

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der
Veterinärmedizin,

der Veterinärmedizinischen Universität Wien,
Universitätsklinik für Wiederkäuer, Abteilung Wiederkäuermedizin
(Leiter: Univ. Prof. Dr. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM)

Sonographische Untersuchung der Leber bei Neuweltkamelen

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Annika Carmen Assel

Wien, im August 2021

Betreuerinnen:

Ao. Univ. Prof. Dr. Sonja Franz

Universitätsklinik für Wiederkäuer, Abteilung Wiederkäuermedizin
Veterinärmedizinische Universität Wien

Mag. Cassandra Eibl

Universitätsklinik für Wiederkäuer, Abteilung Wiederkäuermedizin
Veterinärmedizinische Universität Wien

Gutachterin:

Dr. med. vet. Sonja Berger, Dipl. ECEIM

Universitätsklinik für Pferde, Abteilung Interne Medizin Pferde
Veterinärmedizinische Universität Wien

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Anatomische Lage und Form der Leber bei Neuweltkamelen	4
2.1.1. Anatomie der Leber	4
2.1.2. Anatomische Lage	5
2.2. Nicht-infektiöse Lebererkrankungen der Neuweltkamele	6
2.2.1. Leberinsuffizienz	6
2.2.2. Hepatolipidose	6
2.2.3. Neoplasien	8
2.2.4. Polyzystische Lebererkrankung	8
2.3. Infektiöse Lebererkrankungen der Neuweltkamele	9
2.3.1. Leberegelerkrankung	9
2.3.2. Echinokokkose	10
2.3.3. Lamanema chavezii	10
2.3.4. Tuberkulose	11
2.3.5. Pseudotuberkulose	11
2.3.6. Salmonellose	12
2.4. Einsatz der Sonographie zur Diagnostik von Lebererkrankungen bei Neuweltkamelen	12
2.5. Ziel und Hypothese dieser Studie	14
3. Material und Methode	16
4. Ergebnisse	20
4.1. Darstellbarkeit der Leber in den verschiedenen Interkostalräumen	20
4.1.1. Alpaka	20
4.1.2. Lama	22
4.2. Sonographische Bestimmung der Leberausdehnung	23
4.2.1. Alpaka	23
4.2.2. Lama	29
4.3. Ultrasonographisch bestimmte vertikale Leberausdehnung bei Lamas und Alpakas	33
4.3.1. Alpaka	33
4.3.2. Lama	33
4.4. Zusammenhang zwischen Leberausdehnung, Alter und Gewicht der untersuchten Tiere	35
5. Diskussion	36

5.1.	Überlegungen zur Untersuchungstechnik	36
5.2.	Sonographische Bestimmung der Leberausdehnung	38
5.3.	Vergleich der sonographischen Leberuntersuchung von Neuweltkamelen und anderen Haussäugetieren	39
5.3.1.	Kleiner Wiederkäuer (Ziege)	39
5.3.2.	Rind	40
5.3.3.	Pferd und Kleintier.....	41
5.4.	Zusammenhang mit Alter und Gewicht.....	42
5.5.	Schlussfolgerung	42
6.	Zusammenfassung.....	44
7.	Summary	45
8.	Abkürzungsverzeichnis	46
9.	Literaturverzeichnis	47
10.	Tabellenverzeichnis	51
11.	Abbildungsverzeichnis.....	52
12.	Danksagung.....	53

1. Einleitung

Seit etwa 1980 kommt es zu einem Anstieg der Zahlen an Neuweltkamelen (NWK) weltweit, überwiegend in den USA, Europa und Australien (GAULY et al. 2019). Auch in Österreich steigt die Beliebtheit der Tiere in den letzten 15 – 20 Jahren stetig an (RIEDL 2013). In einer Erhebung der Statistik Austria aus dem Jahr 2006 waren im Veterinärinformationssystem 229 Betriebe mit Haltung von NWK gemeldet (STATISTIK AUSTRIA 2008) und im Jahr 2020 wurde die Zahl der Halter bereits auf über 700 geschätzt. Die Datenlage hinsichtlich tatsächlich vorkommender Anzahl der in Österreich gehaltenen Lamas und Alpakas beruht allerdings rein auf Schätzungen und Halterumfragen, da es für NWK keine Registrierungs- oder Kennzeichnungspflicht gibt (BAUERSTATTER et al. 2018, BAUER und WITTEK 2019, KUCHLING 2020).

Die Tiere haben vor allem einen großen Stellenwert als Hobby- und Heimtiere, werden aber auch zur Wollproduktion, zu Zuchtzwecken, als Therapietiere, zur Landschaftspflege oder für touristische Zwecke gehalten (RIEDL 2013, BAUERSTATTER et al. 2018, GAULY et al. 2019). Nur ein geringer Anteil der Tierhalter führt seinen Betrieb im Haupterwerb (RIEDL 2013).

Der Trend zur Haltung von NWK wird sich voraussichtlich auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Durch ihr Aussehen und Wesen erfreuen sich die Tiere ungebrochener Beliebtheit bei Haltern und Touristen. Daher werden auch Tierärzte/Tierärztinnen den Tieren häufiger im Praxisalltag begegnen und ein stetig steigender Informationszugewinn über Besonderheiten und Erkrankungen der Tiere ist unerlässlich (GERGELY 2016). Lebererkrankungen sind durch oftmals unspezifische klinische Symptome nicht immer einfach zu diagnostizieren, sie können mitunter aber erheblichen Schaden anrichten. Um diese Krankheiten erfolgreich erkennen zu können, bietet die sonographische Untersuchung des Abdomens zusätzlich zu anderen diagnostischen Verfahren, eine weitere Möglichkeit zur ätiologischen Abklärung. Als großer Vorteil der Sonographie wird ihr nicht invasiver Charakter genannt. Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Untersuchung und Interpretation der erhaltenen Befunde

sind entsprechende Kenntnisse über die Lage und ultrasonographische Darstellbarkeit der Leber bei Alpakas und Lamas.

Aufgrund der bekannten anatomischen Besonderheiten der Neuweltkameliden (keine Gallenblase, unregelmäßige Randstruktur der Leber, oberflächlich gelegene Lebergefäße) ist zu erwarten, dass sich im Rahmen einer Ultraschalluntersuchung die Position sowie Ausdehnung der Leber von anderen Tierarten (v.a. Wiederkäuer) unterscheidet. Ziel dieser Arbeit war es daher, erstmalig an klinisch gesunden Lamas und Alpakas Messwerte über die ultrasonographisch sichtbare Ausdehnung der Leber sowie Angaben zu ihrer Lage mittels Sonographie zu erheben. Mit diesen Ergebnissen soll zukünftig die Diagnosestellung von sonographisch erkennbaren pathologischen Leberveränderungen vor allem hinsichtlich Größenveränderung erleichtert werden.

2. Literaturübersicht

Ursprünglich stammen NWK (*Lamini*) aus Südamerika. Gemeinsam mit den Altweltkamelen (*Camelus*) gehören sie zur Familie der Kamelartigen (*Camelidae*), zur Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*) und zur Unterordnung der Schwielensohler (*Tylopoda*). Die systematische Einteilung der NWK wurde lange diskutiert und kann in verschiedenen Quellen noch immer unterschiedlich nachgelesen werden, inzwischen ist aber eine Einteilung in zwei Gattungen mit je zwei Arten üblich. Zur Gattung Lama zählen das domestizierte Lama (*Lama glama*) und sein wilder Verwandter, das Guanako (*Lama guanicoe*), während zur Gattung Vikunja das Alpaka (*Vicugna pacos*) und das wild lebende Vikunja (*Vicugna vicugna*) zählen (GAULY et al. 2019).

In ihrer ursprünglichen Heimat sind Vikunjas und Guanakos klassische Höhenbewohner und daher ausgezeichnet an die extremen Witterungsbedingungen angepasst (WHEELER 1994). Guanakos sind in Argentinien weit verbreitet, in anderen Teilen Südamerikas kommen sie hingegen nur selten vor. Vom Meeresspiegel bis in 4000 Meter Höhe kann man die Tiere in Buschgebieten, Savannen und Trockenregionen antreffen. Vikunjas findet man nur in Höhen zwischen 3700 und 5500 Metern in den Hochanden. Ihre Population ist deutlich kleiner als die der Guanakos (GAULY et al. 2019).

Das Abdomen der NWK weist einige Charakteristika auf, die sie von echten Wiederkäuern und anderen Tierarten unterscheiden. Vergleichbar mit den Wiederkäuern wird das rechte Abdomen vom Magen eingenommen, bestehend aus drei Kompartimenten, Kompartiment 1 (C-1), Kompartiment 2 (C-2) und Kompartiment 3 (C-3). Unterschiede bestehen aber sowohl im Aufbau als auch in der Funktion (ANDERSON et al. 2013). Auch die Leber und andere abdominale Organe zeigen einige anatomische Besonderheiten (CASTRO et al. 2009, ANDERSON et al. 2013).

2.1. Anatomische Lage und Form der Leber bei Neuweltkamelen

2.1.1. Anatomie der Leber

In der grundlegenden Form unterscheidet sich die Leber der NWK nicht von der anderer Haussäugetiere, dennoch weist sie einige Besonderheiten auf. Das Fehlen der Gallenblase ist auf den ersten Blick der deutlichste Unterschied zu anderen Tierarten (CEBRA et al. 2014). Beim NWK vereinen sich die intrahepatischen Sammelgänge der Leber in einem Hauptgallengang, der direkt in das Duodenum mündet (FOWLER 1998). Im Vergleich mit anderen Tierarten fällt zudem auf, dass die Leber bei NWK eher dünn ist und die großen Gefäße der Leber (*V. portae* und *V. cava caudalis*) oberflächlich liegen (GAULY et al. 2019).

In ihrer Form gleicht die Leber einem unregelmäßigen Dreieck, mit einer Länge von durchschnittlich 40 cm entlang der nach kranioventral geneigten Hauptachse. Die Ränder der Leber sind unregelmäßig ausgefranst und dünner als die Mitte des Organs (CASTRO et al. 2009). An der Leber lassen sich zwei Flächen (*Facies (F.) parietalis* bzw. *diaphragmatica* und *F. visceralis*), drei Ränder (*Margo (M.) cranialis*, *M. caudalis* und *M. ventralis*) und drei Winkel (*Angulus (A.) dorsalis*, *A. cranialis* und *A. caudalis*) unterscheiden. Der *M. cranialis* ist nach kraniodorsal ausgerichtet, der *M. caudalis* liegt der rechten Körperseite an und der *M. ventralis* zeigt nach kaudoverstral. Der dorsale Winkel liegt auf der rechten Seite des Abdomens, der kraniale Winkel ist nach rechts und ventral Richtung Xyphoid ausgerichtet, der kaudale Winkel wird vom kaudalen und ventralen Rand gebildet und stellt dementsprechend den kaudalsten Punkt der Leber dar (CASTRO et al. 2009). Die Leber ist in 4 Leberlappen unterteilt, einen rechten (*Lobus (L.) dexter*) und einen linken (*L. sinister*), sowie einen *L. quadratus* und einen *L. caudatus*. Der rechte Lappen ist in einen lateralen und einen medialen Anteil aufgeteilt und am *L. caudatus*, dem kleinsten Leberlappen, unterscheidet man einen *Processus papillaris* und einen *Processus caudatus* (CASTRO et al. 2009).

2.1.2. Anatomische Lage

Castro et al. veröffentlichten 2009 eine detaillierte Beschreibung der anatomischen Lage und Form der Leber bei Lamas. Vergleichbar mit den Wiederkäuern ist auch die Leber der NWK aufgrund der großen Ausdehnung des Vormagensystems nur auf der rechten Seite des Abdomens lokalisiert. Sie liegt im kranialen Abdomen kaudal des *Diaphragmas* und steht mit diesem direkt in Verbindung. Von außen betrachtet hat sie einen Bezug zu den letzten sechs Rippen und kann sich dorsal auch über die letzte (12.) Rippe hinaus nach kaudal erstrecken (CASTRO et al. 2009).

Ihre parietale Fläche grenzt an das Zwerchfell und hat Kontakt mit der *V. cava caudalis*. Die viszerale Fläche zeigt zu den Eingeweiden hin und hat einen Bezug zu den Organen im kranialen Abdomen, unter anderem zum Duodenum (*Flexura duodeni cranialis*) und dem *Mesoduodenum*, dem rechten Pankreasschenkel und den Vormägen (C-2 und C-3) (CASTRO et al. 2009). Mittels Computertomographie konnte eine enge Beziehung der Leber zum C-3 dargestellt werden, es verläuft im kranialen Bereich direkt kaudomedial der Leber anliegend (STIEGER-VANEGAS und CEBRA 2013). Ebenso liegt der Leberhilus an der *F. viszeralis*, dort tritt die *V. portae* in die Leber ein (CASTRO et al. 2009).

Von den drei Leberrändern zieht der kraniale Rand Richtung Brusthöhle und liegt dabei an der *V. cava caudalis*, dem *Ösophagus* und dem *Diaphragma* an. Im Gegensatz dazu zeigt der kaudale Rand tiefer ins Abdomen und hat Berührungspunkte mit der distalen Flexur des *Colon ascendens*, dem kranialen Duodenum und dem C-3 (CASTRO et al. 2009). Eine Verbindung zur rechten Niere, wie es beim Rind der Fall ist (BRAUN 1997), besteht beim Lama nicht, der dorsale Leberwinkel berührt nur die rechte Nebenniere (CASTRO et al. 2009).

2.2. Nicht-infektiöse Lebererkrankungen der Neuweltkamele

2.2.1. Leberinsuffizienz

Die Leber hat eine große Reservekapazität (etwa 80 %), und klinische Zeichen einer Insuffizienz werden erst ab einem hohen Maß an Schädigung sichtbar (FOWLER 1998). Die Gründe für eine verminderte Leberfunktion sind vielfältig. In Frage kommen nicht infektiöse Ursachen, unter anderem metabolische Störungen, Obstruktionen, Toxine und Neoplasien, sowie infektiöse Ursachen. Diese können parasitär, viral, bakteriell oder mykotisch bedingt sein. Zusätzlich können hämatogene Abszesse, Gastritis des C-1, septische Metritis und Mastitis, Peritonitis, Leberruptur und Mangelernährung die Leberfunktion beeinträchtigen (FOWLER 1998).

Klinisch zeigt sich eine Funktionsstörung der Leber bei NWK durch Apathie, Festliegen und Gewichtsverlust. Abhängig vom Schweregrad der Schädigung können die Tiere auch Inappetenz, vermindertes Wachstum, Ikterus, Fotosensibilisierung, Hämorrhagien oder eine nervale Symptomatik (Koordinationsverlust, zielloses Herumirren („aimless walking“), head pressing) zeigen. Diese Symptome werden durch einen erhöhten Gehalt an Ammoniak im Blut verursacht und als hepatische Enzephalopathie bezeichnet (FOWLER 1998). Weiters können Tenesmus, Rektalprolaps, Hämoglobinurie und Diarrhoe vorkommen (FOWLER 1998). Die Diagnose erweist sich häufig als kompliziert und auch in der Pathologie zeigt die Leberinsuffizienz, abhängig von ihrer Ätiologie, ein breites Bild an Veränderungen. Eine Leberbiopsie ist in vielen Fällen zum Nachweis des Auslösers notwendig (FOWLER 1998).

