

Erstellung und Evaluation eines webbasierten Lernprogrammes  
über die abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze

von Luise Schroth

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

Erstellung und Evaluation eines webbasierten Lernprogrammes  
über die abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze

von Luise Schroth  
aus Seeheim-Jugenheim

München 2022



Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Priv.-Doz. Dr. Sven Reese



**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

**Berichterstatter:** Priv.-Doz. Dr. Sven Reese

**Korreferent:** Priv.-Doz. Dr. Michèle M.-J. D. Bergmann

**Tag der Promotion:** 30. Juli 2022



**Meiner Familie**



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>1.</b>	<b>Allgemeine Definitionen .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Webbasiertes Lernen .....	3
1.2.	Blended Learning .....	3
1.3.	Website und Webseite .....	4
1.4.	HTML und CSS.....	4
<b>2.</b>	<b>Mediendidaktik.....</b>	<b>5</b>
2.1.	Definition der Didaktik und Mediendidaktik.....	5
2.2.	Mediendidaktische Kriterien für digitale Lehr- und Lernmedien .....	5
2.2.1.	Multimedia .....	6
2.2.2.	Interaktion .....	6
2.2.3.	Interaktive Lehrmedien.....	8
2.2.4.	Adaptivität.....	8
2.2.5.	Didaktische Gestaltung von digitalen Lehrmedien .....	9
2.2.5.1.	Gestaltgesetze für das Layout .....	10
2.2.5.2.	Textlayout und -gliederung .....	10
2.2.5.3.	Menüführung.....	11
2.2.5.4.	Formen der Interaktivität .....	11
2.2.5.5.	Einsatz von Bildmaterial.....	12
2.2.5.6.	Textformulierung.....	13
2.2.5.7.	Typografie.....	14
<b>3.</b>	<b>Ergonomie.....</b>	<b>15</b>
3.1.	Definition der Ergonomie und Softwareergonomie .....	15
3.2.	Softwareergonomische Anforderungen an digitale Medien .....	16
3.2.1.	Darstellung der Software auf Bildschirmen.....	16
3.2.2.	Gestaltungsgrundsätze für die Benutzungsoberfläche.....	16
3.2.2.1.	Gestaltung und Aufteilung der Bildschirmmaske .....	17
3.2.2.2.	(Steuer-)Elemente in Benutzungsoberflächen.....	19
3.2.2.3.	Navigationsgestaltung.....	19
3.2.2.4.	Textgestaltung .....	20
3.2.2.5.	Schriftgestaltung.....	22

3.2.2.6.	Farbgestaltung .....	23
3.2.2.7.	Interaktionsgestaltung .....	24
<b>4.</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>26</b>
4.1.	Definition der Evaluation.....	26
4.2.	Standards für Evaluation.....	26
4.2.1.	Nützlichkeit .....	26
4.2.2.	Durchführbarkeit .....	27
4.2.3.	Fairness .....	27
4.2.4.	Genauigkeit .....	28
4.3.	Evaluationszwecke und -funktionen.....	29
4.3.1.	Erkenntnisfunktion .....	29
4.3.2.	Kontrollfunktion.....	29
4.3.3.	Dialogfunktion.....	29
4.3.4.	Legitimationsfunktion.....	29
4.4.	Evaluationsformen.....	30
4.4.1.	Formative und summative Evaluation .....	30
4.4.2.	Externe und interne Evaluation .....	30
<b>5.</b>	<b>Dopplersonographie in der Humanmedizin .....</b>	<b>31</b>
5.1.	Aus- und Weiterbildungsregelung.....	31
5.2.	Lehrbücher zum Thema .....	32
<b>6.</b>	<b>Dopplersonographie in der Tiermedizin.....</b>	<b>33</b>
6.1.	Tierärztliche Ausbildung an den deutschen Universitäten .....	33
6.1.1.	Ausbildungsmöglichkeiten zum Thema am Beispiel der Ludwig- Maximilians-Universität München.....	34
6.2.	Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten.....	35
6.3.	Lehrbücher und andere Lehrmedien zum Thema.....	36
<b>III.</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>39</b>
<b>1.</b>	<b>Technische Ausstattung.....</b>	<b>39</b>
1.1.	Hardware .....	39
1.1.1.	Computer.....	39
1.1.2.	Erstellung von Zeichnungen.....	39
1.1.3.	Erstellung von Ultraschallbildern & -videos.....	40
1.2.	Software .....	41

---

1.2.1.	Betriebssystem.....	41
1.2.2.	Programmieren des Lernprogrammes.....	41
1.2.3.	Textverarbeitung.....	42
1.2.4.	Bearbeitung der Ultraschallbilder und -videos.....	43
1.2.5.	Bearbeitung der Zeichnungen .....	44
1.2.6.	Erstellung von Graphiken .....	45
1.2.7.	Formatierung der Literatur-Listen.....	46
<b>2.</b>	<b>Literatur zur inhaltlichen Gestaltung des Lernprogramms .....</b>	<b>46</b>
2.1.	Grundlagen & Geräteeinstellungen .....	47
2.2.	Anatomie.....	50
2.3.	Dopplersonographie.....	58
<b>3.</b>	<b>Tiere .....</b>	<b>63</b>
<b>4.</b>	<b>Bildmaterial von externen Quellen .....</b>	<b>64</b>
<b>5.</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>64</b>
5.1.	Erstellung der Umfrage.....	65
5.2.	Präsentation des Lernprogrammes .....	68
5.3.	Durchführung der Umfrage.....	69
5.4.	Statistische Auswertung der Umfrage .....	69
<b>IV.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>71</b>
<b>1.</b>	<b>Lernprogramm .....</b>	<b>71</b>
1.1.	Aufbau der HTML-Dokumente.....	71
1.1.1.	Kopf der HTML-Dokumente .....	72
1.1.2.	Körper der HTML-Dokumente .....	74
1.1.2.1.	Seitenstrukturierung nach HTML5-Standard.....	76
1.1.2.2.	Seitenkopf mit Hauptnavigationsleiste .....	76
1.1.2.3.	Seitenleiste mit Kapitelnavigationsleiste .....	78
1.1.2.4.	Hauptinhalt der Seite .....	81
1.1.2.4.1.	Text.....	82
1.1.2.4.2.	Bilder, Graphiken und Zeichnungen .....	87
1.1.2.4.3.	Videos .....	94
1.1.2.4.4.	Seitenverweise.....	97
1.1.2.5.	Seitenfuß mit Verweis zur Kontaktseite .....	98
1.2.	Inhaltlicher Aufbau des Lernprogrammes .....	99

1.2.1.	Startseite.....	99
1.2.2.	Grundlagen-Kapitel .....	100
1.2.3.	Kapitel Geräteeinstellungen .....	104
1.2.4.	Anatomie-Kapitel .....	105
1.2.5.	Dopplersonographie-Kapitel .....	115
1.2.6.	Kontaktseite.....	124
1.3.	Browser-Kompatibilität .....	126
1.4.	Hochladen des Lernprogramms.....	126
<b>2.</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>127</b>
2.1.	Antwortverteilungen zu den allgemeinen Fragen.....	127
2.2.	Antwortverteilungen zu den speziellen Fragen zum Lernprogramm .....	132
2.3.	Statistisch relevante Zusammenhänge zwischen einzelnen Fragen.....	142
<b>V.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>149</b>
<b>1.</b>	<b>Lernprogramm .....</b>	<b>149</b>
1.1.	Grundlage der Programmierung.....	149
1.2.	Erfüllung mediendidaktischer Kriterien mit der Form des Lernprogrammes.....	151
1.3.	Umsetzung didaktischer & softwareergonomischer Anforderungen bei der Gestaltung des Lernprogrammes .....	155
1.3.1.	Layout-Gestaltung und Aufteilung der Bildschirmmaske .....	155
1.3.2.	Navigationsgestaltung.....	158
1.3.3.	Textgestaltung .....	160
1.3.4.	Schriftgestaltung.....	161
1.3.5.	Farbgestaltung .....	162
1.3.6.	Einsatz von Bildmaterial.....	162
1.3.7.	Interaktionsgestaltung.....	164
1.4.	Thema des Lernprogrammes.....	165
1.5.	Vergleichende Betrachtung mit verschiedenen Lehrmedien .....	165
<b>2.</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>168</b>
<b>3.</b>	<b>Limitationen der Studie.....</b>	<b>171</b>
<b>4.</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>172</b>

---

<b>VI.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>175</b>
<b>VII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>177</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>179</b>
<b>IX.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>197</b>
<b>X.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>205</b>
<b>XI.</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>207</b>
<b>1.</b>	<b>Anlage: Umfragebogen.....</b>	<b>207</b>
<b>2.</b>	<b>Anlage: Zugang zum Lernprogramm.....</b>	<b>219</b>
2.1.	Zugang über den Link mit folgender URL .....	219
2.2.	Zugang über die der Dissertation beiliegende DVD .....	219
<b>XII.</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>221</b>



**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

A.	<i>Arteria</i>
Aa.	<i>Arteriae</i>
alt	alternative (englisch) = Alternative
ASA	Allmennaksjeselskab (norwegisch); vergleichbar mit: allgemeine Aktiengesellschaft
ATF	Akademie für tierärztliche Fortbildung
avi	Audio Video Interleave
BLTK	Bayerische Landestierärztekammer
br	break (englisch) = Umbruch
BTK	Bundestierärztekammer
bzw.	beziehungsweise
CSS	Cascading Style Sheets
DeGEval	Gesellschaft für Evaluation e.V.
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
div	division (englisch) = Abteilung, Bereich
docx	Document Xml
EAEVE	European Association of Establishments for Veterinary Education
ECCVT	European Coordination Committee on Veterinary Training
etc.	<i>et cetera</i> (lateinisch) = und so weiter
fr	fraction (englisch) = Bruchteil
FU	Freie Universität
GHz	Gigahertz
h	heading (englisch) = Überschrift

href	hyper reference (englisch) = Hyper(text)-Referenz
HTML	HyperText Markup Language
img	image (englisch) = Bild
Inc.	Incorporated (englisch) = [als Kapitalgesellschaft] eingetragen
JLU	Justus-Liebig-Universität
jpeg	Joint Photographic Experts Group
lang	language (englisch) = Sprache
LLC.	Limited Liability Company (englisch); vergleichbar mit: Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
Moodle	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
mp4	MPEG-4 Part 14
MPEG	Moving Picture Expert Group
nav	navigation (englisch) = Navigation
p	paragraph (englisch) = Absatz
PDF	Portable Document Format
png	Portable Network Graphics
src	source (englisch) = Quelle
TAppV	Tierärztliche Approbationsverordnung
TiHo	Tierärztliche Hochschule

URL	Uniform Resource Locator (englisch) = einheitlicher Quellenweiser
USB	Universal Serial Bus
UTF-8	8-Bit UCS Transformation Format
V.	<i>Vena</i>
Vv.	<i>Venae</i>
WBL	Web Based Learning
WBT	Web Based Training
WPF	Wahlpflichtfach
WWW	World Wide Web
xlsx	Excel Spreadsheet Xml
z.B.	zum Beispiel

**Hinweis:**

Im Rahmen dieser Dissertation werden personenbezogene Begrifflichkeiten, wie z.B. Benutzer oder Nutzer, verwendet, welche für alle Geschlechter in gleicher Weise gelten.

## I. EINLEITUNG

Mit Hilfe der Dopplersonographie können in der Medizin die Richtung, sowie die Geschwindigkeit der Blutkörperchen und damit des Blutes dargestellt und gemessen werden (POULSEN NAUTRUP, 2007). Sie bot schon frühzeitig ein Diagnostikum zur Gewinnung einer Kombination aus anatomischen und physiologischen Informationen, bei gleichzeitig minimalen negativen biologischen Effekten für den Patienten (NELSON & PRETORIUS, 1988). Neben der sehr geringen Invasivität sind als weitere Vorteile gegenüber anderen bildgebenden Verfahren, die Flexibilität und teilweise deutlich geringeren Anschaffungskosten hervorzuheben.

Die Dopplersonographie ist dadurch zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Echokardiographie geworden und findet in der Humanmedizin routinemäßig Einsatz in der Gefäßdiagnostik. Entsprechenden Wert hat die Aus- und Weiterbildung zu diesem Thema und es gibt ein großes Angebot an humanmedizinischen Lehrmedien zu beiden Einsatzmöglichkeiten.

Auch in der Tiermedizin ist ihr Einsatz für die Echokardiographie unentbehrlich geworden, weshalb auch kein Mangel an Lehrmedien zu diesem Thema besteht. Die Untersuchung der großen, abdominalen Gefäße wird ebenso als Teil der abdominalen Ultraschallroutine bei Kleintieren empfohlen (SPAULDING, 1997). Eine Umsetzung wird durch die Dopplersonographie vereinfacht und ergänzt, jedoch ist das Angebot an Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten für diesen Einsatz noch sehr begrenzt. Gleichermaßen steht es um die Verfügbarkeit von tiermedizinischen Lehrmedien zu diesem speziellen Thema. Qualität und Nutzen klinischer Untersuchungen hängen jedoch bei der Dopplersonographie in noch stärkerem Maß von den Fähigkeiten und Erfahrungen des Untersuchers ab, als bereits bei der klassischen sonographischen Bildgebung im B-Mode (NELSON & PRETORIUS, 1988). Dieses Thema benötigt daher einen entsprechend größeren Stellenwert in der tierärztlichen Ausbildung.

E-Learning und digitale Medien sind mit ihren „zahlreichen Veranschaulichungsmöglichkeiten bestens“ zur Vermittlung von Lerninhalten zum Thema Bildgebung geeignet (RUF et al., 2008). Ziel der vorliegenden Dissertation war deshalb, die Erstellung eines webbasierten Lernprogrammes über die

abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze. Dieses soll interessierten Tiermedizinistudierenden zunächst Grundlagenwissen zur Dopplersonographie vermitteln, um einerseits ein Verständnis für die richtige Anwendung und mögliche Artefakte zu erlangen. Andererseits sollen hämodynamische Grundlagen wiederholt werden, welche Voraussetzung für die Interpretation eines Dopplerspektrums sind. Außerdem werden alle nötigen Parameter für eine sinnvolle Geräteeinstellung erläutert. Auch anatomische Vorkenntnisse zu den großen Gefäßen des Abdomens können aufgefrischt werden und mittels der systematischen Aufzählung möglicher angeborener Gefäßvarianten im Lernprogramm zusätzlich ergänzt werden. Abschließend kann die Untersuchung abdominaler Gefäße, mit Hilfe verschiedener sonographischer und dopplersonographischer Verfahren, theoretisch erlernt werden. Bislang existiert in der Kleintiermedizin kein webbasiertes Lernprogramm, welches gezielt die abdominale Dopplersonographie thematisiert und Grundlagenwissen in diesem Umfang vermittelt. Zur Ergänzung der Lehre soll dieses den Tiermedizinistudierenden in Zukunft kostenlos über eine Lernplattform zur Verfügung gestellt werden.

Darüber hinaus sollte eine Evaluation die Akzeptanz des erstellten Lernprogrammes durch Tiermedizinistudierende überprüfen. Anfänglich wurden dabei Voraussetzungen für die Nutzung eines solchen Lernprogrammes evaluiert und die Bedürfnisse der Studierenden bezüglich mediendidaktischer Kriterien erfragt. Außerdem sollte die Qualität des Lernprogrammes in Hinblick auf didaktische und softwareergonomische Kriterien beurteilt werden. Zu guter Letzt wurde die Meinung der Studierenden zu einer späteren Nutzung des Lernprogrammes in einem Blended Learning Konzept ermittelt. Dafür diente eine freiwillige Umfrage in einem Ultraschall-Wahlpflichtfach, welcher eine Präsentation des Lernprogrammes vorausging.

## **II. LITERATURÜBERSICHT**

### **1. Allgemeine Definitionen**

#### **1.1. Webbasiertes Lernen**

Mit dem Adjektiv webbasiert (englisch: web-based) wird etwas beschrieben, was auf dem World Wide Web (WWW) beruht und mit ihm arbeitet (DUDENREDAKTION, o. J.-h).

Webbasiertes Lernen ist eine bestimmte Form des Lernens mit digitalen Medien, welches häufig mit den englischen Bezeichnungen Web Based Learning (WBL) oder Web Based Training (WBT) adressiert wird. Webbasierte Lernmedien und das WBT können Lernenden eine Selbststeuerung und Flexibilisierung des Lernprozesses in räumlicher, zeitlicher als auch inhaltlicher Form ermöglichen (HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017). Je nach den Funktionen der jeweiligen Software, können weitere Vorteile, wie eine stärkere Interaktivität zwischen Lernenden und Lehrenden hinzukommen (KUNDE, 2016; GROB & BENSBERG, o. J.).

Als Software wird im Unterschied zur Hardware ein „nicht technisch-physikalischer Funktionsbestandteil einer Datenverarbeitungsanlage“ wie einem Computer bezeichnet. Das können z.B. das Betriebssystem, aber auch andere Programme wie beispielsweise das hier erstellte Lernprogramm sein (DUDENREDAKTION, o. J.-i).

#### **1.2. Blended Learning**

Unter dem Begriff „Blended Learning“ wird ein „Lernmodell, in dem computergestütztes Lernen (z.B. über das Internet) und klassischer Unterricht kombiniert werden“, verstanden (DUDENREDAKTION, o. J.-g). Dabei können beispielsweise mit Hilfe digitaler Medien die Präsenzveranstaltungen durch onlinegestützte Selbststudienphasen vorbereitet oder ergänzt werden (RUF et al., 2008; KUNDE, 2016; HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017). Bei einer gelungenen Umsetzung und guten Einbindung der digitalen Lernmedien können so die Vorteile beider Lehrformen kombiniert und Nachteile gegebenenfalls aufgehoben werden. Durch die digitalen Komponenten können die Lernprozesse z.B. flexibler und individueller gestaltet und damit ein selbstgesteuertes Lernen

gefördert werden (KUNDE, 2016). Darüber hinaus können die Präsenzveranstaltungen die soziale Integration unterstützen und durch direkten Kontakt und intensivere Kommunikation können z.B. Fragen direkt durch den Lehrenden geklärt werden (KUNDE, 2016; HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017).

### **1.3. Website und Webseite**

Bei webbasierten Medien, wie dem erstellten Lernprogramm, ist es wichtig, zwischen den Begrifflichkeiten „Website“ und „Webseite“ zu unterscheiden.

Eine Website stellt laut Duden die „Gesamtheit der hinter einer Adresse stehenden Seiten im World Wide Web“ dar (DUDENREDAKTION, o. J.-f). Damit wäre beispielsweise das gesamte Lernprogramm mit allen zugehörigen Seiten gemeint.

Dagegen definiert der Begriff „Webseite“ (englisch: web page) eine „über einen Browser [im Internet als Teil einer Website] abrufbare grafische Darstellung, die Informationen bietet [und über Hyperlinks zu weiteren Dokumenten weiterleitet]“ (DUDENREDAKTION, o. J.-k). Im Falle des Lernprogrammes kann damit z.B. die Startseite als einzelne Seite des Lernprogrammes adressiert werden.

### **1.4. HTML und CSS**

HTML ist die Abkürzung für „Hypertext Markup Language“ und bezeichnet eine Auszeichnungs- oder Beschreibungssprache für Hypertext. Damit lassen sich Hypertextdokumente für das World Wide Web erstellen, welche mithilfe von Tags bzw. Markierungselementen kodiert und strukturiert werden (DUDENREDAKTION, o. J.-c; SELFHTML, o. J.-c). Das der Dissertation zugrundeliegende Lernprogramm wurde mit HTML-Code erstellt.

Die Abkürzung CSS steht für „Cascading Style Sheets“ und ist eine Formatierungssprache z.B. für HTML-Dokumente. Mit CSS können sogenannte „Mehrstufige Formatvorlagen“ für diese Dokumente erstellt werden (SELFHTML, o. J.-d). Im Falle des Lernprogrammes wurde mit CSS die Gestaltung und somit das Layout der Website realisiert.

## **2. Mediendidaktik**

### **2.1. Definition der Didaktik und Mediendidaktik**

Das Wort „Didaktik“ hat laut Duden mehrere Bedeutungen. Zum einen wird damit die „Lehre vom Lehren und Lernen“ und die „Unterrichtslehre“ beschrieben. Weiterhin bezieht sich das Wort auf die „Theorie der Bildungsinhalte“ und die „Methode des Unterrichtens“ (DUDENREDAKTION, o. J.-e).

Vereinfacht ausgedrückt kann sich das Wort sowohl auf den Inhalt des Lehr- und Lernstoffes beziehen, als auch auf die Art der Vermittlung, also z.B. die Lehrmethode. Die Didaktik kann dabei nicht nur auf Wissensvermittlung im Rahmen von Unterricht reduziert werden, sondern zählt für alle Formen des Lehrens und Lernens und beschäftigt sich auch mit den verwendeten Medien (STANGL, 2022b).

Die „Mediendidaktik“ bezieht sich dabei spezifisch auf die „Theorie und Praxis des Medieneinsatzes für Unterrichts- und Ausbildungszwecke“ (STANGL, 2022a). Sie beschäftigt sich dabei sowohl mit Lehr- als auch mit Lernmedien (AUMÜLLER et al., 2018). Das beinhaltet zum einen die didaktisch sinnvolle Gestaltung von Medien, wodurch das Lernen erleichtert oder verbessert werden kann. Da informelles Lernen hauptsächlich auf Medien basiert, wird diesem Teil der Mediendidaktik insbesondere im Zusammenhang mit digitalen Medien immer mehr Bedeutung zugemessen (KERRES, 2008). Zum anderen geht es um deren didaktischen Einsatz in der Lehre oder in Lernprozessen im Allgemeinen (BENDER, 2017). So können Medien auch Lehrfunktionen übernehmen, was in der Regel für bestimmte Teilfunktionen genutzt wird. Der Einsatz von Technik soll in diesem Zusammenhang dabei helfen, ein effektiveres und effizienteres Lernangebot zu ermöglichen. Entsprechend wird untersucht, welche Medien sich dafür eignen, dass viele Lernende mit verschiedenen Vorkenntnissen ein angestrebtes Lernziel mit möglichst geringem Aufwand erreichen (STANGL, 2022a).

### **2.2. Mediendidaktische Kriterien für digitale Lehr- und Lernmedien**

„Die Integration von digitalen Lehrmaterialien und Lehr- und Lernszenarien in die Hochschule bietet Potenziale zur Verbesserung der Lehre“ (BENDER, 2017). Der Verwendung neuer digitaler Medien werden dabei neben der örtlichen und

zeitlichen Flexibilisierung des Lernens als große Vorteile ihre Multimedialität und Interaktivität beigemessen (KUNDE, 2016; BENDER, 2017). Diese Funktionen können den Lernprozess jedoch nur verbessern oder revolutionieren, wenn sie richtig eingesetzt werden, um beispielsweise Unterricht individueller zu gestalten (BLÖMEKE, 2003; AUMÜLLER et al., 2018).

### **2.2.1. Multimedia**

Unter „Multimedia“ wird „das Zusammenwirken“ bzw. „die Anwendung von verschiedenen Medien (Texten, Bildern, Computeranimationen, -grafiken, Musik, Ton) [mithilfe von Computern]“ verstanden (DUDENREDAKTION, o. J.-j).

Mayer beschreibt multimediales Lernen konkret als ein Lernen von Bildern und Wörtern, wobei diese in unterschiedlichen Formen vertreten sein können, wie z.B. die Wörter in Form gedruckten oder gesprochenen Textes (MAYER, 2008). Auch die Bilder können dabei sowohl in dynamischer als auch in statischer Form verwendet werden, wie bereits die obere Aufzählung an Beispielen nahelegt. Wichtig ist dabei die Anordnung von Multimedia in einer räumlichen beziehungsweise zeitlichen Kontinuität (KÖHLER et al., 2008; MAYER, 2008).

Mit multimedialen Lehrmedien können somit mehrere Sinne angesprochen werden, was zum einen die Möglichkeit bietet, Lernenden mit unterschiedlichen Lernstilen das Wissen zu vermitteln. Zum anderen soll dies allgemein zum Lernen motivieren und es wird angenommen, dass dadurch auch eher Lernerfolge zu erwarten sind (KUNDE, 2016; AUMÜLLER et al., 2018).

### **2.2.2. Interaktion**

Als „Interaktion“ wird eine „wechselseitige Beziehung zwischen mindestens zwei Variablen bzw. Subjekten“ bezeichnet. Dabei kann das Wort sowohl im Zusammenhang einer „rein menschlichen Wechselbeziehung“ verwendet werden als sich auch auf eine „Beziehung zwischen Mensch und Maschine“ beziehen (AUMÜLLER et al., 2018).

Im Zusammenhang mit interaktiven Lehrmedien wird das Wort Interaktion vor allem für eine Form der Mensch-Computer-Interaktion verwendet, wofür ein Eingabegerät oder eine Benutzeroberfläche notwendig sind. Es werden dabei verschiedene Interaktionsstile unterschieden, wie z.B. eine blick- und sprachbasierte Interaktion. Als gestenbasierte Interaktionen kommen dabei vor

allem Fingergesten zum Einsatz, sowie die Verwendung von den Eingabeinstrumenten Maus und Stift. Wichtig beim Einsatz von Interaktion in Lehrmedien ist eine deutliche Kennzeichnung der Interaktionsmöglichkeiten, die Eingrenzung einer fehlerhaften Nutzung und ein klares Feedback für den Nutzer mit einer Veränderung als Reaktion (AUMÜLLER et al., 2018). Es wird zudem gefordert, dass der Einsatz von Interaktivität in Lernsystemen mindestens eine der folgenden Funktionen begünstigt: „Motivation, Information, Förderung von Behalten, Verstehen und Transfer sowie Regulation und Organisation des Lernprozesses“ (NIEGEMANN & HEIDIG, 2019).

Die gleichzeitige Ansprache mehrerer Sinne, aber auch die Interaktion mit Technik an sich, soll dem Anwender Motivation und Spaß bringen und die Lernwirksamkeit fördern (BLÖMEKE, 2003; AUMÜLLER et al., 2018). Dadurch können z.B. die Produktivität und Kreativität gesteigert werden, ebenso wie durch die vielfältigen Möglichkeiten diese einzusetzen. Weiterhin wird die Kommunikation zwischen Menschen durch die Interaktion mit technischen Geräten erleichtert, insbesondere wenn viele Menschen gleichzeitig angesprochen werden sollen. Durch Interaktionsfunktionen wie Spracherkennungs-Softwares oder Screenreader wird zudem eine Barrierefreiheit geboten. Ein entscheidender Vorteil der Interaktion mit Technik ist aber sicherlich die Möglichkeit schnell an Informationen zu gelangen, sowie Daten in großen Mengen abzuspeichern und jederzeit abrufbar zu haben (AUMÜLLER et al., 2018). Entsprechend werden die einfache Verbreitung und Vervielfältigung, sowie die Übertragbarkeit digitaler Lernmaterialien als großes Potenzial gesehen, weil diese mehr Personen zur Verfügung gestellt werden können, ohne großen Aufwand oder Kosten zu verursachen. Wenngleich die Erstellung solcher Medien anfangs häufig einen erheblichen Zeitaufwand verlangt, hält sich zudem der spätere Aktualisierungsaufwand bei sinnvoll eingesetzter Technologie in Grenzen (RUF et al., 2008; KUNDE, 2016; BENDER, 2017).

Jedoch können sich Interaktionsmöglichkeiten mit technischen Geräten auch nachteilig auswirken, wenn beispielsweise graphische Effekte vom Inhalt ablenken, ohne einen Mehrwert zu bieten. Auch weitere Anwendungen auf dem gleichen Gerät können zu ungewünschter Ablenkung führen. Zudem werden für die meisten Anwendungen gewisse technische Grundkenntnisse vorausgesetzt, um diese nutzen zu können (KUNDE, 2016; BENDER, 2017). Es sollte daher bei der Erstellung von Anwendungen darauf geachtet werden, dass eine möglichst intuitive Bedienung

sichergestellt ist und diese auch für Menschen ohne großes Interesse an Technik nutzbar sind. Zudem können zur Nutzung der Interaktion mit technischen Geräten zunächst hohe Anschaffungs- und später weitere Betriebskosten anfallen. Sie bergen außerdem das Risiko von Isolation, wenn lediglich Einzelanwendungen verwendet werden und eine erforderliche Interaktion mit dem Computer ein Lernen in Diskussionen behindert (AUMÜLLER et al., 2018). Zudem erfordert das Lernen mit digitalen Medien vom Lernenden sowohl ein hohes Maß an Selbstlernkompetenz, als auch die Kompetenz zur Selbstmotivation (KUNDE, 2016; BENDER, 2017).

### **2.2.3. Interaktive Lehrmedien**

„Multimediale Lehrmedien werden durch die Interaktion zwischen Lernendem und Medium zu interaktiven Lehrmedien ergänzt“ (AUMÜLLER et al., 2018).

Sie basieren meist auf digitalen Medien, wobei zwischen lokalen und internetbasierten Systemen unterschieden wird. Interaktive Lehrmedien sollen vor allem ein selbstreguliertes Lernen ermöglichen, indem der Lernende eine aktive Rolle übernimmt (KÖHLER et al., 2008; AUMÜLLER et al., 2018). Dabei werden verschiedene Interaktionsformen des Lernenden mit dem Medium unterschieden, wie z.B. die Auswahl des Lehrinhaltes und der Reihenfolge, in welcher der Lehrstoff bearbeitet wird. Mit interaktiven Lehrmedien kann sowohl die Lerngeschwindigkeit an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden als auch die Lernorte und die Lernzeiten, was den Lernprozess insgesamt flexibler macht. Sie bieten einen leichten Zugang und können andere Lehrmethoden unterstützen, was alles in allem das Lernpotenzial steigert und motiviert (BLÖMEKE, 2003; RUF et al., 2008; KUNDE, 2016; BENDER, 2017; AUMÜLLER et al., 2018).

