

Aus dem Department für Kleintiere und Pferde  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Klinische Abteilung für Bildgebende Diagnostik  
(Leiter: Univ.-Prof. Dr.med.vet. Dipl.ECVDI Eberhard Ludewig)

Kontrastultraschalluntersuchungen des Auges und der Adnexe bei Hunden- und Katzen

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von  
Janneke Ortner

Wien, im September 2020

Betreuerin: Ass.-Prof.<sup>in</sup> Dr. med.vet. Katharina Hittmair  
Klinische Abteilung für Bildgebende Diagnostik  
Department für Kleintiere und Pferde  
Veterinärmedizinische Universität Wien

Betreuer: Dr. med.vet. Klaas-Ole Blohm Resident ECVO  
Klinische Abteilung für Kleintierchirurgie und Augenheilkunde  
Department für Kleintiere und Pferde  
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachterin: Ao.Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dipl. ECVO Dr. med.vet. Barbara Nell  
Klinische Abteilung für Kleintierchirurgie und Augenheilkunde  
Department für Kleintiere und Pferde  
Veterinärmedizinische Universität Wien

## **Abkürzungsverzeichnis**

Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AD	Arbeitsdiagnose
Amox/Clav.	Amoxicillin/Clavulansäure
AS	Augensalbe
ASA	American Society of Anesthesiologists
AT	Augentropfen
CEUS	Contrast enhanced ultrasound, Kontrastmittelverstärkter Ultraschall
CT	Computertomographie
D	Diagnose
DD	Differentialdiagnose
EKH	Europäisch Kurzhaar
ERG	Elektroretinogramm
FCoV	Felines Coronavirus
FHV	Felines Herpesvirus
FROMS	Felines restriktives myofibroblastisches Sarkom
Gl.	Glandula
H	Hund
hAk	Hintere Augenkammer
HTA	Haustierarzt
K	Katze
KCS	Keratoconjunctivitis sicca
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KM	Kontrastmittel
m	Männlich
MI	Mechanischer Index
mk	Männlich kastriert
MRT	Magnetresonanztomographie
MHz	Megahertz

n	Anzahl
N.	Nervus
Nn.	Nervi
OD	Oculus dexter, rechtes Auge
OK	Oberkiefer
OP	Operation
OS	Oculus sinister, linkes Auge
OU	Oculus utriusque, beide Augen
Rr.	Rami
Rx	Röntgen
SAE	Stimulierten akustischen Emission
SCCED	Spontaner chronischer cornealer Epitheldefekt
Sek.	Sekunden
TIS	Tierspitalinformationssystem
u.a.	Unter anderem
UK	Unterkiefer
v.a.	Vor allem
vAk	Vordere Augenkammer
VD	Verdachtsdiagnose, Verdacht
Vv.	Venae
w	Weiblich
WI	Wash-in
wk	Weiblich kastriert
WO	Wash-out

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung und Fragestellung .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Literaturübersicht .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Anatomie des Auges .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. Die arterielle Blutversorgung des Bulbus.....	8
2.1.2. Die venöse Blutversorgung des Bulbus.....	10
<b>2.2. Ultraschall des Auges .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Vorbereitung und Untersuchungstechnik .....	10
2.2.2. Ultrasonographische Anatomie des Auges.....	12
<b>2.3. Kontrastmittelverstärkter Ultraschall (CEUS) .....</b>	<b>13</b>
2.3.1. SonoVue® .....	14
2.3.2. Stand in der Veterinärmedizin.....	14
2.3.3. CEUS in der Veterinärophthalmologie.....	14
<b>3. Material und Methode.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Patientengut .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Datenerhebung.....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Patientendaten.....	16
3.2.2. CEUS.....	17
<b>3.3. Statistik.....</b>	<b>18</b>
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1. Patientengut und Patientendaten .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2. CEUS .....</b>	<b>19</b>
4.2.1. Gesunde Auge und Adnexe .....	19
4.2.2. Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1).....	20
4.2.3. Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retinakomplexes (R2) .....	24
4.2.4. Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4).....	26

4.2.5. Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokularen Raum betreffend (R2+R3+R4)	28
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>30</b>
5.1. Gesunde Auge und Adnexe.....	31
5.2. Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1).....	32
5.3. Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retinakomplexes (R2).....	35
5.4. Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4).....	37
5.5. Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokularen Raum betreffend (R2+R3+R4) .....	37
5.6. Konklusio.....	38
<b>6. Zusammenfassung .....</b>	<b>40</b>
<b>7. Summary .....</b>	<b>41</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>42</b>
<b>9. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>47</b>
<b>10. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>49</b>
<b>11. Anhang.....</b>	<b>50</b>
<b>12. Danksagung.....</b>	<b>70</b>

## 1. Einleitung und Fragestellung

In den meisten Fällen ist die Grundlage einer erfolgreichen Therapie eine korrekt gestellte Diagnose, was in der Ophthalmologie aufgrund mehrerer Faktoren oft schwierig sein kann. Zum einen ist eine zielgerichtete Diagnostik aufgrund der anatomischen Gegebenheiten des Auges begrenzt und zum anderen können etwaige Trübungen der optischen Medien, sei es entzündlicher, degenerativer oder anderer Natur, die Untersuchung erschweren (Hager et al. 1987, van der Woerd et al. 1993, Gonzalez et al. 2001). Für die weiterführende Diagnostik wird am häufigsten der B-Mode Ultraschall eingesetzt, welcher sich als nicht-invasive, kostengünstige Methode eignet, um einzelne Strukturen im Auge darzustellen und vorhandene Pathologien näher zu beurteilen (Miller und Cartee 1985, Williams et al. 1995, Gelatt-Nicholson et al. 1999, Penninck et al. 2001). Die Aussagekraft variiert jedoch von Krankheit zu Krankheit (Gallhoefer et al. 2013). Der High-Resolution-Ultraschall und die Ultraschallbiomikroskopie liefern zwar gute Informationen über die vorderen Augenabschnitte, sind jedoch für die Darstellung von periokulärem Gewebe weniger gut geeignet (Penninck et al. 2001, MacKay und Mattoon 2015). Farb- und Power Doppler Verfahren führen durch die Bewegung des Auges zu Artefakten und machen so eine Interpretation oft schwierig (Labruyere et al. 2011). Zudem gestaltet sich die Darstellung des Blutflusses kleinerer Gefäße als herausfordernd und das Stellen einer Fehldiagnose ist, wie auch beim B-Mode Ultraschall, nicht ganz auszuschließen (Dennis 2000, Labruyere et al. 2011, Gallhoefer et al. 2013, Hong et al. 2019). Eine Unterscheidung zwischen neoplastisch bedingten Veränderungen und Veränderungen anderer Genese ist mittels Computertomographie (CT) und Ultraschall nur limitiert möglich. So kann beispielsweise eine Knochenlyse sowohl durch ein malignes neoplastisches Geschehen als auch durch chronische Prozesse oder aber durch eine länger anhaltende Kompression gutartiger Raumforderungen entstehen (Dennis 2000). Die Magnetresonanztomographie (MRT) kann ebenfalls eingesetzt werden, um orbitale Pathologien darzustellen. Jedoch ist sowohl für diese als auch für die CT Untersuchung eine Narkose des Tieres notwendig (Dennis 2000, Penninck et al. 2001). Der Einsatz von kontrastmittelverstärktem Ultraschall (contrast-enhanced ultrasound - CEUS) als diagnostisches Mittel scheint in der Ophthalmosonographie an Stellenwert zuzunehmen. Als nicht-invasive Methode hat sich CEUS bewährt, um Netzhautablösungen von vitrealen Membranen zu differenzieren (Labruyere et al. 2011). Im

Gegensatz zu den Doppler Verfahren können mittels CEUS auch kleinere Gefäße dargestellt werden (Calliada et al. 1998, Labruyere et al. 2011, O'Brien und Seiler 2015, Hong et al. 2019). Die Darstellung von Perfusion in bestimmten Arealen kann im Falle einer Exenteration hilfreich sein (Blohm et al. 2019). In der Humanmedizin ist CEUS ein hilfreiches diagnostisches Tool für die Tumorcharakterisierung und deren therapeutischen Management. Spricht die/der PatientIn auf die Chemotherapie an, kann im CEUS eine allmähliche Verringerung der tumorösen Blutversorgung beobachtet werden (Sconfienza et al. 2010). Einige wenige Studien berichten über die Anwendung von CEUS bei neoplastisch veränderten Augen von Hunden und Katzen (Andreani et al. 2016, Quarta et al. 2016). Trotz des Mangels an veterinärmedizinischen Studien über die Anwendung von CEUS bei pathologisch veränderten Augen sehen viele Autoren CEUS als vielversprechende ophthalmosonographische Untersuchungsmethode, welcher in Zukunft mehr Aufmerksamkeit in der Forschung geschenkt werden sollte (Labruyere et al. 2011, Andreani et al. 2016, Quarta et al. 2016, Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019).

Ziel dieser retrospektiven Arbeit war es, das kontrastmittelverstärkte sonographische Erscheinungsbild orbitaler und okulärer Pathologien bei Hunden und Katzen zu beschreiben und herauszufinden ob anhand eines bestimmten Anreicherungsmusters auf eine Ursache rückgeschlossen werden kann. Des Weiteren wurde geprüft ob mittels CEUS qualitative Unterschiede zwischen gesunden und krankhaft veränderten Augen existieren.

Als Hypothese galt, dass CEUS die Aussagekraft der konventionellen Sonographie verbessert und dass CEUS bei verschiedenen Erkrankungen zu unterschiedlichen Kontrastmustern führt und daher als Hilfe bei der Diagnose von Augenläsionen dienen kann.



## 2. Literaturübersicht

### 2.1. Anatomie des Auges

Die Kenntnis über die Anatomie des Auges ist für eine gründliche Ultraschalluntersuchung von großer Relevanz, da es dem Untersucher möglich sein sollte, aus mehreren Bildern ein dreidimensionales Konstrukt zu schaffen. In Abbildung (Abb.) 1 sind die wichtigsten anatomischen Strukturen des Auges dargestellt.

Das Auge wird vom Augapfel (*Bulbus oculi*), dem Sehnerv (*N. opticus*) und seinen Nebenanorganen (*Organa oculi accessoria*) gebildet und befindet sich in der fast zur Gänze knöchernen Orbita. Der Augapfel selbst setzt sich aus drei Schichten zusammen: Einer äußeren derben Bindegewebshülle (Sklera, Kornea), einer gefäßreichen mittleren Augenschicht (Choroidea, Ziliarkörper, Iris) und einer inneren neuronalen Augenhaut (Retina). Im Inneren des Auges befinden sich die lichtbrechenden Medien. Dazu zählen zum einen die vordere und hintere Augenkammer (vAk, hAk), welche durch die Iris getrennt werden und zum anderen der Glaskörper, welcher kranial von der Linse und kaudal von der Netzhaut begrenzt wird (Simoens und Gille 2008). Die Linse ist über Zonularfasern mit dem Ziliarkörper verbunden und wird dadurch in Position gehalten (König und Liebich 2005). Zu den *Organa oculi accessoria* zählen nicht nur die äußeren Augenmuskeln (*Mm. recti dorsalis, -ventralis, -medialis und -lateralis, M. retractor bulbi, Mm. obliqui dorsalis und ventralis*), die Augenlider und die Bindehaut, sondern auch die orbitalen Faszien, der Tränenapparat und das periorbitale Fettgewebe (Simoens und Gille 2008, Murphy et al. 2012).

#### 2.1.1. Die arterielle Blutversorgung des Bulbus

Die Hauptversorgung des Auges und seiner Adnexe erfolgt über verschiedene Gefäße, welche bei der Katze aus dem *Rete mirabile arteriae maxillaris* und beim Hund aus der *A. ophthalmica externa* entspringen (Simoens und Gille 2008). Letztere ist ein Ast der *A. maxillaris*, welche aus der *A. carotis externa* stammt (Murphy et al. 2012). Innerhalb der Orbita entlässt die *A. ophthalmica externa* folgende Gefäße:

- a) mehrere *Rami musculares* für die Augenmuskeln,
- b) die *A. lacrimalis* für die Tränendrüse,
- c) die *A. ethmoidalis externa*, welche in Richtung Nasenhöhle zieht,

d) die *A. supraorbitalis*, welche nur die Katze besitzt und rostradorsal die Orbita verlässt, e) und einen *Ramus anastomoticus*, mit der schwächer ausgebildeten *A. ophthalmica interna* (Abb. 2) (Simoens und Gille 2008).

Die Anastomose der *A. ophthalmica externa* mit der *A. ophthalmica interna* stellt den Ursprung für die Gefäße der mittleren Augenhaut dar (Salomon et al. 2008, Evans und de Lahunta 2012). Die *Aa. ciliares posteriores longae* verlaufen entlang der Sklera und treten im hinteren Augensegment in diese ein. Im Anfangsabschnitt ihres Verlaufes entlassen diese zusätzlich mehrere *Aa. ciliares posteriores breves*, welche wiederum postäquatorial die Sklera penetrieren (Simoens und Gille 2008). Die Ziliararterien bilden gemeinsam mit den *Aa. ciliares anteriores* den *Circulus arteriosus iridis major* und kommen an der Irisbasis zu liegen (König und Liebich 2005, Simoens und Gille 2008).

Die Retina wird von mehreren zilioretinalen Gefäßen versorgt (Simoens und Gille 2008). Diese entspringen aus den hinteren Abschnitten der *Aa. ciliares posteriores longae* und dem *Ramus anastomoticus cum a. ophthalmica interna* (Simoens und Gille 2008). Innerhalb der Durascheide des *N. opticus* verlaufen die zilioretinalen Gefäße zum Sehnervenkopf, wo sie ophthalmoskopisch betrachtet werden können (Simoens und Gille 2008, Murphy et al. 2012). Die Gefäßversorgung der äußeren Augenhaut erfolgt u. a. über die *Aa. episclerales*, welche aus den *Rr. musculares* und den Ziliararterien entspringen. Der Sklera außen anliegend verlaufen diese bis zum Korneoskleralfalz und geben dort für die sonst gefäßlose Kornea feine Randschlingen ab (Simoens und Gille 2008). Für die Bindehaut sind die *Aa. conjunctivales* aus der *A. ophthalmica externa* und deren Seitenäste verantwortlich (Simoens und Gille 2008).

Einen weiteren Ast aus der *A. maxillaris* stellt die *A. malaris* dar, welche für die medialen Anteile der Augenlider und deren Bindehaut, das dritte Augenlid, den *Ductus lacrimalis* sowie Teile des *M. obliquus ventralis* zuständig ist (Simoens und Gille 2008, Murphy et al. 2012). Die lateralen Anteile der Augenlider mitsamt der Bindehaut werden von der *A. temporalis superficialis*, welche ebenfalls ein Ast der *A. carotis externa* ist, versorgt (Murphy et al. 2012).

### **2.1.2. Die venöse Blutversorgung des Bulbus**

Mit Ausnahme der *Vv. vorticosae* folgen die okulären Venen prinzipiell dem Verlauf der Arterien (König und Liebich 2005). Grundsätzlich kann man die *Vv. vorticosae* als Sammelvenen der mittleren Augenhaut bezeichnen, da sie das Blut aus der Aderhaut, dem Ziliarkörper und der Iris gesammelt in das Augengeflecht, bestehend aus den *Vv. ophthalmicae externae dorsalis* und *ventralis* und der *V. ophthalmica interna*, führen (Simoens und Gille 2008). Ebenfalls erwähnenswert ist der *Plexus venosus sclerae*, welcher sich im Korneoskleralwulst befindet und dem Kammerwasser aus iridokornealen Sammelgefäßen und intraskleralen Gefäßen zugeführt wird (Simoens und Gille 2008).

## **2.2. Ultraschall des Auges**

Die Zuhilfenahme des Ultraschalls für die Darstellung der Augenstrukturen hat sich in der Veterinärmedizin vor allem dann als hilfreich erwiesen, wenn durch Trübungen der optischen Medien die konventionelle adspektorische Augenuntersuchung keine weiteren Einblicke erlaubt. Beispiele hierfür sind Hornhautödeme, entzündliche oder andere Ergüsse in die vordere Augenkammer (z. B. Hypopyon, Hyphaema) oder eine Katarakt (Hager et al. 1987, van der Woerd et al. 1993, Gonzalez et al. 2001). Eine weitere Indikation stellt die Untersuchung des Retrobulbärtraums auf Fremdkörper und Tumore dar. Ebenfalls können Biopsien ultraschallgestützt entnommen werden (Miller und Cartee 1985, Williams et al. 1995, Gelatt-Nicholson et al. 1999).

### **2.2.1. Vorbereitung und Untersuchungstechnik**

Die ophthalmosonographische Untersuchung erfolgt unter Zuhilfenahme eines Lokalanästhetikums (0,5 % Procain Augentropfen (AT)) am wachen Patient (Williams et al. 1995, Pizzirani et al. 2015). Hierfür wird der Kopf des Tieres von einer Hilfsperson fixiert und die Augenlider, abhängig von der Untersuchungsmethode, offen oder geschlossen gehalten (Hager et al. 1987, Dziezyc und Hager 1988).

Je nach Verfügbarkeit des Equipments und der zu untersuchenden Region des Auges werden Schallköpfe mit einer Frequenz von 7,5 bis 15 MHz empfohlen (Penninck et al. 2001, MacKay und Mattoon 2015, Pizzirani et al. 2015). Dafür geeignet sind Linear-, Sektor- und Konvexschallköpfe (Pizzirani et al. 2015). Für eine genauere Betrachtung der vorderen

Abschnitte des Auges (Kornea, vAk, Ziliarkörper, Iris, Linsenvorderfläche) kann man High-Resolution-Ultraschall (HRUS; 20 MHz) oder Ultraschallbiomikroskopie (50-100 MHz) anwenden (MacKay und Mattoon 2015). Als Kopplungsmedium dient steriles, wasserlösliches Ultraschallgel. Dieses kann am Ende der Untersuchung wieder ausgespült werden.

Die beste Beurteilung des Augapfels wird mit höherfrequenten Schallköpfen erreicht. Diese können direkt auf der Hornhaut (transkorneal) oder auf dem geschlossenen Lid (transpalpebral) platziert werden (Hager et al. 1987, Pizzirani et al. 2015). Mit der transkornealen Methode wird jedoch eine bessere Auflösung erzielt (Hager et al. 1987, Penninck et al. 2001). Eine weitere Möglichkeit das Auge zu untersuchen bietet der Zugang über den Limbus (Pizzirani et al. 2015). Bei dieser Variante wird die Linse im Schall umgangen, was zu einer höheren Auflösung des Fundus und der Orbita führt (Gonzalez et al. 2001).

Initial wird in einer axial-vertikalen Ebene gestartet. Um sicherzustellen, dass alle Bereiche des Auges ultrasonographisch dargestellt werden, wird der Schallkopf von lateral nach medial geführt. Anschließend wird die Sonde um 90 Grad gedreht, um die axial-horizontale Ebene darzustellen. Die Hand wird nach dorsal und ventral bewegt (Gonzalez et al. 2001). Befindet sich die Sonde limbal oder perilimbal, kann das Auge in transversaler oder paraxial-meridionaler (= radialer) Richtung beurteilt werden (Pizzirani et al. 2015). Für eine bessere Orientierung während der Untersuchung wird die Markierung des Schallkopfes bei horizontalen Schnitten nach nasal und bei vertikalen Schnitten nach dorsal gerichtet.

Niederfrequente Sonden sind insbesondere zur Darstellung der Orbita geeignet. Zusätzlich zur transkornealen und transpalpebralen Apposition des Schallkopfes bietet sich auch der Zugang über die *Fossa temporalis*, speziell bei mesocephalen und dolichocephalen Tieren, sowie jene Region unterhalb des Jochbogens an. Ventrolateral des Jochbogens befindet sich zudem die *Gl. zygomatica* (Pizzirani et al. 2015).

### 2.2.2. Ultrasonographische Anatomie des Auges

Mittels konventionellen Ultraschalls können folgende Bereiche des Auges und seiner Adnexe, inklusive der *Gl. zygomatica* sowie der Orbita, dargestellt werden (Pizzirani et al. 2015):

- 1) Kornea: Zwei parallel verlaufende, echoreiche Linien, welche durch das anechogene Stroma getrennt werden (MacKay und Mattoon 2015, Pizzirani et al. 2015). Für die Visualisierung kann eine Vorlaufstrecke appliziert werden (Eisenberg 1985, Hager et al. 1987).
- 2) Vordere Augenkammer: Stellt sich als echofreier Raum dar (Pizzirani et al. 2015).
- 3) Iris: Steht mit der Linsenvorderfläche in Kontakt und formt mit ihrem freien Rand die anechogene Pupille (MacKay und Mattoon 2015, Pizzirani et al. 2015).
- 4) Ziliarkörper: Befindet sich in der Peripherie der Iris und weist eine dreieckige Form auf.
- 5) Hintere Augenkammer: Beinhaltet anechogenes Kammerwasser.
- 6) Linse: Durch Spiegelreflexionen kann diese in senkrechter Schallrichtung anhand ihrer krummlinigen, echoreichen Grenzflächen im Bereich der Vorder- und Hinterfläche identifiziert werden. Ansonsten ist die Linse anechogen. Im Alter kann diese jedoch an Echogenität zunehmen.
- 7) Glaskörper: Aufgrund seiner Zusammensetzung (98 % Wasser, Mucopolysaccharide und Hyaluronsäure) bleibt dieser echofrei (Pizzirani et al. 2015).
- 8) Hintere Wand des Augapfels (Sklera, Choroidea, Retina): Dünne, hyperechogene, konkave Linie (Pizzirani et al. 2015). Ultrasonographisch ist es nicht möglich, die drei Schichten voneinander zu trennen (Eisenberg 1985, MacKay und Mattoon 2015, Pizzirani et al. 2015).
- 9) Retrobulbärer Raum (Extraokuläre Muskeln, orbitales Fett, Sehnerv): Das Erscheinungsbild gleicht einem „W“, welches zentral vom hypoechogenen Sehnerv und peripher von den von echogenem Fett umgebenen Augenmuskeln gebildet wird. Wird in der vertikalen Schallrichtung von der optischen Achse abgewichen, ist die typische V-förmige Verlaufsrichtung der Augenmuskeln zu erkennen (MacKay und Mattoon 2015).
- 10) Knöcherne Anteile der Orbita: Hyperechogene Strukturen mit distaler Schallauslöschung.
- 11) *Gl. zygomatica*: Ist in der Tiefe des Jochbogens als gut darstellbares echogenes Gewebe zu sehen (Pizzirani et al. 2015).