2.2.2. Hepatolipidose

Eine der wichtigsten und potenziell lebensbedrohlichsten Erkrankungen der Leber der NWK sind Hepatolipidosen (GAULY et al. 2019). Betroffen sind Tiere aller Altersklassen. Eine übermäßige Mobilisierung oder Verbrauch von Fett führt, ähnlich der Ketose der Wiederkäuer, zu einer Einlagerung großer Mengen an Fett in die Leberzellen (CEBRA 2009, GAULY et al. 2019). Auch verminderte Werte an Glukose im Blut bei trächtigen und laktierenden

NWK-Stuten weist auf eine Vergleichbarkeit mit der Ketose bei Rindern und Schafen hin (CEBRA 2009). Unabhängig von Trächtigkeit und Laktation können allerdings alle NWK eine Fettleber entwickeln. Die wichtigste Ursache bei den Tieren ist Stress (durch Futter, Transport, Krankheiten u.a.), der eine erhöhte Ausschüttung von Katecholaminen zur Folge hat. Durch die Besonderheiten der NWK im Insulinstoffwechsel (geringe Konzentration an Insulin, partielle Insulinresistenz und geringe Glukosetoleranz) sind sie besonders anfällig für alle Faktoren, die die Insulinausschüttung oder -aktivität beeinflussen oder Prozesse stimulieren, die durch Insulin antagonisiert werden. Zusätzlich können Fütterungsfehler, Medikamente, die die Insulinausschüttung beeinflussen oder eine Vorschädigung der Leber eine Rolle spielen (CEBRA 2009).

Die Fettmobilisation im Organismus wird durch eine negative Energiebilanz verursacht und führt zu einem erhöhten Gehalt an freien, nicht veresterten Fettsäuren (NEFA) und *Beta-Hydroxybutyrat* (BHB) im Blut. Eine reduzierte Futteraufnahme allein verursacht nur geringe Veränderungen verschiedener Blutparameter, da die NWK in ihrer natürlichen Umgebung an Phasen mit Futterknappheit angepasst sind. Laktierende oder tragende Tiere können in einigen Fällen größere Probleme entwickeln. Hypoalbuminämie, ein häufiges Problem bei erkrankten NWK, vermindert zusätzlich die Transportkapazität für NEFA und die Fette werden im Gewebe abgelagert (CEBRA 2009).

Die klinischen Symptome sind unspezifisch. Meist zeigen die Tiere eine Entgleisung des Energiestoffwechsels durch Inappetenz, Lethargie und verminderte Aktivität bzw. verlängerte Liegephasen. In seltenen Fällen können durch die Dehnung der Leberkapsel Koliksymptome verursacht werden (CEBRA 2009). Zusätzlich zu erhöhten Werten an NEFA und BHB zeigt sich eine Hyperglykämie bzw. bei trächtigen und laktierenden Tieren eine Hypoglykämie. Hyperlipidämie hingegen tritt nur in wenigen Fällen auf. Veränderungen der Leberenzyme (Gamma-Glutamyltransferase (GGT), Aspartat-Aminotransferase (AST), Sorbitol-Dehydrogenase, Gallensäuren) zeigen sich noch vor der mikroskopisch sichtbaren Einlagerung von Fett in die Leberzellen (CEBRA 2009). Bei der makroskopischen Betrachtung der Leber in der Pathologie stellt sich die Fettleber vergrößert mit blasser Oberfläche und einem

zonalen Muster aus cremefarbenen und braun-roten Bereichen in den Leberläppchen dar, die Konsistenz ist brüchig (BILDFELL et al. 2012).

2.2.3. Neoplasien

Auch Neoplasien oder Metastasen können zu Veränderungen der Lebergröße sowie des Leberparenchyms führen. Lymphosarkome zählen zu den häufigsten Tumorerkrankungen der NWK (CEBRA et al. 1995, VALENTINE und MARTIN 2007). Bei der überwiegenden Zahl an Tieren mit multizentrischen Lymphosarkomen ist tumoröses Material auch in der Leber nachweisbar (CEBRA et al. 1995, TWOMEY et al. 2008, MARTIN et al. 2009). Lymphosarkome können bei Tieren aller Altersgruppen vorkommen (CEBRA et al. 1995), vor allem bei Alpakas sind oft junge Tiere betroffen (VALENTINE und MARTIN 2007, MARTIN et al. 2009). Betroffene Tiere zeigen Anorexie, Apathie, starke Abmagerung und vergrößerte periphere Lymphknoten (CEBRA et al. 1995). Eine Immunphänotypisierung von Lymphosarkomen bei sechs NWK zeigte eine Mehrzahl an T-Zell-Lymphomen (TWOMEY et al. 2008), andere Arbeiten beschreiben überwiegend B-Zell-Lymphome (SARTIN et al. 2004, MARTIN et al. 2009). Keine der oben genannten Arbeiten konnte einen viralen Ursprung der Lymphosarkome feststellen. Zu den seltenen Funden zählen biliäre Adenokarzinome (VALENTINE und MARTIN 2007), Rundzelltumore mit neuroendokrinem Ursprung (SARTIN et al. 2004) und ein kongenitales Hepatoblastom bei einem neugeborenen Alpaka Cria (WATT et al. 2001).

2.2.4. Polyzystische Lebererkrankung

Beim adulten NWK können Leberzysten vorkommen, die keine parasitäre Ursache haben. Solcherart zystische Veränderungen wurden bereits bei einigen wildlebenden Pflanzenfressern beschrieben, die Ursache ist noch weitgehend unbekannt, vermutet werden ein genetischer Einfluss oder Pflanzentoxine (FOSTER et al. 2013, WATANABE et al. 2019). Die klinische Bedeutung der polyzystischen Lebererkrankung ist ebenfalls noch ungeklärt (FOSTER et al. 2013). Die pathologischen Funde bei zwei Lamas zeigten eine verkleinerte Leber mit

verminderter Konsistenz, das Parenchym wurde von multiplen, 0,2-2,5 cm großen, weiß-gelblichen Zysten durchzogen (WATANABE et al. 2019).

2.3. Infektiöse Lebererkrankungen der Neuweltkamele

2.3.1. Leberegelkrankung

Ein großer Anteil der in der tierärztlichen Praxis vorgestellten NWK leiden an einem Befall mit Endoparasiten. Neben den Parasiten die vorwiegend im Darm beheimatet sind, spielen auch Leberegel eine nicht zu unterschätzende Rolle (ZANOLARI und MEYLAN 2005, BALLWEBER 2009, SCHMÄSCHKE 2015). In Mitteleuropa sind der große Leberegel (*Fasciola hepatica*) und der kleine Leberegel (*Dicrocoelium dendriticum*) beheimatet. Verschiedene Untersuchungen zur Bedeutung beider Parasiten in Österreich zeigen vor allem eine hohe Prävalenz von *D. dendriticum* in den Betrieben (PICHLER 2010, LAMBACHER et al. 2015). Fälle von Infektionen mit dem Riesenleberegel (*Fasciola magna*) sind in Europa nicht bekannt, einige Fallberichte aus den USA liegen aber vor (CONBOY et al. 1988, BALLWEBER 2009).

Im Unterschied zum Wiederkäuer können NWK bei einem Befall mit *D. dendriticum* schwerwiegende Krankheitsbilder entwickeln, die sogar bis zum Festliegen und Tod der Tiere führen. Die Bestimmung der spezifischen Leberenzyme gibt nur einen Hinweis auf eine Hepatopathie, aber keine Diagnose, z. T. kann bei einem schweren Krankheitsverlauf erst in der Pathologie eine Infektion sicher festgestellt werden (ZANOLARI und MEYLAN 2005). Die Schadwirkung des kleinen Leberegels zeigt sich in einer Hepatomegalie, Fibrosierung des Leberparenchyms, teilweise auch in verkalkten Granulomen und hochgradigen Gallengangsproliferationen (SCHMÄSCHKE 2015). Die Schädigung der Leber kann bis zur Zirrhose voranschreiten (KLEIN et al. 2012).

Eine Infektion mit dem großen Leberegel (*F. hepatica*) konnte in Österreich nur bei einem geringen Anteil an Tieren nachgewiesen werden (PICHLER 2010, LAMBACHER et al. 2015).

Klinisch zeigen betroffene Tiere unspezifische, weniger schwerwiegende Symptome als bei *D. dendriticum* (GAULY et al. 2019). Bei der Fasziole ist eine akute und eine, häufiger auftretende, chronische Form bekannt (FOWLER 1998). Betroffene NWK fallen oft nur durch chronische Abmagerung auf (GAULY et al. 2019), können aber auch Symptome einer Leberinsuffizienz entwickeln (FOWLER 1998).

In der Pathologie lassen sich neben einer akuten Lebernekrose auch fibrotische Bereiche, hervortretende Gallengänge und manchmal zystische Veränderungen an der Leber erkennen. Eine milde Infektion führt nur zu einer Verhärtung des Organs durch Fibrose und Proliferation der Gallengänge (BILDFELL et al. 2012). Hepatomegalie, multiple Nekroseherde mit hämorrhagischem Rand, Fibrosen, Blutungen und verdickte Gallengänge sowie makroskopisch sichtbare Larven prägten das Bild der akuten Fasziole eines Alpakas (HAYES et al. 2021).

2.3.2. Echinokokkose

Echinococcus granulosus ist ein weltweit verbreiteter Bandwurm aus der Familie der *Taeniidae*. Für seine Entwicklung benötigt der Parasit einen Zwischenwirt (*Herbivore*) und einen Endwirt (*Carnivore*). In Südamerika erfolgt die Übertragung von Hunden oder Füchsen auf NWK überwiegend über kontaminiertes Futter. Im Darm der Zwischenwirte schlüpfen Larven, die nach einer Körperwanderung schließlich in Leber und Lunge einwandern (FOWLER 1998). Dort bilden sie über einen längeren Zeitraum 8-10 cm großen Zysten aus. Ein überwiegender Teil der Tiere zeigt bei einem Befall keine klinische Symptomatik (FOWLER 1998). Alpakas sind auch für andere *Taeniidae* (*Taenia hydatigena*, *Taenia omissa*) ein natürlicher Zwischenwirt (GOMEZ-PUERTA et al. 2017). Außerhalb von Südamerika wurden bisher keine Fallberichte einer Infektion mit *E. granulosus* oder anderen *Taeniden* bekannt (BALLWEBER 2009).

2.3.3. Lamanema chavezii

Lamanema chavezii wird überwiegend in Südamerika (FOWLER 1998) und Neuseeland (MCKENNA et al. 2009) bei NWK nachgewiesen. Erst 2019 wurde *L. chavezii* zum ersten Mal

in Europa, bei Lamas aus Deutschland, gefunden (BAUER et al. 2019). Der Parasit wandert aus dem Darm aus und in die Leber und Lunge ein und verursacht ein Leber- und Lungenversagen, vor allem bei abgesetzten Jungtieren kann es zu schweren Verläufen kommen (FOWLER 1998). Pathologisch finden sich an der Leber multiple Bereiche mit Koagulationsnekrosen, petechialen Blutungen und Abszessen. Mit der Zeit werden die Bereiche in der Leber fibrotisch und können kalzifizieren (FOWLER 1998).

2.3.4. Tuberkulose

NWK sind sowohl für die klassischen Mykobakterien (*Mycobacterium bovis*, *M. tuberculosis*, *M. avium*) sowie für seltener vorkommende Arten (*M. kansaii*, *M. microti*) empfänglich (FOWLER 1998). Erkrankte Tiere entwickeln, nach einer langen Inkubationszeit, die für Tuberkulose typischen Knoten in verschiedensten Organen, bevorzugt im Respirations- und Digestionstrakt. Dementsprechend unterschiedlich stellt sich die klinische Symptomatik dar (FOWLER 1998).

In der Schweiz wurden 2009 elf Fälle von Infektionen mit *Mycobacterium microti* bei NWK aufgearbeitet (ZANOLARI et al. 2009). Die Tiere zeigten überwiegend Lethargie und Abmagerung oder wurden nur in der Pathologie beurteilt. Alle Fälle wurden umfangreich diagnostisch aufgearbeitet, auch eine Ultraschalluntersuchung des Abdomens, hauptsächlich zur Beurteilung der Leber, wurde durchgeführt. *Post-mortem* konnten die entsprechenden tuberkulösen Läsionen an der Leber, an Lymphknoten und weiteren Lokalisationen festgestellt werden. *M. microti* wurde bei allen Tieren nachgewiesen (ZANOLARI et al. 2009). Eine *M. kansaii* Infektion bei einem Alpaka verursachte ebenso eine starke Beteiligung der Leber. Sowohl im Ultraschall als auch in der Pathologie zeigte sich das Organ verändert (BRAUN et al. 2009).

2.3.5. Pseudotuberkulose

Einige Bakterien werden auch bei NWK regelmäßig in Abszessen in verschiedenen Organen identifiziert (*Trueperella pyogenes*, *Rhodococcus equi*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*)

(FOWLER 1998). Bei einem Alpaka mit Gewichtsverlust, Ödemen, Diarrhoe und Inappetenz wurde eine Infektion mit *C. pseudotuberculosis* festgestellt. Mittels abdominaler Ultraschalluntersuchung konnte eine Lebervergrößerung und eine gut abgegrenzte parenchymale Masse an der Leber festgestellt werden, diese Befunde wurden durch die folgende pathologische Untersuchung verifiziert. Multiple Abszesse konnten auch in anderen Organen sowie mehreren Lymphknoten aufgefunden werden (SPRAKE und GOLD 2012).

2.3.6. Salmonellose

Über das Auftreten von Salmonellose bei NWK gibt es nur wenige Berichte über septikämische Verläufe und noch weniger über die enterische Form. Die Autoren vermuten eine hohe Dunkelziffer an enterischer Salmonellose, da aufgrund milder klinischer Symptomatik der Tiere nur selten Tests durchgeführt würden (SAULEZ et al. 2004). Ein Fallbericht aus den USA berichtet von einer *Salmonella typhimurium* Infektion als Auslöser einer nekrotisierende Hepatitis bei einem einjährigen Alpaka. Das Tier zeigte Apathie, Fressunlust, Dehydratation und blutigen, schlecht geformten Kot. Eine Blutuntersuchung ergab unter anderem erhöhte Werte an AST, GGT sowie Bilirubin und eine verminderte Albumin Konzentration. Zur Kontrolle der Leberstruktur und -größe wurde ein abdominaler Ultraschall durchgeführt, dieser zeigte allerdings keine Auffälligkeiten. Anzeichen einer Lebernekrose und geringen Lipidose konnten aus einem Leberbiopat diagnostiziert werden. Der Nachweis von *S. typhimurium* erfolgte mittels Kotkultur (SAULEZ et al. 2004).