### **2.2.4. Adaptivität**

Im Zusammenhang mit interaktiven Lehr- und Lernsystemen fordern Niegemann und Heidig weiterhin ein Mindestmaß an Adaptivität. Darin wird die Möglichkeit gesehen, dass sich eine Lernumgebung „an veränderte Bedingungen, d.h. insbesondere die individuell unterschiedlichen Lernvoraussetzungen bzw. Lernfortschritte Lernender“ anpassen kann oder an diese anpassen lässt (NIEGEMANN & HEIDIG, 2019). Als mögliche Variablen, welche eine Adaptivität erfordern, werden unter anderem das Vorwissen und die Sprache bzw. das Sprachniveau Lernender genannt. Außerdem erscheint diese im

Zusammenhang mit dem Lerntempo des Lernenden, also der benötigten Lernzeit insgesamt als zweckmäßig. Aber auch motivationale Lernvoraussetzungen der Lernenden werden in diesem Zusammenhang genannt, sowie mögliche kulturelle Unterschiede oder spezielle Beeinträchtigungen Lernender. Die Adaptivität kann sich dabei als Anpassungsmöglichkeit einzelner oder gleich mehrerer dieser Variablen gestalten, indem sich beispielsweise der Instruktionsumfang oder die Aufgabenschwierigkeit verändern (NIEGEMANN & HEIDIG, 2019). Zudem kann zwischen aktiver und passiver Adaptivität des Mediensystems unterschieden werden, je nachdem ob diese beispielsweise durch direkte Nutzerabfragen erfolgt, oder im Hintergrund des Systems ohne die Kenntnis des Nutzers abläuft (DÖRING & INGERL, 2008). Das Potenzial adaptiver Lerntechnologien wird darin gesehen, dass damit vor allem leistungsschwächere Studierende durch die ermöglichte aktivere Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff gefördert werden können, was wiederum insgesamt den Studienerfolg verbessern kann (HORZ & SCHULZEVORBERG, 2017).

### **2.2.5. Didaktische Gestaltung von digitalen Lehrmedien**

Bei der Frage nach der Wirkung von Gestaltungsmerkmalen neuer Medien kam man zu dem Ergebnis, dass zum einen „die Form der Codierung der Lerninhalte [...] Einfluss auf die Lernwirksamkeit“ hat (BLÖMEKE, 2003). Hier wird mit Bezug auf die Theorie der Doppelkodierung von Paivio (PAIVIO, 1990) ein Vorteil in der Verwendung von Text und Bild in Kombination gesehen. Somit können sich die beiden Kodierungsformen als Informationsquellen komplementieren, um Wissen zu vermitteln, wodurch dieses vom Lernenden besser gemerkt wird und leichter abrufbar ist (BLÖMEKE, 2003; KUNDE, 2016). Weiterhin wird auf die kognitive Theorie multimedialen Lernens (MORENO & MAYER, 1999) verwiesen, welche in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit hervorhebt, dass „Text und Bild räumlich gemeinsam dargeboten werden“ (BLÖMEKE, 2003).

Auch das Ansprechen verschiedener Sinnesmodalitäten durch Multimedialität und eine mittels Interaktion individuell wählbare Reihenfolge der Lehrinhalte durch den Lernenden können sich positiv auf die Lernwirksamkeit eines Mediums auswirken (BLÖMEKE, 2003; BENDER, 2017; AUMÜLLER et al., 2018).

Außerdem hängt die Lernwirksamkeit von der Textgliederung in einem Lehr- oder Lernmedium ab (BLÖMEKE, 2003). Der didaktischen Medienkonzeption kommt

damit eine wichtige Rolle bei der Qualitätssicherung mediengestützten Lernens zu (KERRES, 2008). Im Folgenden sollen deshalb konkrete Anforderungen an diese und weitere Gestaltungsmerkmale besprochen werden.

#### **2.2.5.1. Gestaltgesetze für das Layout**

Die Gestaltpsychologie beschäftigt sich mit den Gestaltgesetzen, mit welchen Einfluss auf die menschliche Wahrnehmung genommen werden kann. Mit Hilfe dieser kann bei Lehrmedien bewusst die Aufmerksamkeit der Lernenden gelenkt werden, indem beispielsweise eine Gliederung in klar abgegrenzte Bereiche vorgenommen wird. Auch eine eindeutige Differenzierung des Inhaltes von dem Hintergrund vereinfacht die Wahrnehmung und sollte bei der Erstellung von Lehrmedien beachtet werden. Ebenso spielt die Symmetrie eine wichtige Rolle, da sie ansprechend auf den Betrachter wirkt, aber insbesondere ein unausgeglichenes Layout negative Auswirkungen hat (AUMÜLLER et al., 2018). Die Gesetze der Nähe und Ähnlichkeit helfen Zusammenhänge in einer Lernsoftware darzustellen, indem Dinge nah beisammen und ähnlich dargestellt werden (SCHNOTZ & HORZ, 2011; AUMÜLLER et al., 2018). Außerdem können mit den Gesetzen der Geschlossenheit und Verbundenheit optische Einheiten gebildet werden, welche sich zudem von anderen Objekten abgrenzen lassen. Durch die Verwendung vertrauter Gestalten, kann zudem die Bedeutung von Objekten leichter erkannt werden (AUMÜLLER et al., 2018). Für eine gute Gestalt gilt es noch das Gesetz der Prägnanz, sowie das Gesetz der Einfachheit zu beachten. Layouts für Lehrmedien sollten allgemein prägnant und einfach gehalten werden, um lernförderlich zu sein. Die Studierenden sollten nicht durch ein üppiges oder komplexes Design vom Lerninhalt abgelenkt werden (BLÖMEKE, 2003; MAYER, 2008; AUMÜLLER et al., 2018).

#### **2.2.5.2. Textlayout und -gliederung**

Auch das Textlayout hat für Lehrmedien eine große Bedeutung und es sollten entsprechend gewisse Rahmenbedingungen eingehalten werden. Wichtig ist zunächst, dass die Texte im gesamten Lehrmedium gleich strukturiert und gestaltet werden. Ein ständiger Wechsel zwischen Schriftarten und -größen, oder dem farblichen Design sollte dagegen vermieden werden. Um das Lesen des Textes angenehm zu machen, sollten für den Hintergrund möglichst gedämpfte Farben und kein reines Weiß verwendet werden (AUMÜLLER et al., 2018). Außerdem sollte

beim Textlayout besonders auf eine geeignete Zeilenlänge geachtet werden, welche nicht zu lang sein darf (SPERL et al., 2012). Die Informationen im Text können durch Blöcke untergliedert werden, welchen aussagekräftige Überschriften vorangehen. Auch innerhalb der Blöcke sollten die Texte durch Absätze aufgelockert werden, welche jeweils maximal sechs bis sieben Sätze enthalten. Insgesamt sollten die Texte für ein Lehrmedium, aber vor allem „kurz und prägnant sein“ (AUMÜLLER et al., 2018). Zu umfangreiche Texte auf einer Seite sollten dagegen vermieden werden (SPERL et al., 2012).

### **2.2.5.3. Menüführung**

Interaktive Lehrmedien zeichnen sich durch die Möglichkeit aus, „die Inhalte nicht linear, nacheinander zu erarbeiten sondern sie in gewünschter Reihenfolge aufzurufen“ (AUMÜLLER et al., 2018). Dabei spielt die Navigation eine wichtige Rolle, welche dem Nutzer eine Inhaltsübersicht offeriert und die Orientierung in der Lernsoftware ermöglicht. Die Inhalte können dafür in Kategorien und unterschiedlichen Hierarchien angeordnet werden. Hierbei ist eine erwartungskonforme Einteilung und sinnvolle Zusammenfassung der Links in Gruppen, sowie die klare Abgrenzbarkeit unter den Kategorien entscheidend. Zudem werden maximal zehn Kategorien und eine Untergliederung in maximal fünf Ebenen empfohlen (AUMÜLLER et al., 2018).

Die Navigation sollte möglichst von allen Kategorien aus zugänglich sein, um das individuelle Nutzungsverhalten nicht einzuschränken. Auch die Bezeichnung der einzelnen Kategorien und Hyperlinks muss prägnant sein und sollte dem Nutzer Informationen zu den Zielseiten der Links bieten. Um eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Seiten und eine entsprechende Orientierung des Nutzers zu gewährleisten, sollte jeder Seite eine aussagekräftige Überschrift hinzugefügt werden. Außerdem sollten bereits aufgerufene Seitenverweise anderweitig farblich markiert werden, was wiederum die Orientierung des Nutzers vereinfacht. Um ein modernes Lehrmedium zu gewährleisten, sollte die Navigation anpassungsfähig und damit beispielsweise auf verschiedenen Endgeräten nutzbar sein. Zudem können alternative Navigationsmöglichkeiten einen zusätzlichen Nutzen bieten (AUMÜLLER et al., 2018).

### **2.2.5.4. Formen der Interaktivität**

Auch für den Einsatz von Interaktivität gibt es Rahmenbedingungen, die einen

vorteilhaften Nutzen sicherstellen sollen. Interaktivität durch flexibles Aufrufen der gespeicherten Daten bietet in Lehrmedien bereits Vorteile gegenüber einer starr vorgegebenen Reihenfolge von Lernsequenzen. Außerdem kann computergestützte Interaktivität „in Form von Übungen, Lernspielen, Simulationen und Tests eine sinnvolle Ergänzung von virtuellen Lernumgebungen darstellen“ (AUMÜLLER et al., 2018). Wichtig bei der Gestaltung solcher Möglichkeiten ist die Sicherstellung einer eigenständigen Nutzung durch die Lernenden. Die Gestaltung muss eindeutig sein und bei Nutzung muss eine klar ersichtliche Rückmeldung für den Nutzer folgen. Dadurch können z.B. „aktive Interaktionselemente wie Mouse-Over oder Roll-Over Effekte, wie die Verfärbung von Elementen, wenn sich der Mauszeiger über einem Punkt befindet“ dem Nutzer eine bessere Orientierung bieten (AUMÜLLER et al., 2018). Für die Nutzung von Tests im Rahmen eines interaktiven Lehrmediums ist ein computervermitteltes Feedback eine wichtige Voraussetzung. Ohne dieses stellen Tests keinen Mehrwert dar, da der Nutzer nicht wirklich in der Lage ist, seinen Lernerfolg zu kontrollieren.

#### **2.2.5.5. Einsatz von Bildmaterial**

Eine große didaktische Bedeutung hat der Einsatz von Bildern und Grafiken im Rahmen von Lern- von Lehrmedien. Damit lassen sich komplexe Sachverhalte vereinfachen oder verdeutlichen und Zusammenhänge aufzeigen, wofür zudem die verschiedensten Formen von Bildern und Grafiken verwendet werden können (SPERL et al., 2012; KUNDE, 2016; AUMÜLLER et al., 2018).

Doch auch bei der Gestaltung oder Verwendung von Bildmaterial gibt es einiges zu beachten. Wichtig bei der Erstellung von Informationsgrafiken ist eine unmissverständliche Darstellung der Thematik ohne dabei z.B. wichtige Informationen wegfällen zu lassen (AUMÜLLER et al., 2018). Als „ornamentale Grafiken“ werden zudem Grafiken beschrieben, welche weder bedeutungstragend sind, noch Inhalt hinzufügen. Sie haben dagegen Einfluss auf das Erscheinungsbild einer Website und können z.B. in Form eines Hintergrundbildes die Stimmung beeinflussen. Für sie sollte eine zurückhaltende Gestaltung gewählt werden, denn hier können z.B. bunte Farben vom Inhalt ablenken und sich damit nachteilig auswirken (SPERL et al., 2012).

Interaktive Grafiken können vorteilhaft sein, da sich Lernende mit diesen intensiver beschäftigen. Eine wichtige Bedingung für ihren Einsatz ist jedoch, dass sie dem

Lernenden zusätzliche Informationen liefern können (AUMÜLLER et al., 2018). Nachteilige Effekte wie eine kognitive Überforderung des Nutzers durch zu viele Interaktionsmöglichkeiten oder eine unzureichende Kenntlichmachung dieser Funktionen gilt es zu vermeiden. Ebenfalls gilt es hier den beträchtlichen Mehraufwand für ihre Erstellung zu bedenken (AUMÜLLER et al., 2018).

Auch Bilder ohne Interaktionsmöglichkeiten sollten eindeutige Informationen vermitteln. Dafür ist eine Kombination der Bilder mit einer deutlichen Kommunikation essentiell. Diese sollte in Form von prägnanten Erläuterungen in Bilduntertiteln und bestenfalls auch dem zugehörigen Textabschnitt erfolgen, während Erläuterungen innerhalb des Bildes eher zu vermeiden sind (AUMÜLLER et al., 2018). Gegebenenfalls kann eine Beschriftung von Bildern notwendig sein, dabei sollte jedoch auf eine sinnvolle Positionierung von Text und Hilfsmitteln, wie Linien und Pfeilen, geachtet werden. Grundsätzlich sollte auch hier bei einem Einsatz immer ein Mehrwert für den Nutzer gegeben sein, ansonsten können sich diese auch nachteilig auswirken, indem sie z.B. den Nutzer ablenken (AUMÜLLER et al., 2018).

Videos und Animationen können in einem Lernkontext einen wichtigen Beitrag zum Verständnis dynamischer Zusammenhänge liefern und helfen, wenn etwas schwer in Worten zu beschreiben ist. Eine wichtige Bedingung für ihren Einsatz ist auch hier, dass sie dem Lernenden zusätzliche Informationen liefern können (SPERL et al., 2012; AUMÜLLER et al., 2018). Bei der Einbindung sind immer Elemente zur Benutzersteuerung hinzuzufügen, mit welchen der Nutzer die Sequenz starten, sowie pausieren und stoppen kann. Auch ein erneutes Abspielen kann dem Nutzer z.B. bei Verständnisschwierigkeiten aufgrund der vorgegebenen Geschwindigkeit helfen. Dagegen sollten automatisch abspielende Videos in Lernkontexten vermieden werden, da diese zur Ablenkung des Nutzers führen können. Zudem stellen ornamentale Animationen oder Videos, welche weder eine textergänzende noch eine textersetzende Funktion erfüllen, lediglich eine Ablenkung vom Inhalt dar und sollten vermieden werden (SPERL et al., 2012).

#### **2.2.5.6. Textformulierung**

Texte für Lehr- und Lernmedien sollten vor allem verständlich und leicht lesbar verfasst werden. Zudem sollten sie an die Sprache des vorgesehenen Lesers angepasst werden und dabei sachlich bleiben (SCHNOTZ & HORZ, 2011;

AUMÜLLER et al., 2018). Bei der Verwendung von Fachwörtern muss abgewogen werden, ob diese dem Leser bekannt sind. Andernfalls sind diese nach Möglichkeit zu erklären, um den Lesefluss nicht durch ein gesondertes Nachschlagen zu unterbrechen. Zu lange oder verzweigte Sätze gilt es zu vermeiden, da diese für den Leser ermüdend sein können. Als Richtwert gilt eine Satzlänge von neun bis dreizehn Wörtern als optimal (AUMÜLLER et al., 2018). Auch die Texte an sich sollten möglichst kurz gehalten und in sinnvolle Abschnitte aufgeteilt werden, um die Strukturierung des Inhalts zu verdeutlichen (SCHNOTZ & HORZ, 2011; SPERL et al., 2012; AUMÜLLER et al., 2018). Dies gilt es zu beachten, da das Lesen am Bildschirm generell ermüdender ist, weil die Texte langsamer gelesen werden (SCHNOTZ & HORZ, 2011; SPERL et al., 2012). Gegebenenfalls können zusätzliche Unterüberschriften eine Orientierung in längeren Textabschnitten erleichtern. Bedeutende Textpassagen können zudem durch eine besondere Gestaltung hervorgehoben werden. Zusätzlich hilft eine kurze Wiederholung der wichtigsten Aussagen am Textende, um diese zu verdeutlichen (AUMÜLLER et al., 2018).

#### **2.2.5.7. Typografie**

Für eine gute Lesbarkeit von digitalen Texten wird eine serifenlose Schrift empfohlen. Außerdem sollte in einem Text nur eine Schriftart verwendet werden, für die Überschrift kann jedoch die Verwendung einer weiteren Schriftart vorteilhaft sein. Für Fließtexte gilt es grundsätzlich den regulären Schriftschnitt zu verwenden, eine Betonung einzelner Wörter durch andere Schriftschnitte ist aber vertretbar. Für digitale Texte ist dabei jedoch der Schriftschnitt Fett dem kursiven Schriftschnitt vorzuziehen. Auch die verwendete Schriftgröße hat einen großen Einfluss auf die Lesbarkeit und ist für Texte auf Bildschirmen größer zu wählen, als für solche in gedruckten Medien. Für die Ausgabe der Schriftgröße wird zwischen absoluten Einheiten wie Pixel und Punkt, sowie relativen Einheiten wie Prozent und der Maßeinheit em unterschieden. Letztere sind skalierbar und ermöglichen eine Anpassung der Schriftgröße in Relation zur Größe des Browserfensters (AUMÜLLER et al., 2018). Weiterhin muss auf einen geeigneten Zeilenabstand geachtet werden, welcher weder zu eng, noch zu weit sein sollte (SPERL et al., 2012).

### **3. Ergonomie**

#### **3.1. Definition der Ergonomie und Softwareergonomie**

Die „Ergonomie“ stellt die „Wissenschaft von den Leistungsmöglichkeiten und -grenzen des arbeitenden Menschen sowie von der optimalen wechselseitigen Anpassung zwischen dem Menschen und seinen Arbeitsbedingungen“ dar (DUDENREDAKTION, o. J.-d).

Die „Softwareergonomie“ oder „Software-Ergonomie“ bezieht sich dabei speziell auf die „benutzerfreundliche Ausrichtung“ von Software (DUDENREDAKTION, o. J.-a). Diese wird heutzutage auch häufig mit dem englischen Begriff „Usability“, beziehungsweise deutschen Begriffen wie „Gebrauchstauglichkeit“ oder „Benutzerfreundlichkeit“ adressiert. Ziel ist dabei „die Anpassung einer Software an die (psychischen und physischen) Eigenschaften, Kenntnisse, Gewohnheiten des Benutzers“, um diese produktiv nutzen zu können (SCHNEIDER, o. J.-c). Dazu zählt das effektive, effiziente und zufriedenstellende Erreichen von Zielen in einem gewissen Nutzungskontext. Dieser spielt damit auch eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von gebrauchstauglicher Software (SCHNEIDER, o. J.-a).

Die anzupassende Komponente ist die „Benutzungsschnittstelle“ der Software, auch „User Interface“ oder „Benutzungsoberfläche“ genannt. Über diese kann der Benutzer mit der Software interagieren, wofür beispielsweise ein Eingabemedium wie eine Computermaus verwendet wird, um „auf einem Bildschirm angezeigte Elemente“ zu bedienen (SCHNEIDER, o. J.-c).

Wird die Softwareergonomie bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen vernachlässigt, kann sich das nachteilig auf den Benutzer auswirken. Beispielsweise kann eine Suche nach Informationen aufgrund einer ungünstigen Gestaltung die Augen des Nutzers unnötig belasten und einen erhöhten Konzentrationsbedarf verursachen. Auch wenn verwendete Begriffe und Abkürzungen nicht verständlich sind, kann der Nutzer die Software nicht produktiv nutzen. Stattdessen verliert er Zeit und muss Gedächtnisleistung aufwenden, um die Bedeutung selbst aufzudecken. Den gleichen nachteiligen Effekt kann ein übermäßiger Gebrauch von unnötigen Symbolen oder Icons verursachen. Eine für den Benutzer nicht erwartungskonforme Funktionsweise des Systems oder Bedienung von Elementen kann zudem zu unverschuldeten Fehlern führen und Zeit kosten (SCHNEIDER, o. J.-c).

Aus den oben genannten Beispielen wird ersichtlich, weshalb die Softwareergonomie als verbindliche Mindestanforderung für digitale Medien zu verstehen ist, insbesondere wenn diese zur Erledigung von Arbeitsaufgaben verwendet werden sollen (SCHNEIDER, o. J.-c). Dabei können sich softwareergonomische Anforderungen mit den Anforderungen für eine didaktische Gestaltung von digitalen Lehrmedien überschneiden. Auf eine gesonderte Aufführung sollte jedoch trotzdem nicht verzichtet werden, da beide bei der Erstellung beachtet werden müssen.

### **3.2. Softwareergonomische Anforderungen an digitale Medien**

#### **3.2.1. Darstellung der Software auf Bildschirmen**

Bei der Erstellung einer Software muss ihre spätere Darstellung auf verschiedenen Bildschirmen, welche sich sowohl in der Größe als auch der Auflösung unterscheiden, beachtet werden. Im Optimalfall wird daher ein responsives Design genutzt, um eine automatische Anpassung der Informationsdarstellung an den jeweiligen Bildschirm zu gewährleisten. Dafür sollten die Darstellungen skalierbar und damit vektorbasiert programmiert werden, indem beispielsweise Vektorgrafiken und für die Schriftgröße relative Maßeinheiten, wie z.B. Prozentangaben, verwendet werden. Eine pixelorientierte Darstellung, welche nicht skalierbar ist, gilt es zu vermeiden (DGUV, 2021). Dies betrifft wiederum die Darstellung von Bildern als auch von Schrift, welche dementsprechend nicht in absoluten Maßeinheiten, wie z.B. Pixel, festgelegt werden sollte. Diese können sich nicht anpassen und bei Verwendung einer pixelorientiert programmierten Software auf modernen, breiten Bildschirmen kommt es zu einer verkleinerten Darstellung und schlechteren Leserlichkeit (DGUV, 2021).

#### **3.2.2. Gestaltungsgrundsätze für die Benutzungsoberfläche**

Für eine ideale Gestaltung von Informationen und Elementen für die Benutzungsoberfläche sollten ein paar Gestaltungsgrundsätze beachtet werden. Beispielsweise ist eine gute Sichtbarkeit von diesen essentiell, sodass sie vom Nutzer leicht und gut zu entdecken sind. Eine zu unauffällige Gestaltung oder Positionierung sollte vermieden werden, um eine „Entdeckbarkeit“ nicht zu erschweren. Ebenso sollte eine „Ablenkungsfreiheit“ von anderen wichtigen Elementen und Informationen gewährleistet sein (DGUV, 2021). Hinweise auf eine Kontaktseite können beispielsweise für manche Nutzer interessant sein, sollten aber

keinesfalls vom Inhalt einer Website ablenken.

Außerdem sollte eine klare „Unterscheidbarkeit“ von verschiedenen Elementen und Informationen gegeben sein. Dies kann sowohl durch eine bestimmte Gliederung in gut abgrenzbare Bereiche geschehen, was z.B. bei der Einteilung einer Website in Navigations- und Inhaltsbereiche wichtig ist (RUDLOF, 2006). Außerdem kann dies durch eine unterschiedliche Gestaltung beispielsweise von Farben oder Größen erreicht werden (DGUV, 2021). So können z.B. Bildunterschriften mit einer geringeren Schriftgröße dargestellt werden, um sie vom restlichen Text unterscheidbar zu machen.

Weiterhin sollte eine „Eindeutige Interpretierbarkeit“ gegeben sein, was ein gutes Verständnis durch den Nutzer voraussetzt. Dies gilt es insbesondere bei der Formulierung der Texte zu beachten, aber auch Navigationselemente sollten unmissverständlich gestaltet werden. Der Gestaltungsgrundsatz der „Kompaktheit“ spielt auch in der Softwareergonomie eine Rolle, weshalb eine Beschränkung auf notwendige und wichtige Informationen berücksichtigt werden sollte (DGUV, 2021). Zuletzt gilt es eine „Interne und externe Konsistenz“ einzuhalten, indem eine gleichbleibende Gestaltung zunächst innerhalb der Software verwendet wird. Diese sollte zudem allgemeinen Gestaltungsgrundsätzen für ähnliche Softwareanwendungen entsprechen, um den Benutzer nicht zu verwirren (DGUV, 2021). Als Beispiel kann hier die Gestaltung von Links in Websites genannt werden, welche häufig durch eine andere Schriftfarbe und oder Textunterstreichung vom restlichen Text hervorgehoben werden.

### **3.2.2.1. Gestaltung und Aufteilung der Bildschirmmaske**

Idealerweise wird der Anzeigebereich von der Bildschirmmaske so ausgenutzt, dass unnötiger Navigationsaufwand beispielsweise durch Scrollen auf einer Webseite vermieden werden kann. Außerdem sollte durch die Bildschirmmaske genügend Platz für eine geeignet große Schriftgröße gegeben sein (DGUV, 2021). Wurde beim Programmieren eine skalierbare Darstellung durch ein responsives Design gewählt, kann sich die Maske auch an die Gegebenheiten des Bildschirms anpassen.

Für die Platzierung von Informationen und Elementen in der Bildschirmmaske sollte auf eine konsistente Positionierung in den Maskenbereichen geachtet werden. Auch die Anordnung der Maskenbereiche selbst sollte gleichbleiben, um die Orientierung zu vereinfachen. Weiterhin sollten die Maskenbereiche und enthaltene

Elemente auf allen Seiten gleich hoch dargestellt werden. Auch die Abstände zwischen den Maskenbereichen untereinander, sowie zwischen diesen und den Elementen sollten gleichbleiben. Zudem sollte bei der Gestaltung auf eine minimale Anzahl von Fluchtlinien geachtet werden (DGUV, 2021) und die Anordnung von Elementen und Informationen anhand von horizontalen und vertikalen Hilfslinien umgesetzt werden (RUDLOF, 2006). Werden bei der Programmierung solche Vorgaben und die zuvor vorgestellten Gestaltungsregeln befolgt, kann der Nutzer Informationen in der Bildschirmmaske sogleich gut erkennen und sich leicht orientieren (DGUV, 2021).

Bei der Aufteilung der Bildschirmmaske in Maskenbereiche sollten Navigations- und Inhaltsbereiche unterschieden werden (ANTONOVA, o. J.). Auch bei der Positionierung dieser Bereiche gilt es den Gestaltungseinfluss auf die Informationsvermittlung zu beachten. Aufgrund der Lese- und Schreibrichtung richtet sich die Aufmerksamkeit zunächst auf die linke obere Ecke einer Seite (RUDLOF, 2006). Der gewohnte Weg des Blickes wandert beim Lesen entsprechend weiter von links oben nach rechts unten (ALBRECHT et al., 2003). Gleich verhält es sich beim Betrachten einer Bildschirmmaske, weshalb die Navigation in Websites gewöhnlich horizontal entlang des oberen Maskenrandes gestaltet wird oder am linken Maskenrand vertikal positioniert wird (ANTONOVA, o. J.).

Die Gestaltgesetze sollten nicht nur aus didaktischen Gründen Anwendung finden, sondern gilt es auch für eine softwareergonomische Darstellung der Benutzungsoberfläche zu beachten. So kann das Gesetz der Nähe Anwendung finden, indem beispielsweise Beschriftungen zu einem Bild auch in dessen Nähe positioniert werden, um die Wahrnehmung der Zusammengehörigkeit zu verdeutlichen (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021). Diese kann ebenso durch das Gesetz der Ähnlichkeit hervorgerufen werden, was aus softwareergonomischer Sicht aber auch problematisch sein kann. Wird z.B. bei der Gestaltung der Bildschirmmaske eine konsistente Darstellung verschiedener Bereiche befolgt, sollte eine visuelle Trennung ähnlicher Elemente, welche sich jedoch in ihrer Funktion unterscheiden, beachtet werden. Außerdem sollte auch aus softwareergonomischen Gründen das Gesetz der Geschlossenheit Anwendung finden. Um eine Gruppierung von Informationen wahrzunehmen und deren Auffinden zu erleichtern, sollten diese auch innerhalb eines Maskenbereichs durch

eine geschlossene Gestaltung z.B. mittels Umrahmungen dargestellt werden (DGUV, 2021).

### **3.2.2.2. (Steuer-)Elemente in Benutzungsoberflächen**

Für die Bedienung einer Software können verschiedene Elemente verwendet werden. Diese müssen entsprechend der zu erfüllenden Aufgabe und der wiederzugebenden Informationen selektiert werden, um eine effiziente und ergonomische Bedienung zu fördern (DGUV, 2021).

Beispielsweise werden für eine Darstellung vieler Auswahlmöglichkeiten ausklappbare Listen als zu verwendendes Element empfohlen. Allerdings sollte bei der Gestaltung eine geeignete Listenlänge gewährleistet werden, um zusätzlichen Navigationsaufwand durch Scrollen zu vermeiden. Zudem wird mit einer gleichzeitigen Darstellung aller Einträge die Informationssuche unterstützt. Zusätzlich sollte die Darstellung eine Statusunterscheidung ermöglichen, indem beispielsweise Farben oder Umrahmungen eingesetzt werden. Damit sind Einträge in einer Liste zu kennzeichnen, über welchen sich der Mauszeiger gerade befindet, ebenso wie solche, die derzeit ausgewählt sind. Ersteres wird auch als Mouseover-Effekt bezeichnet und beides soll den Nutzer bei der Orientierung unterstützen. Insbesondere bei Arbeiten, welche eine intensive Nutzung der Tastatur erfordern wie z.B. Dateneingaben, wird zudem ein mögliches Ansteuern und Auswählen von Elementen mit der Tastatur gefordert (DGUV, 2021).

### **3.2.2.3. Navigationsgestaltung**

Eine softwareergonomische Gestaltung der Navigation oder Menüleiste ist essentiell für die Orientierung, weshalb diese beispielsweise Zugriff auf sämtliche Links einer Website ermöglichen sollte (SCHNEIDER, o. J.-b). Eine Menüleiste sollte zudem selbsterklärend und ihre Strukturierung erwartungskornform sein (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; SCHNEIDER, o. J.-b). Außerdem ist die Erkennbarkeit der Navigation als Steuerungselement essentiell (RUDLOF, 2006), ebenso wie eine konsistente Gestaltung und Positionierung auf allen Webseiten (ANTONOVA, o. J.).

Die Navigation kann auf verschiedene Weisen aufgebaut sein, z.B. als horizontale Menüleiste mit weiteren ausklappbaren Menüs, welche eine hierarchische Struktur haben (SCHNEIDER, o. J.-b). Eine solche hierarchische Strukturierung mit verschiedenen Menüebenen wird als Baumstruktur bezeichnet und eignet sich für

komplexe Inhalte (ALBRECHT et al., 2003). Das Ausklappen kann sowohl durch das Überfahren der Menüleiste mit der Maus, als auch durch Anklicken realisiert werden. Ebenso kann auch ein vertikales Menü auf diese Weise aufgebaut sein, aber auch Sitemap-Menüs sind möglich, welche alle enthaltenen Links direkt anzeigen (SCHNEIDER, o. J.-b). Bei einer großen Menge von Listeneinträgen oder einem Platzmangel in der Maske, welcher die dauerhafte Darstellung verhindert, wird die Verwendung von Dropdownlisten empfohlen (RUDLOF, 2006).

