

Vergleich von CT-Angiographie mit der Portographie zur Beurteilung des Restshunts nach Verschluss eines kongenitalen portosystemischen Lebershunts

Sebastian Schaub



Inauguraldissertation zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



edition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autor dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2014

© 2014 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem
Klinikum Veterinärmedizin
Klinik für Kleintiere, Chirurgie
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Kramer

**Vergleich von CT-Angiographie mit der Portographie zur
Beurteilung des Restshunts nach Verschluss eines
kongenitalen portosystemischen Lebershunts**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Sebastian Schaub

Tierarzt aus Leipzig

Gießen 2014

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Kramer

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Kramer
2. Gutachter: Prof. Dr. Joachim Roth

Tag der Disputation: 04.12.2014

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	3
2.1 Computertomographische Angiographie	3
2.1.1 Grundlagen der Computertomographie	3
2.1.2 Spiral-Computertomographie.....	4
2.1.3 Mehrzeilen-Computertomographie	6
2.1.4 Dynamische Computertomographie	6
2.1.5 Artefakte in der Computertomographie.....	7
2.2 Portosystemischer Shunt beim Hund	8
2.2.1 Anatomie der zuführenden Lebergefäße	8
2.2.2 Kongenitale Portosystemische Shunt - Geschichtliches.....	10
2.2.3 Embryologie & Ätiologie des kongenitalen Portosystemischen Shunts.....	11
2.2.4 Einteilung der kongenitalen portosystemischen Shunts	12
2.2.5 Klinische Symptome	13
2.2.6 Diagnose.....	14
2.2.7 Therapiemethoden.....	18
3 Material und Methoden	21
3.1 Untersucher	21
3.2 Retrospektive Patienten.....	21
3.2.1 Auswertung der CT	21
3.2.2 Auswertung der Splenoportographie	22
3.3 Prospektive Patienten.....	22
3.3.1 Anästhesie	22
3.3.2 Computertomographie (CT).....	23

3.3.3 Splenoportographie	29
3.4 Dokumentation der Bilder	31
3.5 Auswertung der CT-Angiographie	31
3.6 Auswertung der Splenoportographie	32
3.7 Statistische Auswertung	36
4 Ergebnisse	37
4.1 Ergebnisse der retrospektiven Untersuchung.....	37
4.1.1 Patientenkollektiv der retrospektiven Untersuchung.....	37
4.1.2 Auswertung der CT-Angiographie	38
4.1.3 Auswertung der Splenoportographie	38
4.2 Ergebnisse der prospektiven Untersuchung.....	41
4.2.1 Patientenkollektiv der prospektiven Untersuchung.....	41
4.2.2 Auswertung der CT-Angiographie	42
4.2.3 Auswertung der Splenoportographie	44
4.2.4 Vergleich der CT-Angiographie mit der Splenoportographie	50
5 Diskussion	54
5.1 Ziele der Studie.....	54
5.2 Methodik der Untersuchung.....	54
5.3 Übereinstimmungen und k-Analyse in der CT-Angiographie.....	62
5.4 Übereinstimmungen und k-Analyse in der Splenoportographie	63
5.5 Vergleich der Splenoportographie und CT-Angiographie	67
6 Zusammenfassung	71
7 Summary	73
8 Literaturverzeichnis	75
A Abbildungsverzeichnis	86
B Tabellenverzeichnis	87

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Ao	Aorta
bzw.	Beziehungsweise
ca.	Circa
CT	Computertomographie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
EHS	Extrahepatischer Shunt
G	Geschlossen
HE	Hounsfield-Einheiten
i.v.	Intravenös
IHS	Intrahepatischer Shunt
K	Kappa
Kg	Kilogramm
L	Länge Strecke in der CT-Angiographie
M	Männlich
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mm ²	Quadratmillimeter
Nr.	Nummer
O	Offen
PA	Pfortader
PACS	Picture Archiving and Communication System
PSS	Portosystemischer Shunt
ROI	Region of Interest
Sek	Sekunden
t _{max}	Zeitpunkt der maximalen Kontrastmittelkonzentration
t _{start}	Startzeitpunkt
t _{strecke}	Zeit um eine geplante Strecke abzufahren

Abkürzungsverzeichnis

V.	Vena
Vv.	Venae
W	Weiblich
z.B.	Zum Beispiel

1 Einleitung

Ein kongenitaler portosystemischer Shunt (PSS) ist eine Gefäßmalformation, bei der es zu einer direkten Verbindung der Pfortader mit der hinteren Hohlvene oder der Vena azygos kommt (GREVEL et al. 1987a, PAEPE et al. 2007, van STEENBEEK und FRANK 2012). Die Folge des PSS ist ein Funktionsverlust der Leber sowohl in Hinblick auf die Entgiftung des vom Verdauungsapparat kommenden Blutes als auch eine fehlende Syntheseleistung (PAEPE et al. 2007). Während Veränderungen in Blutbild und Blutchemie Hinweise für das Vorliegen eines PSS geben, erfolgt die Diagnose mittels bildgebender Verfahren (GREVEL et al. 1987a, MOON 1990, RUTGERS 1993). Neben der Portographie, dem Ultraschall und der Szintigraphie hat sich auch die Computertomographie als bildgebende Modalität zur Darstellung und Diagnose eines PSS etabliert (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a, MOON 1990, TIEMESSEN et al. 1995, FRANK et al. 2003, SZATMÁRI et al. 2004a, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005, D'ANJOU 2007, ZWINGENBERGER 2009, NELSON und NELSON 2011, KIM et al. 2013).

Die Therapie der Wahl besteht in dem Verschluss des PSS und der folgenden Wiederherstellung der Leberfunktion. Ein akuter vollständiger Verschluss des PSS ist infolge der Gefahr einer portalen Hypertension nicht möglich. Deshalb wird ein progredienter Verschluss angestrebt. Dieser kann im Fall eines extrahepatischen PSS chirurgisch durch eine stufenweise Ligatur mit Seide, das Anbringen eines Ameroidkonstriktors oder das Cellophan Banding erfolgen (GREVEL et al. 1987b, HARARI et al. 1990, VOGT et al. 1996, HUNT und HUGHES 1999, HUNT et al. 2004, HUNT et al. 2014).

Bislang existieren in der veterinärmedizinischen Literatur keine Angaben zur Wertigkeit der CT-Angiographie zur Kontrolluntersuchung eines PSS nach Verschluss mittels Cellophan Banding. Von YOON und Koautoren (2011) wird jedoch die Durchführbarkeit aufgezeigt.

In der vorliegenden Arbeit soll die Aussagekraft der CT-Angiographie in der Beurteilung eines PSS nach Verschluss mittels Cellophan Banding untersucht werden. Die Hypothese ist, dass die CT-Angiographie dieselbe Aussagekraft besitzt wie die Splenoportographie. Bei einem positiven Ergebnis könnte die CT-Angiographie die Splenoportographie zur Folgeuntersuchung ersetzen, wodurch die Strahlenexposition für das Untersuchungspersonal der Splenoportographie entfallen

würde. Weiterhin wird analysiert, ob ein Unterschied zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektionsebene in der Splenoportographie besteht. Kann die Splenoportographie in nur einer Projektionsebene erfolgen, so wird bei Unterschieden die Ebene mit der besten Aussagekraft bestimmt.

2 Literaturübersicht

2.1 Computertomographische Angiographie

2.1.1 Grundlagen der Computertomographie

Bei der Computertomographie (CT) handelt es sich um eine bildgebende Modalität, mit der überlagerungsfreie Schnittbilder einer beliebigen Körperregion angefertigt werden können (WHATMOUGH und LAMB 2006, OHLERTH und SCHARF 2007, BERTOLINI und PROKOP 2011). Ursprünglich wurde diese Technik ausschließlich zur Darstellung des Gehirns eingesetzt (AMBROSE 1973).

Das Prinzip der Computertomographie wurde von HOUNSFIELD 1973 technisch beschrieben und seitdem stetig weiterentwickelt.

Die CT beruht auf der Aufzeichnung von Schwächungsprofilen der von einer Röntgenröhre ausgesandten Röntgenstrahlen hinter einer Schicht eines Patienten oder Objektes. Pro Schicht werden für einen kompletten Datensatz aus bis zu 1000 verschiedenen Projektionswinkeln Schwächungsprofile aufgezeichnet (KALENDER 1994a, OHLERTH und SCHARF 2007). Die Schwächung entspricht dem Anteil der Röntgenstrahlung, welcher beim Durchtritt durch das Gewebe des Patienten absorbiert wird (OHLERTH und SCHARF 2007). Die Messung der Intensität der Röntgenstrahlung erfolgt mittels entsprechender Detektorsysteme. Zum einen kann dies direkt in einer mit Xenon-Gas gefüllten Ionisationskammer oder indirekt durch die Verwendung von Festkörperdetektoren erfolgen. Heutzutage kommen nur noch Festkörperdetektoren zum Einsatz. Diese bestehen aus Kristallen, die aus Seltenen Erden gefertigt werden. Trifft Röntgenstrahlung auf die Kristalle, wird von diesen sichtbares Licht emittiert, das auf eine Photodiode trifft und dort in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. (OHLERTH und SCHARF 2007).

Aus den gemessenen Schwächungsprofilen kann anhand eines mathematischen Verfahrens, der gefilterten Rückprojektion, für jeden Bildpunkt der entsprechende Schwächungswert berechnet werden (HOUNSFIELD 1973, OHLERTH und SCHARF 2007). Für die Bildberechnung wird in der Regel eine Bildmatrix von 256x256 oder 512x512 Bildpunkten zugrunde gelegt und die entsprechende Anzahl von Schwächungswerten berechnet (HATHCOCK und STRICKLE 1993). Da die Bildpunkte immer eine gewisse Ausdehnung entlang der Längsachse (Z-Achse) aufweisen und damit ein Volumen besitzen, werden sie als Voxel bezeichnet (HATHCOCK und STRICKLE 1993, OHLERTH und SCHARF 2007, BERTOLINI und

PROKOP 2011). Der errechnete Schwächungswert, auch CT-Wert genannt, wird in Hounsfield Einheiten (HE) für jeden Voxel respektive Bildpunkt angegeben. 0 HE entsprechen der Dichte von Wasser und ein HE Wert von -1000 Luft (BROOKS 1977, TIDWELL und JONES 1999, OHLERTH und SCHARF 2007).

Die entsprechenden HE werden in Graustufen kodiert auf einem Monitor wiedergegeben (TIDWELL und JONES 1999, OHLERTH und SCHARF 2007). Die CT bietet aufgrund der Zuordnung eines bestimmten CT-Wertes zu jedem Voxel, abhängig von der jeweiligen Schwächung in diesem, eine überragend bessere Kontrastauflösung als herkömmliche Röntgenaufnahmen (HOUNSFIELD 1973). Prinzipiell ist es möglich, jeder HE eine Graustufe zuzuordnen. Das menschliche Auge kann jedoch, abhängig von den Betrachtungsbedingungen, nur 20 bis 30 verschiedene Graustufen zuverlässig differenzieren (TIDWELL und JONES 1999, OHLERTH und SCHARF 2007). Daher wird mittels der Fensterung ein bestimmtes Fensterzentrum (window level) mit einer bestimmten Fensterbreite (window width) ausgewählt. Das Fensterzentrum reflektiert den CT-Wert des zu betrachtenden Zielgewebes. Die Fensterbreite erfasst die entsprechenden CT-Werte um das Fensterzentrum. Im Fall von Weichteilgewebe sollte die Fensterbreite so schmal wie möglich gewählt werden, um einen hohen Kontrast der ansonsten geringen Dichteunterschiede im Weichteilgewebe zu erhalten (TIDWELL und JONES 1999, OHLERTH und SCHARF 2007).

Bei den aktuell eingesetzten CT-Scannern handelt es sich um Geräte der 3. Generation. Bei dieser Gerätegeneration rotieren die Röntgenröhre und das gegenüberliegende Detektorsystem in einer geometrisch fixen Beziehung um den Patienten. Die sogenannte Gantry bildet den Rahmen, auf welchem die Röntgenröhre und das Detektorsystem befestigt sind (OHLERTH und SCHARF 2007). In Geräten der 3. Generation wird der Strahlenkegel der Röntgenröhre so eingebündelt, dass dieser eine fächerförmige Gestalt annimmt und auf das Detektorsystem trifft (FLOHR et al. 2005, OHLERTH und SCHARF 2007).

2.1.2 Spiral-Computertomographie

In den ersten CT-Geräten war die Gantry per Kabel zur Energie- und Datenübertragung mit dem stationären Anteil des CT verbunden und erlaubte ausschließlich eine Rotation der Gantry von 360° um den Patienten. Anschließend erfolgte die Rotation um 360° in die entgegengesetzte Richtung, um die Kabel wieder

zu entrollen. Aufgrund der damit verbundenen langen Scanzeit von bis zu 20 Sekunden pro Schicht war diese Technik anfällig für Bewegungsartefakte (KALENDER 1994a, OHLERTH und SCHARF 2007).

Die 1987 entwickelte Schleifringtechnik erlaubte erstmals eine kontinuierliche Rotation der Gantry um den Patienten und führte zu einer Akquisitionszeit von 1 Sekunde pro Schicht (KALENDER 1994a, KALENDER 1994b). Nach der Aufzeichnung der ersten Schicht oder im Fall eines Mehrzeilen-CT der entsprechenden Schichten wird bei der axialen Scantechnik die Röntgenröhre abgeschaltet und der Patiententisch des Computertomographen einen Schritt in der Z-Achse weiter bewegt und anschließend die Daten der nächsten Schicht aufgezeichnet (KALENDER 1994a).

Die Spiral-CT oder auch helikale CT wurde 1989 erstmals vorgestellt. Bei der Spiral-CT erfolgt ein kontinuierlicher Vorschub des Patienten durch die Gantry, während diese ohne Unterbrechung um den Patienten rotiert und Daten aufgezeichnet werden. Dadurch ergibt sich ein spiralförmiger Verlauf der Röntgenröhre um den Patienten (KALENDER 1994a, KALENDER 1994b, BERTOLINI und PROKOP 2011). Ein Parameter, welcher die Scanzeit beim Spiral-CT beeinflusst, ist der sogenannte Pitch. Der Pitch gibt das Verhältnis aus Tischvorschub pro 360° Umdrehung der Röntgenröhre zu der gewählten Schichtdicke an und wird meist von 1,0 bis 1,5 eingestellt. Ein Pitch von 1 entspricht einem axialen Scan. Bei einer Schichtkollimation von 2 Millimetern (mm) bewegt sich der Tisch um 2mm entlang der Z-Achse pro 360° Rotation der Gantry. Eine Erhöhung des Pitch auf einen Wert von 2,0 ist möglich, erzeugt jedoch bereits Artefakte in den erzeugten CT-Bildern. Bei einem Pitch von 2 bewegt sich der Tisch um 4mm entlang der Z-Achse pro 360° Rotation der Gantry und einer Schichtkollimation von 2mm. Ein Pitch über 2 führt zu einem Verlust von Bildinformationen aufgrund von Lücken in den Daten pro Schicht (KALENDER 1994a, KALENDER 1994b).

Der Vorteil der kontinuierlichen Datenerfassung liegt in der kurzen Scandauer und der Möglichkeit, innerhalb eines Atemstillstandes den gesamten Thorax oder das gesamte Abdomen zu erfassen. Ferner ist es durch die deutlich reduzierte Scandauer möglich, einen intravenös verabreichten Kontrastmittelbolus optimal auszunutzen und eine CT-Angiographie durchzuführen, um beispielsweise eine Darstellung der intraabdominalen Gefäße zu erhalten (FRANK et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005,

ZWINGENBERGER 2009, BERTOLINI und PROKOP 2011, NELSON und NELSON 2011).

2.1.3 Mehrzeilen-Computertomographie

Bis 1998 wurden gemeinhin CT-Scanner mit einer Detektorzeile zur Messung der Röntgenstrahlen angewandt. Folgend kamen immer mehr Geräte mit 2 bis 16 und mehr Detektorzeilen, sog. Mehrzeilen-CT, auf den Markt. Bei diesen Geräten sind mehrere Zeilen von Detektoren entlang der Z-Achse hintereinander geschaltet und erlauben die gleichzeitige Aufzeichnung mehrerer aufeinander folgender Schichten. (PROKOP 2000, FLOHR et al. 2005, BERTOLINI und PROKOP 2011). Die Einstellung der Schichtdicke entlang der Z-Achse erfolgt bei Geräten mit einer Detektorzeile durch die Kollimation des Röntgenstrahls auf die gewünschte Breite entlang der Z-Achse. Die Schichtdicke bei einem Mehrzeilen-CT wird durch die Breite einer Detektorzeile entlang der Z-Achse bestimmt. Für breitere Schichtdicken können mehrere Detektorzeilen zusammengefasst werden (FLOHR et al. 2005, OHLERTH und SCHARF 2007). Durch die Einführung von mehrzeiligen Computertomographen mit m -Zeilen erhöht sich die Scangeschwindigkeit der Spiral-CT um den Faktor m (PROKOP 2000, PROKOP 2003, FLOHR et al. 2005).

2.1.4 Dynamische Computertomographie

Bei einer dynamischen CT werden Bilder einer Schicht in bestimmten Zeitintervallen angefertigt. Die Anzahl sowie der zeitliche Abstand der zu erstellenden Bilder kann frei gewählt werden. Durch die gleichzeitige Applikation eines Kontrastmittelbolus kann die Kontrastmitteldynamik in den Gefäßen und auch Organen in der gewählten Ebene dargestellt werden (KALENDER 1994a, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004). Durch die Wahl einer bestimmten Interessenregion (ROI), z.B. in der Pfortader, kann eine Zeitanreicherungskurve in dem gewählten Gefäßabschnitt erzeugt und der optimale Zeitpunkt zum Start eines CT-Scan bestimmt werden, um eine gute Kontrastdarstellung des Gefäßabschnitts zu erhalten (ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004). Weiterhin kann anhand der Kontrastmittelverteilungen in den Gefäßen über die Zeit und der in der Schnittebene sichtbaren Organe die Perfusion jener bestimmt werden. Angegeben wird die Perfusion als Gewebepfusion in Milliliter (ml) pro Minute (Min) pro Volumeneinheit in ml (BLOMLEY et al. 1995,

TSUSHIMA et al. 2002, ZWINGENBERGER und SHOFER 2007). ZWINGENBERGER und SHOFER konnten mit dieser Methode 2007 eine signifikant höhere arterielle (0,57 ml/Min/ml) und signifikant herabgesetzte portalvenöse (0,52 ml/Min/ml) Perfusion des Lebergewebes bei Tieren mit einer kongenitalen Gefäßanomalie der Pfortader feststellen.

2.1.5 Artefakte in der Computertomographie

Bildmuster, die ihre Ursache in Abbildungsfehlern des bildgebenden Systems haben und keiner Struktur im zu untersuchenden Patienten entsprechen, werden als Artefakte bezeichnet (SCHULTZ und FISCHER 1982). Unterschieden werden patientenbedingte und apparative Artefakte sowie Artefakte, die durch die Bildberechnung entstehen (WEGENER 1980).

Im Folgenden soll speziell auf die für diese Arbeit bedeutsamen Artefakte eingegangen werden.

Bewegungsartefakte

Bewegungsartefakte resultieren aus jeder bewussten oder unbewussten Bewegung des Patienten während eines CT-Scan. Dazu zählen z.B. die Atembewegung, Peristaltik des Magen-Darm-Traktes oder die Herzaktion (ALFIDI et al. 1976). Im Gegensatz zur herkömmlichen Röntgenuntersuchung, bei der eine Bewegung des Patienten oder Organs zu einer unscharfen Abbildung führt, kommt es bei der CT zu einer Beeinflussung des Umfeldes und damit des gesamten Bildes (ALFIDI et al. 1976, WEGENER 1980).

Um willkürliche Bewegungen des Patienten zu unterbinden, wird eine CT in der Veterinärmedizin normalerweise mit einer ausreichenden Sedation oder unter Vollnarkose des zu untersuchenden Tieres durchgeführt (WHATMOUGH und LAMB 2006).

Aufhärtungsartefakte

Die bei einer CT verwendete Röntgenröhre produziert ein Röntgenstrahlenspektrum mit niedrigen und hohen Energieanteilen. Beim Durchtritt durch den Patienten werden die niedrigeren Energieanteile aus dem Strahlenspektrum im Tier absorbiert, es kommt zur sogenannten Aufhärtung der Röntgenstrahlung (WEGENER 1980, SCHULTZ und FISCHER 1982, BARRETT und KEAT 2004). Besonders deutlich

zeigt sich dieses Artefakt an Metallobjekten im oder am Patienten, an Gefäßen, die eine hohe Konzentration eines Röntgenkontrastmittels enthalten oder im Bereich mit vielen knöchernen Strukturen. Die Folge sind dunkle Bänder oder Streifen, die sich von dem verursachenden Objekt ausgehend, in die Peripherie ausbreiten (WEGENER 1980, BARRETT und KEAT 2004).

Strömungsartefakte

Strömungsartefakte können bei der CT-Angiographie entstehen. Durch strömungsbedingte Verwirbelung und Vermischung von kontrastmittelhaltigem und kontrastmittellosem Blut kann es zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Kontrastmittels im zu untersuchenden Gefäßabschnitt kommen. In der bildgebenden Diagnostik kann dadurch der Eindruck einer Gefäßimpression, Tumorinvasion oder einer Thrombose im untersuchten Gefäß entstehen (HENTSCHEL et al. 1992, BOSCH et al. 2008)

2.2 Portosystemischer Shunt beim Hund

2.2.1 Anatomie der zuführenden Lebergefäße

Die Pfortader (V. portae) ist für 80% und die Arteria hepatica für 20% der Blutversorgung der Leber verantwortlich (MARKOWITZ et al. 1949, GREVEL et al. 1987a).

Die Vena portae entsteht durch den Zusammenfluss der Venen aller Abdominalorgane die keinen Abfluss über die hintere Hohlvene (Vena cava caudalis) haben. Durch die V. portae wird das Blut über den Portalkreislauf der Leber abgeleitet (MILLER et al. 2012). Die V. portae besteht vor ihrem Eintritt in die Leber, in der Porta hepatis, aus einem Hauptstamm und vier zuführenden Hauptästen (VITUMS 1959, KALT und STUMP 1993). Ihren Ursprung hat die Pfortader in der Wurzel des Mesojejenum dorsal des Kolon transversum. Hier kommt es zum Zusammenschluss der kranialen und kaudalen Mesenterialvene zur V. portae. Von ihrem Ausgangspunkt verläuft die V. portae nach kranial und ventral, dorsal über das Pankreas, bis auf Höhe der Porta hepatis. In dem Verlauf der V. portae zur Porta hepatis vereinigt sich ca. 0,4 bis 1,7 cm kranial des Zusammenschlusses der kranialen und kaudalen Mesenterialvene die Milzvene (V. lienalis) von links dorsal mit der Pfortader (KALT und STUMP 1993). Als vierte zuführende Vene mündet die V.

gastroduodenalis ca. 1,5 cm kaudal der Porta hepatis von rechts und geringgradig ventral in die V. portae (MILLER et al. 2012). Die Länge der Pfortader beträgt nach einer Untersuchung von KALT und STUMP 1993 bis zu ihrem Eintritt in die Leber 3,6 bis 7,3 cm. MILLER et al. 2012 beschrieben den Durchmesser auf Höhe der Porta hepatis mit ungefähr 1,2 cm.

Nach dem Eintritt der Pfortader in die Leber durch die Porta hepatis verzweigt sich diese stets in einen rechten (Ramus dexter) und einen linken Ast (Ramus sinister).

Der Ramus dexter verläuft, von der V. portae ausgehend, nach lateral und leicht nach dorsal. Nach kurzem Verlauf im Leberparenchym werden Äste zu dem rechten lateralen Leberlappen und dem Processus caudatus des Lobus caudatus abgegeben. Der im Vergleich zum Ramus dexter deutlich längere Ramus sinister ist initial geringgradig nach kranial gerichtet und verläuft dann nahezu in einem 90 Grad Winkel nach links. Die vom Ramus sinister versorgten Leberlappen sind der rechte mediale Leberlappen, der mediale und laterale linke Leberlappen, der quadratische Leberlappen sowie der Processus papillaris des Lobus caudatus (KALT und STUMP 1993, URŠIČ et al. 2007).