### 2.3. Kontrastmittelverstärkter Ultraschall (CEUS)

Bei der kontrastmittelverstärkten Ultraschalluntersuchung wird Kontrastmittel (KM) intravenös oder direkt in Körperhöhlen verabreicht, um dort eine Verstärkung der Ultraschallsignale zu bewerkstelligen. Diese KM bestehen aus Gas- oder Luftmikrobläschen, die von einer Hülle unterschiedlicher Zusammensetzung umschlossen werden und einen Durchmesser von ca. 2-6  $\mu\text{m}$  besitzen (Ohlerth und O'Brien 2007, O'Brien und Seiler 2015).

Da die meisten KM nicht durch das Endothel diffundieren, folgen sie primär dem Verlauf der Gefäße. Im Gegensatz zur Farb- und Power Doppler Sonographie kann mittels CEUS selbst in kleinsten Gefäßen, welche ein kleines Lumen und eine langsame Blutflussgeschwindigkeit aufweisen, der Blutfluss beurteilt werden (Calliada et al. 1998, Labruyere et al. 2011, O'Brien und Seiler 2015, Hong et al. 2019). Die Gefäßanreicherung nach Kontrastmittelgabe ist in der Regel für einige Minuten zu sehen (Quaia 2005a). Ausgeschieden werden die Bestandteile der Bläschen über Lunge und Leber (O'Brien und Seiler 2015).

Das Wirkungsprinzip von CEUS beruht darauf, dass Bläschen unter Ultraschalleinfluss zu oszillieren beginnen. Des Weiteren ist die Wechselwirkung zwischen einfallendem Ultraschallstrahl und Mikrobläschen vom Schalldruck ( $MI = \text{Mechanischer Index}$ ) abhängig (Quaia 2005b). Bei geringem  $MI$  ( $MI < 0,1$ ) kommt es zu einer linearen Streuung des Ultraschalls. Steigt der Schalldruck ( $MI$  0,1-0,5), entstehen zusätzlich nicht-lineare harmonische Oszillationen mit hohen Amplituden und es kommt zu einer Resonanz (Correas et al. 2001, Quaia 2005b). Dieses Prinzip macht sich u.a. auch das Verfahren des *Second Harmonic Imaging* zunutze: Die nicht-linearen harmonischen Signale der Mikrobläschen unterscheiden sich von den harmonischen Signalen des umliegenden Gewebes, was wiederum zu einem verbesserten Kontrast zwischen Gewebe und Blutgefäßen führt und so das KM sichtbar wird (Calliada et al. 1998). Übersteigt der  $MI$  0,5, führt dies zu einer Zerstörung der Mikrobläschen und einer stimulierten akustischen Emission (SAE), welche ebenfalls für die Bildgebung der Bläschen von Nutzen sein kann (Correas et al. 2001, Quaia 2007).

Diese oben beschriebenen Wechselwirkungen (Resonanz, SAE) können mit Hilfe von besonderen Verfahren die Kontrastmittelanreicherung sichtbar machen und ermöglichen so eine qualitative (subjektive Kontrastmittelverteilung in den Gefäßen) und quantitative (mittels Zeitintensitätskurven) Beurteilung (Ohlerth und O'Brien 2007, Quaia 2007).

### **2.3.1. SonoVue®**

Ultraschallkontrastmittel können in vier Generationen eingeteilt werden (Bauer und Solbiati 2003). Bei SonoVue® (Bracco SPA, Mailand, Italien) handelt es sich um ein KM zweiter Generation. Es besteht aus mit Schwefelhexafluorid gefüllten Mikrobläschen und gilt sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin als gut verträgliche und sichere Substanz (Calliada et al. 1998, Correas et al. 2001, Ohlerth und O'Brien 2007, Sconfienza et al. 2010, O'Brien und Seiler 2015).

### **2.3.2. Stand in der Veterinärmedizin**

In der Veterinärmedizin hat sich CEUS zur Diagnostik von Krankheiten der Leber, Milz, Niere, Pankreas, Lymphknoten und oberflächlichen Tumoren bereits als hilfreich erwiesen. Besonders zur Charakterisierung von Umfangsvermehrungen in der Leber, zur Evaluierung von zur Biopsie geeigneten avaskulären Arealen sowie für die Identifikation von Infarkten oder anderen ischämischen Zuständen in Organen hat sich CEUS bewährt (Ohlerth und O'Brien 2007). In der Studie von Rick et al. (2019) wurde des Weiteren auf die Anwendbarkeit von CEUS bei intrathorakalen Raumforderungen eingegangen. Die Autoren stellten fest, dass nützliche Erkenntnisse bezüglich der Charakteristika mediastinaler und pulmonaler Umfangsvermehrungen durch dieses Verfahren erhoben werden konnten.

### **2.3.3. CEUS in der Veterinärophthalmologie**

Über die Anwendung in der Ophthalmologie existieren hierzu nur wenige Studien. Miszalo et al. (1986) berichten über eine vielversprechende Anwendung von SH U 454 (Echovist®; Schering, Berlin, Deutschland) in der Kontrastmittelverstärkten Ultrasonographie des Auges bei Hunden. Des Weiteren erwies sich CEUS in Kombination mit einem KM zweiter Generation (SonoVue®, Bracco SPA, Mailand, Italien) für die Diagnose von Netzhautablösungen (durchblutet) und vitrealen Membranen (nicht durchblutet) als hilfreich. CEUS ist die Methode der Wahl, wenn es darum geht, persistierende retinale Vaskularisationen nachzuweisen (Labruiere et al. 2011).

Andreani et al. (2016) verglichen CEUS hinsichtlich der Auffindbarkeit von Vaskularisation in intraokulären Umfangsvermehrungen mit der farbkodierten Doppler-Sonographie. Mittels CEUS konnte in 13 von 13 Fällen eine Durchblutung festgestellt werden, während lediglich

elf Fälle mit dem Farbdoppler identifiziert wurden. Ebenfalls erachten die Autoren CEUS als vielversprechende diagnostische Methode, um intraokuläre neoplastische Massen von anderen Pathologien zu unterscheiden (Andreani et al. 2016).

Quarta et al. (2016) evaluierten die Perfusion in gesunden und neoplastisch veränderten Uveae von Katzen. Eine Kontrastmittelanreicherung war sowohl in gesunden als auch kranken Augen sichtbar. Subjektiv wurde eine vermehrte Vaskularisation in Augen mit Neoplasieverdacht beobachtet. Dies konnte jedoch statistisch nicht belegt werden (Quarta et al. 2016).

Sowohl Andreani et al. (2016) als auch Quarta et al. (2016) verwendeten SonoVue® für ihre Studien.

Hong et al. (2019) waren die ersten, welche die Durchblutung in gesunden anästhesierten Hundeaugen mit Hilfe eines Perfluorbutan-haltigen Kontrastmittels (Sonazoid®; General Electric) beschrieben. Die Studie stellt sowohl ein Protokoll für die CEUS Untersuchung als auch quantitative Referenzwerte für die Bereiche des Ziliarkörpers, der Iris, der Retina, der Choroidea und des retrobulbären Raumes zu Verfügung. Außerdem erachten die Autoren CEUS als möglicherweise hilfreiche, nicht invasive sowie sensitive Methode zur Evaluierung von Vaskularisation in okulären Pathologien (Hong et al. 2019).

Blohm et al. (2019) führten eine Kontrastmittelstudie an zehn klinisch gesunden und wachen Beagle durch. Sowohl das rechte als auch das linke Auge wurden unter Verwendung eines KM zweiter Generation (SonoVue®; Bracco SPA, Mailand, Italien) untersucht. Die Ergebnisse zeigten gleichwertige Perfusionsparameter für intra- und extraokuläre Strukturen und zusätzlich, dass das kontralaterale Auge als verlässliche in vivo Referenz dienen kann. Zudem wurde festgestellt, dass die Beurteilung der Gefäßanreicherung innerhalb von 60 Sekunden nach Verabreichung des KM erfolgen sollte. Die Autoren schlossen daraus, dass CEUS ein diagnostisches Potential besitzt, um okuläre Läsionen zu differenzieren.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass CEUS eine vielversprechende Untersuchungsmethode in der Ophthalmosonographie darstellt, es jedoch in diesem Bereich weiterer Forschung bedarf.



### **3. Material und Methode**

#### **3.1. Patientengut**

Für diese retrospektive Studie wurden im Tierspitalinformationssystem (TIS) der Veterinärmedizinischen Universität Wien von Jänner 2016 bis Juli 2017 alle Fälle von kontrastmittelverstärkten Augenultraschalluntersuchungen bei Hunden und Katzen ausgewertet, welche orbitale und/oder okuläre Pathologien aufwiesen. Einschlusskriterien waren eine vollständige ophthalmologische Untersuchung, eine konventionelle, sowie eine kontrastmittelverstärkte Ultraschalluntersuchung.

#### **3.2. Datenerhebung**

##### **3.2.1. Patientendaten**

Zur Krankengeschichte jedes Patienten wurde eine Tabelle angefertigt (Tab. 1 + Tab. 2). Diese beinhaltet sowohl die Nationale (Name, Tiernummer, Rasse, Geschlecht, Alter) als auch das Datum und die Untersuchungsergebnisse bei Erstvorstellung der Patienten auf der Station für Augenheilkunde der Veterinärmedizinischen Universität Wien. Des Weiteren beinhaltet die Tabelle Datum und Befunde der Ultraschalluntersuchung, Interventionen nach Diagnosestellung und, wenn vorhanden, zusätzliche radiologische Befunde (Röntgen, CT, MRT), sowie Ergebnisse von bakteriologischen, pathologischen und zytologischen Untersuchungen. Die Dokumentation zusätzlicher Informationen zu Nachkontrollen (Follow-ups), dem Krankheitsverlauf oder dem gleichzeitigen Vorhandensein anderer Krankheiten wurden vermerkt. In jenen Fällen, in denen keine endgültige Diagnose vorlag, wurde diese unter Berücksichtigung all dieser Kriterien, insbesondere aber anhand der Ergebnisse von diagnostisch-chirurgischen Eingriffen und das Ansprechen auf die Therapie, definiert. Falls der Patient mehrere Veränderungen in einem Auge hatte, wurde nur auf jene Pathologie eingegangen, welche auch im CEUS sichtbar war.

### 3.2.2. CEUS

#### 3.2.2.1. Durchführung

Allen CEUS Untersuchungen ging eine konventionelle Ultraschalluntersuchung voraus. Durchgeführt wurden diese immer von derselben Spezialistin (Ass.-Prof.<sup>in</sup> Dr. med.vet. Katharina Hittmair) auf der Klinischen Abteilung für Bildgebende Diagnostik der Veterinärmedizinischen Universität Wien. Die Untersuchungen erfolgten entweder mit Hilfe eines 12-5 MHz Linearschallkopfes oder eines xMATRIX-Sektorschallkopfes mit PureWave Kristalltechnologie in einem Frequenzbereich von 6-1 MHz (IU22 Ultraschallgerät, Philips, Bothell, WA). Je nach Kooperation des Tieres wurde die Untersuchung unter Lokalanästhesie (Novain® AT, Agepha, Wien, Österreich) am wachen oder am sedierten Tier durchgeführt. Stand eine Operation bevor, befanden sich die Patienten bereits in Allgemeinanästhesie. Das Tier wurde entweder in linker oder rechter Seitenlage positioniert mit dem zu untersuchenden Auge oben und der Kopf stets manuell unterstützt. Es wurde in transkorneal-horizontaler Ebene geschallt. Ein konventionelles Ultraschallgel diente hierbei als Kopplungsmedium. Als KM diente Schwefelhexafluorid (SonoVue®, Bracco, Milan, Italien), welches intravenös, gefolgt von 5 ml einer 0,9 %igen Natriumchloridspüllösung (B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland), über die *V. cephalica* (mit Ausnahme eines Patienten (H7) über die *V. saphena lateralis*) verabreicht wurde. Dabei erhielten 17 Patienten (fünf Katzen, zwölf Hunde) eine Dosis von 0,03 ml/kg, zehn (zwei Katzen, acht Hunde) eine Dosis von 0,5 ml und neun Hunde eine Dosis von 1 ml (O'Brien et al. 2004, Ohlerth et al. 2005). Bei Letzteren war das Gewicht (<20 kg: 0,5 ml, >20 kg: 1 ml) ausschlaggebend für die Wahl der Dosierung (O'Brien et al. 2004). Zwischen dem rechten und linken Auge wurde eine Pause von fünf Minuten eingehalten.

Der MI betrug bei allen zwischen 0,05 und 0,10. Alle Untersuchungen wurden mit Video über eine Zeit von 2 Minuten festgehalten.

### 3.2.2.2. Beurteilung der Aufnahmen

Basierend auf der Anatomie des Auges wurden die einzelnen Läsionen, inklusive deren Ursache, einer Region zugeteilt (R1: Retro- und peribulbärer Raum, R 2: Retina, Choroidea, R 3: Mediale anteriore Uvea, R 4: Laterale anteriore Uvea; Abb. 3). Diese Regionen wurden qualitativ hinsichtlich deren Kontrastintensität (KI: 0: kein Kontrastmittel sichtbar, 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität) und Homogenität (HO: 1: heterogen, 2: homogen) analysiert (Anhang 3). Zusätzlich wurde semiquantitativ die Zeit in Sekunden festgehalten bis eine An- (WI) und Abflutung (WO) des KM im Organ zu sehen war.

Die Beschreibung der einzelnen Pathologien beruhte auf die Bestimmung der KI und HO. Bei ultrasonographisch festgestellten solitären Läsionen wurde zusätzlich auf deren Sichtbarkeit nach Kontrastmittelapplikation und das Verteilungsmuster (zentrifugal, zentripetal), sowie die Anreicherungs- und Verweilzeit des KM in Bezug auf das umgebende Gewebe geachtet.

Die Begutachtung und Auswertung der Aufnahmen wurden von einer Radiologin (Ass.-Prof.in Dr. med.vet. Katharina Hittmair), einem Ophthalmologen (Dr. med.vet. Klaas-Ole Blohm Resident ECVO) und einer Studentin (Janneke Ortner) vorgenommen.

### 3.3. Statistik

Der Mittelwert aller gesunden Augen wurde für jede Region errechnet und diente als Referenz bei der Gegenüberstellung von krank zu gesund. Jener Vergleich wurde aufgrund der Fallzahl nur für R1 vorgenommen und erfolgte für die qualitativen Beurteilungskriterien (KI, HO) mittels Chi<sup>2</sup>-Test und für die semiquantitativen Beurteilungskriterien (WI, WO) mittels t-Test. Bei beiden Testverfahren galt ein Wert  $p < 0,05$  als signifikant.

In Bezug auf die WI und WO wurde bei einem beidseitigen Geschehen eine Abweichung von  $\pm 10$  Sekunden als Unterschied angesehen.

Um mittels Anreicherungsmuster Rückschluss auf eine Ursache zu bekommen, wurden die einzelnen Ursachen-Gruppen regionenweise wiederum durch den Mittelwert dargestellt. Die Prüfung auf Signifikanz erfolgte analog der Gegenüberstellung von krank zu gesund und wiederum nur für die Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1).

Alle Auswertungen erfolgten mit Hilfe eines statistischen Programmes IBM SPSS Statistics v24 (IBM Corporation, Armonk, NY) durch einen Fachspezialisten.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Patientengut und Patientendaten

Den Einschlusskriterien entsprachen 36 Tiere ( $n = 69$  Augen), davon 29 Hunde ( $n = 55$  Augen) und sieben Katzen ( $n = 14$  Augen). Siebzehn Hunde waren männlich (neun kastriert, acht intakt) und zwölf weiblich (sieben kastriert, fünf intakt). In der Gruppe der Katzen waren zwei männlich-kastrierte und fünf weibliche (vier kastriert, eine intakt) Tiere. Die Hunde waren zwischen 1 Jahr und 15 Jahre alt (Durchschnittsalter 8 Jahre), die Katzen 1 Jahr bis 16 Jahre alt (Durchschnittsalter 9 Jahre). Das mittlere Gewicht der Hunde lag bei 16,38 kg (2 kg-33 kg). Das Gewicht der Katzen war bei fünf Tieren bekannt und betrug im Mittel 4 kg (3 kg-4,80 kg). Zu den Hunderassen zählten fünf Mischlinge, drei Dackel, drei Labrador Retriever, zwei Chihuahuas, zwei Deutsche Schäferhunde (DSH), zwei Französische Bulldoggen und jeweils einer der folgenden Rassen: Border Collie, Cavalier King Charles Spaniel (CKCS), Cocker Spaniel, Dalmatiner, Golden Retriever, Katalanischer Hütehund, Malteser, Papillon, Pit Bull Terrier, Shih Tzu, Whippet und Yorkshire Terrier. Repräsentativ für die Katzenpopulation waren sechs Europäisch Kurzhaarkatzen (EKH) und eine Birmakatze (Tab. 1+ Tab. 2).

### 4.2. CEUS

Ein Großteil der Untersuchungen erfolgte am wachen Tier ( $n = 30$  Tiere). Eine Sedierung war bei vier Patienten notwendig. Zwei Tiere befanden sich in Allgemeinanästhesie. Bei acht Tieren kam es zur Anwendung des xMATRIX-Sektorschallkopfes mit PureWave Kristalltechnologie (6-1 MHz). Der 12-5 MHz Linearschallkopf wurde bei 28 Tieren eingesetzt.

#### 4.2.1. Gesunde Auge und Adnexe

Eine Anreicherung der einzelnen Regionen war von kaudal nach kranial zu beobachten.

Bei 17 Hunden ( $n = 12$  Augen) und sechs Katzen ( $n = 5$  Augen), die eine Veränderung in R1 aufwiesen, zeigte R1 in den zwölf respektive fünf gesunden Partneraugen im Mittel eine moderate KI und ein heterogenes Verteilungsmuster. Der *N. opticus* wurde dabei von KM ausgespart. Durchschnittlich kam es nach 11 Sekunden zu einem WI und nach 62 Sekunden zu einem WO.

Die unveränderte R2 bei Tieren mit veränderter R2 hingegen konnte bei neun Hunden (n = 6 Augen) und einer Katze (n = 1 Auge) beurteilt werden und zeigte sich im Mittel von einer moderaten KI mit einem sich homogen anreichernden Muster. Eine Trennung zwischen Retina und Choroidea konnte mittels CEUS nicht erfolgen. Ein WI im Organ war durchschnittlich nach 12 Sekunden und ein WO nach durchschnittlich 64 Sekunden zu beobachten.

Die unveränderte anteriore Uvea (R3+R4) mit Veränderungen in R3+R4 war bei fünf Hunden (n = 4 Augen) und einer Katze (n = 1 Auge) beurteilbar und reichte sich gleichermaßen mit milder KI an. Eine Beurteilung der Homogenität konnte aufgrund der geringen Größe nicht vorgenommen werden. Ein durchschnittliches WI im Organ war nach 14 Sekunden zu sehen, ein WO erfolgte nach 47 Sekunden (Tab. 3 - Tab. 10).

#### **4.2.2. Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1)**

Siebzehn Hunde (n = 19 Augen) und sechs Katzen (n = 7 Augen) wiesen eine Veränderung in R1 auf (Tab. 3).

Zu der Kategorie „Entzündung“ zählten zwölf Hunde (n = 14 Augen) und drei Katzen (n = 4 Augen). Diese beinhaltete bei den Hunden vier Abszesse (n = 4 Augen), je zwei Fälle mit einer Steatitis (n = 3 Augen), einer Myositis (n = 3 Augen) und einer Steatitis in Kombination mit einer Myositis (n = 2 Augen), ein Fall mit einer Myositis vs. Steatitis (n = 1 Auge) und ein Fall mit einer lymphohistiozytären Nickhautentzündung (n = 1 Auge). In der Katzenpopulation waren ein Abszess (n = 1 Auge), eine Myositis (n = 2 Augen) und eine Myositis in Kombination mit einer Steatitis (n = 1 Auge) präsent. Das Vorhandensein eines Abszesses wurde in allen Fällen durch einen diagnostisch-chirurgischen Eingriff bestätigt. Während eine Myositis und/oder Steatitis bei 7/9 Tieren (n = 9/12 Augen) durch das Ansprechen auf eine Therapie bestätigt wurde, erfolgte im Falle der lymphohistiozytären Nickhautentzündung eine pathohistologische Sicherung der Diagnose.

Zu der Kategorie der „Neoplasie“ als Ursache für eine Veränderung in R1 zählten fünf Hunde (n = 5 Augen) mit drei Neoplasien unbekannten Ursprunges (n = 3 Augen), einem Karzinom (n = 1 Auge) und einem kaninen orbitalen Meningiom (n = 1 Auge), ebenso wie drei Katzen (n = 3 Augen) mit je einer Neoplasie unbekannten Ursprunges (n = 1 Auge), einem feline

restriktiven myofibroblastischen Sarkom (n = 1 Auge) und einem malignen Lymphom (n = 1 Auge). Die endgültige Diagnose erfolgte bei 5/8 Tieren (n = 5/8 Augen) durch die Pathologie.