2.4. Einsatz der Sonographie zur Diagnostik von Lebererkrankungen bei Neuweltkamelen

Die Leber kann durch unterschiedlichste Faktoren geschädigt werden und einige davon lassen sich ultrasonographisch als Parenchym- und/oder Größenveränderungen erkennen. Zum Einsatz von Ultrasonographie zur Diagnostik von Erkrankungen der Leber bei NWK gibt es bisher nur wenige Arbeiten, einzelne Fallberichte (BRAUN et al. 2009, ZANOLARI et al. 2009, KLEIN et al. 2012, SPRAKE und GOLD 2012, HAYES et al. 2021) zeigen dennoch das

diagnostische Potential der Ultraschalluntersuchung auf. Die Durchführung der Sonographie des gesamten Abdomens bei NWK inklusive Leber wurde von Miesner beschrieben (ANDERSON et al. 2013).

Leberegelinfektionen der NWK können zusätzlich zur Kotsedimentation mittels Ultraschalluntersuchung dargestellt werden. Im Fallbericht von Klein et al. (2012) zeigte nur eines von sieben Lamas keine Abnormalitäten der Leber. *D. dendriticum* verursacht Verdickungen der Gallengänge, die sich auch ultrasonographisch als hyperechogene, punkt- bis strichförmige Veränderungen mit oder ohne ventraler Schallauslöschung in der Leber darstellen. Das Leberparenchym kann vermindert homogen wirken (KLEIN et al. 2012). Eine Fasziolose hingegen kann zu einer Hepatomegalie führen. Bei einem Alpaka konnte ultrasonographisch an der ventralen Bauchwand, unterhalb des Rippenbogens, Lebergewebe dargestellt werden. Innerhalb der Interkostalräume (IKR) zeigte die Leber ein unauffälliges sonographisches Bild (HAYES et al. 2021). Die Ausprägung der Veränderungen hängt vom Schweregrad der Erkrankung des Tieres ab. Sowohl bei der Fasziolose als auch bei der Dicrozoeliose werden eine Lebervergrößerung und eine Erweiterung und Wandverdickung der Gallengänge beschrieben (CEBRA et al. 2014).

Hyperechogene, parenchymale Massen, die sich bei einer Tuberkulose disseminiert im Lebergewebe verteilen und mehrere Zentimeter Größe erreichen können (ZANOLARI et al. 2009, BRAUN et al. 2009), lassen sich mittels Ultrasonographie darstellen. Zanolari et al. (2009) konnten aufzeigen, dass die Ultraschalluntersuchung zumindest bei weiter fortgeschrittenen Stadien der Tuberkulose am lebenden Tier gute diagnostische Ergebnisse liefert (ZANOLARI et al. 2009). Ebenso können unifokale, gut abgegrenzte Massen der Leber mit Vergrößerung des gesamten Organs, wie zum Beispiel bei einer Infektion mit *C. pseudotuberculosis* (SPRAKE und GOLD 2019), aufgefunden werden. Differentialdiagnostisch zu hyper- oder hypoechogenen Strukturen im Leberparenchym sollten immer primäre Neoplasien oder Metastasen bedacht werden (DENNIS et al. 2010). Ab einer gewissen Größe sind diese im abdominalen Ultraschall sichtbar. Keiner der obigen Fallberichte über Tumorerkrankungen der Leber beim NWK untersuchte die Leber ultrasonographisch. In der Pathologie konnte aber bei vielen Tieren mit Lymphosarkomen (CEBRA et al. 1995,

SARTIN et al. 2004) und auch bei einem Cria mit kongenitalem Hepatoblastom (WATT et al. 2001) eine deutliche Vergrößerung der Leber festgestellt werden.

Zystische Veränderungen im Parenchym stellen sich, abhängig von ihrem Inhalt, unterschiedlich echogen dar. Zysten von *E. granulosus* bei Hund und Katze erscheinen als anechogene Strukturen, teilweise mit ausgeprägter Mineralisation (DENNIS et al. 2010). Die polyzystische Lebererkrankung der NWK zeigt in der Pathologie Zysten unterschiedlichster Größe (FOSTER et al. 2013, WATANABE et al. 2019). Beschreibungen zum ultrasonographischen Bild dieser Veränderungen beim NWK gibt es keine, vermutlich sind sie vergleichbar mit Hund und Katze.

Metabolische Störungen der Leber sind hingegen durch bildgebende Verfahren schwer zu diagnostizieren. Cebra beurteilt die Ultraschalluntersuchung als zu wenig sensitiv und spezifisch, um eine Lipidose zu diagnostizieren (CEBRA 2009). Bei Rindern, Hunden und Katzen erhöht sich die Echogenität der Leber im Vergleich zu Milz und Nierenrinde bei Fetteinlagerungen in den Zellen (BRAUN 2009, DENNIS et al. 2010). Bildfell et al. (2012) beschreibt eine Vergrößerung des gesamten Organs bei Lipidose. Bei der durch *S. typhimurium* ausgelösten, nekrotisierenden Hepatitis und Lipidose stellte sich die Leber unverändert dar (SAULEZ et al. 2004).

2.5. Ziel und Hypothese dieser Studie

Die Literatur zu Lebererkrankungen bei NWK ist begrenzt, und noch übersichtlicher ist die Anzahl an Fallberichten, die die Durchführung der sonographischen Untersuchung beim NWK näher erläutert. Je nach Bericht wird eine Schallkopffrequenz von 3,5 Megahertz (MHz) (SPRAKE und GOLD 2012), 4,0 MHz (ZANOLARI et al. 2009) oder 5,0 MHz (SAULEZ et al. 2004, BRAUN et al. 2009) verwendet. Miesner beschreibt einen Frequenzbereich von 3,5-5 MHz als geeignet für die abdominale Sonographie der NWK (ANDERSON et al. 2013). Die Ultraschalluntersuchung der Leber wurde an der rechten Körperseite im 8.-12. IKR (ZANOLARI et al. 2009) bzw. 9.-11. IKR ((HAYES et al. 2021) durchgeführt. Nicht alle

Autoren machten Angaben zu Frequenz, Durchführung und Lokalisation des untersuchten Bereichs.

Veränderungen der Lebergröße, wie sie bei einer polyzystischen Leber (WATANABE et al. 2019), einer Leberegelkrankung (CEBRA et al. 2014, HAYES et al. 2021) oder einer Leberverfettung (BILDFELL et al. 2012) beschrieben werden, erfordern Richtwerte, um sie ultrasonographisch am lebenden Tier beurteilen zu können. Diese sollen in dieser Arbeit erhoben werden, um eine Diagnostik mittels Sonographie in Zukunft zu erleichtern. Durch die bekannten anatomischen Besonderheiten der Leber der NWK (keine Gallenblase, unregelmäßige Randstruktur der Leber, oberflächlich gelegene Lebergefäße) lässt sich vermuten, dass sich auch die mittels Ultraschalluntersuchung erhobene Position und Ausdehnung der Leber von anderen Tierarten (v.a. Wiederkäuer) unterscheidet.

3. Material und Methode

Im Rahmen dieser Studie wurden 27 Lamas und Alpakas ultrasonographisch untersucht. Bei den Tieren handelte es sich um Patienten, die aus diagnostischen Gründen an der Universitätsklinik für Wiederkäuer an der Veterinärmedizinischen Universität Wien im Rahmen eines Gesundheitschecks untersucht wurden. Im Rahmen der Einstellung liegt eine Einwilligung des Tierhalters vor. Als Einschlusskriterium für diese Studie galt ein Lebensalter von mindestens einem Jahr. Die Tiere mussten zudem klinisch gesund sein. Dafür wurde eine klinische Untersuchung nach den Richtlinien der allgemeinen Propädeutik (BAUMGARTNER 2013) durchgeführt. Das Körpergewicht jedes Tieres wurde mittels Körperwaage erfasst.

Die sonographische Untersuchung der Leber erfolgte mittels eines portablen Ultraschallgerätes (DP-30Vet, Mindray, China) unter Verwendung eines Konvexschallkopfes (4,5 MHz, Tiefe: 21,3 cm). Das Tier wurde mittels Halfter und Strick durch eine zusätzliche Person fixiert. Die Ultraschalluntersuchung selbst erfolgte am stehenden, nicht sedierten Tier. Als Kontaktmedium zwischen Schallkopf und Haut wurde Alkohol (*Ethanolum dilutum* 70 %) verwendet, dazu wurde zuvor das Vlies im Bereich der zu untersuchenden Region an der rechten Abdomenseite unter Zuhilfenahme eines Kammes gescheitelt (Abb. 1 und 2A).

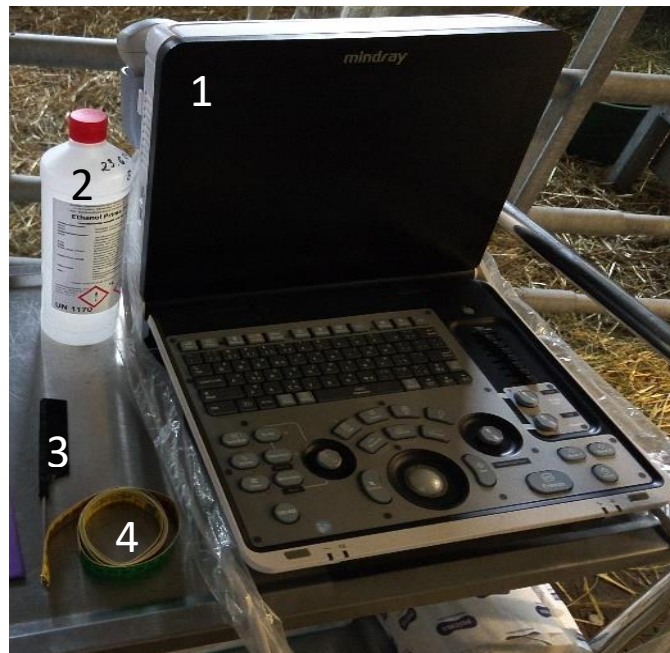


Abb. 1: Verwendetes Instrumentarium: 1: portables Ultraschallgerät, 2: Ethanol als Kontaktmedium, 3: Stielkamm, 4: flexibles Maßband

Um die sonographische Ausdehnung der Leber zu dokumentieren, wurde in jedem IKR auf der rechten Körperseite, beginnend mit dem letzten (11.) IKR, das Leberparenchym von kaudal nach kranial sonographisch dargestellt (horizontale Ausdehnung) und der am weitesten dorsal und ventral befindliche Bereich des Leberparenchyms in jedem IKR bestimmt (vertikale Ausdehnung). Dazu wurde ein Maßband im rechten Winkel zur Wirbelsäule (*Processus spinosus* der Brust- und Lendenwirbelsäule) bis zum entsprechenden dorsalen (Mdr) und ventralen (Mvr) Punkt angelegt und die Strecke in cm abgelesen (Abb. 2B). Der Schallkopf wurde bei der Messung parallel zur Rippe angesetzt (Abb. 2C).

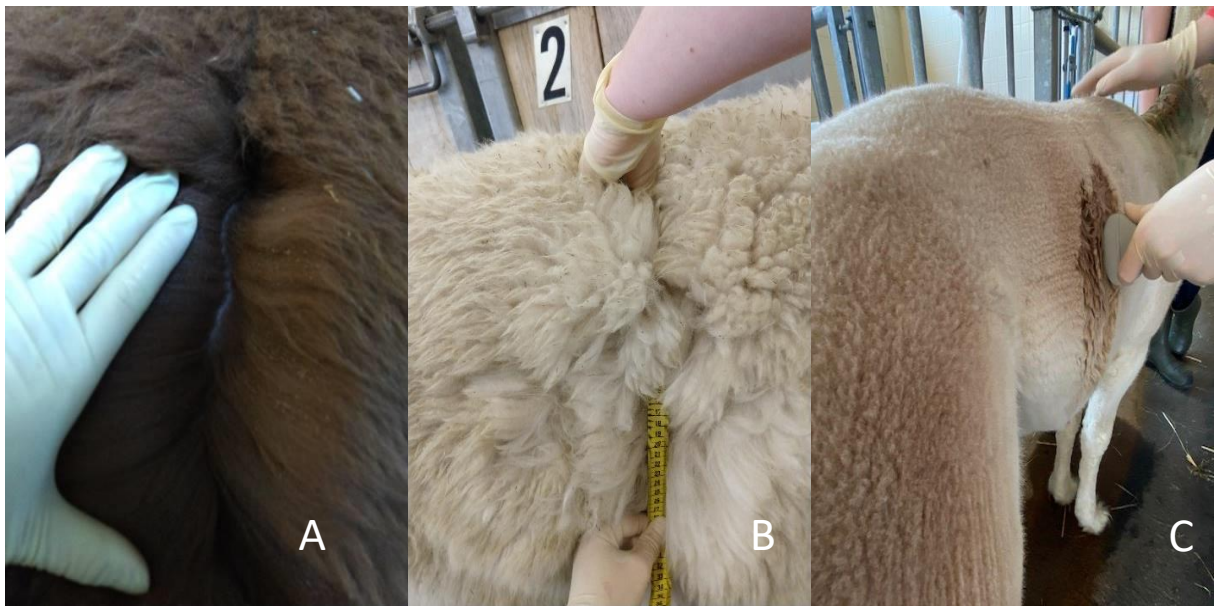


Abb. 2: Praktischer Ablauf der sonographischen Untersuchung: A: Ziehen einer Scheitellinie mittels Kamms im Vlies entlang eines Interkostalraums (IKR), um das Kontaktmedium direkt auf die Haut aufzubringen; B: Darstellung der Messmethode: das flexible Maßband wird im rechten Winkel zur Wirbelsäule (*Proc. spinosus*) bis zum ultrasonographisch bestimmten Punkt (dorsalster und ventralster Leberpunkt) angelegt und die Distanz in cm abgelesen; C: Positionierung des Schallkopfs am Tier im 11. IKR. zur sonographischen Darstellung der Leber.

Die vertikale Ausdehnung der Leber in jedem IKR in Zentimeter ergibt sich durch Subtraktion des Dorsalwertes (Mdr) vom Ventralwert (Mvr) (Abb. 3). Zusätzlich erfolgte eine Überprüfung der sonographischen Darstellbarkeit der Leber kaudal der letzten Rippe (darstellbar ja/nein). Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden Mittelwert, Standardabweichung (SD) sowie Minimal- und Maximalwert der Messergebnisse erhoben. Mittels Signifikanz (Signifikanzlevel: 5 %) wurde ein Zusammenhang zwischen Alter bzw. Gewicht und der Ausdehnung der Leber berechnet.