Die A. hepatica hat ihren Ursprung in der A. coeliaca, dem ersten unpaaren Ast der Aorta abdominalis (GREVEL et al. 1987a, NICKEL et al 2004, MILLER et al. 2012). Aus der A. hepatica gehen drei bis fünf Äste hervor, welche die Leber mit oxygeniertem Blut versorgen (SCHMIDT et al. 1980, URŠIČ et al. 2007, MILLER et al. 2012). Gehen drei Äste zur Versorgung der Leber mit arteriellem Blut ab, handelt es sich bei dem ersten Ast überlicherweise um den Ramus dexter lateralis. Anschließend werden der Ramus dexter medialis und der Ramus sinister entlassen (SCHMIDT 1980, NICKEL et al 2004, MILLER et al. 2012). Ab dem Kreuzungspunkt mit dem Pankreas verlaufen die Äste der A. hepatica, die die Leber mit arteriellem Blut versorgen, parallel zur Pfortader.

2.2.1.1 Zuführende Gefäße der Vena portae

Vena mesenterica cranialis

Die kraniale Mesenterialvene erhält Zufluss aus den Jejunalvenen (Venae jejunales) und Ileumvenen (Venae ilei). Über die letzte proximale Jejunalvene mündet die Vena pancreaticoduodenalis in die kraniale Mesenterialvene. Hierdurch entsteht eine Verbindung der Vena mesenterica cranialis mit der Vena gastroduodenalis. Als

letztes Gefäß endet die Vena ileocolica in die kraniale Mesenterialvene (NICKEL et al. 2004, MILLER et al. 2012).

Vena mesenterica caudalis

Die Vena mesenterica caudalis hat ihren Ursprung in der Vena rectalis cranialis. Über den sehr gut ausgeprägten venösen Plexus des Rektums (ZAHNER und WILLE 1996) bekommt die V. rectalis cranialis eine Verbindung zur kaudalen Rektalvene (V. rectalis caudalis) und damit zur kaudalen Hohlvene des systemischen Kreislaufs in welche die V. rectalis caudalis drainiert (MILLER et al. 2012). Im Verlauf nach kranial ändert sich die Bezeichnung der V. rectalis cranialis in V. colica sinistra ab dem Punkt, an dem sich die kraniale Arterie des Rektums (A. rectalis cranialis) mit dem Rektum verbindet. Durch die Vena colica media kommt es zu einer Verbindung der V. mesenterica caudalis mit der Vena ileocolica und der kranialen Mesenterialvene (NICKEL et al. 2004, MILLER et al. 2012).

Vena lienalis

Die Milzvene erhält Zuflüsse aus den Pankreasvenen (Venae pancreaticae), der linken Magenvene (V. gastrica sinistra), der Vena gastroepiploica sinistra sowie den Rami lienalis der Vena lienalis. Durch die V. gastrica sinistra und V. gastroepiploica besteht eine Verbindung zur V. gastroduodenalis (NICKEL et al. 2004, MILLER et al. 2012).

Vena gastroduodenalis

Die Vena gastroduodenalis stellt das letzte zuführende Gefäß der Pfortader dar. Das größte hinführende Gefäß ist die V. pancreaticoduodenalis cranialis, die gleichzeitig die Verbindung zur kranialen Mesenterialvene darstellt. Weiterhin münden die V. gastrica dexter und V. gastroepiploica in die Vena gastroduodenalis, wodurch die Verbindung zur V. lienalis entsteht. Diese können getrennt münden oder zuvor fusionieren und in einer gemeinsamen Vene eintreten. (NICKEL et al. 2004, MILLER et al. 2012).

2.2.2 Kongenitale Portosystemische Shunt - Geschichtliches

Bei einem kongenitalen portosystemischen Shunt handelt es sich um eine während der Embryogenese entstandene Gefäßmalformation. Bei dieser kommt es zu einer

direkten Verbindung der Pfortader mit der V. cava caudalis oder V. azygos und damit dem systemischen Blutkreislauf (GREVEL et al. 1987a, PAEPE et al. 2007, van STEENBEEK und FRANK 2012).

Beim Menschen wurden bereits im 18. Jahrhundert Anomalien der Portalvene mit einer Kommunikation dieser mit einer Vene des systemischen Kreislaufs beschrieben (STAHL und GÄTKE 1705, SCHMIDEL und EINSPOHN 1744).

Erste Berichte von portosystemischen Verbindungen bei Tieren wurden im 19. Jahrhundert veröffentlicht. Diese wurden iatrogen durch den partiellen Verschluss der Pfortader an Hunden herbeigeführt (ORÉ 1856, SCHIFF 1862). Die erste Beschreibung eines angeborenen portosystemischen Shunts (Portoazygos-Shunt) beim Hund erfolgte durch HICKMANN und Mitarbeiter (1949) bei einer 10 Monate alten Hündin.

2.2.3 Embryologie & Ätiologie des kongenitalen Portosystemischen Shunts

Während der Embryogenese entwickeln sich die Pfortader und deren zuführende Gefäße aus den Venen des Dottersacks (Venae vitellinae) und Nabels (Venae umbilicalis) (PAYNE et al. 1990). Die Venen der nicht portalen Abflüsse, z.B. die Nierenvenen und der kaudal der Leber gelegene Anteil der V. cava caudalis, bilden sich aus den Kardinalvenen (Venae cardinales). Der Anteil der Vena cava caudalis ab der Leber wird durch einen Teil der Venae (Vv.) vitellinae gebildet (SCHNORR und KRESSIN 2011). Zwischen den Vv. vitellinae und Vv. umbilicalis sowie den Vv. cardinales kommen im Normalfall kaudal der Leber keine mit Blut durchströmte Gefäßverbindungen vor (PAYNE et al. 1990). Kommt es während der Embryogenese kaudal der Leber zur Ausbildung einer funktionellen Anastomose zwischen den portalen und systemischen Gefäßanteilen, so ist diese als extrahepatischer Shunt (EHS) definiert (PAYNE et al. 1990).

In der Leber entsteht während der Embryonalentwicklung eine funktionelle Anastomose der linken Nabelvene mit der V. cava caudalis, der Ductus venosus. Hierüber fließen 50% des Blutes von der Plazenta direkt in die kaudale Hohlvene und damit zum Herz (PAYNE et al. 1990, SCHNORR und KRESSIN 2001, PAEPE et al. 2007, van STEENBEEK et al. 2012). Der Ductus venosus verschließt sich beim Fleischfresser im Normalfall innerhalb der ersten Tage nach der Geburt (van STEENBEEK et al. 2012). LAMB und BURTON beschreiben 2004, dass sich der Ductus venosus beim Irischen Wolfshund innerhalb des 6. bis 9. Lebenstag

verschließt. Bei einem ausbleibendem Verschluss des Ductus venosus wird von einem intrahepatischen portosystemischen Shunt (IHS) gesprochen (PAYNE et al. 1990, HAERS et al. 2007).

VITUMS berichtet 1959 von multiplen im Normalfall nicht funktionellen Anastomosen zwischen Pfortader und Vena cava caudalis sowie der Vena azygos. Diese können sich im Falle eines portalen Hochdrucks zu funktionellen Gefäßen entwickeln, sogenannten erworbenen portosystemischen Shunts (HAERS et al. 2007). Dieser Shunttyp ist durch multiple kleine Gefäße zwischen dem Portalkreislauf und systemischen Kreislauf gekennzeichnet (BOOTHE et al. 1996, HAERS et al. 2007, BERTOLINI 2010).

TOBIAS und ROHRBACH weisen 2003 in einer retrospektiven Studie nach, dass manche Rassen ein deutlich höheres Risiko aufweisen, einen kongenitalen PSS auszubilden als andere Rassen. So zeigen 3,2% aller Havaneser und 2,9% der Yorkshire Terrier einen PSS. Von den großen Hunderassen kann in 0,75% aller Berner Sennenhunde und 0,5% der Irischen Wolfshunde ein PSS diagnostiziert werden. Bei Mischlingshunden dagegen wird in nur 0,05% der Fälle PSS gefunden werden. Aufgrund des gehäuften Auftretens in manchen Rassen wird von einer vererbten, genetischen Prädisposition ausgegangen. Es wird ein polygenetischer oder monogenetischer Erbgang mit variabler Expressivität respektive unvollständiger Penetranz angenommen (TOBIAS 2003, van STRATEN et al. 2005).

Bezüglich der Lokalisation eines IHS oder EHS zeigt sich ein Zusammenhang mit der Körpergröße bzw. Körpermasse (BOSTWICK und TWEDT 1995, WINKLER et al. 2003, PAEPE et al. 2007). So konstatieren BOSTWICK und TWEDT 1995, dass großwüchsige Hunderassen mit 90%iger Wahrscheinlichkeit an einem IHS und kleine Hunderassen mit 93%iger Wahrscheinlichkeit an einem EHS erkranken.

Im Falle eines IHS gehen van STEENBEEK und Koautoren 2012 von einem digenetischen Erbgang aus, während ein EHS einen deutlich komplexeren Erbgang zeigt.

2.2.4 Einteilung der kongenitalen portosystemischen Shunts

Je nach anatomischer Lage des PSS werden diese in intrahepatische und extrahepatische portosystemische Lebershunts unterteilt (PAYNE et al. 1990).

Ein IHS kann links, rechts oder zentral in der Leber gelegen sein (PAYNE et al. 1990, HAERS et al. 2007, van STEENBEEK et al. 2012).

Der linksseitige IHS geht vom linken Ast der Pfortader aus, verläuft in den linken medialen und lateralen Leberlappen und mündet über die linke Lebervene oder direkt in die V. cava caudalis (LAMB und WHITE 1998, SZATMÁRI et al. 2004b).

Ein rechtsseitiger IHS verläuft initial wie der rechte Ast der Pfortader (PA), ohne jedoch eine Abzweigung in den rechten lateralen Leberlappen oder Processus caudatus abzugeben. Stattdessen biegt der Shunt nach medial ab und mündet in die kaudale Hohlvene (LAMB und WHITE 1998, SZATMÁRI et al. 2004b). Teilweise bildet der rechtsseitige IHS ein langes gewundenes Gefäß, bevor es in die VCC mündet (HAERS et al. 2007).

Der zentrale IHS stellt sich in Form eines Foramens zwischen der PA und der VCC dar. Die PA und VCC sind in diesem Bereich deutlich im Diameter erweitert (LAMB und WHITE 1998).

Eine Unterteilung der EHS kann anhand der Shuntmündung erfolgen. So werden ein Portocavaler-, Portoazygos- und Portophrenico-Shunt unterschieden (GREVEL 1987a). Für eine feinere Differenzierung wird die Ursprungsvene mit einbezogen. So stellt ein splenocavaler Shunt mit Ursprung in der Milzvene den häufigsten Shunttyp dar und zeigt sich als schlaufenförmige Gefäßverbindung zwischen den beiden Venen (SZATMÁRI et al. 2004b).

2.2.5 Klinische Symptome

Die fehlende Versorgung der Leber mit portalvenösem Blut hat einen großen Einfluss auf die Homöostase des Organismus (van STEENBEEK et al. 2012). Infolge des Fehlens von hepatotropen Substanzen (z.B. Insulin), welche mit dem portalvenösen Blut in die Leber gelangen, kommt es zur Atrophie und Fettakkumulation in den Hepatozyten (ROZGA et al. 1985, BAADE et al. 2006). Weiterhin kann die Leber das Blut aus dem Verdauungsapparat nicht mehr von Metaboliten und Toxinen befreien - diese gelangen über den PSS direkt in den systemischen Kreislauf und können zu einer Vielzahl klinischer Symptome führen. In der Regel kommt es zu einer Kombination gastrointestinaler Symptome und Pathologien des Harntrakts sowie einer neurologischen Problematik (PAEPE et al. 2007).

Gastrointestinale Symptome, wie z.B. Vomitus, Diarrhoe, Inappetenz oder Gewichtsverlust sowie eine Polyurie/Polydipsie als urologische Symptomatik sind unspezifisch und geben keinen direkten Hinweis auf einen PSS (GREVEL 1987a, RUTGERS 1993). Die neurologischen Symptome, eine sogenannte

Hepatoenzephalopathie, können zu der Verdachtsdiagnose eines PSS führen. Es kann ein periodisches Auftreten der neurologischen Störungen beobachtet werden, welche sich in einer Vielzahl klinischer Erscheinungsbilder äußern können. Dazu zählen z.B. Apathie, Allotriophagie, Krämpfe, Kopfpresen gegen die Wand oder Ptyalismus (ROTHUIZEN et al. 1982, GREVEL 1987a, RUTGERS 1993, WATSON und HERRTAGE 1998, WINKLER et al. 2003). RUTGERS schreibt 1992, dass bis zu 90% aller an einem PSS erkrankten Patienten eine Hepatoenzephalopathie aufweisen.

2.2.6 Diagnose

Neben den klinischen Symptomen geben veränderte Laborwerte den Hinweis auf einen PSS. Als weitere diagnostische Verfahren stehen bildgebende Modalitäten zur Verfügung.

2.2.6.1 Labor

Insbesondere ist ein erhöhter Plasma Ammoniakspiegel bei Patienten mit einem PSS zu beobachten (GREVEL et al. 1987a, WINKLER et al. 2003, GERRITZEN-BRUNING et al. 2006). Nach GERRITZEN-BRUNING und Mitarbeiter 2006 liegt die Sensitivität für die Detektion eines portosystemischen Shunts mittels Messung der Plasma Ammoniak Konzentration beim nüchternen Hund bei 98%. Die Spezifität wird mit 89,1% angegeben. WINKLER und Koautoren 2003 schränken ein, dass ein normaler Plasma Ammoniakspiegel einen PSS nicht ausschließt.

Ein weiterer Laborparameter, der zur Diagnose eines PSS herangezogen werden kann, ist die Bestimmung der Gallensäuren. Diese sind bei Tieren mit einem PSS erhöht (WINKLER et al. 2003, GERRITZEN-BRUNING et al. 2006). GERRITZEN-BRUNING und Mitarbeiter (2006) geben die Sensitivität eines erhöhten Gallensäurespiegels für das Vorliegen eines PSS mit 88,9% und die Spezifität mit 67,9% an.

Weiterhin können Veränderungen der Laborwerte einer blutchemischen Untersuchung und des roten Blutbildes auf das Vorliegen eines PSS hinweisen. So können Tiere mit einem PSS unter anderem niedrigere Blutharnstoffwerte, Albuminkonzentration (NILES et al. 2001) sowie eine Hypoglykämie (GREVEL et al. 1987a, BOSTWICK und TWEDT 1995, SIMPSON et al. 1997) aufweisen. Des

Weiteren kann es durch einen Zelluntergang der Hepatozyten zu einer Erhöhung der Alanin-Aminotransferase (ALT) kommen (SIMPSON et al. 1997). 60% der untersuchten Tiere zeigen in einer Studie von SIMPSON und Mitarbeiter (1997) ein vermindertes mittleres Erythrozytenvolumen (MCV), mittleres korpuskuläres Hämoglobin (MCH) und eine verminderte mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration (MCHC) im roten Blutbild.

Eine definitive Diagnose eines PSS ist jedoch nur mittels bildgebender Verfahren möglich. Die klinischen Symptome sowie Laborwertveränderungen sind ausschließlich hinweisend für einen PSS (RUTGERS 1993, TIEMESSEN et al. 1995, HAERS et al. 2007).

2.2.6.2 Bildgebende Verfahren

In nativen Röntgenaufnahmen des Abdomen kann im Fall eines PSS regelmäßig ein verkleinerter Leberschatten mit nach kranial gerichteter Magenachse gesehen werden. Diese Befunde allein sind unspezifisch und für die Diagnose eines PSS nicht ausreichend (GREVEL et al. 1987a, MOON 1990, RUTGERS 1993).

Die Darstellung der Portalgefäße und eines möglicherweise vorhandenen Shuntgefäßes erfolgt röntgenologisch mittels Positivkontrast Portographie. Hierbei erfolgt die Gefäßdarstellung mittels wasserlöslicher jodhaltiger Kontrastmittel (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a, MOON 1990, HAERS et al. 2007). Gleichzeitig kann mittels der Portographie der anatomische Verlauf eines Shuntgefäßes erfasst werden (SUTER 1975, GREVEL et al. 1987a, MOON 1990). Die Splenoportographie wird von SUTER 1975 als sehr gutes bildgebendes Verfahren für die Diagnostik eines PSS gesehen. Weiterhin ist die Splenoportographie beim Hund einfach durchführbar (SCHMIDT und SUTER 1980, MOON 1990). Bei dieser Methode wird entweder per Palpation oder ultraschallgestützt die Milz aufgesucht und ein Katheter in das Milzparenchym eingebracht. Alternativ kann der Katheter chirurgisch mittels Laparotomie in der Milz platziert werden. Die Katheterspitze wird nah des Milzhilus positioniert, um einen guten Abfluss des anschließend in das Milzparenchym applizierten Kontrastmittels zu erreichen (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a).

Ein Nachteil der Splenoportographie besteht darin, dass ein kaudal der Vena lienalis gelegener Shunt, z.B. ein mesenterico-cavaler Shunt, möglicherweise nicht dargestellt werden kann (SUTER 1975, GREVEL et al. 1987a, MOON 1990,

RUTGERS 1993, SCHULZ et al. 1993). Weiterhin ist das Volumen des Kontrastmittels, das in die PA gelangt, direkt abhängig vom Blutabfluss aus dem Milzparenchym und dem Blutfluss in der Milzvene, was zu einer ungenügenden Menge an Kontrastmittel in der Pfortader führen kann (SCHMIDT und SUTER 1980). In diesem Fall kann eine chirurgische mesenteriale Portographie durchgeführt werden (SCHMIDT und SUTER 1980, RUTGERS 1993). Bei dieser Methode wird nach Laparotomie ein Venenverweilkatheter in eine V. jejunalis eingebracht und anschließend das Kontrastmittel appliziert (SUTER 1975, GREVEL et al. 1987a).

Die Splenoportographie und mesenteriale Portographie werden in der Regel unter Durchleuchtung angefertigt (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a, LEE et al. 2006). Bei Verwendung der chirurgischen mesenterialen Portographie können jeweils während der Injektion des Kontrastmittels Röntgenaufnahmen angefertigt werden (RUTGERS 1993).

SCRIVANI und Mitarbeiter (2001) geben für die mesenteriale Portographie eine Sensitivität von 100% für die Detektion eines PSS an, wenn diese mit dem Patienten in linker Seitenlage durchgeführt wird. Sowohl die Splenoportographie als auch die mesenteriale Portographie werden als Goldstandard für die Diagnostik eines PSS angesehen (LAMB und DANIEL 2002, TILLSON und WINKLER 2002, FRANK et al. 2003, HAERS et al. 2007).

Als ein weiteres bildgebendes Verfahren, das mit Kontrastmitteln auf Jodbasis arbeitet, steht die Computertomographie zur Verfügung. Das Kontrastmittel wird bei dieser Methode über eine periphere Vene verabreicht (FRANK et al. 2003, THOMPSON et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004). Die Applikation des Kontrastmittels erfolgt vorzugsweise in die V. cephalica antebrachii, um die Entstehung von Strömungsartefakten bei der Injektion in die V. saphena lateralis zu vermeiden (BOSCH et al. 2008). Mittels der CT Angiographie kann die Darstellung eines PSS erfolgen (THOMPSON et al. 2003). Es wird ein Kontrastmittelbolus vor Start des CT Scan verabreicht mit anschließender kontinuierlicher Infusion von Kontrastmittel über die Dauer des CT Scan. FRANK und Mitarbeiter (2003) beschreiben die Anwendung eines dynamischen CT zur Bestimmung des Zeitpunkts der maximalen Kontrastmittelkonzentration in der V. portae. Die Planung der CT Angiographie erfolgt bei dieser Methode anhand des Zeitpunkts der maximalen Kontrastmittelkonzentration abzüglich der Zeit, die der Computertomograph zum Starten der Röntgenröhre und Erreichen der Ebene des dynamischen CT Scan

benötigt. Diese Methode ermöglicht eine gute Darstellbarkeit der Portalgefäße und eines möglichen PSS. Weiterhin bietet die Möglichkeit der Reformatierung der Bilder die Darstellung einer Sagittal- und Dorsalebene, was das Verständnis des Verlaufs eines PSS erleichtert (FRANK et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005, ZWINGENBERGER 2009, NELSON und NELSON 2011). Die Sensitivität und Spezifität der CT-Angiographie werden mit 96% und 89% angegeben (KIM et al. 2013).

Als Nachteil der CT Angiographie wird die fehlende Differenzierbarkeit kleiner sowie nah beieinander liegender Gefäße bei einer großen Schichtdicke genannt (NELSON und NELSON 2011). FRANK und Koautoren (2003) können erfolgreich einen PSS bei einem 1,8kg schweren Hund nachweisen.

Eine weitere bildgebende Modalität, welche zur Shuntdiagnostik eingesetzt wird, ist der Ultraschall. SZATMÁRI und Mitarbeiter (2004a) und D'ANJOU (2007) beschreiben einen entsprechenden Untersuchungsgang für das systematische Vorgehen in der sonographischen Shuntdiagnostik. Im Ultraschall besteht die Möglichkeit, das Shuntgefäß darzustellen und mittels verschiedener Dopplerverfahren den Fluss in den Portalgefäßen sowie der VCC zu visualisieren und zu messen. Es können sich eine veränderte Flussgeschwindigkeit und -richtung in der PA, zur Herzaktion synchrone Schwankungen des Blutflusses in der PA und Turbulenzen in der VCC zeigen (TIEMESSEN et al. 1995, LAMB 1996, D'ANJOU et al. 2004, SZATMÁRI et al. 2004b). Die Sensitivität des Ultraschalls für die Detektion eines PSS wird mit 68 – 96% angegeben (TIEMESSEN 1995, LAMB 1996, D'ANJOU et al. 2004, KIM et al. 2013). Von KIM und Mitarbeitern (2013) wird eine Spezifität des Ultraschalls von 84% angegeben.

WINKLER und Mitarbeiter (2003) schränken ein, dass eine Ultraschalluntersuchung allein nicht dazu geeignet ist einen PSS auszuschließen und es einer weiteren bildgebenden Modalität wie z.B. der Portographie bedarf.

Als nuklearmedizinisches Diagnostikum steht die Szintigraphie zur Verfügung. Bei dieser Methode wird das Radionuklid, in der Regel Technetium (^{99m}Tc), in den distalen Anteil des Kolons appliziert und die anschließende Verteilung im Körper des Patienten mit einer Gammakamera erfasst. Das Radionuklid wird schnell über die Schleimhaut des Kolon resorbiert und über den Portalkreislauf nach kranial transportiert (SHIOMI et al. 1988, DANIEL et al. 1990). Beim gesunden Patienten kommt es zuerst zu einer Anreicherung des Radionuklids in der Leber und folgend im

Herz. Im Fall eines PSS steigt die messbare Aktivität des Technetiums zuerst im Herz deutlich an, gefolgt von einem langsamen Aktivitätsanstieg in der Leber (SHIOMI et al. 1988, DANIEL et al. 1990, KOBLIK et al. 1990, LAMB und DANIEL 2002).

Die Szintigraphie ist ein sensitives Verfahren für die Diagnose eines Shunts, erlaubt aber keine Aussage über die Lokalisation (LAMB und DANIEL 2002). Es bietet die Möglichkeit der Berechnung einer Shunfraktion, der Menge an Blut, welches die Leber durch das Shuntgefäß umgeht (SHIOMI et al. 1988, DANIEL et al. 1990, KOBLIK et al. 1990, LAMB und DANIEL 2002).

Als weiteres bildgebendes Verfahren ist es möglich, mit Hilfe der Magnetresonanztomographie einen PSS zu diagnostizieren ohne die Applikation eines Kontrastmittels die Portalgefäße darzustellen. Die Sensitivität dieser Methode wird mit 80% angegeben (SEGUIN et al. 1999). BRÜHSCHWEIN und Mitarbeiter (2010) beschreiben die Gefäßdarstellung im Magnetresonanztomographen nach der Injektion von Kontrastmittel mit guten bis sehr guten Ergebnissen.

2.2.7 Therapiemethoden

Die Therapie eines PSS kann konservativ erfolgen oder chirurgisch/interventionell mit progressivem Verschluss des Shuntgefäßes. Ein sofortiger Verschluss ist in der Regel aufgrund der Gefahr einer portalen Hypertension nicht sinnvoll, da die Leber und deren Gefäße nicht auf das plötzlich erhöhte Blutvolumen angepasst sind (HOTTINGER et al. 1995, HUNT und HUGHES 1999).

TIVERS und Mitarbeiter (2012) konstatieren kritisch, dass alle bis November 2010 publizierten Studien, die sich mit der Fragestellung nach dem besten Kurz- und Langzeit Ergebnis verschiedener Therapieoptionen zum Verschluss des PSS nur eine schwache Evidenzbasis aufweisen. Weiterhin hat keine der von TIVERS und Koautoren (2012) untersuchten Studien einen ausreichenden Empfehlungsgrad, die den bevorzugten Einsatz einer bestimmten Behandlungsmethode gegenüber einer anderen rechtfertigt.