Die Gegenüberstellung zwischen rechten und linken Auge ist in Tab. 3 ersichtlich. Kranke und gesunde Augen zeigten statistisch keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

Entzündlich bedingte Geschehen wiesen im Mittel ein WI von 12 Sekunden und ein WO von 62 Sekunden auf, wobei R1, ident dem Referenzwert, durch eine überwiegend heterogene Kontrastmittelanreicherung mit einer durchschnittlich moderaten KI charakterisiert war. Neoplastisch veränderte Augen zeigten, im Vergleich zu den entzündlich bedingten Augen, eine minimal schnellere Anreicherung und ein längeres Verweilen des KM, welche statistisch nicht signifikant waren ( $p > 0,05$ ). Die neoplastische Region war tendenziell durch eine starke KI und ein homogenes Muster charakterisiert. (Tab. 4)

Die fünf Abszesse (n = 5 Augen) waren im konventionellen Ultraschall als überwiegend echoarme (n = 1 Auge) bis echofreie (n = 2 Augen), rundliche Zonen definiert, welche sich teilweise septiert (n = 1 Auge) darstellten. Deren Inhalt reichte von anechogen (n = 2 Augen) bis hin zu vereinzelt echoreichen Partikeln (n = 1 Auge) (Abb. 4). In zwei Fällen (n = 2 Augen) konnte ein chirurgisch bestätigter Abszess nicht mittels konventioneller Sonographie entdeckt werden. In diesen Fällen zeigte sich die retrobulbäre Region inhomogen echoreich. Nach Kontrastmittelapplikation war eine langsame Anreicherung mit einer ebenso langsamen Abflutung (n = 4 Augen) sichtbar. Die Läsion erschien als nicht vaskularisierte Höhle, bei der nur das umliegende Gewebe anreicherte (n = 1 Auge). Bei einer Anreicherung sowohl der Abszesskapsel als auch des Abszessinhaltes, zeigte sich tendenziell im Inneren des Abszesses eine geringere Kontrastintensität (n = 2 Augen) als in der Kapsel. Jene zwei Fälle, bei welchen im konventionellen Ultraschall kein Abszess auffindbar war, wiesen auch im CEUS keine abszessspezifischen Anreicherungsmuster auf. Der retrobulbäre Raum zeigte sich von moderater (n = 1 Auge) bis starker (n = 1 Auge) KI und einem heterogenen Muster (n = 2 Augen).

Eine Myositis charakterisierte sich im konventionellen Ultraschall durch eine echoarme Verbreiterung der retrobulbär befindlichen Muskulatur (n = 8 Augen) und einer inhomogenen

(n = 4 Augen) Textur des angrenzenden Gewebes, welche entweder alleine (n = 5 Augen) oder in Kombination mit einer Steatitis (n = 5 Augen) vorlag. Steatitiden wiesen in der Basissonographie eine echoreiche inhomogene (n = 5 Augen) Textur des retrobulbären Fettgewebes auf, welche mit einem retrobulbären Ödem (n = 2 Augen) vergesellschaftet waren. Im CEUS war, nach einer unterschiedlich schnellen Anflutung und einem verschieden langen Verweilen des KM im Organ, eine überwiegend heterogene (n = 12 Augen) Verteilung der Mikrobubbles von unterschiedlicher KI, sowohl in der verbreiterten Muskulatur als auch im Fettgewebe, sichtbar. Bei der Steatitis zeigte sich vor allem eine starke Anreicherung des Fettkörpers (n = 1 Auge) und eine geringgradige Aussparung der Augenmuskeln (n = 1 Auge). Gleiche Anreicherungsmuster waren, abgesehen von H9, bei einer beidseits identen Läsion zu sehen (Tab. 3).

Die lymphohistiozytäre Nickhautentzündung war in der Basissonographie als solide, homogene Umfangsvermehrung peribulbär zu sehen, welche das angrenzende Gewebe komprimierte und nach temporo-frontal verlagerte. Mittels CEUS war ein zentripetales Verteilungsmuster mit einer anschließend homogenen Ausfüllung des Defektes und einer zum Zentrum hin schwächer werdenden Kontrastintensität nachweisbar (Abb. 5).

Bezogen auf die Neoplasien unbekannten Ursprungs (n = 4 Augen) konnte in 3 Fällen mittels konventioneller Sonographie eine rundlich-ovale, echoreiche (n = 3 Augen), solide Umfangsvermehrung, geprägt von verschiedener Homogenität (homogen: n = 2; heterogen: n = 1) und Größe, wahrgenommen werden, welche mehr (n = 2 Augen) oder weniger (n = 1 Augen) in einer Komprimierung des umliegenden Gewebes resultierte. In einem Auge war keine solide Raumforderung sichtbar und der Retrobulbärraum erschien inhomogen echoreich. Eine MRT zeigte eine Neoplasie im Bereich der Schädelbasis mit Verdacht auf eine sekundäre Infiltration des II., IV., V. (R. ophthalmicus) und VI. Kopfnervs (Tab 2 - H8). Nach Kontrastmittelapplikation waren in allen Fällen verschiedene Anreicherungsmuster ersichtlich. Jene Neoplasie von H3 hatte eine zeitverzögerte Anreicherung der isolierten Neoplasie zum umliegenden Gewebe, bei der als erstes eine intensive Anreicherung des Gewebes und dann eine, verglichen dazu, etwas weniger intensive Anreicherung der Neoplasie erfolgte. Das KM füllte dabei die Umfangsvermehrung homogen aus und

kontrastierte anschließend isoechogen zur Umgebung. Eine Abnahme des Kontrastmusters zeigte sich ebenfalls zeitversetzt indem das KM in der vermeintlichen Neoplasie länger verweilte als im Gewebe.

Deutlich intensiver reicherte sich die Neoplasie von H4 an. Nach einer schnellen, homogenen Anreicherung dieser war im weiteren Verlauf eine Anreicherung des angrenzenden Gewebes zu sehen. Auffällig war lediglich eine oberflächliche Kontrastmarkierung der Masse. Ein zeitverzögertes Abfluten war als erstes im angrenzenden retrobulbären Gewebe und dann in der Läsion ersichtlich.

Bei K3 konnten gleiche Anreicherungsmuster wie bei H4 beobachtet werden. Zusätzlich wurde in diesem Fall ein zentral in der Läsion liegendes dickes Gefäß identifiziert, von dem aus eine Anreicherung nach außen erfolgte und letztlich die gesamte Umfangsvermehrung kontrastierte.

H8, mit der Neoplasie im Bereich der Schädelbasis, wies auch im CEUS keine solitäre Umfangsvermehrung auf. Der Augenhintergrund war von einer moderaten KI und heterogenen Anreicherung geprägt. Im Vergleich zum gesunden Partnerauge zeigte sich ein längeres Verweilen des KM im pathologisch veränderten Auge (Tab. 2 - H8).

Das Nickhautkarzinom von H5 war im konventionellen Ultraschall als 2,2 x 2,5 cm große, rundliche Raumforderung auszumachen, welche sich durch sein echoarmes Erscheinungsbild gut von der Umgebung abgrenzen ließ und den Bulbus nach dorsal und temporal verdrängte. Nach Kontrastmittelapplikation reicherte sich als erstes das in dieser Region befindliche Gewebe an. Kurz darauf wurden an der Oberfläche der Läsion einzelne Gefäße sichtbar, von denen aus eine heterogene Anreicherung in Richtung Zentrum folgte. Nach einer kurzen, aber starken Anreicherung erfolgte eine im Inneren der Raumforderung beginnende Abflutung des KM. Bis zum Ende sichtbar waren die randständigen Gefäße, von welchen vereinzelt Echos ins Zentrum abgegeben wurden. Das KM zeigte eine längere Verweilzeit in der Pathologie als im angrenzenden Gewebe.

Das kanine orbitale Meningiom von H26 war im B-Mode Ultraschall als 2,1 x 2,4 cm große, inhomogene, echoarme bis echoreiche, solide Umfangsvermehrung darstellbar. Im CEUS war eine Aufnahme des KM erst in der Pathologie und dann im angrenzenden Gewebe ersichtlich.



Die Mikrobäschen wiesen einen zentrifugalen Verlauf mit einer anschließend moderaten KI und einem heterogenen Muster auf, wobei eine Kontrastierung überwiegend im Zentrum zu sehen war. Das angrenzende Gewebe zeigte dabei eine, im Vergleich zu der Umfangsvermehrung, geringere Intensität. Eine Abnahme der Mikrobäschen war erst im angrenzenden Gewebe, dann in der Pathologie ersichtlich.

Im konventionellen Ultraschall nicht als solide Umfangsvermehrung darstellbar war das feline restriktive myofibroblastische Sarkom von K1. Der retrobulbäre Raum stellte sich inhomogen echoreich verbreitert dar und führte zu einer Komprimierung des Bulbus von kaudal. Eine Abgrenzung der Pathologie zum umliegenden Weichteilgewebe konnte auch nach Kontrastmittelapplikation nicht erfolgen. Nach einer raschen Anflutung präsentierte sich die Region mit einer starken KI und einem heterogenen Muster. Das gesunde Partnerauge wies hingegen eine homogene Anreicherung auf. Außerdem verweilte das KM länger im pathologisch veränderten Retrobulbärraum.

Das maligne Lymphom von K5 war im B-Mode Ultraschall als 2,4 x 1,73 cm große, unregelmäßige, echoarme Raumforderung erkennbar, welche den Bulbus nach dorsal und temporal verlagerte. Nach Kontrastmittelgabe zeigte sich, in Bezug auf das umliegende Gewebe, eine rasche, von innen nach außen ausbreitende Anreicherung, mit einer anschließend stärkeren KI und homogenen Ausfüllung des Defektes (Abb. 6 - K5). Die Dauer der intraläsionalen Verstärkung war geringer als die des angrenzenden Gewebes.

#### **4.2.3. Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retinakomplexes (R2)**

Sieben Hunde (n = 9 Augen) wiesen eine Veränderung in R2 auf (Tab. 5).

Zu der Kategorie „Neoplasie“ zählten zwei Hunde (n = 2 Augen), einer mit einem pathohistologisch bestätigten Melanom (n = 1 Auge) und einer mit Verdacht auf eine Neoplasie unbekannten Ursprunges (n = 1 Auge). Bei den restlichen fünf Hunden (n = 7 Augen) wurde anhand der Klinik in Kombination mit der ophthalmologischen Untersuchung (n = 7/7 Augen) und anschließender Pathologie (n = 2/7 Augen) eine Netzhautablösung diagnostiziert. Ursachen für eine Netzhautablösung waren in zwei Fällen ein Trauma (n = 2

Augen), und in je einem Fall ein degeneratives Geschehen ( $n = 1$  Auge), eine Neoplasie ( $n = 2$  Augen) und eine Systemerkrankung ( $n = 2$  Augen).

Die Analyse dieser Region und die Gegenüberstellung des rechten und linken Auges jedes einzelnen Patienten sind in Tab. 5 festgehalten. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden die Daten rein deskriptiv erörtert und auf eine statistische Analyse mittels Signifikanzprüfung verzichtet.

Die pathologischen Regionen wiesen subjektiv eine stärkere KI und eine minimal schnellere Anreicherung als der Referenzwert auf. Die Homogenität war ident. Verglichen mit dem Referenzwert war, im Gegensatz zu den neoplastisch infiltrierten Augen in R1, in dieser Region ein kürzeres Verweilen des KM in der krankhaft veränderten Region zu sehen. Am längsten verließ das KM in den Augen mit einer Netzhautablösung (Tab. 6).

Das Melanom von H2 stellte sich in der konventionellen Sonographie als 1,45 x 0,63 cm große, rundliche, echoreiche Struktur im nasalen Bereich der Netzhaut in den Glaskörper reichend dar. Nach Kontrastmittelapplikation konnte eine zeitgleich bis minimal schnellere Aufnahme des KM in der Pathologie als in der übrigen Region beobachtet werden. Einzelne Gefäße reichten dabei von der Netzhaut aus in die Neoplasie. Nach Ausfüllung des Defektes von außen nach innen erschien dieser isoechogen zu der Umgebung mit einer starken KI und einem homogenen Muster. Eine Abnahme des KM erfolgte erst in den zentralen Gefäßen der Neoplasie und reichte weiter über die Peripherie bis hin zu den übrigen Gefäßen in dieser Region.

Die Neoplasie unbekannten Ursprunges von H16 war im konventionellen Schall durch eine echoreiche, 6 mm große, rundliche Verdichtung charakterisiert, welche mit der Netzhaut in Kontakt stand und in den Glaskörper reichte. Die Echogenität ähnelte den anderen echoreichen Strukturen im Glaskörper, was eine Unterscheidung zwischen Blutung und verdächtiger Neoplasie erschwerte. Nach Kontrastmittelapplikation konnte eine Anreicherung der Netzhaut und anschließend der Neoplasie beobachtet werden. Das Verteilungsmuster entsprach dabei jenem des Melanoms von H2. Eine Kontrastierung der übrigen echoreichen

Strukturen, welche mittels konventioneller Sonographie gesehen wurden, blieb aus. Eine allmähliche Intensitätsabnahme in der Neoplasie zeigte sich zeitgleich zur übrigen Region.

Unabhängig von der Ursache war im konventionellen Ultraschall bei allen Netzhautablösungen eine echoreiche V-förmige Struktur im Glaskörper und eine Glaskörperblutung ( $n = 6$  Augen) ersichtlich. Mittels CEUS konnte in allen Fällen eine persistierende Netzhautdurchblutung festgestellt werden und durch ihre Kontrastierung von den anderen echoreichen Strukturen differenziert werden. In 3/7 Augen war ebenfalls eine Bewegung der Mikrobläschen entlang der abgelösten Retina zu beobachten (Abb. 7 – H17). Bei einer beidseitigen Netzhautablösung ( $n = 2$  Tiere; 4 Augen) stellte sich die Netzhaut in einem Fall isointens und im anderen Fall unterschiedlich intensiv dar. Weniger intensiv und überwiegend heterogen zeigte sich die Netzhaut in jenem Auge, welches zusätzlich von einem Glaukom betroffen war (Tab. 5 – H17).

#### **4.2.4. Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4)**

Drei Hunde ( $n = 3$  Augen) wiesen in dieser Region eine neoplastisch bedingte Veränderung auf (Tab. 7). Diesbezüglich handelte es sich um ein Melanom ( $n = 1$  Auge) und eine Neoplasie neuroektodermalen Ursprunges ( $n = 1$  Auge), welche beide pathohistologisch bestätigt wurden. Des Weiteren inkludiert war eine, nicht durch weiterführende Diagnostik geprüfte, Neoplasie unbekannten Ursprunges ( $n = 1$  Auge).

Unterschiede zwischen krank und gesund, rechts und links sind in Tab. 7 dargestellt. Festzuhalten ist, dass eine Beurteilung der Homogenität dieser Region nur bei einer pathologisch bedingten Größenzunahme möglich war. Erneut wurde wegen der geringen Fallzahl eine rein deskriptive Erörterung der Daten vorgenommen. Eine Prüfung auf signifikante Unterschiede erfolgte nicht.

Die Regionen der medialen und lateralen anterioren Uvea wiesen beim Vorhandensein einer Neoplasie, wie bei R1 und R2, eine intensivere Anreicherung als zum Referenzauge auf. Anders als bei den übrigen Regionen war, verglichen mit dem Referenzwert, im krankhaft

veränderten Organ ein minimal späteres Anfluten zu sehen. Wie bei jenen Fällen in R1, zeigte sich ein längeres Verweilen des KMs in den neoplastisch veränderten Regionen (Tab. 8).

Im Bereich der medialen anterioren Uvea (R3) präsentierte sich das Melanom von H27 in der konventionellen Sonographie als 8,15 x 4,3 mm große, rundliche und echoarme Zubildung. Nach intravenöser Applikation des KM folgte eine schnelle Anreicherung des Melanoms und anschließend der restlichen anterioren Uvea. Die laterale anteriore Uvea reicherte sich dabei weniger intensiv an als die mediale. Wie im Falle des Melanomes von H2 erfolgte eine allmähliche und homogen zunehmende Verstärkung des Defektes in zentripetaler Richtung (Abb. 8 - H27). Eine Abnahme des KM begann in der Pupillengegend und reichte über den Defekt hinweg Richtung Ziliarkörper.

Die Neoplasie neuroektodermalen Ursprunges von H19 war im konventionellen Schall als 6 mm hohe, echoreiche Zubildung an der medialen Iris (R3) zu sehen und reichte von nasal nach temporal. Im CEUS war nach Kontrastmittelapplikation hauptsächlich eine Kontrastierung der Neoplasie ersichtlich. Eine Anreicherung einzelner feiner Gefäße erfolgte von innen nach außen, wobei im Zentrum ein intensiveres Kontrastecho festgehalten wurde. Im Anschluss stellte sich die rundliche Zubildung mit moderater KI und homogenen Muster dar. Nach einer kurzen Verweilzeit der Mikrobläschen in der Neoplasie kam es zu einer Intensitätsabnahme von außen nach innen.

Die Neoplasie unbekannten Ursprunges von H28 befand sich im Bereich der lateralen anterioren Uvea (R4) und war im konventionellen Ultraschall als zwei-geteilte Zubildung, mit einer Größe von etwa 2 x 3,2 mm, auszumachen. Nach Kontrastmittelapplikation konnte eine Anreicherung dieser zeitgleich zum angrenzenden Gewebe beobachtet werden. Vom Ziliarkörper aus reichten einzelne Gefäße entlang der Iris Richtung Pupille und schlossen dabei die oberflächlich gelegenen Gefäße der Zubildung mit ein. Das Zentrum blieb frei von KM. Eine allmähliche Kontrastabnahme der Neoplasie war im Anschluss jener des umliegenden Gewebes zu sehen.

#### **4.2.5. Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokularen Raum betreffend (R2+R3+R4)**

Zwei Hunde (n = 3 Augen) und eine Katze (n = 1 Auge) wiesen eine entzündliche Veränderung des gesamten intraokulären Raumes auf (Tab. 9). Bei den beiden Hunden waren eine, durch die Pathologie bestätigte, Endophthalmitis (n = 1 Auge) und eine, durch ein positives Ansprechen auf die Therapie bestätigte, Uveitis (n = 2 Augen) vorherrschend. Bei der Katze handelte es sich um eine Uveitis (n = 1 Auge), welche ebenfalls aufgrund eines positiven Ansprechens auf die entzündungshemmende Therapie bestätigt wurde.

Die Gegenüberstellung des rechten und linken Auges sind wiederum aus Tab. 9 zu entnehmen. Analog zu R2-R4 wurde auf eine statistische Analyse verzichtet. Der deskriptive Vergleich der kranken Regionen zum Referenzwert ist in Tab. 10 dargestellt und zeigt keinerlei Unterschiede R2 betreffend. Anders dazu ist eine intensivere Anreicherung der anterioren Uvea bei einer Entzündung auszumachen. Im Gegensatz zu entzündlichen Prozessen R1 betreffend, zeigt sich in dieser Region ein minimal schnelleres WI mit einem späteren WO in den entzündlich veränderten Augen.

Die Endophthalmitis von H11 hatte einen, im B-Mode ersichtlichen 1,5 cm langen, echoreichen linearen Fremdkörper als Ursache. Zusätzliche war eine Reaktion der Iris und eine echoreiche Trübung des Glaskörpers und der vAk ersichtlich. Nach intravenöser Verabreichung des KM konnte ein rasches Anfluten mit einer anschließend moderaten KI aller betroffenen Region und einem in R2 festgehaltenen homogenen Muster mittels CEUS festgehalten werden. Keine Kontrastechos zeigten sich im Bereich des Fremdkörpers und der Trübungen.

Eine Uveitis stellte sich in der Basissonographie als echoreiche Verbreiterung der betroffenen Areale (n = 3 Augen), insbesondere der Netzhaut, dar. Neben der Größenzunahme war nach Kontrastmittelapplikation ein rasches Anfluten und eine deutliche Durchblutung im CEUS zu sehen (Abb. 9 - K3). Beginnend in R2 verteilten sich die Mikrobläschen homogen (n = 3 Augen) mit einer moderaten (n = 2 Augen) bis starken (n = 1 Auge) KI weiter nach rostral in Richtung R3 und R4, wo diese eine milde (2/3) bis starke (1/3) KI aufwiesen. Ein Abfluten

war in entgegengesetzter Richtung zu sehen. Bei einer beidseitig vorliegenden Uveitis zeigten sich idente Anreicherungsmuster (Tab. 9 - H24).

## 5. Diskussion

Einige wenige Studien zeigten bereits, dass mittels CEUS die Perfusion sowohl in gesunden als auch in krankhaft veränderten Augen nachgewiesen werden kann (Labruyere et al. 2011, Andreani et al. 2016, Quarta et al. 2016, Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019). Im Gegensatz zu anderen Studien, bei welchen nur auf eine Tierart (zumeist von der gleichen Rasse) eingegangen wird, beinhaltet die vorgelegte Arbeit CEUS Untersuchungen von Hunden und Katzen verschiedenen Alters und Geschlechts, sowie unterschiedlicher Rassen. Ebenfalls kann aufgrund der hohen Anzahl (30/36 Tieren) an im Wachzustand durchgeführten CEUS Untersuchungen darauf geschlossen werden, dass für CEUS eine medikamentöse Ruhigstellung meist nicht notwendig ist. Dies bestätigt auch die Studie von Blohm et al. (2019), welche quantitativ die Perfusion von intra- und extraokulären Strukturen bei zehn wachen Beagles beschreibt. Sie vermuten, dass selbst bei schmerzhaften Patienten, lediglich unter Zuhilfenahme eines Lokalanästhetikums, eine Untersuchung gut toleriert wird (Blohm et al. 2019). Diese Annahme wird durch die vorliegende Arbeit unterstützt, da es sich bei den in dieser Studie inkludierten Veränderungen teilweise auch um schmerzhafte Prozesse handelte.

Für CEUS eignet sich sowohl der xMATRIX-Sektorschallkopf mit einer Frequenz von 6-1 MHz als auch der 12-5 MHz Linearschallkopf, wobei letzterer aufgrund der besseren Auflösung vorrangig von den Autoren empfohlen wird. In den Studien von Labruyere et al. (2011) und Hong et al. (2019) kam es mit Hilfe von Linearschallköpfen in ähnlichen und bei Blohm et al. (2019) im gleichen Frequenzbereich ebenfalls zu guten CEUS Darstellungen. SonoVue® oder Schwefelhexafluorid gefüllte Mikrobläschen dienten in der vorliegenden Studie als KM. Für eine sichere Anwendung von SonoVue® in der Veterinärmedizin existieren verschiedene Dosierungsvorschläge, wobei in dieser Studie sowohl eine Dosierung von 0,5 - 1 ml (< 20 kg: 0,5 ml, > 20 kg: 1 ml) als auch 0,03 ml/kg die orbitale und okuläre Gewebeperfusion darstellten (Ohlerth und O'Brien 2007).