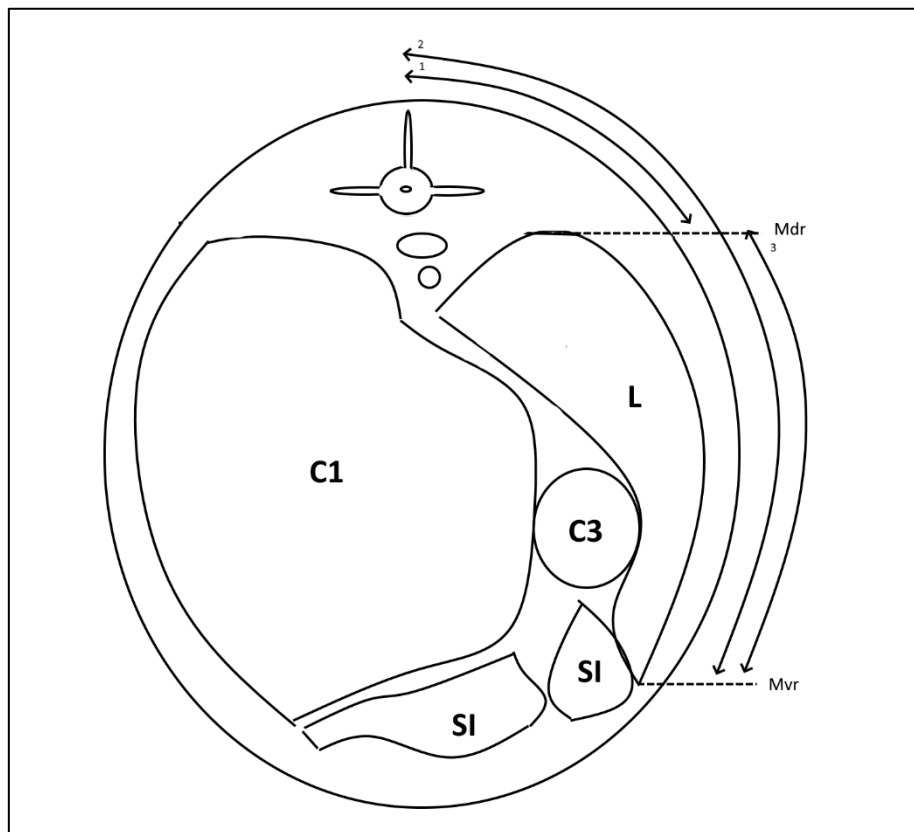


Abb. 3: Modifizierte Skizze nach STIEGER-VANEGAS und CEBRA 2013: Darstellung der Messmethode des dorsalen (Mdr) und ventralen Messpunktes (Mvr). Legende: L = Leber, C1 = erstes Kompartiment des Magens, C3 = drittes Kompartiment des Magens, SI = Dünndarm, 1 = Distanz bis zum dorsalen Messpunkt (Mdr), 2 = Distanz bis zum ventralen Messpunkt (Mvr), 3 = vertikale Ausdehnung der Leber (Distanz Mvr-Mdr)

© STIEGER-VANEGAS und CEBRA 2013

Die Studie wurde von der Ethik- und Tierschutzkommission der Veterinärmedizinischen Universität Wien in Hinblick auf ihre Übereinstimmung mit der Good Scientific Practice und den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften geprüft und befürwortet (ETK-009/01/2021).

4. Ergebnisse

Insgesamt konnten die Daten von 27 NWK ausgewertet werden, davon waren 22 Alpakas (14 männliche und acht weibliche Tiere) und fünf Lamas (drei männliche und zwei weibliche Tiere). Die Tiere hatten im Durchschnitt ein Alter von 5,74 Jahren ($\pm 3,647$, Alpakas) bzw. 7,1 Jahren ($\pm 3,681$, Lamas). Bei beiden Arten war das älteste Tier 14 Jahre alt, das jüngste Alpaka ein Jahr und das jüngste Lama fünf Jahre. Bei zwei Alpakas konnte kein exaktes Alter ermittelt werden, es handelte sich aber um adulte, ausgewachsene Tiere. Die untersuchten Alpakas waren im Schnitt 61,5 kg schwer ($\pm 12,490$, Minimumwert (Min) 28 kg, Maximumwert (Max) 89 kg), die Lamas 123,6 kg ($\pm 7,635$, Min 114 kg, Max 131 kg).

4.1. Darstellbarkeit der Leber in den verschiedenen Interkostalräumen

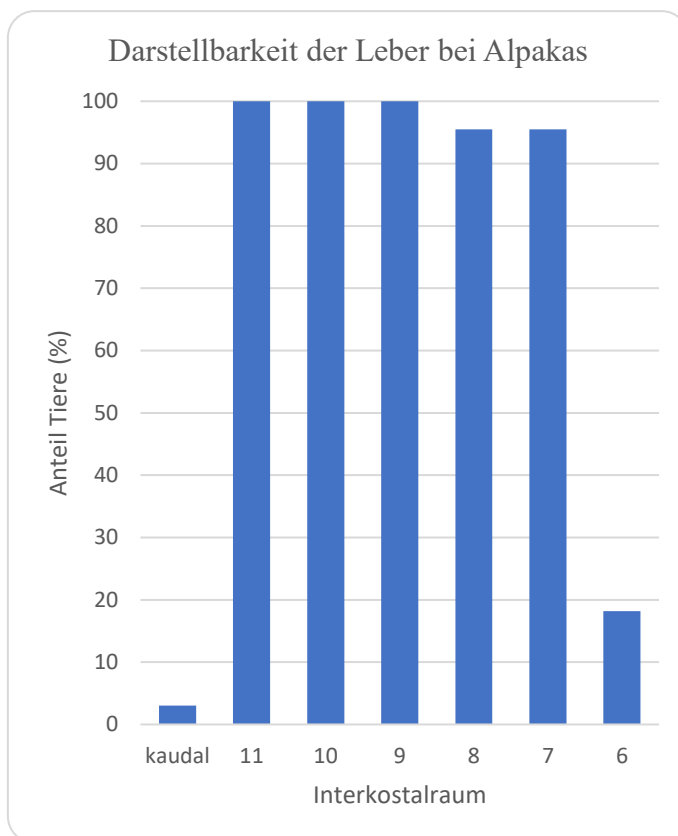
4.1.1. Alpaka

Mittels Ultraschalluntersuchung konnte bei allen 22 Alpakas die Leber vom 9.-11. IKR dargestellt und vermessen werden. Bei 21 Tieren erstreckte sich die Leber bis in den 7. IKR nach kranial und bei vier Tieren war sie auch im 6. IKR noch sichtbar. Bei nur einem Tier lag das kraniale Leberende bereits im 8. IKR, dies stellte aber die einzige Ausnahme einer verkürzten horizontalen Ausdehnung dar. Bei 3 Tieren war das Leberparenchym auch kaudal der letzten (12.) Rippe sonographisch darstellbar (Tab. 1, Abb. 4).

Tab 1: Übersicht über die Darstellbarkeit der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas.

	Vorhanden		Fehlend	
	N	Prozent (%)	N	Prozent (%)
IKR 11	22	100	0	0
IKR 10	22	100	0	0
IKR 9	22	100	0	0
IKR 8	21	95,5	1	4,5
IKR 7	21	95,5	1	4,5
IKR 6	4	18,2	18	81,8

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl der Tiere

**Abb. 4:** Anteil der Alpakas, bei denen die Leber in den verschiedenen Interkostalräumen und kaudal der letzten Rippe an der rechten Körperseite sichtbar war.

4.1.2. Lama

Die Leber konnte vom 8.-11. IKR durch Ultrasonographie bei allen fünf Lamas dargestellt werden, im 7. IKR noch bei drei Tieren und im 6. IKR bei einem Tier. Kaudal der letzten Rippe befand sich bei keinem Tier Leberparenchym (Tab. 2, Abb.5).

Tab. 2: Übersicht über die Darstellbarkeit der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei fünf Lamas.

	Vorhanden		Fehlend	
	N	Prozent (%)	N	Prozent (%)
IKR 11	5	100	0	0
IKR 10	5	100	0	0
IKR 9	5	100	0	0
IKR 8	5	100	0	0
IKR 7	3	60,0	2	40,0
IKR 6	1	20,0	4	80,0

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl der Tiere

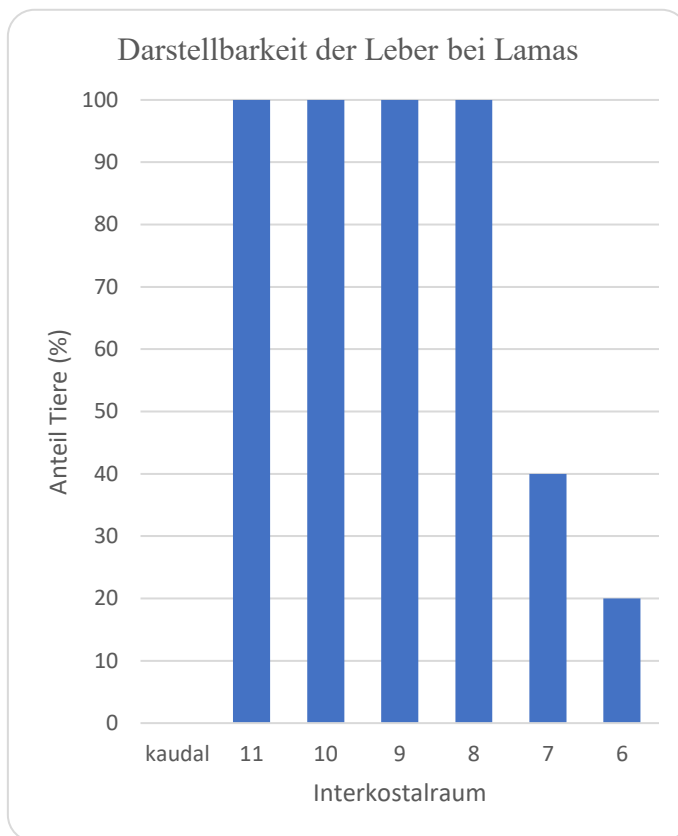


Abb. 5: Anteil der Lamas, bei denen die Leber in den verschiedenen Interkostalräumen und kaudal der letzten Rippe an der rechten Körperseite sichtbar war.

4.2. Sonographische Bestimmung der Leberausdehnung

4.2.1. Alpaka

Zur Bestimmung der Leberausdehnung wurde in jedem IKR die Entfernung von Mdr und Mvr senkrecht zur Rückenlinie mit einem Maßband bestimmt. Die dorsalen Messpunkte bildeten eine, nach kranial und ventral abfallende Linie entsprechend der dorsalen Kontur der Leber. Im 11. IKR war die durchschnittliche Distanz zur Rückenmitte am geringsten ($12,41 \text{ cm} \pm 2,520$) und im 6. IKR am weitesten ($32,25 \text{ cm} \pm 3,202$). Im 11. IKR und oft auch im 10. IKR lag der Mdr am dorsalen Ende des jeweiligen Interkostalraumes. Im weiteren Verlauf der IKR nach

kranial hin erhöhte sich die Distanz des Mdr zur Rückenmitte; zunehmend mehr Lungengewebe war im Ultraschallbild sichtbar (Abb. 6).

Der Verlauf der Mvr war vergleichbar mit den Mdr nach kranial und ventral, wobei der tiefste Punkt im 8. IKR lag ($34,69 \text{ cm} \pm 3,776$). Ab diesem IKR lag die ventrale Grenze der Leber bis zum 6. IKR nach kranial in etwa auf einer geraden Linie und fiel nicht weiter nach ventral ab (Tab.3, Abb. 7). Die letzten beiden Rippen der NWK sind kürzer als die weiter kranial liegenden, daher befand sich der Mvr im 11. IKR bei vielen Tieren unterhalb des Rippenbogens, trotz der geringsten Distanz zur Rückenmitte ($27,23 \text{ cm} \pm 4,261$). In Abb. 8 ist ein Verlauf der ultrasonographisch darstellbaren Mdr und Mvr aufgezeigt.



Abb. 6: Skizze zur sonographisch bestimmten Leberposition der Leber bei einem Alpaka: schematische Darstellung der dorsalen (gelbe Linie) und ventralen (blaue Linie) Messpunkte von der letzten (12.) Rippe bis zur 6. Rippe nach kranial.

Tab. 3: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der sonographisch bestimmten dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber bei 22 Alpakas im 6.-11. Interkostalraum.

IKR	Messpunkt	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
11	Mdr	22	6	17	12,41	2,520
11	Mvr	22	19	34	27,23	4,261
10	Mdr	22	6	20	14,64	3,672
10	Mvr	22	21	37	30,43	4,360
9	Mdr	22	10	23	18,93	3,079
9	Mvr	22	20	40	33,48	5,086
8	Mdr	21	19	29	23,98	3,076
8	Mvr	21	27	40	34,69	3,776
7	Mdr	21	22	36	28,67	4,066
7	Mvr	21	28	40	34,00	3,701
6	Mdr	4	29	35	32,25	3,202
6	Mvr	4	30	39	34,75	4,425

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl der Tiere, bei denen die Leber im jeweiligen IKR im Ultraschall darstellbar war, Mdr = dorsaler Messpunkt, Mvr = ventraler Messpunkt, SD = Standardabweichung

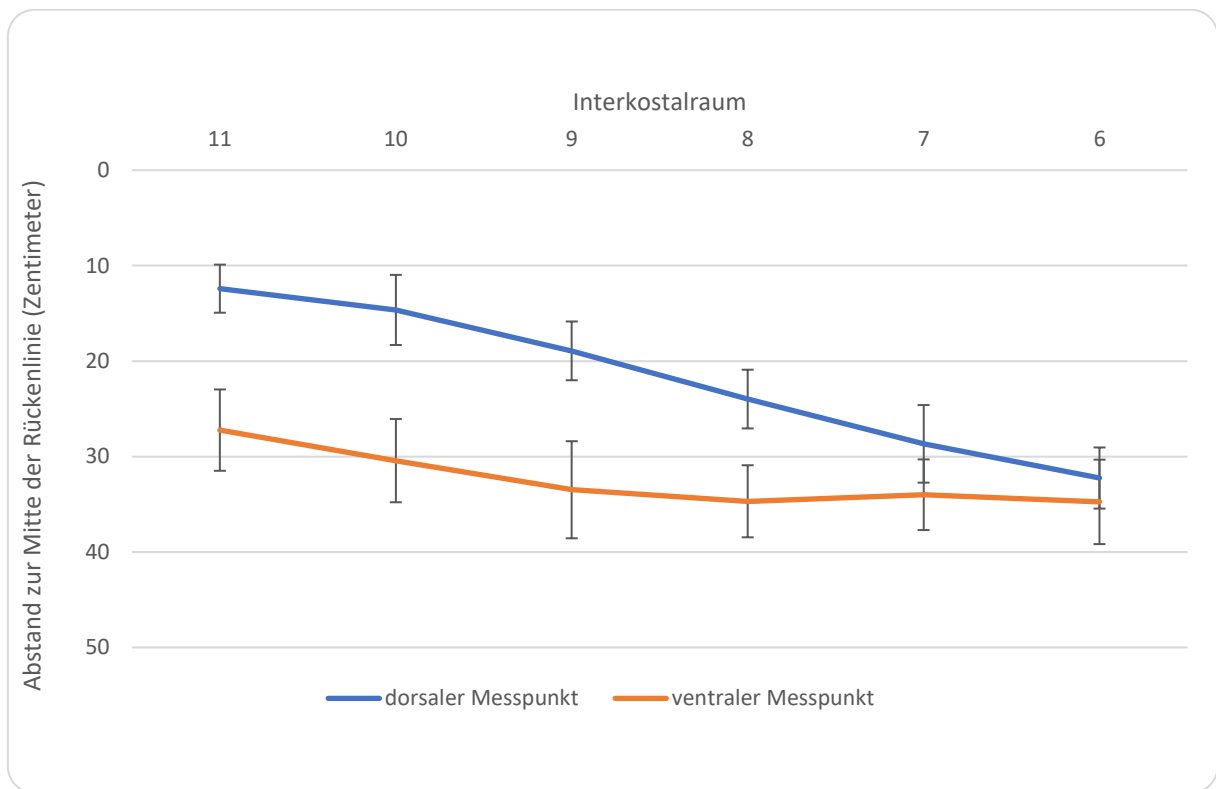


Abb. 7: Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas (Median $\pm$ Standardabweichung).