Für Navigationsleisten gelten fünf bis sieben Menüpunkte als optimal, um für den Nutzer überschaubar zu wirken. Darin kann z.B. der Link zu einer Startseite enthalten sein, welcher von jeder Webseite aus zugänglich sein sollte (ANTONOVA, o. J.). Wichtig für eine softwareergonomische Umsetzung der Navigation ist weiterhin eine Beschränkung auf maximal drei verschiedene Menüebenen. Hyperlinks, welche nicht in dieser Navigation enthalten sind, sollten darüber hinaus sparsam verwendet werden (SCHNEIDER, o. J.-b).

Menüpunkte sollten möglichst kurze und dennoch aussagekräftige Namen erhalten, welche zudem für den Nutzer eindeutig verständlich sind (ANTONOVA, o. J.). Die Gestaltung der Navigation sollte außerdem deutlich machen, wo sich der Nutzer gerade befindet, um seine Orientierung zu erleichtern (ALBRECHT et al., 2003; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b). Außerdem sollten maximal drei bis vier Klicks nötig sein, um jede beliebige Seite der Website aufrufen zu können (ANTONOVA, o. J.).

#### **3.2.2.4. Textgestaltung**

Aus softwareergonomischer Sicht geht es bei der Textgestaltung um die Formulierung verständlicher Informationen und Texte. Dabei sollte sich auch hier am Wortschatz der vorgesehenen Nutzer orientiert werden und unverständliche Abkürzungen oder unerklärte Fachwörter vermieden werden (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; DGUV, 2021). Grundsätzlich sind Texte so kurz wie möglich zu halten (ALBRECHT et al., 2003; ANTONOVA, o. J.), allerdings können bei gegebener Möglichkeit zu einer beliebig häufigen Betrachtung ergänzende Erläuterungen das Verständnis verbessern (ALBRECHT et al., 2003). Wichtig ist immer eine sinnvolle Unterteilung in geeignete Absätze (ANTONOVA, o. J.). Informationen sollten aber vor allem objektiv vermittelt werden und keinesfalls dürfen den Nutzer diskreditierende Formulierungen in einer Software

enthalten sein (DGUV, 2021). Ebenso sollte eine belehrend klingende Wortwahl vermieden werden (RUDLOF, 2006).

Um eine gute Leserlichkeit der Texte sicherzustellen, sollten eine Positivdarstellung gewählt (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b) und bunte Kontraste möglichst vermieden werden (HOLL, 2007). Die Positivdarstellung zeichnet sich durch eine dunkle Schrift auf hellem Hintergrund aus, wobei auch ein geeigneter Kontrast zwischen diesen nötig ist. Bei dem Kontrast gilt es einen Verhältniswert von 4,5:1 für eine Software nicht zu unterschreiten (RUDLOF, 2006). Für viel gelesene Texte wird zudem ein Verhältnis von mindestens 7:1 empfohlen (DGUV, 2021), wobei der Maximalwert bei schwarzer Schrift auf weißem Hintergrund 21:1 beträgt. Jedoch auch ein maximaler Kontrast kann die Leserlichkeit negativ beeinflussen, da der weiße Hintergrund die dunkle Schrift teilweise überstrahlt (HOLL, 2007). Dagegen sollte eine inverse oder Negativdarstellung, welche sich durch eine helle Schrift auf dunklem Hintergrund auszeichnet, für Texte und Textabschnitte vermieden werden. Eine Ausnahme hiervon kann eine solche Darstellung zur Statusunterscheidung von gewählten Einträgen in Listen sein (DGUV, 2021).

Um die Aufmerksamkeit in Fließtexten auf einzelne Wörter zu lenken, können diese durch eine besondere Gestaltung hervorgehoben werden, welche jedoch sparsam einzusetzen sind (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021). Dafür eignen sich der Schriftschnitt Fett (ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b), andere Schrift- oder Hintergrundfarben, während Großschreibungen oder inverse Darstellungen zu vermeiden sind (DGUV, 2021). Letzteres ist für die Markierung einer Textauswahl vorbehalten, während unterstrichene Wörter grundsätzlich Links kennzeichnen sollten (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021; SCHNEIDER, o. J.-b). Der kursive Schriftschnitt ruft durch die schräge Darstellung auf dem Bildschirm einen sogenannten Treppeneffekt hervor, was insbesondere bei kleinen Schriftgrößen unerwünscht ist (DGUV, 2021). Er ist wegen der schlechteren Lesbarkeit ebenso wie die Großschreibung zu vermeiden (SCHNEIDER, o. J.-b).

Für Fließtexte wird zudem eine Begrenzung der Zeilenlänge (SCHNEIDER, o. J.-b) durch eine gewisse Anzahl von Buchstaben pro Zeile empfohlen, um eine gute Leserlichkeit zu erhalten. Diese sollte sich in einem Rahmen von 70 bis maximal 80 Zeichen bewegen (DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.). Auch die Wortlänge selbst ist wichtig, da der Lesefluss bei langen Wörtern gehemmt wird. Als

Richtwert gelten sieben bis zehn Zeichen pro Wort als normale Länge, welche für Texte empfohlen wird (ALBRECHT et al., 2003). Zudem kann durch eine Verwendung des Blocksatz, welcher eine einheitliche Breite des Textes vorgibt, ein ruhiges Erscheinungsbild erzeugt werden (ALBRECHT et al., 2003).

Weiterhin ist eine gute Textstrukturierung für eine verständliche Gestaltung von Informationen essentiell. Dabei können Gruppierungen von Texten und Listeneinträgen, das Lesen und Prüfen erleichtern (DGUV, 2021). Insgesamt kann durch eine gute Untergliederung die Lesbarkeit gefördert und beispielsweise ein Überfliegen der Informationen oder Querlesen ermöglicht werden (ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b).

### **3.2.2.5. Schriftgestaltung**

Die Schriftart kann die Leserlichkeit von Texten insbesondere auf Bildschirmen stark beeinflussen, weshalb grundsätzlich proportionale Schriften ohne Serifen empfohlen werden (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021). Diese gewährleisten, dass sich die Darstellung bei stufenweiser Vergrößerung oder Verkleinerung nicht verschlechtert. Diese hängt allerdings auch von der Auflösung des Bildschirms ab, wobei sie heutzutage in der Regel ausreichend hoch ist. Um eine Gewöhnung des Nutzers an ein Schriftbild zu ermöglichen, wird die ausschließliche Verwendung einer Schriftart innerhalb einer Software empfohlen. Dafür eignen sich z.B. insbesondere die Schriftarten „Verdana“ und „Tahoma“, weil diese zudem eine gute Unterscheidbarkeit ähnlicher Zeichen wie kleines „l“ und großes „I“ bieten (DGUV, 2021). Die Schriftart Verdana wurde zudem eigens für das Internet entwickelt und soll eine gute Lesbarkeit selbst kleiner Schriftgrößen am Bildschirm gewährleisten (ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b).

Zudem wird die Leserlichkeit stark von der Schriftgröße beeinflusst, welche jedoch nur für jede Anwendung und jeden Bildschirm einzeln zu prüfen ist. Es gilt vor allem, eine zu kleine Darstellung zu vermeiden, um die Leserlichkeit nicht zu beeinträchtigen (ALBRECHT et al., 2003; DGUV, 2021). Grundsätzlich sollte diese immer größer gewählt werden, als bei gedruckten Medien (RUDLOF, 2006). Die Schriftgröße sollte außerdem vom Nutzer entsprechend seiner speziellen Bedürfnisse anpassbar sein, indem sie sich z.B. mittels der Zoomfunktion des Browsers fehlerfrei skalieren lässt. Soll eine Software zusätzlich auch auf mobilen Endgeräten nutzbar sein, sollte die Schriftgröße auch hier eine ausreichend große

Darstellung ermöglichen, was sich in der Regel durch responsive Designs umsetzen lässt (DGUV, 2021). Eine gute Lesbarkeit wird zudem durch einen ausreichend großen Zeilenabstand gewährleistet, wodurch eine zu starke Verdichtung des Textes verhindert wird (SCHNEIDER, o. J.-b).

#### **3.2.2.6. Farbgestaltung**

Für eine softwareergonomische Gestaltung wird eine sparsame und konsistente Verwendung von Farben empfohlen (ALBRECHT et al., 2003; HOLL, 2007), welche insbesondere für eine Informationsgestaltung eine maximale Anzahl von sechs Farben nicht überschreiten sollte (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.). Die gewählten Farben müssen zudem erkennbar und gut unterscheidbar sein und sollten nicht die einzige Kodierungsform darstellen. Wichtig ist die Farbwahl vor allem für Text und Hintergrund, sowie z.B. zur Kennzeichnung von Links (DGUV, 2021).

Grundsätzlich sollten hauptsächlich softwareergonomische Kriterien für eine Farbgestaltung herangezogen werden, statt damit lediglich das Design beeinflussen zu wollen. Sie lässt sich beispielsweise gut zur Markierung und Hervorhebung einsetzen (ALBRECHT et al., 2003; HOLL, 2007).

Dabei gilt es insbesondere kritische Farbkombinationen, wie z.B. blau und rot, zu vermeiden (RUDLOF, 2006; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b). Diese können nicht zeitgleich scharf gesehen werden (HOLL, 2007), was an dem Tiefeneffekt durch ihre verschiedenen Wellenlängen liegt und die Lesbarkeit erschwert (DGUV, 2021). Durch ihre Zusammensetzung aus jeweils gleichen Anteilen von blauer, grüner und roter Farbe, sind auch graue Hintergründe eine Herausforderung für Farbkombinationen. Außerdem sollte eine mögliche Fehlsichtigkeit wie z.B. eine Rot-Grün-Schwäche für die Farbgestaltung von Softwareanwendungen Beachtung finden, um in dieser Hinsicht eine Barrierefreiheit zu erlangen (DGUV, 2021).

Ebenso sollten gewisse Farbkonventionen in westlichen Kulturkreisen befolgt werden, um den Nutzer mit der Verwendung von Farben die richtigen Signale zu senden (ALBRECHT et al., 2003; DGUV, 2021). So ist eine rote Farbgebung der Hervorhebung von Gefahr, Stopp und Verboten vorbehalten (HOLL, 2007; DGUV, 2021). Sie sollte jedoch für die Schrift selbst vermieden werden, stattdessen kann z.B. eine rote Umrahmung verwendet werden. Gelb signalisiert dem Nutzer, dass

Achtung bzw. Vorsicht geboten ist, während grün z.B. zur Symbolik von Sicherheit und Gefahrenlosigkeit, sowie zur Hervorhebung von Fluchtwegen genutzt wird (RUDLOF, 2006; HOLL, 2007; DGUV, 2021).

Um einer unnötigen Belastung der Augen vorzubeugen, sind gesättigte Farben grundsätzlich sparsam einzusetzen (HOLL, 2007; DGUV, 2021). Insbesondere bei großen Flächen, wie dem Hintergrund, werden stattdessen helle, ungesättigte Farben empfohlen (RUDLOF, 2006; ANTONOVA, o. J.), hier gilt z.B. hellgrau als ideal (HOLL, 2007).

### **3.2.2.7. Interaktionsgestaltung**

Für die Interaktionsgestaltung einer Software müssen sieben Gestaltungsgrundsätze befolgt werden, welche in der internationalen Norm DIN EN ISO 9241 zur Software-Ergonomie festgelegt wurden (DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V., 2020). Die formulierten Interaktionsprinzipien sind dabei „unabhängig von bestimmten Menütechniken [...] und unabhängig von der unterstützten Aufgabe“ (BRÄUTIGAM & SCHNEIDER, 2003).

Zunächst wird eine „Aufgabenangemessenheit“ gefordert, was durch eine Unterstützung der Benutzer bei der Erledigung ihrer Aufgaben zu erreichen ist. Dabei ist die aufgabenangemessene Anordnung, Strukturierung und Darstellung von Informationen essentiell, indem Masken entsprechend des Aufgabenablaufs strukturiert werden (BRÄUTIGAM & SCHNEIDER, 2003; DGUV, 2021).

Auch eine „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ der Software sollte gegeben sein, welche Benutzer über mögliche Funktionen des Systems und deren Gebrauch informiert. Wichtig ist eine Orientierung in der Programmstruktur, sodass Benutzer jederzeit wissen, wo sie sich befinden und was sie tun können. Ein Mangel an Selbstbeschreibungsfähigkeit in einer Software führt zu einer übermäßigen Beanspruchung der Benutzer und ist zu vermeiden (DGUV, 2021).

Die Erfüllung der „Erwartungskonformität“ für die Benutzungsoberfläche und Funktionen der Software, zeichnet sich durch ein im Zusammenhang mit allgemeinen Konventionen und dem Nutzungskontext absehbares Verhalten aus. Bestenfalls werden dafür zusätzlich die Gewohnheiten und Erfahrungen der Benutzer beachtet, um den erforderlichen Konzentrationsaufwand für diesen möglichst gering zu halten. Dazu zählen neben der erwartungskonformen Strukturierung und Darstellung von Informationen auch ihre konsistente

Anordnung innerhalb der Software. Darüber hinaus gilt es mit der externen Konsistenz Gestaltungskonventionen z.B. insbesondere für Menüleisten zu beachten, welche entsprechend links oder oberhalb der Informationsanzeige zu positionieren sind (DGUV, 2021).

Die „Erlernbarkeit“ einer Software lässt sich mit dem Verständnis ihrer Funktionsweise erklären und sollte möglichst einfach sein. Das lässt sich mit verständlichen und hilfreichen Erklärungen für die Benutzer erreichen, welche ihrer Sprache entsprechend formuliert werden sollten. Ist eine leichte Erlernbarkeit nicht gegeben, bedeutet dies zum einen mehr Zeitaufwand für die Benutzer und zum anderen lässt es deren Motivation abnehmen (DGUV, 2021).

Die Forderung nach „Steuerbarkeit“ einer Software wird durch die Interaktionskontrolle durch den Benutzer erfüllt, welche sich sowohl auf die Reihenfolge als auch die Geschwindigkeit der Interaktion bezieht. Beispielsweise sollte es möglich sein, eine Interaktion beliebig lange zu unterbrechen und an der gleichen Stelle in der Software wieder aufzunehmen. Ebenso sollte die Reihenfolge und Geschwindigkeit der Bearbeitung sowie das verwendete Eingabemittel (z.B. Maus oder Touchpad) frei wählbar sein. Außerdem muss die Software an individuelle Benutzerbedürfnisse anpassbar sein, wie z.B. die bevorzugte Schriftgröße, um eine umständlichere Arbeit mit höherem Aufwand für den Benutzer zu vermeiden (DGUV, 2021).

Mit der „Robustheit gegenüber Benutzungsfehlern“ sollte eine „Fehlervermeidung, Fehlertoleranz und Fehlerbehebung“ von der Software unterstützt werden (DGUV, 2021). Das bezieht sich auf fehlerhafte Eingaben durch den Benutzer, welche leicht erkennbar und flexibel oder automatisch korrigierbar sein sollten, um es dem Benutzer nicht zu erschweren mit Fehlersituationen umzugehen (DGUV, 2021).

Zuletzt sollte die Software eine „Benutzerbindung“ schaffen, indem sie auf den Benutzer einladend wirkt und die Informationen sowie Funktionen der Software die Motivation des Benutzers fördern. Eine Ermutigung zur dauerhaften Nutzung kann durch „bestätigende und positiv formulierte Meldungen“, ebenso wie „durch Vertrauen in die Nutzung eines Systems gefördert“ werden (DGUV, 2021). Eine fehlende Benutzerbindung kann sich durch Ablehnung äußern und den Benutzer demotivieren, sowie zu einem höheren Arbeitsaufwand z.B. durch vermehrte Benutzungsfehler führen (DGUV, 2021).

## **4. Evaluation**

### **4.1. Definition der Evaluation**

Unter dem Begriff „Evaluation“ wird die „sach- und fachgerechte Bewertung“ von etwas verstanden (DUDENREDAKTION, o. J.-b). Sie besteht grundsätzlich aus dem Sammeln von Informationen und einer darauffolgenden Bewertung der Daten, worauf basierend Entscheidungen getroffen werden können. Wissenschaftliche Evaluationen zeichnen sich dabei „durch die konsequente und wissenschaftlich fundierte Anwendung empirischer Forschungsmethoden“ aus (STOCKMANN, 2004).

Als Orientierungsrahmen und zur Qualitätssicherung hat die Gesellschaft für Evaluation e.V. (DeGEval) ihre „Standards für Evaluation“ herausgebracht (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Danach zeichnet sich Evaluation durch ein „nachvollziehbares systematisches Vorgehen auf Basis von empirischen Daten“ bei der Untersuchung aus. Weiterhin ist „eine transparente, kriteriengeleitete Bewertung“ des Evaluationsgegenstands wichtig. Diese kann sowohl „vor dem Hintergrund eines bestimmten Verwendungskontexts“ stattfinden und damit den Nutzen untersuchen als auch „übergreifend vorgenommen“ werden, wodurch eine „Untersuchung der Güte“ des Evaluationsgegenstands resultiert. Zudem definiert sich Evaluation durch „ihre Anwendbarkeit auf unterschiedliche Gegenstände“, wie z.B. Projekte, Maßnahmen, Produkte etc. (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Wichtig sind dabei vier grundlegende Eigenschaften, die sogenannten „Standards“, welche Evaluationen aufweisen sollten (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

### **4.2. Standards für Evaluation**

#### **4.2.1. Nützlichkeit**

Für die Nützlichkeit einer Evaluation müssen vorab zunächst die Beteiligten und Betroffenen der Evaluation identifiziert werden, um „deren Interessen und Informationsbedürfnisse“ berücksichtigen zu können. Erst dann kann eine „Klärung der Evaluationszwecke“ erfolgen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Eine wichtige Rolle spielt zudem die fachliche und methodische „Kompetenz und

Glaubwürdigkeit des Evaluators/der Evaluatorin“, welche maßgeblich die Vertrauenswürdigkeit und Anerkennung der Evaluation und ihrer Ergebnisse beeinflusst (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Auch „Auswahl und Umfang der Informationen“ definieren die Nützlichkeit, indem sie im Idealfall eine „adäquate Beantwortung der zu untersuchenden Fragestellungen zum Evaluationsgegenstand ermöglichen“ (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Außerdem ist die „Transparenz von Werthaltungen“ der Beteiligten und Betroffenen essentiell, da diese sowohl die Evaluation, als auch die Auslegung der Ergebnisse beeinflussen. Eine transparente Dokumentation soll entsprechend einer besseren Einordnung der Ergebnisse dienen. In diesem Zusammenhang ist auch die „Vollständigkeit und Klarheit der Berichterstattung“ sehr wichtig, welche in Form verständlicher und nachvollziehbarer Evaluationsberichte erfolgen sollte (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Abschließend sind hier die „Rechtzeitigkeit“, sowie „Nutzung und Nutzen der Evaluation“ zu nennen. Nur wenn „ihre Ergebnisse in anstehende Entscheidungs-, Verbesserungs- oder sonstige Nutzungsprozesse einfließen können“, ist eine Evaluation wirklich nützlich. Die Motivation der Beteiligten und Betroffenen zu einer Teilnahme an der Evaluation und Verwendung der Ergebnisse, soll durch die „Planung, Durchführung und Berichterstattung“ gefördert werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

#### **4.2.2. Durchführbarkeit**

Für die Durchführbarkeit von Evaluationen sind „Angemessene Verfahren“ zu wählen, welche einerseits eine professionelle Evaluation ermöglichen, die die gestellten Erfordernisse erfüllt. Andererseits sollen diese einen angemessenen Aufwand im Verhältnis zum Nutzen sicherstellen, was auch in der Forderung nach „Effizienz von Evaluation“ wiederholt wird. Ein „Diplomatisches Vorgehen“ bei Planung und Durchführung soll zudem die Akzeptanz von Beteiligten und Betroffenen erhöhen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

#### **4.2.3. Fairness**

Um die Fairness einer Evaluation zu gewährleisten, sollen Rechte und Pflichten der

Beteiligten durch „Formale Vereinbarungen“ dokumentiert werden. Nur so kann ein „Schutz individueller Rechte“ ermöglicht werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Grundsätzlich sollten Evaluationen eine „Umfassende und faire Prüfung“ ermöglichen, welche sowohl die Schwächen, als auch die Stärken des Evaluationsgegenstandes aufdeckt. Dafür ist eine „Unparteiische Durchführung und Berichterstattung“, sowie die „Offenlegung von Ergebnissen und Berichten“ essentiell (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

#### **4.2.4. Genauigkeit**

Die Genauigkeit einer Evaluation beginnt mit der „Beschreibung des Evaluationsgegenstandes“, welche sowohl dessen Konzept als auch die Umsetzung bei der Dokumentation miteinbeziehen sollte. Zudem sollte eine umfassende „Kontextanalyse“ für den Evaluationsgegenstand Berücksichtigung bei der Auslegung der Ergebnisse finden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Bei der „Beschreibung von Zwecken und Vorgehen“, sowie der Fragestellung und angewandter Methoden der Evaluation, spielt die Genauigkeit der Dokumentation für die Nachvollziehbarkeit und Beurteilung eine große Rolle. Gleiches gilt für die „Angabe von Informationsquellen“, wodurch eine Einschätzung der Glaubwürdigkeit erst möglich wird. „Valide und reliable Informationen“ können nur durch das Heranziehen zuverlässiger Quellen und sinnvoller Erhebungsverfahren gewonnen werden. Nur so kann die fachliche Gültigkeit der Ergebnisse, bezogen auf die Maßstäbe der empirischen Forschung, garantiert werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Darüber hinaus muss eine „Systematische Fehlerprüfung“ der erhobenen Daten und Ergebnisse, sowie eine „Angemessene Analyse qualitativer und quantitativer Informationen“ zur Beantwortung der Fragestellungen erfolgen. „Begründete Bewertungen und Schlussfolgerungen“ müssen „auf expliziten Kriterien und Zielwerten basieren“ und sich auf die gewonnenen Informationen und Ergebnisse beziehen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Schlussendlich sollen eine geeignete Dokumentation und die Zugänglichkeit von Evaluationen eine „Meta-Evaluation“ dieser ermöglichen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

### **4.3. Evaluationszwecke und -funktionen**

Der Zweck einer Evaluation spielt eine wichtige Rolle für die „Auswahl der Methoden“ und muss entsprechend bedacht werden (KNÖDLER, 2019).

#### **4.3.1. Erkenntnisfunktion**

Evaluationen zum Zwecke des Erkenntnisgewinns dienen dem Sammeln von Daten zu Projektverlauf und -ergebnissen, welche als Entscheidungshilfen für die Projektsteuerung dienen. Sie sichern somit den Projekterfolg, indem sie gegebenenfalls gezielte Korrekturen ermöglichen (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002; DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Entsprechend kann also auch die Steuerung als Zweck einer solchen Evaluation gesehen werden (KNÖDLER, 2019). Im Rahmen dieser können beispielsweise die Bedürfnisse der Zielgruppe ermittelt werden und ob diese durch die Maßnahmen erreicht und das Projekt akzeptiert wird etc. (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002). Zusätzlich können aber auch konkretere Erkenntnisse zu einem Evaluationsgegenstand, wie z.B. einem Lernprogramm, gewonnen werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

#### **4.3.2. Kontrollfunktion**

Evaluationen können auch eine Kontrollfunktion übernehmen, indem Informationen über ein Programm und seine Wirkungen gesammelt werden. Diese können zwar ebenfalls genutzt werden, um Mängel auszubessern, allerdings zeigen sie beispielsweise auch inwiefern die Aufgaben erfüllt wurden (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002).

#### **4.3.3. Dialogfunktion**

Gewonnene Informationen zu einem Evaluationsgegenstand können neben dem Zweck des Erkenntnisgewinns auch den Dialog zwischen verschiedenen Parteien, wie beispielsweise den Verantwortlichen eines Projektes und der Zielgruppe, fördern (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002; DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Wichtig ist dabei die Transparenz der Ergebnisse für alle Parteien, um auf deren Grundlage ein gemeinsames Fazit zu ziehen (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002).

#### **4.3.4. Legitimationsfunktion**

Evaluationen können auch der Rechenschaftslegung über einen

Evaluationsgegenstand dienen und damit eine Legitimationsfunktion übernehmen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Sie sollen damit auch eine Erhöhung der Akzeptanz und Glaubwürdigkeit erreichen (KNÖDLER, 2019). Dies erfolgt auf Grundlage der ermittelten Daten, welche beispielsweise Input, Output und erzielte Wirkungen nachweisen sollen (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002).

#### **4.4. Evaluationsformen**

Je nach Evaluationszweck entscheidet sich die Evaluationsform, welche sich anhand des Zeitpunktes und der Rolle des Evaluators unterscheiden lässt (KNÖDLER, 2019).

##### **4.4.1. Formative und summative Evaluation**

Der Zweck einer Evaluation entscheidet maßgeblich über den Zeitpunkt dieser und damit, ob diese formativ oder summativ ausgerichtet wird (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Formative Evaluationen erfolgen während eines Prozesses und sollen helfen, Stärken und Schwächen zu identifizieren, woraufhin eine gezielte Verbesserung und Anpassung möglich wird. Ihre Ergebnisse bleiben in der Regel „innerhalb der Institution“ (KNÖDLER, 2019).

Summative Evaluationen erfolgen dagegen erst am Ende des Prozesses und generieren damit Informationen zu abgeschlossenen Projekten, welche eine „Bewertung sowie Überprüfung von Erfolg und Wirkung“ ermöglichen. Ihre Ergebnisse werden auch „außerhalb der Institution zur Verfügung gestellt“, um ein größeres Verständnis und somit eine geeignetere Verwendung eines Programmes zu gewährleisten (KNÖDLER, 2019).

##### **4.4.2. Externe und interne Evaluation**

Bei externen oder Fremdevaluationen ist der Evaluator nicht Teil der Organisation, wodurch diese als objektiver gelten. Zudem können diese von Fachleuten durchgeführt werden, weshalb sie häufig als „Kontrolle und Legitimation“ dienen (KNÖDLER, 2019).

Bei internen oder Selbstevaluationen ist der Evaluator dagegen Teil der Organisation und hat entsprechendes „organisationsinternes Wissen“, hier wird jedoch häufig ein Mangel an Objektivität vorgeworfen (KNÖDLER, 2019).

## **5. Dopplersonographie in der Humanmedizin**

### **5.1. Aus- und Weiterbildungsregelung**

In der Humanmedizin wird eine Genehmigung der Kassenärztlichen Vereinigung benötigt, um „Leistungen der Ultraschalldiagnostik in der vertragsärztlichen Versorgung“ ausführen und abrechnen zu dürfen (KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG (KBV), 2022). Dies wird durch die „Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung)“ der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) geregelt (KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG, 2008). Danach müssen sowohl fachliche, als auch apparative Voraussetzung für die Erteilung der Genehmigung erfüllt werden.

Die fachliche Befähigung kann erworben werden, indem ein Nachweis „nach der Weiterbildungsordnung“ erfolgt. Ansonsten ist ein „Erwerb der fachlichen Befähigung“ auch in einer ständigen Tätigkeit (von mindestens 18 Monaten) oder durch entsprechende Ultraschallkurse möglich (KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG, 2008). Die Anforderungen daran werden in Anlage 1 geregelt und sehen für Ersteres beispielsweise 100 und ansonsten 200 Duplex-Sonographien der abdominellen und retroperitonealen Gefäße sowie des Mediastinums vor. Für die Ultraschallkurse werden zudem in Anlage 2 genaue Anforderungen genannt, welche sich aus einem Grund-, Aufbau- und Abschlusskurs zusammensetzen. Für die Duplexverfahren der abdominellen und retroperitonealen Gefäße, sowie des Mediastinums werden dafür beispielsweise 24, 16 und 12 Unterrichtsstunden verlangt. In Anlage 3 werden außerdem genaue Angaben zu den Anforderungen an die apparative Ausstattung gemacht (KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG, 2008).

Auch die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) hat sich die Qualitätssicherung der Ultraschalldiagnostik zur Aufgabe gemacht. Sie bietet entsprechende Kurse zur Fortbildung für verschiedene Ultraschallanwendungen an, was häufig in Zusammenarbeit mit den Ärztekammern geschieht. Ein entsprechendes DEGUM-Zertifikat soll in diesem Sinne als Nachweis der Qualifikation von Ultraschallanwendern dienen (DEGUM E. V., o. J.).

Außerdem ist sie an Tagungen beteiligt, wodurch ein wissenschaftlicher Austausch stattfinden und beispielsweise der aktuelle Stand der Gerätetechnik thematisiert

werden kann. Die Anregung und Unterstützung von Forschungsprojekten etc., sowie die Gründung einer Tochtergesellschaft, welche unter anderem die Verbesserung der Weiterbildungsangebote zum Ziel hat, sind nur einige weitere Wirkungsbereiche der DEGUM (DEGUM E. V., o. J.).

Über die Website der Tochtergesellschaft Ultraschall-Akademie der DEGUM GmbH können Interessierte sowohl DEGUM-zertifizierte Kurse finden, als auch eigene Veranstaltungen durch die DEGUM zertifizieren lassen. Für Letztere können dann entsprechende DEGUM-Plaketten für die Teilnahmebescheinigungen bestellt werden (ULTRASCHALL-AKADEMIE DER DEGUM GMBH, o. J.).

## 5.2. Lehrbücher zum Thema

Für die Humanmedizin konnten in eigenen Recherchen mehrere deutschsprachige Lehrbücher gefunden werden, welche sich ausschließlich mit dem Einsatz von Ultraschall und insbesondere der Dopplersonographie in der Gefäßdiagnostik beschäftigen. Zudem wurde die Dopplersonographie in weiteren Lehrbüchern zum Thema Ultraschall diagnostik ergänzend erwähnt, wie beispielsweise im „Kursbuch Ultraschall: Nach den Richtlinien der DEGUM und KBV“ (SCHMIDT & GÖRG, 2015). Die nachfolgende Tabelle 1 soll einen Überblick über diese Lehrbücher geben.