Die meisten Patienten waren, wie auch in der Literatur beschrieben, unilateral betroffen (Mason et al. 2001, Kneissl et al. 2007). Blohm et al. (2019) fanden heraus, dass quantitative CEUS Parameter für das rechte und linke Auge keine signifikanten Unterschiede aufweisen und dass das kontralaterale Auge somit als in vivo Referenz dienen kann. Dementsprechend wurde auch in dieser Studie das gesunde Auge als Kontrollauge verwendet.

### 5.1. Gesunde Auge und Adnexe

Wie in den Studien von Quarta et al. (2016), Blohm et al. (2019) und Hong et al. (2019) war mittels CEUS der Perfusionsnachweis des retrobulbären Raumes (R1), des Choroid-Retina-Komplexes (R2) sowie der anterioren Uvea (R3+R4) in gesunden Hunde- und Katzenaugen und deren Adnexe möglich. Die Homogenität der einzelnen Regionen entsprach den Beobachtungen von Blohm et al. (2019), welche dieselben anatomischen Regionen (R1–R4) festlegten: ein überwiegend heterogenes Muster der retrobulbären Strukturen inklusive einer Kontrastmittelaussparung des *N. opticus* und eine durchschnittlich homogene Mikrobläschenverteilung im Bereich der Choroidea und Retina. Auf die Homogenität von R3 und R4 wurde in der Studie von Blohm et al. (2019) nicht eingegangen. In dieser Arbeit war es ebenfalls, aufgrund der geringen Größe der gesunden anterioren Uvea nicht möglich die Homogenität zu beurteilen. Entsprechend anderer Studien konnte auch in dieser der Blutfluss zur Retina und Choroidea nicht getrennt identifiziert werden (Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019).

Eine Anreicherung der einzelnen Regionen erfolgte, wie auch in der Literatur beschrieben, von kaudal nach kranial, mit einer subjektiven Intensitätsminderung in Richtung kranial ziehend (Quarta et al. 2016, Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019). Im Gegensatz zu Hong et al. (2019), welche die anteriore Uvea zur Beurteilung in Iris und Ziliarkörper trennten, beurteilten Blohm et al. (2019), ebenso wie die Autoren der vorliegenden Arbeit die mediale und laterale anteriore Uvea. Es zeigt sich ein biphasisches Muster mit einer minimal schnelleren Anreicherung der Iris als des Ziliarkörpers und einer anschließenden isointensen Darstellung resultierte (Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019).

Blohm et al. (2019) beschrieben die ersten 60 Sekunden nach Kontrastmittelapplikation als vorgesehenes Diagnosefenster für die Interpretation der intra- und extraokulären Perfusion. Die Tatsache, dass in dieser Arbeit die einzelnen Regionen des gesunden Referenzauges alle innerhalb von  $\pm 60$  Sekunden anreicherten, bestätigt die Relevanz der Interpretation in der ersten Minute nach KM Verabreichung. Im Gegensatz zu dieser (WI = 12,33 Sek.) und zu der Arbeit von Blohm et al. (2019) („Slope time“ = 13,00 Sek.) beschrieben Hong et al. (2019) eine geringgradig spätere Kontrastmittelanflutung („Time to initial upslope“, TTU= 14,21 Sek.). Ebenfalls war in den hinteren Augensegmenten ein Verbleiben des KM bis zu fünf Minuten sichtbar (Hong et al. 2019). Des Weiteren zu erwähnen ist, dass Hong et al. (2019)



ein Perfluorbutan-haltiges KM (Sonazoid®), welches eine längere Halbwertszeit als SonoVue® besitzt, für die Evaluierung der Perfusion in gesunden Hundeaugen verwendeten. Hinzu kommt, dass sich die Tiere in deren Studie zum Zeitpunkt der Untersuchung in Allgemeinanästhesie befanden, für welche Medikamente (Zolazepam/Tiletamin (Zoletil, 1,5 mg/kg; Virbac, France), Medetomidin (Domitor, 0,03 mg/kg; Orion Corporation Espoo, Finland)) verwendet wurden, die nicht nur zur Beeinträchtigung des kardiovaskulären Systems, sondern auch zur Verlangsamung der KM Verteilung führten.

Weiters ist festzuhalten, dass in dieser Studie die WI und WO semiquantitativ, unter Zuhilfenahme einer Handstoppuhr, beurteilt wurden und nicht wie in den oben genannten Studien quantitativ mittels Zeit-Intensitäts-Kurven (TIC: time-intensity curves) und spezifischer Softwaresysteme evaluiert wurden. Aufgrund der semiquantitativen Methode konnte lediglich eine allgemeine An- und Abflutung im Organ, jedoch nicht spezifisch für jede einzelne Region erfasst werden (Blohm et al. 2019, Hong et al. 2019).

## **5.2. Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1)**

Wie aus Tab. 3+4 zu entnehmen ist, können sowohl bei den semiquantitativen als auch bei den qualitativen Beurteilungskriterien geringe, wenn auch nicht signifikante Unterschiede zwischen der krankhaft veränderten retro-/peribulbären Region und der gesunden Referenzregion gesehen werden. Die einzelnen Ursachen zeigten statistisch keine signifikanten Unterschiede in deren Anreicherung, weshalb ein Rückschluss auf diese allein mittels qualitativer Anreicherungsmuster nicht möglich ist. Aus dieser Studie geht jedoch hervor, dass entzündlich bedingte Veränderungen in dieser Region nahezu ident zu der Referenzregion sind und dass sich ein neoplastisches Geschehen mit einer intensiveren Anreicherung der Region und einem homogenen statt einem heterogenen Muster von dem Referenzwert unterscheidet. Ein möglicher Grund für ein Ausbleiben eines signifikanten Unterschiedes könnte die in dieser Kategorie geringe Fallzahl sein, weshalb für die übrigen Regionen auf eine statistische Analyse verzichtet wurde. Aufgrund der fehlenden Literatur bleiben weitere Interpretationen für zukünftige Studien offen.

Bezüglich der einzelnen Läsionen in dieser Region war eine Darstellung dieser im CEUS möglich und wies, v.a. in Bezug auf die Neoplasien, verschiedene Anreicherungsmuster auf.

Dies lässt vermuten, dass CEUS als diagnostisches Hilfsmittel in Zukunft für die Ophthalmologie von Nutzen sein könnte. Vergleichbare Anreicherungscharakteristika sind in der Veterinärmedizin jedoch nur in anderen Organen oder im selben Organ mit anderen kontrastgestützten radiologischen Verfahren dokumentiert (Dennis 2000, Kneissl et al. 2007, Haers et al. 2010, Fischer et al. 2019). In der Humanmedizin hingegen hat CEUS für die Charakterisierung orbitaler und/oder okulärer Läsionen einen höheren Stellenwert.

So zeigte sich eine Anreicherung der Abszesskapsel mit Aussparung des Abszessinhaltes beispielsweise auch in der Studie von Kneissl et al. (2007) und Fischer et al. (2019) mittels kontrastverstärkten MRT. Dennis (2000) konnte auf diese Weise eine anfänglich im Augenultraschall angenommene Neoplasie, mittels Kapselanreicherung im MRT korrekt diagnostizieren und erfolgreich therapieren. In den restlichen Fällen zeigte sich zwar meist eine stärkere Anreicherung der Kapsel, eine Kontrastanreicherung war jedoch auch innerhalb des Abszesses zu sehen. Die gleiche Beobachtung machten auch Haers et al. (2010) bei der Beschreibung von zwei Nierenabszessen bei Hunden. Dies kann möglicherweise daran liegen, dass die Dicke der Abszesskapsel positiv mit einer auswertbaren CEUS Darstellung der Pathologie korreliert. Je dicker die Kapsel ist, umso mehr Durchblutung und Anreicherung ist im CEUS ersichtlich.

In Hinblick auf eine Myositis (n = 27 Hunde) und Steatitis (n = 21 Hunde) berichten Fischer et al. (2019) neben einer Schwellung über abnorme Anreicherungsmuster mittels kontrastverstärkten MRT. In der vorliegenden Arbeit war mittels CEUS zusätzlich ein überwiegend heterogenes Muster zu beobachten. CEUS zeigte sich als reproduzierbar bei gleichen Geschehen insofern, als dass bei einer beidseitigen Erkrankung idente Anreicherungsmuster resultierten. Des Weiteren gilt in der Humanmedizin CEUS bei der diagnostischen Aufarbeitung einer Myositis, aufgrund seiner Fähigkeit entzündungsbedingte Muskelhyperperfusion bei akuten Myositiden zu quantifizieren, als die effizientere Methode als der herkömmliche B-Mode Ultraschall (Amarteifio et al. 2011, Weber et al. 2011).

Die CEUS Charakteristika einer lymphohistiozytären Nickhautentzündung waren in dieser Studie durch eine homogene, zentripetale Anreicherung mit zentral geringerer Intensität als in

der Peripherie charakterisiert. Ähnliche Charakteristika sind in der humanmedizinischen Studie von Yan et al. (2017) beschrieben: entzündliche Pseudotumore zeigten nach einem schnellen WI eine homogene Anreicherung mit einem anschließend ebenso schnellen WO. Eine Kontrastverstärkung war in der Läsion deutlicher als im umliegenden Gewebe. Sie berichten außerdem über eine positive Korrelation zur anschließend durchgeführten histopathologischen Untersuchung, die durch sporadische Nekrosen und Infiltrationen chronisch entzündlicher Zellen charakterisiert war (Yan et al. 2017).

Was die Neoplasien in dieser Region betrifft, so zeigte sich, dass mittels CEUS nicht nur ein Nachweis von Vaskularisation in soliden neoplastischen Umfangsvermehrungen möglich ist, was in der Humanmedizin als Kennzeichen einer Neoplasie des Auges gilt, sondern auch Auskunft über die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Läsionen zum umliegenden Gewebe gibt. Auch zeigten sich unterschiedliche Anreicherungsmuster, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit auf deren Tumorbilogie zurückzuführen sind. Hinzu kommt, dass in dieser Studie ebenfalls avaskuläre von vaskulären neoplastischen Arealen unterschieden werden konnten. Avaskuläre Zonen in Neoplasien weisen mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Nekrose hin (Forte et al. 2005, Sconfienza et al. 2010, Bertolotto et al. 2014, Yan et al. 2017, Hong et al. 2019).

Studien über CEUS Charakteristika von Nickhaut assoziierten Adenokarzinomen lassen sich in der Veterinärmedizin nicht finden. In der Studie von Liu et al. (2018) wird auf die diagnostische Anwendbarkeit von CEUS bei Tumoren des Tränenapparates von 48 Menschen eingegangen, welche u.a. drei Fälle mit einem Adenokarzinom des Tränensackes beinhaltet. In deren Studie war eine Anreicherung, im Gegensatz zu der vorliegenden Arbeit, in der Masse früher präsent als im angrenzenden Gewebe. Auch war eine zentripetale Ausbreitung, welche Liu et al. (2018) in deren Auswertungen ebenfalls berücksichtigten, nicht beschrieben. Ident mit dieser Arbeit war jedoch ein rasches Abfluten aus der Neoplasie. Da sich jedoch die Anatomie des menschlichen und tierischen Tränenapparates unterscheidet, ist ein Vergleich schwierig.

Aufgrund der stark ausgeprägten Vaskularisation gelten Lymphome und Meningiome des Sehnervs in der Humanmedizin als geeignete Tumore für die CEUS Diagnostik (Sconfienza et al. 2010). Auch in dieser Studie waren beide Neoplasien durch eine Kontrastmittelanreicherung im CEUS auszumachen. Die Anreicherungsmuster des Lymphoms in dieser Arbeit (starke KI, homogen, zentrifugale Anreicherung) entsprachen denen der mediastinalen Lymphome aus der Studie von Rick et al. (2019). Vermutet wird, dass die zentrifugale Anreicherung durch deren Angioarchitektur bedingt ist, welche der eines Lymphknoten ähnelt bei der die Perfusion über ein zentral eintretendes Hilusgefäß erfolgt (Salwei et al. 2005, Rick et al. 2019).

Im Falle des feline restriktiven myofibroblastischen Sarkomes waren aufgrund der schlechten Abgrenzbarkeit keine für diese Neoplasie entsprechenden CEUS Charakteristika zu bestimmen. Ein unterschiedliches Anreicherungsmuster zeigte sich jedoch bei der Gegenüberstellung zwischen dem erkrankten und gesunden Auge des Tieres. Demnach empfiehlt die Literatur, wie auch diese Arbeit, bei einer einseitigen Läsion, diese stets mit der kontralateralen, nicht betroffenen Seite zu vergleichen (Kneissl et al. 2007, Blohm et al. 2019).

### **5.3. Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retinakomplexes (R2)**

Die Retina und Choroidea zeigten sich in dieser Studie beim Vorhandensein einer Pathologie (Neoplasie, Netzhautablösung) mit einer intensiveren Kontrastanreicherung als die unveränderte Referenzregion. Über eine subjektiv erhöhte Perfusion in neoplastisch infiltrierten Katzenuveae berichten auch Quarta et al. (2016), wenn auch statistisch kein Unterschied zwischen krank und gesund vorhanden war. Erhöhte Pixelintensitäten bei einer Netzhautablösung wurden in der Studie von Labruyere et al. (2011) in 13/13 Fällen wahrgenommen. Verglichen wurde diese jedoch nicht mit einem Referenzwert, sondern mit Fällen welche eine vitreale Membran aufwiesen (Labruyere et al. 2011).

Qualitative und quantitative CEUS Analysen über Uveamelanome existieren bis lang nur in der Humanmedizin und werden in der Studie von Yang et al. (2012) behandelt. Deren Beobachtungen (zentripetale Kontrastmittelausbreitung, homogenes Muster, moderate KI,

kürzeres Verweilen des KM in der Läsion als im umliegenden Gewebe) entsprechen denen dieser Studie. Anders als in der vorliegenden Arbeit wurde bei Yang et al. (2012) eine Kontrastmittelaufnahme in der Neoplasie erst im Anschluss der des umliegenden Gewebes entdeckt.

In der Veterinärmedizin wurde außerdem eine positive Korrelation zwischen dem sonographischen Tumolvolumen, der Größe in vivo und der histologischen Tumorgroße von Melanomen bei Mäusen und Hasen festgestellt (Zhang et al. 2011, Kang et al. 2013).

Wie in der Studie von Bertolotto et al. (2014) konnte die vorliegende Arbeit demonstrieren, dass CEUS hilfreich ist, intraokuläre Blutungen von Neoplasien zu unterscheiden, was mit einer konventionellen Ultraschalluntersuchung aufgrund der ähnelnden Echogenität oft schwer ist. Ebenso konnte auf diese Weise selbst in einem getrübten Auge eine Netzhautablösung durch das Feststellen einer persistierenden Vaskularisation diagnostiziert werden. Eine persistierende Vaskularisation konnte, vergleichbar mit den Studien von Sconfienza et al. (2010) und Labruyere et al. (2011), in allen Netzhautablösungen dargestellt werden. Zusätzlich wurde in einigen Augen eine Bewegung der Mikrobläschen in beide Richtungen entlang der Netzhaut gesehen, was nach Labruyere et al. (2011) auf die Persistenz von sowohl arteriellen als auch venösen Blutfluss hindeutet. Bei einer beidseitigen Netzhautablösung erwies sich die CEUS Methodik bei einer Systemerkrankung als reproduzierbar und wies somit idente Anreicherungsmuster auf. Bezüglich der neoplastisch bedingten Ablatio wurde eine schwächere Perfusion in jenem Auge wahrgenommen, bei welchem in weiterer Folge ein Glaukom entstand. Durch einen Anstieg des Augeninnendrucks kann eine Verengung einzelner Gefäße und eine schlechtere Durchblutung resultieren, was sich mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer Abnahme der KI im CEUS widerspiegelt (Gelatt et al. 2003).

Berichte über die Fähigkeit der Netzhaut sich nach Ablösung zu erholen, zeigten, dass eine Wiederanlagerung innerhalb von vier Wochen oder weniger mit einer besseren Prognose für die kaninen und feline Patienten vergesellschaftet ist (Anderson et al. 1986, Labruyere et al. 2011). Demnach könnte CEUS für die Vorhersage des Erfolges oder Misserfolges von vitreoretinalen Operationen von Nutzen sein (Labruyere et al. 2011). Wie lange eine Vaskularisation in chronischen Netzhautablösungen anhält wurde bis dato jedoch noch nicht

beschrieben. Aus der Vorgeschichte von H17 und H20 geht hervor, dass eine Augenproblematik schon über fünf Wochen bestand, was wiederum die Vermutung weckt, dass eine, wenn auch etwas geringere, Durchblutung der Netzhaut bis zu fünf Wochen oder länger bestehen bleibt.

#### **5.4. Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4)**

Die Regionen der medialen und lateralen anterioren Uvea wiesen beim Vorhandensein einer Neoplasie eine intensivere Anreicherung als das Referenzauge auf. Vergleichbare Studien existieren jedoch weder in der Veterinär- noch in der Humanmedizin. Die identen Ergebnisse von R1 und R2 lassen vermuten, dass neoplastisch infiltrierte retrobulbäre und uveale Areale tendenziell durch eine stärkere Vaskularisation charakterisiert sind und somit mit einer intensiveren Anreicherung im CEUS einhergehen. Die stärkere Durchblutung kann an einer tumorösen Neovaskularisation liegen (Yang et al. 2012).

Das Melanom wies idente Anreicherungsmuster wie das aus R2, und ähnliche Anreicherungsmuster wie in der Studie von Yang et al. (2012) auf. Dies führt zu der Annahme, dass einzelne Tumoren unabhängig von deren Lokalisation gleich anreichern und artenspezifische Unterschiede aufweisen. Vermutet wird, dass dieser Umstand wiederum auf deren unterschiedliche Angioarchitektur und Tumorbilogie zurückzuführen ist (Yang et al. 2012).

Zeichen für eine zentrale Tumornekrose spiegelten sich, wie zuvor in R1 beschrieben, ebenfalls in der Neoplasie unbekannten Ursprunges von H28 wider.

#### **5.5. Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokulären Raum betreffend (R2+R3+R4)**

Im Falle einer entzündlichen Veränderung den ganzen intraokulären Raum betreffend war eine prominentere Anreicherung im Vergleich zum Referenzauge vor allem in der anterioren Uvea zu sehen. Im Bereich der R2 waren keine Unterschiede auszumachen. Möglicherweise zeigte sich eine subjektiv sensitivere Wahrnehmung der sonst mild kontrastierten anterioren Uvea aufgrund von entzündungsbedingter Vasodilatation, was wiederum ein schnelles WI, jedoch nicht das langsame WO, in dem krankhaft veränderten Organ rechtfertigt.

Eine intensive KI in entzündlich veränderten Regionen im CEUS stimmt mit Beobachtungen von anderen entzündlich veränderten Organen überein (Ohlerth und O'Brien 2007). Über die Anwendung von CEUS in entzündlich veränderten Augen liegen bisher jedoch keine Studien vor.

Wiederum konnten vaskuläre von avaskulären Bereichen unterschieden werden, was das Ausbleiben einer Anreicherung der Glaskörpertrübung und des Fremdkörpers bei der traumatisch bedingten Endophthalmitis von H11 zeigt. Über die Beobachtung einer Kontrastmittelaussparung in Fremdkörperarealen gibt es ebenfalls vergleichbare Berichte aus der Veterinärmedizin unter Zuhilfenahme von kontrastverstärkten MRT Verfahren (Kneissl et al. 2007, Fischer et al. 2019).

Identische Anreicherungsmuster wurden bei einer beidseitig vorliegenden Uveitis beobachtet und sprechen somit für eine Reproduzierbarkeit der CEUS Technik.

Zuletzt sollte erwähnt werden, dass die ausgewerteten Parameter rein subjektiv beurteilt wurden. Eine zusätzliche quantitative Analyse mittels Zeitintensitätskurve (Time intensity curves, TIC) wäre zu überlegen, da, wie Blohm et al. (2019) zeigten, Abweichungen zwischen qualitativen und quantitativen Ergebnissen existieren. Auch eine Trennung der Tierarten wurde aufgrund der niedrigen Fallzahl nicht vorgenommen, was für zukünftige Studien interessant sein könnte.

## **5.6. Konklusio**

Es wurde anhand der einzelnen Fallbeispiele verdeutlicht, dass mit CEUS einzelne Pathologien dargestellt werden können und dass vor allem Neoplasien unterschiedliche Anreicherungsmuster aufweisen. Dieser Umstand könnte in der Zukunft für eine nähere Differenzierung dieser Pathologien von Nutzen sein und CEUS würde somit als hilfreiches diagnostisches Mittel in der Ophthalmosonographie dienen.

CEUS liefert zusätzliche Informationen zur konventionellen Ultraschalluntersuchung und geringe Unterschiede wurden zwischen kranken und gesunden Augen gesehen. Allein mit

qualitativen Anreicherungsmustern ist es aber nicht möglich auf eine bestimmte Ursache zu schließen.



## 6. Zusammenfassung

Für die vorliegende Studie wurden im Zeitraum von Jänner 2016 bis Juli 2017 kontrastmittelverstärkte Augenultraschalluntersuchungen (CEUS) von insgesamt 36 Tieren (29 Hunde, sieben Katzen) retrospektiv ausgewertet. Basierend auf der Anatomie des Auges wurden die einzelnen Läsionen einer Region zugeteilt (R1: retro-/peribulbärer Raum, R2: Retina, Choroidea, R3: mediale anteriore Uvea, R4: laterale anteriore Uvea). Diese Regionen wurden qualitativ hinsichtlich deren Kontrastintensität (KI) und Homogenität (HO) analysiert und mit dem gesunden Referenzauge verglichen. Des Weiteren wurde geprüft ob anhand eines bestimmten Anreicherungsmusters auf eine Ursache rückgeschlossen werden kann. Zusätzlich wurde semiquantitativ die Zeit in Sekunden festgehalten bis eine An- (WI) und Abflutung (WO) des Kontrastmittels im Organ zu sehen war.