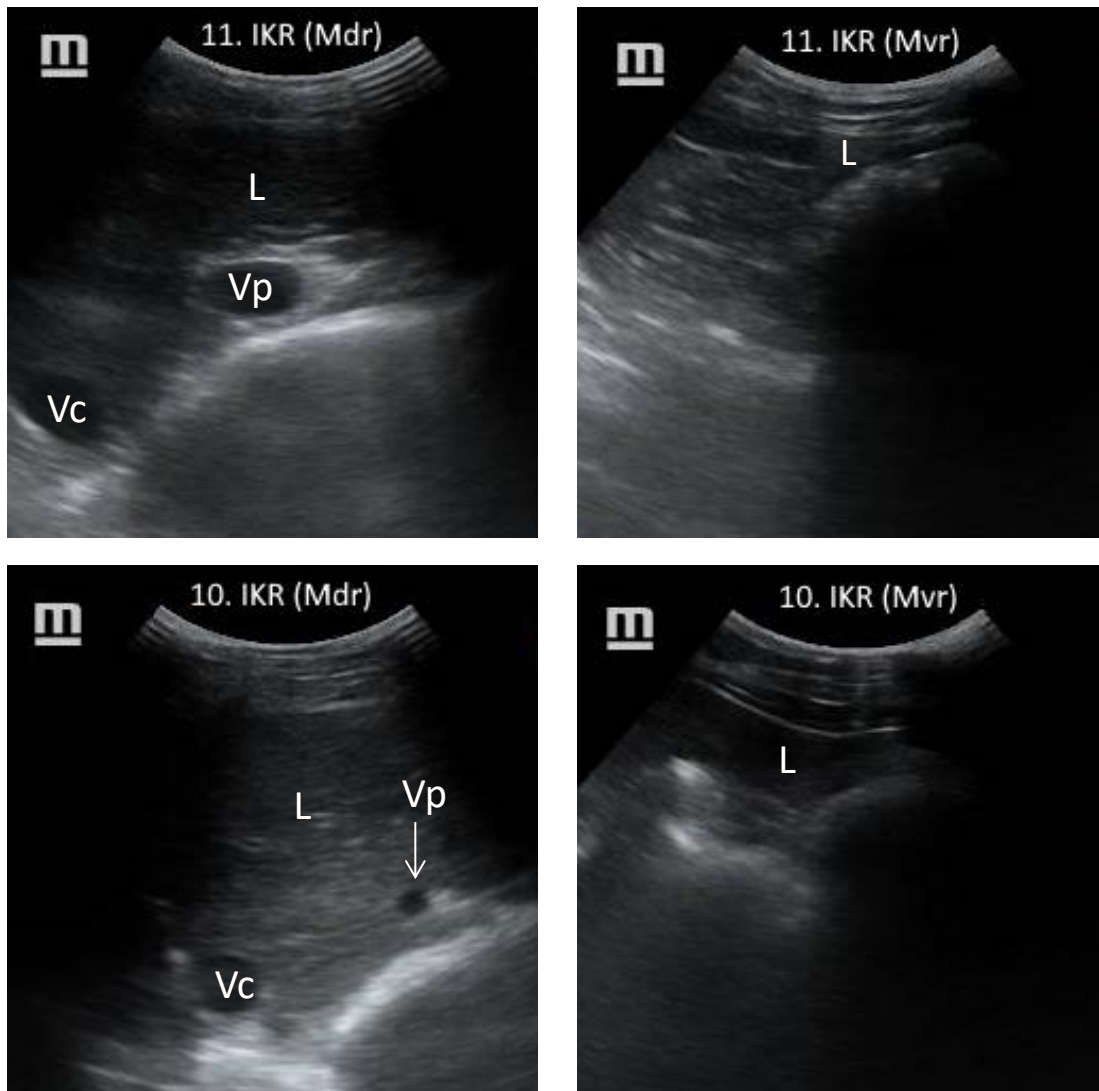


Abb. 8: Übersicht über den sonographisch bestimmten Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte im 7.-11. Interkostalraum bei einem Alpaka. Im 7. IKR war die Distanz zwischen beiden Messpunkten so gering, sodass sich dasselbe sonographische Leberbild ergab. Legende: IKR = Interkostalraum, Mdr = dorsaler Messpunkt, Mvr = ventraler Messpunkt, L = Leber, Vc = *Vena cava caudalis*, Vp = *Vena portae*.

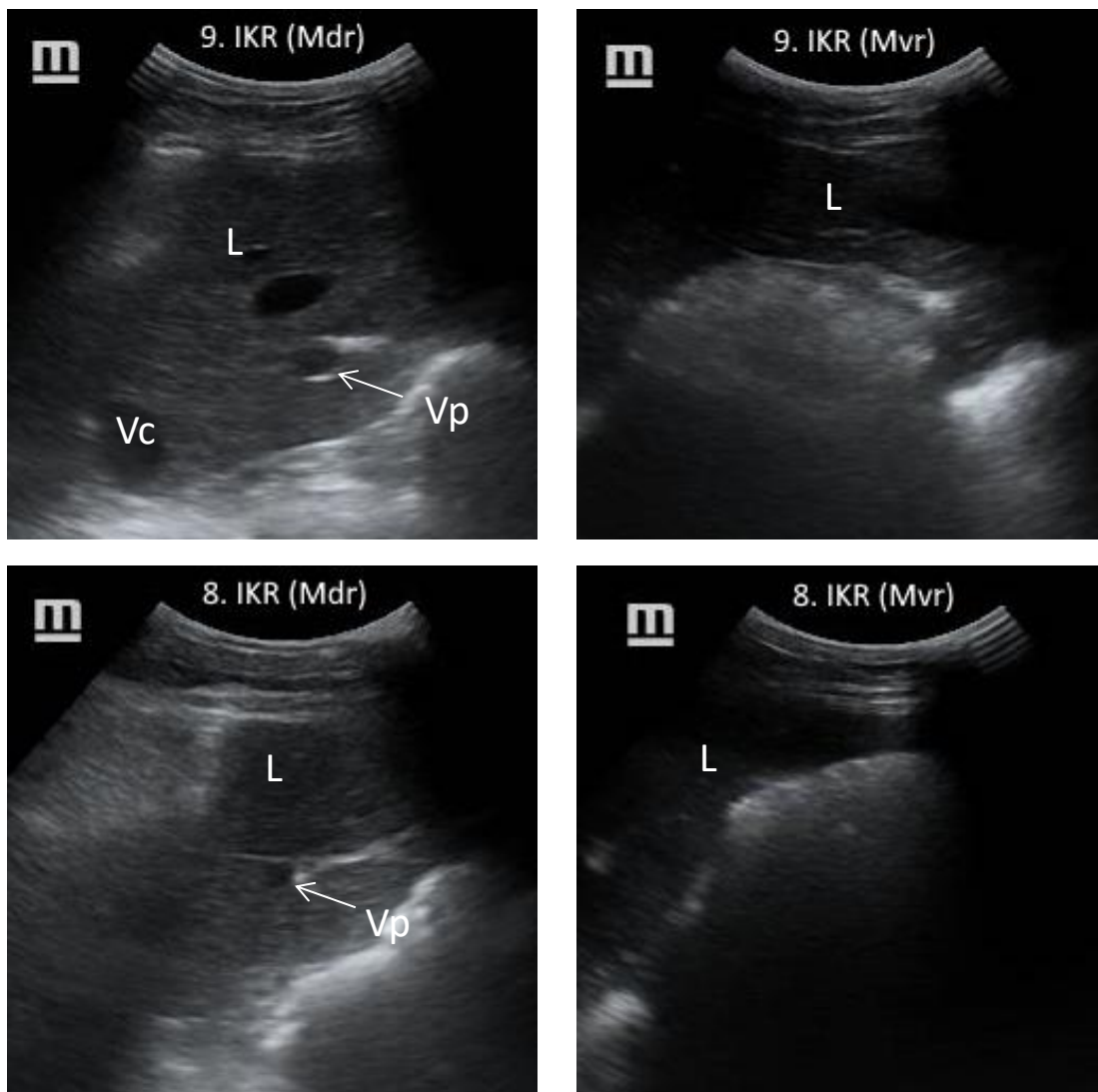


Abb. 8 (Fortsetzung): Übersicht über den sonographisch bestimmten Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte im 7.-11. Interkostalraum bei einem Alpaka. Im 7. IKR war die Distanz zwischen beiden Messpunkten so gering, sodass sich dasselbe sonographische Leberbild ergab. Legende: IKR = Interkostalraum, Mdr = dorsaler Messpunkt, Mvr = ventraler Messpunkt, L = Leber, Vc = *Vena cava caudalis*, Vp = *Vena portae*.

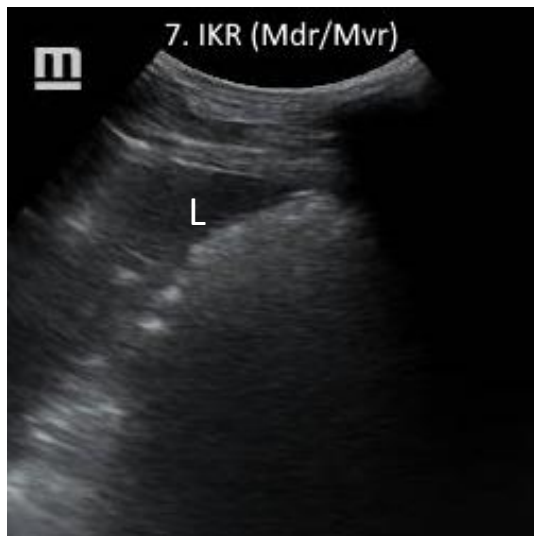


Abb. 8 (Fortsetzung): Übersicht über den sonographisch bestimmten Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte im 7.-11. Interkostalraum bei einem Alpaka. Im 7. IKR war die Distanz zwischen beiden Messpunkten so gering, sodass sich dasselbe sonographische Leberbild ergab. Legende: IKR = Interkostalraum, Mdr = dorsaler Messpunkt, Mvr = ventraler Messpunkt, L = Leber, Vc = *Vena cava caudalis*, Vp = *Vena portae*.

4.2.2. Lama

Die Bestimmung der Mdr und Mvr bei den Lamas erfolgte entsprechend der beim Alpaka beschriebenen Methode, ein Unterschied zeigte sich in den Zahlenwerten und im unregelmäßigen Verlauf der Mvr. Der geringste Abstand des Mdr zur Rückenlinie befand sich im 11. IKR ($16,40 \text{ cm} \pm 2,302$). Von dort verliefen die Punkte nach kranial und ventral, im 7. IKR war die Distanz schließlich am größten ($36,33 \text{ cm} \pm 2,517$). Bei einem Tier war die Leber nach kranial bis in den 6. IKR darstellbar, der Verlauf der Linie der Mdr setzte sich nach ventral fort. Bei den meisten Lamas und Alpakas war am Mdr im 11. IKR sowohl die *V. portae* als auch die *V. cava caudalis* sichtbar (Abb. 9).

Die Mvr beim Lama verliefen weniger regelmäßig nach kranioventral, der größte Abstand zur Mittellinie des Rückens befand sich auch im 7. (6.) IKR ($42,67 \text{ cm} \pm 5,508$). Die zweitgrößte Distanz zur Rückenmitte allerdings im 10. IKR ($40,00 \text{ cm} \pm 3,391$), nach kranial verkleinerte sich der Abstand zum *Proc. spinosus* zunächst wieder, um im 7. IKR schließlich das Maximum

zu erreichen. Die geringste Distanz zur Rückenmitte befand sich ebenso im 11. IKR (32,90 cm $\pm$ 2,748) (Tab. 4, Abb. 10).

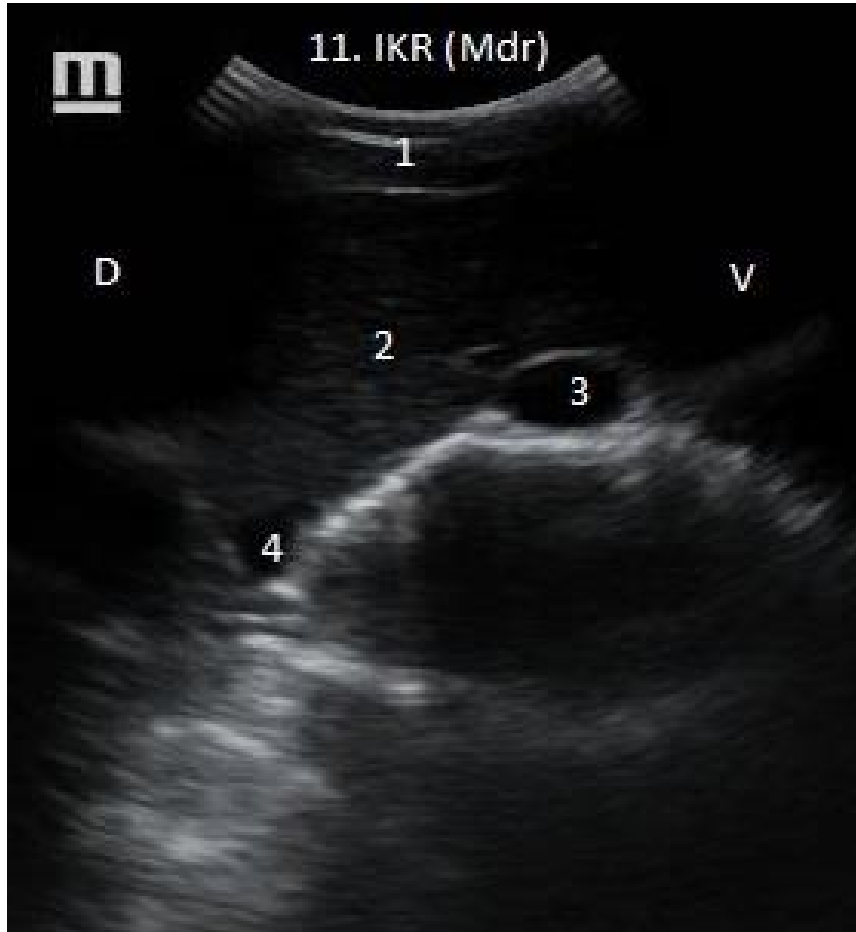


Abb. 9: Ultraschallbild des Leberparenchyms auf Höhe des dorsalen Messpunktes im 11. Interkostalraum bei einem Alpaka. Legende: 1 = laterale Bauchwand, 2 = Leberparenchym, 3 = *Vena.portae*, 4 = *Vena cava caudalis*, D = dorsal, V = ventral.