2.2.7.1 Konservative Therapie

Die konservative Therapie ist palliativ und dient der Behandlung und Prävention von klinischen Symptomen einer Hepatoenzephalopathie; eine Wiederherstellung der

Leberfunktion ist nicht möglich (SCAVELLI 1989, RUTGERS 1993). Diese besteht aus einer proteinarmen Diät mit leicht verdaulichen Kohlenhydraten (GREVEL et al. 1987b, TABOADA 1990, RUTGERS 1993). Eine zusätzliche Gabe von Lactulose und nicht in der Leber verstoffwechselten Antibiotika haben einen positiven Effekt in der Prävention einer Hepatoenzephalopathie, durch die Beeinflussung der Bakterienflora, Darmpassagezeit sowie einer verminderten Resorption von Metaboliten und Toxinen aus dem Darm (GREVEL et al. 1987b, TABOADA 1990, RUTGERS 1993). Weiterhin erhält jedes Tier vor und nach einem chirurgischen oder interventionellen Verschluss eines PSS eine konservative Therapie.

WATSON und HERRTAGE postulierten 1998, dass konservativ behandelte Tiere, die zum Zeitpunkt der Diagnose eines PSS über zwei Jahre alt waren, eine bessere Langzeitprognose haben als zu diesem Zeitpunkt chirurgisch oder interventionell verschlossene Patienten.

2.2.7.2 Chirurgische Therapie

Die chirurgische Therapie erfolgt über eine Laparotomie mit Darstellung des Shuntgefäßes. Für den extravaskulären chirurgischen Verschluss stehen die Seidenligatur, der Ameroidkonstriktor sowie das Cellophan Banding zur Verfügung. Durch den progressiven Verschluss des PSS soll die normale Leberdurchblutung und –funktion wiederhergestellt werden.

Die vollständige oder partielle Seidenligatur kann beim EHS (GREVEL et al. 1987b, HUNT und HUGHES 1999) oder IHS durchgeführt werden (GREVEL et al. 1987b). Wird ein partieller Verschluss durchgeführt, kann nach einigen Monaten eine zweite Operation notwendig sein, um das Shuntgefäß weiter einzuengen oder vollständig zu Verschließen (GREVEL et al. 1987b).

Der Ameroidkonstriktor ist ein mit Kasein ausgekleideter Metallring, in welchen das Shuntgefäß eingebracht wird. Durch die hygroskopische Eigenschaft des Kasein schwillt dieses an und führt zu einer langsamen Verkleinerung des inneren Lumens und damit des PSS (VOGT et al. 1996, HUNT et al. 2014). HUNT und Mitarbeiter (2014) gehen zusätzlich davon aus, dass eine Bindegewebsproliferation um den Ameroidkonstriktor zu einer weiteren Einengung und Verschluss des Shuntgefäßes führt.

Das Cellophan Banding wird 1990 zum ersten Mal in der Veterinärmedizin zum Verschluss eines EHS von erfolgreich eingesetzt (HARARI et al. 1990). Cellophan ist ein aus Zellulose bestehender Kunststoff, der aufgrund seiner entzündungsfördernden Eigenschaften und damit der Fremdkörperreaktion zum graduellen Gefäßverschluss führt. Das Cellophan wird zu einem dreilagigen Streifen gefaltet und um das zu verschließende Gefäß gelegt. Anschließend wird das Cellophan mit Gefäßclips vor dem Abrutschen gesichert (YOUMANS und HUNT 1998). Nach einer Studie von HUNT und Koautoren (2004) zeigen 85% aller mit Cellophan Banding und intraoperativen Einengung des Shuntgefäßes behandelten Hunde 2-6 Monate post OP eine normale Leberfunktion. Bei der Anwendung einer nicht einengenden Technik wird eine Zeit von mehr als 6 Monaten bis zum vollständigen Verschluss des PSS angenommen (FRANKEL et al. 2006). Der Vorteil des Cellophan Banding liegt in einem langsamen und kontinuierlichen Verschluss des PSS, einer einfachen Handhabung und wenigen intraoperativen und postoperativen Komplikationen (YOUMANS und HUNT 1998, HUNT et al. 2004).

2.2.7.3 Interventionelle Therapie

Intravaskulär kann interventionell mit einem Katheter eine mit Biopolymerfäden beschichtete Drahtspirale, der sog. Coil, unter Röntgendurchleuchtung in das zu verschließende Gefäß eingebracht werden.

PARTINGTON und Mitarbeiter (1993) führen erstmals einen sukzessiven Verschluss eines IHS beim Hund mittels Einbringen von multiplen Coils in das Shuntgefäß durch. Der Zugang zum Shuntgefäß erfolgt über eine Schleuse in der V. jugularis oder V. femoralis durch die Vena cava caudalis. Der Coil ist an der Spitze eines Katheters befestigt und kann mit diesem in das zu verschließende Gefäß eingesetzt werden. Es kommt zum Verschluss des Shuntgefäßes durch die Thrombusbildung am Coil. Zur Prävention eines portalen Hochdruckes aufgrund einer zu schnellen Thrombusbildung im Shuntgefäß wird die Kombination von der Coil-Implantation mit einer Heparintherapie beschrieben (SCHNEIDER et al. 2009, STOSIC 2011).

3 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit wurde in eine retrospektive Studie und eine Hauptstudie, prospektiver Teil getrennt.

3.1 Untersucher

Insgesamt waren 4 Untersucher an der Auswertung der Bilder beteiligt:

Untersucher 1 ist Fachtierarzt für Innere Medizin und Diplomate des European College of Veterinary Internal Medicine – Companion Animals (Cardiology).

Untersucher 2 ist Doktorand der vorliegenden Arbeit und in Ausbildung zum Fachtierarzt für Radiologie und andere bildgebende Verfahren.

Untersucher 3 ist Fachtierärztin für Radiologie und andere bildgebende Verfahren und Diplomate des European College of Veterinary Diagnostic Imaging.

Untersucher 4 ist Diplomate des European College of Veterinary Diagnostic Imaging sowie Diplomate des American College of Veterinary Radiology.

Die Auswertung der Bilder erfolgte geblindet durch eine Auswahl aus den Untersuchern. Welcher Untersucher welche Bilder auswertet, wird in den jeweiligen Abschnitten erläutert.

3.2 Retrospektive Patienten

Für den retrospektiven Teil der Studie wurde das Patientenarchiv der Klinik für Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen nach Patienten durchsucht, die mindestens 3 Monate nach chirurgischem Verschluss eines EHS mittels Cellophan-Banding vorgestellt wurden. Einschlusskriterien waren, dass zur Überprüfung des Vorhandenseins eines Restshunts eine Splenoportographie und eine CT-Angiographie durchgeführt worden waren. Die Fixation des Cellophans erfolgte bei diesen Tieren mittels Gefäßclips aus Metall. Insgesamt erfüllten 10 Hunde die Einschlusskriterien.

3.2.1 Auswertung der CT

Die Schnittbilder wurden von Untersucher 2 ausgewertet. Eine genaue Beschreibung der Auswertung findet sich in Abschnitt 4.5.

3.2.2 Auswertung der Splenoportographie

Die Auswertung der Splenoportographie erfolgte durch Untersucher 1. Eine genaue Beschreibung der Auswertung findet sich in Abschnitt 4.6.

3.3 Prospektive Patienten

Die Untersuchungen wurden an 15 Hunden aus dem Patientengut der Klinik für Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Die verwendete Patientengruppe umfasst Patienten, die zur Kontrolluntersuchung mindestens 3 Monate nach chirurgischem Verschluss eines EHS mittels Cellophan-Banding zur Kontrolle vorgestellt wurden. Das Cellophan wurde mit Gefäßclips aus Kunststoff fixiert. Nach Aufnahme der Anamnese, allgemeinen klinischen Untersuchung und Anfertigen eines Blutbildes sowie Blutchemie inklusive Gallensäurestimulationstest erfolgte die CT-Untersuchung.

Da die CT-Untersuchung zusätzlich vor der Splenoportographie gemacht wurde und dies zu einer Verlängerung der Narkosedauer führt, wurde eine Anzeige eines Vorhabens nach dem Tierschutzgesetz §8a Absatz 1 und 2 beim Regierungspräsidium Gießen vorgenommen. Die Anzeige wird beim Regierungspräsidium Gießen unter folgender Nummer geführt: GI 18/17 Nr. A 43/2012.

3.3.1 Anästhesie

Die Tiere erhielten im Verlauf der klinischen Untersuchung einen Venenverweilkatheter (20G oder 22G, VasoVet®, Fa. B.Braun) in die Vena cephalica antebrachii. Nach Abschluss der klinischen Untersuchung und Blutentnahme erfolgte die Narkoseeinleitung mittels Levomethadon 0,5mg/kg Körpergewicht (L-Polamivet®, Intervet) und Acepromazin 0,05mg/kg Körpergewicht (Vetranquil® 1%, Fa. CEVA Tiergesundheit GmbH) intravenös. Die Narkoseerhaltung erfolgte nach Intubation mittels Inhalationsanästhesie als 1,5 bis 2%iges Sauerstoff-Gasgemisch. Während der CT-Untersuchung atmeten die Hunde spontan. Die anschließende splenoportographische Untersuchung geschah unter durchgehender maschineller Beatmung.

Während der Untersuchungen wurden die Patienten mittels Pulsoximetrie, expiratorischem Kohlenstoffdioxid sowie mittels klinischer Kontrollen überwacht.

Zur Konstanthaltung der Körperinnentemperatur wurde während der Splenoportographie direkt neben dem Patienten ein Wärmekissen mit ausströmender warmer Luft platziert (Bair Hugger Model 505, Arizant Deutschland GmbH).

3.3.2 Computertomographie (CT)

3.3.2.1 Computertomograph

Die Untersuchungen wurden mit einem Ganzkörper-CT Brilliance 16-Schicht-CT-System der Firma Philips durchgeführt. Das System arbeitet mit einem Festkörperdetektor aus Gadolinium-Oxysulfid (Gd_2O_2S) mit 672 Detektorelementen pro Zeile. Der Computertomograph arbeitet mit einer Graphitverbund-Drehanodenröntgenröhre. Die Röntgenröhre besitzt einen fokalen Spot von $0,5 \times 1,0 \text{ mm}^2$ und $1,0 \times 1,0 \text{ mm}^2$. Die Schichtdicke kann im Spiralmodus von 0,65 mm bis 7,5 mm gewählt werden. Die minimale Rotationszeit der Gantry beträgt 0,5 Sekunden (Sek) und kann in Einzelschritten bis 2,0 Sek eingestellt werden. Der nutzbare Durchmesser der Gantry beträgt 70 cm. Der Brennfleckabstand der Röntgenröhre zum Scanzentrum misst 57 cm und zum Detektor 104 cm.

3.3.2.2 Kontrastmittelpumpe

Die Kontrastmittelapplikation erfolgte mittels eines Doppelkopfinjektors Injektron CT2 der Firma Medtron. Die montierte Kontrastmittelspritze fasst ein Volumen von 200 ml und wurde mit einer druckstabilen Infusionsleitung an den venösen Zugang des Patienten angeschlossen (Abbildung 1). Die Steuerung der Kontrastmittelpumpe geschieht ferngesteuert durch den Touch Screen CT2 der Firma Medtron.

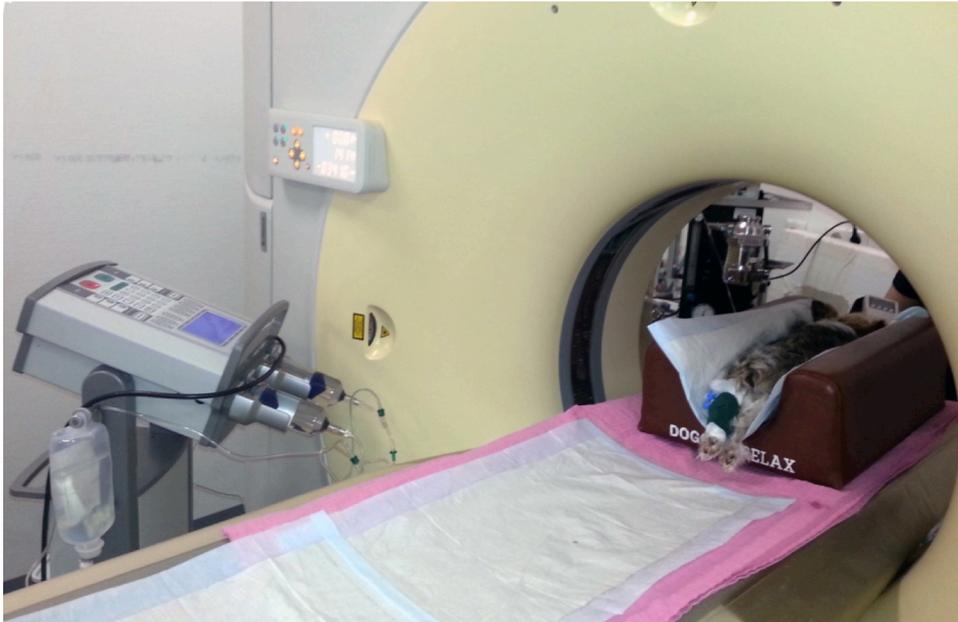


Abbildung 1

Der Hund in der Gantry mit angeschlossener Kontrastmittelpumpe. Die Kontrastmittelpumpe ist an einen Venenzugang an der Vordergliedmaße angeschlossen.

3.3.2.3 Native-CT

Das Tier wurde in Brust-Bauchlage in einer Lagerungshilfe aus Schaumstoff auf der Patientenliege gelagert. Der Kopf befand sich in Richtung der Gantry (head first) (Abbildung 2). Es wurde darauf geachtet, dass die Gliedmaßen außerhalb des Untersuchungsbereiches liegen, um Artefakte durch diese zu vermeiden.

Zum Beginn der Untersuchung wurden zwei Übersichtsbilder (Survey) über Thorax und Abdomen angefertigt. Diese Topogramme dienten zur weiteren Planung der Untersuchungen.

Der native CT-Scan wurde so geplant, dass dieser kranial des Zwerchfells beginnt und im kaudalen Lendenwirbelsäulenbereich endet. Das Field of View (FOV) wurde der jeweiligen Patientengröße angepasst. Die CT-Untersuchung wurde mit einer Röhrenspannung von 120 Kilovolt (kV), einem Röhrenstrom von 313 Milliampere (mA), einer Schichtdicke von 2 mm und einem Pitch von 1 ausgeführt.



Abbildung 2

Lagerung des Patienten für die CT Untersuchung. Die Lagerung erfolgt in Brust-Bauchlage in einer Lagerungshilfe. Die Gliedmaßen wurden nach kranial und kaudal ausgestreckt gelagert, um Artefakte durch die Überlagerung der Gliedmaßen mit dem Abdomen zu vermeiden.

3.3.2.4 Dynamische-CT

In dieser Arbeit fand das nichtionische und wasserlösliche jodhaltige Kontrastmittel Xenetix® 300 Guerbet GmbH Verwendung.

In den nativen CT-Bildern wurde eine Schnittebene mit guter Sichtbarkeit der Pfortader, eines Anteils der Milz sowie der Leber ausgewählt. Es erfolgte die intravenöse Applikation von 150 mg Jod/kg Körpergewicht als Bolus, durch die Kontrastmittelpumpe bei einer Flussrate von 3 ml/Sek. Wies das Tier ein Gewicht auf, bei welchem keine ganzzahlige Menge Kontrastmittel eingestellt werden konnte, so wurde die Kontrastmittelmenge aufgerundet. Parallel zur Applikation des Kontrastmittelbolus wurde der dynamische CT-Scan in der oben ausgewählten Ebene gestartet. Über die Dauer von 40 bis 60 Sekunden wurden im Abstand von 2 Sekunden Bilder der zuvor gewählten Schicht erstellt. Der dynamische CT-Scan wurde bei einer Röhrenspannung von 120 kV, einem Röhrenstrom von 40 mA und einer Schichtdicke von 1,5 mm angefertigt.

Im folgenden wurde an der Philips Workstation in dem Programm „Test Injection Bolus Timing“ ein ROI über der Pfortader im Schnittbild positioniert und an deren Größe angepasst (Abbildung 3). Von dem Programm wird anschließend eine

Zeitintensitätskurve ausgegeben, in welcher der Zeitpunkt der maximalen Kontrastmittelkonzentration in der Pfortader abgelesen werden kann (Abbildung 3).

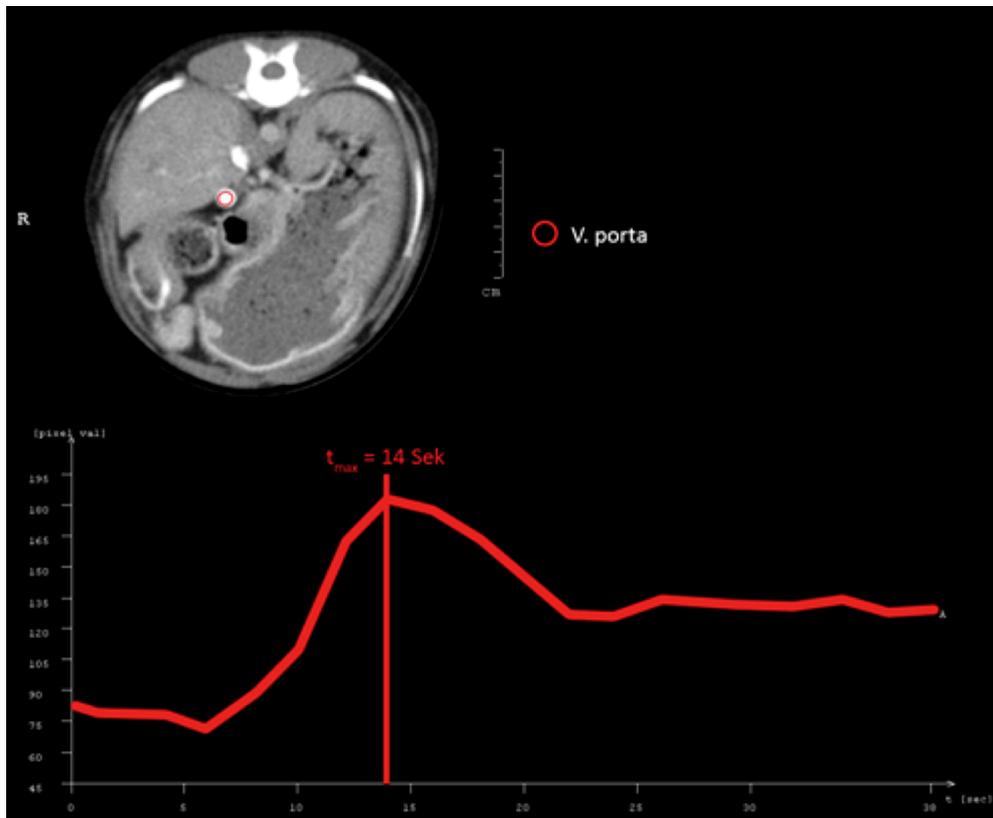


Abbildung 3

Darstellung der ROI (roter Kreis) in der Pfortader und der resultierenden Zeitintensitätskurve. In diesem Beispiel ist die maximale Kontrastmittelkonzentration in der Pfortader nach 14 Sek. erreicht.

3.3.2.5 Berechnung des Startzeitpunkts der CT-Angiographie

Zum Verständnis der Berechnung des optimalen Startzeitpunkts wird der Ablauf stichpunktartig erläutert.

1. Aufrufen der Bilder des Dynamischen Scans an der Philips Workstation in dem Programm „Test Injection Bolus Timing“
2. Positionieren einer ROI im Gefäßlumen der Pfortader zur Bestimmung der Zeitintensitätskurve des Kontrastmittels in der Pfortader (Abbildung 3)
3. Ablesen des Zeitpunktes (t_{\max} in Sek) der maximalen Kontrastmittelkonzentration in der Pfortader (Abbildung 3)
4. Errechnen der Strecke (Länge (L) in mm), die vom Startpunkt des Kontrastmittelscans zurück gelegt wird, bis die Ebene des dynamischen Scans erreicht wird (Abbildung 4)
5. Berechnung der Zeit (t_{strecke} in Sek), welche das CT für den Scan von L benötigt: $t_{\text{strecke}} = L / 32 \text{ mm}$ 32 mm: entsprechen dem Vorschub des Patiententisches pro Sekunde bei einem Pitch von 1 und errechnet sich als der Quotient aus der Kollimation (16 x 1,5 mm) und der eingestellten Rotationszeit der Gantry (0,75 Sek)
6. Berechnen des Zeitpunkts (t_{start} in Sek) zum Start der CT-Angiographie nach dem Start der Kontrastmittelapplikation mittels Kontrastmittelpumpe: $t_{\text{start}} = t_{\max} - t_{\text{strecke}}$

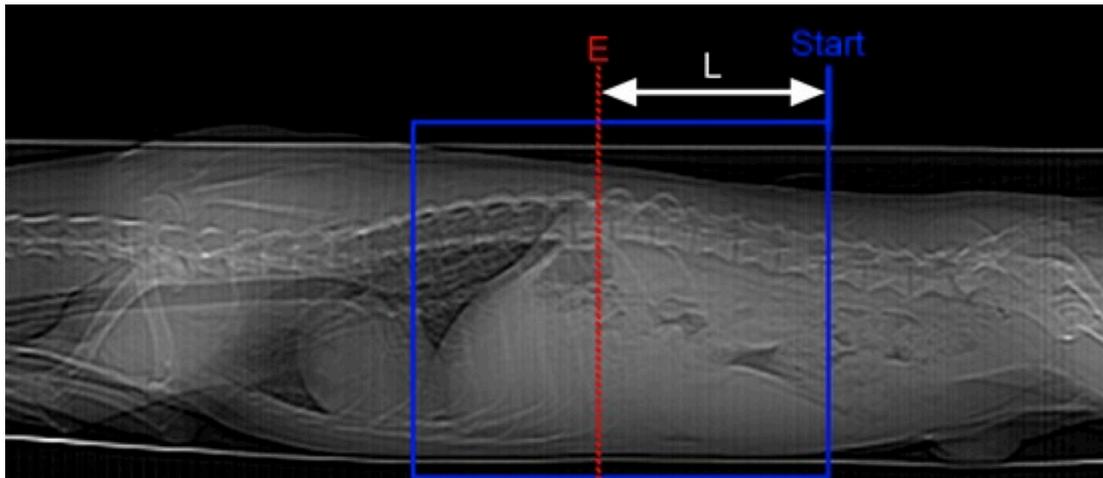


Abbildung 4

Beispielhafte Darstellung der Planung der CT-Angiographie im Übersichtsbild des CT. Geplantes Field of View (blaues Rechteck) der CT-Angiographie und der Ebene (E) der dynamischen-CT (rot gestrichelte Linie). Die Strecke (L) vom Startpunkt (blau) der CT-Angiographie bis zur Ebene der dynamischen-CT ist als weißer Pfeil dargestellt.

3.3.2.6 CT-Angiographie

Planung des Scans: Die Region von dem mittleren Lendenwirbelsäulenbereich bis kranial des Zwerchfells wird gescannt. Die Applikation des Kontrastmittels erfolgte mit einer Konzentration von 600 mg Jod/kg Körpergewicht intravenös mittels der Kontrastmittelpumpe bei einer definierten Flussrate von 3 ml/Sek. Zu dem zuvor errechneten Startzeitpunkt (t_{start}) nach Kontrastmittelapplikation startete der helikale CT-Scan. Der Scan lief von kaudal nach kranial. Anschließend erfolgte ein zweiter später CT-Scan von kranial nach kaudal.

Die CT-Angiographie wurde mit einer Röhrenspannung von 120 kV, einem Röhrenstrom von 313 mA, einer Schichtdicke von 2 mm und einem Pitch von 1 realisiert.

3.3.2.7 Auswertung der CT-Angiographie

Die CT Angiographie wird von Untersucher 2, Untersucher 3 und Untersucher 4 ausgewertet. Die Auswertung der CT-Angiographie erfolgt entsprechend Abschnitt 3.5.

3.3.3 Splenoportographie

3.3.3.1 Durchleuchtungsanlage

Die Splenoportographie wurde auf einer bi-planen Durchleuchtungsanlage, Bicolor HS der Fa. Siemens, durchgeführt.

3.3.3.2 Splenoportographie

Die Tiere waren in Rückenlage auf dem Tisch der Durchleuchtungsanlage fixiert und das Abdomen im Bereich der Milz aseptisch präpariert (Abbildung 5).

Die Milz wurde sonographisch dargestellt und ein Venenverweilkatheter (20G, VasoVet®, Fa. B.Braun) unter Sichtkontrolle schräg in das Milzparenchym eingebracht. Anschließend wurde an dem Venenkatheter eine mit Kontrastmittel gefüllte Spritze mit Verlängerung angeschlossen und mittels Klebeband am Tier befestigt (Abbildung 5). Unter Durchleuchtung in zwei Ebenen wurde das Kontrastmittel (Xenetix® 300 Guerbet GmbH) in einer Dosierung von 1 ml/kg Körpergewicht, durch Handinjektion in das Milzparenchym appliziert. Die Aufzeichnung der Splenoportographie erfolgte digital mit 12,5 Bildern/Sek.