**Tabelle 1: Deutschsprachige Lehrmedien in der Humanmedizin**

x = zutreffend

- = nicht zutreffend

Autor (Jahr)	Art des Lehrmediums	Sprache	Kernthema Ultraschall-diagnostik	Kernthema Gefäßdiagnostik (Doppler)
DIETRICH (2012)	gedrucktes Buch	deutsch	x	-
WILD et al. (2014)	gedrucktes Buch	deutsch	-	x
AMANN-VESTI & THALHAMMER (2015)	gedrucktes Buch	deutsch	-	x
SCHMIDT & GÖRG (2015)	gedrucktes Buch	deutsch	x	-

STIEGLER et al. (2015)	gedrucktes Buch	deutsch	-	x
SCHÄBERLE (2016)	gedrucktes Buch	deutsch	-	x
KOPP & LUDWIG (2017)	gedrucktes Buch	deutsch	-	x
HOFER (2020)	gedrucktes Buch	deutsch	x	-

## 6. Dopplersonographie in der Tiermedizin

### 6.1. Tierärztliche Ausbildung an den deutschen Universitäten

Die Gliederung und Ziele der tierärztlichen Ausbildung sind in der tierärztlichen Approbationsverordnung (TAppV) festgelegt. Diese besagt: „Ziel der Ausbildung sind wissenschaftlich und praktisch ausgebildete Tierärztinnen oder Tierärzte, die zur eigenverantwortlichen und selbstständigen tierärztlichen Berufsausübung [...], zur Weiterbildung und zu ständiger Fortbildung befähigt sind.“ (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2006). Die Ultraschalldiagnostik, welche die Dopplersonographie miteinschließt, stellt jedoch kein eigenes Fach dar und wird somit auch nicht geprüft.

Das European Coordination Committee on Veterinary Training (ECCVT), welches Teil der European Association of Establishments for Veterinary Education (EAEVE) ist, hat zusätzlich eine Liste an Fächern und Kompetenzen herausgegeben, welche Absolventen einer tierärztlichen Ausbildung in Europa beherrschen sollten. Darunter wird die Nutzung grundlegender Bildgebungsgeräte zur Ausführung einer effektiven Untersuchung, sowie die diagnostische Bildgebung im Allgemeinen gelistet (THE EUROPEAN COORDINATION COMMITTEE ON VETERINARY TRAINING (ECCVT), 2019). Die Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage unter praktischen Tierärzten, welche die Fähigkeiten und Kompetenzen von Anfangsassistenten beurteilen sollten, zeigten jedoch im Jahr 2005 eine andere Realität auf. Insbesondere die Fähigkeiten im Ultraschall schnitten hier besonders schlecht ab und waren mit einer Note 5 von über 60% der Tierärzte als mangelhaft eingestuft worden (HÄLLFRITZSCH et al., 2005). Eine

erneute und aktuelle bundesweite Umfrage zu den Kompetenzen tierärztlicher Berufseinsteiger zeigt, dass sich die Beurteilung der Fähigkeiten im Hinblick auf die Durchführung und Interpretation von Ultraschalldiagnostik bisher nicht stark verbessert hat. Bei einer Anzahl von 250 Bewertungen ergab sich als Mittelwert nur die Schulnote 4,4 (MEIER, 2022).

Um den in der Umfrage aufgezeigten Missständen entgegenzuwirken und den Forderungen der TAppV, sowie den geforderten „Day One Competences“ der EAEVE besser nachzukommen, entstand das erste tiermedizinische „Skills Lab“ in Deutschland (DILLY et al., 2014; STIFTUNG TIHO HANNOVER, o. J.). Dieses wurde im März 2013 an der Stiftung Tierärztliche Hochschule (TiHo) Hannover eröffnet und sollte eine bessere Ausbildung „von klinischen Fertigkeiten in der tiermedizinischen Lehre“ bringen (DILLY et al., 2014).

Es folgte die Etablierung weiterer Skills Labs in den jeweiligen Fachbereichen und Fakultäten der vier restlichen Universitäten, an welchen das Tiermedizinstudium in Deutschland möglich ist (FACHBEREICH 10 - VETERINÄRMEDIZIN JLU GIESSEN, o. J.; FACHBEREICH VETERINÄRMEDIZIN FU BERLIN, o. J.; TIERÄRZTLICHE FAKULTÄT LMU MÜNCHEN, o. J.; VETERINÄRMEDIZINISCHE FAKULTÄT UNIVERSITÄT LEIPZIG, o. J.). Diese bieten auch teilweise Stationen zum Thema Ultraschall an (CLINICAL SKILLS LAB (CSL), o. J.; PRAKTISCHES AUSBILDUNGS- UND LERNZENTRUM (PAUL), o. J.; SKILLS LAB PETS, o. J.). Jedoch wird nur bei einem von ihnen auch die Dopplersonographie in der Stationsbeschreibung erwähnt (PRAKTISCHES AUSBILDUNGS- UND LERNZENTRUM (PAUL), o. J.).

#### **6.1.1. Ausbildungsmöglichkeiten zum Thema am Beispiel der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Für das Tiermedizinstudium an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München ist in der Prüfungs- und Studienordnung ebenfalls kein eigenes Fach oder eine Prüfung zur Ultraschalldiagnostik vorgesehen (LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN, 2017). Demonstrationen von Ultraschallbildern und -videos sind sicherlich Teil zahlreicher Vorlesungen zu den verschiedensten Themen, wie z.B. im Fach Innere Medizin, aber es fehlt nach wie vor ein eigenes Fach für eine Grundlagen-Ausbildung zum Thema Ultraschall.

Diese wird stattdessen in mehreren Wahlpflichtfächern (WPF) angeboten, an welchen im Laufe des Studiums teilgenommen werden kann. Es müssen davon mehrere besucht werden, allerdings wird die Auswahl der Kurse den Studierenden überlassen. Für die Wahlpflichtfächer stehen viele verschiedene Kurse in den unterschiedlichsten Fachrichtungen zur Verfügung, welche in der Regel eine begrenzte Teilnehmeranzahl haben. Zum Thema Ultraschall stehen aktuell (Stand: März 2022) die Kurse „Abdominale Ultraschalluntersuchung bei Hund und Katze“ mit einer Mischung aus Online-Vorlesungen und Demonstrationen in Präsenz, sowie „Ultraschall für Fortgeschrittene mit Doppler-Sonographie und Punktionstechniken“ zu Verfügung (LMU MÜNCHEN, o. J.).

Zudem steht den Studierenden am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät seit Mitte 2007 ein studentisches Ultraschalllabor zum Erlernen und Üben der praktischen Sonographie und Echokardiographie im Selbststudium zur Verfügung. Dafür können Studierende Termine in kleinen Gruppen vereinbaren, zu welchen sie jedoch selbst ein geeignetes Tier für die Übungen mitbringen müssen (LEHRSTUHL FÜR ANATOMIE, o. J.). Zusätzlich können sie seit Anfang 2015 in diesem Rahmen auch den ersten veterinärmedizinischen Ultraschallsimulator nutzen, für welchen verschiedene Katzenmodelle zur Verfügung stehen (WEBER et al., 2015; ZANDT et al., 2015; LEHRSTUHL FÜR ANATOMIE, o. J.). Weiterhin steht im studentischen Ultraschalllabor ein Dopplersimulator zur Verfügung, welcher im Rahmen einer Dissertation entwickelt und auch evaluiert wurde (NIELSEN, 2020).

## **6.2. Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten**

Die Berufsordnung für Tierärzte, welche von den jeweiligen Tierärztekammern erlassen wird, legt unter anderem die Fortbildungspflicht für Tierärzte fest (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER E. V. (BTK), 2012). Für Bayern ist hier entsprechend die Bayerische Landestierärztekammer (BLTK) zuständig, welche in der Berufsordnung für Tierärzte in Bayern eine Fortbildungspflicht von „60 Stunden innerhalb von drei Kalenderjahren“ für berufsausübende Tierärzte vorschreibt (BAYERISCHE LANDESTIERÄRZTEKAMMER (BLTK), 2014). Diese laufende berufliche Fortbildungspflicht sieht zudem für Fachtierärzte und Tierärzte mit weiteren Qualifikationen noch eine höhere Stundenzahl vor. Voraussetzung für die Anrechnung der Stunden ist jedoch, dass die Fortbildung von der Akademie für tierärztliche Fortbildung (ATF) oder der zuständigen

Landestierärztekammer anerkannt wurde, welche eine Eignung dieser sicherstellen (AKADEMIE FÜR TIERÄRZTLICHE FORTBILDUNG (ATF), 2014; BAYERISCHE LANDESTIERÄRZTEKAMMER (BLTK), 2014).

Die abdominale Sonographie stellt ein beliebtes Thema für tiermedizinische Fortbildungsveranstaltungen dar, wenn man die große Auswahl an Präsenzfortbildungen, als auch Onlineseminaren, für die verschiedensten Kenntnisstände betrachtet. Ebenso finden sich viele Veranstaltungen, welche sich dem Einsatz von Ultraschall für die Echokardiographie, also der Darstellung des Herzens, widmen. Zum Thema Dopplersonographie konnten dagegen in den eigenen Recherchen deutlich weniger Fortbildungsveranstaltungen in Deutschland gefunden werden (BERLINER FORTBILDUNGEN, 2022; EICKEMEYER, 2022c, 2022b, 2022a, 2022d; IMPROVE INTERNATIONAL, 2022a, 2022b; SCIL ANIMAL CARE COMPANY GMBH, 2022; TIMMENDORFER TIERÄRZTE SEMINARE, 2022). Davon beschäftigt sich ein Teil zudem ausschließlich mit dem Einsatz der Dopplersonographie im Rahmen der Echokardiographie. Die Anwendung der Dopplersonographie im Zusammenhang mit einer abdominalen Ultraschalluntersuchung findet lediglich bei der Hälfte der Fortbildungen Erwähnung in der Seminarbeschreibung (EICKEMEYER, 2022b; IMPROVE INTERNATIONAL, 2022b, 2022a; TIMMENDORFER TIERÄRZTE SEMINARE, 2022). Zusätzlich konnte noch ein Onlineseminar zur Ultraschalluntersuchung abdominaler Gefäße und Lymphknoten gefunden werden (KARPENSTEIN, 2022).

### **6.3. Lehrbücher und andere Lehrmedien zum Thema**

Für die Tiermedizin konnten in eigenen Recherchen keine Lehrmedien gefunden werden, welche sich ausschließlich mit dem Einsatz von Ultraschall und insbesondere der Dopplersonographie in der Gefäßdiagnostik beschäftigen, wie sie in der Humanmedizin existieren. Vielmehr wurde die Dopplersonographie in vielen der Standardwerke der Tiermedizin zum Thema Ultraschalldiagnostik lediglich ergänzend erwähnt. Zudem wird in keinem der Werke auf mögliche, angeborene Gefäßvarianten von abdominalen Gefäßen bei Hunden und Katzen eingegangen. Ausschließlich in einem der englischsprachigen Lehrbücher findet eine einzelne, angeborene Gefäßvariante Erwähnung (MATTOON et al., 2021). Stattdessen wurden lediglich in einigen der Bücher mögliche Pathologien thematisiert. Diese wurden jedoch hauptsächlich für die *V. portae*, beispielsweise im Rahmen eines

Leberkapitels, beschrieben und gegebenenfalls einzeln zu *V. cava caudalis* und *Aorta abdominalis* erwähnt. Die nachfolgende Tabelle 2 soll einen Überblick über diese Lehrmedien geben.

**Tabelle 2: Deutsch- und englischsprachige Lehrmedien in der Tiermedizin**

**x = zutreffend**

**- = nicht zutreffend**

Autor (Jahr)	Art des Lehrmediums	Sprache	Kernthema Ultraschall- diagnostik	Kernthema Gefäßdiagnostik (Doppler)
POULSEN NAUTRUP & RALF (2007)	gedrucktes Buch	deutsch	x	-
BARR & GASCHEN (2011)	gedrucktes Buch	englisch	x	-
PENNINCK & D'ANJOU (2015)	gedrucktes Buch	englisch	x	-
MATTOON et al. (2021)	gedrucktes Buch	englisch	x	-
BRUDER et al. (2021)	Computer- Lernprogramm	deutsch	x	-



### **III. MATERIAL UND METHODEN**

#### **1. Technische Ausstattung**

##### **1.1. Hardware**

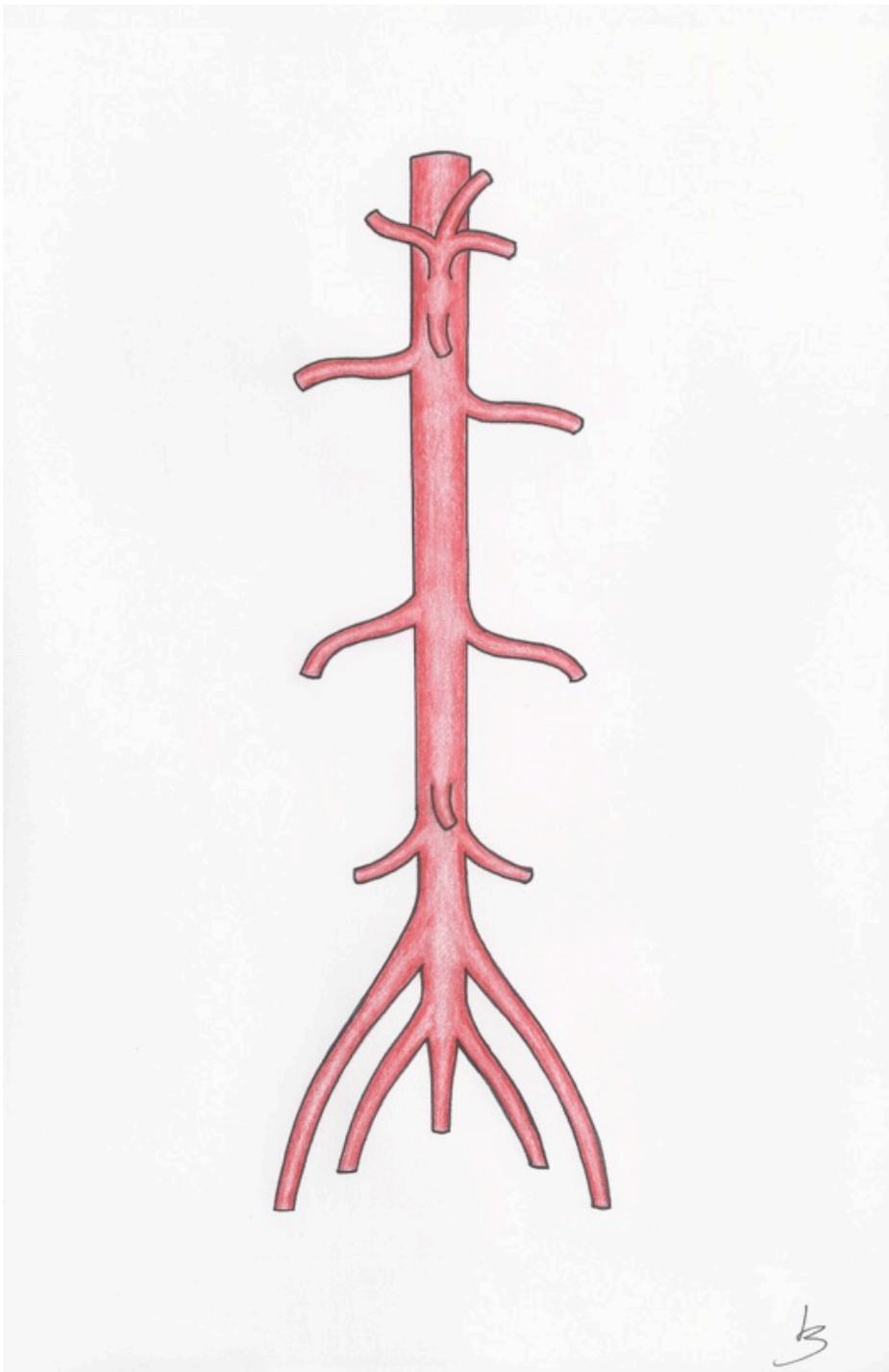
###### **1.1.1. Computer**

Für die Erstellung des Lernprogramms und die Evaluation wurde ein 13,3" MacBook Pro (Laptop) mit enthaltenem 3,1 GHz Intel Core i5 Prozessor verwendet. Die Bild- und Videobearbeitung wurde durch die Grafikkarte Intel Iris Plus Graphics 650 ermöglicht.

Für die Bearbeitung der Ultraschallbilder und -videos wurde zusätzlich ein MEDION ERAZER P67015 (Desktop-Computer) mit enthaltenem 2,9 GHz Intel Core i5 Prozessor verwendet. Die Bild- und Videobearbeitung wurde in diesem Gerät durch die Grafikkarte NVIDIA GeForce GTX 1650 ermöglicht.

###### **1.1.2. Erstellung von Zeichnungen**

Die für das Anatomie-Kapitel des Lernprogrammes eigens angefertigten Zeichnungen wurden zuerst als Umriss mit Bleistift auf Papier gezeichnet und anschließend digitalisiert. Dafür wurde die Scanner-Funktion des Druckers HP Officejet 6700 Premium der Firma Hewlett-Packard verwendet und die erstellten Scans im Dateiformat .jpeg abgespeichert. Danach wurden die Scans der Umrisszeichnungen mit oben genanntem Drucker auf Papier ausgedruckt und die Umrisse mit schwarzem Fineliner nachgezogen. Anschließend erfolgte bei den meisten Zeichnungen eine Kolorierung mit Buntstiften, wie in der Abbildung 1 dargestellt. Das Ergebnis wurde wieder auf gleiche Weise digitalisiert, wobei immer auf eine optimale Bildqualität der Scans geachtet wurde. Die weitere Bearbeitung der wiederum im Dateiformat .jpeg abgespeicherten Zeichnungen wird im folgenden Unterkapitel 1.2.5. „Bearbeitung der Zeichnungen“ beschrieben.



**Abbildung 1:** mit Buntstift kolorierte Zeichnung der *Aorta abdominalis*

### 1.1.3. Erstellung von Ultraschallbildern & -videos

Die Ultraschallbilder und -videos für das Lernprogramm wurden mit dem Ultraschallgerät MyLab9VET der Firma Esaote erstellt. Es wurden dafür der multifrequente Mikrokonvexschallkopf mC 3-11 appleprobe (3 - 11 MHz) und der multifrequente Linearschallkopf L 4-15 appleprobe VET (4 - 15 MHz) der Firma

Esaote verwendet. Sowohl das Ultraschallgerät, als auch die Schallköpfe wurden von der Firma Esaote Biomedica Deutschland GmbH zur Verfügung gestellt. Das auf dem Ultraschallgerät lokal gespeicherte Material wurde zum Datentransfer auf USB-Sticks gespeichert und anschließend auf den oben genannten Desktop-Computer übertragen.

## **1.2. Software**

### **1.2.1. Betriebssystem**

Als Betriebssystem bei dem Laptop wurde macOS Mojave (Version 10.14) von der Firma Apple verwendet. Der nachfolgend genannte Desktop-Computer wurde mit dem Betriebssystem Windows 10 Home (Version 20H2) der Firma Microsoft verwendet.

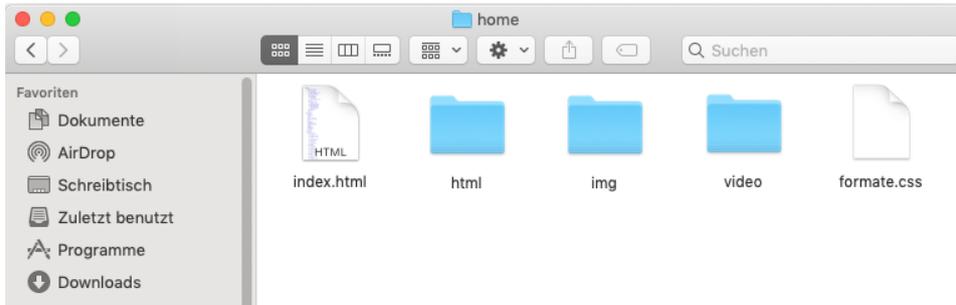
### **1.2.2. Programmieren des Lernprogrammes**

Nach ersten Vorüberlegungen zu Umsetzungsmöglichkeiten eines solchen Lernprogrammes fiel die Entscheidung, dieses in Form einer Website zu gestalten und auf HTML-Basis zu programmieren. Dies sollte später eine leichte Zugänglichkeit für die Studierenden ermöglichen, da eine gute Erreichbarkeit eines webbasierten Lernprogrammes mittels Internetverbindung und verschiedener Browser gewährleistet werden kann.

Zur Aneignung erster Grundlagen zum Thema Web-Programming wurde das Online-Lehrangebot der Virtuellen Hochschule Bayern (VHB, o. J.) genutzt und unter der Kategorie Wirtschaftsinformatik am Kurs „Web-Programming“ der Universität Würzburg teilgenommen. Im Rahmen des Kurses wurde die Website <https://wiki.selfhtml.org/> empfohlen (SELFHTML, o. J.-f). Mit Hilfe der Website wurden sich autodidaktisch weitere Kenntnisse zum Programmieren einer Website erarbeitet, insbesondere zu den Themen Hypertext Markup Language (HTML) und Cascading Style Sheets (CSS).

Das Lernprogramm sollte entsprechend dem aktuellen Standard für Webdesign auf Basis von HTML5 programmiert werden (SELFHTML, o. J.-a). Den Empfehlungen der Website folgend, wurde für das Projekt zuerst ein Ordner mit dem Namen „home“ angelegt. Anschließend konnte für die Startseite mit dem Namen „index.html“ die erste Datei mit dem Format .html, sowie weitere Unterordner für die verschiedenen Dateien des Lernprogrammes erstellt werden.

Die Unterordner wurden entsprechend der abzuspeichernden Dateiformen als „html“ für weitere HTML-Dokumente, „img“ für die Bild-Dateien, sowie „video“ für Video-Dateien benannt. Es wurde zudem die CSS-Datei „formate.css“ im Format .css angelegt und ebenfalls im „home“-Ordner abgespeichert, wie in Abbildung 2 zu sehen.



**Abbildung 2: Ordner "home" mit den Unterordnern "html", "img" und "video", sowie der "index.html"- und der "formate.css"-Datei**

Zur Erstellung des Quellcodes für das Lernprogramm wurde der kostenlose HTML-Editor Brackets (Version 1.12) der Firma Adobe verwendet. Damit konnten sowohl die HTML-Dokumente, als auch die CSS-Datei geschrieben werden. Es wurde entsprechend dem aktuellen Standard die Zeichenkodierung UTF-8 im Texteditor eingestellt (SELFHTML, o. J.-b). Verschiedene Websites lieferten Anregungen für die Erstellung und Gestaltung des Lernprogrammes und insbesondere der Navigationselemente (REDDEHASE et al., 2006; MESSINA, 2017; POTTSCHIEN, 2020; BATTERSBY, o. J.; SELFHTML, o. J.-f). Die frei zur Verfügung gestellten Beispiele für HTML-Quellcodes und CSS-Formatierungen wurden entsprechend der eigenen Vorstellungen an das Lernprogramm angepasst.

### 1.2.3. Textverarbeitung

Für die Verfassung der Texte für das Lernprogramm wurde das Textverarbeitungsprogramm Microsoft Word für Mac (Version 16.16.27) der Firma Microsoft verwendet. Damit wurden Vorlagen für sämtliche Texte im Lernprogramm erstellt und im Dateiformat .docx abgespeichert. Zusätzlich wurde das Literaturverwaltungsprogramm EndNote X9 (Version X9.2 für das Betriebssystem macOS) der Firma Clarivate genutzt, um Quellenangaben in die Word-Dokumente einzufügen. Dieses stand durch die Lizenz der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Verfügung. Die Texte inklusive der

Quellenangaben wurden anschließend aus den Word-Dokumenten kopiert und an den entsprechenden Stellen in die HTML-Dokumente des Lernprogrammes eingefügt.

#### **1.2.4. Bearbeitung der Ultraschallbilder und -videos**

Für den Import und die weitere Verarbeitung der Ultraschallbilder und -videos wurde die Ultraschall-Bildgebungssoftware MyLabDeskEvo (Version Evo 4.0) der Firma Esaote auf dem oben genannten Desktop-Computer verwendet.

Für die Bearbeitung der Bilder wurde hauptsächlich das in der Software integrierte Beschriftungsmodul verwendet, welches auch die Möglichkeit bietet Pfeile zu setzen. Zusätzlich wurden für die Bearbeitung von Ultraschallbildern von Anwendungen des PW-Dopplers verschiedene Messfunktionen genutzt, um beispielsweise einzelne Blutflussgeschwindigkeiten auszumessen. Anschließend wurden ausgewählte Bilder und Videos für das Lernprogramm exportiert. Die Ultraschallbilder wurden von der Software automatisch im Dateiformat .png auf dem angewählten USB-Stick abgespeichert und konnten so auf das Laptop übertragen werden.

In den Ultraschallbildern wurden auch die gewählten Einstellungsparameter aufgeführt, welche allerdings in den exportierten Bildern aufgrund der geringen Schriftgröße schlecht lesbar waren. Deshalb wurden für das Kapitel „Geräteeinstellungen“ zusätzlich Screenshots von den angegebenen Einstellungsparametern der in der Software geöffneten Ultraschallbilder erstellt. Dafür wurde das auf dem Desktop-Computer vorinstallierte Programm Snipping Tool der Firma Microsoft genutzt. Diese Screenshots konnten direkt im Dateiformat .jpg abgespeichert werden und wurden ebenfalls mit dem USB-Stick auf das Laptop übertragen.

Das auf dem Laptop vorinstallierte Programm Vorschau (Version 10.1) der Firma Apple dient zur Darstellung und Bearbeitung von Bildern und PDF-Dateien. Hiermit konnten die Ultraschallbilder in das Dateiformat .jpeg umgewandelt, gegebenenfalls nachbearbeitet und im „img“-Ordner abgespeichert werden. Nachfolgend wurden die Bilder an den gewünschten Stellen in die HTML-Dokumente des Lernprogrammes eingebaut.

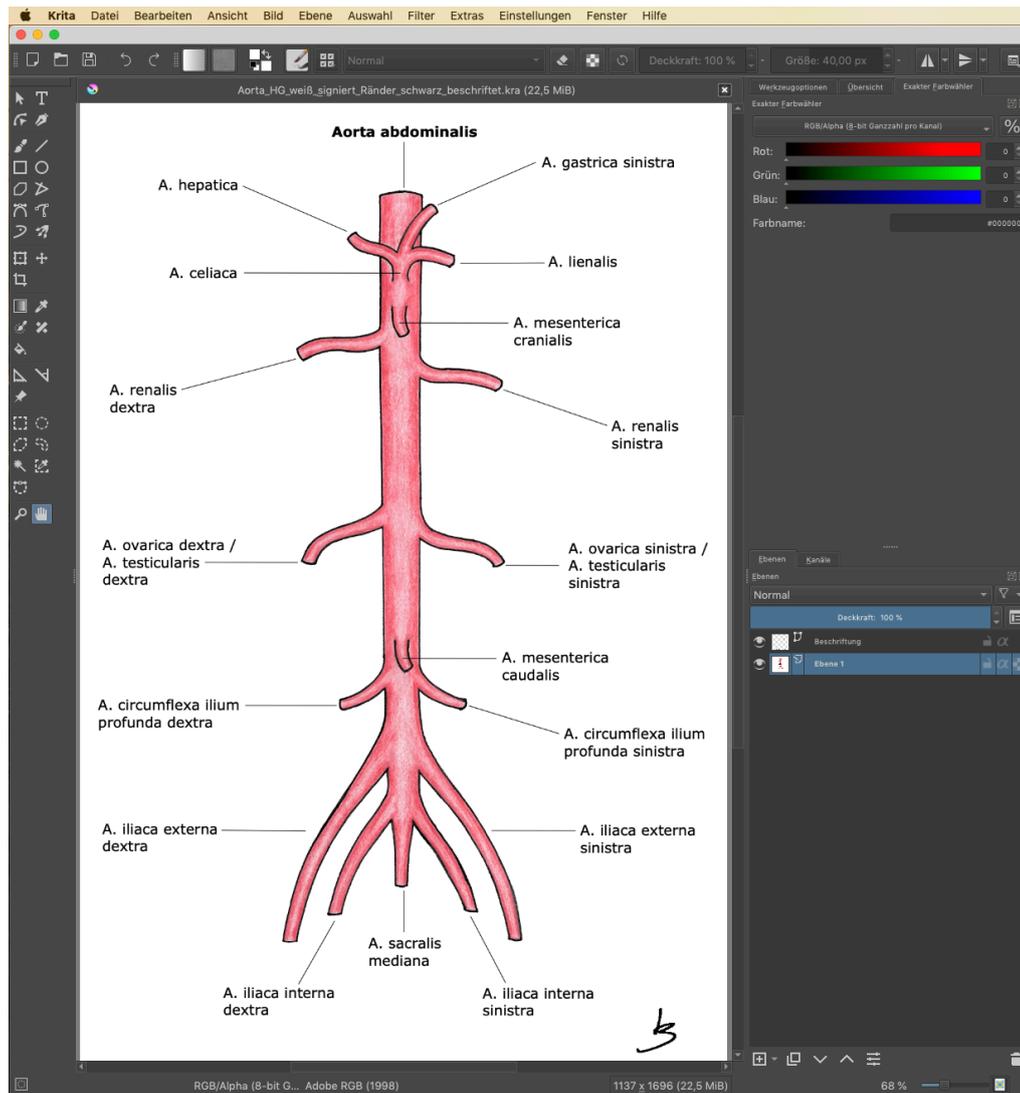
Zur Verdeutlichung des Textinhaltes sollte an manchen Stellen nur ein Bild eines Frequenz-Zeit-Spektrums ohne B-Bild-Aufnahme gezeigt werden. Mittels des auf

dem Laptop vorinstallierten Programmes Bildschirmfoto der Firma Apple wurden dafür der entsprechende Bildausschnitt aus Ultraschallbildern von Anwendungen des PW-Dopplers ausgeschnitten. Die Bildausschnitte wurden von dem Programm Bildschirmfoto automatisch im Dateiformat .png im Schreibtisch-Bereich des Laptops abgespeichert. Sie konnten anschließend wieder mit dem Programm Vorschau in das Dateiformat .jpeg umgewandelt und im „img“-Ordner abgespeichert werden.

Die Ultraschallvideos wurden ebenfalls direkt auf dem angewählten USB-Stick abgespeichert und von der Software im Dateiformat .avi ausgegeben. Nach der Übertragung auf das Laptop wurden die Videos mittels der kostenlosen Software 1-Click Video Converter (Version 6.3.37) der Firma AnyMP4 Studio bei Bedarf gekürzt und in die Dateiformate .webm und .mp4 konvertiert. Die fertigen Videos wurden im entsprechenden „video“-Ordner des Lernprogrammes abgespeichert und anschließend an den gewünschten Stellen in die HTML-Dokumente des Lernprogrammes eingebaut.

