, wo die Aussagekraft von klinisch-chemischen Untersuchungen limitiert ist, eine sinnvolle Ergänzung zur Diagnostik von Leberkrankheiten bei Wiederkäuern und Kameliden dar. Eine systematische Vorgehensweise unter Beachtung speziesindividueller Besonderheiten kann dem praktizierenden Tierarzt dabei die Befunderhebung erleichtern. Im Rahmen der Befundinterpretation sollte bedacht werden, dass nicht alle Leberareale sonographisch darstellbar sind. Die Punktionen von Gallenblase und Leberveränderungen repräsentieren zwei klinische Anwendungen der Sonographie beim Rind.

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

## Diagnostic des maladies hépatiques chez les ruminants et les camélidés avec une attention particulière à l'examen échographique

Dans les maladies hépatiques, les symptômes cliniques sont pour la plupart non spécifiques et la plupart des examens cliniques sont d'un bénéfice limité pour le diagnostic; souvent seules des considérations générales peuvent être faites sur les lésions parenchymateuses ou la perte de fonction. En revanche, l'échographie du foie peut fournir des informations sur le type de lésion et donc également sur le pronostic pour l'animal. Une éva-

## Diagnostica delle malattie epatiche nei ruminanti e camelidi con particolare riferimento all'esame ecografico

Il significato diagnostico di molti esami clinici è limitato a causa di sintomi non specifici nella maggior parte delle malattie epatiche. Per questo motivo si possono solo fare delle constatazioni di ordine generale sui danni parenchimali o sulla perdita della funzione. Al contrario l'ecografia del fegato offre delle informazioni sul tipo della lesione e quindi sulla prognosi per l'animale. Via una valutazione sistematica delle dimensioni dell'or-

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameliden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

luation systématique de la taille de l'organes, des structures des systèmes parenchymateux, vasculaire et biliaire peut faciliter le ciblage des résultats possibles. L'échographie est également utilisée dans d'autres diagnostics tels que la biopsie hépatique ou la cholécystocentèse. Cette revue explique la procédure de base de l'examen échographique chez les ruminants et les camélidés sur la base de résultats sélectionnés, pertinents pour le vétérinaire praticien. De plus, le potentiel et les limites des méthodes de diagnostic supplémentaires sont discutés.

**Mots clés:** foie, lipidose hépatique, bovins, métabolisme, échographie

gano, della struttura parenchimale e delle strutture dei sistemi vascolare e biliare si possono facilmente determinare i possibili risultati. L'ecografia viene pure utilizzata per ulteriori procedure diagnostiche come la biopsia del fegato o la colecistocentesi. Questa panoramica illustra la procedura di base dell'esame ecografico sulla base di risultati selezionati nei ruminanti e nei camelidi che possono risultare rilevanti per il veterinario. Inoltre, si sono discusse le possibilità e i limiti di una diagnostica complementare.