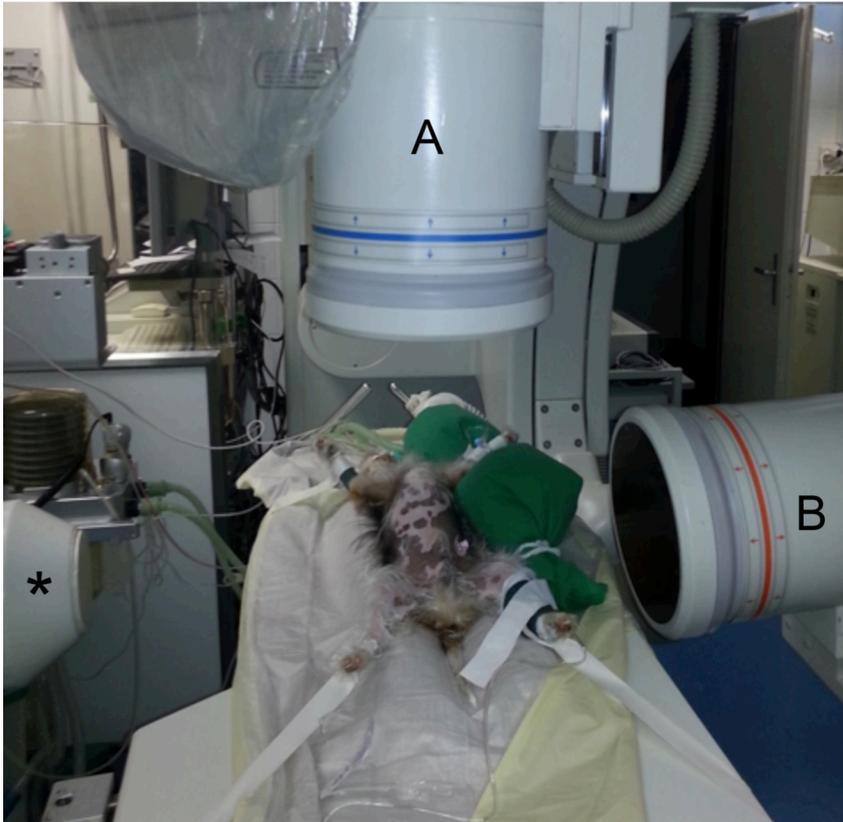


Abbildung 5

Lagerung und Fixierung des Patienten auf dem Patiententisch der Durchleuchtungsanlage in Rückenlage. Der Patient befindet sich auf dem Patiententisch in der Mitte des Bildes. Der Venenverweilkatheter wurde bereits in das Milzparenchym eingebracht und die Spritze mit Verlängerung zur Applikation des Kontrastmittels angeschlossen. A = Röntgenbildverstärker der dorsoventralen Ebene; B = Röntgenbildverstärker der laterolateralen Ebene; Asterisk = Röntgenröhre der laterolateralen Ebene

3.3.3.3 Auswertung der Splenoportographie

Die Auswertung der Splenoportographie erfolgt durch Untersucher 1, Untersucher 2 und Untersucher 3. Die Auswertung erfolgt entsprechend Abschnitt 3.6.

3.4 Dokumentation der Bilder

Alle Videosequenzen der Splenoportographie und der CT-Bilder wurden im DICOM-Format (Digital Imaging and Communications in Medicine) in einem PACS (Picture Archiving and Communication System) digital gespeichert. Die Auswertung der Daten erfolgt entweder mit dem Bildbetrachtungsprogramm „OsiriX Imaging Software, Advanced Open- Source PACS Workstation, DICOM Viewer“ oder mit dem Bildbetrachtungsprogramm „easyimage“.

3.5 Auswertung der CT-Angiographie

Das Shuntgefäß wurde als verschlossen beurteilt, sofern kein Hinweis auf eine Verbindung zwischen dem Shuntgefäß bzw. der Pfortader und der VCC oder der Vena azygos bestand.

Zusätzlich wurde die intrahepatische Verzweigung der Pfortader semiquantitativ in 3 Grade unterteilt. Dazu wurde die zuvor für intrahepatische Shunts von WHITE et al. 1998 und LEE et al. 2006 veröffentlichte Methode modifiziert, da in der CT immer eine Zunahme der Dichte des Leberparenchyms durch das Kontrastmittel zu sehen ist:

PA-Grad 1 = keine Pfortaderäste sind sichtbar

PA-Grad 2 = nur die Stammgefäße der Pfortader sind sichtbar (Abbildung 6)

PA-Grad 3 = deutliche bis feine Verzweigung der Pfortaderäste (Abbildung 7)

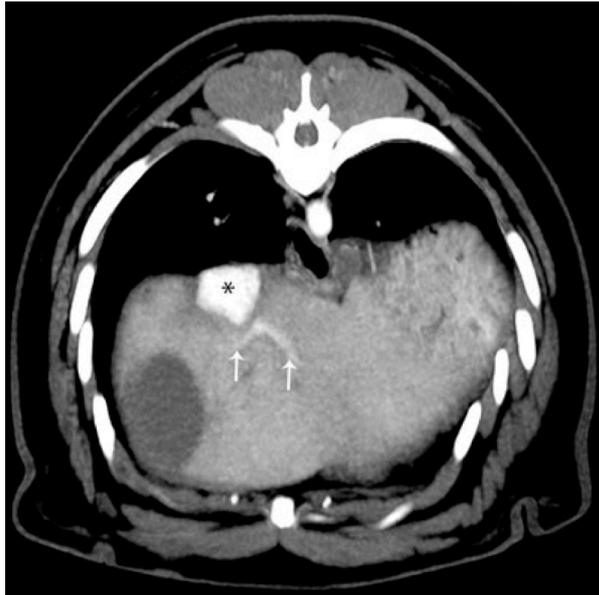


Abbildung 6

PA-Grad 2 im CT-Bild. Transversalschnitt über die Leber in einer Maximumintensitätsprojektion. Es sind nur die Stammgefäße der PA sichtbar. Weiße Pfeile = Stammgefäße der PA; Asterisk = Vena cava caudalis

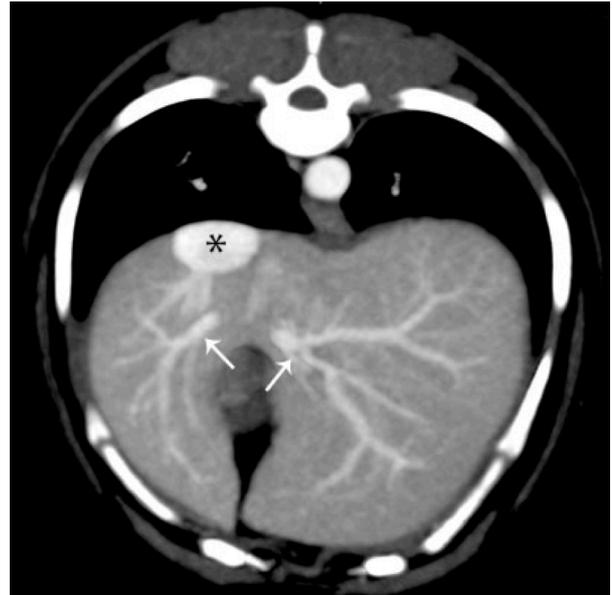


Abbildung 7

PA-Grad 3 im CT Bild. Transversalschnitt über die Leber in einer Maximumintensitätsprojektion. Es zeigt sich eine deutliche Verzweigung der Pfortaderäste. Weiße Pfeile = Stammgefäße der PA; Asterisk = Vena cava caudalis

3.6 Auswertung der Splenoportographie

Die Einteilung erfolgte in eine Gruppe mit verschlossenem Shuntgefäß (Gruppe 1) und eine Gruppe mit offenem Shuntgefäß (Gruppe 2).

Es wurde anhand der Angiographie die intrahepatische Verzweigung der Pfortader semiquantitativ in 4 Grade anhand einer zuvor für intrahepatische Shunts von WHITE et al. 1998 und LEE et al. 2006 veröffentlichten Auswertung, unterteilt:

PA-Grad 1 = Pfortader nicht darstellbar/keine Pfortaderäste sichtbar (Abbildung 8)

PA-Grad 2 = Stammgefäße der Pfortaderäste sichtbar (Abbildung 9)

PA-Grad 3 = eine weitere Verzweigung der Pfortaderäste ist sichtbar (Abbildung 10)

PA-Grad 4 = feine Verzweigung der Pfortaderäste und sichtbare „Anfärbung“ des Parenchyms durch das Kontrastmittel (Abbildung 11)



Abbildung 8
 Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 1. Es ist kein Kontrastmittel in der PA sichtbar. Pfeil = Shuntgefäß; Asterisk = Vena cava caudalis



Abbildung 9
 Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 2. Die Stammgefäße der PA sind sichtbar. Geschwungener Pfeil = Pfortader; Pfeilspitze = Stammgefäße der Pfortader



Abbildung 10
 Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 3. Die Stammgefäße der PA sind mit Verzweigung sichtbar. Geschwungener Pfeil = Pfortader; Pfeilspitze = Stammgefäße der Pfortader



Abbildung 11
 Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 4. Die Stammgefäße der PA sind mit Verzweigung sichtbar und es zeigt sich eine Verteilung des Kontrastmittels im Leberparenchym. Geschwungener Pfeil = Pfortader; Pfeilspitze = Stammgefäße der Pfortader

Weiterhin wurde der Grad des Restshunts nach folgendem Schema eingeteilt (STOSIC 2011):

Shuntgrad 0 = Kompletverschluss (Abbildung 12)

Shuntgrad 1 = Shunt färbt sich geringer als die intrahepatischen Pfortaderäste an (Abbildung 13)

Shuntgrad 2 = Shunt färbt sich gleich stark wie die intrahepatischen Pfortaderäste an (Abbildung 14)

Shuntgrad 3 = Shunt färbt sich stärker als die intrahepatischen Pfortaderäste an (Abbildung 15)

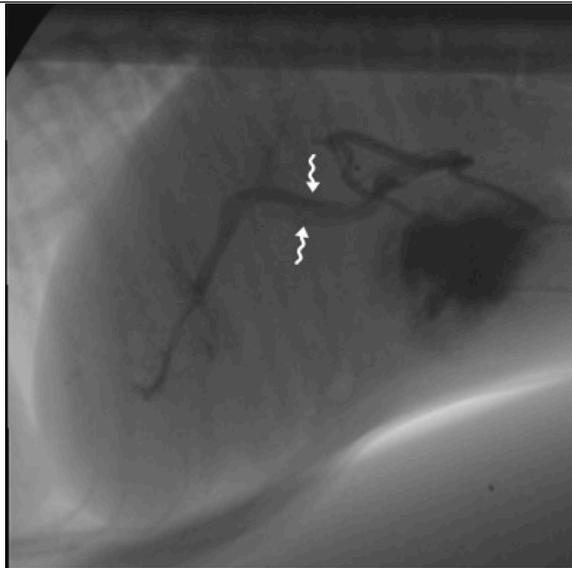


Abbildung 12
 Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 0. Nur die PA ist sichtbar. Geschwungener Pfeil = Pfortader

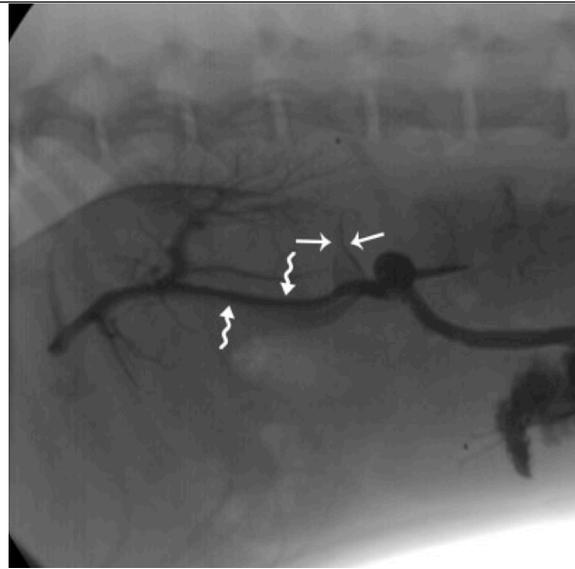


Abbildung 13
 Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 1. Das Shuntgefäß hat eine geringere Kontrastmitteldichte als die PA. Pfeil = Shuntgefäß; Geschwungener Pfeil = Pfortader

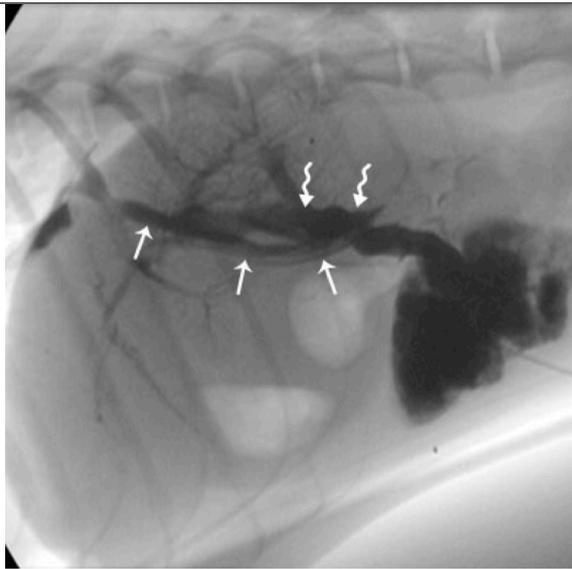


Abbildung 14
 Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 2. Das Shuntgefäß hat die gleiche Kontrastmitteldichte wie die PA. Pfeil = Shuntgefäß; Geschwungener Pfeil = Pfortader

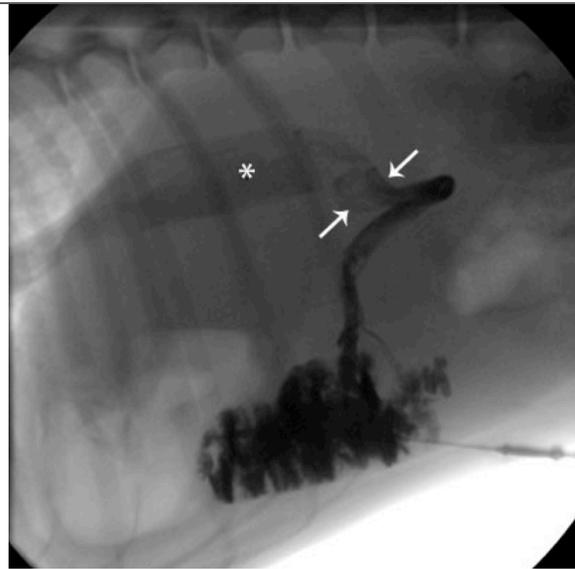


Abbildung 15
 Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 3. Das Shuntgefäß hat eine höhere Kontrastmitteldichte als die PA, in welcher kein Kontrastmittel sichtbar ist. Pfeil = Shuntgefäß; Asterisk = Vena cava caudalis

Die Befunde der Pfortaderverzweigung und des Restshuntgrades wurden für die laterolaterale und dorsoventrale Projektion getrennt erfasst.

3.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit einem kommerziell erhältlichen Statistikprogramm (SPSS® Statistics für Windows, Version 22.0, IBM Corporation).

Die Häufigkeiten der kategorischen Merkmale wurden erfasst sowie der Mittelwert und die Standardabweichung für die kontinuierlichen Daten ermittelt.

Für die Berechnung des Maßes eines Zusammenhangs nominaler Werte wurde der Kontingenzkoeffizient mittels Cramer-V bestimmt. Es gilt für Cramer-V = 0 kein Zusammenhang, bei einem Wert von Cramer-V = 1 besteht ein perfekter Zusammenhang (CLEFF 2011). Die Untersuchung der übereinstimmenden Bewertung von Merkmalen innerhalb eines Verfahrens zwischen verschiedenen Untersuchern erfolgte durch die Bestimmung des Cohens-Kappa-Koeffizienten. Von GROUVEN et al. 2007 wird die Stärke der Übereinstimmung angegeben mit $k < 0,20$ schwach; $k = 0,21 - 0,40$ leicht; $k = 0,41 - 0,60$ mittelmäßig; $k = 0,61 - 0,80$ gut; $k = 0,81 - 1,00$ sehr gut/stark.

Für den Vergleich der PA-Grade in der Splenoportographie und CT-Angiographie wurden die Ergebnisse der dorsoventralen Projektionen der Splenoportographie mit der CT-Angiographie verglichen. Der PA-Grad 3 und PA-Grad 4 der Splenoportographie wurden für den Vergleich mit der CT-Angiographie zum PA-Grad 3 zusammengefasst.

Ob ein Zusammenhang zwischen der Einteilung „offen“/„geschlossen“ eines Shuntgefäßes in der Splenoportographie und CT-Angiographie vorlag, wurde mit dem exakten Test nach Fisher bestimmt. Anschließend wurden die Sensitivität und Spezifität der CT-Angiographie getrennt für die Untersucher 2 bis 4 bestimmt.

Ein p-Wert von $p \leq 0,05$ galt als statistisch signifikant.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der retrospektiven Untersuchung

4.1.1 Patientenkollektiv der retrospektiven Untersuchung

Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Patientendaten in Hinblick auf Rasse, Geschlecht, Alter und Körpergewicht zum Zeitpunkt der Untersuchung mittels CT-Angiographie und Splenoportographie. Die häufigste Hunderasse stellten Yorkshire Terrier mit vier Tieren dar, gefolgt von Mischlingen mit zwei Patienten und jeweils ein Jack Russell Terrier, Havaneser, Zwergpinscher und Zwergschnauzer. Fünf Tiere sind männlich, eines männlich-kastriert und vier weiblich. Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist das jüngste Tier 9 und das älteste Tier 46 Monate alt (Mittelwert $17,80 \pm 11,46$ Monate). Das Körpergewicht liegt zwischen 1,9 und 10,2 kg (Mittelwert $4,88 \pm 2,92$ kg).

Tabelle 1: Patientendaten von 10 Hunden zum Zeitpunkt der Untersuchung

Patienten Nr.	Rasse	Geschlecht	Alter (Monate)	Körpergewicht (kg)
1	Mischling	W	17	5,3
2	Zwergschnauzer	W	28	7,5
3	Jack Russell Terrier	M	46	8,6
4	Mischling	M	16	10,2
5	Havaneser	W	10	4,1
6	Yorkshire Terrier	W	10	3,5
7	Yorkshire Terrier	M	16	2,3
8	Yorkshire Terrier	MK	9	2,6
9	Yorkshire Terrier	M	9	2,8
10	Zwergpinscher	M	17	1,9

Nr. = Nummer; M = männlich; MK = männlich-kastriert; W = weiblich; WK = weiblich-kastriert

Auf Basis der Patientenakten haben Patient 2, Patient 5, Patient 6, Patient 8 und Patient 9 einen linken Magenvenenshunt - entsprechend fünf von 10 Tieren (50%). Patient 1, Patient 3 und Patient 4 weisen laut Patientenakten einen Porto-Azygosshunt auf – entsprechend drei von 10 Hunden (30%). Patient 7 und Patient 10 haben einen rechten Magenvenenshunt - entsprechend zwei von 10 Tieren (20%).

4.1.2 Auswertung der CT-Angiographie

In der CT-Angiographie werden von Untersucher 2 vier Shuntgefäße von vier Tieren (40%) mit „offen“ eingestuft, entsprechend Patient 1, Patient 4, Patient 6 und Patient 10. Für die verbleibenden sechs Patienten (60%) ist eine Beurteilung durch Aufhängungsartefakte um die Metallclips nicht möglich (Abbildung 16).

Der PA-Grad kann in zehn von zehn Patienten (100%) bestimmt werden. Für drei Patienten (30%) wird der PA-Grad 2 vergeben, Patient 1, Patient 6 und Patient 8. Die verbleibenden sieben Patienten (70%) werden mit PA-Grad 3 eingestuft.

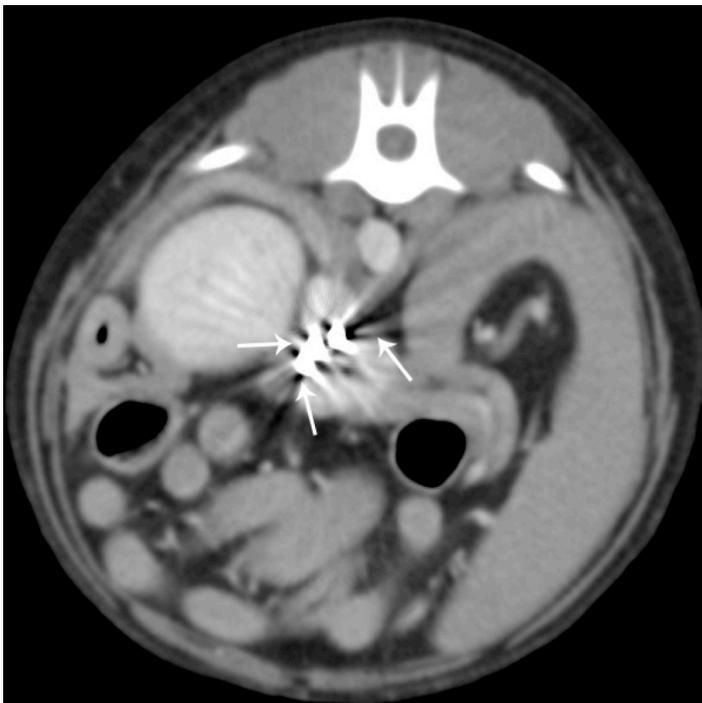


Abbildung 16

Beispiel für Aufhängungsartefakte (Pfeile) um die Metallclips bei Patient Nr. 5. Sichtbar im CT-Transversalschnitt im Weichteilfenster auf Höhe der rechten Niere.

4.1.3 Auswertung der Splenoportographie

In der Splenoportographie werden von Untersucher 1 drei Shuntgefäße von Patient 2, Patient 3 und Patient 9 (30%) als „geschlossen“ beurteilt. Die Shuntgefäße der verbleibenden Patienten (70%) werden als „offen“ eingestuft. Patient 8 zeigt zusätzlich multiple erworbene extrahepatische Shuntgefäße.

Der PA-Grad wird von Untersucher 1 im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang bei allen Patienten bestimmt (100%). Vier Tiere (40%) zeigen sowohl

im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang einen PA-Grad 1. Bei den verbleibenden sechs Patienten (60%) werden die Shuntgefäße in beiden Strahlengängen mit PA-Grad 4 beurteilt. (Tabelle 2)

Tabelle 2: Beurteilung des PA-Grades in der Splenoportographie durch Untersucher 1 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang

Projektion \ Patient-Nr.	LL	DV
1	1	1
2	4	4
3	4	4
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	4	4
8	4	4
9	4	4
10	4	4

Nr. = Nummer; LL = laterolateral; DV = dorsoventral

Der Shuntgrad wird von Untersucher 1 im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang bei allen Patienten bestimmt (100%). Drei Tiere (30%) zeigen sowohl im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang einen Shuntgrad 0. Bei zwei Patienten (20%) werden die Shuntgefäße in beiden Strahlengängen mit Shuntgrad 1 beurteilt. Ein Patient (10%) zeigt im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang einen Shuntgrad 2. Bei vier Tieren (40%) werden die Shuntgefäße in beiden Projektionen mit Shuntgrad 3 eingestuft (Tabelle 3).

Tabelle 3: Beurteilung des Shuntgrades in der Splenoportographie durch Untersucher 1 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang

Projektion \ Patient-Nr.	LL	DV
1	3	3
2	0	0
3	0	0
4	3	3
5	3	3
6	3	3
7	2	2
8	1	1
9	0	0
10	1	1

Nr. = Nummer; LL = laterolateral; DV = dorsoventra

4.1.3.1 Übereinstimmungen des Pfortadergrades in der Splenoportographie

Die Beurteilung des PA-Grades im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang zeigt eine signifikante ($p = 0,005$) starke Übereinstimmung (Cramer-V = 1,000) für beide Projektionsebenen.

4.1.3.2 Übereinstimmung des Shuntgrades in der Splenoportographie

Die Beurteilung des Shuntgrades im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang zeigt eine hoch signifikante ($p = <0,001$) perfekte Übereinstimmung (Cramer-V = 1,000) für beide Projektionsebenen.

4.1.4 Vergleich der CT-Angiographie mit der Splenoportographie

Ein statistischer Vergleich der Splenoportographie mit der CT-Angiographie für die Beurteilung Shunt „offen“/„geschlossen“ ist nicht möglich, da die Variable für die CT-Angiographie konstant ist.