#### **1.2.5. Bearbeitung der Zeichnungen**

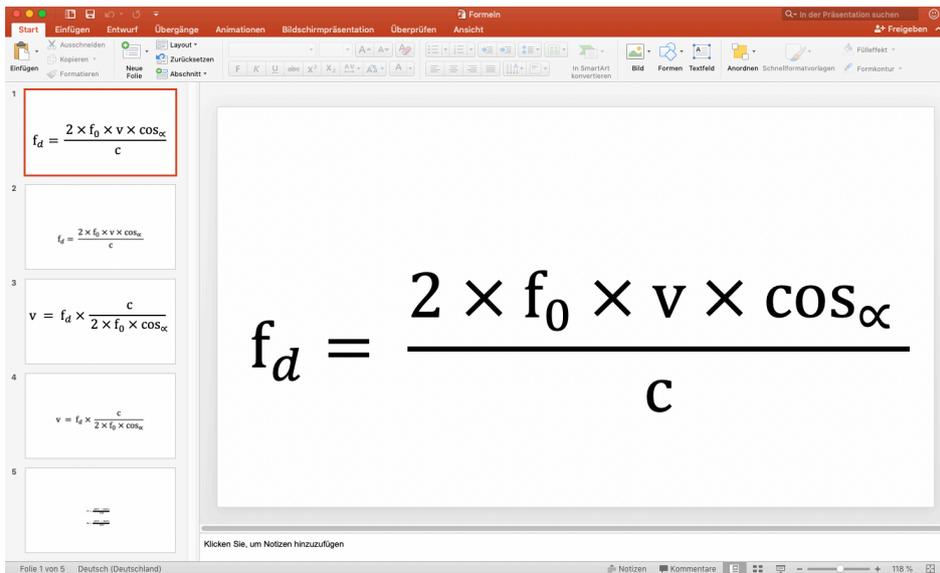
Für die digitale Nachbearbeitung der Zeichnungen für das Anatomie-Kapitel des Lernprogrammes wurde die kostenlose Bildbearbeitungssoftware Krita (Version 4.2.8) der Stichting Krita Foundation verwendet. Damit wurde der Hintergrund der eingescannten Zeichnungen mit einem weißen Farbton vereinheitlicht und die Umrisse der Zeichnungen, sowie das eigene Namenskürzel nochmals in einem schwarzen Farbton hervorgehoben. Bei einer Zeichnung erfolgte auch die Kolorierung der Zeichnung mittels Krita. Abbildung 3 zeigt zudem, dass den Zeichnungen mit Hilfe der Software Beschriftungen und Linien hinzugefügt wurden. Anschließend konnten die Bilder der Zeichnungen im Dateiformat .jpeg im „img“-Ordner abgespeichert und an den entsprechenden Stellen in die HTML-Dokumente des Lernprogrammes eingefügt werden.



**Abbildung 3: digitale Nachbearbeitung der Zeichnung mit Krita**

### 1.2.6. Erstellung von Graphiken

Für das Kapitel Grundlagen wurden mehrere Bilder von Formeln und Grafiken mittels des Präsentationsprogrammes Microsoft PowerPoint für Mac (Version 16.16.27) der Firma Microsoft erstellt. Die Formeln wurden dafür zunächst mit dem Textverarbeitungsprogramm Word erstellt und in eine neue PowerPoint-Folie übertragen. Abbildung 4 zeigt eine fertig ausgearbeitete Formel in PowerPoint, welche anschließend im Dateiformat .jpeg im „img“-Ordner abgespeichert wurde. Die Erstellung der Grafiken erfolgte ausschließlich mit den Werkzeugen von PowerPoint und diese wurden ebenfalls im Dateiformat .jpeg im „img“-Ordner abgespeichert. Dadurch konnten die Bilder der Formeln und Grafiken an den entsprechenden Stellen in die HTML-Dokument des Lernprogrammes eingesetzt werden.



**Abbildung 4: Erstellung von Bildern der Formeln mit PowerPoint**

### 1.2.7. Formatierung der Literatur-Listen

Die für die Erstellung der Texte und Graphiken des Lernprogrammes verwendete Literatur wurde mit dem Literaturverwaltungsprogramm EndNote X9 (Version X9.2 für das Betriebssystem macOS) der Firma Clarivate gesammelt und formatiert. Anschließend wurden sämtliche verwendeten Quellen, hauptsächlich bestehend aus Lehrbüchern und Fachartikeln, in den Literatur-Seiten zu den jeweiligen Kapiteln aufgelistet und gegebenenfalls unterhalb der Graphiken zusätzlich aufgeführt.

## 2. Literatur zur inhaltlichen Gestaltung des Lernprogramms

Sämtliche Literaturquellen, welche für die inhaltliche Ausarbeitung und Gestaltung des Lernprogramms verwendet wurden, werden darin kapitelweise in Literatur-Listen aufgeführt. Diese setzen sich aus den folgenden Lehrbüchern, Fachartikeln und sonstigen Quellen zusammen<sup>1</sup>, wobei es zu Überschneidungen von einzelnen Quellen in mehreren Kapiteln kommen kann. Die Literatur-Listen der drei Anatomie-Unterkapitel wurden zusammengefasst, um Mehrfachnennungen im großen Umfang zu vermeiden.

<sup>1</sup> Literaturquellen, welche ausschließlich der Erstellung des Lernprogrammes dienen, jedoch nicht in der Dissertation zitiert werden, sind nicht zusätzlich im Literaturverzeichnis aufgeführt.

## 2.1. Grundlagen & Geräteeinstellungen

- Aschwanden M. Grundlagen Farbkodierte Duplexsonographie: Grundkurs Sektion Gefäße SGUM. 2021; 11.03.2021: [https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/user\\_upload/1.3\\_Farbduplexsonographie.pdf](https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/user_upload/1.3_Farbduplexsonographie.pdf). 14.05.2021.
- Bailer B, Recker F, Matuschek E (2019) Basiswissen POCUS: Point of Care Ultraschall lernen und sinnvoll einsetzen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S. 22-33
- Beuscher-Willems B. Farbkodierte Dopplersonografie. In: Kursbuch Ultraschall: Nach den Richtlinien der DEGUM und der KBV, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage edn. Schmidt G, Görg C, eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015: S. 43-53.
- Cheng C, Tempel D, van Haperen R, van der Baan A, Grosveld F, Daemen MJAP, Krams R, de Crom R. Atherosclerotic Lesion Size and Vulnerability Are Determined by Patterns of Fluid Shear Stress. *Circulation* 2006; 113: 2744-53.
- d'Anjou M-A, Penninck D. Practical Physical Concepts and Artifacts. In: Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015: S. 1-18.
- Deeg KH, Wild F. Abdominelle Dopplersonographie im Kindesalter. *Klin Padiatr* 1990; 202: 371-8.
- Dirks K. Grundlagen Dopplertechniken. o. J.: [www.stuttgarter-sonokurse.de](http://www.stuttgarter-sonokurse.de). 01.12.2020.
- Doppler C (1842) Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels
- du Plessis WM. Physikalische Grundlagen. In: Sono-Grundkurs für Tiermediziner: Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze - verstehen, erkennen, interpretieren. du Plessis WM, ed. Stuttgart: Schattauer 2014: S. 1-23.
- Dudenredaktion. Hämodynamik. Duden online o. J.; 27.04.2018: <https://www.duden.de/node/61878/revision/61914>. 25.06.2021.
- ESAOTE SpA. MyLab 9, MyLab 9 eXP - GETTING STARTED. 2020; 02.2020: [https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/F090101/german/MyLab9Family\\_GettingStarted\\_D\\_R03.pdf](https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/F090101/german/MyLab9Family_GettingStarted_D_R03.pdf). 05.11.2021.

- ESAOTE SpA. MyLab 9VET - GETTING STARTED. 2021; 06.2021:  
[https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/F100101/english/MyLab9VET\\_GettingStarted\\_E\\_R08.pdf](https://eifu.esaote.com/fileadmin/Manuals/F100101/english/MyLab9VET_GettingStarted_E_R08.pdf). 05.11.2021.
- Finn-Bodner ST, Hudson JA. Abdominal vascular sonography. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1998; 28: 887-942.
- Frömke J. Ultraschall Basics. Dortmund: St. Johannes Hospital, Klinik für Herz-Thorax-Gefäßchirurgie o. J.: <https://www.joho-dortmund.de/klinik-fuer-herz-thorax-und-gefaesschirurgie.html>. 07.12.2020.
- Gaschen L, Kircher P, Lang J, Gaschen F, Allenspach K, Grone A. Pattern recognition and feature extraction of canine celiac and cranial mesenteric arterial waveforms: normal versus chronic enteropathy - a pilot study. *Vet J* 2005; 169: 242-50.
- Gosling RG, King DH. Arterial assessment by Doppler-shift ultrasound. *Proc. R. Soc. Med.* 1974; 67: S. 447-9.
- Hügel U, Rosenov A, Baumgartner I, Thalhammer C. Farbkodierte Duplexsonografie der Gefäße in der Praxis: Artefakte. *Praxis* 2019; 108: 679-84.
- Jenderka K-V, Delorme S. Verfahren der Dopplersonographie. *Der Radiologe* 2015; 55: S. 593-610.
- Jenssen C, Tuma J, Möller K, Cui XW, Kinkel H, Uebel S, Dietrich CF. Artefakte in der Sonografie und ihre Bedeutung für die internistische und gastroenterologische Diagnostik - Teil 2: Artefakte im Farb- und Spektraldoppler. *Z Gastroenterol.* 2016; 54: 569-78.
- Kim ES, Sharma AM, Scissons R, Dawson D, Eberhardt RT, Gerhard-Herman M, Hughes JP, Knight S, Kupinski AM, Mahe G, Neumyer M, Poe P, Shugart R, Wennberg P, Williams DM, Zierler RE. Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A consensus statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound. *Vascular Medicine* 2020; 25: 484-506.
- Klews P-M, Gaßmann B, Kubale R, Weskott H-P, Arnolds BJ, Stiegler H. Grundlagen. In: Farbkodierte Duplexsonografie: Interdisziplinärer vaskulärer Ultraschall, 2., vollständig überarbeitete Auflage edn. Stiegler H, Kubale R, Weskott HP, eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015: S. 14 - 82.

- Kopp H, Ludwig M (2017) Checkliste Doppler- und Duplexsonografie, 5., überarbeitete Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S. 10-67
- Kotteck K. Duplexsonographie Grundkurs 07. - 08.02.2019: 1.1 Grundlage der Ultraschalltechnik – B-Mode. 2019: [https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/unispitalbaselch/Departemente/DKTT/Angiologie/Fortbildungen/Duplexsonografie19/DE/1.1\\_B-Mode\\_Grundlagen.pdf](https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/unispitalbaselch/Departemente/DKTT/Angiologie/Fortbildungen/Duplexsonografie19/DE/1.1_B-Mode_Grundlagen.pdf). 04.11.2021.
- Lee K, Choi M, Yoon J, Jung J. Spectral waveform analysis of major arteries in conscious dogs by Doppler ultrasonography. *Vet Radiol Ultrasound* 2004; 45: 166-71.
- Mattoon JS, Berry CR. Fundamentals of Diagnostic Ultrasound. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 1-48.
- Maulik D. Spectral Doppler Sonography: Waveform Analysis and Hemodynamic Interpretation. In: *Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 2nd Revised and Enlarged Edition edn. Maulik D, ed. Berlin, Heidelberg: Springer 2005: S. 35-56.
- Nelson TR, Pretorius DH. The Doppler signal: where does it come from and what does it mean? *AJR Am J Roentgenol* 1988; 151: 439-47.
- Poulsen Nautrup C. Physikalische Grundlagen. In: *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze*, 4., unveränderte Auflage edn. Poulsen Nautrup C, Ralf T, eds. Hannover: Schlütersche 2007a: S. 21-30.
- Poulsen Nautrup C. Technische Grundlagen. In: *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze*, 4., unveränderte Auflage edn. Poulsen Nautrup C, Ralf T, eds. Hannover: Schlütersche 2007b: S. 31-59.
- Poulsen Nautrup C. Sonographische Phänomene und Artefakte. In: *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze*, 4., unveränderte Auflage edn. Poulsen Nautrup C, Ralf T, eds. Hannover: Schlütersche 2007c: S. 60-75.
- Pourcelot L. Applications cliniques de l'examen Doppler transcutane. *Velocimetrie ultrasonore Doppler* 1974; 34: S. 213-40.
- Rosenberg I, Schwarzenbach HR, Tuma J. „Knopfologie“ (Wichtige Geräteeinstellungen). *Praxis* 2012; 101: S. 1207-12.

- Schäberle W (2016) Ultraschall in der Gefäßdiagnostik: Therapieorientierter Leitfaden und Atlas, 4., vollständig überarbeitete Auflage edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. S. 1-49
- Schaffer H, Jäger T, Steiner H. Analyse des Blutflussmusters. In: Dopplersonographie in Geburtshilfe und Gynäkologie, 3., korrigierte Auflage edn. Steiner H, Schneider K-TM, eds. Berlin, Heidelberg: Springer 2012: S. 21-8.
- Schmidt G. Bildartefakte. In: Kursbuch Ultraschall: Nach den Richtlinien der DEGUM und der KBV, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage edn. Schmidt G, Görg C, eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015: S. 36-42.
- Stein J, Martin C. Physikalisch-technische Grundlagen. In: Kursbuch Ultraschall: Nach den Richtlinien der DEGUM und der KBV, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage edn. Schmidt G, Görg C, eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015: S. 29-35.
- Strauss AL (2001) Farbduplexsonographie der Arterien und Venen: Atlas und Leitfaden, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. S. 1-10
- Stuart B, Drumm J, FitzGerald DE, Duignan NM. FETAL BLOOD VELOCITY WAVEFORMS IN NORMAL PREGNANCY. BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology 1980; 87: S. 780-5.
- Szatmari V, Sotonyi P, Voros K. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a review. Vet Radiol Ultrasound 2001; 42: 93-107.
- Thrush A, Hartshorne T. Kapitel 3 - Dopplersonographie. In: Ultraschalldiagnostik peripherer Gefäße. Thrush A, Hartshorne T, eds. München: Urban & Fischer 2007: S. 23-33.
- von Engelhardt W. Kreislauf. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. von Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G, eds. Stuttgart: Enke Verlag 2015: S. 192-215.

## 2.2. Anatomie

- Abidu-Figueiredo M, Dias G, Cerutti S, Carvalho-De-Souza B, Maia R, Babinski M. Variations of celiac artery in dogs: anatomic study for experimental, surgical and radiological practice. Int. J. Morphol 2005; 23: 37-42.

- Abidu-Figueiredo M, Stocco AV, Santos-Sousa CA, Souza Junior P, Pires LAS, Babinski MA. Right circumcaval ureter and double right renal vein in the Brazilian shorthair cat (*Felis catus*): two case reports. *Folia Morphol (Warsz)* 2019; 78: 433-6.
- Afzelius BA, Carlsten J, Karlsson S. Clinical, pathologic, and ultrastructural features of situs inversus and immotile-cilia syndrome in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1984; 184: 560-3.
- Almeida GLG, Almeida MB, Freitas LX, Santos ACM, Mattos AV. Dextrocardia and Situs inversus in a Dog. *Veterinary World* 2012; 5: 369.
- August JR, Teer PA, Bartels JE. Kartagener's syndrome in a dog. *Journal American Animal Hospital Association* 1982; 18: 822-6.
- Bair TD. Bilateral reversal of internal organs of the cat. *Science* 1953; 118: 333.
- Barthez PY, Siemens LM, Koblik PD. AZYGOS CONTINUATION OF THE CAUDAL VENA CAVA IN A DOG: RADIOGRAPHIC AND ULTRASONOGRAPHIC DIAGNOSIS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1996; 37: 354-6.
- Bélangier R, Shmon CL, Gilbert PJ, Linn KA. Prevalence of circumcaval ureters and double caudal vena cava in cats. *Am J Vet Res* 2014; 75: 91-5.
- Bertolini G. The Abdominal Vasculature. In: *Body MDCT in Small Animals: Basic Principles, Technology, and Clinical Applications*. Bertolini G, ed. Cham: Springer International Publishing 2017: S. 55-94.
- Bertolini G. Anomalies of the Portal Venous System in Dogs and Cats as Seen on Multidetector-Row Computed Tomography: An Overview and Systematization Proposal. *Veterinary Sciences* 2019; 6: 10.
- Bertolini G, Diana A, Cipone M, Drigo M, Caldin M. Multidetector row computed tomography and ultrasound characteristics of caudal vena cava duplication in dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2014; 55: 521-30.
- Butler EG, McElroy WD, Puckett WO. On the relative frequency of variant types of the vena cava posterior in the cat. *Anat Rec* 1946; 94: 93-103.
- Cáceres AV, Zwingenberger AL, Aronson LR, Mai W. Characterization of normal feline renal vascular anatomy with dual-phase CT angiography. *Vet Radiol Ultrasound* 2008; 49: 350-6.

- Cahua J, Dias D, Gonzales-Viera O. Complete Situs Inversus in 2 Asymptomatic Dogs. *Top Companion Anim Med* 2015; 30: 68-71.
- Carrig CB, Suter PF, Ewing GO, Dungworth DL. Primary dextrocardia with situs inversus, associated with sinusitis and bronchitis in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1974; 164: 1127-34.
- Casteleyn C, Cornillie P, Van Cruchten S, Van Ginneken C. Left Retrocaval Ureter around the Ipsilateral Limb of a Double Caudal Vena Cava in a Cat. *J Comp Pathol* 2015; 152: 313-6.
- Cavrenne R, De Busscher V, Bolen G, Billen F, Clercx C, Snaps F. Primary ciliary dyskinesia and situs inversus in a young dog. *Vet Rec* 2008; 163: 54-5.
- Celona B, Crinò C, Bruno C, Di Pietro S, Giudice E. Renal Amyloidosis Associated With Kartagener Syndrome in a Dog. *Top Companion Anim Med* 2017; 32: 61-5.
- Choi M, Hwang G, Yoo H, Yoon J, Heo J, Lee K, Chang D. Radiographic diagnosis-situs inversus of abdominal organs in a dog. *Vet Radiol Ultrasound* 2001; 42: 423-5.
- Cornillie P, Baten T, Simoens P. Retrocaval ureter in a cat. *Vet Rec* 2006; 159: 24-5.
- Culp WT, Mayhew PD, Pascoe PJ, Zwingenberger A. ANGIOGRAPHIC ANATOMY OF THE MAJOR ABDOMINAL ARTERIAL BLOOD SUPPLY IN THE DOG. *Vet Radiol Ultrasound* 2015; 56: 474-85.
- Daniel GB, Edwards DF, Harvey RC, Kabalka GW. Communicating hydrocephalus in dogs with congenital ciliary dysfunction. *Dev Neurosci* 1995; 17: 230-5.
- De Palma V, Martello A, Bacci G, Ricciardi M. Common venous renal trunk in two dogs: Multidetector computed tomographic imaging findings. *J Vet Med Sci* 2019; 81: 66-70.
- Dennis R. Assessment of location of the celiac and cranial mesenteric arteries relative to the thoracolumbar spine using magnetic resonance imaging. *Vet Radiol Ultrasound* 2005; 46: 388-90.
- Doust RT, Clarke SP, Hammond G, Paterson C, King A. Circumcaval ureter associated with an intrahepatic portosystemic shunt in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 2006; 228: 389-91.

- Duconseille AC, Louvet A, Lazard P, Valentin S, Molho M. Imaging diagnosis-- left retrocaval ureter and transposition of the caudal vena cava in a dog. *Vet Radiol Ultrasound* 2010; 51: 52-6.
- Durant AM. What is your diagnosis? Thoracic and abdominal situs inversus totalis. *J Am Vet Med Assoc* 2008; 232: 197-8.
- Edwards DF, Kennedy JR, Toal RL, Maddux JM, Barnhill MA, Daniel GB. Kartagener's syndrome in a chow chow dog with normal ciliary ultrastructure. *Vet. Pathol.* 1989; 26: 338-40.
- Enge I, Flatmark A. Selective Coeliac and Hepatic Artery Angiography in Normal Dogs. *Scand J Gastroenterol* 1972; 7: 361-8.
- Evans HE, de Lahunta A (2013) *Miller's Anatomy of the Dog*, 4th Edition edn. Elsevier, St. Louis, Missouri. S. 505 - 34
- Fischetti AJ, Kovak J. Imaging diagnosis: azygous continuation of the caudal vena cava with and without portocaval shunting. *Vet Radiol Ultrasound* 2008; 49: 573-6.
- Foodman MS, Giger U, Stebbins K, Knight D. Kartagener's syndrome in an old miniature poodle. *Journal of Small Animal Practice* 1989; 30: 96-100.
- Funk AJ, Tobias TA, Conley B. What is your diagnosis? A single extrahepatic portoazygos shunt with aplasia of the caudal vena cava and hypertrophy of the left azygous vein. *J Am Vet Med Assoc* 2001; 219: 1207-8.
- Ghiringhelli M, Brizzola S, Acocella F, Coretti D (2016) Clinical anatomy of the celiac trunk in the dog: application for elective surgery or surgical emergency. In: 70° Convegno S.I.S.Vet. Ed S.I.S.VET-S.I.C.V. Società Italiana delle Scienze Veterinarie, Palermo. S. 217-8
- Gorissen BMC, Moens HC, Wolschrijn CF. A Rare Anatomical Variation: A Case of a Common Celiacomesenteric Trunk in a Cat. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 2014; 43: 317-9.
- Graves RC, Davidoff LM. Anomalous Relationship of the Right Ureter to the Inferior Vena Cava. *Journal of Urology* 1922; 8: 75-80.
- Harder MA, Fowler D, Pharr JW, Tryon KA, Shmon C. Segmental aplasia of the caudal vena cava in a dog. *Can Vet J* 2002; 43: 365-8.

- Heinze W. [UNILATERAL RENAL AGENESIS, DUPLICATION OF THE VENA CAVA CAUDALIS AND PERSISTENCE OF NEPHROGENIC TISSUE IN A DOG]. *Anat Anz* 1965; 116: 92-8.
- Hickman J, Edwards JE, Mann FC. Venous anomalies in a dog. I. Absence of the portal vein. II. Continuity of lower part of inferior vena cava with the azygos vein. *The Anatomical Record* 1949; 104: 137-46.
- Hough JD, Carlson B, Weitkamp RA, McLean RT. Situs inversus and intussusception in a dog. *Journal American Animal Hospital Association* 1979; 15: 335-7.
- Hunt GB, Bellenger CR, Borg R, Youmans KR, Tisdall PL, Malik R. Congenital interruption of the portal vein and caudal vena cava in dogs: six case reports and a review of the literature. *Vet Surg* 1998; 27: 203-15.
- International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature  
ICVGAN (2017) *Nomina Anatomica Veterinaria (N.A.V.)*, 6th edition  
(Revised version) edn. World Association of Veterinary Anatomists  
(W.A.V.A.), Hannover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO  
(U.S.A.), Rio de Janeiro (Brazil). S. 85-106
- Jerram RM, Warman CGA, Wu CTC. Echocardiographic and radiographic diagnosis: complete situs inversus in a cat. *Vet Radiol Ultrasound* 2006; 47: 313-5.
- Kartagener M. Zur Pathogenese der Bronchiektasien. Bronchiektasien bei situs inversus viscerum. *Beitr Klin Tuberk* 1933; 83: 489-501.
- Kayanuma H, Suganuma T, Shida T, Sato S. A canine case of partial heterotaxia detected by radiography and ultrasound. *J Vet Med Sci* 2000; 62: 897-9.
- Laborda J, Gimeno M, Dominguez L, Gil J. Anomalous caudal vena cava in the dog. *Vet Rec* 1996; 138: 20-1.
- Le Pommellet HM, Scansen BA, Mathys DA, Mollenkopf DF, Reeves L, Skinas ML, Patel M. Arterial anomalies of the celiac trunk and median arcuate ligament compression in dogs and cats assessed by computed tomography angiography. *Veterinary Surgery* 2018; 47: 252-60.
- Lockwood AJ, Sinnott-Stutzman VB, Mouser PJ, Tsai SL. Azygos continuation of the caudal vena cava with segmental aneurysm, lung lobe torsion and pulmonary thromboembolism in a dog. *Clin Case Rep* 2018; 6: 363-9.

- Lohse CL, Selcer RR, Suter PF. Hepatoencephalopathy associated with situs inversus of abdominal organs and vascular anomalies in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1976; 168: 681-8.
- Martin JE, Gerrity LW. Azygos continuation of the caudal vena cava in a dog [Malformations]. *Southwestern Veterinarian* 1980; 33: 155-7.
- Mattoon JS, Berry CR. Abdominal Ultrasound Scanning Techniques. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 105-37.
- May NDS. Absence of the prerenal segment of the posterior vena cava of the dog. *Australian Veterinary Journal* 1960; 36: 67-8.
- McClure RC, Constantinescu GM. An uncommon right azygos vein and caudal vena cava in the dog. *Anat Histol Embryol* 1987; 16: 84.
- Neil JA, Canapp Jr. SO, Cook CR, Lattimer JC. Kartagener's syndrome in a Dachshund dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 2002; 38: 45-9.
- Newman RJ, Egeler KM, Conkling AL, Savage MY. Multimodality imaging of an azygous continuation of the caudal vena cava in a dog with pulmonary thromboembolic disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2020; 61: E40-E4.
- Oishi Y, Tani K, Nakazawa H, Itamoto K, Haraguchi T, Taura Y. Anatomical evaluation of hepatic vascular system in healthy beagles using X-ray contrast computed tomography. *J Vet Med Sci* 2015; 77: 925-9.
- Oui H, Kim J, Bae Y, Oh J, Park S, Lee G, Jeon S, Choi J. Computed tomography angiography of situs inversus, portosystemic shunt and multiple vena cava anomalies in a dog. *J Vet Med Sci* 2013; 75: 1525-8.
- Pestana FM, dos Santos Roza M, Hernandez JMF, Silva BX, Abidu-Figueiredo M. Double renal artery in cat. *Semina: Ciências Agrárias* 2011; 32: 327-32.
- Pey P, Marcon O, Drigo M, Specchi S, Bertolini G. MULTIDETECTOR-ROW COMPUTED TOMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF PRESUMED PREURETERAL VENA CAVA IN CATS. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2015; 56: 359-66.
- Pfarrer C. Bauchhöhle. In: *Atlas der Anatomie des Hundes*, 9., vollständig überarbeitete Auflage edn. Reese S, Mülling C, Pfarrer C, Kölle S, Budras K-D, eds. Hannover: Schlütersche 2012: S. 100-7.

- Piantedosi D, Cortese L, Meomartino L, Di Loria A, Ciaramella P. Situs inversus totalis associated with subaortic stenosis, restrictive ventricular septal defect, and tricuspid dysplasia in an adult dog. *Can Vet J* 2011; 52: 1237-42.
- Reichler IM, Hoerauf A, Guscetti F, Gardelle O, Stoffel MH, Jentsch B, Walt H, Arnold S. Primary ciliary dyskinesia with situs inversus totalis, hydrocephalus internus and cardiac malformations in a dog. *J Small Anim Pract* 2001; 42: 345-8.
- Reis RH, Tepe P. Variations in the pattern of renal vessels and their relation to the type of posterior vena cava in the dog (*Canis familiaris*). *American Journal of Anatomy* 1956; 99: 1-15.
- Ricciardi M, Martino R, Assad EA. Imaging diagnosis--celiacomesenteric trunk and portal vein hypoplasia in a pit bull terrier. *Vet Radiol Ultrasound* 2014; 55: 190-4.
- Rieck AF, Reis RH. Variations in the pattern of renal vessels and their relation to the type of posterior vena cava in the cat (*Felis domestica*). *American Journal of Anatomy* 1953; 93: 457-74.
- Roza M, Marinho G, Pereira J, Salvador-Gomes M, Abidu-Figueiredo M. Celiac artery with a pulmonary branch in dog: a rare variation. *J. Morphol. Sci.* 2012; 29: 253-5.
- Roza MS, Pestana FM, Hernandez JMF, Silva BX, Abidu-Figueiredo M. Tronco celiaco-mesentérico em gato Celiac mesenteric trunk in cat. *Rev Port Ciencias Vet.* 2009; 104: 83-6.
- Ryu C, Choi S, Choi H, Lee Y, Lee K. CT variants of the caudal vena cava in 121 small breed dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2019; 60: 680-8.
- Salomon F-V, Gille U. Herz-, Kreislauf- und Abwehrsystem, *Angiologia*. In: *Anatomie für die Tiermedizin*, 4. Auflage edn. Salomon F-V, Geyer H, Gille U, eds. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2020: S. 454-9.
- Sammarco CD, Regan J, Ward CR, Buchanan JD. CAUDAL VENOUS RETURN THROUGH A LEFT AZYGOS VEIN IN A DOG. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1995; 36: 517-22.
- Schmidt DP, Schoenau LSF. Origem das artérias celiaca e mesentérica cranial por tronco comum em cão. *Ciência Rural* 2007; 37: 408-11.

- Schmidt S, Lohse CL, Suter PF. Branching patterns of the hepatic artery in the dog: arteriographic and anatomic study. *Am J Vet Res* 1980; 41: 1090-7.
- Schwarz T, Rossi F, Wray JD, ÅBlad B, Beal MW, Kinns J, Seiler GS, Dennis R, McConnell JF, Costello M. Computed tomographic and magnetic resonance imaging features of canine segmental caudal vena cava aplasia. *Journal of Small Animal Practice* 2009; 50: 341-9.
- Šehić M, Kiš I, Vnuk D, Hadžijunuzović Alagić D, Stanin D, Capak H. Three-dimensional multislice helical computed tomography in the diagnostics of vena azygos connection to the caudal vena cava in a dog-a case report. *Veterinarski arhiv* 2017; 87: 631-9.
- Sleight DR, Thomford NR. Gross anatomy of the blood supply and biliary drainage of the canine liver. *The Anatomical Record* 1970; 166: 153-60.
- Spaulding KA. A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs. *Vet Radiol Ultrasound* 1997; 38: 4-23.
- Steinhaus J, Berent AC, Weisse C, Eatroff A, Donovan T, Haddad J, Bagley D. Clinical Presentation and Outcome of Cats with Circumcaval Ureters Associated with a Ureteral Obstruction. *J Vet Intern Med* 2015; 29: 63-70.
- Stowater JL. Kartagener's Syndrome in a Dog. *Veterinary Radiology* 1976; 17: 174-7.
- Ursic M, Ravnik D, Hribernik M, Pecar J, Butinar J, Fazarinc G. Gross anatomy of the portal vein and hepatic artery ramifications in dogs: corrosion cast study. *Anat Histol Embryol* 2007; 36: 83-7.
- Vitums A. Anomaly of the Vena Cava Caudalis in a Dog. *Zentralbl Veterinarmed C* 1972; 1: 149-52.
- Vogel O. [Situs inversus in the cat]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1979; 92: 48-9.
- Vollmerhaus B. Harnorgane, Organa urinaria. In: Richard Nickel, August Schummer, Eugen Seiferle - *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 2: Eingeweide, 9., unveränderte Auflage* edn. Frewein J, Gasse H, Leiser R, Roos H, Thomé H, Vollmerhaus B, Waibl H, eds. Stuttgart: Parey 2004: S. 325-7.