**Parole chiave:** Fegato, lipidosi epatica, bovino, metabolismo, ecografia

## Literaturnachweis

- 1 Miesner MD: Abdominal Ultrasound. In: Anderson DE, Jones ML, Miesner MD (eds.), *Veterinary Techniques for Llamas and Alpacas*. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, 2013: 161–165.
- 2 Barreiro-Vázquez JD, Miranda M, Barreiro-Vilanova MI, Diéguez FJ, Barreiro-Lois A: Characterization of the Normal Portal and Hepatic Blood Flow of Adult Holstein-Friesian Cows. *Animals* 2019, 9: 386.
- 3 Belina D, Giro B, Ashenafi H, Demissie T, Muktar Y: Review on camel liver pathology and its major diagnostic approaches. *Glob J Vet Res* 2015, 3: 68–79.
- 4 Bobe G, Young JW, Beitz DC: Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *J Dairy Sci* 2004, 87: 3105–3124.
- 5 Brandt M: Leber. In: *Sonographische Differenzialdiagnose: Lehratlas zur systematischen Bildanalyse mit über 2500 Befundbeispielen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, D, 2002: 51–102.
- 6 Braun U, Stettler M, Schramm S, Hilbe M: Ascites secondary to compression of the caudal vena cava by liver abscesses in a cow. *J Vet Sci Anim Husbandry* 2016, 4: 1–7.
- 7 Braun U, Krüger S: Ultrasonography of the spleen, liver, gallbladder, caudal vena cava and portal vein in healthy calves from birth to 104 days of age. *Acta Vet Scand* 2013, 55: 68.
- 8 Braun U, Jacquat D, Steininger K: Ultrasonographic examination of the abdomen of the goat. II. Liver, spleen, urinary tract and greater omentum. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2013, 155: 185–195.
- 9 Braun U, Steininger K: Ultrasonographic characterization of the liver, caudal vena cava, portal vein, and gallbladder in goats. *Am J Vet Res* 2011, 72: 219–225.
- 10 Braun U, Trösch L, Gerspach C, Brosinki K, Hilbe M: Ultrasonographic findings in a cow with vascular hamartoma of the liver: Case report. *BMC Vet Res* 2011, 7: 52.
- 11 Braun U: Ultrasonography of the liver in cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2009, 25: 591–609.
- 12 Braun U, Previtali M, Gautschi A, Forster E, Steininger K, Irmer M, Reichle S, Sydler T, Wiederkehr D, Ruetten M, Hoelzle L: Sonographic findings in an alpaca with *Mycobacterium kansasii* infection. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2009, 151: 287–290.
- 13 Braun U, Nuss K, Soldati G, Ossent P: Clinical and ultrasonographic findings in four cows with liver tumours. *Vet Rec* 2005, 157: 482–484.
- 14 Braun U: Leber. In: Braun U (ed.), *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind*. Parey-Verlag, Stuttgart, D, 1997: 35–68.
- 15 Braun U, Pusterla N, Wild K: Ultrasonographic findings in 11 cows with a hepatic abscess. *Vet Rec* 1995, 137: 284–290.
- 16 Braun U, Götz M, Guscetti F: Ultrasonographic findings in a cow with extra-hepatic cholestasis and cholangitis. *Schweiz Arch Tierheilkd* 1994, 136: 275–279.
- 17 Braun U, Gerber D: Influence of age, breed, and stage of pregnancy on hepatic ultrasonographic findings in cows. *Am J Vet Res* 1994, 55: 1201–1205.
- 18 Braun U, Hausammann K: Ultrasonographic examination of the liver in sheep. *Am J Vet Res* 1992, 53: 198–202.
- 19 Braun U: Ultrasonographic examination of the liver in cows. *Am J Vet Res* 1990, 51: 1522–1526.
- 20 Budras K-D, Wünsche A: Bauchwand und Bauchhöhle. In: Budras K-D, Wünsche A (eds.), *Atlas der Anatomie des Rindes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende*. Schlütersche, Hannover, D, 2011: 66–77.
- 21 Castro ANC, Ghezzi MD, Alzola RA, Lupidio MC, Rodriguez JA: Morfología del hígado de llama (*Lama glama*). *Rev Chil Anat* 2001, 19: 291–296.