Eine Kontrastmittelanreicherung konnte sowohl in gesunden als auch in pathologisch veränderten Regionen beobachtet werden. Geringe, wenn auch nicht signifikante Unterschiede zeigten sich bei der Gegenüberstellung von krank und gesund, ein Rückschluss auf eine bestimmte Ursache, anhand eines spezifischen Anreicherungsmusters, war jedoch nicht möglich. Tendenziell führten neoplastisch infiltrierte retrobulbäre und uveale Areale jedoch zu einer stärkeren Kontrastierung. Im Hinblick auf die einzelnen Pathologien führte die kontrastverstärkte Sonographie zu wiederholbaren und pathologiespezifischen Ergebnissen und unterstützte die konventionelle Sonographie u.a. bei der Differenzierung von Hämatom und Neoplasie und beim Auffinden einer Ablatio retinae in getrübbten Augen. Solitäre Läsionen, insbesondere Neoplasien, können mittels kontrastverstärkter Ultrasonographie lokalisiert werden und Aussagen über deren Abgrenzung zum umliegenden Gewebe, Anreicherungseigenschaften und Gewebepерfusion gemacht werden.

Letztlich führt die kontrastgestützte Ultraschalluntersuchung zu zusätzlichen Informationen und könnte somit zukünftig die Aussagekraft der konventionellen Sonographie unterstützen.

## 7. Summary

Contrast-enhanced ultrasound of the eyes and its adnexa in dogs and cats

In the present study, ocular contrast-enhanced ultrasound (CEUS) examinations of 36 animals (29 dogs, seven cats) were evaluated retrospectively from January 2016 to July 2017. The individual lesions were assigned to the following regions, based on their ocular anatomy: R1: retrobulbar space, R2: retina, choroidea, R3: medial anterior uvea, R4: lateral anterior uvea. Qualitative perfusion parameters, contrast intensity (KI) and homogeneity (HO) were evaluated for each region and compared to the contralateral healthy eye and orbit. The goal was to determine whether a specific enhancement pattern could be allocated to a disease or lesion. Additionally, wash-in (WI) and wash-out (WO) of contrast medium was recorded semiquantitatively in seconds.

Contrast enhancement was visible in healthy and pathological regions of the eye. Slight, but insignificant, differences were found in the comparison of diseased and normal eyes, but it was not possible to draw any conclusions on the lesion based on a specific enhancement pattern. However, neoplastically infiltrated retrobulbar and uveal areas tended to show increased enhancement. With regard to individual pathologies, contrast-enhanced ultrasound led to repeatable and pathology-specific results and supported conventional sonography in differentiating between a hematoma and neoplasia and visualizing a retinal detachment with blood flow. Focal lesions, such as neoplasia, can be localized by contrast-enhanced ultrasound and characterized by their demarcation from surrounding tissue, enhancement properties and tissue perfusion. Contrast-enhanced ultrasound examination of the eye and orbit offers additional information and could thus support the value of conventional sonography in the future.

## 8. Literaturverzeichnis

- Amarteifio E, Nagel AM, Kauczor H, Weber M. 2011. Functional imaging in muscular diseases (Review). *Insights Imaging*, (2):609–619.
- Anderson DH, Guerin CJ, Erickson PA, Stern WH, Fisher SK. 1986. Morphological recovery in the reattached retina. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 27(2):168–183.
- Andreani V, Di Girolamo N, Guandalini A, Rubini G, Bargellini P, Crasta M, Fonti P. Accuracy of contrast enhanced ultrasonography (CEUS) and color doppler (CFM) to diagnose neoplastic intraocular masses in small animals: preliminary results (abstract). Annual Scientific Meeting of the European Veterinary Ophthalmologists, Budapest (Hungary). 2016; Proceedings:11.
- Bauer A, Solbiati L. 2003. Ultrasound contrast agents. In: Solbiati L, Martegani A, Leen E, Correas JM, Burns PN, Becker D, Hrsg. *Contrast-Enhanced Ultrasound of Liver Diseases*. Erste Aufl. Mailand: Springer-Verlag, 21–26.
- Bertolotto M, Serafini G, Sconfienza LM, Lacelli F, Cavallaro M, Coslovich A, Tognetto D, Cova MA. 2014. The Use of CEUS in the diagnosis of retinal/choroidal detachment and associated intraocular masses - Preliminary investigation in patients with equivocal findings at conventional ultrasound. *Ultraschall in der Medizin*, 35(2):173–180.
- Blohm KO, Hittmair KM, Tichy A, Nell B. 2019. Quantitative, noninvasive assessment of intra- and extraocular perfusion by contrast-enhanced ultrasonography and its clinical applicability in healthy dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 22(6):767–777.
- Calliada F, Campani R, Bottinelli O, Bozzini A, Sommaruga MG. 1998. Ultrasound contrast agents. Basic principles. *European Journal of Radiology*, 27:157–160.
- Correas JM, Bridal L, Lesavre A, Méjean A, Claudon M, Hélénon O. 2001. Ultrasound contrast agents: Properties, principles of action, tolerance, and artifacts. *European Radiology*, 11(8):1316–1328.
- Dennis R. 2000. Use of Magnetic Resonance Imaging for the investigation of orbital disease in small animals. *Journal of Small Animal Practice*, 41(4):145–155.
- Dziezyc J, Hager DA. 1988. Ocular ultrasonography in veterinary medicine. *Seminars in veterinary medicine and surgery (small animal)*, 3(1):1–9.
- Eisenberg HM. 1985. Ultrasonography of the eye and orbit. *The Veterinary Clinics of North*

- America. Small animal practice, 15(6):1263–1274.
- Fischer MC, Busse C, Adrian AM. 2019. Magnetic resonance imaging findings in dogs with orbital inflammation. *Journal of Small Animal Practice*, 60(2):107–115.
- Forte R, Cennamo G, Staibano S, De Rosa G. 2005. Echographic examination with new generation contrast agent of choroidal malignant melanomas. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 83(3):347–354.
- Gelatt-Nicholson KJ, Gelatt KN, MacKay E, Brooks DE, Newell SM. 1999. Doppler imaging of the ophthalmic vasculature of the normal dog: blood velocity measurements and reproducibility. *Veterinary Ophthalmology*, 2:87–96.
- Gelatt KN, Miyabayashi T, Gelatt-Nicholson K, MacKay E. 2003. Progressive changes in ophthalmic blood velocities in Beagles with primary open angle glaucoma. *Veterinary Ophthalmology*, 6(1):77–84.
- Gonzalez EM, Rodriguez A, Garcia I. 2001. Review of ocular ultrasonography. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 42(6):485–495.
- Haers H, Vignoli M, Paes G, Rossi F, Taeymans O, Daminet S, Saunders JH. 2010. Contrast Harmonic Ultrasonographic Appearance of focal space-occupying renal lesions. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 51(5):516–522.
- Hager DA, Dziezyc J, Millchamp NJ. 1987. Two-dimensional real-time ocular ultrasonography in the dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 28(2):60–65.
- Hong S, Park S, Lee D, Cha A, Kim D, Choi J. 2019. Contrast-enhanced ultrasonography for evaluation of blood perfusion in normal canine eyes. *Veterinary Ophthalmology*, 22(1):31–38.
- Kang SJ, Zhang Q, Patel SR, Berezovsky D, Yang H, Wang Y, Grossniklaus HE. 2013. In Vivo High-Frequency Contrast-Enhanced Ultrasonography of Choroidal Melanoma in Rabbits: Imaging Features and Histopathologic Correlations. *Br J Ophthalmol.*, 97(7):929–33.
- Kneissl S, Konar M, Fuchs-Baumgartinger A, Nell B. 2007. Magnetic resonance imaging features of orbital inflammation with intracranial extension in four dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 48(5):403–408.
- König HE, Liebich H-G, Hrsg. 2005. Sehorgan (Organum visus). *Anatomie der Haussäugetiere*. Dritte Aufl. Stuttgart: Schattauer, 567–588.

- Labruyere JJ, Hartley C, Holloway A. 2011. Contrast-enhanced ultrasonography in the differentiation of retinal detachment and vitreous membrane in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 52(10):522–530.
- Liu YX, Liu YAN, Xu JINMEI, Chen QIN, Xiong WEN. 2018. Color Doppler ultrasound and contrast - enhanced ultrasound in the diagnosis of lacrimal apparatus tumors. *Oncology letters*, (16):2215–2220.
- MacKay C, Mattoon J. 2015. Eye. In: Mattoon JS, Nyland TG, Hrsg. *Small animal diagnostic ultrasound*. Dritte Aufl. St. Louis, Missouri: Elsevier, Saunders, 128–154.
- Mason DR, Lamb CR, McLellan GJ. 2001. Ultrasonographic findings in 50 dogs with retrobulbar disease. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 37(6):557–562.
- Miller WW, Cartee RE. 1985. B-scan ultrasonography for the detection of space-occupying ocular masses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 187(1):66–8.
- Miszalok V, Fritsch T, Wollensak J. 1986. Contrast Echography of the Eye and Orbit. *Ophthalmologica*, 193(4):231–235.
- Murphy CJ, Samuelson DA, Pollock RVH. 2012. The Eye. In: Evans HE, de Lahunta A, Hrsg. *Miller's Anatomy of the Dog*. Vierte Aufl. St. Louis, Missouri: Elsevier, Saunders, 746–785.
- O'Brien R, Seiler G. 2015. Clinical Applications of Contrast Ultrasound. In: Penninck D, D'Anjou M-A, Hrsg. *Atlas of small animal ultrasonography*. Zweite Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 481–494.
- O'Brien RT, Iani M, Matheson J, Delaney F, Young K. 2004. Contrast harmonic ultrasound of spontaneous liver nodules in 32 dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 45(6):547–553.
- Ohlerth S, O'Brien RT. 2007. Contrast ultrasound: General principles and veterinary clinical applications. *Veterinary Journal*, 174(3):501–512.
- Ohlerth S, Rüefli E, Rohrer Bley C, Sieber-Ruckstuhl N, Melzer K, Kaser-Hotz B. 2005. Assessment of tissue perfusion in the normal canine spleen with contrast harmonic imaging (abstract). *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 47:110.
- Penninck D, Daniel GB, Brawer R, Tidwell AS. 2001. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. *Clinical techniques in small animal practice*, 16(1):22–39.

- Pizzirani S, Penninck D, Spaulding K. 2015. Eye and Orbit. In: Penninck D, D'Anjou M-A, Hrsg. Atlas of small animal ultrasonography. Zweite Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 19–54.
- Quaia E, Hrsg. 2005a. Classification and Safety of Microbubble-Based Contrast Agents. Contrast Media in Ultrasonography. First Edit. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 3–14.
- Quaia E, Hrsg. 2005b. Physical Basis and Principles of Action of Microbubble-Based Contrast Agents. Contrast Media in Ultrasonography. First Edit. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 15–30.
- Quaia E. 2007. Contrast-specific ultrasound techniques. Radiologia Medica, 112(4):473–490.
- Quarta M, Pugliese M, Ragusa M, Rabozzi R, Giudice C, Rossi F. Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) in feline normal and neoplastic uvea. Annual Scientific Meeting of the European Veterinary Ophthalmologists Veterinary Ophthalmology, Budapest (Hungary). 2016; Proceedings: 10.
- Rick T, Kleiter M, Schwendenwein I, Ludewig E, Reifinger M, Hittmair KM. 2019. Contrast-enhanced ultrasonography characteristics of intrathoracic mass lesions in 36 dogs and 24 cats. Veterinary Radiology and Ultrasound, 60(1):56–64.
- Salwei RM, O'Brien RT, Matheson JS. 2005. Characterization of lymphomatous lymph nodes in dogs using contrast harmonic and power doppler ultrasound. Veterinary Radiology and Ultrasound, 46(5):411–416.
- Sconfienza LM, Lacelli F, Ardemagni A, Perrone N, Bertolotto M, Padolecchia R, Serafini G. 2010. High-resolution, three-dimensional, and contrast-enhanced ultrasonographic findings in diseases of the eye. Journal of Ultrasound, 13(4):143–149.
- Simoens P, Gille U. 2008. Sinnesorgane, Organa sensuum. In: Salomon F-V, Geyer H, Gille U, Hrsg. Anatomie für die Tiermedizin. Zweite Aufl. Stuttgart: Enke Verlag, 579–612.
- Weber M-A, Wormsbecher S, Krix M. 2011. Kontrastverstärkter Ultraschall der Skelettmuskulatur. Radiologe, (51):497–505.
- Williams J, Wilkie D, Gränitz U. 1995. Ultrasonography in veterinary ophthalmology. Tierärztl. Praxis, 23:111–115.
- van der Woerd A. 2008. Orbital Inflammatory Disease and Pseudotumor in Dogs and Cats. Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practicefile, 38(2):389–401.

- van der Woerd A, Wilkie DA, Myer CW. 1993. Ultrasonographic abnormalities in the eyes of dogs with cataracts: 147 cases (1986-1992). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 203(6):838–841.
- Yan L, He G, Zhou X, Zheng Y, Zhu Y, Yang J, Zhang M, Zhou Y. 2017. Contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of orbital space-occupying lesions. *Clinical Radiology*, 72(9):1–6.
- Yang W, Wei W, Li D. 2012. Quantitative parameter character of choroidal melanoma in contrast-enhanced ultrasound. *Chin Med J*, 125(24):4440–4.
- Zhang Q, Yang H, Kang SJ, Wang Y, Wang GD, Coulthard T, Grossniklaus HE. 2011. In vivo high-frequency, contrast-enhanced ultrasonography of uveal melanoma in mice: Imaging features and histopathologic correlations. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 52(5):2662–2668.

## 9. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Schematische Zeichnung des Augapfels im Vertikalschnitt zur Darstellung der wichtigsten anatomischen Strukturen (modifiziert nach König und Liebich 2005).....62
- Abb. 2:** Halbschematische Darstellung der Blutgefäße des linken Auges von Hund und Katze, Ansicht von dorsal (modifiziert nach Salomon et al. 2008).....62
- Abb. 3:** CEUS Darstellung eines gesunden Auges. H12- rechtes Auge. Demonstrative Darstellung der, basierend auf der Anatomie des Auges, festgelegten Regionen (R1 = Retrobulbärer Raum, R2 = Choroidea/Retina, R3 = mediale-, R4 = laterale anteriore Uvea) im konventionellen (A) und kontrastverstärkten (B) Ultraschall. ....63
- Abb. 4:** H23 - Abszess. 2 Jahre alter, männlich intakter Whippet mit Verdacht eines retro- und peribulbären Abszesses des rechten Auges. Die Diagnose eines retrobulbären Abszesses konnte durch intraoperatives Abfließen von Eiter bestätigt werden. 1: Im B-Mode zeigt sich eine retrobulbäre, 1,4 cm breite, teilweise separierte, echofreie Zone (mit + markiert). 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation ist eine heterogene Anreicherung des retrobulbären Raumes mit Aussparung des Abszesses (+) zu sehen. ....64
- Abb. 5:** H6 - Lymphohistiozytäre Nickhautentzündung (Entzündlicher Pseudotumor). 9 Jahre alter, männlich intakter Pit Bull Terrier mit Verdacht auf eine orbitale Neoplasie des rechten Auges. Mittels Pathohistologie wurde eine lymphohistiozytäre Entzündung der Nickhaut festgestellt. 1: Im B-Mode ist peribulbär eine 3 x 4,6 cm große, solide Umfangsvermehrung (\*) nasal des Auges zu sehen. 2 (A-D): CEUS zeigt ein Anreicherungsmuster von außen nach innen (zentripetal) mit einer anschließend homogenen Ausfüllung des Defektes und einer starken Kontrastintensität. ....65
- Abb. 6:** K5 - Malignes Lymphom. 16 Jahre alte, weiblich kastrierte Europäisch Kurzhaarkatze mit Verdacht eines retrobulbären Prozesses des rechten Auges. Ein malignes Lymphom mit Manifestation im Auge wurde pathohistologisch bestätigt. 1: Im B-Mode ist eine 2,4 x 1,73 cm große, inhomogen echoarme retrobulbäre Raumforderung (+) zu sehen. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation kann eine homogene Anreicherung mit einer anschließend starken Kontrastintensität von innen nach außen (zentrifugal) beobachtet werden. ....66
- Abb. 7:** H17 - Neoplasiebedingte Netzhautablösung. 11 Jahre alter, männlich intakter Mischling mit beidseitiger Netzhautablösung aufgrund eines multiplen Myeloms. 1: Die B-



Mode Aufnahme des rechten Auges zeigt eine echoreiche Verdichtung im Glaskörper. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation konnte die durchblutete Netzhaut (Pfeile) von den übrigen echoreichen (keine Kontrastmittelanreicherung) Strukturen im Glaskörper differenziert werden. Ein auf- und abwandern der Mikrobläschen entlang der Netzhaut war zu sehen.....67

**Abb. 8:** H27 - Uveamelanom. 10 Jahre alter, männlich intakter Cocker Spaniel mit Verdacht einer iridialen Neoplasie des linken Auges. Ein pigmentarmes Uveamelanom wurde pathohistologisch bestätigt. 1: Im B-Mode ist im Bereich der medialen Uvea eine 8,15 x 4,3 mm große echoarme Zubildung (\*) der Iris zu sehen. Weiters ist eine Luxatio lentis posteriores, eine Katarakt (weißer Pfeil) und eine Netzhautablösung (grüner Pfeil) im linken Auge vorhanden. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation reichert sich die Läsion mit einer sich homogen anreichernden, moderaten Kontrastintensität von außen nach innen (zentripetal) an. Die übrige Region weist im Vergleich dazu eine geringere Kontrastintensität auf. Eine Durchblutung der Netzhaut ist im CEUS nicht zu sehen. ....68

**Abb. 9:** K3 - Uveitis. 1 Jahr alte, männlich kastrierte Birmakatze mit Verdacht auf ein entzündliches Geschehen im rechten Auge. 1: Im B-Mode ist neben einer Verbreiterung der vorderen Augenkammer (gestrichelte Linie) eine echoreiche Linie vor der Linse (Pfeil) und ein deutlich abgegrenzter Ziliarkörper (Kreis) sichtbar. Der Augenhintergrund ist echoreich verbreitert. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation stellt sich die Uvea mit einer starken Kontrastintensität dar. Außerdem ist eine deutliche Verbreiterung der kontrastmarkierten Uvea im CEUS zu sehen. ....69

## 10. Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b> Patientendaten Katzen .....	51
<b>Tab. 2:</b> Patientendaten Hunde.....	53
<b>Tab. 3:</b> Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1) .....	58
<b>Tab. 4:</b> Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder, entzündlicher und neoplastischer Augen in R1; KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen. ....	59
<b>Tab. 5:</b> Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retina-Komplexes (R2).....	59
<b>Tab. 6:</b> Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder, entzündlicher und neoplastischer Augen in R2; KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen. ....	60
<b>Tab. 7:</b> Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4).....	60
<b>Tab. 8:</b> Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder und neoplastischer Augen in R3+R4; KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen. ....	61
<b>Tab. 9:</b> Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokulären Raum betreffend (R2+R3+R4) .	61
<b>Tab. 10:</b> Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder und entzündlicher Augen mit Veränderungen den ganzen intraokulären Raum betreffend (R2+R3+R4); KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen. ....	61

**11. Anhang**

Tab. 1: Patientendaten Katzen

Katze	Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/DVD Ophthalmologische Untersuchung	D/DVD CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
K1	EKH	wk	4,4 kg	12 Jahre	OD: Retrobulbärer Prozess mit VD Neoplasie (FROMS).	OD: Retrobulbärer Prozess mit VD entzündliche Infiltration, neoplastische Infiltration nicht vollständig ausgeschlossen.	Neoplasie	<u>Rx Kopf:</u> Rechtseitiger Exophthalmus ohne eindeutig nachweisbare Osteolyse. <u>Rx Thorax:</u> Kein Hinweis auf pulmonale Metastasen.	<u>OP:</u> Exenteratio orbitae OD		OD: Felines restriktives myofibroblastisches Sarkom, DD: Low grade Fibrosarkom	<u>Sektion:</u> Mesenchymaler Tumor retrobulbär OD, Tumor weist keine Ähnlichkeit mit FROMS auf, mäßige granulomatöse Encephalitis.
K2	EKH	w		9 Jahre	OD: Retrobulbärer Prozess mit VD Neoplasie.	OD: VD Steatitis retrobulbär mit fraglicher Osteolyse der Orbita.	Neoplasie	<u>Rx Kopf:</u> Molare des OK u. UK fehlen, 4 mm große ovale zahndichte Dichteerhöhung im linken UK abgrenzbar - Wurzelrest, Incisivi des OK u. UK fehlen, Canini apikal unscharf begrenzte Wurzeln, knöcherne Strukturen soweit auf Summationsbild beurteilbar unauffällig, Weichteilschwellung um rechte Orbita abgrenzbar, Exophthalmus OD.	<u>Medikamente:</u> Systemisch: Meloxicam, Amox/Clav.			<u>Follow-up:</u> Kein Ansprechen auf Therapie.
K3	Birma	mk		1 Jahr	OD: Sklerastaphyloom vs. Alte Verletzung vs. Uveitis, OU: Herpeskonjunktivitis.	OD: Membran vordere Augenkammer, Uveitis.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Atropin, Oxytetracyclin-Prednisolon, Yellowx Systemisch: Metacam, Famciclovir	<u>Kammerwasser:</u> FCoV Nukleinsäurennachweis positiv		<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.
K4	EKH	wk	4,80 kg	4 Jahre	OS: Exophthalmus - V.a. Adenitis der Gl. zygomatica, OS: Oberflächlich - stromales Hornhautulcus (ggr. einschmelzend), OD: Paraxiales mid-stromales Hornhautulcus, reepithelisiert, OU: Extraokuläre Myositis, OU: Ggr.-mgr. Konjunktivitis (VD FHV 1 +/- Chlamydien +/- Mycoplasmen).	OS: Entzündung der Gl. Zygomatica. OU: VD Myositis	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Vigamox, Solcoseryl Systemisch: Famciclovir, Metacam, Cefovecin			<u>Weiterer Verlauf:</u> OS: Hornhautperforation post Kollagenaseulkus. <u>Enukleation OS+ Gewebeprobe für Pathologie:</u> Subakute Hornhautperforation mit vorderer Synechie und intensiver chronisch-eitriger Entzündung der ulkusnahen Strukturen; fragliche Phakolyse (möglicherweise durch Präparationsartefakt vorgetäuscht); massives Ödem der Uvea mit partieller Ablösung der Chorioidea. Hinweise auf ein Tumorgeschehen finden sich nicht.
K5	EKH	wk	3,0 kg	16 Jahre	OD: Retrobulbärer Prozess vermutlich von Nase ausgehend.	OD: Retro- und peribulbäre Neoplasie.	Neoplasie	<u>Rx Kopf:</u> Ausgedehnte Weichteilschwellung der rechten Gesichtshälfte.	Euthanasie		Malignes Lymphom mit Manifestation in Darm, Nieren und retrobulbären Gewebe des rechten Auges. Die Morphologie des Lymphoms passt am ehesten zu einem Histiocytenreichen T cell rich B-cell Lymphom. Zur weiteren Abklärung müsste jedoch eine Immunhistochemie angeschlossen werden.	