- Waibl H, Wilkens H. Arterien, Arteriae; Venen, Venae. In: Richard Nickel, August Schummer, Eugen Seiferle - Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 3: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, 4., unveränderte Auflage edn. Habermehl K-H, Vollmerhaus B, Wilkens H, Waibl H, eds. Stuttgart: Parey 2005: S. 132-274.
- Wallace CR. Absence of posterior vena cava in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1960; 136: 27-8.
- Widmer WR, Mattoon JS, Vaden SL. Urinary Tract. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 583-634.
- Witsberger TH, Dismukes DI, Kelmer EY. Situs inversus totalis in a dog with a chronic diaphragmatic hernia. *J Am Anim Hosp Assoc* 2009; 45: 245-8.
- Zaid MS, Berent AC, Weisse C, Caceres A. Feline Ureteral Strictures: 10 Cases (2007–2009). *J Vet Intern Med* 2011; 25: 222-9.
- Zwingenberger AL, Schwarz T. Dual-phase CT Angiography of the Normal Canine Portal and Hepatic Vasculature. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2004; 45: 117-24.
- Zwingenberger AL, Spriet M, Hunt GB. Imaging diagnosis-portal vein aplasia and interruption of the caudal vena cava in three dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2011; 52: 444-7.

### **2.3. Dopplersonographie**

- Baltazar PI, Da Silva Moura L, Pessoa GT, De Sá Rodrigues RP, Sanches MP, Das Neves Diniz A, Das Chagas Araújo Sousa F, Guerra PC, Neves WC, Giglio RF, De Jesus Rosa Pereira Alves J, De Assis Leite Souza F, Braga JF, Alves FR. Comparative B-mode and Doppler renal ultrasonography with histopathological findings in dogs positive for canine visceral leishmaniasis. *Microsc Res Tech* 2016; 79: 637-45.
- Bertolini G. The Abdominal Vasculature. In: *Body MDCT in Small Animals: Basic Principles, Technology, and Clinical Applications*. Bertolini G, ed. Cham: Springer International Publishing 2017: S. 55-94.
- Boroffka SAEB, du Plessis WM. Milz. In: *Sono-Grundkurs für Tiermediziner: Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze - verstehen, erkennen, interpretieren*. du Plessis WM, ed. Stuttgart: Schattauer 2014: S. 45-65.

- Bragato N, Borges NC, Fioravanti MCS. B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. *Vet Res Commun* 2017; 41: 307-15.
- Brown Jr. JC, du Plessis WM. Harnapparat. In: *Sono-Grundkurs für Tiermediziner: Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze - verstehen, erkennen, interpretieren.* du Plessis WM, ed. Stuttgart: Schattauer 2014: S. 67-94.
- Carvalho CF, Chammas MC. Normal Doppler velocimetry of renal vasculature in Persian cats. *J Feline Med Surg* 2011; 13: 399-404.
- d'Anjou MA, Penninck D, Cornejo L, Pibarot P. Ultrasonographic diagnosis of portosystemic shunting in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound* 2004; 45: 424-37.
- d'Anjou M-A, Penninck D. Liver. In: *Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition* edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015a: S. 183-238.
- d'Anjou MA, Carmel EN. Abdominal Cavity, Lymph Nodes, and Great Vessels. In: *Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition* edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015: S. 455-80.
- d'Anjou MA, Penninck D. Adrenal Glands. In: *Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition* edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015b: S. 387-402.
- Finn-Bodner ST, Hudson JA. Abdominal vascular sonography. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1998; 28: 887-942.
- Gaschen L, Kircher P. Two-dimensional grayscale ultrasound and spectral Doppler waveform evaluation of dogs with chronic enteropathies. *Clin Tech Small Anim Pract* 2007; 22: 122-7.
- Gaschen L, Kircher P, Lang J, Gaschen F, Allenspach K, Grone A. Pattern recognition and feature extraction of canine celiac and cranial mesenteric arterial waveforms: normal versus chronic enteropathy - a pilot study. *Vet J* 2005; 169: 242-50.
- Griffin S. Feline abdominal ultrasonography: what's normal? what's abnormal? Hepatic vascular anomalies. *J Feline Med Surg* 2019; 21: 645-54.

- Hecht S, Mai W. Spleen. In: Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015: S. 239-58.
- Holloway A, Groot L, van der Schaaf K. Congenital absence of the portal vein in a cat. *JFMS Open Rep* 2018; 4: 1-5.
- Kantrowitz BM, Nyland TG, Fisher P. ESTIMATION OF PORTAL BLOOD FLOW USING DUPLEX REAL-TIME AND PULSED DOPPLER ULTRASOUND IMAGING IN THE DOG. *Veterinary Radiology* 1989; 30: 222-6.
- Kircher P, Lang J, Blum J, Gaschen F, Doherr M, Sieber C, Gaschen L. Influence of food composition on splanchnic blood flow during digestion in unsedated normal dogs: a Doppler study. *Vet J* 2003; 166: 265-72.
- Kircher PR, Spaulding KA, Vaden S, Lang J, Doherr M, Gaschen L. Doppler ultrasonographic evaluation of gastrointestinal hemodynamics in food hypersensitivities: a canine model. *J Vet Intern Med* 2004; 18: 605-11.
- Kopp H, Ludwig M (2017a) Checkliste Doppler- und Duplexsonografie, 5., überarbeitete Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S. 183-234
- Kopp H, Ludwig M (2017b) Checkliste Doppler- und Duplexsonografie, 5., überarbeitete Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S. 305-7
- Kovacevic A. Feline Aortenthrombose–Ist eine Prophylaxe sinnvoll? *kleintier konkret* 2014; 17: S. 22-6.
- Lamb CR. Ultrasonography of portosystemic shunts in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1998; 28: 725-53.
- Lamb CR, Mahoney PN. COMPARISON OF THREE METHODS FOR CALCULATING PORTAL BLOOD FLOW VELOCITY IN DOGS USING DUPLEX-DOPPLER ULTRASOUND IMAGING. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1994; 35: 190-4.
- Larson MM, Mattoon JS, Lawrence Y, Sellon RK. Liver. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 355-421.
- Lee K, Choi M, Yoon J, Jung J. Spectral waveform analysis of major arteries in conscious dogs by Doppler ultrasonography. *Vet Radiol Ultrasound* 2004; 45: 166-71.

- Lisciandro GR. POCUS: Vascular – Veins and Arteries. In: Point-of-Care Ultrasound Techniques for the Small Animal Practitioner, Second edition edn. Lisciandro GR, ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell 2021: S. 529-39.
- Mattoon JS, Berry CR. Abdominal Ultrasound Scanning Techniques. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 105-37.
- Mattoon JS, Duffy M. Spleen. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 422-60.
- Morrow KL, Salman MD, Lappin MR, Wrigley R. COMPARISON OF THE RESISTIVE INDEX TO CLINICAL PARAMETERS IN DOGS WITH RENAL DISEASE. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 1996; 37: 193-9.
- Nakata TM, Tanaka R, Hamabe L, Yoshiyuki R, Kim S, Suzuki S, Aytemiz D, Huai-Che H, Shimizu M, Fukushima R. Transarterial coil embolization of an abdominal aortocaval fistula in a dog. *J Vet Intern Med* 2014; 28: 656-60.
- Neelis DA, Mattoon JS, Sellon RK. Adrenal Glands. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 566-82.
- Neelis DA, Mattoon JS, Slovak JE, Sellon RK. Gastrointestinal Tract. In: Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 491-525.
- Novellas R, Espada Y, Ruiz de Gopegui R. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound* 2007; 48: 69-73.
- Nuffer Z, Rupasov A, Bekal N, Murtha J, Bhatt S. Spectral Doppler ultrasound of peripheral arteries: a pictorial review. *Clin Imaging* 2017; 46: 91-7.
- Nyland TG, Fisher PE. EVALUATION OF EXPERIMENTALLY INDUCED CANINE HEPATIC CIRRHOSIS USING DUPLEX DOPPLER ULTRASOUND. *Veterinary Radiology* 1990; 31: 189-94.
- Ostrowska J, Kielbowicz Z, Zaleska-Dorobisz U, Atamaniuk W, Pietsch-Fulbiszewska A, Kinda W. Resistive index (RI) obtained in renal interlobar arteries of normal dogs and cats by means of Doppler ultrasonography. *Pakistan Veterinary Journal* 2016; 36: 45-8.

- Penninck D, d'Anjou M-A. Gastrointestinal Tract. In: Atlas of Small Animal Ultrasonography, 2nd Edition edn. Penninck D, d'Anjou M-A, eds. Ames, Iowa [u.a.]: Wiley-Blackwell 2015: S. 259-308.
- Plested MJ, Drees R. Survey of surgical specialists' content preferences in radiology reports for extrahepatic portosystemic shunts. *Vet Radiol Ultrasound* 2019; 60: 316-22.
- Plested MJ, Zwingenberger AL, Brockman DJ, Hecht S, Secrest S, Culp WTN, Drees R. Canine intrahepatic portosystemic shunt insertion into the systemic circulation is commonly through primary hepatic veins as assessed with CT angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2020; 61: 519-30.
- Riesen S, Schmid V, Gaschen L, Busato A, Lang J. Doppler measurement of splanchnic blood flow during digestion in unsedated normal dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2002; 43: 554-60.
- Rivers BJ, Walter PA, Polzin DJ, King VL. Duplex doppler estimation of intrarenal pourcelot resistive index in dogs and cats with renal disease. *J Vet Intern Med* 1997; 11: 250-60.
- Seiler GS. Leber. In: Sono-Grundkurs für Tiermediziner: Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze - verstehen, erkennen, interpretieren. du Plessis WM, ed. Stuttgart: Schattauer 2014: S. 95-120.
- Spaulding KA. A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs. *Vet Radiol Ultrasound* 1997; 38: 4-23.
- Specchi S, Rossi F, Weisse C, Morabito S, Petrovitch NP, Drees R, Thierry F, Ricciardi M, Penchome R, Armenise A, Pey P, Paek M, Panopoulos I, Nicoli S, Schwarz T. Canine and feline abdominal arterioportal communications can be classified based on branching patterns in computed tomographic angiography. *Vet Radiol Ultrasound* 2018; 59: 687-96.
- Szatmari V, Sotonyi P, Voros K. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a review. *Vet Radiol Ultrasound* 2001; 42: 93-107.
- Tipisca V, Murino C, Cortese L, Mennonna G, Auletta L, Vulpe V, Meomartino L. Resistive index for kidney evaluation in normal and diseased cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 2016; 18: 471-5.

White RN, Warren-Smith C, Shales C, Parry AT. Classification of portosystemic shunts entering the caudal vena cava at the omental foramen in dogs. *J Small Anim Pract* 2020; 61: 659-68.

Widmer WR, Mattoon JS, Sellon RK. Peritoneal Fluid, Lymph Nodes, Masses, Peritoneal Cavity, and Great Vessel Thrombosis. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 526-43.

Widmer WR, Mattoon JS, Vaden SL. Urinary Tract. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 4th Edition edn. Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR, eds. St. Louis, Missouri: Elsevier 2021: S. 583-634.

### **3. Tiere**

Für die Erstellung der Ultraschallbilder und -videos für das Lernprogramm wurden ausschließlich private Hunde verwendet, die sehr gut an die abdominale Ultraschalluntersuchungen gewöhnt waren. Darunter waren vor allem eine sechsjährige Mischlings-Hündin (20 kg) und eine dreijährige Lagotto Romagnolo-Hündin (11 kg). Die Ultraschalluntersuchungen erfolgten ohne jegliche Fixierung oder weitere Hilfspersonen, sodass eine stressfreie Durchführung für die Tiere gewährleistet wurde. Die zeitliche Dauer der einzelnen Untersuchungen wurde zudem so kurz wie möglich gehalten und die Tiere konnten zu jedem Zeitpunkt aufstehen oder sich frei bewegen. An abdominale Ultraschalluntersuchungen gewöhnte Katzen standen nicht zur Verfügung.

Zudem wurden Ultraschallbilder von Tieren verwendet, bei denen eine abdominale Ultraschalluntersuchung wegen des klinischen Verdachts auf eine Gefäßanomalie, wie z.B. eines portosystemischen Shunts, von Priv.-Doz. Dr. Sven Reese durchgeführt wurde. Diese Ultraschalluntersuchungen wurden im Prof. Cordula Poulsen Nautrup Ultraschalllabor des Lehrstuhls für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt. Die Bilder wurden von Priv.-Doz. Dr. Sven Reese für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt.

Weiterhin wurde ein Ultraschallvideo verwendet, welches im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung von Priv.-Doz. Dr. Sven Reese aufgenommen wurde. Hierfür stand eine fünfjährige Labradorhündin (26 kg) zu Verfügung, welche als

Probandin für praktische Ultraschall-Übungen vom Veranstalter der Fortbildung organisiert wurde. Das Video wurde von Priv.-Doz. Dr. Sven Reese für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt.

Des Weiteren wurden Ultraschallbilder verwendet, welche von der Tierärztlichen Praxis Christoph Schroth, mit Sitz in Biebesheim am Rhein, erstellt wurden. Diese entstanden im Rahmen einer diagnostischen Abklärung bei einem etwa elfjährigen Mischlingsrüden (10 kg), bei welchem Harnblasensteine festgestellt wurden. Die Bilder wurden von der Tierärztlichen Praxis Christoph Schroth für das Grundlagen-Unterkapitel „Artefakte“ des Lernprogrammes zur Verfügung gestellt.

#### **4. Bildmaterial von externen Quellen**

Für die Erstellung des Lernprogrammes wurde zusätzlich Bildmaterial von externen Quellen verwendet. Dies umfasst einerseits ein Ultraschallvideo im Triplexmodus für das Grundlagen-Unterkapitel „Technische Grundlagen“. Dieses wurde während einer Fortbildungsveranstaltung von Priv.-Doz. Dr. Sven Reese aufgenommen und für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt wurde (siehe auch Kapitel 3. Tiere).

Des Weiteren wurden zwei Ultraschallbilder einer humanmedizinischen Quelle aus dem Internet verwendet, welche vom Autor der Quelle für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt wurden (ASCHWANDEN, 2021). Außerdem wurden zwei Ultraschallbilder eingebaut, welche von der Tierärztlichen Praxis Christoph Schroth mit Sitz in Biebesheim am Rhein aufgenommen wurden. Diese stellte die Bilder ebenfalls für das Lernprogramm zur Verfügung (siehe auch Kapitel 3. Tiere). Sämtliche oben genannte Ultraschallbilder wurden im Grundlagen-Unterkapitel „Artefakte“ des Lernprogrammes verwendet.

Zusätzlich stellte die Firma Esaote professionelle Werbebilder des verwendeten Ultraschallgerätes MyLab9VET zur Verfügung, welche in das Kapitel „Geräteeinstellungen“ des Lernprogrammes eingesetzt wurden.

#### **5. Evaluation**

Die Evaluation des Lernprogrammes erfolgte mittels einer an eine Gruppe von Tiermedizinstudierenden gerichteten Umfrage. Dies erfolgte im Rahmen des

Wahlpflichtfaches „Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)“ im Sommersemester 2021. Der zugehörige Kurs auf der Lernplattform Moodle, welcher in Abbildung 5 dargestellt ist, bot zudem die Möglichkeit eine Umfrage gezielt an die teilnehmenden Studierenden zu richten.

Aufgrund der Wahl des Wahlpflichtfaches konnte bei den Teilnehmern von einem Interesse am Thema Ultraschall ausgegangen werden. Da die Zielgruppe des Lernprogrammes und somit auch der Evaluation Tiermedizinstudierende mit Interesse am Thema Kleintiersonographie sind, erschien dieses Wahlpflichtfach als ein geeigneter Rahmen für die Umfrage.

Zur Anerkennung der Teilnahme am Wahlpflichtfach wurde regelmäßig die Anwesenheit in den Vorlesungen kontrolliert. Hierdurch konnte eine möglichst große Zahl an Studierenden, trotz der durch die Corona-Pandemie stattfindenden Online-Lehre, erreicht werden. Insgesamt haben im Sommersemester 2021 siebenundneunzig Studierende an dem Wahlpflichtfach teilgenommen. Die Evaluation des Lernprogrammes erfolgte auf freiwilliger Basis im Anschluss an eine Präsentation in der letzten Vorlesungsveranstaltung.

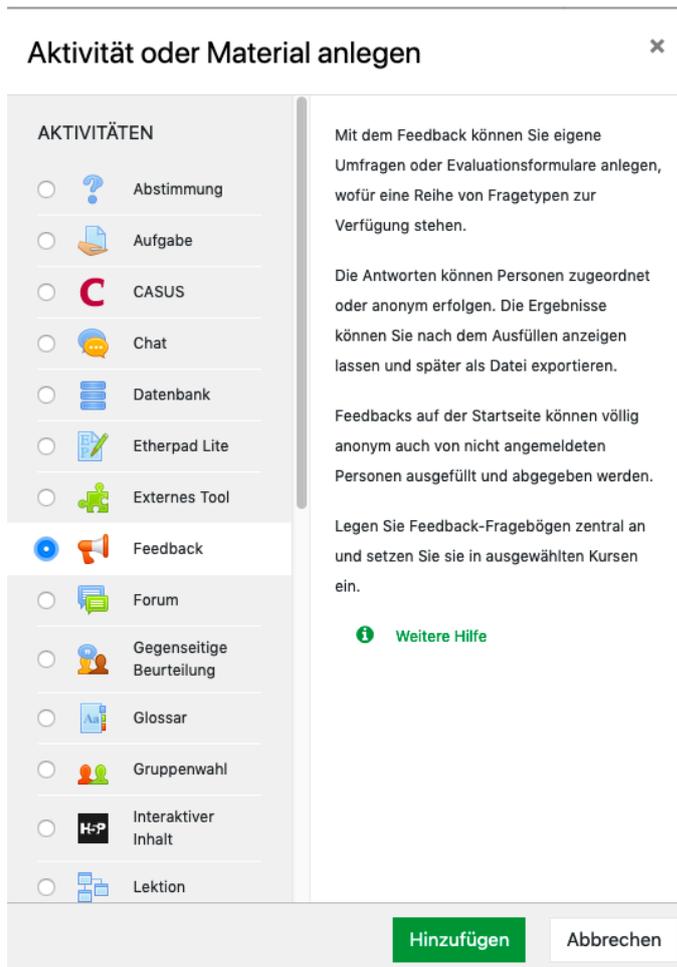


**Abbildung 5: Moodle-Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021**

### 5.1. Erstellung der Umfrage

Für die Umfrage wurde zunächst eine Vorlage mit Fragen mittels des Textverarbeitungsprogrammes Microsoft Word für Mac (Version 16.16.27) der Firma Microsoft verfasst und im Dateiformat .docx abgespeichert.

Mit Hilfe der Lernplattform Moodle wurde im Kurs „Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)“ im Sommersemester 2021 für die Vorlesungsveranstaltung „11. Vorlesung am 28.06.2021 über ZOOM: Evaluierung Dopplersonographie“ eine Umfrage erstellt. Dafür wurde die vorgegebene Feedback-Funktion der Lernplattform Moodle verwendet, welche in Abbildung 6 vorgestellt wird und die Umfrage mit dem Namen „Evaluation Lernprogramm - abdominale Dopplersonographie bei Hund & Katze“ angelegt.



**Abbildung 6: Moodle-Lernplattform mit Feedback-Funktion zur Erstellung von Umfragen**

Es wurde eine Beschreibung mit der Begrüßung der Studierenden hinzugefügt und die Verfügbarkeit der Umfrage für den gewählten Termin am Montag, den 28. Juni 2021 zwischen 12:15 Uhr und 14:00 Uhr festgelegt. Weiterhin wurde die Einstellung gewählt, die Umfrage anonym durchzuführen. Unter dem Reiter „Nach der Abgabe“, wie in Abbildung 7 zu sehen, konnte die Abschlussmitteilung mit dem Dank an die Studierenden ergänzt werden.

Feedback zu '11. Vorlesung am 28.06.2021 über ZOOM: Evaluierung Dopplersonographie' hinzufügen

Alles aufklappen

Allgemeines

Name !

Beschreibung

Beschreibung im Kurs zeigen

Verfügbarkeit

Einstellungen für Fragen und Einträge

Nach der Abgabe

Weitere Einstellungen

Voraussetzungen

Speichern und zum Kurs Speichern und anzeigen Abbrechen

Pflichtfelder !

**Abbildung 7: Moodle-Lernplattform mit verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten zur Erstellung einer Umfrage**

Anschließend wurden mit Hilfe der verschiedenen vorgegebenen Einstellungsmöglichkeiten und der zuvor ausgearbeiteten Vorlage die einzelnen Fragen der Umfrage erstellt. Dabei wurden insgesamt sechsundvierzig Fragen angelegt, welche sich fast ausschließlich aus Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten im Multiple-Choice-Stil zusammensetzen. Für die meisten Fragen wurde die Vorgabe gewählt, dass jeweils nur eine der Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden kann, jedoch gab es auch eine Frage mit der Möglichkeit mehrere Antworten zu wählen. Dies sollte eine spätere Auswertung der Umfrage erleichtern, da eine größere Anzahl an Studierenden für die Umfrage vorgesehen wurde (2ASK, o. J.-b). Es wurde zudem die Einstellung gewählt, dass eine Beantwortung der einzelnen Fragen obligatorisch ist zum Abschließen der Umfrage. Einzig für die letzte Frage zu Anregungen oder Kommentaren wurde die Möglichkeit zur Freitexteingabe gegeben und die Beantwortung der Frage war fakultativ. Abschließend wurde die Umfrage im Kurs abgespeichert und es bestand die Möglichkeit, sich diese wie in Abbildung 8 anzeigen zu lassen.

The screenshot shows a Moodle course page. At the top, there is a navigation bar with 'STARTSEITE', 'DASHBOARD', 'HILFE', and 'DEUTSCH (DE)'. The course title is 'Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)'. Below the title, there is a breadcrumb trail: 'Startseite > Meine Kurse > ... > Wahlpflichtfächer > Echokardiographie bei Hund und Katze > 11. Vorlesung am 28.06.2021 über ZOOM: Evaluierung Dopplersonographie > Evaluation "Lernprogramm - abdominale Dopplersonographie bei Hund & Katze"'. The main content area has a title 'Evaluation "Lernprogramm - abdominale Dopplersonographie bei Hund & Katze"' and a sub-menu with 'Überblick', 'Elemente bearbeiten', 'Vorlagen', 'Auswertung', and 'Einträge anzeigen'. The text reads: 'Liebe Studierende, der folgende Fragebogen dient der Beurteilung des im Rahmen meiner Dissertation erstellten Lernprogrammes. Zur Aufdeckung möglicher Stärken und Schwächen ist eine kurze Beurteilung durch Sie als vorgesehene Nutzerinnen und Nutzer daher von großem Wert. Die Beantwortung der Fragen dauert ca. 15 Minuten. Die erhobenen Daten werden anonymisiert behandelt und dienen ausschließlich der Evaluation des Lernprogrammes, ein Rückschluss auf Ihre Identität ist ausgeschlossen.' Below this, there is an 'Überblick' section with statistics: 'Ausgefüllte Feedbacks: 38', 'Fragen: 46', 'Antworten erlaubt ab: Montag, 28. Juni 2021, 12:15', and 'Antworten erlaubt bis: Montag, 28. Juni 2021, 14:00'. There is also an 'Abschlussmitteilung' section with the text 'Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !' and a navigation bar at the bottom showing '1 Einführung' and a 'Direkt zu:' dropdown menu.

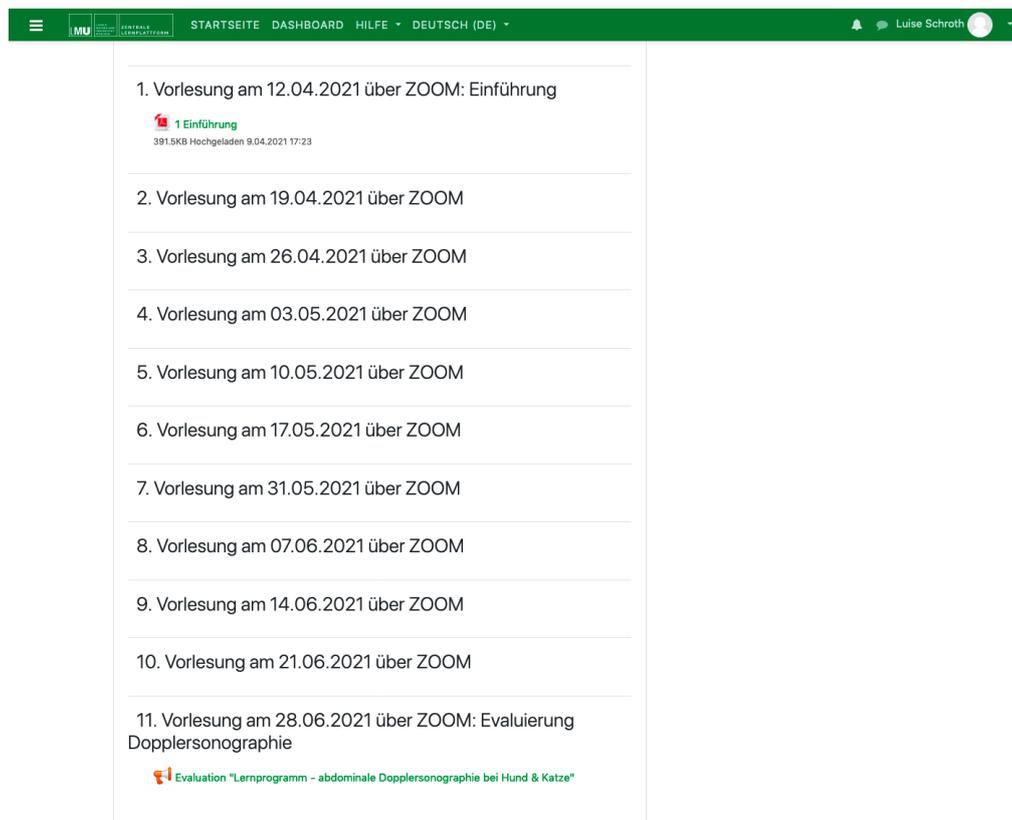
**Abbildung 8: Moodle-Lernplattform mit Anzeige der abgespeicherten Umfrage zum Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021**

## 5.2. Präsentation des Lernprogrammes

Den teilnehmenden Studierenden des Wahlpflichtfaches „Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)“ im Sommersemester 2021 wurde im Rahmen der vorherigen Vorlesungen das Datum der Präsentation mit anschließender Evaluation des Lernprogrammes angekündigt. Im Rahmen der letzten Vorlesungsveranstaltung des Wahlpflichtfaches „11. Vorlesung am 28.06.2021 über ZOOM: Evaluierung Dopplersonographie“ wurde den Teilnehmern das Lernprogramm über ein Online-Meeting präsentiert. Für das Online-Meeting wurde das Videotelefonkonferenz-Softwareprogramm Zoom der Firma Zoom Video Communications verwendet. Den Studierenden wurde mittels der Funktion „Bildschirm teilen“ das Lernprogramm in einer Live-Übertragung vorgeführt. Im Rahmen der Präsentation hatten die Studierenden die Möglichkeit, Fragen zum Lernprogramm zu stellen. Anschließend wurden die Studierenden gebeten an der Umfrage teilzunehmen, dies erfolgte jedoch auf freiwilliger Basis.

### 5.3. Durchführung der Umfrage

Den Studierenden wurde im Rahmen der Präsentation des Lernprogrammes gezeigt, wie sie zu der Umfrage gelangen. Diese wurde ihnen über die Lernplattform Moodle zur Verfügung gestellt. Dafür konnten sich die Studierenden in Moodle über ihr Benutzerkonto anmelden und den Kurs des Wahlpflichtfaches „Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)“ anwählen. Dort wurden ihnen die verschiedenen Vorlesungstermine aufgelistet. Unter dem letzten Vorlesungstermin wurde wie in Abbildung 9 der Link zur Umfrage angezeigt. Durch Anklicken des Links wurde die Moodle-interne Umfrage geöffnet und konnte von den Studierenden bearbeitet werden. Während der Bearbeitung der Umfrage konnten die Studierenden Fragen zur Umfrage über das parallel weiterlaufende Online-Meeting mit Zoom stellen.