4.1.4.1 Übereinstimmungen der Einteilung des Pfortadergrades in der CT-Angiographie und Splenoportographie

In der Splenoportographie werden die Pfortadern mit PA-Grad 1 und PA-Grad 4 beurteilt. In der CT-Angiographie werden die PA-Grade 2 und 3 vergeben.

Die Untersuchung der Übereinstimmung für die Einteilung des PA-Grades in der Splenoportographie und CT-Angiographie ergibt einen nicht signifikanten ($p = 0,500$) leichten Zusammenhang (Cramer-V = 0,356).

4.2 Ergebnisse der prospektiven Untersuchung

4.2.1 Patientenkollektiv der prospektiven Untersuchung

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Patientendaten in Hinblick auf Rasse, Geschlecht, Alter und Körpergewicht zum Zeitpunkt der Untersuchung mittels CT-Angiographie und Splenoportographie. Die häufigste Hunderasse stellten Mischlinge mit vier Tieren dar, gefolgt von der Rasse Mops mit drei Patienten, zwei Yorkshire Terriern, zwei Zwergpinschern und jeweils einem Bologneser, Malteser, Parson Russell Terrier und Shih Tzu. Vier Tiere sind männlich, drei männlich-kastriert, fünf weiblich und drei weiblich-kastriert. Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist das jüngste Tier 9 und das älteste Tier 68 Monate alt (Mittelwert $21,73 \pm 15,34$ Monate). Das Körpergewicht liegt zwischen 2,0 und 8,1 kg (Mittelwert $4,93 \pm 2,19$ kg).

Tabelle 4: Patientendaten von 15 Hunden zum Zeitpunkt der Untersuchung

Patienten Nr.	Rasse	Geschlecht	Alter (Monate)	Körpergewicht (kg)
1	Mischling	WK	38	5,7
2	Yorkshire Terrier	M	14	2,5
3	Mops	WK	20	7,7
4	Bologneser	WK	19	2,9
5	Mops	MK	19	8,1
6	Mischling	W	15	3,7
7	Parson Russell Terrier	M	11	7,5
8	Malteser	W	11	5,0
9	Shih Tzu	MK	68	7,3
10	Mischling	W	15	2,0
11	Yorkshire Terrier	M	29	2,7
12	Mischling	M	9	5,3
13	Mops	W	16	7,2
14	Zwergpinscher	W	10	3,1
15	Zwergpinscher	MK	32	3,2

Nr. = Nummer; M = männlich; MK = männlich-kastriert; W = weiblich; WK = weiblich-kastriert

Auf Basis der Patientenakten haben Patient 1, Patient 3, Patient 5, Patient 8, Patient 10, Patient 11, Patient 13, Patient 14 und Patient 15 einen rechten Magenvenenshunt (\cong neun von 15 Tieren (60%)). Patient 2, Patient 4, Patient 7 und Patient 12 weisen laut Patientenakten einen linken Magenvenenshunt, vier von 15 Hunden (26,67%), auf. Patient 9 hat einen Porto-Azygosshunt und Patient 6 einen Porto-Phrenicoshunt (je ein Tier (6,67%)).

4.2.2 Auswertung der CT-Angiographie

In der CT-Angiographie werden von Untersucher 2 sechs (40,0%), Untersucher 3 sieben (46,7%) und von Untersucher 4 acht (53,3%) Shuntgefäße als „offen“ beurteilt. Als „geschlossen“ werden von Untersucher 2 neun (60,0%), von

Ergebnisse

Untersucher 3 acht (53,3%) sowie von Untersucher 4 sieben (46,7%) Shuntgefäße eingestuft. Die Einteilung der einzelnen Shuntgefäße/ Patienten kann Tabelle 5 entnommen werden.

Von allen Untersuchern wird kein Patient mit PA-Grad 1 beurteilt. Untersucher 2 und Untersucher 4 stufen jeweils zwei Patienten (13,3%) mit PA-Grad 2 und 13 Patienten (86,7%) mit PA-Grad 3 ein, wobei von Untersucher 2 die Patienten 3 und 5 den PA-Grad 2 erhalten und Untersucher 4 den Patienten 5 und 13 den PA-Grad 2 zuteilt. Fünfzehn Tieren (100%) wird von Untersucher 3 der PA-Grad 3 zugeordnet.

Tabelle 5: Einteilung des Shuntgefäßes der Patienten in der CT-Angiographie in offen oder geschlossen

Untersucher-Nr. Patient-Nr.	2	3	4
1	O	O	O
2	G	G	G
3	O	O	O
4	G	G	G
5	O	G	O
6	O	G	O
7	O	O	O
8	G	O	G
9	G	G	G
10	G	G	O
11	G	G	G
12	O	O	G
13	G	O	O
14	G	O	G
15	G	G	O

Nr. = Nummer; O = offen; G = geschlossen

4.2.2.1 Ergebnisse der k-Analyse der Einteilung Shunt offen/geschlossen in der CT-Angiographie

Die Übereinstimmung der Beurteilung durch Untersucher 2 und Untersucher 4 zeigte einen nicht signifikanten ($p = 0,119$) mittleren Grad der Übereinstimmung ($k = 0,474$). Für die Beurteilung durch Untersucher 3 und Untersucher 4 besteht keine Signifikanz in Hinblick auf den Zusammenhang der Ergebnisse ($p = 1,000$) und es besteht keine Übereinstimmung ($k = 0,071$). Der Vergleich der Ergebnisse von Untersucher 2 und Untersucher 3 zeigt ein nicht signifikantes ($p = 0,315$) Ergebnis mit einer geringen Übereinstimmung ($k = 0,324$).

4.2.2.2 Ergebnisse der k-Analyse der Einteilung des Pfortadergrades in der CT-Angiographie

Beim Vergleich der Übereinstimmung in der Einteilung des PA-Grades zwischen Untersucher 2 und Untersucher 4 zeigt sich eine nicht signifikante ($p = 0,257$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,423$). Für den Vergleich von Untersucher 2 mit Untersucher 3 sowie Untersucher 3 mit Untersucher 4 kann keine Übereinstimmung bestimmt werden.

4.2.3 Auswertung der Splenoportographie

Bei vier von 15 Patienten (26,7%) werden von Untersucher 1 und Untersucher 2 die Shunt-Gefäße als „offen“ eingestuft. Dies betrifft Patient 5, Patient 6, Patient 7 und Patient 12. Die Shuntgefäße bei den verbleibenden 11 Patienten werden als geschlossen eingestuft (73,3%). Von Untersucher 3 werden sechs von 15 Shuntgefäßen (40%) als offen klassifiziert. Dies betrifft Patient 1, Patient 5, Patient 6, Patient 7, Patient 8 und Patient 12. Neun von 15 Shuntgefäßen (15 Patienten) (60%) werden von Untersucher 3 als „geschlossen“ bezeichnet. Bei Patient 3 wird von allen Untersuchern auf multiple erworbene extrahepatische Shuntgefäße hingewiesen.

Der PA-Grad kann von Untersucher 1, Untersucher 2 und Untersucher 3 bei 14/15 Patienten (93,3%) im laterolateralen Strahlengang bestimmt werden. Bei Patient 5 ist nach Anmerkung aller Untersucher ausschließlich eine Injektion des Kontrastmittels in die Peritonealhöhle sichtbar.

In der laterolateralen Projektion werden von Untersucher 1 und Untersucher 2 ein Patient (6,7%) und Untersucher 3 zwei Patienten (13,3%) mit PA-Grad 1 beurteilt.

Ein Patient wird von Untersucher 2 mit PA-Grad 2 eingestuft (6,7%). Untersucher 1 und 3 stufen keinen Patienten mit PA-Grad 2 ein.

Von Untersucher 1 wird kein, von Untersucher 2 drei Patienten (20%) und von Untersucher 3 zwei Patienten (13,3%) mit PA-Grad 3 bewertet. Der PA-Grad 4 wird von Untersucher 1 in 13 Fällen (86,7%), Untersucher 2 in neun Fällen (60%) und Untersucher 3 für zehn Patienten (66,7%) vergeben (Tabelle 6).

In der dorsoventralen Projektion kann von allen Untersuchern bei 15 Patienten (100%) ein PA-Grad bestimmt werden.

PA-Grad 1 wird von Untersucher 1 und Untersucher 2 für 2 Patienten (13,3%) und von Untersucher 3 für einen Patient (6,7%) vergeben. Untersucher 2 und 3 beurteilen jeweils einen Patienten (6,7%) mit PA-Grad 2. Vier Patienten (26,7%) werden von Untersucher 2 und ein Patient (6,7%) von Untersucher 3 mit PA-Grad 3 eingestuft. Von Untersucher 1 werden 13 Fälle (86,7%), von Untersucher 2 acht Fälle (53,3%) und von Untersucher 3 zwölf Fälle (80%) mit PA-Grad 4 bewertet (Tabelle 6).

Ergebnisse

Tabelle 6: Beurteilung des PA-Grades in der Splenoportographie durch die Untersucher 1 bis 3 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang

Untersucher-Nr. Projektion Patient-Nr.	1 LL	1 DV	2 LL	2 DV	3 LL	3 DV
1	4	4	3	3	4	4
2	4	4	4	4	3	4
3	4	4	2	2	4	4
4	4	4	4	4	4	4
5	-	1	-	1	-	2
6	4	4	4	4	4	4
7	1	1	1	1	1	1
8	4	4	3	3	3	3
9	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	3	4	4
13	4	4	3	3	1	4
14	4	4	4	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4

Nr. = Nummer; LL = laterolateral; DV = dorsoventral

Der Shuntgrad kann von Untersucher 1, Untersucher 2 und Untersucher 3 bei 14/15 Patienten (93,3%) im laterolateralen Strahlengang bestimmt werden. Bei Patient 5 ist nach Anmerkung aller Untersucher ausschließlich eine Injektion des Kontrastmittels in die Peritonealhöhle sichtbar.

In der laterolateralen Projektion wird der Shunt von Untersucher 1 und Untersucher 2 bei elf Patienten (73,3%) und von Untersucher 3 bei neun Patienten (60,0%) mit dem Shuntgrad 0 beurteilt. Von Untersucher 1 und Untersucher 2 werden jeweils ein Patient (6,7%) mit dem Shuntgrad 1, Shuntgrad 2 und Shuntgrad 3 beurteilt. Der Shuntgrad 1 und Shuntgrad 2 wird von Untersucher 3 jeweils zwei Patienten (13,3%) und der Shuntgrad 3 einem Patient (6,7%) zugeordnet (Tabelle 7).

Ergebnisse

In der dorsoventralen Projektion kann von allen Untersuchern bei 15 Patienten (100%) der Shuntgrad bestimmt werden.

Shuntgrad 0 wird von Untersucher 1 und Untersucher 2 elf Patienten (73,3%) und von Untersucher 3 neun Patienten (60,0%) vergeben. Ein Patient (6,7%) wird von Untersucher 1 bis Untersucher 3 mit Shuntgrad 1 beurteilt. Shuntgrad 2 wird von Untersucher 1 und Untersucher 2 einem Patienten (6,7%) und von Untersucher 3 zwei Patienten (13,3%) gegeben. Von Untersucher 1 und Untersucher 2 werden zwei Fälle (13,3%) und von Untersucher 3 drei Fälle (20,0%) mit Shuntgrad 3 bewertet (Tabelle 7).

Tabelle 7: Beurteilung des Shuntgrades in der Splenoportographie durch die Untersucher 1 bis 3 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang

Untersucher-Nr. Projektion Patient-Nr.	1 LL	1 DV	2 LL	2 DV	3 LL	3 DV
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	-	3	-	3	-	3
6	2	2	2	2	2	3
7	3	3	3	3	3	3
8	0	0	0	0	1	2
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	1	1	1	1	2	2
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0

Nr. = Nummer; LL = laterolateral; DV = dorsoventral

4.2.3.1 Ergebnisse der k-Analyse der Einteilung Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie

Zwischen den Untersuchern 1 und 2 zeigt sich eine signifikante ($p = 0,001$) sehr gute Übereinstimmung ($k = 1,000$) in der Einteilung Shunt offen/geschlossen. Untersucher 1 und 3 sowie der Vergleich von Untersucher 2 zu Untersucher 3 haben eine signifikante ($p = 0,011$) gute Übereinstimmung ($k = 0,706$) in der Einteilung Shunt „offen“/„geschlossen“.

4.2.3.2 Übereinstimmungen des Pfortadergrades in der Splenoportographie und Ergebnisse der k-Analyse

Für Untersucher 1 ergibt die Auswertung der laterolateralen und dorsoventralen Ebene einen nicht signifikanten ($p = 0,071$) perfekten Zusammenhang (Cramer-V = 1,000). Bei Untersucher 2 kann ein hochsignifikanter ($p = <0,001$) starker Zusammenhang (Cramer-V = 0,943) beider Projektionsebenen gefunden werden. Auch die Ergebnisse der Beurteilung durch Untersucher 3 zeigen einen deutlichen Zusammenhang (Cramer-V = 0,677) zwischen der Beurteilung der laterolateralen und dorsoventralen Projektion. Diese Beurteilung zeigt keine Signifikanz ($p = 0,066$).

Im Vergleich der Übereinstimmung in Bezug auf die Beurteilung der PA-Grade zwischen den Untersuchern für die laterolaterale Projektion ergibt sich für Untersucher 1 und Untersucher 2 eine signifikante ($p = 0,009$) äußerst geringe Übereinstimmung ($k = 0,282$). Für den Vergleich der Ergebnisse von Untersucher 1 und Untersucher 3 ist eine signifikante ($p = 0,025$) ebenfalls geringe Übereinstimmung ($k = 0,344$) feststellbar. Zwischen den Beurteilungen durch Untersucher 2 und Untersucher 3 besteht eine signifikante ($p = <0,001$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,429$).

Der Vergleich der Übereinstimmung bei der Beurteilung der PA-Grade in der dorsoventralen Projektion ergibt für Untersucher 1 und Untersucher 2 eine signifikante ($p = 0,003$) äußerst geringe Übereinstimmung ($k = 0,359$). Beim Vergleich von Untersucher 1 und Untersucher 3 ist eine signifikante ($p = 0,001$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,552$) feststellbar. Die Gegenüberstellung von

Untersucher 2 und Untersucher 3 zeigt eine signifikante ($p = 0,007$) geringe Übereinstimmung ($k = 0,385$).

4.2.3.3 Übereinstimmungen des Shuntgrades in der Splenoportographie und Ergebnisse der k-Analyse

Für Untersucher 1 ergibt die Auswertung der laterolateralen und dorsoventralen Ebene einen signifikanten ($p = 0,003$) perfekten Zusammenhang (Cramer-V = 1,000). Bei Untersucher 2 kann ein signifikanter ($p = 0,003$) perfekter Zusammenhang (Cramer-V = 1,000) beider Projektionsebenen gefunden werden. Auch die Ergebnisse der Beurteilung durch Untersucher 3 zeigen einen deutlichen Zusammenhang (Cramer-V = 0,764) zwischen der Beurteilung der laterolateralen und dorsoventralen Projektion. Diese Beurteilung ist signifikant ($p = 0,006$).

Im Vergleich der Übereinstimmung in Bezug auf die Beurteilung der Shuntgrade zwischen den Untersuchern für die laterolaterale Projektion ergibt sich für Untersucher 1 und Untersucher 2 eine hoch signifikante ($p = <0,001$) starke Übereinstimmung ($k = 1,000$). Für den Vergleich der Ergebnisse von Untersucher 1 und Untersucher 3 ist eine signifikante ($p = 0,007$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,543$) feststellbar. Zwischen den Beurteilungen durch Untersucher 2 und Untersucher 3 besteht ebenfalls ein signifikanter ($p = 0,007$) Zusammenhang und eine mittlere Übereinstimmung ($k = 0,543$).

Der Vergleich des Grades der Übereinstimmung in der dorsoventralen Projektion ergibt für Untersucher 1 und Untersucher 2 eine hoch signifikante ($p = <0,001$) starke Übereinstimmung ($k = 1,000$). Beim Vergleich von Untersucher 1 und Untersucher 3 ist eine signifikante ($p = 0,013$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,487$) feststellbar. Die Gegenüberstellung von Untersucher 2 und Untersucher 3 zeigt ebenso eine signifikante ($p = 0,013$) mittlere Übereinstimmung ($k = 0,487$).

4.2.4 Vergleich der CT-Angiographie mit der Splenoportographie

Tabelle 8: Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 2.

CT-Angiographie \ Splenoportographie	CT-Angiographie		Summe
	Geschlossen	Offen	
Geschlossen	9	2	11
Offen	0	4	4
Summe	9	6	15

Es zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang des Ergebnisses der CT-Angiographie mit dem Ergebnis der Splenoportographie im Exakten Test nach Fisher ($p = 0,011$ zweiseitig) beim Vergleich von Untersucher 1 und Untersucher 2 (Tabelle 8).

Von Untersucher 1 werden vier Shuntgefäße bei vier Patienten als „offen“ in der Splenoportographie eingestuft und von Untersucher 2 werden von diesen vier Patienten vier richtig als „offen“ in der CT-Angiographie gewertet. Dadurch ergibt sich eine Sensitivität von 1,00 der CT-Angiographie zum Erkennen eines möglichen Restshunts. Elf Shuntgefäße von elf Patienten werden von Untersucher 1 in der Splenoportographie tatsächlich mit „geschlossen“ beurteilt. Untersucher 2 wertet in der CT-Angiographie neun Shuntgefäße bei neun Patienten richtig als „geschlossen“. Die Spezifität der CT-Angiographie für die Beurteilung eines möglichen Restshunts liegt bei 0,818.

Tabelle 9: Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 3

CT-Angiographie \ Splenoportographie	CT-Angiographie		Summe
	Geschlossen	Offen	
Geschlossen	6	5	11
Offen	2	2	4
Summe	8	7	15

Es zeigt sich eine vollständige Unabhängigkeit der CT-Angiographie vom Ergebnis der Splenoportographie im Exakten Test nach Fisher ($p = 1,000$ zweiseitig) beim Vergleich Untersucher 1 und Untersucher 3 (Tabelle 9).

Von Untersucher 1 werden vier Shuntgefäße bei vier Patienten als „offen“ in der Splenoportographie eingestuft und von Untersucher 3 werden von diesen vier Patienten zwei richtig als „offen“ in der CT-Angiographie gewertet. Dadurch ergibt sich eine Sensitivität von 0,50 der CT-Angiographie zum Erkennen eines möglichen Restshuntes. Elf Shuntgefäße von elf Patienten werden von Untersucher 1 in der Splenoportographie tatsächlich mit „geschlossen“ beurteilt. Untersucher 3 wertet in der CT-Angiographie 6 Shuntgefäße bei sechs Patienten richtig als „geschlossen“. Die Spezifität der CT-Angiographie für die Beurteilung eines möglichen Restshuntes liegt bei 0,545.

Tabelle 10: Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 4

CT-Angiographie \ Splenoportographie	CT-Angiographie		Summe
	Geschlossen	Offen	
Geschlossen	6	5	11
Offen	1	3	4
Summe	7	8	15

Es zeigt sich eine vollständige Unabhängigkeit der CT-Angiographie vom Ergebnis der Splenoportographie im Exakten Test nach Fisher ($p = 0,569$ zweiseitig) beim Vergleich von Untersucher 1 und Untersucher 4 (Tabelle 10).

Von Untersucher 1 werden vier Shuntgefäße bei vier Patienten als „offen“ in der Splenoportographie eingestuft und von Untersucher 4 werden von diesen vier Patienten drei richtig als „offen“ in der CT-Angiographie gewertet. Dadurch ergibt sich eine Sensitivität von 0,75 der CT-Angiographie zum Erkennen eines möglichen Restshunts. Elf Shuntgefäße von elf Patienten werden von Untersucher 1 in der Splenoportographie tatsächlich mit „geschlossen“ beurteilt. Untersucher 4 wertet in der CT-Angiographie sechs Shuntgefäße bei sechs Patienten richtig als „geschlossen“. Die Spezifität der CT-Angiographie für die Beurteilung eines möglichen Restshuntes liegt bei 0,545.

4.2.4.1 Übereinstimmungen der Einteilung des Pfortadergrades zwischen der CT-Angiographie und der dorsoventralen Projektion der Splenoportographie

In der Splenoportographie werden die Pfortadern des Patientenkollektivs von PA-Grad 1 bis PA-Grad 4 eingestuft. In der CT-Angiographie wird von allen Untersuchern der PA-Grad im Patientenkollektiv mindestens mit PA-Grad 2 beurteilt.

Die Untersuchung der Übereinstimmung der Einteilung des PA-Grades in der Splenoportographie, beurteilt durch Untersucher 1, und CT-Angiographie, beurteilt durch Untersucher 2 und 4, ergibt jeweils eine nicht signifikante ($p = 0,257$) mittlere Übereinstimmung (Cramer-V = 0,423). Eine Berechnung der Übereinstimmung des

PA-Grades in der Splenoportographie, beurteilt durch den Untersucher 1 und CT-Angiographie, beurteilt durch den Untersucher 3, ist nicht möglich, da die Variable von Untersucher 3 konstant ist.

5 Diskussion

5.1 Ziele der Studie

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Detektion eines möglichen Restshunts sowie die Wertung der Sichtbarkeit der Pfortader bis in ihre Verzweigungen im Leberparenchym in der CT-Angiographie nach Verschluss eines portosystemischen Shunts mittels Cellophan Banding. Bislang existieren in der Veterinärmedizin keine Untersuchungen, welche die Aussagekraft der CT als bildgebende Modalität zur Kontrolle eines PSS nach Verschluss mittels Cellophan Banding überprüfen. Von YOON et al. 2011 wird nur die Durchführbarkeit bei einem Hund dargestellt, der Shunt ist zum Zeitpunkt der Kontrolle vollständig verschlossen. Als Goldstandard zur Einschätzung des Restshunts nach Verschluss eines PSS wird die Splenoportographie angesehen, die in der vorliegenden Arbeit als Vergleich für die CT-Angiographie herangezogen wird (LAMB und DANIEL 2002, TILLSON und WINKLER 2002, FRANK et al. 2003, HAERS et al. 2007). Die Splenoportographie ist ein bildgebendes Verfahren, das unter Durchleuchtung durchgeführt wird. Dadurch ergibt sich eine Strahlenbelastung durch Streustrahlung für die Untersucher. Wenn die CT-Angiographie dieselbe Aussagekraft wie die Splenoportographie besitzt, wäre es somit möglich die Splenoportographie durch die CT-Angiographie für die Folgeuntersuchung nach Verschluss eines PSS zu ersetzen.

Zusätzlich wird ein möglicher Unterschied zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektion innerhalb der Splenoportographie für die Beurteilung der Pfortader und eines möglichen Restshunts untersucht. Diese Daten sind für Untersucher relevant, welche die Splenoportographie in nur einer Ebene durchführen können. So kann bei Unterschieden zwischen den Projektionsebenen in der Splenoportographie die Ebene zur Auswertung herangezogen werden, die die größte Aussagekraft für den jeweiligen Shunttyp besitzt. Angaben dazu fehlen bisher in der Literatur.

5.2 Methodik der Untersuchung

Studiendesign

Im retrospektiven Teil der vorliegenden Arbeit werden 10 Tiere und im prospektiven Teil 15 Tiere nach Verschluss eines PSS untersucht. Es handelt sich bei allen

untersuchten Hunden um Tiere kleiner Hunderassen, bei denen ein EHS vorliegt. Dieses Ergebnis repräsentiert das in der Literatur beschriebene Bild, wonach kleine Hunde in der Regel an einem EHS erkrankt sind (BOSTWICK und TWEDT 1995, TOBIAS und ROHRBACH 2003, WINKLER et al. 2003, PAEPE et al. 2007).

Alle Tiere werden mindestens 3 Monate nach chirurgischer Versorgung des EHS mittels Cellophan Banding nachuntersucht. Nach dieser Zeit kann bei einem Teil der Patienten bereits ein vollständiger Verschluss des Shuntgefäßes erwartet werden, während bei anderen Tieren noch kein vollständiger Verschluss vorliegt (HUNT et al. 2004, FRANKEL et al. 2006, LANDON et al. 2008). In der Studie von LANDON et al. 2008 zeigt sich, dass sechs von 16 (37,5%) Shuntgefäßen nicht (vollständig) verschlossen sind. Dies deckt sich nahezu mit dem Verhältnis von offenen zu verschlossenen PSS in der vorliegenden Arbeit. In der vorliegenden Arbeit ist ein ähnliches Ergebnis zu sehen, vier der 15 Shunts sind nicht vollständig geschlossen.