Katze	Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/VD Ophthalmologische Untersuchung	D/VD CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
K6	EKH	mk	3,9 kg	5 Jahre	OS: Retrobulbärer Prozess (Fremdkörper vs. Abszess).	OS: Retro- und peribulbäre Steatitis bzw. Entzündung, Myositis - VD auf Fremdkörper retrobulbär.	Entzündung		OP: OS: Abszessspaltung über Mundhöhle+ Fremdkörper Entfernung. Medikamente: Systemisch: Kesium, Metacam			Follow-up: Guter Verlauf.
K7	EKH	wk	3,9 kg	13 Jahre	OS>OD: Konjunktivitis, v.a. peribulbären/retrobulbären Prozess.	OS: VD auf retrobulbäre Steatitis und Myositis, DD Infiltration.	Entzündung		Medikamente: Lokal: Oxytetracyclin AS, HyCare Systemisch: Urbason, Famotidin			Follow-up: OS>OD: Konjunktivitis OU: Myositis und Steatitis der extraokulären Muskulatur gebessert OS: erschwerte Retropulsion, Lidschwellung, insb. im nasalen Kanthus  Weiterer Verlauf: Dermatologie/ Onkologie: PEK beider Ohren. Ophthalmologie: OS: ggr. Konjunktivitis, OS: hgr. Verdacht auf cutanes/palpebrales PEK --> Enukeleatio bulbi OS --> Pathologie: Kutanes Hämangiosarkom.

Abkürzungsverzeichnis: Amox/Clav.: Amoxicillin/Clavulansäure, AS: Augensalbe, D: Diagnose, DD: Differentialdiagnose, EKH: Europäisch Kurzhaar, FCoV: Felines Coronavirus, FHV 1: Felines Herpesvirus 1, FROMS: Felines restriktives myofibroblastisches Sarkom, K: Katze, KGW: Körpergewicht, m: männlich, mk: männlich kastriert, OD: Oculus dexter (rechtes Auge), OK: Oberkiefer, OP: Operation, OS: Oculus sinister (linkes Auge), OU: Oculus utriusque (beide Augen), PEK: Plattenepithelkarzinom, Rx: Röntgen, UK: Unterkiefer, VD: Verdachtsdiagnose, w: weiblich, wk: weiblich kastriert.

Tab. 2: Patientendaten Hunde

Hund	Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/VD Ophthalmologische Untersuchung	D/VD CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Bakteriologische Untersuchung	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
H1	Golden Retriever	wk	33 kg	12 Jahre	OS: Panuveitis, OS: Ablatio retinae, OS: Sekundärglaukom, Hydrophthalmus.	OS: Ablatio retinae. OD: A. hyaloidea persistenz.	Netzhautablösung		OP: Enucleatio bulbi OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Kesium			OS: Uveitis anterior, partielle Ablatio retinae mit Hypertrophie des retinalen Pigmentepithels, Glaukom.	<u>Follow-up:</u> Guter Verlauf.
H2	Labrador Retriever	mk	30,9 kg	10 Jahre	OS: VD Irismelanom (Malignitätshinweise) mit Beteiligung Ziliarkörper/Fundus, bullöse Ablatio retinae, OD: Cataracta incipiens, OD: Glaukörperdegeneration.	OS: Neoplasie ausgehend von der Iris, die über den Ziliarkörper nach caudal in den Glaskörper bis zum Augenhintergrund zieht, Ablatio retinae (durchblutet).	Neoplasie	<u>Rx Thorax:</u> Fraglicher pulmonaler Rundherd im rechten 5. ICR, VD Artefakt, Mikrohepatopathie, VD Rasse- bedingt, DDx Zirrhose/Fibrose, Omarthrose <u>Ultraschall Abdomen:</u> Bauchorgane unauffällig.	OP: Enucleatio bulbi OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin		OS: Umfangreiches Melanom der Uvea mit Anzeichen für infiltratives Wachstum.		
H3	Yorkshire Terrier	wk	2,5 kg	13 Jahre	OS: UV nasaler rostraler Bereich der Orbita- VD Neoplasie, OS: Cataracta hypermatura, OS: VD Luxatio vs. Subluxatio lentis, OD: Nukleussklerose.	OS: Neoplasie nasal (2x1,6cm), fragliche Nickhautneoplasie, DDx Drüse, Verlagerung des Bulbus mit VD auf Linsensubluxation und Katarakt. OD: Beginnende Katarakt.	Neoplasie	<u>Ultraschall Abdomen:</u> Leberherde, VD degenerativ, Leberverkalkungen Milz Hämosiderinablagerungen, fragliches Myelolipom craniale Milz, DDx Narbe Dünndarm Lymphangiektasien, chronische Enteritis, Futtermittelnunverträglichkeit.				Hund wurde aufgrund einer UV in der Maulhöhle vom HTA euthanasiert.	
H4	Deutscher Schäferhund	w	28,6 kg	10 Jahre	OS: SCCED, OD: Retrobulbärer Prozess, VD Neoplasie, OU: Glaswollstar.	OD: VD auf retrobulbäre Raumforderung mit Begleitödem, Abgrenzbarkeit aufgrund Mineralisation erschwert, fragliche Beteiligung der Knochenstrukturen.	Neoplasie						Andere Erkrankungen: Fragliche Herzinsuffizienz
H5	Border Collie	mk	24 kg	11 Jahre	OS: Retrobulbärer Prozess mit VD Neoplasie.	OS: Nickhaut-assoziierte Neoplasie (2,2x2,5cm).	Neoplasie		OP: Resektion der Nickhaut- assoziierte Neoplasie OS <u>Medikamente:</u> Lokal: Floxal Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Kesium		<u>Nickhaut:</u> (Dignitäts-) Beurteilung der Probe durch artifizielle Veränderungen erschwert. Diagnose: Tubuläres bis solides Adenokarzinom	Nickhaut OS: Mäßig gut differenziertes tubuläres bis solides Karzinom. Spindelzellkomponente, die sich an manchen Stellen findet, lässt an Myoepithel Beteiligung denken.	<u>Follow-up:</u> Guter Verlauf.
H6	Pit Bull Terrier	m	30 kg	9 Jahre	OD: VD orbitale Neoplasie, DDx entzündliche Veränderungen des periobitalen Gewebes.	OD: VD Neoplasie der Nickhaut.	Entzündung		OP: Resektion Nickhaut- assoziierte Neoplasie OD <u>Medikamente:</u> Sytemisch: Carprofen, Famotidin		<u>Nickhaut:</u> Sehr intensive chronische, nicht eitrige Weichteilentzündung. Mit Rücksicht auf die Lokalisation, Verdacht auf noduläre granulomatöse Episkleritis.	Nickhaut OD: Lymphohistiozytäre Entzündung (Entzündlicher Pseudotumor).	<u>Follow-up:</u> Verlauf mit post OP Therpie und Ciclosporin (post Pathologiebefund) gebessert.  <u>Weiterer Verlauf:</u> Beginnendes Rezidiv, ultrasonographisch bestätigt.
H7	Deutscher Schäferhund	w	22 kg	8 Jahre	OS: Exophthalmus, retrobulbärer Prozess, DDx Abszess, Myositis, Fremdkörper, autoimmuner Prozess (Masticatory Myositis).	OS: Entzündlicher retrobulbärer Prozess mit Myositis, derzeit keine Fremdkörper oder abgrenzbare Raumforderung erkennbar, Kontrastdarstellung spricht für vermehrte Durchblutung, VD Phlegmone.	Entzündung		OP: OS: Eröffnen des retrobulbären Raumes und Exploration Orbita: spontanes Abfließen mgr. Eitermengen. <u>Medikamente:</u> Systemisch:Carprofen, Famotidin, Amox/Clav.	<u>Tupferprobe:</u> Mgr. Staphylococcus pseudintermedius			

Hund	Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/DVD Ophthalmologische Untersuchung	D/DVD CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Bakteriologische Untersuchung	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
H8	Papillon	mk	3,6 kg	4 Jahre	OS: Retrobulbärer Prozess, VD neoplastisch; isoliertes Defizit des N. oculomotorius (Ophthalmoplegia interna) --> VD: Schwannom, DDx entzündlich.	OD>OS: VD ggr. retrobulbäres Ödem.	Neoplasie	<u>MRT Gehirn nativ und Kontrastmittelgestützt:</u> Raumfordernde Masse im Bereich des Schädelbasis - Neoplasie: DD Choroid Plexus Papillom/Karzinom, Hypophysentumor (Adenom, Adenokarzinom), Lymphom, intraaxialer Tumor anderer Genese (weniger wahrscheinlich), VD sekundäre Infiltration der linken II., IV., V./R. ophtalmicus und VI. Kopfnerven (Sinus cavernosus Syndrom) <u>Rx Thorax:</u> Kein Hinweis auf pulmonale Rundschaten. <u>Ultraschall Abdomen:</u> Ggr. Gastritis, ggr. Colitis, mgr. Gallenblasensludge.					<u>Onkologie:</u> Sinus cavernosus syndrome, DDx Lymphom, Neuroendokriner Tumor, Hypophysenadenom.
H9	Französische Bulldogge	wk	10,2 kg	11 Jahre	OS: Ggr. Exophthalmus (VD retrobulbärer Prozess Steatitis +/- Myositis +/- Abszess), OS: Konjunktivale Hyperämie, OU: Makroblepharon, OU: Cataracta immatura, OU: Hornhautfibrosierungen +/- chronische ggr. Keratitis.	OU: Ggr. Steatitis, retrobulbäres Ödem links > rechts, Katarak, echoreiche Partikel im Glaskörper.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Aquatears Systemisch: Rimadyl, Kesium, Famotidin				<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.
H10	Chihuahua	wk	4 kg	7 Jahre	OS: Hpyerplasie der Nickhautdrüse, Nickhautdrüse in normaler Position, OS: V.a. Adenitis der Gl. Zygomatica (DD Steatitis, Myositis, Neoplasie), OU: Konjunktivitis.	OS: VD ggr. Steatitis retrobulbär mit VD eines kleinen Fremdkörpers mit Abkapselung.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Kesium, Famotidin				<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.
H11	Labrador Retriever	w	25,5 kg	1 Jahr	OS: Verdacht post Trauma Fremdkörper mit Bulbusperforation (hgr. Hornhautödem), posttraumatische hgr. Enophthalmitis.	OS: Linearer Fremdkörper, Trübung des Glaskörpers und der vorderen Augenkammer, Reaktion der Iris.	Entzündung		<u>OP:</u> Enucleatio bulbi OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin			OS: Massive eitrige Endophthalmitis.	
H12	Rauhaardackel	m	8,2 kg	1 Jahr	OS: Retro- und peribulbärer Abszess (VD Fremdkörper).	OS: Abszess frontal und peribulbär, Fremdkörper nicht ausgeschlossen.	Entzündung		<u>OP:</u> OS: Spalten und Sanieren des Abszesses. <u>Medikamente:</u> Lokal: Ofloxacin Systemisch: Meloxicam, Amox/Clav.	<u>Tupferprobe:</u> Vereinzelt Staphylococcus pseudintermedius, mgr. Pasteurella sp.			
H13	Mischling	mk	23 kg	7 Jahre	OD: VD peri-/ retrobulbärer Prozess, OD: Ggr. Glaswollstar.	OD: VD Myositis, Steatitis bzw. retrobulbäres Ödem.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Systemisch: Prednisolon, Famotidin, Amox/Clav.				<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.

Hund Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/V/D Ophthalmologische Untersuchung	D/V/D CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Bakteriologische Untersuchung	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
H14	Mischling	mk	12 kg	1 Jahr	OD: Retrobulbärer und peribulbärer Prozess mit VD Abszess +/- Myositis/Steatitis +/- Neoplasie, OD: Exophthalmus, OD: Lagophthalmus.	OD: VD retrobulbärer Abszess mit fraglichem Fremdkörper.	Entzündung		OP: OD: Eröffnen des retrobulbären Raumes. <u>Medikamente:</u> Lokal: HyCare Systemisch: Meloxicam, Amox/Clav.	<u>Tupferprobe:</u> Mgr. Pasteurella sp., mgr. Enterococcus sp.		<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.
H15	Dalmatiner	w	28 kg	7 Jahre	OU: VD Masticatory Muscle Myositis vs. extraokuläre immundierte Myositis +/- Steatitis, OU: Exophthalmus, OU: Nickhautvorfall.	OU: VD retrobulbäre Myositis.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Systemisch: Carprofen, Cyclosporin, Omeprazol			<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.  Vorerkrankungen: Diabetes mellitus.
H16	Chihuahua	mk	2 kg	5 Jahre	OD: Cataracta immatura mit Linsen induzierte Uveitis, OD: VD Ablatio retinae, ERG: OD keine Netzhautfunktion nachweisbar.	OD: Katarakt, Ablatio retinae mit Blutung (älter) im Glaskörper, unter der Netzhaut echoreiche, 6 mm große Verdichtung, Läsion, Blutung am Augenhintergrund temporal, Steatitis retrobulbär, fraglicher Fremdkörper retrobulbär mit Ödem- DD: Blutung.	Neoplasie	<u>Rx Kopf:</u> Multiple Zähne fehlen, CT zur weiteren Abklärung der retrobulbären Region und Zahnkonsult empfohlen.	<u>Medikamente:</u> Lokal: Bromfenac			
H17	Mischling	m	4,55 kg	11 Jahre	OS: Sekundärglaukom, Hydrophthalmus, OU: Intravitreale Blutung OS-OD, VD: Thrombozytopathie, Hyperviskositätssyndrom, DD: Von Willebrand Erkrankung, AD: Multiples Myelom (siehe Besonderheiten).	OS: Glaukom mit Ablatio retinae und Blutungen im Glaskörper - geringe Durchblutung der Retina. OD: Ablatio retinae mit Blutungen im Glaskörper - Zeichen einer Durchblutung der Retina.	Netzhautablösung	<u>Ultraschall Abdomen:</u> Multiple Leberherde unterschiedlicher Größe- VD: noduläre Hyperplasie, Ggr. Harnblasensediment- DD: Kristalle, Zellen.				Überwiesen mit AD Multiples Myelom und Mitralklappeninsuffizienz.
H18	Dachshund	m	8,50 kg	8 Jahre	OS: Retrobulbärer Prozess mit VD Entzündung vs. Neoplasie.	OS: Retro- und peribulbäres Ödem, Glaskörperpartikel; VD: entzündlicher Genese.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Kesium			<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie.
H19	Labrador Retriever	m	29 kg	10 Jahre	OD: Intraokuläre Neoplasie/ Irisneoplasie, VD Irismelanozytom, OU: Nukleusklerose.	OD: Neoplasie Iris mit VD auf Blutung im Glaskörper.	Neoplasie		OP: Erukatio bulbi OD <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin		OD: Neuroektodermaler Tumor. Die Klassifikation ist nicht eindeutig. Vermutlich handelt es sich um ein vom iridociliaren Epithel ausgehendes Adenom, aufgrund der Rosettenbildung kann aber ein Medulloepitheliom nicht ausgeschlossen werden.	<u>HTA Ultraschall Abdomen:</u> Große Masse zwischen Niere und Milz gefunden, jedoch keine genaue Zuordnung möglich.



Hund	Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/V/D Ophthalmologische Untersuchung	D/V/D CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Bakteriologische Untersuchung	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
H20	Shih Tzu	wk	6,4 kg	15 Jahre	OS: VD retrobulbärer Prozess, OS: Axiales mid-stromales Hornhautulcus, OS: KCS, vermutlich neurogen-Facialisparsie, OD: Hyphaema, OD: Keratitis pigmentosa, OU: Makroblepharon.	OS: Netzhautablösung mit Blutung im Glaskörper, VD auf Linsenruptur mit Blutungen in die vordere Augenkammer, Glaukom. OD: Netzhautablösung mit Blutung.	Netzhautablösung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Vigamox, Solcoseryl, HyCare				<p><u>1. Follow-up:</u> Verlauf gebessert, ulcerierte Hornhautoberfläche ist reepithelisiert.</p> <p><u>2. Follow-up:</u> OD: Hornhautulcus, chronische Expositionskeratitis, VD Uveitis anterior OS: Hornhautfacette, beginnende Phthisis bulbi, OS: KCS, vermutlich neurogen OU: Keratitis pigmentosa OU: Makroblepharon OU: Ablatio retinae (ultrasonographisch)</p> <p>Schlechtes Allgemeinverhalten; Chronische Niereninsuffizienz, Anämie; VD auf Morbus Cushing und Kardiopathie. --&gt; Euthanasie</p>
H21	Malteser	m	8 kg	9 Jahre	OD: VD retrobulbärer Prozess, OD: Keratitis pigmentosa, OD: Cataracta hypermatura, OS: Post Phako (Kunstlinse in situ), ggr. Nachstarbildung, OS: Retinaatrophie, OU: Post Panuveitis.	OD: Myositis vs. Steatitis, Glaskörperpartikel mit Fibrin, ggr. Netzhautablösung, VD Glaukom, Katarakt.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Yellox, HyCare, Voltaren				
H22	Mischling	mk	23 kg	9 Jahre	OS: Hgr. Hyphäma unklarer Genese, DD: Posttraumatisch, intraokuläre Neoplasie, OS: VD Ablatio retinae, OD: Nukleusklerose.	OS: Ablatio retinae mit Glaskörperblutung, VD Katarakt.	Netzhautablösung	<u>MRT:</u> Multiple ggr. raumfordende zystische Veränderungen (VD extraaxial) im rechten Cerebrum und Cerebellum mit dezentem rim enhancement - VD arachnoidale Zysten, DD parasitäre Zysten (Hydatid- oder Taeniazysten), zystische Neoplasien/Metastasen (aufgrund des mangelnden eindeutigen Tumorgewebe weniger wahrscheinlich).					<p><u>Neurologie:</u> Zentrales Vestibulärsyndrom VD: neoplastisch, entzündlich <u>Therapie:</u> Prednisolon, Esomeprazol, Ringerlsg. mit Kalium Erhaltung.</p>
H23	Whippet	m	16 kg	2 Jahre	OD: Retro- und peribulbärer Abszess, Exophthalmus, OD: Paraxial temporal oberflächlich stromales Hornhautulcus, OD: Ggr. Lagophthalmus, OD: Expositionsbedingte Konjunktivitis, Vorfall hyperplastischer Nickhautdrüse.	OD: Abszess bzw. Flüssigkeitsansammlung retrobulbär, temporal und ventral.	Entzündung		<p><u>OP:</u> OD: Retrobulbärer Abszess von oral gespalten; Nickhautschürze+ temporäre Tarsorrhaphie</p> <p><u>Medikamente:</u> Lokal: Halomycetin Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Theros</p>	<p><u>Tupferprobe:</u> Ggr. Neisseria zoodegmatis</p>			<p><u>Follow-up:</u> Nahtentfernung, gutes Ansprechen auf Therapie.</p>

Hund Rasse	Geschlecht	KGW	Alter	D/VD Ophthalmologische Untersuchung	D/VD CEUS	Diagnosegruppe	Diagnose Rx/MRT/CT	Intervention	Bakteriologische Untersuchung	Biopsie	Pathologie	Besonderheiten
H24	Mischling	w	13 kg	4 Jahre	OU: Uveitis anterior (Linsen-induziert vs. Infektiös vs. Andere), OU: Occlusio pupillae.	OU: Katarakt, VD Uveitis, Ödem der Netzhaut.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Lokal: Acular			Vorerkrankungen: Anaplasiose.
H25	Cavalier King Charles Spaniel	wk	8 kg	5 Jahre	OD: Exophthalmus - VD retrobulbärer Prozess, OD: Axiale Hornhautfibrose (post Hornhautulcus), OS: Mikrophthalmus, kongenitale Katarakt, OU: Ggr. Distichiasis.	OD: Vergrößerter Bulbus, VD Steatitis retrobulbär, Myositis. OU: Katarakt.	Entzündung		<u>Medikamente:</u> Systemisch: Metacam, Famotidin			<u>Follow-up:</u> Gutes Ansprechen auf Therapie (Exophthalmus Remission), Zusätzlich: Optimune AS.
H26	Katalanischer Hütehund	mk	31 kg	7 Jahre	OS: Medialer Strabismus (N. Abducens Paralyse vs. retrobulbärer Prozess - Neoplasie vs. entzündlich).	OS: Retrobulbäre Neoplasie (2,1x2,4cm).	Neoplasie	<u>MRT:</u> OS: Retrobulbäre Raumforderung - Neoplasie. Derzeit kein eindeutiger Hinweis auf Knochen- oder Gehirnbeteiligung. VD ggr. Hirnatrophie.	<u>OP:</u> Exenteratio orbitae OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Kesium		OS: Kanines orbitales Meningiom.	Vorgeschichte von epileptiformen Anfällen- wird nicht therapiert.
H27	Cocker Spaniel	m	17,5 kg	10 Jahre	OS: VD iridale Neoplasie, OS: Hydrophthalmus, OS: Luxatio lentis posterior, OS: Ggr. chronische Uveitis anterior, OS: Lid-UV, OD: Glaswollstar, OU: Irisatrophie, OU: Makroblepharon.	OS: Neoplasie Iris (8,15 x 4,3mm), Linsenluxation, Katarakt, Ablatio retinae, Partikel im Glaskörper.	Neoplasie	<u>Rx Thorax:</u> Kein Hinweis auf Lungenmetastasen bzw. auf intrathorakale Lymphknotenvergrößerung.	<u>OP:</u> Enukleatio bulbi OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin, Kesium		OS: Ausgedehntes, pigmentarmes Melanom der Uvea mit Einbrüchen in die Blutgefäße der Sklera.	
H28	Französische Bulldogge	mk	16,5 kg	10 Jahre	OS: Uvea-assozierte Neoplasie, OU: Okulares Brachycephalensyndrom.	OS: Neoplasie Iris (2 x 3,2mm).	Neoplasie					Vorerkrankungen: Tumor an der Bauchwand.
H29	Dackel	wk	6,20 kg	9 Jahre	OS: Retrobulbärer Prozess mit VD Abszess vs. Neoplasie, OU: Quantitative KCS.	OS: Katarakt, Multiple Blutungen/Hämatome intrabulbär, Retinaablösung.	Netzhautablösung		<u>OP:</u> Enukleatio bulbi OS <u>Medikamente:</u> Systemisch: Rimadyl, Famotidin		OS: Fokale Perforation des Bulbus mit konsekutivem episkleralem demarkierenden und organisierenden Granulationsgewebe. Das im Bereich der Perforationsstelle des Bulbus zu findende spindelzellige Gewebe wird als reaktives (demarkierendes und Blutungen organisierendes) Gewebe angesehen. Da dieses Gewebe nicht den gefäßreichen und klassischen Aufbau eines Granulationsgewebes hat wurde differenzialdiagnostisch ein amelanotisches Melanom in Betracht gezogen. Mittels immunhistochemischer Untersuchung ließ sich dieses Gewebe jedoch nicht als von Melanozyten ausgehendes Gewebe identifizieren.	