- <sup>22</sup> Castro ANC, Ghezzi MD, Domínguez MT, Lupidio MC, Gómez SA, Alzola RH: Conformation and anatomical relations of the liver of llama (Lama glama). *Anat Histol Embryol* 2009, 38: 108–111.
- <sup>23</sup> Cebra CK: Hepatic, Pancreatic, and Metabolic Disorders. In: Cebra C, Anderson DE, Tibary A, Van Saun JR, Johnson WLR (eds.), *Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health*. Elsevier, St. Louis, MO, 2014: 537–552.
- <sup>24</sup> Cebra CK, Watrous JB, Cebra ML: Transabdominal ultrasonographic appearance of the gastrointestinal viscera of healthy llamas and alpacas. *Vet Radiol Ultrasound* 2002, 43: 359–366.
- <sup>25</sup> Cebra CK, Garry FB, Getzy DM, Fettman MJ: Hepatic lipodosis in anorectic, lactating Holstein cattle: a retrospective study of serum biochemical abnormalities. *J Vet Intern Med* 1997, 11: 231–237.
- <sup>26</sup> Cheema AH: Adenomatous cholecystitis in cattle with chronic fascioliasis. *Vet Pathol* 1974, 11: 407–416.
- <sup>27</sup> Stöber M, Gründer H-D: Krankheiten von Leber und Gallenblase. In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (eds.), *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Parey-Verlag, Stuttgart, D, 2006: 627–665.
- <sup>28</sup> Dirksen G: Verdauungsapparat. In: Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (eds.), *Die klinische Untersuchung des Rindes*. Enke Verlag, Stuttgart, D, 2012: 288–400.
- <sup>29</sup> Drackley JK, Wallace RL, Graugnard D, Vasquez J, Richards BF, Looor JJ: Visceral adipose tissue mass in nonlactating dairy cows fed diets differing in energy density(1). *J Dairy Sci* 2014, 97: 3420–3430.
- <sup>30</sup> Fowler ME, Bravo PW: Clinical Diagnosis: Examination and Procedures. In: Fowler ME (ed.), *Medicine and Surgery of Camelids*, John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, 2010: 89–109.
- <sup>31</sup> Timm K, Smith B, Gauly M: Anatomie und Physiologie. In: Gauly M, Vaughan J, Cebra C (eds.), *Neuweltkameliden: Haltung, Zucht, Erkrankungen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, D, 2010: 7–21.
- <sup>32</sup> Garry FB, Fettman MJ, Curtis CR, Smith JA: Serum bile acid concentrations in dairy cattle with hepatic lipodosis. *J Vet Intern Med* 1994, 8: 432–438.
- <sup>33</sup> Gaschen L: Update on hepatobiliary imaging. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2009, 39: 439–467.
- <sup>34</sup> Gaßmann, B. Farbdopplersonografie: Geräteeinstellungen bedingen die Diagnosequalität und das Auftreten von Artefakten. *Praxis* 2020, 109: 563–564.
- <sup>35</sup> Geelen MJH, Wensing T: Studies on hepatic lipodosis and coinciding health and fertility problems of high-producing dairy cows using the «Utrecht fatty liver model of dairy cows». A review. *Vet Q* 2006, 28: 90–104.
- <sup>36</sup> Gerspach C, Ruetten M, Riond B: Investigation of coagulation and serum biochemistry profiles in dairy cattle with different degrees of fatty liver. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2016, 158: 811–818.
- <sup>37</sup> Gubler M: Untersuchung des Lipidoms bei Kühen mit Leberverfettung und bei gesunden Kühen. Dissertation: Universität Zürich, 2012.
- <sup>38</sup> Haudum A, Starke A, Beyerbach M, Wohlsein P, Rehage J: Ultrasonographic assessment of liver dimensions in dairy cows with different hepatic triacylglycerol content. *J Anim Sci* 2011, 89: 1392–1400.
- <sup>39</sup> Hussein HA, Elrashidy M: Evaluation of ultrasonography as a diagnostic tool for hepatic hydatid cysts in sheep. *Turk J Vet Anim Sci* 2014, 38: 409–417.
- <sup>40</sup> Imhasly S: Blood plasma biomarkers correlating with hepatic lipodosis in dairy cows. Dissertation: ETH Zürich, 2015.
- <sup>41</sup> Imran S, Tyagi SP, Kumar A, Kumar A, Sharma S: Comparative ultrasonographic imaging of spleen and liver in healthy crossbred cows. *ISRN Vet Sci* 2011, 2011: 419591.
- <sup>42</sup> Jorritsma R, Jorritsma H, Schukken YH, Bartlett PC, Wensing TH, Wentink GH: Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in The Netherlands. *Livest Prod Sci* 2001, 68: 53–60.
- <sup>43</sup> Jung C: Sonographie der Lunge und des Abdomens beim bovinen Neonaten unter besonderer Berücksichtigung pathologischer Veränderungen. Dissertation: JLU Gießen, 2002.
- <sup>44</sup> Kalaitzakis E, Roubies N, Panousis N, Pourliotis K, Kaldrymidou E, Karatzias H: Clinicopathologic evaluation of hepatic lipodosis in periparturient dairy cattle. *J Vet Intern Med* 2007, 21: 835–845.
- <sup>45</sup> Karsai F, Schäfer M: Diagnostische Erfahrungen bei metabolisch bedingten Leberkrankheiten der Milchkühe. *Mh Vet Med* 1984, 39: 181–186.
- <sup>46</sup> Kim J, Kim S, Eom K: Pulsed-wave Doppler ultrasonographic evaluation of hepatic vein in dogs with tricuspid regurgitation. *J Vet Sci* 2017, 18: 73–79.
- <sup>47</sup> Kraft W, Dürr UM, Bostedt H, Heinritz K, Füll M: Leber. In: Kraft W, Dürr UM (eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. Schattauer GmbH, Stuttgart, D, 2005: 145–167.
- <sup>48</sup> Kumar A, Saini NS, Mohindroo J, Singh BB, Sangwan V, Sood NK: Comparison of radiography and ultrasonography in the detection of lung and liver cysts in cattle and buffaloes. *Vet World* 2016, 9: 1113–1120.
- <sup>49</sup> d’Anjou M-A, Penninck D: Liver. In: Penninck D, d’Anjou M-A (eds.), *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, 2015: 183–238.
- <sup>50</sup> Lutz HT: Dopplertechnik. In: Lutz HT (ed.), *Ultraschallfibel Innere Medizin*. Springer Science & Business Media, D, 2007: 21–24
- <sup>51</sup> Macrae A: Interpreting blood haematology/biochemistry in cattle and sheep in the field. *Livestock Sci* 2017, 22: 28–32.
- <sup>52</sup> McAloon CG, Doherty ML, O’Neill H, Badminton M, Ryan EG: Bovine congenital erythropoietic protoporphyria in a crossbred limousin heifer in Ireland. *Ir Vet J* 2015, 68: 15.
- <sup>53</sup> McNee JW: The use of the van den Bergh test in the differentiation of obstructive from other types of jaundice. *Br Med J* 1922, 1: 716–717.
- <sup>54</sup> McSherry BJ, Lumsden JH, Valli VE, Baird JD: Hyperbilirubinemia in sick cattle. *Can J Comp Med* 1984, 48: 237–240.
- <sup>55</sup> Mullins CR, Mamedova LK, Brouk MJ, Moore CE, Green HB, Perfield KL, Smith JF, Harner JP, Bradford BJ: Effects of monensin on metabolic parameters, feeding behavior, and productivity of transition dairy cows. *J Dairy Sci* 2012, 95: 1323–1336.
- <sup>56</sup> Mulligan FJ, Doherty ML: Production diseases of the transition cow. *Vet J* 2008, 176: 3–9.
- <sup>57</sup> Neto A, Afonso JAB, Souto RJC, Cajueiro JFP, Rego RO, Mendonça CL, Souza JCA: Acute duodenal papillitis in a cow: A case report. *Revue Méd Vét* 2018, 169: 192–196.
- <sup>58</sup> Nickel R, Schummer A, Wille K-H, Wilkens H: Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: Nickel R, Schummer A, Seiferle E (eds.), *Lehrbuch der Anatomie der*

Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameleden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.



Diagnostik von Lebererkrankungen beim Wiederkäuer und Kameleden unter besonderer Berücksichtigung der sonographischen Untersuchung

C. Binici et al.

Haustiere, Band I: Bewegungsapparat. MVS Medizinverlage Stuttgart, Stuttgart, D, 2001: 15–272.

- <sup>59</sup> Osborne BV: A nose for trouble. *Br J Gen Pract* 2012, 62: 652–653.
- <sup>60</sup> Rico AG, Braun JP, Benard P, Thouvenot JP: Blood and tissue distribution of gamma glutamyl transferase in the cow. *J Dairy Sci* 1977, 60: 1283–1287.
- <sup>61</sup> Rosenberg I, Schwarzenbach HR, Tuma J: Wichtige Geräteeinstellungen. *Praxis* 2012, 101: 1207–1212.
- <sup>62</sup> Rowe LD: Photosensitization problems in livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 1989, 5: 301–323.
- <sup>63</sup> Scheinfeld MH, Bilali A, Koenigsberg M: Understanding the spectral Doppler waveform of the hepatic veins in health and disease. *Radiographics* 2009, 29: 2081–2098.
- <sup>64</sup> Shruthi PJ, Sujatha K, Srilatha CH, Rayulu VC: Incidence of different tumours in bovines. *Open Access J Sci* 2018, 2: 220–222.
- <sup>65</sup> Stock ML, Smith BI, Engiles JB: Disseminated hemangiosarcoma in a cow. *Can Vet J* 2011, 52: 409–413.
- <sup>66</sup> Staufenbiel R, Staufenbiel B, Rossow N, Klukas H, Johannsen U: Diagnosis of fatty liver in dairy cows. *Dtsch Tierärztl Wochenschr* 1993, 100: 225–130.
- <sup>67</sup> Tchelepi H, Ralls PW, Radin R, Grant E: Sonography of diffuse liver disease. *J Ultrasound Med* 2002, 21: 1023–1032.
- <sup>68</sup> Tharwat M: Ultrasonography of the liver in healthy and diseased camels (*Camelus dromedaries*). *J Vet Med Sci* 2020, 82: 399–407.
- <sup>69</sup> Tharwat M, Al-Sobayil F, Ali A, Buczinski S: Ultrasonography of the liver and kidneys of healthy camels (*Camelus dromedarius*). *Can Vet J* 2012, 53: 1273–1278.
- <sup>70</sup> Vater A, Maierl J: Adaptive Anatomical Specialization of the Intestines of Alpacas Taking into Account their Original Habitat and Feeding Behaviour. *Anat Rec* 2018, 301: 1840–1851.
- <sup>71</sup> Fuhrmann H, Sallmann H-P: Physiologische Aspekte der Leberfunktion. In: von Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G (eds.), *Physiologie der Haustiere*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, D, 2015: 450–463.
- <sup>72</sup> West HJ: Clinical and pathological studies in cattle with hepatic disease. *Vet Res Comm* 1997, 21: 169–185.
- <sup>73</sup> Westermeier M: Untersuchungen über die Validität der Leberschallperkussion beim Rind. Dissertation: LMU München, 2010.
- <sup>74</sup> Xiang H, Han J, Ridley WE, Ridley LJ: Playboy bunny and moose head sign: Hepatic veins in congestive heart failure. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2018, 62: 99–100.

## Korrespondenzadresse

Dr. med. vet. Cagri Binici  
FVH, Fachtierarzt für Wiederkäuer  
Moosweg 33  
CH-3818 Grindelwald  
Telefon: +41 79 640 51 99  
E-Mail: c.binici@bluewin.ch