Untersucher

Die Auswertung des retrospektiven Teils der Studie erfolgt für die Splenoportographie durch einen erfahrenen Untersucher in der Auswertung von Splenoportographien (Untersucher 1) und die CT-Angiographie durch den Doktorand der vorliegenden Arbeit (Untersucher 2). Jeder Untersucher hat keine Information über das Ergebnis der anderen bildgebenden Modalität.

Im prospektiven Teil der Studie erfolgt die Auswertung der CT-Angiographie und der Splenoportographie durch jeweils drei Untersucher. Ein Fachtierarzt für Innere Medizin und Diplomate des European College of Veterinary Internal Medicine – Companion Animals (Cardiology) (Untersucher 1) mit sehr viel Erfahrung in der Diagnostik von PSS wertet die Splenoportographie aus. Die Auswertung der -Angiographie erfolgt durch einen Diplomate des European College of Veterinary Diagnostic Imaging sowie Diplomate des American College of Veterinary Radiology (Untersucher 4) mit sehr viel Erfahrung in der Diagnostik von PSS mittels CT-Angiographie. Die beiden Untersucher haben keine Information über das Ergebnis des jeweils anderen Verfahrens. Zudem erfolgt eine Auswertung der Bilder aus beiden Verfahren durch den Doktorand der vorliegend Arbeit (Untersucher 2), der kaum Erfahrung in der jeweiligen Technik hat und durch eine Fachtierärztin für Radiologie und andere bildgebende Verfahren und Diplomate des European College of Veterinary Diagnostic Imaging (Untersucher 3) mit geringer Erfahrung in den

beiden Techniken. Durch die Auswertung von Splenoportographie und CT-Angiographie ist eine Beeinflussung der Ergebnisse durch das Wissen aus der anderen bildgebenden Modalität möglich.

Insgesamt muss angemerkt werden, dass Untersucher 2 bei nahezu allen Patienten bei der CT-Angiographie und Splenoportographie anwesend war. Somit ist ein möglicher, wenn auch unbewusster Einfluss, auf das Ergebnis der Auswertung der CT-Angiographie oder Splenoportographie möglich. Der Abstand zwischen den Untersuchungen und der Auswertung der Bilder beträgt teilweise über 18 Monate.

Computertomographie

Die CT-Angiographie ist ein mittlerweile in der Veterinärmedizin etabliertes bildgebendes Verfahren für die Diagnostik eines PSS (FRANK et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005, ZWINGENBERGER 2009, NELSON und NELSON 2011). Sie ist einfach in der Ausführung und benötigt nur einen peripheren Venenzugang für die Applikation des Kontrastmittels (FRANK et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005, ZWINGENBERGER 2009, NELSON und NELSON 2011).

Bei dem in der Studie verwendeten Computertomographen handelt es sich um ein 16-Zeilen-Spiral-CT. Dieser erreicht mit den verwendeten Scanparametern eine Geschwindigkeit entlang der Z-Achse von 32 mm/Sek und hat damit eine ausreichende Geschwindigkeit für eine CT-Angiographie. Das verwendete Scanprotokoll sollte sich leicht auf andere CT-Geräte übertragen lassen. Ausschließlich die Anzahl der Detektorzeilen wirkt sich limitierend auf die Scangeschwindigkeit eines Computertomographen der dritten Generation aus, da zum Beispiel ein CT mit 4 Detektorzeilen 4-mal so lang für dieselbe Strecke benötigt wie der in der aktuellen Studie verwendete Computertomograph. Entsprechend ist ein CT mit 64 Detektorzeilen 4-mal schneller (PROKOP 2000, PROKOP 2003, FLOHR et al. 2005). Dieser Zusammenhang erklärt, weshalb es mit einem CT mit weniger als 16-Zeilen deutlich schwieriger ist, eine CT-Angiographie über einen größeren Abschnitt des Abdomens mit einer gleichmäßigen Kontrastmitteldichte in den Gefäßen anzufertigen.

In der vorliegenden Studie wie auch in der Literatur wird der optimale Startzeitpunkt für die CT-Angiographie durch eine dynamische CT-Untersuchung bestimmt (FRANK et al. 2003, ZWINGENBERGER und SCHWARZ 2004, ZWINGENBERGER et al. 2005, ZWINGENBERGER 2009, NELSON und NELSON 2011). Diese ist nötig, da die Hunde aufgrund von Unterschieden in Alter, Gewicht oder Kreislaufsituation Abweichungen im Zeitpunkt der maximalen Konzentration des Kontrastmittels in der Pfortader zeigen (BOSCH 2010, BERTOLINI und PROKOP 2011). Auch stellt die dynamische CT die einzige Möglichkeit dar, eine Zeitanreicherungskurve in einem oder sogar mehreren Gefäßabschnitten gleichzeitig zu bestimmen (BOSCH 2010, FLEISCHMANN 2010). Bei allen Patienten kann in den Bildern der dynamischen CT eine ROI in die Pfortader gelegt werden, in welcher die Zeitanreicherungskurve bestimmt wird. Der Vorteil der dynamischen CT ist nach Erfahrung des Autors, dass Schwankungen in der Kurve durch die Atmung des Tieres und gegebenenfalls auftretende Artefakte durch den Untersucher sicher registriert werden können. Artefakte, die durch die Atmung hervorgerufen werden, führen in der Regel zu einem undulierenden Verlauf der Zeitanreicherungskurve. Ein Nachteil der dynamischen CT ist vor allem bei sehr kleinen Hunden mit einem Gewicht mit 1 kg oder 2 kg zu sehen. Bei diesen Tieren ist das zu applizierende Volumen des verwendeten Kontrastmittels, Xenetix® 300, mit einer Konzentration von 300 mg/ml Jod für den Testbolus zu gering, entsprechend 0,5 ml oder 1 ml. Es erweist sich als Vorteil bei diesen Tieren, die doppelte Menge an Kontrastmittel für den Testbolus zu verwenden, was jedoch eine höhere Joddosis für den Patienten zur Folge hat. Auch wenn bei keinem Patienten eine negative Reaktion auf das Kontrastmittel beobachtet werden kann, so sollte bei Patienten mit einer Niereninsuffizienz der Einsatz mit Bedacht erfolgen, da es zu einem akuten Nierenversagen kommen könnte. (KATZBERG et al. 1986, KATZBERG 2005, GUERBET 2012). Von KATZBERG (2005) werden drei Mechanismen beschrieben, die nach Kontrastmittelapplikation zu einem akuten Nierenversagen führen können: hämodynamische Effekte, welche die Blutversorgung der Niere negativ beeinflussen, eine direkte Toxizität des Kontrastmittels auf die Tubulusepithelien der Niere und die Bildung von freien Radikalen mit Verlust von antioxidativen Enzymen in den Tubuluszellen der Nieren. Als weiterer Nachteil der dynamischen CT wird von FLEISCHMANN (2010) in der Humanmedizin ein höherer Zeitaufwand genannt. In der vorliegenden Studie liegt die benötigte Zeit für die gesamte CT-Angiographie bei jeweils ungefähr 15 Minuten.

Eine initial getestete Methode, bei der die CT-Angiographie nach einem hausinternen empirischen Wert bei 14 Sekunden nach Applikation des Kontrastmittels gestartet wird, hat sich als nicht praktikabel erwiesen. Die Kontrastmittelkonzentration in der Pfortader ist bei diesem Vorgehen nicht sicher ausreichend, um die Pfortader, speziell das Shuntgefäß, eindeutig zu beurteilen. Dieser Punkt wird auch von ZWINGENBERGER und SCHWARZ (2004) kritisch betrachtet. Die Autoren empfehlen, stets eine dynamische CT-Untersuchung für die Bestimmung des Startzeitpunktes der CT-Angiographie durchzuführen. FRANK und Mitarbeiter (2003) geben eine Verzögerung des Startzeitpunktes abhängig vom Gewicht an - zum Beispiel bei Patienten mit einem PSS von 1,41 bis 4,12 Sek pro kg Körpergewicht. Die angegebenen Zahlen ergeben jedoch innerhalb einer Gewichtsklasse eine Schwankungsbreite des möglichen Startzeitpunktes von mehr als 100% und eignen sich damit nicht für eine genaue Bestimmung des Zeitpunkts der höchsten Kontrastmittelkonzentration in der Pfortader. Auch BOSCH (2010) gibt drei Formeln zur Berechnung des Startzeitpunktes abhängig vom Gewicht an, nach diesen liegt der Startzeitpunkt bei Hunden mit 1 kg Körpergewicht zwischen 14,6 Sek und 25,15 Sek. Im Gegensatz dazu kann in der vorliegenden Studie der Scheitelpunkt der Kontrastmittelkonzentration in der PA bei einem Patient mit einem Körpergewicht von mehr als 2 kg bereits bei 12 Sek beobachtet werden. Die Unterschiede zwischen FRANK und Mitarbeitern (2003) sowie BOSCH (2010) und den Erfahrungen aus der vorliegenden Studie ergeben sich mit hoher Wahrscheinlichkeit durch gerätebedingte Unterschiede die den Startzeitpunkt des Scans nach Drücken des Startknopfes betreffen. Weiterhin ist zu vermuten, dass Unterschiede in der jeweils aktuellen Kreislaufsituation jedes Tieres eine entscheidende Rolle spielen.

Von BERTOLINI und Mitarbeitern (2006) und ECHANDI und Koautoren (2007) wird der Einsatz einer Bolus-Tracking Technik beschrieben. Bei diesem Verfahren wird der Scan nach dem Überschreiten eines zuvor definierten Schwellenwertes in dem zu untersuchenden Gefäß durch die Software gestartet. Der Vorteil dieser Technik wird darin gesehen, dass kein Testbolus wie für die dynamische CT verabreicht werden muss (FLEISCHMANN 2010). Ein weiterer Vorteil kann darin liegen, dass die Berechnung des Startzeitpunktes entfällt. Ob das Bolus-Tracking ein alternatives Verfahren für die Bestimmung des Startzeitpunktes in der vorliegenden Studie gewesen wäre, lässt sich nicht eruieren, da die entsprechende Software nicht zur Verfügung steht. Nachteile des Bolus-Tracking sind, dass der Scanner nach dem

Erreichen des Schwellenwertes den Patiententisch erst an die Startposition fahren muss. Damit kann das Maximum der Kontrastmittelkonzentration bereits vorüber sein bis der eigentlich Scan startet. Weiterhin kann es durch die Atmung oder Artefakte während des axialen Scans zu einem zu frühen oder späten Start der CT-Angiographie kommen, da die ROI nicht mehr im Gefäß positioniert ist (FLEISCHMANN 2010). Ein korrigierendes Eingreifen ist dann nicht mehr möglich (FLEISCHMANN 2010). Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Tiere vor dem Start des Bolus-Tracking zu hyperventilieren und damit das Anhalten des Atems beim Menschen zu imitieren (PROKOP 2003, BOSCH 2010, FLEISCHMANN 2010, BERTOLINI und PROKOP 2011).

Die Berechnung des optimalen Startzeitpunktes des Scans ist entscheidend für eine ausreichende Kontrastmitteldichte in der Pfortader für die CT-Angiographie. Bei der Berechnung des optimalen Zeitpunktes zum Start der CT-Angiographie kann es zu Fehlern kommen, was die Qualität der CT-Angiographie aufgrund eines zu frühen oder späten Starts des Scans beeinträchtigt.

In der vorliegenden Studie wird der CT-Angiographie nach der portalen Phase eine späte Phase unmittelbar angeschlossen. Bei allen Patienten konnte in der portalen Phase eine gute Kontrastmitteldichte in der PA gesehen und damit die PA gut dargestellt werden. In der späten Phase zeigte sich eine bessere Füllung der Lebervenen wobei die Pfortader eine geringere Kontrastmitteldichte aufwies. Dies ist durch den Abfluss des Kontrastmittels aus dem Leberparenchym bedingt sowie der zunehmenden Vermischung des Kontrastmittels mit dem Blut, was die reduzierte Kontrastmitteldichte in der Pfortader zur Folge hat (GARCIA et al. 1999). Bei einzelnen Patienten ist das Shuntgefäß in der späten Phase deutlicher mit Kontrastmittel gefüllt als in der eigentlichen portalen Phase. Als Grund kommt möglicherweise ein erhöhter Gefäßwiderstand des Shuntgefäßes durch einen partiellen Verschluss in Frage, wodurch sich das Gefäß erst spät mit Kontrastmittel füllen kann. Es erscheint daher empfehlenswert, dem portalen Scan immer noch einen weiteren Scan direkt anzuschließen.

Die Applikation des Kontrastmittels erfolgt bei allen Tieren über die Vena cephalica antebrachii. Wird das Kontrastmittel über die Vena saphena lateralis verabreicht, kann es zu Aufhärungsartefakten um die VCC sowie einer retrograden Füllung der

Lebervenen mit Kontrastmittel kommen. Beides führt zu einer reduzierten Bildqualität in der CT-Angiographie (ZWINGENBERGER et al. 2005).

Von ECHANDI und Koautoren (2007) wird eine Technik ähnlich der Splenoportographie beschrieben. Bei diesem Verfahren wird ein Venenkatheter im Milzparenchym platziert und das Kontrastmittel per Handinjektion in das Milzparenchym verabreicht. Als Vorteil dieser Technik wird die gute Kontrastmitteldichte in der Milzvene bei einer geringen Kontrastmitteldosis angemerkt (ECHANDI et al. 2007). Ob dieses Argument jedoch die Anwesenheit einer Person im CT-Raum rechtfertigt, ist diskussionswürdig und stellt einen Vorteil der CT-Angiographie gegenüber der Splenoportographie in Frage.

Splenoportographie

Die Splenoportographie wird im Anschluss an die CT-Angiographie durchgeführt und gilt als Goldstandard. Die Splenoportographie ist minimalinvasiv und schnell durchführbar, was einen Vorteil für die Durchführung der Studie darstellt (MOON 1990, RUTGERS 1993, HAERS et al. 2007). Die Narkosedauer kann kurz gehalten und der Patient im Anschluss an die Untersuchung entlassen werden. Weiterhin wird mit einer relativ geringen Menge an Kontrastmittel eine gute Darstellung der Gefäße erreicht, da das Kontrastmittel nur wenig durch das Blut aus der Milz verdünnt wird (MOON 1990). Trotzdem besitzt die Methode einen entscheidenden Nachteil: Ein kaudal der Vena lienalis abgehendes Shuntgefäß kann nicht dargestellt werden (SUTER 1975, GREVEL et al. 1987a, MOON 1990, RUTGERS 1993, SCHULZ et al. 1993). In der vorliegenden Studie besitzt kein Patient einen PSS, der kaudal der Vena lienalis liegt. Aus diesem Grund kann dieser Nachteil in der aktuellen Studie als vernachlässigbar angesehen werden.

Prinzipiell besteht bei der Splenoportographie die Gefahr der Laceration der Milzkapsel mit folgender Blutung (SCHMIDT und SUTER 1980, MOON 1990, SCHULZ et al. 1993). Bei keinem Patienten kann eine Verletzung der Milz beobachtet werden. Zwar wurden keine genaueren sonographischen oder chirurgischen Kontrollen bei dieser Arbeit durchgeführt, in der Folgezeit waren jedoch auch keine Komplikationen klinisch festzustellen. Die Punktion der Milz erfolgt in der vorliegenden Studie stets ultraschallgestützt. Möglicherweise führt dieses Vorgehen zu einem deutlich reduzierten Risiko einer Laceration der Milz durch die Nadelspitze.

Eine Minimierung der Verletzungsgefahr der Milz stellt die „offene Splenoportographie“ dar. In diesem Fall kann außer der Milzvene auch eine Jejunalvene punktiert werden, um eine mesenteriale Portographie durchzuführen (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a, LEE et al. 2006). Auch ein kaudal der Milzvene liegendes Shuntgefäß kann hierüber nachgewiesen werden (SUTER 1975, SCHMIDT und SUTER 1980, GREVEL et al. 1987a, LEE et al. 2006, HAERS et al 2007). Nachteile der offenen Splenoportographie sind der Verlust des minimalinvasiven Charakters und die Verlängerung der Narkosedauer (LEE et al. 2006, YOON et al. 2011).

SCHMIDT und SUTER (1980) sowie MOON (1990) empfehlen die Splenoportographie in rechter Seitenlage durchzuführen, da die Milz in rechter Seitenlage eine konstante Position auf der linken Seite aufweist. In der aktuellen Studie wird die Splenoportographie stets in Rückenlage ausgeführt. Mit Hilfe der Sonographie kann die Milz in dieser Studie auch in Rückenlage sicher identifiziert und punktiert werden (LAMB 1990).

Bei der Applikation des Kontrastmittels mit zu hohem initialen Druck oder bei Manipulation des Tieres nach Punktion der Milz kann der Katheter aus dem Milzparenchym herausrutschen (MOON 1990). Das in die Bauchhöhle verabreichte Kontrastmittel kann die Auswertung einer Splenoportographie nach erneuter Platzierung des Katheters in der Milz durch Überlagerung mit den Gefäßen deutlich erschweren (MOON 1990). Ein Austritt von Kontrastmittel kann in der vorliegenden Arbeit bei einem Patienten beobachtet werden (Patient 5). Bei diesem Tier ist anzumerken, dass der Hund während der Splenoportographie aufgrund eines technischen Defekts an der Durchleuchtungsanlage umgelagert wurde, was eine Erklärung für das Herausrutschen des Katheters aus der Milz ist.

Im Gegensatz zur CT-Angiographie sind während der Splenoportographie durchgehend mindestens zwei Personen im Raum anwesend. Da die Splenoportographie unter Durchleuchtung mit ionisierender Strahlung erfolgt, hat dies immer eine Strahlenbelastung durch Streustrahlung der im Raum anwesenden Personen zur Folge. Vor allem die Anwendung einer biplanaren Anlage, wie in der vorliegenden Studie, führt zu einer höheren Strahlenbelastung durch das Vorhandensein einer zweiten Strahlenquelle (UBEDA et al. 2010). In einer humanmedizinischen Studie von UBEDA und Mitarbeiter (2010) bei pädiatrischen

Patienten wird davon ausgegangen das eine biplanare Anlage den Faktor der Strahlenbelastung um den Faktor 5 bis 21 erhöht - je nach Röntgenanlage und Dicke des Patienten. Wobei die Strahlenbelastung der Beine während einer fluoroskopischen Untersuchung oder Eingriffs am höchsten und die der Augen am geringsten ist. In den meisten Einrichtungen wird mit hoher Wahrscheinlichkeit die Projektion in nur einer Ebene erfolgen (LEE et al. 2006).

5.3 Übereinstimmungen und k-Analyse in der CT-Angiographie

Im retrospektiven Teil der Studie können ausschließlich Tiere mit einem noch offenen Shuntgefäß sicher als solche eingestuft werden. Zwar ist in diesen Fällen das Shuntgefäß im Bereich der Metallclips durch die Aufhärungsartefakte nicht direkt sichtbar, jedoch stellt sich das Shuntgefäß vor und nach den Aufhärungsartefakten noch als deutliches mit Kontrastmittel gefülltes Gefäß dar. Dies lässt den Schluss zu, dass das Shuntgefäß noch durchgängig ist. Weiterhin sind eine noch unverkennbar dilatierte und mit Kontrastmittel gefüllte Vena azygos im Falle eines Porto-Azygosshunts ein deutliches Indiz dafür, dass das Shuntgefäß nicht verschlossen ist. Die Aufhärungsartefakte führen bei den verbleibenden Patienten des retrospektiven Teils der Studie zu einer Nichtauswertbarkeit der Shuntgefäße (BARRETT und KEAT 2004, HUNT et al. 2014).

Im prospektiven Teil der Studie werden aus diesem Grund nur Tiere eingeschlossen, bei denen das Cellophan mit Gefäßclips aus Plastik am Shuntgefäß fixiert wird.

Bei der Auswertung der CT-Angiographien durch die Untersucher 2 bis 4 zeigt sich ein sehr heterogenes Bild in der Beurteilung, ob das Shuntgefäß als „offen“ oder „geschlossen“ eingestuft wird. Dies schlägt sich auch in der statistischen Auswertung mit einer maximal mittleren, nicht signifikanten Übereinstimmung zwischen Untersucher 2 und 4 nieder. Es ist zu vermuten, dass dieses Ergebnis die Folge einer unterschiedlichen Interpretation eines feinen, linearen und hyperattenuierenden Steges ist, der nach Kontrastmittelapplikation sichtbar wird. Ist dieser deutlich ausgeprägt, so ergibt sich bei diesen Patienten zwischen den Untersuchern ein einheitliches Entscheidungsbild - entsprechend Patient 1, Patient 3 und Patient 7. Ist dieser nur undeutlich sichtbar, kommt es zu deutlichen Unterschieden in der Beurteilung und der stärkeren Streuung der Ergebnisse zwischen den Untersuchern.

Der PA-Grad wird in der CT-Angiographie im Gegensatz zur Splenoportographie nur in 3 Grade eingeteilt, da es unabhängig von der Ausbildung der Pfortader immer zu einer Kontrastmittelanreicherung im Leberparenchym kommt. Es ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Teil des Kontrastmittels bereits durch die arterielle Blutversorgung der Leber in das Leberparenchym gelangt (MARKOWITZ et al. 1949, GREVEL et al. 1987a). Insgesamt erweist sich die Übertragung des Graduierungsschemas für den PA-Grad von der Splenoportographie auf die CT-Angiographie als eine einfach durchführbare Methode.

Die Beurteilung des PA-Grades ist sowohl im retrospektiven wie auch prospektiven Studienteil bei allen Patienten möglich. Im prospektiven Teil der Studie ergibt sich ebenfalls ein heterogenes Bild in der Beurteilung des PA-Grades zwischen den verschiedenen Untersuchern, was den subjektiven Charakter der Einteilung des PA-Grades in der CT-Angiographie unterstreicht.

5.4 Übereinstimmungen und k-Analyse in der Splenoportographie

In der vorliegenden Studie wird sowohl im retrospektiven und prospektiven Teil überprüft, in welchem Maß eine Übereinstimmung zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektionsebene besteht. Die Übereinstimmung nach Cramer's V zwischen den Projektionsebenen wird für den PA-Grad und den Shuntgrad bestimmt. Weiterhin kann im prospektiven Teil der Studie die Stärke der Übereinstimmung zwischen den einzelnen Untersuchern und der Kappa-Koeffizient bestimmt werden.

Sowohl die Bewertung des PA-Grades als auch des Shuntgrades zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektionsebene.

Sowohl im retrospektiven als auch im prospektiven Teil der Studie zeigt Untersucher 1 eine vollständige Übereinstimmung für die Einteilung des PA-Grades und Shuntgrades in der laterolateralen und dorsoventralen Projektionsebene. Auch wenn die Übereinstimmung für den PA-Grad mit einem p-Wert von 0,071 im prospektiven Studienteil als nicht signifikant gilt, gibt es Grund zu der Annahme, dass die Übereinstimmung nicht zufällig ist. Um dies zu verifizieren, wäre eine größere Studienpopulation notwendig. Mit einem größeren Probenumfang könnte der p-Wert überprüft werden.

Untersucher 2 zeigt für die Beurteilung des PA-Grades eine starke und des Shuntgrades eine vollständige Übereinstimmung zwischen den Projektionsebenen. Abweichungen in der Beurteilung des PA-Grades finden sich bei Patient 12 mit einem linken Magenvenenshunt. Dabei wurde der PA-Grad bei diesem Tier auf der laterolateralen Projektion um einen PA-Grad höher eingestuft als im dorsoventralen Strahlengang, der mit PA-Grad 3 beurteilt wurde. Eine mögliche Erklärung ist, dass eine Variation in der Einstellung der Bildhelligkeit oder der automatischen Belichtungssteuerung der Durchleuchtungsanlage zwischen beiden Projektionsebenen zu einer unterschiedlichen Beurteilung geführt hat. 5

Auch bei den Ergebnissen von Untersucher 3 kann eine deutliche Übereinstimmung sowohl für die Beurteilung des PA-Grades als auch des Shuntgrades bestimmt werden. Für zwei Patienten mit je einem linken Magenvenenshunt, Patient 2, und einem rechten Magenvenenshunt, Patient 13, kommt es zu einer unterschiedlichen Bewertung des PA-Grades zwischen den beiden Projektionsebenen. In beiden Fällen wurde der PA-Grad auf der dorsoventralen Aufnahme bei Patient 2 um einen Grad und bei Patient 13 um 3 Grade höher bewertet als im laterolateralen Strahlengang. Eine mögliche Ursache kann, wie bei Untersucher 2, eine unterschiedliche Bildeinstellung am Betrachtungsmonitor sein. Eine plausible Erklärung für den großen Unterschied des PA-Grades zwischen den Projektionsebenen bei Patient 13 kann durch den Autor der vorliegenden Arbeit nicht gegeben werden. Die Übereinstimmung ist mit einem p-Wert von 0,066 für den PA-Grad nicht signifikant. Auch hier ist es wahrscheinlich, dass eine statistische Signifikanz für dieses Ergebnis durch einen größeren Probenumfang verifiziert werden könnte. Für die Patienten 6 und 8 mit einem Portophrenicoshunt und einem rechten Magenvenenshunt wurde der Shuntgrad im dorsoventralen Strahlengang je um einen Grad höher beurteilt als im laterolateralen Strahlengang. Eine weitere Erklärung für die Unterschiede in der Beurteilung des Shuntgrades zwischen den Projektionsebenen ist, neben den technischen Aspekten, dass mögliche Veränderungen in der Lage und Form des Shuntgefäßes zu einer abweichenden Bewertung führen. Wird zum Beispiel der Durchmesser durch das gebildete Entzündungsgewebe quer oval deformiert, ergeben sich in den senkrecht zueinander stehenden Projektionsebenen unterschiedliche Kontrastmitteldichten in dem Shuntgefäß.