Abkürzungsverzeichnis: AD: Arbeitsdiagnose, Amox/Clav.: Amoxicillin/Clavulansäure, AS: Augensalbe, D: Diagnose, DD: Differentialdiagnose, ERG: Elektroretinogramm, H: Hund, HTA: Haustierarzt, ICR: Interkostalraum, KGW: Körpergewicht, KCS: Keratokonjunctivitis sicca, m: männlich, mk: männlich kastriert, OD: Oculus dexter (rechtes Auge), OP: Operation, OS: Oculus sinister (linkes Auge), OU: Oculus utriusque (beide Augen), Rx: Röntgen, SCCED: Spontaner chronischer cornealer Epitheldefekt, UV: Umfangsvermehrung, VD: Verdachtsdiagnose, w: weiblich, wk: weiblich kastriert.

**Tab. 3:** Fälle mit retro-/peribulbären Veränderungen (R1)

Nr.	Nationale	Ursache		OD				OS			
		Neoplasie	Entzündung	KI	HO	WI	WO	KI	HO	WI	WO
H3	Yorkshire Terrier, wk, 2,5kg, 13 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges		3	2	3	70	3	2	5	70
H4	DSH, w, 28,6kg, 10 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges		3	2	13	120	-	-	-	-
H5	Border Collie, mk, 24kg, 11 J	Karzinom		-	-	-	-	3	1	11	70
H6	Pit Bull Terrier, m, 30kg, 9 J		Lymphohistiozytäre Nickhautentzündung	3	2	17	40	2	1	18	78
H7	DSH, w, 22kg, 8 J		Abszess	2	1	32	73	3	1	30	95
H8	Papillon, mk, 3,6kg, 4 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges		2	1	14	103	2	1	19	98
H9	Französische Bulldogge, wk, 10,2kg, 11 J		Steatitis	2	1	14	50*	2	1	15	68*
H10	Chihuahua, wk, 4kg, 7 J		Steatitis	2	2	9	65	3	1	8	84
H12	Rauhaardackel, mk, 8,2kg, 1 J		Abszess	3	2	10	70	1	2	14	63
H13	Mischling, mk, 23kg, 7 J		Myositis, Steatitis	1	2	11	73	-	-	-	-
H14	Mischling, mk, 12kg, 1 J		Abszess	1	1	11	58	2	2	7	75
H15	Dalmatiner, w, 28kg, 7 J		Myositis	2	2	8	31	2	2	10	34
H18	Dachshund, m, 8,50kg, 8 J		Myositis	3	1	8	65	2	1	9	58
H21	Malteser, m, 8kg, 9 J		Myositis vs. Steatitis	3	1	8	64	3	2	7	78
H23	Whippet, m, 16kg, 2 J		Abszess	3	1	16	81	2	2	15	64
H25	CKCS, wk, 8kg, 5 J		Myositis, Steatitis	2	1	10	90	3	2	10	40
H26	Katalanischer Hütehund, mk, 31kg, 7 J	Kanines orbitales Meningiom		1	1	15	45	2	1	15	35
K1	EKH, wk, 4,4kg, 12 J	Felines restriktives myofibroblastisches Sarkom		3	1	5	50	3	2	5	36
K2	EKH, w, 9 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges		3	2	7	73	2	1	5	
K4	EKH, wk, 4,80kg, 4 J		Myositis	3	1	9	77	3	1	11	71
K5	EKH, wk, 3,0kg, 16 J	Malignes Lymphom		3	2	10	30	3	1	11	27
K6	EKH, mk, 3,9kg, 5 J		Abszess	3	1	7	63	2	1	10	43
K7	EKH, wk, 3,9kg, 13 J		Myositis, Steatitis	2	1	11	37	3	1	12	41

**Abkürzungsverzeichnis:** Nr: Nummer, H: Hund, K: Katze, w: weiblich, wk: weiblich kastriert, m: männlich, mk: männlich kastriert, kg: Kilogramm, J: Jahre, DSH: Deutscher Schäferhund, CKSS: Cavalier King Charles Spaniel, EKH: Europäisch Kurzhaar, OD: Oculus dexter, OS: Oculus sinister, KI: Kontrastintensität: 1= geringe Kontrastmittelintensität, 2= moderate Kontrastmittelintensität, 3= stark sichtbare Kontrastmittelintensität, HO: Homogenität: 1= heterogen, 2= homogen, WI: Wash-in in Sekunden, WO: Wash-out in Sekunden.

Werte, wo eine Pathologie vorlag, sind rot geschrieben. Ursachen die durch die Pathologie, einen diagnostischen chirurgischen Eingriff oder das Ansprechen auf eine Therapie bestätigt wurden, sind grün geschrieben. Jene Fälle, bei welchen kein Video vorhanden war sind mit einem - gekennzeichnet. (xy)\* kennzeichnet jene Werte, bei welchen in Bezug auf ein beidseitig identes Geschehen eine Abweichung von  $\pm 10$  Sekunden beim WI und WO existierte.

**Tab. 4:** Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder, entzündlicher und neoplastischer Augen in R1; KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen.

	KI	HO	WI (Sek.)	WO (Sek.)
<b>Gesund</b>	2	1	11	62
<b>Entzündung</b>	2	1	12	62
<b>Neoplasie</b>	3	2	10	69

**Tab. 5:** Fälle mit Veränderungen des Choroid-Retina-Komplexes (R2)

Nr	Nationale	Ursache		OD				OS			
		Neoplasie	Netzhautablösung	KI	HO	WI	WO	KI	HO	WI	WO
<b>H1</b>	Golden Retriever, wk, 33kg, 12 J		Trauma	2	1	14	45	3	1	11	52
<b>H2</b>	Labrador Retriever, mk, 30,9kg, 10 J	Melanom		3	2	18	45	3	2	7	35
<b>H16</b>	Chihuahua, mk, 2kg, 5 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges		3	2	7	86	3	2	6	80
<b>H17</b>	Mischling, m, 4,55kg, 11 J		Neoplasie	3	2	11	74	2	1	11	68
<b>H20</b>	Shi Tzu, wk, 6,4kg, 15 J		Systemerkrankung	3	2	8	90	3	2	9	94
<b>H22</b>	Mischling, mk, 23kg, 9 J		Degenerativ	2	1	11	53	3	1	9	55
<b>H29</b>	Dackel, wk, 6,20kg, 9 J		Trauma	3	1	9	108	3	2	8	50

**Abkürzungsverzeichnis:** Nr: Nummer, H: Hund, wk: weiblich kastriert, m: männlich, mk: männlich kastriert, kg: Kilogramm, J: Jahre, OD: Oculus dexter, OS: Oculus sinister, KI: Kontrastintensität: 1= geringe Kontrastmittelintensität, 2= moderate Kontrastmittelintensität, 3= stark sichtbare Kontrastmittelintensität, HO: Homogenität: 1= heterogen, 2= homogen, WI: Wash-in in Sekunden, WO: Wash-out in Sekunden.

Werte, wo eine Pathologie vorlag, sind rot geschrieben. Ursachen die durch das klinische Erscheinungsbild, die Pathologie, einen diagnostischen chirurgischen Eingriff oder das Ansprechen auf eine Therapie bestätigt wurden, sind grün geschrieben. \* H17: systemische Neoplasie - Multiples Myelom.

**Tab. 6:** Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder, entzündlicher und neoplastischer Augen in R2;  
KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen.

	KI	HO	WI (Sek.)	WO (Sek.)
<b>Gesund</b>	2	2	12	64
<b>Neoplasie</b>	3	2	7	61
<b>Netzhautablösung</b>	3	2	10	69

**Tab. 7:** Fälle mit Veränderungen der Uvea anterior (R3+R4)

Nr	Nationale	Ursache	OD					OS				
			R3		R4			R3		R4		
		Neoplasie	KI	HO	KI	WI	WO	KI	HO	KI	WI	WO
<b>H19</b>	Labrador Retriever, m, 29kg, 10 J	Neoplasie neuroektodermalen Ursprunges	2	2	0	20	78	0	x	0	21	41
<b>H27</b>	Cocker Spaniel, m, 17,5kg, 10 J	Melanom	1	x	1	11	32	2	2	1	13	50
<b>H28</b>	Französische Bulldogge, mk, 16,5kg, 10 J	Neoplasie unbekannten Ursprunges	2	x	2	12	45	1	x	2	12	44

**Abkürzungsverzeichnis:** Nr: Nummer, H: Hund, w: weiblich, m: männlich, mk: männlich kastriert, kg: Kilogramm, J: Jahre, OD: Oculus dexter, OS: Oculus sinister, R3: mediale anteriore Uvea, R4: laterale anteriore Uvea, KI: Kontrastintensität: 0= kein Kontrastmittel sichtbar, 1= geringe Kontrastmittelintensität, 2= moderate Kontrastmittelintensität, 3= stark sichtbare Kontrastmittelintensität, HO: Homogenität: 1= heterogen, 2= homogen, WI: Wash-in in Sekunden, WO: Wash-out in Sekunden.

Werte, wo eine Pathologie vorlag, sind rot geschrieben. Ursachen die durch die Pathologie, einen diagnostischen chirurgischen Eingriff oder das Ansprechen auf eine Therapie bestätigt wurden, sind grün geschrieben. Jene Fälle, bei denen eine Beurteilung bestimmter Kriterien nicht möglich war, sind in der Tabelle mit einem „x“ gekennzeichnet.

**Tab. 8:** Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder und neoplastischer Augen in R3+R4; KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen.

	KI R3	KI R4	WI (Sek.)	WO (Sek.)
<b>Gesund</b>	1	1	14	47
<b>Neoplasie</b>	2	1	15	57

**Tab. 9:** Fälle mit Veränderungen den ganzen intraokulären Raum betreffend (R2+R3+R4)

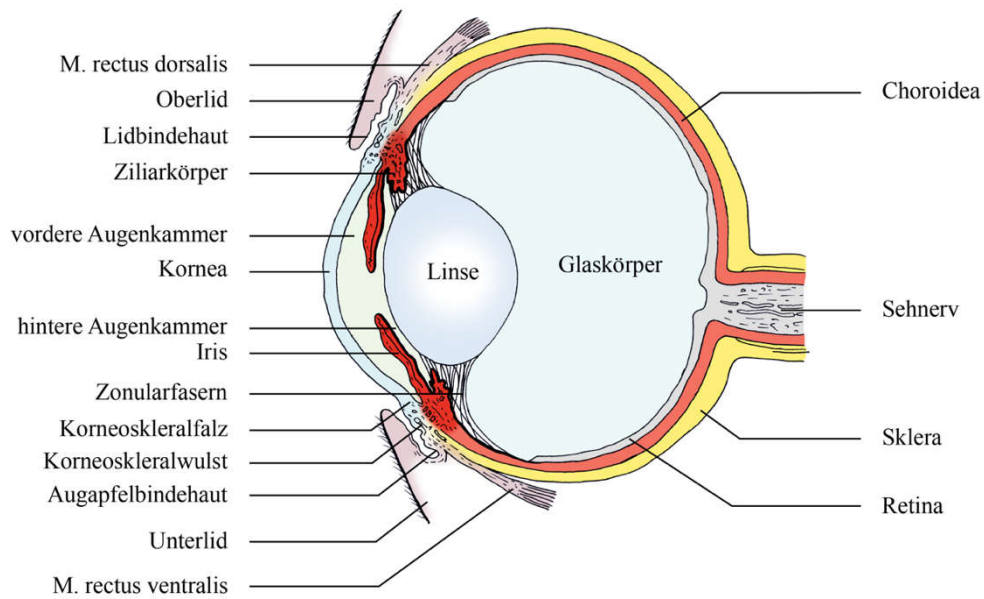
Nr	Nationale	Ursache	OD					OS				
			R2		R3+R4			R2		R3+R4		
		Entzündung	KI	HO	KI	WI	WO	KI	HO	KI	WI	WO
<b>H11</b>	Labrador Retriever, w, 25,5kg, 1 J	Endophthalmitis	1	2	2	19	60	2	2	2	17	75
<b>H24</b>	Mischling, w, 13kg, 4 J	Uveitis	2	2	1	11	56	2	2	1	11	54
<b>K3</b>	Birma, mk, 1 J	Uveitis	3	2	3	6	78	2	2	2	6	56

**Abkürzungsverzeichnis:** Nr: Nummer, H: Hund, K: Katze, w: weiblich, mk: männlich kastriert, kg: Kilogramm, J: Jahre, OD: Oculus dexter, OS: Oculus sinister, R2: Retina, Choroidea, R3: mediale anteriore Uvea, R4: laterale anteriore Uvea, KI: Kontrastintensität: 1= geringe Kontrastmittelintensität, 2= moderate Kontrastmittelintensität, 3= stark sichtbare Kontrastmittelintensität, HO: Homogenität: 1= heterogen, 2= homogen, WI: Wash-in in Sekunden, WO: Wash-out in Sekunden.

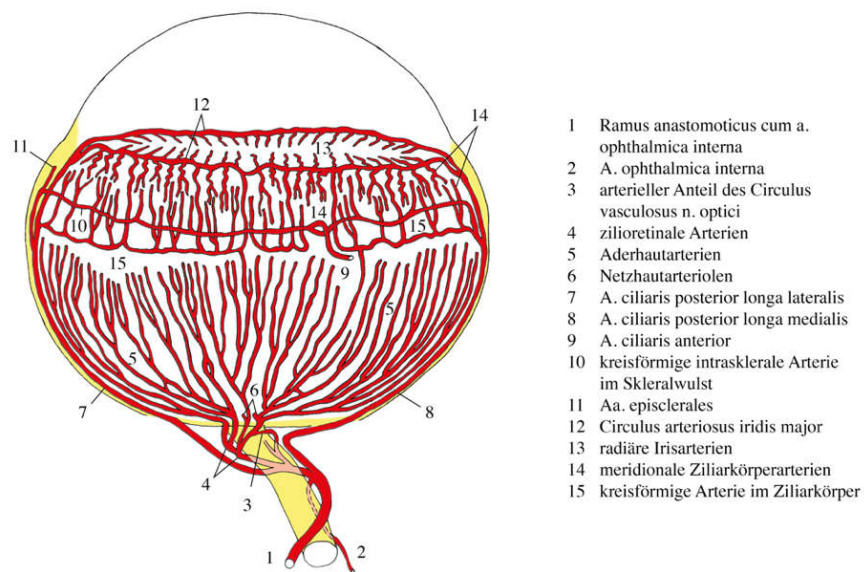
Werte, wo eine Pathologie vorlag, sind rot geschrieben. Ursachen die durch die Pathologie, einen diagnostischen chirurgischen Eingriff oder das Ansprechen auf eine Therapie bestätigt wurden, sind grün geschrieben.

**Tab. 10:** Durchschnittliche Kontrastintensität (KI), Homogenität (HO), WI-, WO Zeit (in Sekunden) gesunder und entzündlicher Augen mit Veränderungen den ganzen intraokulären Raum betreffend (R2+R3+R4); KI: 1: geringe Kontrastmittelintensität, 2: moderate Kontrastmittelintensität, 3: stark sichtbare Kontrastmittelintensität; H: 1: heterogen, 2: homogen.

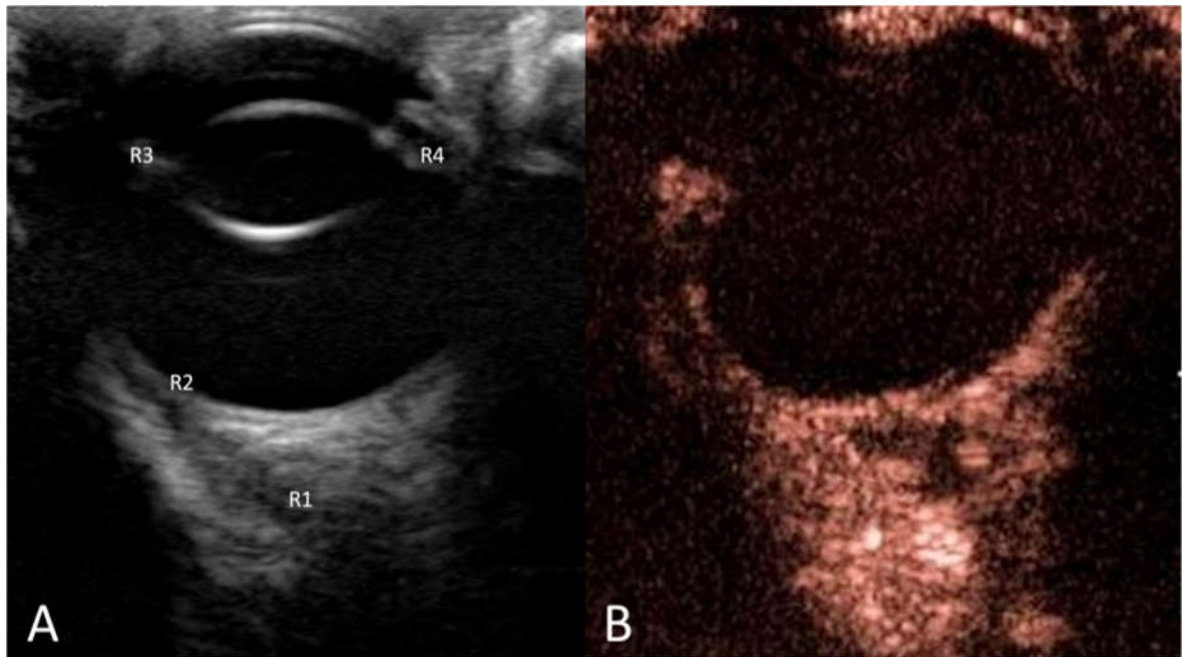
	KI R2	HO R2	KI R3+R4	WI (Sek.)	WO (Sek.)
<b>Gesund</b>	2	2	1	13	56
<b>Entzündung</b>	2	2	2	11	66



**Abb. 1:** Schematische Zeichnung des Augapfels im Vertikalschnitt zur Darstellung der wichtigsten anatomischen Strukturen (modifiziert nach König und Liebich 2005).