Tab. 4: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der sonographisch bestimmten dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber bei fünf Lamas im 6.-11. Interkostalraum.

IKR	Messpunkt	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
11	Mdr	5	14	19	16,40	2,302
11	Mvr	5	30	37	32,90	2,748
10	Mdr	5	19	22	20,50	1,118
10	Mvr	5	36	44	40,00	3,391
9	Mdr	5	24	29	26,90	2,247
9	Mvr	5	37	44	39,90	2,559
8	Mdr	5	27	32	30,20	2,049
8	Mvr	5	33	47	38,70	5,263
7	Mdr	3	34	39	36,33	2,517
7	Mvr	3	39	49	42,67	5,508
6	Mdr	1	41	41	41,00	
6	Mvr	1	48	48	48,00	

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl an Tiere, bei denen die Leber im jeweiligen IKR im Ultraschall darstellbar war, Mdr = dorsaler Messpunkt, Mvr = ventraler Messpunkt, SD = Standardabweichung

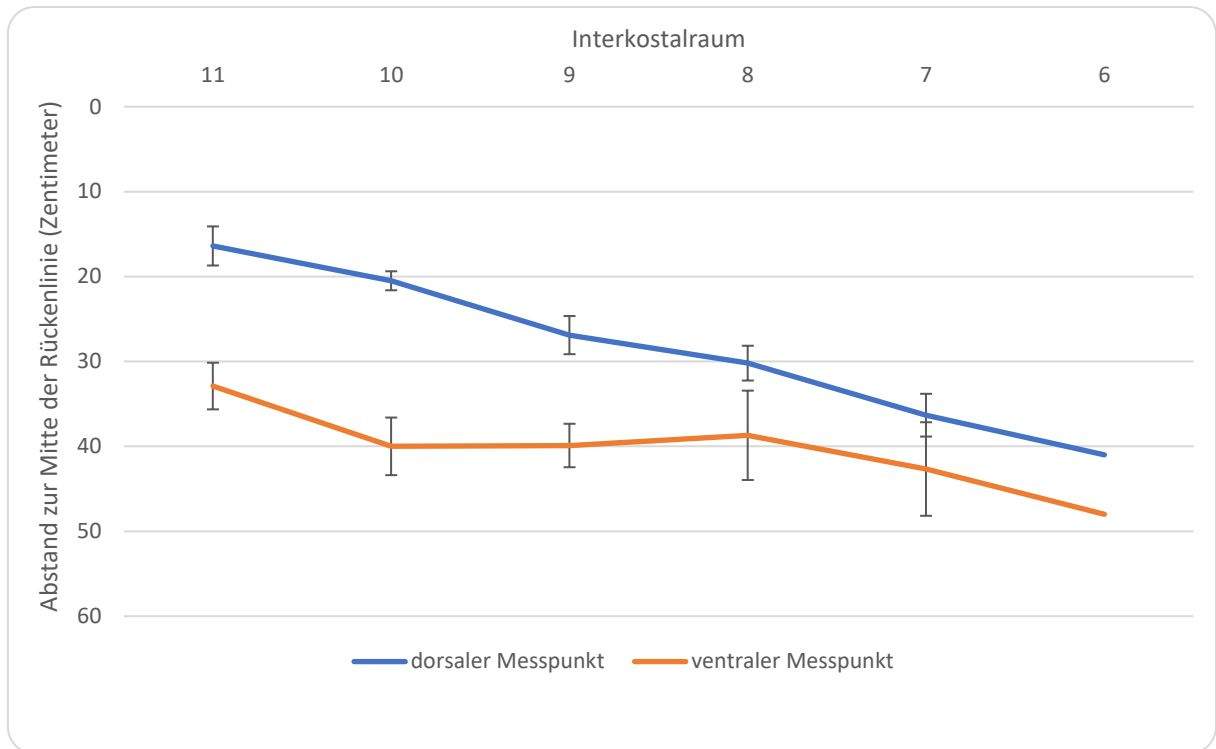


Abb. 10: Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber im 6. - 11. Interkostalraum bei fünf Lamas (Median $\pm$ Standardabweichung).

4.3. Ultrasonographisch bestimmte vertikale Leberausdehnung bei Lamas und Alpakas

4.3.1. Alpaka

Die sichtbare vertikale Leberausdehnung in den vermessenen Interkostalräumen wurde durch Subtraktion des Mdr vom Mvr errechnet. Die größte mittlere Ausdehnung erreichte die Leber im 10. IKR (15,80 cm $\pm$ 3,494). Die Distanz im 11. IKR stellte sich kleiner dar. Im Verlauf nach kranial verringerte sich die darstellbare Größe der Leber immer weiter und erreichte im 6. bzw. 7. IKR die kleinste Distanz zwischen Mdr und Mvr (2,5 cm $\pm$ 1,291 bzw. 5,33 cm $\pm$ 2,887) (Tab. 5).

Tab. 5: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der ultrasonographisch darstellbaren vertikalen Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas.

IKR	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
11	22	10	21	14,82	3,663
10	22	10	23	15,80	3,494
9	22	10	20	14,55	3,258
8	21	8	17	10,71	2,513
7	21	1	11	5,33	2,887
6	4	1	4	2,50	1,291

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl der Tiere, SD = Standardabweichung

4.3.2. Lama

Die größte vertikale Ausdehnung zeigte die Leber im 10. IKR (19,5 cm $\pm$ 2,646) und die geringste im 7. IKR (6,33 cm $\pm$ 3,215). Im 6. IKR konnte die Leber nur bei einem Tier dargestellt werden, dort zeigte sie eine größere Ausdehnung als im 7. IKR (Tab. 6). Die sonographisch sichtbare vertikale Ausdehnung der Leber war beim Lama anhand der

Zahlenwerte größer als beim Alpaka. Die größten vertikalen Ausdehnungen der Leber waren in den kaudalen IKR sichtbar (9.-11. IKR) (Abb. 11).

Tab. 6: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der ultrasonographisch darstellbaren vertikalen Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum bei fünf Lamas.

IKR	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
11	5	14	19	16,50	2,000
10	5	16	23	19,50	2,646
9	5	10	16	13,00	2,550
8	5	3	15	8,50	4,444
7	3	4	10	6,33	3,215
6	1	7	7	7,00	

Legende: IKR = Interkostalraum, N = Anzahl der Tiere, SD = Standardabweichung

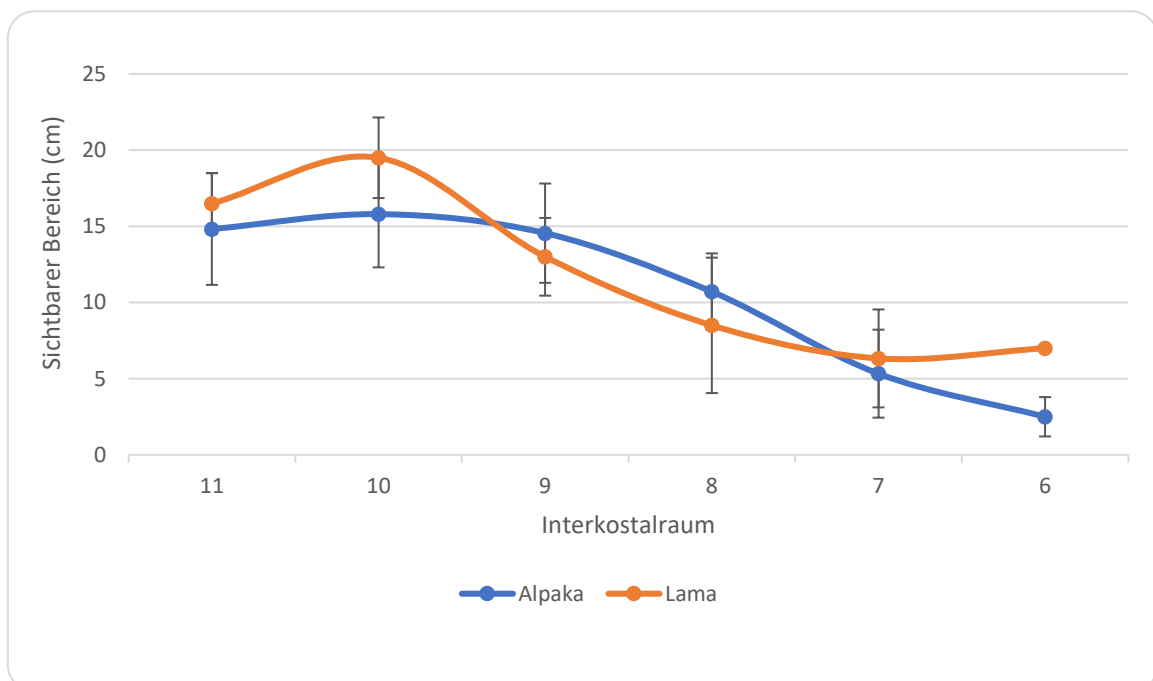


Abb. 11: Ultrasonographisch bestimmte vertikale Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum vergleichend bei 22 Alpakas und fünf Lamas (Median $\pm$ Standardabweichung).

4.4. Zusammenhang zwischen Leberausdehnung, Alter und Gewicht der untersuchten Tiere

Um den Zusammenhang von Alter bzw. Gewicht und der vertikalen Ausdehnung der Leber in den Interkostalräumen 7-11 zu überprüfen, wurde die Signifikanz (2-tailed) für Alpakas und Lamas gemeinsam berechnet. Ein signifikanter Zusammenhang bei einem Signifikanzniveau von 0,05 für die vertikale Ausdehnung der Leber und dem Alter ließ sich für den 9.-11. IKR feststellen, mit dem Gewicht bestand nur einmal (10. IKR) ein signifikanter Zusammenhang, alle anderen Werte waren vom Gewicht unabhängig (Tab. 7).

Tab. 7: Signifikanz der Werte „Alter“ und „Gewicht“ im Verhältnis zur sichtbaren vertikalen Größe der Leber.

	Leberausdehnung				
	IKR 11	IKR 10	IKR 9	IKR 8	IKR 7
Alter (Jahre)					
Sig. (2-tailed)	0,017	0,002	0,031	0,803	0,319
Gewicht (kg)					
Sig. (2-tailed)	0,306	0,022	0,878	0,321	0,837

Legende: IKR = Interkostalraum, Sig. (2-tailed) = Signifikanz (Signifikanzniveau 0,05)

5. Diskussion

Die Leber als zentrales Stoffwechselorgan ist bei diversen Erkrankungen unterschiedlichster Genese (infektiöse/nicht infektiöse Ursachen) primär oder auch sekundär betroffen und zeigt in diesen Fällen oftmals Veränderungen hinsichtlich Größe (z.B. polyzystische Leber, Leberegelerkrankung, Lipidose) (WATANABE et al. 2019, BILDFELL et al. 2012, CEBRA et al. 2012, HAYES et al. 2021) und Parenchymbeschaffenheit (Abszesse, Neoplasien, Verkalkungen, Granulombildung, etc.) (BRAUN et al. 2009, ZANOLARI et al. 2009, BILDFELL et al. 2012, KLEIN et al. 2012, CEBRA et al. 2014, SPRAKE und GOLD 2012). In jedem Fall bietet die ultrasonographische Durchleuchtung des Organs eine Möglichkeit, um etwaige vorhandene Veränderungen detektieren zu können (BRAUN 1997). Um pathologische Prozesse bei Anwendung der Sonographie zur Diagnostik richtig zu erfassen, wird vorausgesetzt, dass das physiologische Erscheinungsbild des zu untersuchenden Organes dem Untersucher/der Untersucherin bekannt ist. In der Literatur findet man bis dato aber keine durch sonographische Untersuchung ermittelte Beschreibung der genauen Lokalisation und Ausdehnung der Leber bei klinisch gesunden Lamas und Alpakas. Daher war es Ziel dieser Studie, die Ausdehnung und Lage der Leber in ihrem physiologischen Zustand mittels transkutaner Sonographie bei Lamas und Alpakas zu erheben.

5.1. Überlegungen zur Untersuchungstechnik

Die Ultraschalluntersuchung erfolgte in dieser Studie am stehenden Tier unter Fixierung mittels Strickhalfter, ein Minimum an Handling und die Vermeidung von Zwangsmaßnahmen (z.B. Ohrenzwang (BAUMGARTNER 2013)) hat sich bewährt. Durch Ansprechen oder Unterbrechen der Untersuchung und Herumführen konnte bei unruhigen Tieren oft eine erneute Kooperation erreicht werden. Bei sehr unruhigen Tieren könnte die Untersuchung auch in einem Zwangsstand durchgeführt werden.

Die Möglichkeit, eine ultrasonographische Untersuchung durchzuführen, ohne das Vlies im Bereich der untersuchten Region zu scheren, findet auch in der Literatur bereits Erwähnung

(ANDERSON et al. 2013). Diese Option ist vor allem bei NWK, die zur Produktion von Wolle gehalten werden, von Bedeutung. Das Vlies der Tiere besitzt, in Abhängigkeit von der jeweiligen Körperregion, einen züchterischen Wert und ein großflächiges Scheren, wie bei der sonographischen Untersuchung auch bei anderen Tierarten üblich, würde daher zu einem großen wirtschaftlichen Verlust führen. Das feinste und damit wertvollste Vlies der Alpakas befindet sich im Bereich des Rückens und an Teilen des Bauches, dem sogenannten „Blanket“ (GERGELY 2016). Dabei handelt es sich genau um den Bereich, der für eine Ultrasonographie der Leber geschoren werden müsste, sodass eine Methode ohne Scheren insbesondere für Routineuntersuchungen einen Vorteil darstellt. Das Scheiteln des Vlieses ist notwendig, um das Kontaktmedium direkt auf die Haut aufzubringen. Abhängig von der Länge des Vlieses können die Haare Störungen in der Ankopplung verursachen, sowohl sehr langes als auch frisch geschorenes Haarkleid erschwerte die Untersuchung. Die Verwendung eines Kammes hat sich bewährt, dadurch konnte der Zeitrahmen für die Untersuchung deutlich verkürzt werden. Um eine gute Ankopplung und somit ein Sonogramm optimaler Bildqualität zu erhalten, wird die Verwendung von Alkohol als alleiniges Kontaktmedium als ausreichend angesehen. Jedoch muss erwähnt werden, dass stets eine große Menge Kontaktmedium (*Ethanolum dilutum* 70 %) benötigt wurde.