In der Analyse der Interbeobachter-Genauigkeit mittels der k-Analyse zur Einschätzung des Restshunts in „offen“/„geschlossen“ zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung in beiden Projektionsebenen zwischen Untersucher 1 und Untersucher 2. Untersucher 3 zeigt jeweils eine mittlere Übereinstimmung in der Beurteilung des Vorhandenseins des Restshunts im Vergleich zu Untersucher 1 und 2. Von Untersucher 3 wurden zusätzlich zu den von Untersucher 1 und 2 als „offen“ beurteilten Patienten auch Patient 1 und Patient 8 als „offen“ eingestuft. Bei Patient 1 und Patient 8 lag ehemals ein rechter Magenvenen-shunt vor. Bei Patient 1 zeigt sich noch ein kleiner erweiterter Gefäßabschnitt, der nach dorsal in Richtung VCC zieht. Bei Patient 8 ist noch ein deutlich ausgeprägtes, arkadenartiges ehemaliges Shuntgefäß sichtbar, über welches das Kontrastmittel in die rechte Magenvene abfließt. Von der rechten Magenvene fließt das mit Kontrastmittel vermischte Blut anschließend durch die Vena gastroduodenalis in die Pfortader. Es ist möglich, dass diese deutlich sichtbaren abnormen Gefäßverläufe zur Einstufung der Shunts als „offen“ geführt haben. Der Grund, weshalb Patient 1 und 8 von Untersucher 1 und 2 jeweils als „geschlossen“ beurteilt wurden, kann damit begründet werden, dass ein Kontrastmittelfluss in die VCC nicht zu sehen ist.

Die Analyse der Interbeobachter-Genauigkeit bei der Beurteilung des PA-Grades erscheint in der dorsoventralen Projektion insgesamt geringgradig genauer als in der laterolateralen Projektion. Jedoch zeigen die Ergebnisse relativ große Unterschiede mit einer maximal mittleren Übereinstimmung zwischen den Untersuchern. Dass die Interbeobachter-Genauigkeit in der dorsoventralen Projektion größer zu sein scheint, kann durch eine bessere Sichtbarkeit der Pfortaderäste in dieser Projektion bedingt sein. Im laterolateralen Strahlengang kommt es teilweise zu einer Überlagerung der Pfortaderäste, was eine Einteilung, vor allem für weniger erfahrene Untersucher einer Angiographie, schwieriger macht.

Die Analyse der Interbeobachter-Genauigkeit für die Beurteilung des Shuntgrades zeigt im laterolateralen sowie dorsoventralen Strahlengang eine vollständige Übereinstimmung von Untersucher 1 und Untersucher 2. Eine Erklärung für dieses perfekte Ergebnis kann in einer Gewöhnung von Untersucher 2 an die von Untersucher 1 angelegten Kriterien für die Beurteilung des Shuntgrades sein, da Untersucher 2 bei nahezu jeder Splenoportographie anwesend war. Im Gegensatz

dazu lässt sich für Untersucher 3 jeweils nur eine mittlere Übereinstimmung feststellen. Ein wichtiger Grund ergibt sich durch die Beurteilung von zwei zusätzlichen Patienten als „offen“. Während diese Tiere von Untersucher 1 und Untersucher 2 mit Shuntgrad 0 beurteilt wurden, vergab Untersucher 3 jeweils ein Shuntgrad von größer 0. Weiterhin wurde der Shuntgrad von Untersucher 3 bei zwei Patienten um einen Grad höher eingestuft als von Untersucher 1 und 2. Insgesamt handelt es sich um eine subjektive Einteilung des Shuntgrades. Da eine Messung der Dichte des Kontrastmittels in der Fluoroskopie in dem Shuntgefäß und in der Pfortader nicht möglich ist, kann eine Objektivierung nicht erfolgen, wodurch Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern wahrscheinlicher sind (BROOKS 1977, TIDWELL und JONES 1999, OHLERTH und SCHARF 2007). Andererseits können technische Parameter, wie die Einstellung der Bildschirmhelligkeit und eventuelle Nachbearbeitungen im Betrachtungsprogramm, zu unterschiedlichen Einstufungen des Shuntgrades führen.

Patient 3 im prospektiven Teil und Patient 8 im retrospektiven Teil der Studie zeigen in der Splenoportographie multiple extrahepatische Shuntgefäße. Diese Gefäße sind physiologisch angelegt, werden aber erst bei einem zu hohen Druck in der PA perfundiert (BOOTHE et al. 1996, HAERS et al. 2007, BERTOLINI 2010). Die Perfusion dieser Gefäße nach Verschluss eines EHS mittels Cellophan Banding wird von LANDON und Mitarbeiter (2008) beschrieben.

Es zeigt sich, dass der PA-Grad 1 nur bei Patienten vergeben wurde, bei denen der Pfortaderstamm nicht sichtbar ist. Bei diesen Tieren fließt das Kontrastmittel durch das noch offene Shuntgefäß direkt in die VCC ab, ohne „Anfärbung“/Kontrastmittelaufnahme der Pfortader bis zur Leber.

Die Untersuchung der Übereinstimmung zeigt zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektion bei allen Untersuchern einen mindestens deutlichen bis vollständigen Zusammenhang. Dies spricht dafür, dass die Splenoportographie in beiden Projektionsebenen ohne Vorbehalt durchgeführt werden kann und auch die Ausführung in rechter Seitenlage, wie SCHMIDT und SUTER (1980) sowie MOON (1990) beschreiben, konsistente Ergebnisse liefert. Es zeigt sich, dass weder die dorsoventrale noch die laterolaterale Projektion einen signifikanten Vorteil gegenüber

der jeweils anderen hat. Damit kann eine Splenoportographie im jeweils von einem Untersucher bevorzugten und gewohnten Strahlengang erfolgen.

5.5 Vergleich der Splenoportographie und CT-Angiographie

Werden die Splenoportographie und CT-Angiographie zur Kontrolle nach Verschluss eine PSS mit Cellophan Banding direkt miteinander verglichen, ergibt sich ein sehr heterogenes Ergebnis über alle Untersucher für die Einteilung Shunt „offen“/„geschlossen“. Für Untersucher 2 kann ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der CT-Angiographie und Splenoportographie nachgewiesen werden. Bei den Untersuchern 3 und 4 ist das Ergebnis der CT-Angiographie im Vergleich mit der Splenoportographie deutlich vom Zufall abhängig, die p-Werte liegen bei 1,000 und 0,569 respektive. Daraus ergeben sich auch die verschiedenen Werte für Sensitivität und Spezifität zwischen den Untersuchern. So liegt die Sensitivität für Untersucher 2 bei 1,00 und weist für den Untersucher mit der größten Erfahrung einen Wert von 0,75 auf. Die Spezifität ist für alle Untersucher als mäßig bis schlecht zu beurteilen - mit Werten von 0,545 bis 0,818.

Das gute Abschneiden von Untersucher 2 ist möglicherweise auf das unter Punkt 5.2 genannte vorhandene Wissen über die Ergebnisse der weiteren bildgebenden Modalitäten zustande gekommen, insbesondere, da Untersucher 2 besser als Untersucher 4 abgeschnitten hat, von welchem die größte Erfahrung in der Beurteilung von CT-Bildern von Patienten mit einem PSS angenommen wird.

Obwohl Untersucher 3 sowohl die CT-Angiographie als auch die Splenoportographie ausgewertet hat, zeigt sich eine deutliche Differenz in der Beurteilung von CT-Angiographie und Splenoportographie im Vergleich zu Untersucher 2. Eine mögliche Erklärung ist, dass sich Untersucher 2 im Zuge der Vorbereitung der Arbeit intensiver mit der Auswertung von CT-Angiographien und Splenoportographien beschäftigt hat und auch Erläuterungen von Untersucher 1 bei den Splenoportographien erhalten hat, welche Untersucher 3 nicht zur Verfügung standen.

Die großen Schwankungen in der Sensitivität und Spezifität sind der Patientenzahl geschuldet. So führt bereits ein Shuntgefäß mehr oder weniger als offen oder geschlossen identifiziert, zu einer Schwankung von 0,25. Weniger ausgeprägt ist der Effekt in der Spezifität, da mehr Tiere vorliegen, die in der Splenoportographie mit „geschlossen“ beurteilt wurden.

In der CT-Angiographie ist bei manchen Patienten eine Verbindung zwischen Shuntgefäß und VCC sichtbar, die jedoch in der Splenoportographie nicht nachweisbar ist. Hier stellt sich die Frage, ob in diesen Fällen das CT eine bessere räumliche Auflösung hat als die Splenoportographie. Für die CT wird eine mögliche räumliche Auflösung im Submillimeterbereich angegeben (FLOHR et al. 2005, BERTOLINI und PROKOP 2011). Für moderne stationäre Durchleuchtungsanlagen liegt die aktuell mögliche Auflösung bei 2,5-3 Linienpaaren pro Millimeter (SIKKINK et al. 2008). Alternativ ist es möglich, dass es sich um eine Kontrastmittelanreicherung in neu gebildetem Bindegewebe handelt. Das Bindegewebe bildet sich als Folge des Cellophans und führt im Zusammenspiel mit der Entzündungsreaktion zum Verschluss des Shuntgefäßes (YOUMANS und HUNT 1998, HUNT et al. 2004). Ein weiterer Grund für den im CT sichtbaren Kontrastmittel enthaltenden Steg ist eine mögliche Rekanalisation, nachdem das Shuntgefäß bereits vollständig verschlossen war (HUNT et al. 2014). Jedoch erscheint dies in der aktuellen Arbeit unwahrscheinlich, da eine mögliche Rekanalisation in der Splenoportographie sichtbar sein sollte. Weiterhin kann der Steg durch ein Schichtdickenartefakt zustande kommen. Zur weiteren Evaluation wäre ein Vergleich mit einem anderen bildgebenden Verfahren, zum Beispiel dem Ultraschall, notwendig. Im Ultraschall kann ebenfalls eine Evaluation von Gefäßen und deren Flüssen erfolgen (TIEMESSEN 1995, LAMB 1996, D'ANJOU et al. 2004, KIM et al. 2013). Die Durchführung einer Szintigraphie zur Detektion eines Restshunts ist ebenso möglich (KOBLIK et al. 1990, HUNT et al. 2014).

Die bei Patient 8 des retrospektiven und bei Patient 3 des prospektiven Studienteils vorliegenden erworbenen multiplen extrahepatischen Shuntgefäße, ausgehend von der Milzvene, lassen sich sowohl in der Splenoportographie als auch der CT-Angiographie nachweisen.

Für den Vergleich des PA-Grades in der CT-Angiographie mit dem Wert aus der Splenoportographie ist es notwendig, den PA-Grad für die Splenoportographie ebenfalls nur in 3 Grade aufzuteilen, da es, wie unter Punkt 5.4 erläutert, im CT immer zu einer Kontrastmittelanreicherung im Lebergewebe kommt. Hierfür werden Grad 3, in dem eine feine Verzweigung der Pfortaderäste sichtbar ist, und Grad 4, in welchem zusätzlich eine Kontrastmittelanfärbung des Leberparenchyms zu sehen ist, zusammengefasst. Es zeigt sich eine mittlere Übereinstimmung der Ergebnisse der

CT-Angiographie mit der Einteilung der Splenoportographie. Die Ursache dafür ist in dem höheren Auflösungsvermögen und der überlagerungsfreien Darstellung der CT gegenüber der Splenoportographie zu sehen. Auch ist bei allen Patienten die PA in der CT-Angiographie sichtbar, was in der Splenoportographie nicht möglich ist, sofern das Kontrastmittel vollständig über das offene Shuntgefäß abfließt. Der Grund liegt im gleichmäßigen Zufluss von kontrastmittelhaltigem Blut aus den Bauchhöhlenorganen über alle zuführenden Gefäße in die Pfortader.

Eine Beurteilung des Shuntgrades ist in der CT-Angiographie im Gegensatz zur Splenoportographie nicht praktikabel. Während es in der Splenoportographie möglich ist, die Kontrastmittelkonzentration zu einem gegebenen Zeitpunkt sowohl im Shuntgefäß als auch der PA zu beurteilen, liegt in der CT-Angiographie technisch bedingt stets ein zeitlicher Versatz vor. Dadurch ist eine Vergleichbarkeit zur Splenoportographie nicht direkt gegeben.

Einen großen Nachteil der Splenoportographie und der CT-Angiographie stellen sicher die Notwendigkeit einer Vollnarkose, die anfallenden Kosten für die Tierhalter und die technischen Voraussetzungen dar. Dies schränkt die Möglichkeit einer Kontrolluntersuchung mittels CT ein. Im Gegensatz dazu kann die Splenoportographie in nur einer Ebene auch mit einem C-Bogen erfolgen. Diese Geräte sind wahrscheinlich in mehr tierärztlichen Einrichtungen vorhanden als eine biplanare Fluoroskopieanlage oder ein CT.

Stellt sich zum aktuellen Zeitpunkt die Frage nach der Wahl der richtigen bildgebenden Modalität, so muss die Entscheidung anhand der individuellen/speziellen Fragestellung erfolgen. Geht es um die Beurteilung eines möglichen Restshunts, so ist der Splenoportographie der Vorzug zu geben. Die CT-Angiographie liefert kein eindeutiges Ergebnis darüber, ob ein Restfluss durch das Shuntgefäß vorhanden ist oder nicht. Vor allem bei einem kleinen verbleibenden Shunt Durchmesser ist das Ergebnis unsicher. Hier sind weitere Untersuchungen unter Einbeziehung anderer bildgebender Verfahren, wie dem Ultraschall oder der Szintigraphie, notwendig, um die Wertigkeit der CT besser einschätzen zu können. Soll eine Beurteilung der Pfortader erfolgen, so liefert die Computertomographie konsistente Ergebnisse, insbesondere wenn das Shuntgefäß noch offen ist. In diesen Fällen kann in der Splenoportographie abhängig von individuellen hämodynamischen

Umständen kein Kontrastmittel in der Pfortader sichtbar sein. Die Darstellung multipler extrahepatischer Shuntgefäße ist mit der Splenoportographie und CT-Angiographie ohne Einschränkung möglich.

6 Zusammenfassung

Das Cellophan Banding zur Therapie eines kongenitalen extrahepatischen portosystemischen Shunts hat zum Ziel, einen langsamen progredienten Verschluss des Shuntgefäßes zu erreichen, um eine normale Leberfunktion in einem betroffenen Tier wiederherzustellen. Für die Erfolgskontrolle stehen neben der Labordiagnostik, welche nur einen funktionellen Verschluss zeigen kann, auch bildgebende Verfahren zur Verfügung, um das Shuntgefäß und einen verbleibenden Blutfluss durch das Shuntgefäß direkt beurteilen zu können.

Die vorliegende Studie gliedert sich in einen retrospektiven und einen prospektiven Teil. Im retrospektiven Teil werden 10 und im prospektiven Teil 15 Hunde drei Monate nach Verschluss eines kongenitalen, extrahepatischen, portosystemischen Shunts mittels Cellophan Banding nachuntersucht. Bei den in den retrospektiven Teil aufgenommenen Tieren wurde das Cellophan mit Gefäßclips aus Metall und den im den prospektiven Teil 15 Tieren das Cellophan mit Gefäßclips aus Kunststoff am Shuntgefäß fixiert. Alle Tiere werden mittels CT-Angiographie und Splenoportographie in zwei Projektionsebenen untersucht, um die Pfortader und das Shuntgefäß darzustellen.

Die Auswertung der Bilder erfolgt im retrospektiven Teil durch zwei Untersucher - einer für die CT-Angiographie und ein Untersucher für die Splenoportographie. Im prospektiven Studienteil werden die CT-Angiographie und Splenoportographie durch drei Untersucher ausgewertet. Zwei Untersucher werten sowohl die CT-Angiographie als auch die Splenoportographie aus, ein Untersucher wertet jeweils ausschließlich die CT-Angiographie und Splenoportographie aus. In der CT-Angiographie werden das Shuntgefäß als „offen“ oder „geschlossen“ gewertet und der PA-Grad bestimmt. In der Splenoportographie wird ebenfalls bestimmt, ob das Shuntgefäß „offen“ oder „geschlossen“ ist sowie nach zwei Projektionsebenen getrennt der PA-Grad und der Shuntgrad aufgezeichnet.

Im retrospektiven Teil der Studie war eine Aussage Shunt „offen“/„geschlossen“ bei 6 von 10 Tieren durch Aufhärungsartefakte, bedingt durch die Gefäßclips aus Metall, nicht möglich. Der PA-Grad konnte bei allen Patienten in der CT-Angiographie bestimmt werden. In der Splenoportographie war eine Beurteilung aller Patienten möglich und zeigte eine signifikante starke Übereinstimmung sowohl des PA-Grades

als auch des Shuntgrades zwischen beiden Projektionsebenen (Cramer-V = 1,000). Ein Vergleich der CT-Angiographie mit der Splenoportographie ist im retrospektiven Teil, bedingt durch den Wegfall der Patienten mit Aufhärtungsartefakten, nicht möglich. Die PA-Grade werden in der CT-Angiographie konsistent höher beurteilt als in der Splenoportographie.

Im prospektiven Teil war eine Auswertung aller Patienten in der CT-Angiographie und der Splenoportographie möglich. Alle Auswerter der CT-Angiographie für die Beurteilung Shuntgefäß „offen“/„geschlossen“ zeigen eine nicht signifikante maximal mittlere Übereinstimmung ($k = 0,474$). Die Beurteilung des PA-Grades zeigt ebenfalls eine nicht signifikante maximal mittlere Übereinstimmung zwischen den Untersuchern ($k = 0,423$). In der Splenoportographie kann eine signifikante gute ($k = 0,706$) bis sehr gute Übereinstimmung ($k = 1,000$) zwischen den Untersuchern konstatiert werden. Für die Beurteilung des PA-Grades zeigt sich zwischen der laterolateralen und dorsoventralen Projektion ein signifikanter, deutlicher (Cramer-V = 0,677) bis perfekter Zusammenhang (Cramer-V = 1,000). Ein ähnliches signifikantes Ergebnis liegt für den Shuntgrad vor. Innerhalb der Projektionsebenen besteht zwischen den Untersuchern eine signifikante, äußerst geringe ($k = 0,282$) bis mittlere ($k = 0,552$) Übereinstimmung für die Beurteilung des PA-Grades. Für den Shuntgrad ergibt sich innerhalb der Untersucher für die Projektionsebenen eine mittlere Übereinstimmung bei einem k-Wert von 0,487 bis 0,543.

Beim Vergleich der CT-Angiographie mit der Splenoportographie stellt sich eine vollständige Unabhängigkeit der Ergebnisse aus der CT-Angiographie von denen der Splenoportographie dar, die in der vorliegenden Studie als Goldstandard angesehen wird. Für die Sensitivität der CT-Angiographie ergeben sich Werte von 0,50 bis 1,00 sowie für die Spezifität von 0,545 bis 0,818. Es zeichnet sich ab, dass die CT-Angiographie nicht geeignet, ist die Splenoportographie für die Beurteilung eines möglichen Restshuntes zu ersetzen. Jedoch erscheint die CT-Angiographie besser für die Beurteilung der Verzweigung der Pfortader in der Leber geeignet zu sein, da die Pfortader stets in der CT-Angiographie sichtbar ist.

7 Summary

The purpose of cellophane banding is a slow progressive closure of congenital, extrahepatic, portosystemic shunts in order to restore normal liver function. To evaluate the success of shunt closure diagnostic imaging is essential to identify possible residual blood flow through the shunt vessel, as blood work only allows for the evaluation of functional closure.

The present study is divided into a retrospective and a prospective part. In the retrospective part 10 dogs and in the prospective part 15 dogs were presented at least 3 months after treatment of a congenital extrahepatic portosystemic shunt by cellophane banding. In the retrospective part the cellophane band was secured using hemoclips made of steel, in the prospective part the hemoclips were made of plastic. All animals are examined by computed tomography angiography and two-projectional splenoportography to visualize the portal vein and the shunt vessel. In the retrospective part of the study two examiners evaluated the images of the computed tomography angiography and the splenoportography, one for each imaging modality. In the prospective part of the study the images of the computed tomography angiography and the splenoportography are reviewed by a total of 4 examiners. One examiner reviewed either the computed tomography angiography or the splenoportography. Two examiners reviewed images from both techniques, leading to three examiners reviewing the images of each modality. In the computed tomography angiography the shunting vessel is classified as “open” or “closed” and the degree of development of the portal vasculature is recorded. In the splenoportography the shunt vessel is classified as “open” or “closed” and the degree of portal vasculature development is assessed as well. In addition the degree of opacification of the shunt vessel in comparison to the intrahepatic portal veins is recorded. Assessment of portal vasculature development and degree of opacification of the shunt vessel in comparison to the intrahepatic portal veins is performed separately for the two projections.

In the retrospective part of the present study in 6 out of 10 patients a statement if the shunt vessel is “open” or “closed” was not possible due to beam hardening artifact surrounding the metallic hemoclips. The degree of portal vasculature development can be determined in all patients using computed tomography angiography and

splenoportography. Also the assessment of the degree of opacification of the shunt vessel was possible using splenoportography in all patients. A strong agreement for the classification of portal vasculature development and the degree of shunt vessel opacification was found between the two projections in the splenoportography (Cramer-V = 1.000). Due to the omission of the patients with beam hardening artifacts in the computed tomography angiography, a comparison with the splenoportography is not possible. The degree of portal vasculature development is graded consistently higher in the computed tomography angiography than in the splenoportography.

In the prospective part of the present study an evaluation of all patients was possible using computed tomography angiography and splenoportography. The classification of the shunt vessel being "open" or "closed" and the degree of portal vasculature development shows a non significant moderate agreement ($k = 0.423$) for all examiners. A significant good ($k = 0.706$) to perfect ($k = 1.000$) agreement between the examiners interpreting the splenoportography is found for the differentiation if the shunt vessel is "open" or "closed". A significant major (Cramer-V = 0.677) to perfect (Cramer-V = 1.000) correlation between the lateral and dorsoventral projection is found for the classification of portal vasculature development. A similar significant result is seen for the classification of the degree of shunt vessel opacification. Between the two projections of the splenoportography a significant very low ($k = 0.282$) to moderate ($k = 0.552$) agreement for the evaluation of the portal vasculature development is found. The assessment for the degree of shunt vessel opacification shows a moderate agreement between the two projections, k-value ranges from 0.487 to 0.543.

In our study the result of the computed tomography angiography and the splenoportography are completely independent from each other. We considered the splenoportography as gold standard for our study. Compared to splenoportography sensitivity of computed tomography angiography ranges from 0.50 to 1.00 and specificity from 0.545 to 0.818. It is shown that computed tomography angiography is not suitable to replace the splenoportography for assessing a possible residual blood flow through a shunt vessel after cellophane banding. However, computed tomography angiography appears to be more valuable in evaluating the portal vein and it's branching in the liver due to the good visibility on computed tomography angiography images.