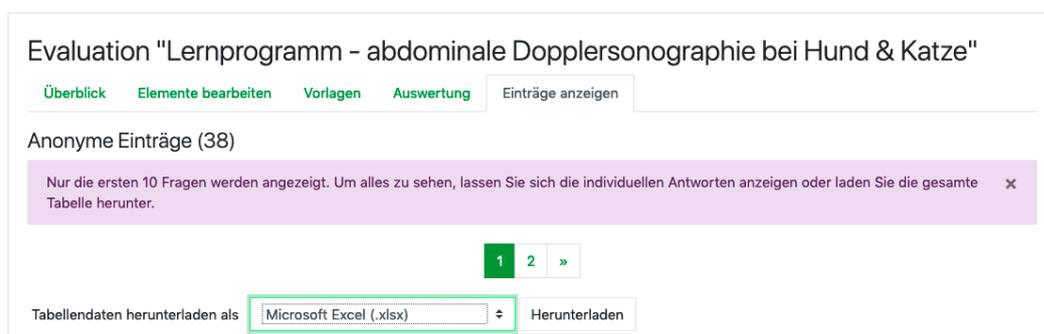


**Abbildung 9: Moodle-Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021 mit Link zur Umfrage für die Evaluation**

### 5.4. Statistische Auswertung der Umfrage

Über die Lernplattform Moodle konnten im Anschluss an die Umfrage Tabellen mit den enthaltenen Umfragedaten & -ergebnissen heruntergeladen werden. Dafür

standen die verschiedenen Dateiformate .csv, .xlsx, .html, .json, .ods und .pdf zur Verfügung. Für die nachfolgende statistische Auswertung wurde, wie in Abbildung 10 dargestellt, das Dateiformat .xlsx gewählt. In einer der Excel-Dateien wurde bereits eine prozentuale Häufigkeitsverteilung der ausgewählten Antwortmöglichkeiten ausgegeben. Anschließend wurden die Tabellendaten in die Statistiksoftware SPSS Statistics (Version 28.0) der Firma IBM übernommen. Es folgte eine manuelle Zuordnung von Zahlenwerten zu den einzelnen Antwortmöglichkeiten, um die Übernahme der Rangordnung zu gewährleisten und eine statistische Auswertung durch die Software zu ermöglichen. Mittels Kreuztabellen und des Zusammenhangsmaß Somers' d für ordinalskalierte Merkmale wurde ermittelt, ob ein statistisch relevanter Zusammenhang zwischen ausgewählten Fragen besteht. Durch die vorgegebene Rangfolge der Antwortmöglichkeiten konnte somit auch die Richtung des Zusammenhangs als positiv oder negativ ausgegeben werden, ebenso wie dessen Ausprägung. Es wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  vorgegeben und bei einem Signifikanzwert von  $p < 0,05$  wurde ein Zusammenhang als statistisch signifikant beurteilt.



**Abbildung 10: Tabellendaten werden nach der Umfrage von Moodle zum Download zur Verfügung gestellt**

## **IV. ERGEBNISSE**

### **1. Lernprogramm**

Im Rahmen der Dissertation wurde ein webbasiertes Lernprogramm zum Thema abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze entwickelt. Dieses ist vorrangig an Tiermedizinstudierende gerichtet, welche Interesse an der Sonographie von abdominalen Gefäßen haben und mehr zu den Einsatzmöglichkeiten der Dopplersonographie in diesem Bereich lernen möchten. Es ermöglicht eine selbstständige Wissensaneignung durch die Nutzer und wurde softwareergonomisch so entworfen, dass eine möglichst einfache und selbsterklärende Anwendung gelingt.

#### **1.1. Aufbau der HTML-Dokumente**

Die einzelnen HTML-Dokumente des Lernprogrammes bauen alle auf dem gleichen Grundgerüst auf und folgen dabei einer hierarchischen Struktur. In dieser wird zuerst der Dokumententyp deklariert, indem die Angabe `<!doctype html>` in der ersten Zeile gemacht wird. Damit wird dem Browser die Art des anzuzeigenden Dokumentes vorgegeben, im Falle des Lernprogrammes also nach HTML5-Standard aufgebaute HTML-Dokumente.

Es folgen die Elemente, welche im Grundgerüst aus dem `html`-, `head`- und `body`-Element bestehen. Die Elemente werden in der Regel als Tagpaare ausgegeben und setzen sich aus einem Start- und einem Endtag zusammen, z.B. `<html></html>`. Alle Tags werden von sich öffnenden und schließenden spitzen Klammern begrenzt, jedoch enthält der Endtag zusätzlich einen Schrägstrich. Die Elemente sind entsprechend der hierarchischen Struktur ineinander verschachtelt. Das `html`-Element gilt als Wurzelement, welches sich als erstes öffnet und als letztes schließt. Es rahmt somit das folgende `head`- und `body`-Element ein und enthält bereits die Information, in welcher Sprache der Seiteninhalt ausgegeben wird. Dies wird durch den Zusatz des in Abbildung 11 zu sehenden `lang`-Attributes (`language` (engl.) = Sprache) erreicht, welches durch die Deklaration `<html lang="de">` die deutsche Sprache für das HTML-Dokument festlegt.



**Abbildung 11: Grundgerüst eines HTML-Dokuments mit Festlegung der deutschen Sprache im html-Element am Beispiel der in Brackets geöffneten "index.html"-Datei**

### 1.1.1. Kopf der HTML-Dokumente

Der Kopf der einzelnen HTML-Dokumente des Lernprogrammes besteht aus dem head-Element und wird durch die Tags `<head></head>` begrenzt. Hier werden dem Browser wichtige Metadaten zum folgenden body-Element, wie beispielsweise die verwendete Zeichenkodierung, vorgegeben.

In Abbildung 12 ist zu sehen, dass für das Lernprogramm im Kopf der einzelnen HTML-Dokumente mehrere Metadaten-Elemente verwendet wurden. Dies sind sogenannte Standalone-Tags, welche sich nicht aus Start- und End-Tag zusammensetzen, sondern nur aus einem einzelnen Tag bestehen. Statt eines eigenen Inhalts enthalten sie Attribute, welche die Eigenschaften und Gestaltungsmerkmale von HTML-Elementen definieren.



**Abbildung 12: Kopf eines HTML-Dokuments am Beispiel der in Brackets geöffneten "index.html"-Datei**

Für das Lernprogramm wird mit dem ersten meta-Element `<meta charset="utf-8">` im Kopf der einzelnen HTML-Dokumente die Zeichenkodierung UTF-8 festgelegt.

Anschließend wird mit dem Element `<meta name="description" content="Abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze">` in Abbildung 12 eine kurze Beschreibung des Websiteinhaltes gegeben. Dieses Element ist jedoch nur im Kopf der Startseite „index.html“ enthalten, da es für Suchmaschinen im

Internet bestimmt ist.

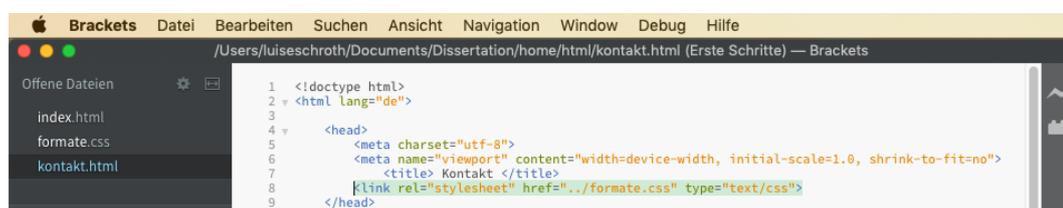
Im head-Element aller HTML-Dokumente folgen nun mehrere Anweisungen für das Ansichtsfenster, welche mit `<meta name="viewport" [...]>` adressiert werden. Damit soll ein responsives Verhalten erreicht werden, um das Lernprogramm auch auf mobilen Endgeräten aufrufen zu können.

Mit dem title-Element wird der Name im Kopf eines jeden HTML-Dokumentes angegeben und von den entsprechenden Tags `<title></title>` eingeschlossen. Dieser wird vom Browser in der Registerkarte, auch Tab genannt, wie in Abbildung 13 angezeigt.



**Abbildung 13: Der im title-Element festgelegte Name des HTML-Dokumentes, in diesem Fall der "index.html"-Datei, wird in der Registerkarte des Browsers Safari angezeigt**

Abschließend wird mit dem Standalone-Tag des link-Elements auf die CSS-Datei mit dem zu verwendenden Stylesheet verwiesen, wie in Abbildung 14 hervorgehoben. Dieses enthält die Layout-Vorgaben für das HTML-Dokument, wodurch es ermöglicht wird, Inhalt und Gestaltungsanweisungen zu trennen. Eine einzelne CSS-Datei kann entsprechend als Stilvorlage für die vielen einzelnen HTML-Dokumente einer Website dienen und Veränderungen sind schnell und einfach für alle Seiten gleichzeitig umzusetzen.



**Abbildung 14: Einbindung der CSS-Datei "formate.css" in das HTML-Dokument der "kontakt.html"-Datei mit dem Texteditor Brackets**

In der CSS-Datei kann die Anordnung strukturierender Elemente, sowie die Farb- und Schriftgestaltung der Website und vieles mehr festgelegt werden. Dafür stehen dem Anwender viele verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Website nach individuellen Vorstellungen zu gestalten. Es können aber auch kostenlose, frei

verfügbare Stylesheets aus dem Internet heruntergeladen und diese in den erstellten HTML-Dokumenten referenziert werden.

Im Falle des Lernprogrammes wurde eine eigene CSS-Datei mit dem Namen „formate.css“ angelegt und die Gestaltung der Website entsprechend der eigenen Ansprüche vorgenommen. Beispielhaft sind in Abbildung 15 CSS-Befehle zur Schriftgestaltung der p-Elemente für die Textabsätze in den HTML-Dokumenten abgebildet.

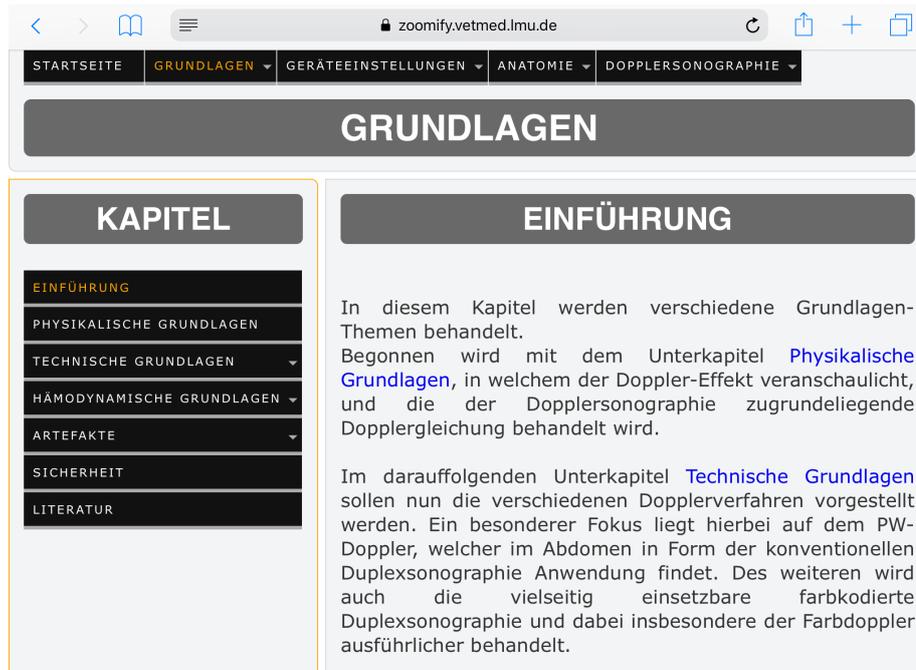


**Abbildung 15: CSS-Befehle in der "formate.css"-Datei für die Schriftgestaltung der p-Elemente (Textabsätze) in den HTML-Dokumenten**

### 1.1.2. Körper der HTML-Dokumente

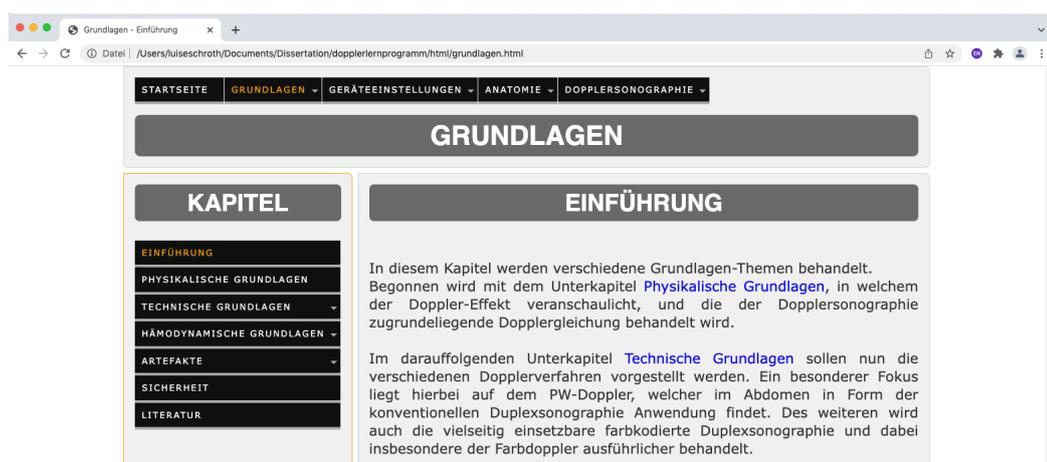
Der Körper der einzelnen HTML-Dokumente des Lernprogrammes besteht aus dem body-Element und wird durch die Tags `<body></body>` begrenzt. Was im body-Element enthalten ist, wird für den Nutzer im Ansichtsfenster seines Browsers sichtbar, es handelt sich also um den eigentlichen Inhalt der Webseite (W3C, 2013).

Ein responsives Grid-Layout für das body-Element in der CSS-Datei sollte gewährleisten, dass das Lernprogramm z.B. auch mit mobilen Endgeräten nutzbar ist. Da hier die Browser-Fenster schmaler sind, muss sich die Webseite flexibel anpassen können, wie es in Abbildung 16 demonstriert wird. Dies ist aber auch dann nützlich, wenn Nutzer ihr Browser-Fenster am Bildschirm anpassen wollen, weil sie z.B. mehrere Programme gleichzeitig nutzen und dementsprechend mehrere Ansichtsfenster nebeneinander passen müssen.



**Abbildung 16: Anzeige der Grundlagen-Einführungsseite des Lernprogrammes auf einem mobilen Endgerät (iPad) mit flexibler Anpassung an das schmalere Browser-Fenster**

Dem body-Element wurde zusätzlich in „format.css“ eine maximale Breite in einer relativen Maßeinheit vorgegeben (siehe Abbildung 17). Damit sollte verhindert werden, dass bei Verwendung breiter Bildschirme auch die Webseite im Ansichtsfenster des Browsers zu sehr in die Breite gezogen wird, da dies eine Lesbarkeit der Texte erschweren kann (SCHNEIDER, o. J.-b).



**Abbildung 17: Durch die Vorgabe einer maximalen Breite nimmt die Grundlagen-Einführungsseite nur einen Teil des breitgezogenen Ansichtsfensters im Browser ein, wodurch die Textzeilen nicht zu breit werden und gut lesbar bleiben**

### 1.1.2.1. Seitenstrukturierung nach HTML5-Standard

Für die Seitenstrukturierung des body-Elementes wurde entsprechend dem aktuellen Standard (SELFHTML, o. J.-a) mit HTML5-Elementen gearbeitet. Dafür wurden jeweils die gleichen Elemente verwendet, welche sich wie in Abbildung 18 aus dem Seitenkopf und -fuß (header & footer), sowie der Seitenleiste (aside) und dem Hauptinhalt (main) zusammensetzen. Die Anordnung dieser Elemente ist auf allen Seiten des Lernprogrammes einheitlich.



```
1 <!doctype html>
2 <html lang="de">
3
4 <head> ... </head>
11
12 <body>
13
14 <header> ... </header>
156
157 <aside> ... </aside>
165
166 <main> ... </main>
186
187 <footer> ... </footer>
193
194 </body>
195
196 </html>
```

**Abbildung 18: Seitenstrukturierung des body-Elementes mit HTML5-Elementen in der "index.html"-Datei**

### 1.1.2.2. Seitenkopf mit Hauptnavigationsleiste

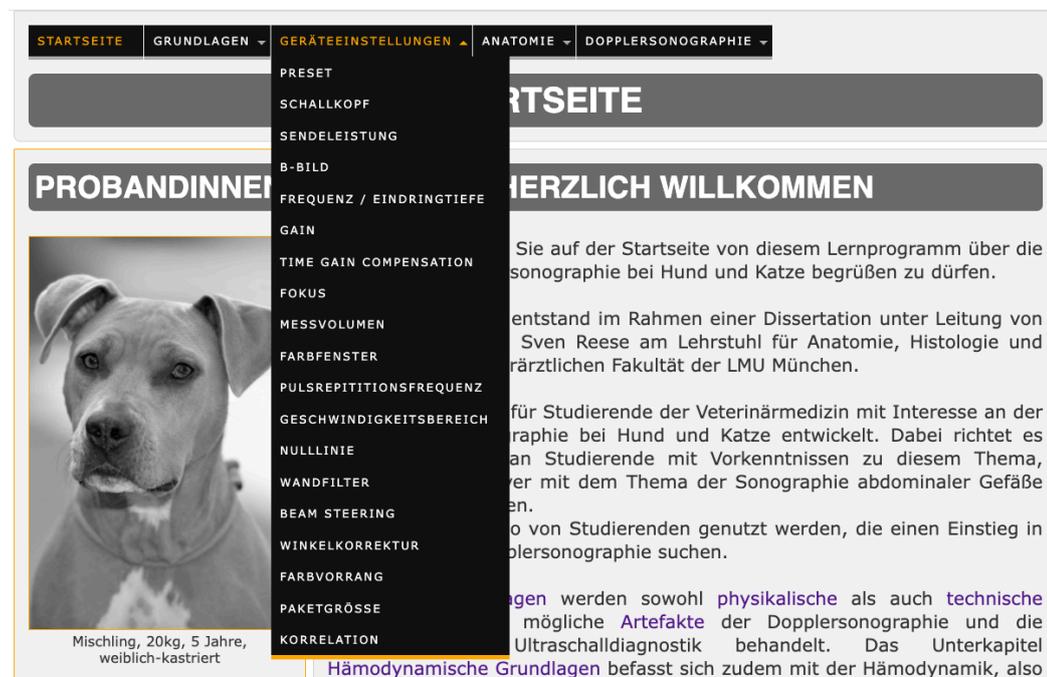
Der Seitenkopf, welcher durch die Tags `<header></header>` begrenzt wird, enthält die Hauptnavigationsleiste und darunter die Kapitel-Überschrift. Er wird immer am oberen Rand des Browser-Fensters angezeigt und dient dem Nutzer zur Steuerung und Orientierung im Lernprogramm.

Die Hauptnavigation wird durch ein `nav`-Element (navigation (engl.) = Navigation) umschlossen und ermöglicht es, abgesehen von der Kontaktseite, mit einem Klick sämtliche Seiten des Lernprogrammes aufzurufen. Zur besseren Orientierung ändert sich die Schriftfarbe der aktuell aufgerufenen Seite in der Navigationsleiste von weiß zu orange, wie in Abbildung 19 zu sehen.



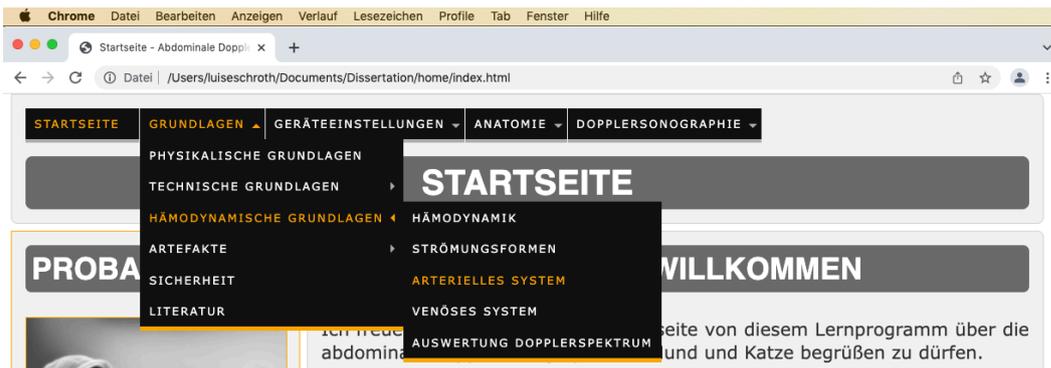
**Abbildung 19: Darstellung des Seitenkopfes der Startseite ("index.html"-Datei) im Browser Chrome, dieser enthält die Hauptnavigationsleiste mit geänderter Schriftfarbe der aufgerufenen Seite und die Kapitel-Überschrift**

In der Hauptnavigationsleiste sind Links zur Startseite und den vier Hauptkapiteln Grundlagen, Geräteeinstellungen, Anatomie und Dopplersonographie in einer horizontalen Anordnung enthalten. Sie ist als ein Dropdown-Menü aufgebaut, das heißt bei Überfahren der Navigationsleiste mit der Maus, können wie in Abbildung 20 weitere Unterkapitel ausgeklappt werden. Vorhandene Unterkapitel werden durch einen kleinen Pfeilkopf hinter dem jeweiligen Kapitelnamen markiert, um auf sie aufmerksam zu machen. Sämtliche Links der Hauptnavigation sind in HTML-Anker-Elemente mit den Tags `<a></a>` eingefasst und mittels des href-Attributes (hyper reference (engl.) = Hyper(text)-Referenz) wird jeweils auf die gewünschte HTML-Datei verwiesen.



**Abbildung 20: Hauptnavigationsleiste aufgebaut als Dropdown-Menü mit nach unten ausklappbaren Unterkapiteln und Markierung vorhandener Unterkapitel durch einen kleinen Pfeilkopf hinter dem Kapitelnamen**

Die Unterkapitel werden unterhalb des jeweiligen Hauptkapitels aufgeklappt, ihre Links werden dabei, wie in Abbildung 20 in vertikaler Anordnung aufgelistet. Ist eine Untergliederung eines Unterkapitels in weitere Unterkapitel vorhanden, wird auch dies durch einen Pfeilkopf hinter dem Kapitelnamen markiert. Diese Unterkapitel können seitlich des jeweiligen Überkapitels aufgeklappt werden und die enthaltenen Links werden auch hier vertikal untereinander aufgereiht, wie in Abbildung 21 zu sehen.



**Abbildung 21: Seitliches Aufklappen weiterer Unterkapitel im Dropdown-Menü und Gestaltung der entsprechenden Links in orangener Schriftfarbe**

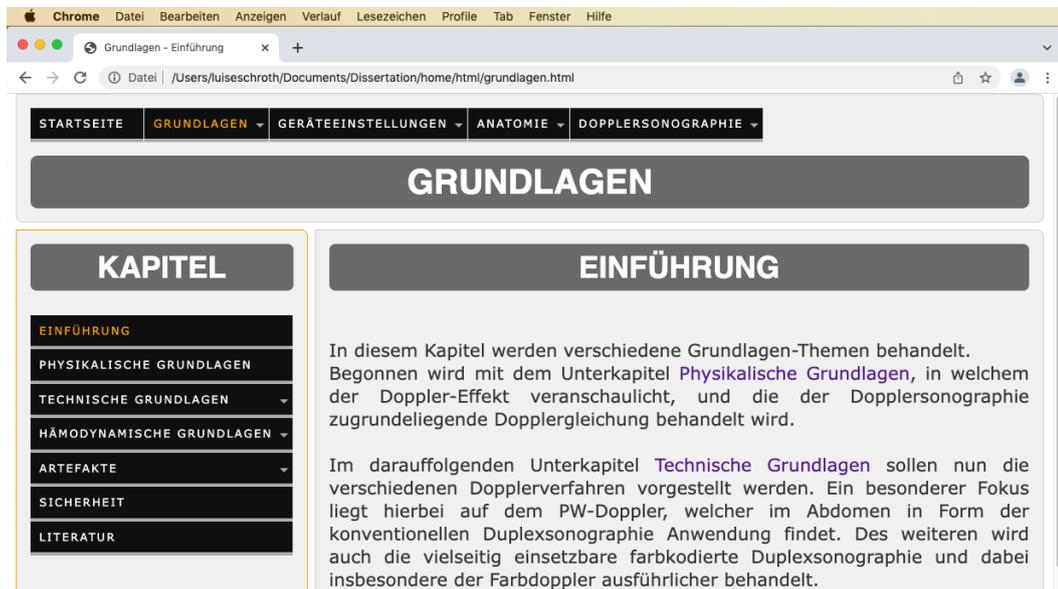
Im Dropdown-Menü ändert sich zusätzlich zur aktuell aufgerufenen Seite auch die Schriftfarbe des Feldes, auf welchem die Maus gerade ruht, von weiß zu orange, sowie die des jeweils zugehörigen Überkapitels. Das ist in Abbildung 21 beispielhaft dargestellt, wo zusätzlich zum Link der im Browser aufgerufenen Startseite, auch der des Grundlagen-Kapitels, sowie die der Unterkapitel „Hämodynamische Grundlagen“ und „Arteriell System“ in oranger Schrift dargestellt sind.

Die Kapitel-Überschrift im Seitenkopf soll eine zusätzliche Orientierungsstütze für den Nutzer darstellen. Sie wurde jeweils als h1-Element (heading (engl.) = Überschrift) angelegt, was sie als Überschrift erster Ordnung deklariert. Sie konnte anschließend durch CSS-Befehle nach eigenen Vorstellungen gestaltet werden.

### 1.1.2.3. Seitenleiste mit Kapitelnaviationsleiste

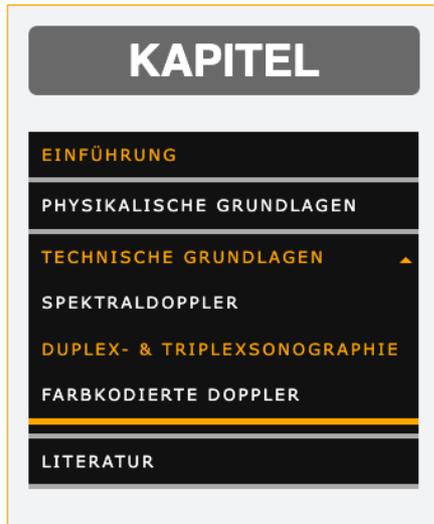
Die Seitenleiste, welche durch die Tags `<aside></aside>` begrenzt wird, enthält die Überschrift „Kapitel“ und die zusätzliche Kapitelnaviationsleiste. Sie befindet sich, wie in Abbildung 22 dargestellt, immer am linken Rand des Browser-Fensters und wird durch die orangefarbene Umrandung, insbesondere vom Hauptinhalt der

Seite, abgegrenzt. Die Kapitelnavigationsleiste dient dem Nutzer nicht nur als weiteres Steuerungsinstrument im Lernprogramm, sondern bietet ihm auch einen Überblick über die vorhandenen Unterkapitel des ausgewählten Kapitels.



**Abbildung 22: Darstellung der Seitenleiste am linken Rand des Browser-Fensters mit der enthaltenen zusätzlichen Kapitelnavigationsleiste**

Die Kapitelnavigation wird auch durch ein nav-Element umschlossen und die Links sind in HTML-Anker-Elemente mit den Tags `<a></a>` eingefasst. Mittels des href-Attributes wird wiederum auf die gewünschte html-Datei verwiesen. Sie ist grundsätzlich wie die Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf aufgebaut, hier sind die Überkapitel jedoch der Seitenstrukturierung entsprechend vertikal aufgelistet. Auch die Kapitelnavigation funktioniert als ein Dropdown-Menü, das heißt vorhandene Unterkapitel werden bei Überfahren der Navigationsleiste mit der Maus unterhalb des zugehörigen Kapitels aufgeklappt. Hier werden dabei jedoch darunter aufgeführte Kapitel kurzzeitig überlagert. Das Ende des ausgeklappten Dropdown-Menüs mit den Unterkapiteln wird durch einen orangenen Balken markiert, wie in Abbildung 23 zu sehen.



**Abbildung 23: Kapitelnavigationsleiste des Grundlagen-Kapitels mit ausgeklapptem Dropdown-Menü mit den Unterkapiteln von "Technische Grundlagen", welches die anderen Kapitel überlagert und dessen Ende durch einen orangen Balken markiert wird**

Ebenso wie in der Hauptnavigationsleiste, wird auf vorhandene Unterkapitel wieder durch einen kleinen Pfeilkopf hinter dem jeweiligen Kapitelnamen aufmerksam gemacht. Zudem ändert sich auch hier zusätzlich zur aktuell aufgerufenen Seite die Schriftfarbe des Feldes, auf welchem die Maus gerade ruht, von Weiß zu Orange, sowie die des zugehörigen Überkapitels (siehe Abbildung 23).

Um dem Nutzer eine bessere Übersicht über die Unterkapitel eines ausgewählten Kapitels zu geben, wurden die Links dieser in der Kapitelnavigationsleiste ohne Dropdown-Funktion aufgelistet. Dabei sind die Unterkapitel, wie in Abbildung 24 dargestellt, durch einen Aufzählungsstrich vor dem Kapitelnamen markiert.



**Abbildung 24: Kapitelnavigationsleiste von "Technische Grundlagen" mit den zugehörigen Unterkapiteln, welche durch Aufzählungsstriche vor den Kapitelnamen markiert wurden**

Ausnahmen von dieser Nutzung der Seitenleiste stellen die Startseite und die Kontaktseite dar, weil hier mangels weiterer Unterkapitel keine zusätzliche Navigationsleiste benötigt wird. Auf diesen Seiten wurde trotzdem der gleiche Seitenaufbau genutzt, um eine konsistente Nutzeroberfläche zu erhalten. Statt einer Kapitelnavigationsleiste wurden der Seitenleiste von Start- und Kontaktseite Bilder und entsprechende Überschriften hinzugefügt.

Die Überschriften der Seitenleiste wurden auf allen Seiten als Überschriften zweiter Ordnung formuliert und mit den Tags `<h2></h2>` eingegrenzt. Auch ihnen konnten dadurch in der CSS-Datei gezielte Gestaltungsvorgaben gegeben werden.

#### **1.1.2.4. Hauptinhalt der Seite**

Der Hauptinhalt der Seite wird durch die Tags `<main></main>` begrenzt und enthält den eigentlichen Inhalt des Lernprogrammes. Er nimmt dementsprechend die größte Fläche des Browser-Fensters ein und wird durch dessen rechten Rand begrenzt.

Abgesehen von der Kontaktseite kommt, wie in Abbildung 25, an erster Stelle eine Überschrift zweiter Ordnung mit dem Namen oder Thema des aufgerufenen Unterkapitels. Eine Ausnahme hiervon stellt die Startseite dar, welche in der ersten

Überschrift den Nutzer willkommen heißt. Darunter folgen weitere Überschriften und Textabsätze, Grafiken, Bilder und Videos, sowie die Seitenverweise am Ende jedes main-Elementes.