Für die Ultraschalluntersuchung wurde ein portables Gerät mit einem Konvexschallkopf mit einer Frequenz von 4,5 MHz und einer Tiefe von 21,3 cm verwendet. Beim kleinen Wiederkäuer und Kalb werden höhere Schallkopffrequenzen empfohlen, bei Ziegen ist für die sonographische Untersuchung der Leber die Verwendung eines Schallkopfes mit dem Frequenzbereich von 5,0-7,5 MHz beschrieben (BRAUN et al. 2013) und für Kälber eine Frequenz von 5,0 MHz (BRAUN und KRÜGER 2013). Für die Tiefe gibt es für NWK keine empfohlenen Angaben, die angewendete Tiefe von 21,3 cm wurde ausgewählt, da mit dieser Einstellung und der gewählten Frequenz (4,5 MHz) die qualitativ besten Bilder erzielt werden konnten. Der verwendete Konvexschallkopf wurde aufgrund persönlicher Vorliebe und Verfügbarkeit ausgewählt. Miesner hingegen empfiehlt für die Ultrasonographie des Abdomens beim NWK einen Linear-/oder Sektorschallkopf (ANDERSON et al. 2013), während Braun et al. (2013) bei Ziegen eine Linear- oder Konvexschallkopf verwendete und beim Rind die Verwendung aller drei Sonden beschreibt (BRAUN 1997). Daher lässt sich

vermuten, dass die Wahl des Transducers primär aufgrund der vorhandenen Möglichkeiten hinsichtlich Praxisausstattung erfolgt. Die IKR werden bei NWK nach kranial immer schmaler, sodass die Ultraschalluntersuchung generell erschwert wird, da die Auflagefläche der Schallköpfe in der Regel im Verhältnis sehr groß ist.

5.2. Sonographische Bestimmung der Leberausdehnung

Die geringe Gesamtzahl von 27 untersuchten Tieren lässt nur begrenzt eine allgemein gültige Aussage zu. Insbesondere die Werte der fünf Lamas ergeben nur grobe Richtwerte und keine definitiven Angaben. Ebenso muss man die Beeinflussung der Atembewegung auf den Erhalt der Messergebnisse berücksichtigen. Sowohl beim Lama als auch beim Alpaka lagen die größten sichtbaren vertikalen Ausdehnungen der Leber im 9.-11. IKR. Für eine Routineuntersuchung wäre dieser Bereich daher gut geeignet. Nach kranial hin nahm die darstellbare vertikale Länge der Leber deutlich ab, im 6. und 7. IKR war sie nur noch im ventralen Bereich der Brustwand zu finden. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Leber die letzte Rippe nach kaudal überragt, erschien in dieser Arbeit gering. Nur bei drei Alpakas (11,1 %) konnte die Leber kaudal der 12. Rippe dargestellt werden. Castro et al. beschrieben ebenso eine mögliche Ausdehnung der Leber bei Lamas über die letzte Rippe hinaus (CASTRO et al. 2009). Die Autoren machten aber keine Angabe dazu, wie groß der Anteil der betroffenen Tiere war. In dieser Arbeit konnte bei keinem Lama Leberparenchym kaudal der letzten Rippe aufgefunden werden. Kranial der 6. Rippe war, bei senkrechtem Ansatz des Schallkopfs, bei keinem der Tiere Leberparenchym sonographisch darstellbar. Dabei stellt sich die Frage, inwiefern die absolute anatomische Ausdehnung der Leber ultrasonographisch abgebildet werden kann. Überlagerungen durch andere Organe (v.a. Lunge) könnten den diagnostisch sichtbaren Bereich einschränken. Die von Castro et al. beschriebene Beziehung der Leber bei Lamas zu den letzten sechs Rippen (CASTRO et al. 2009) konnte auch ultrasonographisch festgestellt werden, wobei die Autoren zur Lage und Ausdehnung der Leber keine exakten Angaben machten.

5.3. Vergleich der sonographischen Leberuntersuchung von Neuweltkamelen und anderen Haussäugetieren

Die anatomische Lage der Leber beim Neuweltkamel ähnelt der der Wiederkäuer, wobei die anatomischen Unterschiede (CASTRO et al. 2009) auch zu anderen sonographisch bestimmbaren Ausdehnungen des Organs führen. Für NWK existiert bis dato keine detaillierte Beschreibung der anatomischen Lage und Sichtbarkeit der Leber mittels Ultrasonographie. Einzig Miesner empfiehlt, die Ultraschalluntersuchung der Leber bei NWK im 10. IKR zu beginnen, diesen von dorsal nach ventral zu untersuchen und dieses Vorgehen auch im 9. und 11. IKR zu wiederholen (ANDERSON et al. 2013). Die Durchführung des detaillierten Leberultraschalls bei NWK erfolgte daher in Anlehnung an Arbeiten bei Ziegen, Kälbern und Rindern (BRAUN 1997, BRAUN 2009, BRAUN et al. 2013, BRAUN und KRÜGER 2013).

Benötigte Tiefe und Frequenz für die Ultrasonographie der Leber sind abhängig von der Körpergröße der Tierarten (LUDEWIG und KNEISSL 2016), wobei die Ultraschalluntersuchung der Leber bei Großtieren die Verwendung niedrigerer Schallkopffrequenzen erforderlich macht (Rind: 2,5-3,5 MHz (BRAUN 1997), Pferd: 2,0-3,5 MHz (SLOVIS 2014)). Je kleiner das Tier ist, desto höher kann die Schallkopffrequenz gewählt werden (Kalb: 5,0 MHz (BRAUN und KRÜGER 2013), Ziege: 5,0-7,5 MHz (BRAUN et al. 2013), Hund: 5,0 MHz und Katze: 7,5 MHz (DENNIS et al. 2010)).

Alle erwähnten Tierarten werden für die Untersuchung geschoren und als Kontaktmedium wird Ultraschallgel verwendet. Diese Vorbereitung ist auch für NWK möglich, aufgrund bereits angeführter Gründe wurde im Rahmen dieser Studie vom Scheren des Vlieses im Bereich der zu untersuchenden Region Abstand genommen.

5.3.1. Kleiner Wiederkäuer (Ziege)

Beim Neuweltkamel dehnte sich die Leber, dargestellt mittels Sonographie, nie bis über den 6. IKR nach kranial aus und selbst im 6. IKR konnte sie nur bei wenigen Tieren dargestellt werden. Im 9.-11. IKR war sie hingegen bei allen untersuchten Tieren sichtbar. Im Vergleich

dazu kann die Leber bei Ziegen sonographisch bis in den 5. IKR nach kranial verfolgt werden. Bei manchen Tieren ist sie kaudal bis in den 12. IKR sichtbar. Im 7.-9. IKR kann die Leber immer dargestellt werden (BRAUN et al. 2013). Im Vergleich zu Ziegen erscheint die Ausdehnung der Leber von NWK, so wie sie sich sonographisch darstellt, geringer.

Der Verlauf der dorsalen und ventralen Linie der Leber hingegen zeigt auch bei Ziegen von kaudodorsal nach kranioventral, mit der größten Distanz zur Rückenlinie im 5. IKR und der kleinsten Distanz zur Rückenlinie im 12. IKR (BRAUN et al. 2013). Dieser Verlauf entspricht dem der NWK, wobei die erhobenen absoluten Zahlen etwas größer waren als bei Ziegen. Die Vermutung liegt nahe, dass sich dies mit der unterschiedlichen Körpergröße beider Tierarten erklären lässt. Die größte sichtbare Leberausdehnung bei Ziegen entspricht 15,9 cm im 7. und 8. IKR (BRAUN et al. 2013). Bei Alpakas war die größte durchschnittliche sichtbare vertikale Länge der Leber mit 14,8 cm (10. IKR) geringgradig kleiner als die der Ziegen, bei Lamas betrug der Wert 16,5 cm (10. IKR). Trotz des Unterschiedes in Körpergröße und Gewicht zwischen Lamas und den Saanenziegen (BRAUN et al. 2013) ist der im Rahmen dieser Studie erhobene Messwert nicht nennenswert größer. Gründe hierfür könnten in der Methode der Ultrasonographie bedingt liegen, möglicherweise ist die Leber der Ziegen durch anatomische Gegebenheiten (Lage, Enge der IKR bei Lamas) besser darstellbar. Bei den Ziegen nimmt die sichtbare Leberlänge in den Interkostalräumen (Mvr-Mdr), ausgehend vom 7. und 8. IKR, nach kranial und kaudal hin ab (BRAUN et al. 2013), wohingegen die größte Leberausdehnung bei den NWK im 10. IKR lag und sich nach kranial kontinuierlich verringerte.

5.3.2. Rind

Bei Kälbern ist die Leber auf der rechten Seite zwischen dem 5. und 12. IKR und zusätzlich kaudal der letzten Rippe sonographisch immer darstellbar. Der sichtbare dorsale Rand des Organs verläuft, vergleichbar mit Ziegen (BRAUN et al. 2013) und NWK, von kaudodorsal nach kranioventral, mit dem größten Abstand zur Rückenmitte im 5. IKR und dem kleinsten im 11. IKR (BRAUN und KRÜGER 2013). Ein Unterschied zum NWK besteht darin, dass bei Kälbern die größte sichtbare Ausdehnung der Leber zwischen dem 8.-11. IKR liegt und sich nach kranial und kaudal verkleinert (BRAUN und KRÜGER 2013), während beim NWK die

Leber im 10. IKR die maximale Ausdehnung zeigte, kaudal davon nur eine geringgradig kleinere Ausdehnung hatte und nur nach kranial in ihrer darstellbaren Größe abnahm. In dieser Arbeit wurden adulte NWK mit einem Alter über einem Jahr untersucht, sodass beim Vergleich mit Kälbern beachtet werden muss, dass diese sich im Wachstum befinden und sich die Leberausdehnung noch verändern kann (BRAUN und KRÜGER 2013).

Die sonographische Darstellung der Leber beim Rind gelingt vom 5.-12. IKR. Sie zeigt den gleichen Verlauf der dorsalen und ventralen Kontur (BRAUN 1997), der auch bei kleinen Wiederkäuern (BRAUN et al. 2013) und NWK sichtbar ist. Die Ausdehnung der Leber beim Rind ist im 10. und 12. IKR am größten und wird nach kranial hin immer kleiner (BRAUN 1997). Diese Form entspricht dem Bild, das sich auch bei NWK darstellen ließ, die absoluten Werte sind beim Rind natürlich deutlich größer als beim Lama und Alpaka.

Anhand Lage der Leber und dem Verlauf der Leberausdehnung zeigten sich große Gemeinsamkeiten zwischen NWK und Rindern (BRAUN 1997), hinsichtlich der sonographisch bestimmten Größe ähnelt sie der Leber der kleinen Wiederkäuer (BRAUN et al. 2013) und war teilweise sogar kleiner.

5.3.3. Pferd und Kleintier

Beim Pferd lässt sich die Leber am rechten kraniodorsalen und kranioventralen Abdomen am besten sonographisch untersuchen, da der rechte Leberlappen weiter nach kaudal zieht als der linke. Bei einigen Tieren lässt sich aber auch auf der linken, kranioventralen Seite des Bauches Lebergewebe darstellen (WILLIAMS et al. 2014). Die Leber erstreckt sich rechts vom 7.-11. IKR, zieht über die Mittellinie und ist links kranioventral zwischen dem 6. und 9. IKR sichtbar (SLOVIS 2014).

Die Methodik der Leberultraschalluntersuchung bei Kleintieren (Hund und Katze) unterscheidet sich hingegen stark von den Neuweltkamelen. Die Tiere werden in Rückenlage positioniert und der Ansatz der Sonde erfolgt kaudal des *Proc. xyphoideus* am ventralen Abdomen, nach kraniodorsal geneigt. Ein Zugang von lateral wird nur bei einer schlechten Darstellbarkeit der

Leber empfohlen und in der rechten Flanke lassen sich die Lebergefäße beurteilen (DENNIS et al. 2010). Durch die unterschiedliche Untersuchungsmethode (Rückenlage) und anatomischen Lage der Leber bei Kleintier (DENNIS et al. 2010) und Pferd (SLOVIS 2014, WILLIAMS et al. 2014) wird auf einen Vergleich der Leberlage und -ausdehnung der NWK mit diesen Tierarten verzichtet.

5.4. Zusammenhang mit Alter und Gewicht

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Leberausdehnung und dem Alter der Tiere bestand im 9.-11. IKR. Dadurch lässt eine Veränderung der Lebergröße im Verlauf des Lebens der Tiere nicht ausschließen, aufgrund der geringen Tierzahlen kann aber nur eine Vermutung aufgestellt werden. Anschließende Arbeiten mit größeren Tierzahlen und Fokus auf verschiedene Altersgruppen wären nötig, um diesen Zusammenhang zu überprüfen. Zwischen Körpergewicht und Leberausdehnung konnte nur im 10. IKR ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden, das Gewicht des Tieres beeinflusst die Lebergröße augenscheinlich nicht. Eine mögliche Erklärung besteht darin, dass das Gewicht nur begrenzt Rückschluss auf die Größe des Tieres zulässt, weiters sollte dazu der BCS und die Widerristhöhe der Tiere betrachtet werden. Im Gegensatz dazu lässt sich bei Milchkühen ein Zusammenhang zwischen Gewicht und Leberausdehnung bzw. Leberbreite feststellen, wohingegen das Alter keinen Einfluss auf diese Parameter hat (BRAUN 1997).

5.5. Schlussfolgerung

Diese Arbeit liefert erstmalig Angaben zur ultrasonographisch darstellbaren Lage und Ausdehnung der Leber bei NWK. Die sonographisch erhobenen Messwerte sollen zukünftig die Erkennung von krankhaften Veränderungen der Leber, vor allem in Hinblick auf ihre Dimension, erleichtern. Ebenso sichert eine genaue Kenntnis der Leberausdehnung eine gewissenhafte und vollständige Untersuchung des Organs. Die Ultraschalluntersuchung der Leber lässt sich bei NWK mit der hier beschriebenen Methode gut durchführen und liefert

qualitativ hochwertige, gut interpretierbare Bilder. In Kombination mit der allgemeinen klinischen Untersuchung und weiterführender Diagnostik stellt die Ultrasonographie ein nicht invasives, praxistaugliches Hilfsmittel zur Beurteilung der Lebergesundheit dar.