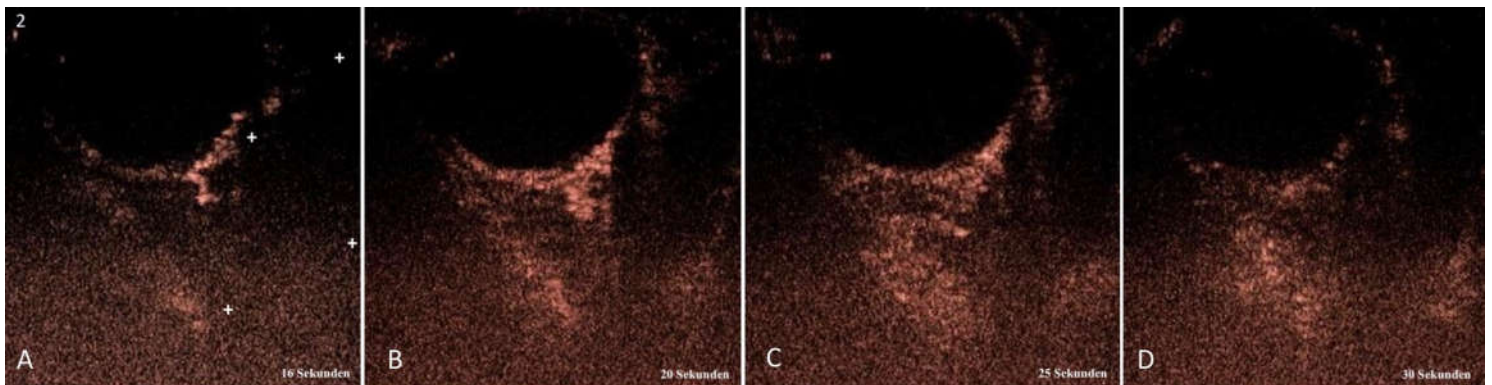
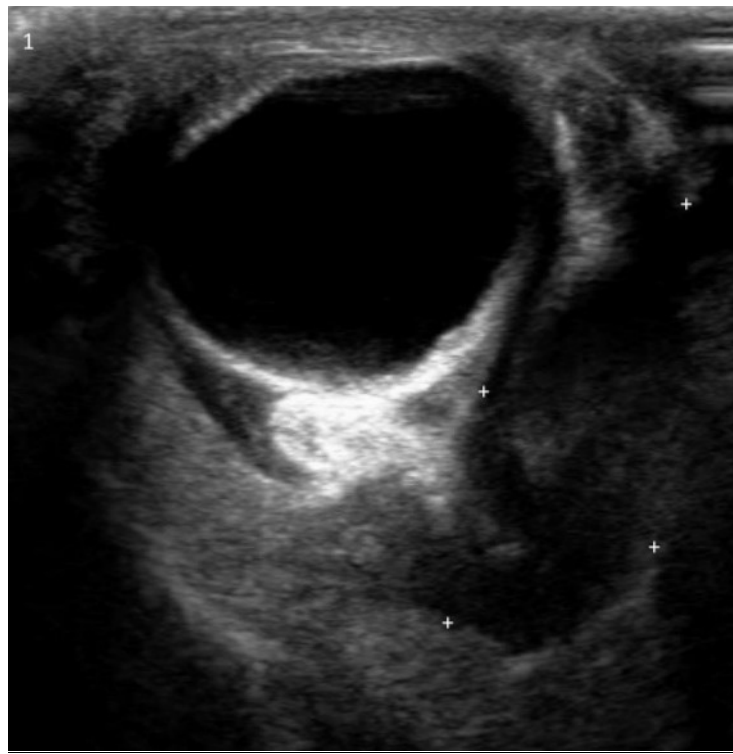


**Abb. 2:** Halbschematische Darstellung der Blutgefäße des linken Auges von Hund und Katze, Ansicht von dorsal (modifiziert nach Salomon et al. 2008).

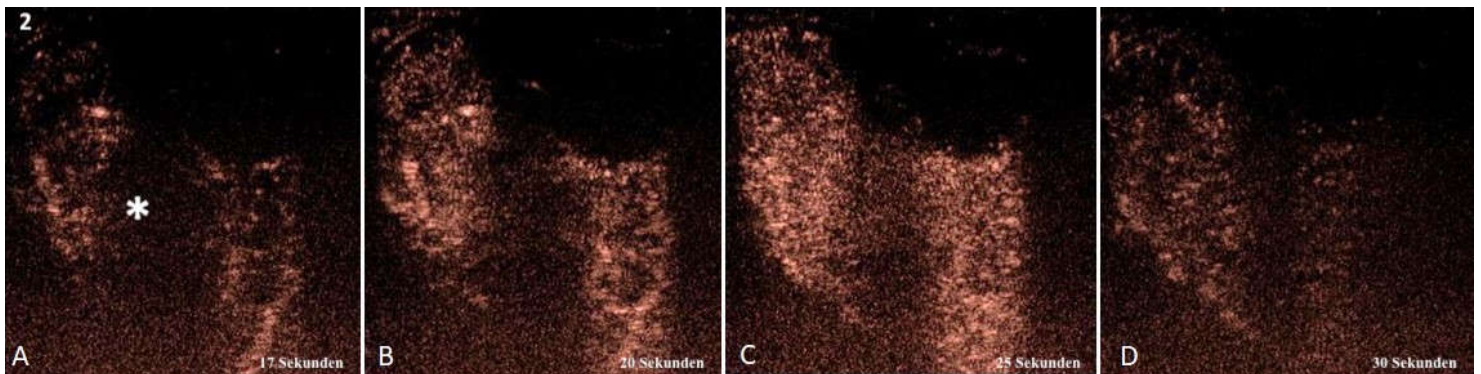
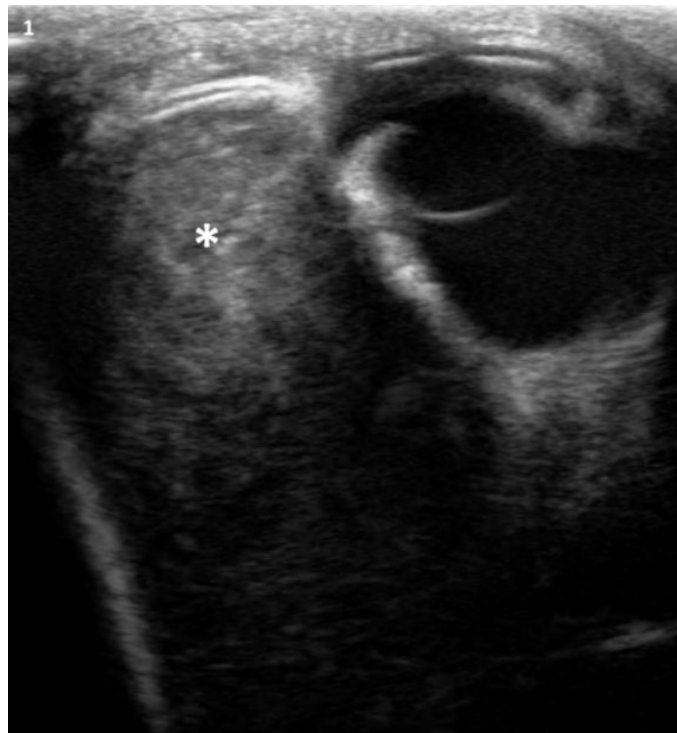


**Abb. 3:** CEUS Darstellung eines gesunden Auges. H12- rechtes Auge. Demonstrative Darstellung der, basierend auf der Anatomie des Auges, festgelegten Regionen (R1 = Retrobulbärer Raum, R2 = Choroidea/Retina, R3 = mediale-, R4 = laterale anteriore Uvea) im konventionellen (A) und kontrastverstärkten (B) Ultraschall.

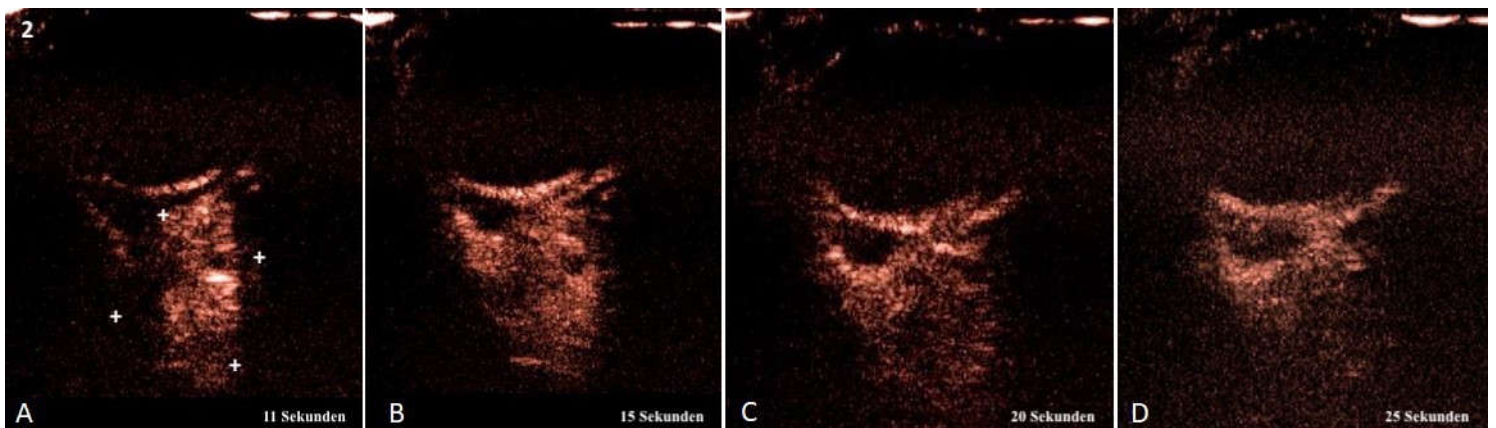




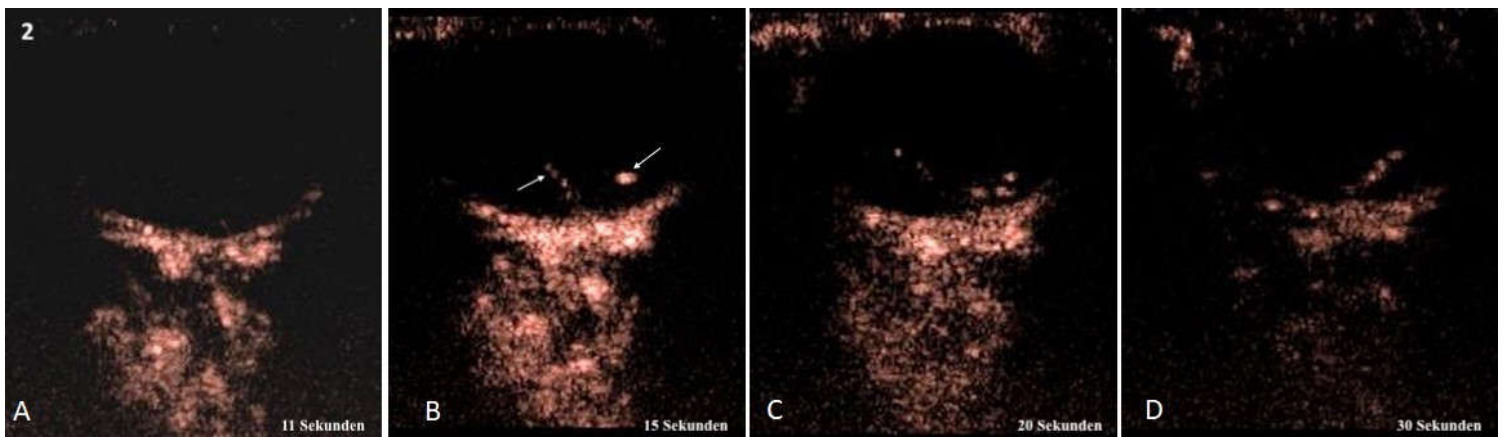
**Abb. 4:** H23 - Abszess. 2 Jahre alter, männlich intakter Whippet mit Verdacht eines retro- und peribulbären Abszesses des rechten Auges. Die Diagnose eines retrobulbären Abszesses konnte durch intraoperatives Abfließen von Eiter bestätigt werden. 1: Im B-Mode zeigt sich eine retrobulbäre, 1,4 cm breite, teilweise separierte, echofreie Zone (mit + markiert). 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation ist eine heterogene Anreicherung des retrobulbären Raumes mit Aussparung des Abszesses (+) zu sehen.



**Abb. 5:** H6 - Lymphohistiozytäre Nickhautentzündung (Entzündlicher Pseudotumor). 9 Jahre alter, männlich intakter Pit Bull Terrier mit Verdacht auf eine orbitale Neoplasie des rechten Auges. Mittels Pathohistologie wurde eine lymphohistiozytäre Entzündung der Nickhaut festgestellt. 1: Im B-Mode ist peribulbär eine 3 x 4,6 cm große, solide Umfangsvermehrung (\*) nasal des Auges zu sehen. 2 (A-D): CEUS zeigt ein Anreicherungsmuster von außen nach innen (zentripetal) mit einer anschließend homogenen Ausfüllung des Defektes und einer starken Kontrastintensität.

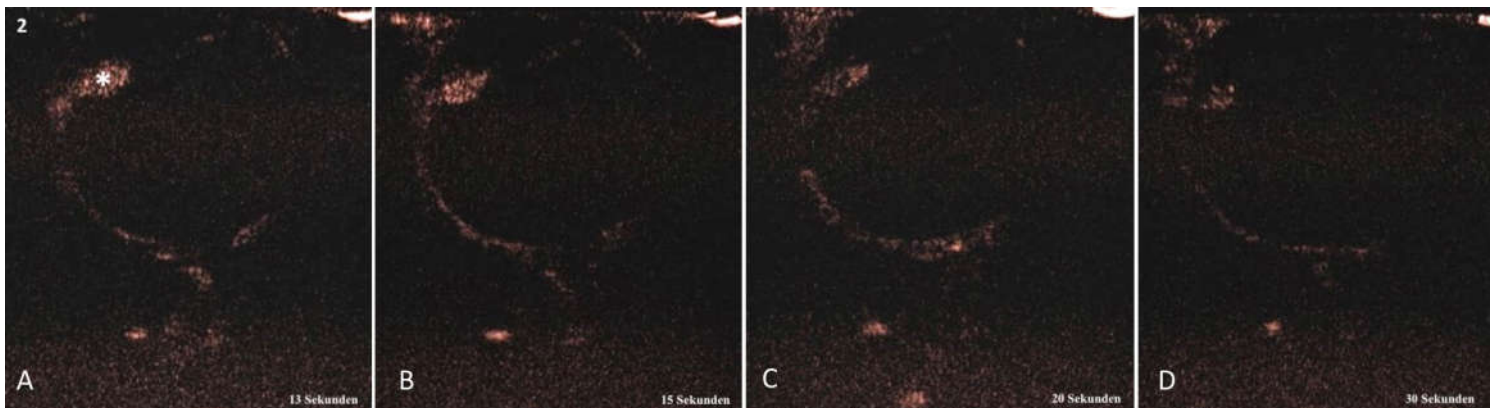
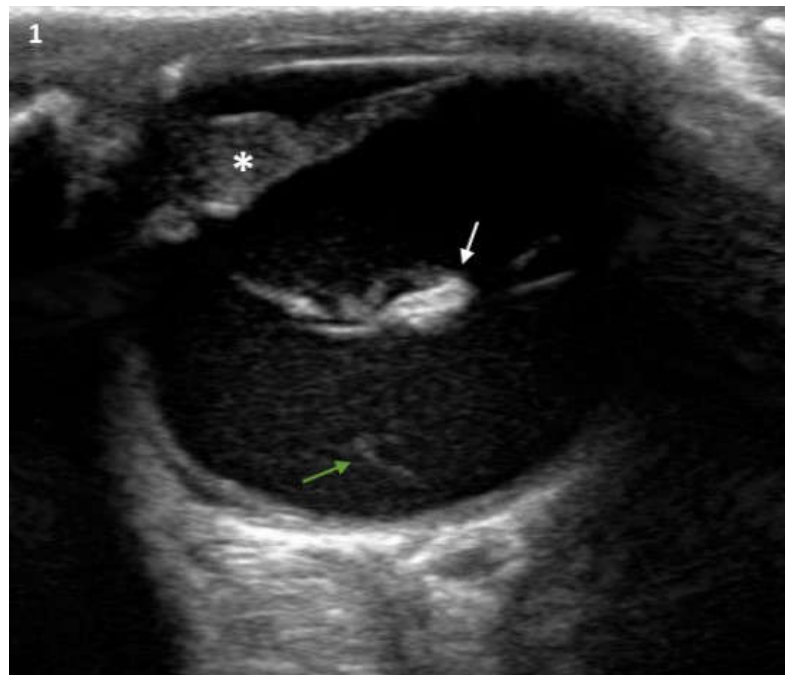


**Abb. 6:** K5 - Malignes Lymphom. 16 Jahre alte, weiblich kastrierte Europäisch Kurzhaarkatze mit Verdacht eines retrobulbären Prozesses des rechten Auges. Ein malignes Lymphom mit Manifestation im Auge wurde pathohistologisch bestätigt. 1: Im B-Mode ist eine 2,4 x 1,73 cm große, inhomogen echoarme retrobulbäre Raumforderung (+) zu sehen. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation kann eine homogene Anreicherung mit einer anschließend starken Kontrastintensität von innen nach außen (zentrifugal) beobachtet werden.

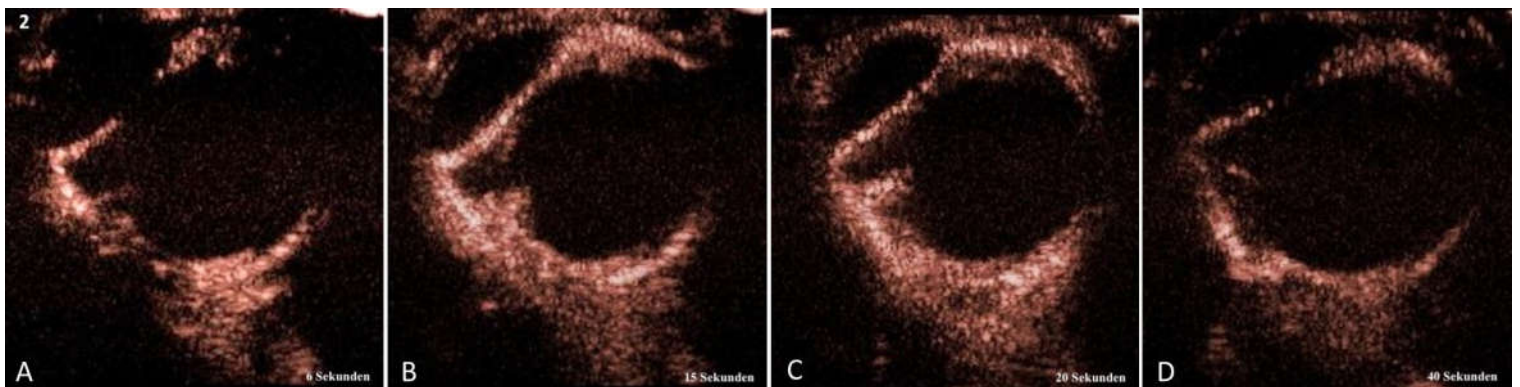


**Abb. 7:** H17 - Neoplasiebedingte Netzhautablösung. 11 Jahre alter, männlich intakter Mischling mit beidseitiger Netzhautablösung aufgrund eines multiplen Myeloms. 1: Die B-Mode Aufnahme des rechten Auges zeigt eine echoreiche Verdichtung im Glaskörper. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation konnte die durchblutete Netzhaut (Pfeile) von den übrigen echoreichen (keine Kontrastmittelanreicherung) Strukturen im Glaskörper differenziert werden. Ein auf- und abwandern der Mikrobläschen entlang der Netzhaut war zu sehen.





**Abb. 8:** H27 - Uveamelanom. 10 Jahre alter, männlich intakter Cocker Spaniel mit Verdacht einer iridialen Neoplasie des linken Auges. Ein pigmentarmes Uveamelanom wurde pathohistologisch bestätigt. 1: Im B-Mode ist im Bereich der medialen Uvea eine 8,15 x 4,3 mm große echoarme Zubildung (\*) der Iris zu sehen. Weiters ist eine Luxatio lentis posteriores, eine Katarakt (weißer Pfeil) und eine Netzhautablösung (grüner Pfeil) im linken Auge vorhanden. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation reichert sich die Läsion mit einer sich homogen anreichernden, moderaten Kontrastintensität von außen nach innen (zentripetal) an. Die übrige Region weist im Vergleich dazu eine geringere Kontrastintensität auf. Eine Durchblutung der Netzhaut ist im CEUS nicht zu sehen.



**Abb. 9:** K3 - Uveitis. 1 Jahr alte, männlich kastrierte Birmakatzte mit Verdacht auf ein entzündliches Geschehen im rechten Auge. 1: Im B-Mode ist neben einer Verbreiterung der vorderen Augenkammer (gestrichelte Linie) eine echoreiche Linie vor der Linse (Pfeil) und ein deutlich abgegrenzter Ziliarkörper (Kreis) sichtbar. Der Augenhintergrund ist echoreich verbreitert. 2 (A-D): Nach Kontrastmittelapplikation stellt sich die Uvea mit einer starken Kontrastintensität dar. Außerdem ist eine deutliche Verbreiterung der kontrastmarkierten Uvea im CEUS zu sehen.

## 12. Danksagung

Zuletzt möchte ich mich an dieser Stelle noch bei all jenen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt und begleitet haben. Ein besonders großes Dankeschön gilt meinen Betreuern Ass.-Prof.<sup>in</sup> Dr. med.vet. Katharina Hittmair und Dr. Klaas-Ole Blohm Resident ECVO, die mir sofort Ihr Vertrauen geschenkt und sich für jede noch so kleine Frage immer Zeit genommen haben. Ohne der Nervennahrung und den Koffein-Boostern von Kathi ebenso wie den außerordentlichen Stoppuhr-Skills von Klaas wäre die Aufbereitung der CEUS-Daten nur halb so lustig gewesen. Danke für Eure Unterstützung und die schöne Zeit!

Ebenfalls ein ganz Großes Danke an meine Begutachterin Ao.Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dipl. ECVO Dr. med.vet. Barbara Nell, welche mir half meine „Hopplas“ wieder gerade zu biegen und sich jederzeit für Fragen meinerseits Zeit nahm.

Weiters möchte ich mich noch herzlichst bei Dr.rer.nat. Alexander Tichy bedanken, der viel Zeit und Geduld opferte, um mir die komplizierte Welt der Statistik etwas näher zu bringen.

Ein weiteres Dankeschön gilt meiner großartigen Familie, die mich zu dem Menschen gemacht hat, der ich heute bin, immer hinter mir steht und mich bei allem unterstützt.

Danke Flora, Viki, Miki, Marlene und all den anderen lieben Menschen, die ich im Laufe meines Studiums kennenlernen durfte. Sie durchliefen mit mir sowohl Höhen als auch Tiefen dieses Lebensabschnittes und sind zu tollen Freunden geworden.

Ebenfalls eine wichtige Person, der ich an dieser Stelle danken will, ist meine beste Freundin Annika, die schon seit dem Kindergarten immer für gute Laune gesorgt hat und auf die ich mich immer verlassen kann.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meinem Freund Felix bedanken, der mir während dieser Zeit bei jeglichen Kleinigkeiten des Alltages unter die Arme griff, mich bei allem stets unterstützt hat und mir während dem ein oder anderen Nervenzusammenbruch immer wieder liebevoll zugeredet hat.