8 Literaturverzeichnis

d'Anjou, M.A. (2007)

The Sonographic Search for Portosystemic Shunts
Clinical Techniques in Small Animal Practice (22): 104-114

d'Anjou, M.A., Penninck, D., Cornejo, L., Pibarot, P. (2004)

Ultrasonographic diagnosis of portosystemic shunting in dogs and cats
Veterinary Radiology & Ultrasound (45): 424-437

Alfidi, R.J., Mac Intyre, W.J., Haaga, J.R. (1976)

The effects of biological motion on CT resolution
American Journal of Roentgenology (127): 11-15

Ambrose, J. (1973)

Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2
The British Journal of Radiology (46): 1023-1047

Baade, S., Aupperle, H., Grevel, V., Schoon, H.A. (2006)

Histopathological and Immunohistochemical Investigation of Hepatic Lesions
Associated with Congenital Portosystemic Shunt in Dogs
Journal of Comparative Pathology (134): 80-90

Barrett, J.F., Keat, N. (2004)

Artifacts in CT: Recognition and avoidance
Radiographics (24): 1679-1691

Bertolini, G., Rolla, E.C., Zotti, A., Caldin, M. (2006)

Three-Dimensional multislice helical computed tomography techniques for canine
extra-hepatic portosystemic shunt assessment
Veterinary Radiology & Ultrasound (47): 439-443

Bertolini, G. (2010)

Acquired Portal Collateral Circulation in the Dog and Cat
Veterinary Radiology & Ultrasound (51): 25-33

Bertolini, G., Prokop, M. (2011)

Multidetector-row computed tomography: technical basics and preliminary clinical
applications in small animals
The Veterinary Journal (189): 15-26

**Blomley, M.J., Coulden, R., Dawson, P., Korman, M., Donlan, P., Bufkin, C.,
Lipton, M.J. (1995)**

Liver perfusion studied with ultrafast CT
Journal of Computer Assisted Tomography (19): 424-433

Boothe, H.W., Howe, L.M., Edwards, J.F., Slater, M.R. (1996)

Multiple extrahepatic portosystemic shunts in dogs: 30 cases (1981-1993)
Journal of the American Veterinary Medical Association (208): 1849-1854

Bosch, B., Kiefer, I., Oechtering, G., Alef, M. (2008)

Computertomographie – häufig unterschätzt, selten überschätzt
kleintier konkret (11): 28-34

Bosch, B.K. (2010)

Multiphasen Computertomographie der Leber beim Hund
Dissertation, Leipzig

Bostwick, D.R., Twedt, D.C. (1995)

Intrahepatic and Extrahepatic portal venous anomalies in Dogs: 52 Cases (1982-1992)
Journal of the American Veterinary Medical Association (206): 1181-1185

Brooks, R.A. (1977)

A quantitative theory of the Hounsfield unit and its application to dual energy scanning
Journal of Computer assisted Tomography (1): 487-493

Brühschwein, A., Foltin, I., Flatz, K., Zöllner, M., Matis, U. (2010)

Contrast-enhanced Magnetic Resonance Angiography for Diagnosis of Portosystemic Shunts in 10 Dogs
Veterinary Radiology & Ultrasound (51): 116-121

Cleff, T. (2011)

Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse: Eine computergestützte Einführung mit Excel, PASW (SPSS) und STATA
Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 92

Daniel, G.B., Bright, R., Monnet, E., Ollis, P. (1990)

Comparison of per-rectal portal scintigraphy using ^{99m}technetium pertechnetate to mesenteric injection of radioactive microspheres for quantification of portosystemic shunts in an experimental dog model
Veterinary Radiology (31): 175-181

Echandi, R.L., Morandi, F., Daniel, W.T., Paquette, J.L., Daniel, G.B. (2007)

Comparison of transplenic multidetector ct portography to multidetector ct-angiography in normal dogs
Veterinary Radiology & Ultrasound (48): 38-44

Fleischmann, D. (2010)

CT angiography: injection and acquisition technique
Radiologic Clinics of North America (48): 237-247

Flohr, T.G., Schaller, S., Stierstorfer, K., Bruder, H., Ohnesorge, B.M., Schoepf, U.J. (2005)

Multi-detector row CT systems and image-reconstruction techniques
Radiology (235): 756-773

Frank, P., Mahaffey, M., Egger, C., Cornell, K.K. (2003)

Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt

Veterinary Radiology & Ultrasound (44): 392-400

Frankel, D., Seim, H., MacPhail, C., Monnet, E. (2006)

Evaluation of cellophane banding with and without intraoperative attenuation for treatment of congenital extrahepatic portosystemic shunts in dogs

Journal of the American Veterinary Medical Association (228): 1355-1360

Garcia, P., Genin, G., Bret, P.M., Bonaldi, V.M., Reinhold, C., Atri, M. (1999)

Hepatic CT enhancement: effect of heart rate and volume of contrast medium injection in an animal model

Abdominal Imaging (24): 597-603

Gerritzen-Bruning, M.J., van den Ingh, T.S.G.A.M., Rothuizen, J. (2006)

Diagnostic Value of Fasting Plasma Ammonia and Bile Acid Concentrations in the Identification of Portosystemic Shunting in Dogs

Journal of Veterinary Internal Medicine (20): 13-19

Grevel, V., Schmidt, S., Lettow, E., Suter, P.F., Schmidt, G.U. (1987a)

Der angeborene portosystemische Shunt bei Hund und Katze Teil 1

Tierärztliche Praxis (15): 77-92

Grevel, V., Schmidt, S., Lettow, E., Suter, P.F., Schmidt, G.U. (1987b)

Der angeborene portosystemische Shunt bei Hund und Katze Teil 2

Tierärztliche Praxis (15): 185-194

Grevel, V., Trautvetter, E. (1980)

Angiographie – Technik und Anwendung

Kleintierpraxis (26): 13-20

Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A., Lange, S. (2007)

Der Kappa-Koeffizient

Deutsche Medizinische Wochenschrift (132): 65-68

Guerbet GmbH (2012)

Xenetix® 300 Fachinformation

Guerbet GmbH, 65843 Sulzbach

Haers, H., Paepe, D., Vermote, K., Saunders, J.H. Daminet, S., Risselada, M. (2007)

Portosystemic shunts in dogs and cats: imaging portosystemic shunts in small animals – hepatics vascular anatomy, shunt morphology, radiography

Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift (76): 315-321

Harari, J., Lincoln, J., Alexander, J., Miller, J. (1990)

Lateral thoracotomy and cellophane banding of a congenital portoazygous shunt in a dog

Journal of Small Animal Practice (31): 571-573

Hathcock, J.T., Strickle, R.L. (1993)

Principles and concepts of computed tomography
Veterinary Clinics of North America / Small Animal Practice (23): 399-415

Hentschel, F., Rieber, A., Claussen, C.D. (1992)

Pseudo-Vena-cava-superior-Thrombose und andere Strömungsartefakte bei der hochauflösenden, schnellen Computertomographie des Thorax
RöFo:Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren (157): 518-519

Hickmann, J., Edwards, J.E., Mann, F.C. (1949)

Venous anomalies in a dog
The Anatomical Record (104): 137-146

Hottinger, H.A., Walshaw, R., Hauptman, J.G. (1995)

Long-Term Results of Complete and Partial Ligation of Congenital Portosystemic Shunts in Dogs
Veterinary Surgery (24): 331-336

Hounsfield, G.N. (1973)

Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system
British Journal of Radiology (46): 1016-1022

Hunt, G.B., Hughes, J. (1999)

Outcomes after extrahepatic portosystemic shunt ligation in 49 dogs
Australian Veterinary Journal (77): 303-307

Hunt, G.B., Kummeling, A., Tisdall, P.L., Marchevsky, A.M., Liptak, J.M., Youmans, K.R., Goldsmid, S.E., Beck, J.A. (2004)

Outcomes of cellophane banding for congenital portosystemic shunts in 106 dogs and 5 cats
Veterinary Surgery (33): 25-31

Hunt, G.B., Culp, W.T.N., Mayhew, K.N., Mayhew, P., Steffey, M.A., Zwingenberger, A. (2014)

Evaluation of in vivo behavior of ameroid ring constrictors in dogs with congenital extrahepatic portosystemic shunts using computed tomography
Veterinary Surgery (noch nicht gedruckt): DOI: 10.1111/j.1532-950X.2014.12196.x

Kalt, D.J., Stump, J.E. (1993)

Gross Anatomy of the Canine Portal Vein
Anatomia, Histologia, Embryologia (22): 191-197

Kalender, W.A. (1994a)

Technical foundations of spiral CT
Seminars in Ultrasound, CT and MRI (15): 81-89

Kalender, W.A. (1994b)

Principles and applications of spiral CT
Nuclear Medicine and Biology (21): 693-699

Katzberg, R.W. (2005)

Contrast medium-induced nephrotoxicity: which pathway?
Radiology (235): 752-755

Katzberg, R.W., Pabico, R.C., Morris, T.W., Hayakawa, K., McKenna, B.A., Panner, B.J., Ventura, J.A., Fischer, H.W. (1986)

Effects of contrast media on renal function and subcellular morphology in the dog
Investigative Radiology (21): 64-70

Kim, E.K., Giglio, R.F., Reese, D.J., Reese, S.L., Bacon, N.J., Ellison, G.W. (2013)

Comparison of computed tomographic angiography and ultrasonography for the detection and characterization of portosystemic shunts in dogs
Veterinary Radiology & Ultrasound (54): 569-574

Koblik, P.D., Yen, C.K., Komtebedde, J., Hornof, W.J., Moore, P.F., Fisher, P.E. (1990)

Comparison of transcolonic ¹²³I-iodoamphetamine and portal vein injection of ^{99m}Tc-macroaggregated albumin shunt fraction calculations in experimental dogs with acquired portosystemic shunts
Veterinary Radiology & Ultrasound (31): 170-174

Lamb, C.R. (1990)

Abdominal ultrasonography in small animals: examination of the liver, spleen and pancreas
Journal of Small Animal Practice (31): 5-14

Lamb, C.R. (1996)

Ultrasonographic diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs: results of a prospective study
Veterinary Radiology & Ultrasound (37): 281-288

Lamb, C.R., Burton, C.A. (2004)

Doppler ultrasonographic assessment of closure of the ductus venosus in neonatal Irish wolfhounds
Veterinary Record (155): 699-701

Lamb, C.R., Daniel, G.B. (2002)

Diagnostic Imaging of Dogs with Suspected Portosystemic Shunting
The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian (24): 626-635

Lamb, C.R., White, R.N. (1998)

Morphology of congenital intrahepatic portacaval shunts in dogs and cats
Veterinary Record (142): 55-60

Landon, B.P., Abraham, L.A., Charles, J.A. (2008)

Use of transcolonic portal scintigraphy to evaluate efficacy of cellophane banding of congenital extrahepatic portosystemic shunts in 16 dogs
Australian Veterinary Journal (86): 169-179

Lee, K.C.L., Lipscomb, V.J., Lamb, C.R., Gregory, S.P., Guitian, J., Brockman, D.J. (2006)

Association of portovenographic findings with outcome in dogs receiving surgical treatment for single congenital portosystemic shunts: 45 cases (2000-2004)
Journal of the American Veterinary Medical Association (229): 1122-1129

Markowitz, J., Rappaport, A., Scott, A.C. (1949)

The function of the hepatic artery in the dog
American Journal of Digestive Diseases (16 (10)): 344-348

Miller ME, Evans HE, de Lahunta A. (2012)

Miller's anatomy of the dog
Saunders, St. Louis, Missouri, S.304-334, 478-484, 519-520

Moon, M.L. (1990)

Diagnostic imaging of portosystemic shunts
Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal) (5): 120-126

Nelson, N.C., Nelson, L.L. (2011)

Anatomy of Extrahepatic Portosystemic Shunts in Dogs as determined by Computed Tomography Angiography
Veterinary Radiology & Ultrasound (52): 498-506

Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E. (2004)

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane
Parey bei MVS, Stuttgart, S.166-170

Niles, J.D., Williams, J.M., Cripps, P.J. (2001)

Hemostatic Profiles in 39 Dogs With Congenital Portosystemic Shunts
Veterinary Surgery (30): 97-104

Ohlerth, S., Scharf, G. (2007)

Computed tomography in small animals – Basic principles and state of the art applications
The Veterinary Journal (173): 254-271

Oré, M. (1856)

Influence de l'Obliteration de la Veine Porte sur la Secretion de la Bile et sur la Fonction Glycogenique du Foie
Comptes rendus de l'Académie des sciences (43): 463-467

Paepe, D., Haers, H., Vermote, K., Saunders, J., Risselada, M., Daminet, S. (2007)

Portosystemic shunts in dogs and cats: definition, epidemiology and clinical signs of congenital portosystemic shunts
Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift (76): 234-240

Partington, B.P., Partington, C.R., Biller, D.S., Toshach, K. (1993)

Transvenous coil embolization for treatment of patent ductus venosus in a dog
Journal of the American Veterinary Medical Association (202): 281-284

Payne, J.T., Robert, A.M., Gheorghe, M.C. (1990)

The anatomy and embryology of portosystemic shunts in dogs and cats
Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (5): 76-82

Prokop, M. (2000)

Multislice CT angiography
European Journal of Radiology (36): 86-96

Prokop, M. (2003)

General principles of MDCT
European Journal of Radiology (45): 4-10

**Rothuizen, J., van den Ingh, T.S.G.A.M., Voorhoutm, G., van der Luer, R.J.T.,
Wouda, W. (1982)**

Congenital porto-systemic shunts in sixteen dogs and three cats
Journal of Small Animal Practice (23): 67-81

Rozga, J., Jeppsson, B., Bengmark, S. (1985)

Hepatotropic factors in liver growth and atrophy
British Journal of Experimental Pathology (66): 669-678

Rutgers, C. (1993)

Diagnosis and management of portosystemic shunts
In Practice (15): 175-181

Scavelli, T.D. (1989)

Complications associated with the diagnostic, medical, and surgical management of
portosystemic shunts
Problems in Veterinary Medicine (1): 145-158

Schiff, M. (1862)

Über das Verhältnis der Leber-Circulation zur Gallenbildung
Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik (1): 1-51

Schmidel, C.C., Einsporn, G. (1744)

De Varietatibus Vasorum Magni Plerumque Momenti
Dissertation, Becker, Erlangen

Schmidt, S., Suter, P.F. (1980)

Angiography of the Hepatic and Portal Venous System in the Dog and Cat: An
Investigative Method
Veterinary Radiology (21): 57-77

Schmidt, S., Lohse, C.L., Suter, P.F. (1980)

Branching patterns of the hepatic artery in the dog: angiographic and anatomic study
American Journal of Veterinary Research (41): 1090-1097

Schultz, E., Fischer, P. (1982)

Meßungenauigkeiten und Artefakte bei der Computertomographie
RöFo:Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden
Verfahren (137): 466-472

Schulz, K.S., Martin, R.A., Henderson, R.A. (1993)

Transsplenic portal catheterization surgical technique and use in two dogs with portosystemic shunts

Veterinary Surgery (22): 363-369

Scrivani, P.V., Yeager, A.E., Dykes, N.L., Scarlett, J.M. (2001)

Influence of patient positioning on sensitivity of mesenteric portography for detecting an anomalous portosystemic blood vessel in dogs: 34 cases (1997-2000)

Journal of the American Veterinary Medical Association (219): 1251-1253

Schneider, M., Plassmann, M., Rauber, K. (2009)

Intrahepatic venous collaterals preventing successful stent-supported coil embolization of intrahepatic shunts in dogs

Veterinary Radiology & Ultrasound (50): 376-384

Schnorr, B., Kressin, M. (2011)

Embryologie der Haustiere

Enke, Stuttgart, S 228-229

Seguin, B., Tobias, K.M., Gavin, P.R., Tucker, R.L. (1999)

Use of Magnetic Resonance Angiography for Diagnosis of Portosystemic Shunts in Dogs

Veterinary Radiology & Ultrasound (40): 251-258

Shiomi, S., Kuroki, T., Kurai, O., Kobayashi, K., Ikeoka, N., Monna, T., Ochi, H. (1988)

Portal Circulation by Technetium-99m Pertechnetate Per-Rectal Portal Scintigraphy

The Journal of Nuclear Medicine (29): 460-465

Sikkink, C.J.J.M., Reijnen, M.M.P.J., Zeebregts, C.J. (2008)

The creation of the optimal dedicated endovascular suite

European Journal of Vascular and Endovascular Surgery (35): 198-204

Simpson, K.W., Meyer, D.J., Boswood, A., White, R.N., Maskell, I.E. (1997)

Iron Status and Erythrocyte Volume in Dogs With Congenital Portosystemic Vascular Anomalies

Journal of Veterinary Internal Medicine (11): 14-19

Stahl, G.E., Gätke, J.P. (1705)

De vena portae porta malorum hypochondriaco-splenetico-suffocativo-hysterico-colico-haemorrhoidariorum

Dissertation, Henckelius, Magdeburg

Stosic, A. (2011)

Die Embolisation des kongenitalen portosystemischen Shunts beim Hund mit einem singulären Coil

Dissertation, Gießen

van Straten, G., Leegwater, P.A.J., de Vries, M., van den Brom, W.E., Rothuizen, J. (2005)

Inherited Congenital Extrahepatic Portosystemic Shunts in Cairn Terriers
Journal of Veterinary Internal Medicine (19): 321-324

Suter, P.F. (1975)

Portal Vein Anomalies in the Dog: Their Angiographic Diagnosis
Veterinary Radiology (16): 84-97

Szatmári, V., Rothuizen, J., Voorhout, G. (2004a)

Standard planes for ultrasonographic examination of the portal system in dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association (224): 713-716

Szatmári, V., Rothuizen, J., van den Ingh, T.S.G.A.M., van Sluijs, F.J., Voorhout, G. (2004b)

Ultrasonographic findings in dogs with hyperammonemia: 90 cases (2000-2002)
Journal of the American Veterinary Medical Association (224): 717-827

Taboada, J. (1990)

Medical management of animals with portosystemic shunts
Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (5): 107-119

Thompson, M.S., Graham, J.P., Mariani, C.L. (2003)

Diagnosis of a porto-azygous shunt using helical computed tomography angiography
Veterinary Radiology & Ultrasound (44): 287-291.

Tidwell, A.S., Jones, J.C. (1999)

Advanced imaging concepts: A Pictorial Glossary of CT and MRI Technology
Clinical Techniques in Small Animal Practice (14): 65-111

Tiemessen, I.J., Rothuizen, J., Voorhout, G. (1995)

Ultrasonography in the diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs
Veterinary Quarterly (17): 50-53

Tillson, D.M., Winkler, J.T. (2002)

Diagnosis and treatment of portosystemic shunts in the cat
The Veterinary Clinics of North America / Small Animal Practice (32): 881-899

Tivers, M.S., Upjohn, M.M., House, A.K., Brockman, D.J., Lipscomb, V.J. (2012)

Treatment of extrahepatic congenital portosystemic shunts in dogs – what is the evidence base?

Journal of Small Animal Practice (53): 3-11

Tobias, K.M. (2003)

Determination of Inheritance of Single Congenital Portosystemic Shunts in Yorkshire Terriers

Journal of the American Animal Hospital Association (39): 385-389

Tobias, K.M., Rohrbach, B.W. (2003)

Association of breed with the diagnosis of congenital portosystemic shunts in dogs: 2,400 cases (1980-2002)

Journal of the American Veterinary Medical Association (223): 1636-1639

Tsushima, Y., Blomley, M.J., Kusano, S., Endo, K. (2002)

Measuring portal venous perfusion with contrast-enhanced CT: Comparison of direct and indirect methods

Academic Radiology (9): 276-282

Ubeda, C., Vano, E., Gonzalez, L., Miranda, P., Valenzuela, E., Leyton, F., Oyarzun, C. (2010)

Scatter and staff dose levels in paediatric interventional cardiology: a multicentre study

Radiation Protection Dosimetry (140): 67-74

Uršič, M., Ravnik, D., Hribernik, M., Pečar, J., Butinar, J., Fazarinc, G. (2007)

Gross Anatomy of the Portal Vein and Hepatic Artery Ramifications in Dogs: Corrosion Cast Study

Anatomia, Histologia, Embryologia (36): 83-87

van Steenbeek, F.G., van den Bossche, L., Leegwater, P.A., Rothuizen, J. (2012)

Inherited liver shunts in dogs elucidate pathways regulating embryonic development and clinical disorders of the portal vein

Mammalian Genome (23): 76-84

Vitums, A. (1959)

Portal Vein in the Dog

Zentralblatt für Veterinärmedizin (6): 723-741

Vogt, J.C., Krahwinkel, D.J., Bright, R.M., Daniel, G.B., Toal, R.L., Rohrbach, B. (1996)

Gradual Occlusion of Extrahepatic Portosystemic Shunts in Dogs and Cats Using the Ameroid Constrictor

Veterinary Surgery (25): 495-502

Watson, P.J., Herrtage, M.E. (1998)

Medical management of congenital portosystemic shunts in 27 dogs-a retrospective study

Journal of Small Animal Practice (39): 62-68

Wegener, O.H. (1980)

Artefakte in der Computertomographie

RöFo:Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren (132): 643-651

Whatmough, C., Lamb, C.R. (2006)

Computed Tomography: Principles and Applications.

Compendium on Continuing Education for Veterinarians (28): 789-800

White, R.N., Burton, C.A., McEvoy, F.J. (1998)

Surgical treatment of intrahepatic portosystemic shunts in 45 dogs.
Veterinary Record (142): 358-365

Winkler, J.T., Bohling, M.W., Tillson, D.M., Wright, J.C., Ballagas, A.J. (2003)

Portosystemic Shunts: Diagnosis, Prognosis, and Treatment of 64 Cases (1993-2001)
Journal of the American Animal Hospital Association (39): 169-185

Yoon, H., Choi, Y., Kim, S., Kim, K., Jeong, S. (2011)

Contrast-enhanced computed tomography angiography and volume-rendered imaging for evaluation of cellophane banding in a dog with extrahepatic portosystemic shunt
Journal of the South African Veterinary Association (82): 125-128

Youmans, K.R., Hunt, G.B. (1998)

Cellophane banding for the gradual attenuation of single extrahepatic portosystemic shunts in eleven dogs
Australian Veterinary Journal (76): 531-537

Zahner, M., Wille, K.H. (1996)

Das Blutgefäßsystem des Enddarms vom Hund (*Canis lupus f. familiaris*)
Anatomia, Histologia, Embryologia (25): 101-108

Zwingenberger, A.L., Schwarz, T. (2004)

Dual-phase CT Angiography of the Normal Canine Portal and Hepatic Vasculature
Veterinary Radiology & Ultrasound (45): 117-124

Zwingenberger, A.L., Schwarz, T., Saunders, H.M. (2005)

Helical Computed Tomographic Angiography of Canine Portosystemic Shunts
Veterinary Radiology & Ultrasound (46): 27-32

Zwingenberger, A.L., Shofer, F.S. (2007)

Dynamic computed tomographic quantitation of hepatic perfusion in dogs with and without portal vascular anomalies
American Journal of Veterinary Research (68): 970-974

Zwingenberger, A.L. (2009)

CT Diagnosis of Portosystemic Shunts
The Veterinary Clinics of North America / Small Animal Practice (39): 783-792

A **Abbildungsverzeichnis**

<i>Abbildung 1</i>	<i>Hund in der Gantry mit angeschlossener Kontrastmittelpumpe</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 2</i>	<i>Lagerung des Patienten für die CT Untersuchung</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 3</i>	<i>Darstellung der ROI in der Pfortader und der resultierenden Zeitintensitätskurve</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 4</i>	<i>Beispielhafte Darstellung der Planung der CT-Angiographie im Übersichtsbild des CT</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 5</i>	<i>Lagerung und Fixierung des Patienten auf dem Patiententisch der Durchleuchtungsanlage in Rückenlage.....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 6</i>	<i>PA-Grad 2 im CT-Bild.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 7</i>	<i>PA-Grad 3 im CT-Bild.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 8</i>	<i>Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 1 ...</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 9</i>	<i>Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 2 ...</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 10</i>	<i>Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 3 ...</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 11</i>	<i>Splenoportographie im dorsoventralen Strahlengang, PA-Grad 4 ...</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 12</i>	<i>Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 0..</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 13</i>	<i>Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 1..</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 14</i>	<i>Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 2..</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 15</i>	<i>Splenoportographie in der laterolateralen Projektion, Shuntgrad 3..</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 16</i>	<i>Beispiel für Aufhärungsartefakte um die Metallclips bei Patient Nr. 5.....</i>	<i>38</i>

B Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1</i>	<i>Patientendaten von 10 Hunden zum Zeitpunkt der Untersuchung...</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 2</i>	<i>Beurteilung des PA-Grades in der Splenoportographie durch die Untersucher 1 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 3</i>	<i>Beurteilung des Shuntgrades in der Splenoportographie durch Untersucher 1 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 4</i>	<i>Patientendaten von 15 Hunden zum Zeitpunkt der Untersuchung...</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 5</i>	<i>Einteilung des Shuntgefäßes der Patienten in der CT-Angiographie in offen oder geschlossen</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 6</i>	<i>Beurteilung des PA-Grades in der Splenoportographie durch die Untersucher 1 bis 3 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 7</i>	<i>Beurteilung des Shuntgrades in der Splenoportographie durch die Untersucher 1 bis 3 getrennt nach der Projektion im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 8</i>	<i>Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 2.</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 9</i>	<i>Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 3</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 10</i>	<i>Kreuztabelle mit der Einteilung in Shunt offen/geschlossen in der Splenoportographie und CT-Angiographie von Untersucher 1 und Untersucher 4</i>	<i>52</i>

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre: „Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten.“

Sebastian Schaub



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6253-8



9 783835 196253 8