6. Zusammenfassung

Die ultrasonographische Untersuchung der Leber wird für die diagnostische Aufarbeitung verschiedenster Erkrankungen benötigt. Diese Arbeit beschreibt die ultrasonographische Untersuchung der Leber bei 27 adulten Lamas und Alpakas. Die Ultraschalluntersuchung erfolgte am stehenden Tier, ein Konvexschallkopf mit einer Frequenz von 4,5 MHz wurde verwendet, um auf der rechten Seite des Abdomens die Leber in den Interkostalräumen 6 bis 11 darzustellen. Dabei wurden die Tiere nicht geschoren, das Vlies wurde nur mit Hilfe eines Kamms gescheitelt und Ethanol als Kontaktmedium verwendet. Bei allen Tieren erstreckte sich die Leber vom 9.-11. Interkostalraum und nur bei drei Alpakas war sie auch kaudal der letzten (12.) Rippe ultrasonographisch darstellbar. Im 7.-8. Interkostalraum war sie nur bei einem Tier nicht sichtbar, im 6. Interkostalraum konnte sie hingegen nur noch bei einigen Tieren dargestellt werden. Die dorsale und ventrale Kontur der Leber verlief sowohl bei Lamas als auch bei Alpakas von kranioventral nach kaudodorsal. Im 11. Interkostalraum war die Distanz der dorsalen Messpunkte und ventralen Messpunkte zur Rückenmitte (*Processus spinosus*) am geringsten, nach kranial nahm sie kontinuierlich zu und im 6. Interkostalraum war sie schließlich am größten. Im 6. und 7. Interkostalraum war Leberparenchym nur im ventralen Bereich der Brustwand sichtbar. Die maximale sichtbare Länge befand sich im 10. Interkostalraum und nach kranial nahm die sichtbare Leberausdehnung im jeweiligen Interkostalraum ab.

7. Summary

The ultrasonographic examination of the liver is required for the diagnostic processing of various diseases. This work describes the ultrasonographic examination of the liver in 27 adult llamas and alpacas. The ultrasound examination was performed on the standing animal, a convex transducer with a frequency of 4.5 MHz was used to represent the liver in the intercostal spaces 6 to 11 on the right side of the abdomen. The animals were not sheared, the fleece was only parted with the help of a comb and ethanol was used as a contact medium. The liver was visible in all animals between the 9th and 11th intercostal space and only in three alpacas it was also ultrasonographically representable caudal of the last (12th) rib. In the 7th and 8th intercostal space it was not visible in one animal and in the 6th intercostal space it could only be depicted in some animals. The dorsal and ventral contour of the liver ran from cranioventral to caudodorsal in both llamas and alpacas. In the 11th intercostal space, the distance of the dorsal and ventral measuring points to the middle of the back (*Processus spinosus*) was the smallest. It increased cranially continuously and in the 6th intercostal space, it was the largest distance. In the 6th and 7th intercostal space liver parenchyma was visible only in the ventral area of the abdomen. The maximum visible length was in the 10th intercostal space and towards the cranial part of the thorax, the visible liver expansion in the respective intercostal space decreased.

8. Abkürzungsverzeichnis

NWK	Neuweltkamele
C-1	erstes Kompartiment
C-2	zweites Kompartiment
C-3	drittes Kompartiment
F.	Facies
M.	Margo
A.	Angulus
L.	Lobus
NEFA	freie, nicht veresterte Fettsäuren
BHB	Beta-Hydroxybutyrat
GGT	Gamma -Glutamyltransferase
AST	Aspartat-Aminotransferase
IKR	Interkostalraum
MHz	Megahertz
Mdr	dorsaler Messpunkt
Mvr	ventraler Messpunkt
Min	Minimumwert
Max	Maximumwert

9. Literaturverzeichnis

- Anderson DE, Jones ML, Miesner MD, Hrsg. 2013. Veterinary Techniques for Llamas and Alpacas. Erste Aufl. Iowa, West Sussex, Oxford: John Wiley & Sons Inc.
- Ballweber LR. 2009. Ecto- and Endoparasites of New World Camelids. Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice, 25:295-310.
- Bauer K, Wittek T. 2019. Die Integration von domestizierten Neuweltkamelen (NWK) in den TGD. Kleintierpraxis, 27:23-27.
- Bauer C, Petzold J, Hirzmann J, Wagner H, Henrich M, Völker I. 2019. Hochpathogener Neuweltkameliden-Nematode: *Lamanema chavezii* erstmals in Europa nachgewiesen [Kongressbeitrag]. Tierärztliche Praxis G, 47. Zugriff: 27.07.2021.
- Bauerstatter S, Lambacher B, Stanitznig A, Franz S, Wittek T. 2018. Neuweltkamele in Österreich - Untersuchungen zur Population, Haltung, Herdenmanagement und Gesundheitsprophylaxe. Wiener Tierärztliche Monatsschrift, 105:191-199.
- Baumgartner W, Hrsg. 2013. Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere. Achte Aufl. Stuttgart: Enke Verlag.
- Bildfell RJ, Löhr CV, Tornquist SJ. 2012. Diagnostic Sampling and Gross Pathology of New World Camelids. Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice, 28:577-591.
- Braun U, Hrsg. 1997. Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- Braun U. 2009. Ultrasonography of the Liver in Cattle. Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice, 25:591-609.
- Braun U, Previtali M, Gautschi A, Forster E, Steininger M, Irmer M, Reichle S, Sydler T, Wiederkehr D, Ruetten M, Hoelzle L. 2009. Sonographic findings in an alpaca with *Mycobacterium kansaii* infection. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 151(6):287-290.
- Braun U, Krüger S. 2013. Ultrasonography of the spleen, liver, gallbladder, caudal vena cava and portal vein in healthy calves from birth to 104 days of age. Acta Veterinaria Scandinavica 55(1):68.
- Braun U, Jacquat D, Steininger K. 2013. Ultrasonographic examination of the abdomen of the goat. II. Liver, spleen, urinary tract and greater omentum. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 155(3):185-195.

- Castro ANC, Ghezzi MD, Domínguez MT, Lupidio MC, Gómez SA, Alzola RH. 2009. Conformation and Anatomical Relations of the Liver of Llama (*Lama glama*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 38:108-111.
- Cebra CK, Garry FB, Powers BE, Johnson LW. 1995. Lymphosarcoma in 10 New World Camelids. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 9(6):381-385.
- Cebra CK. 2009. Disorders of Carbohydrate or Lipid Metabolism in Camelids. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 25:339-352.
- Cebra C., Anderson DE, Tibary A, van Saun RJ, Johnson LW. 2014. *Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition and Herd Health*. Erste Aufl. St. Louis: Elsevier Inc.
- Conboy GA, O'Brien TD, Stevens DL. 1988. A Natural Infection of *Fascioloides magna* in a Llama (*Lama glama*). *The Journal of Parasitology*, 74(2):345-346.
- Dennis R, Kirberger RM, Barr F, Wrigley RH. 2010. *Handbook of Small Animal Radiology and Ultrasound: Techniques and Differential Diagnoses*. Zweite Aufl. Edinburgh [u.a.]: Churchill Livingstone Elsevier Limited, 229-248.
- Foster A, Duff P, Boufana B, Acaster E, Schock A. 2013. Adult polycystic liver disease in alpacas. *Veterinary Record*, 172(25):666-667.
- Fowler ME. 1998. *Medicine and Surgery of South American Camelids*. Zweite Aufl. Iowa: Iowa State University Press.
- Gauly M, Vaughan J, Cebra C, Hrsg. 2019. *Neuweltkameliden Haltung, Zucht, Erkrankungen*. Vierte Aufl. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag KG.
- Gergely A. 2016. Aufbau und Beurteilung der Alpakafaser – eine Übersicht. *Klauentierpraxis*, 24:27-31.
- Gergely A. 2016. Neuweltkamele – ein neues Aufgabengebiet für Tierärzte/innen [Interview]. *Klauentierpraxis*, 24:175-177.
- Gomez-Puerta LA, Yucra D, Lopez-Urbina MT, Gonzalez AE. 2017. The alpaca (*Vicugna pacos*) as a natural intermediate host of *Taenia omissa* (Cestoda: Taeniidae). *Veterinary Parasitology*, 246:93-95.
- Hayes CJ, O'Brien PJ, Wolfe A, Hoey S, Chandler C, Rhodes V, Carty CI, Piras IM, Ryan EG. 2021. Acute fasciolosis in an alpaca: a case report. *BMC Veterinary Research*, 17:215-226.

- Klein D, Prosl H, Thaller D, Floeck M. 2012. Diagnosis of a *Dicrocoelium dendriticum* infection in New World Camelids: a case report. *Veterinari Medicina*, 57(3):154-162.
- Kuchling S. 2020. Die österreichischen Tiergesundheitsdienste in Zahlen: Jahrerhebung 2020. AGES: 4-6.
- Lambacher B, Wittek T, Joachim A, Dadak A, Stanitznig A, Hinney B, Tichy A, Duscher G, Franz S. 2015. From the New World to the Old World: endoparasites of South American Camelids in Austria. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 103:33-42.
- Ludewig E, Kneissl S. 2016. Das kleine 1x1 der Bildgebenden Diagnostik für Kleintiere [Skript]. Wien: Veterinärmedizinische Universität.
- Martin JM, Valentine BA, Cebra CK, Bildfell RJ, Löhr CV, Fischer KA. 2009. Malignant Round Cell Neoplasia in Llamas and Alpacas. *Veterinary Pathology*, 46:288-298.
- McKenna PB, Morley C, Koning M, Tahana JS, Taylor MJ. 2009. Conformation of the occurrence of the nematode parasite *Lamanema chavez* Becklund, 1963 in South American camelids in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 57(6):395-396.
- Pichler V. 2010. Endoparasitenstatus von Neuweltkameliden in Niederösterreich und der Steiermark [Dissertation]. Wien: Veterinärmedizinische Universität.
- Riedl K. 2013. Zur Haltung von Neuweltkameliden in Österreich [Diplomarbeit]. Wien: Veterinärmedizinische Universität.
- Sartin EA, Crowe DR, Whitley EM, Treat RE, Rurdy JSR, Belknap EB. 2004. Malignant neoplasia in four alpacas. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 16:226-229.
- Saulez MN, Cebra CK, Valentine BA. 2004. Necrotizing hepatitis associated with enteric salmonellosis in an alpaca. *The Canadian Veterinary Journal*, 45:321-323.
- Schmäschke R. 2015. Endo- und Ektoparasiten bei Neuweltkameliden und ihre Bekämpfung. *Tierärztliche Praxis Großtiere*, 43(3):169-179.
- Slovis N. 2014. Ultrasonography of the Liver, Spleen, Kidney, Bladder, and Peritoneal Cavity. In: Kidd JA, Lu KG, Frazer ML, Hrsg. *Atlas of Equine Ultrasonography*. Erste Aufl. Oxford, West Sussex, Iowa: John Wiley & Sons, Ltd, 409-425.
- Sprake P, Gold JR. 2012. *Corynebacterium pseudotuberculosis* liver abscess in a mature alpaca (*Lama pacos*). *Canadian Veterinary Journal*, 53:387-390.
- Statistik Austria Hrsg. 2008. Statistik der Landwirtschaft. Wien: Verlag Österreich GmbH.

- Stieger-Vanegas SM, Cebra CK. 2013. Contrast-enhanced computed tomography of the gastrointestinal tract in clinically normal alpacas and llamas. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242(2):254-260.
- Twomey DF, Barlow AM, Hemsley S. 2008. Immunophenotyping of lymphosarcoma in South American camelids on Six British premises. *The Veterinary Journal*, 175:133-135.
- Valentine BA, Martin JM. 2007. Prevalence of neoplasia in llamas and alpacas. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 19:202-204.
- Watanabe TTN, Caigneau FRC, Adaska JM, Doncel-Díaz B, Uzal FA. 2019. Polycystic liver in two adult llamas. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(2):280-283.
- Watt BC, Cooley J, Darlen BJ. 2001. Congenital hepatoblastoma in a neonatal alpaca cria. *Canadian Veterinary Journal*, 42:872-874.
- Wheeler JC. 1994. Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54:271-295.
- Williams S, Cooper JD, Freeman SL. 2014. Evaluation of normal findings using a detailed and focused technique for transcutaneous abdominal ultrasonography in the horse. *BMC Veterinary Research*, 10(1):5-12.
- Zanolari P, Robert N, Lyashchenko KP, Pfyffer GE, Greenwald R, Esfandiari J, Meylan M. 2009. Tuberculosis Caused by *Mycobacterium microti* in South American Camelids. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 23:1266-1272.
- Zanolari P, Meylan M. 2005. Problematik des Leberegelbefalls bei Neuweltkameliden. *Lamas: Fachzeitschrift für Haltung und Zucht von Lamas & Alpakas*, 1-2.

10. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über die Darstellbarkeit der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas.	21
Tab. 2: Übersicht über die Darstellbarkeit der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei fünf Lamas.	22
Tab. 3: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der sonographisch bestimmten dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber bei 22 Alpakas im 6.-11. Interkostalraum.	25
Tab. 4: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der sonographisch bestimmten dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber bei fünf Lamas im 6.-11. Interkostalraum.	31
Tab. 5: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der ultrasonographisch darstellbaren vertikalen Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas.	33
Tab. 6: Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert und Standardabweichung der ultrasonographisch darstellbaren vertikalen Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum bei fünf Lamas.	34
Tab 7: Signifikanz der Werte „Alter“ und „Gewicht“ im Verhältnis zur sichtbaren vertikalen Größe der Leber.	35

11. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verwendetes Instrumentarium	17
Abb. 2: Praktischer Ablauf der sonographischen Untersuchung	18
Abb. 3: Modifizierte Skizze nach Stieger-Vanegas und Cebra 2013	19
Abb. 4: Darstellbarkeit der Leber bei Alpakas	21
Abb. 5: Darstellbarkeit der Leber bei Lamas	23
Abb. 6: Skizze zur sonographisch bestimmten Leberposition der Leber bei einem Alpaka.	24
Abb. 7: Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber im 6.-11. Interkostalraum bei 22 Alpakas.	26
Abb. 8: Übersicht über den sonographisch bestimmten Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte im 7.-11. Interkostalraum bei einem Alpaka.	27
Abb. 9: Ultraschallbild des Leberparenchyms auf Höhe des dorsalen Messpunktes im 11. Interkostalraum bei einem Alpaka.	30
Abb. 10: Verlauf der dorsalen und ventralen Messpunkte der Leber im 6. - 11. Interkostalraum bei fünf Lamas.	32
Abb. 11: Ultrasonographisch bestimmte vertikale Leberausdehnung im 6.-11. Interkostalraum vergleichend bei 22 Alpakas und fünf Lamas.	34

12. Danksagung

Ich möchte mich herzlichst bei Frau Ao. Univ. Prof. Dr. Franz und Frau Mag. Eibl für die wunderbare Betreuung während der Entstehung dieser Arbeit bedanken.

Besonderen Dank auch an Herrn Dr. rer. nat. Tichy für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung sowie an meine Kollegin Fr. Hinke und meine Freundin für ihre Geduld und Unterstützung bei der Erhebung der Daten.