The screenshot shows a web browser interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: 'STARTSEITE', 'GRUNDLAGEN', 'GERÄTEEINSTELLUNGEN', 'ANATOMIE', and 'DOPPLERSONOGRAPHIE'. Below this, a large header reads 'GRUNDLAGEN'. On the left side, there is a 'KAPITEL' sidebar with a list of items: 'EINFÜHRUNG', 'PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN', 'TECHNISCHE GRUNDLAGEN', 'HÄMODYNAMISCHE GRUNDLAGEN', 'ARTEFAKTE', 'SICHERHEIT', and 'LITERATUR'. The 'SICHERHEIT' item is highlighted. The main content area is titled 'SICHERHEIT DER ULTRASCHALLDIAGNOSTIK'. It contains two paragraphs of text. The first paragraph discusses the historical research on the effects of ultrasound on biological tissues. The second paragraph discusses the safety of modern ultrasound devices. At the bottom of the main content area, there are three navigation links: '← Artefakte', 'Seitenanfang', and 'Literatur (Grundlagen & Geräteeinstellungen) →'. At the very bottom of the page, there is a footer: 'Kontakt © 2021 Luise Schroth & www.anat.vetmed.uni-muenchen.de'.

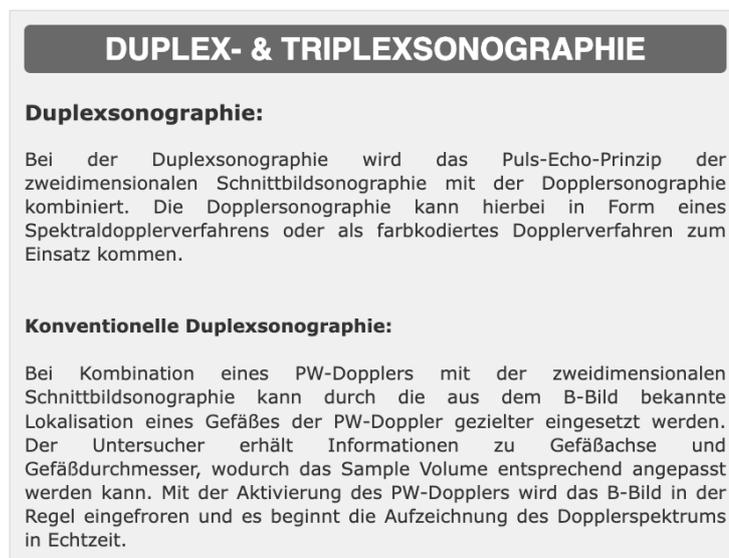
**Abbildung 25: Der Hauptinhalt nimmt die größte Fläche des Browser-Fensters ein und enthält an erster Stelle die Überschrift mit dem Namen des aufgerufenen Unterkapitels, wie hier am Beispiel vom Kapitel "Sicherheit der Ultraschalldiagnostik", der restliche Inhalt folgt darunter**

#### 1.1.2.4.1. Text

Die Texte des Lernprogrammes wurden durch verschiedene HTML-Elemente strukturiert und mittels entsprechender CSS-Befehle gestaltet. Dadurch werden diese nicht nur optisch ansprechender, sondern es können auch wichtige didaktische und softwareergonomische Ansprüche erfüllt werden.

Zu Beginn eines Textes steht in der Regel eine Überschrift, welche über den Inhalt des Textes informieren soll. Wie oben bereits erwähnt, greift die erste Überschrift des Hauptteils den Namen oder das Thema des aufgerufenen Unterkapitels auf. Sie wurde wie in der Seitenleiste als Überschrift zweiter Ordnung gestaltet, um ein einheitliches Layout zu erhalten.

Die Themen mancher Seiten setzen sich aus mehreren Unterthemen zusammen, sodass weitere Überschriften nötig wurden. Dies wird am Beispiel des Unterkapitels „Duplex- & Triplexsonographie“ deutlich, welches sich aus den beiden Themenblöcken „Duplexsonographie“ und „Triplexsonographie“ zusammensetzt. Ersterer ist zudem nochmals in die Themen „Konventionelle Duplexsonographie“ und „Farbkodierte Duplexsonographie“ unterteilt. Entsprechend wurden hier wie in Abbildung 26 zu sehen, weitere Überschriften der dritten und vierten Ordnung zur Untergliederung eingesetzt.



**Abbildung 26: Ausschnitt aus dem Unterkapitel "Duplex- & Triplexsonographie" mit dem Kapitelnamen in der Hauptteil-Überschrift (2. Ordnung) und einer Untergliederung des Textes in Themenblöcke durch den Einsatz weiterer Überschriften der 3. Ordnung und 4. Ordnung**

Alle Überschriften des Hauptteils wurden wie in den anderen Teilen des Lernprogrammes mit h-Elementen angelegt. Allerdings unterscheiden sie sich in den verschiedenen Ordnungen, denen sie angehören und somit auch in der Größe und Gestaltung. Insgesamt wurden im Hauptteil des Lernprogrammes Überschriften der zweiten bis vierten Ordnung genutzt und dementsprechend die Elemente h2, h3 und h4 verwendet.

Für die wie in Abbildungen 27 folgenden Textabsätze, wurde jeweils das p-Element (paragraph (engl.) = Absatz) verwendet. Sie werden im Lernprogramm immer von den Tags <p></p> eingegrenzt und konnten zusätzlich durch erzwungene Zeilenumbrüche mit dem Standalone-Tag <br> (break (engl.) = Umbruch) formatiert werden. Die p-Elemente können aber keine weiteren Elemente wie

Überschriften enthalten, weshalb diese, wie oben beschrieben, immer separat anzulegen waren.

SPEKTRALDOPPLERVERFAHREN

**Continous-wave- / CW-Doppler:**

Es werden zwei piezoelektrische Kristalle benötigt, um kontinuierlich Ultraschallwellen auszusenden und gleichzeitig reflektierte Ultraschallwellen zu empfangen. Dadurch gibt es keine Begrenzung der maximal messbaren Blutflussgeschwindigkeiten.

Jedoch ist durch das kontinuierliche Aussenden und Empfangen der Ultraschallsignale keine Bestimmung der Laufzeit zwischen ausgesendetem Impuls und eintreffendem Echo möglich, es gibt also keine Tiefenzuordnung.

Beim CW-Doppler werden somit alle vom Untersuchungsstrahl getroffenen Gefäße erfasst und im Dopplersignal wiedergegeben. Es wird also nicht zwischen den einzelnen Gefäßen differenziert, sondern alle detektierten Blutströme werden in einer Dopplerkurve zusammengefasst.

Dabei wird die Eindringtiefe durch die Frequenz bestimmt, es gibt keinen genau bestimmbaren Messbereich, wie beispielsweise beim PW-Doppler.

- **Vorteil:** es können sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten sehr genau erfasst werden, da es hier kein Aliasing gibt (siehe PW-Doppler)
- **Nachteil:** keine Tiefenselektivität (schlechte axiale Auflösung)
- **Fazit:** geeignet zur Untersuchung oberflächlicher Gefäße und hoher Blutflussgeschwindigkeiten; Einsatz vor allem in der Echokardiographie oder in portablen Systemen mit Stiftsonde und ohne Schnittbild (Blutdruckmessung)

**Pulsed-wave- / PW-Doppler:**

Es wird nur ein piezoelektrischer Kristall benötigt, welcher abwechselnd im Sende- und Empfangsbetrieb arbeitet.

Nach Aussenden eines Schallimpulses wird auf Empfang umgeschaltet und das Eintreffen der reflektierten Ultraschallwellen abgewartet, erst danach ist das Aussenden eines weiteren Schallimpulses möglich.

**Abbildung 27: Textabsätze wurden durch das p-Element realisiert und konnten durch erzwungene Zeilenumbrüche formatiert werden, außerdem wurden zusätzlich ungeordnete Listen mit Aufzählungspunkten angelegt**

Weiterhin wurde im Lernprogramm die Möglichkeit genutzt, für die Gestaltung des Textes ungeordnete Listen mit Aufzählungszeichen anzulegen. Diese wurden jeweils mit den Tags `<ul></ul>` eingegrenzt und konnten mittels verschiedener Klassen unterschiedlich gestaltet werden. Die einzelnen Punkte der Liste wurden zusätzlich mit den Tags `<li></li>` abgesteckt und bei Bedarf konnten mehrere Listen ineinander verschachtelt werden. Eine ungeordnete Liste wurde z.B. wie in Abbildung 27 verwendet, um wichtige im Textabsatz genannte Punkte hervorzuheben oder nochmal zusammenzufassen.

In Abbildung 27 ist außerdem zu sehen, wie einzelne Wörter in der ungeordneten Liste durch eine fettgedruckte Schrift betont werden. Das wurde durch das span-Element umgesetzt und konnte sowohl auf einzelne Worte, als auch auf ganze

Bereiche angewendet werden. Dieses Element wurde ebenso in den Textabsätzen eingesetzt und durch verschiedene Klassen konnten nach Bedarf unterschiedliche Gestaltungsanweisungen in CSS gegeben werden. Dies fand z.B. für die in Abbildung 28 dargestellten kleineren Formeln Anwendung, welche somit in dem Textabsatz hervorgehoben werden. Hier wurde zusätzlich in CSS die Anweisung gegeben, keine Umbrüche im abgegrenzten Bereich zuzulassen.

Hierbei handelt es sich in der Regel um unbewegte Objekte, zum Beispiel Organe und somit wird lediglich der Energiegehalt der reflektierten Schallwellen verringert. Sie besitzen jedoch nach wie vor die gleiche Wellenlänge und Frequenz wie die ausgesandten Schallwellen. Für die Frequenz der ausgesandten Schallwellen ( $f_0$ ) und die Frequenz der reflektierten Schallwellen ( $f_1$ ) gilt also:  $f_1 = f_0$

**Abbildung 28: Nutzung des span-Elementes, um Umbrüche innerhalb der Formel zu verhindern und zur Hervorhebung der Formel im Textabsatz**

Im Gegensatz dazu war es bei der Aufzählung von Quellen im Rahmen der Literatur-Seiten notwendig, Umbrüche innerhalb der URL (Uniform Resource Locator (engl.) = einheitlicher Quellenweiser) einer Website als Teil der Quellenangabe zuzulassen. Dies ermöglicht, dass die vorgegebene maximale Breite des body-Elementes eingehalten werden kann, wie beispielhaft anhand der ersten Quelle in Abbildung 29 demonstriert wird.



**Abbildung 29: Nutzung des span-Elementes für die Literaturseiten, wie hier am Beispiel von "Literatur Grundlagen-Kapitel & Geräteeinstellungen", um die Autoren mit einer dickgedruckten Schrift hervorzuheben und Umbrüche innerhalb einer URL zuzulassen, wie am Beispiel der ersten Quelle zu sehen**

Im Lernprogramm wurde zusätzlich das mark-Element verwendet, welchem eine etwas aufwändigere Gestaltung mittels CSS-Befehlen zugeteilt wurde. Dieses fand im Anatomie-Kapitel in mehreren Fällen Anwendung, wie es an den Beispielen in Abbildung 30 und 31 dargestellt ist. Durch die farbliche Gestaltung wurde hier das Wort „Beachte“ hervorgehoben, um eine besondere Beachtung des Folgenden durch den Nutzer sicherzustellen. Es wurde außerdem im Zusammenhang mit den anatomischen Varianten in Form des Wortes „Cave“ verwendet, wenn vor möglichen einhergehenden Pathologien gewarnt werden sollte.



**Abbildung 30: Hervorhebung des Wortes "Beachte" durch das mark-Element am Seitenanfang, um am Beispiel des Anatomie-Unterkapitels "V. portae" eine besondere Beachtung des Folgenden durch den Nutzer sicherzustellen**

◦ **Katze:**

- **Doppelung / Duplikation der V. cava caudalis**  
(BUTLER et al., 1946; RIECK & REIS, 1953; CÁ CERES et al., 2008; BÉLANGER et al., 2014; CASTELEYN et al., 2015; PEY et al., 2015; BERTOLINI, 2017)

**BEACHTEN:**

- gleichzeitiges Bestehen eines retrokavalen Ureters (einseitig oder beidseits) möglich  
(BÉLANGER et al., 2014; CASTELEYN et al., 2015; PEY et al., 2015)

**CAVE:**  
mögliche Ursache für Harnleiterobstruktion der betroffenen Seite(n)  
(ZAID et al., 2011; PEY et al., 2015; STEINHAUS et al., 2015; BERTOLINI, 2017)

**Abbildung 31: Verwendung des mark-Elementes am Beispiel des Abschnittes "Anatomische Varianten" der *V. cava caudalis* bei der Katze, um auf mögliche begleitende Gefäßvarianten hinzuweisen, sowie um vor möglichen einhergehenden Pathologien zu warnen**

#### 1.1.2.4.2. Bilder, Graphiken und Zeichnungen

Das Lernprogramm wurde an vielen Stellen mit Bildmaterial ergänzt, um die Inhalte der verschiedenen Kapitel zu veranschaulichen. Dafür wurden vor allem Ultraschallbilder, oder Ausschnitte von diesen verwendet. Außerdem wurden Graphiken, Bilder von Formeln und Zeichnungen von Gefäßen angefertigt, welche die Inhalte des Grundlagen- und Anatomie-Kapitels verdeutlichen sollen.

Zunächst wurde das gesamte Bildmaterial, welches im Dateiformat .jpeg im img-Ordner des Lernprogrammes abgespeichert wurde, mittels des Vorschau-Programmes konvertiert. Dieses sollte weiterhin als JPEG-Dateien in das Lernprogramm eingebaut werden, allerdings konnte durch die Umwandlung zu .jpg eine dreistellige Dateiendung genutzt werden. Dies sollte eine bessere Kompatibilität mit dem Browser Internet Explorer von Microsoft bewirken.

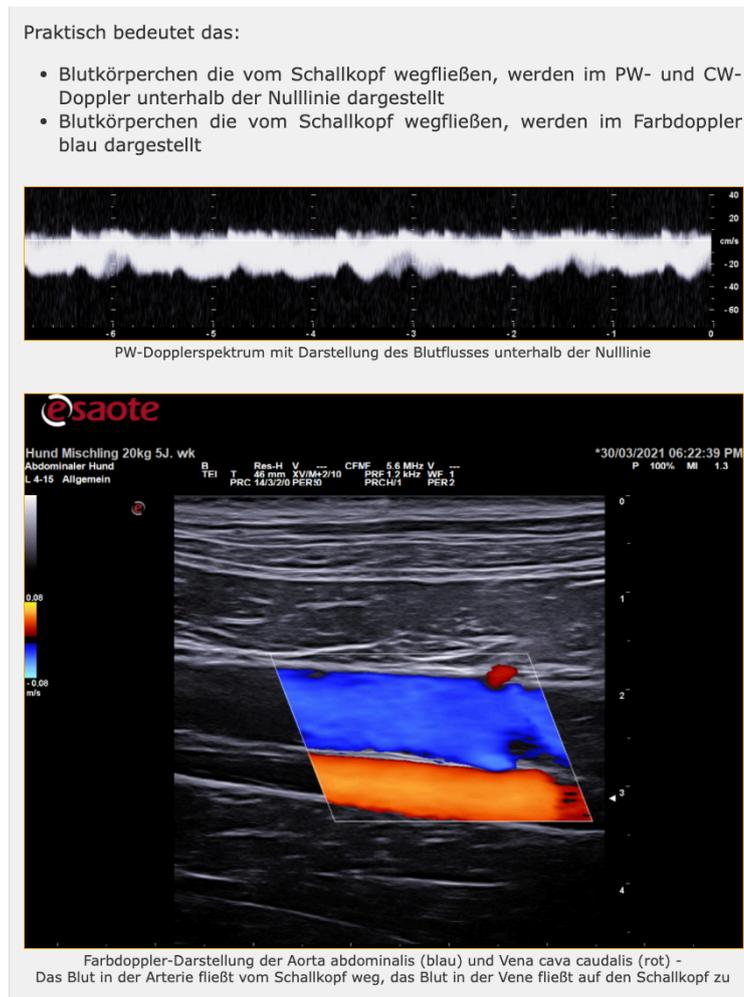
Unabhängig von der Art, wurden alle der oben genannten Bildmaterialien mittels des img-Elementes (image (engl.) = Bild) in das Lernprogramm eingebaut. Dabei handelt es sich um ein weiteres Standalone-Tag, welches zwingend ein src-Attribut (source (engl.) = Quelle) enthalten muss. Dieses verweist hier jeweils auf die gewünschte Bilddatei im img-Ordner des Lernprogrammes. Zusätzlich wird mit dem alt-Attribut (alternative (engl.) = Alternative) ein Alternativtext angegeben. Dieser wird angezeigt, wenn eine Darstellung des Bildes nicht möglich sein sollte. Mit dem figcaption-Element (figure caption (engl.) = Beschriftung eines figure-Elementes / Bildunterschrift) wurde zudem allen Bildmaterialien im Lernprogramm

ein Bilduntertitel hinzugefügt. Sowohl das `img`-, als auch das `figcaption`-Element erhielten Gestaltungsvorgaben in der CSS-Datei, welche in der Abbildung 32 aufgeführt sind.

```
622
623 ▾ img {
624     background: white;
625     border: 1px solid orange;
626     width: 100%;
627     height: auto;
628 }
629
630 ▾ figcaption {
631     text-align: center;
632 }
633
```

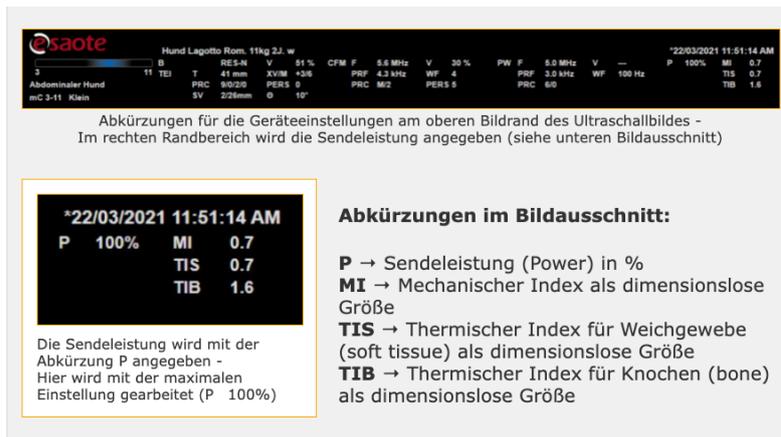
**Abbildung 32: Gestaltungsanweisungen für das `img`- und das `figcaption`-Element in der CSS-Datei "formate.css"**

Ultraschallbilder wurden in allen vier Hauptkapiteln eingesetzt und haben dementsprechend einen wichtigen Stellenwert im Lernprogramm. Sie bekamen keine zusätzlichen Gestaltungsvorgaben zu den bereits für alle `img`-Elemente vorgegebenen, denn hier wurde vor allem Wert auf eine möglichst breite Anzeige gelegt. Wenn eine Zuordnung zu einer Auflistung im Text dies nicht verhindert, nehmen sie also die gesamte Breite des Hauptinhaltes ein. Lediglich die verbindlich vorgegebenen Randbereiche werden wie in Abbildung 33 freigelassen. Gleichermäßen verhält es sich mit Ausschnitten der Ultraschallbilder, welche nur das Frequenz-Zeit-Spektrum zeigen, wie ebenfalls in Abbildung 33 dargestellt.



**Abbildung 33: Beispiel für ein Ultraschallbild und einen Bildausschnitt, welcher nur das Frequenz-Zeit-Spektrum zeigt, beide nehmen im Hauptinhalt die gesamte zulässige Breite ein**

Bei kleineren Ausschnitten von Ultraschallbildern hätte eine Darstellung über die komplette Breite des Hauptinhaltes durch die starke Vergrößerung eine schlechte Bildqualität hervorgerufen. Dem wurde mit der Verwendung von figure-Elementen (figure (engl.) = Abbildung) vorgebeugt, welche sowohl das img-Element, als auch das zugehörige figcaption-Element wie in Abbildung 34 einschließen.



**Abbildung 34: Einrahmung kleinerer Ultraschallbildausschnitte mit dem figure-Elemente und Positionierung am linken Bildrand mit weißem Hintergrund und zusätzlichem dünnen Rahmen in oranger Farbe**

Für die Gestaltungsanweisungen des figure-Elementes in der CSS-Datei, wurden diese des img-Elementes teilweise übernommen. Zusätzliche Anweisungen für die Breite und Position wurden hinzugefügt und solche für das figcaption-Element wie in Abbildung 35 entsprechend angepasst.

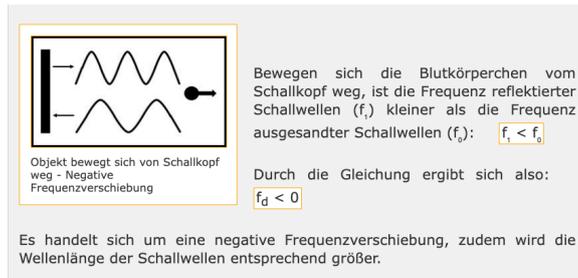
```

584
585 ▾ figure {
586     position: relative;
587     margin-top: 0;
588     margin-right: 1.5em;
589     margin-left: 0;
590     margin-bottom: 1.5em;
591     padding: 1em;
592     background: white;
593     border: 1px solid orange;
594     width: 100%;
595     height: auto;
596 }
597
598 ▾ @media (min-width: 55em) {
599     ▾ figure {
600         width: 35%;
601         float: left;
602     }
603 }
604
605 ▾ figure > figcaption {
606     padding-top: .5em;
607     text-align: left;
608 }
609

```

**Abbildung 35: Gestaltungsanweisungen für das figure-Element und das enthaltene figcaption-Element in der CSS-Datei "formate.css"**

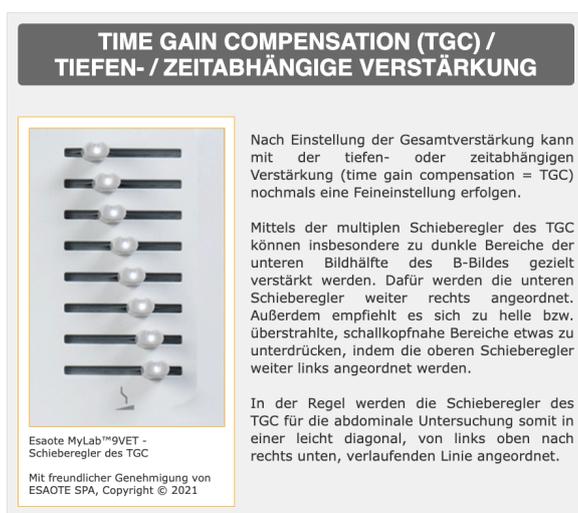
Auch kleinere Grafiken und Bilder wurden wie in den Abbildungen 36 bis 38 im Lernprogramm mit dem figure-Element gestaltet und positioniert.



**Abbildung 36: Beispiel einer selbsterstellten Grafik, welche mit dem figure-Element in das Kapitel "Physikalische Grundlagen" eingefügt wurde**



**Abbildung 37: Beispiel für ein kleines Bild, welches von dem Autor der im Bilduntertitel genannten Quelle für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt und mittels des figure-Elementes eingebaut wurde**



**Abbildung 38: Bildausschnitt eines Bildes, welches von der Firma Esaote zur Verfügung gestellt und mittels des figure-Elementes hinzugefügt wurde**

Eine besondere Gestaltung erhielten auch die Bilder der zwei großen Formeln im Kapitel „Physikalische Grundlagen“, welche in Abbildung 39 dargestellt sind. Sie wurden ebenfalls als img-Elemente in das Lernprogramm eingebaut, erhielten aber über eine eigene Klasse bestimmte Gestaltungsvorgaben in der CSS-Datei. Hier wurde zudem aus Gründen der Übersichtlichkeit auf Bildunterschriften verzichtet, da die entsprechenden Informationen bereits im Text genannt werden.

**Um nun die Blutflussgeschwindigkeit zu berechnen, braucht man die sogenannte Dopplergleichung:**

Die Dopplergleichung besagt, dass die Größe der Frequenzverschiebung (Dopplershift,  $f_d$ ) von folgenden Faktoren abhängig ist:

- Frequenz ausgesandter Schallwellen oder Sendefrequenz ( $f_0$ )
- Strömungsgeschwindigkeit des Blutes bzw. der Blutkörperchen ( $v$ )
- Schallausbreitungsgeschwindigkeit im Gewebe ( $c$ )
- Cosinus des Winkels  $\alpha$ , mit welchem der Schallstrahl auf das Gefäß trifft ( $\cos \alpha$ )

Konstant sind bei der Gleichung die Sendefrequenz ( $f_0$ ) und die Schallausbreitungsgeschwindigkeit im Gewebe ( $c = 1540$  m/s, dies entspricht dem mittleren Geschwindigkeitswert für Weichteilgewebe, siehe oben). Sind weiterhin der Wert für die Frequenzverschiebung und der Winkel zwischen Schallstrahl und Gefäßachse bekannt, kann die Blutflussgeschwindigkeit berechnet werden:

Dopplergleichung:

$$f_d = \frac{2 \times f_0 \times v \times \cos \alpha}{c}$$

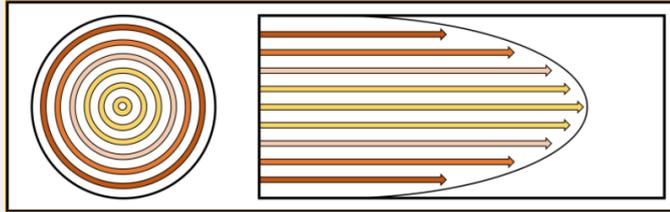
Aufgelöst nach der Blutflussgeschwindigkeit:

$$v = f_d \times \frac{c}{2 \times f_0 \times \cos \alpha}$$

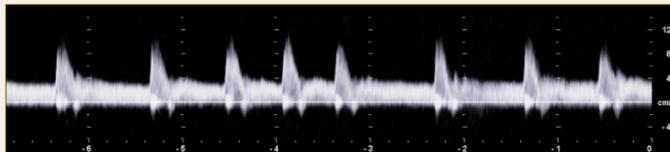
**Abbildung 39: Bilder von großen Formeln im Kapitel "Physikalische Grundlagen", welche mittels einer eigenen Klasse in der CSS-Datei gestaltet wurden und als Ausnahme keine Bildunterschriften erhalten haben**

Größere Bilder, Grafiken und Zeichnungen wurden ebenfalls mit dem img-Element eingebaut, ohne dass diesen zusätzliche Gestaltungsvorgaben gemacht wurden. Beispiele dafür finden sich in den ersten drei Hauptkapiteln Grundlagen, Geräteeinstellungen und Anatomie, wie die folgenden Abbildungen 40 bis 42 beispielhaft zeigen.

Wenn sich die Maximalgeschwindigkeiten in der Gefäßmitte stark von den langsamen Strömungsgeschwindigkeiten in den wandnahen Bereichen unterscheiden, spricht man von einem **parabolischen Geschwindigkeitsprofil** (parabolic flow velocity profile). Dieses ist vor allem in den herzfernen, kleineren Gefäßen zu finden und ist durch eine breite Verteilung an Strömungsgeschwindigkeiten im Dopplerspektrum charakterisiert.



parabolisches Geschwindigkeitsprofil / parabolic flow velocity profile  
Quelle: nach POULSEN NAUTRUP, 2007c und VON ENGELHARDT, 2015



PW-Dopplerspektrum einer Arteria renalis mit einem parabolischem Geschwindigkeitsprofil - Es zeigt eine breite Verteilung von Strömungsgeschwindigkeiten über dem Gefäßlumen

**Abbildung 40: Beispiel einer selbsterstellten Grafik in einem Unterkapitel von "Hämodynamische Grundlagen" ohne besondere Gestaltungsvorgaben**

### PRESET

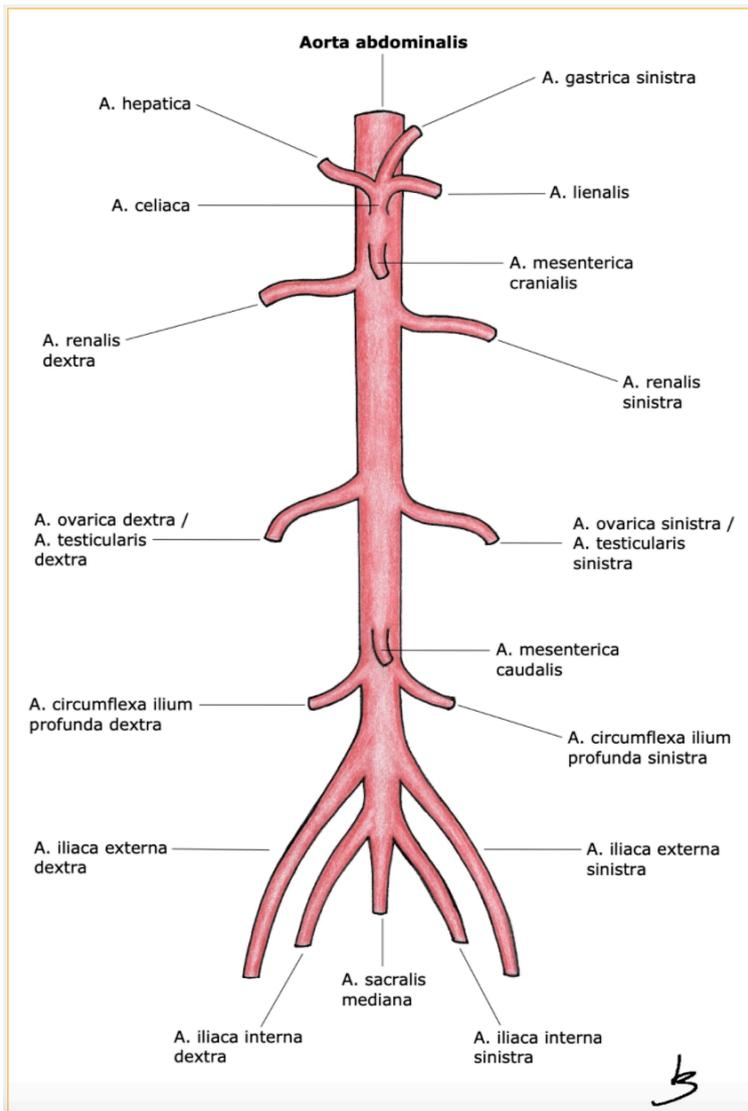
Moderne Ultraschallgeräte stellen in der Regel mehrere Voreinstellungen, sogenannte "presets", für verschiedene Untersuchungen zur Verfügung. In der Kleintiermedizin kann dabei vor allem zwischen Untersuchungen im Abdomen oder am Herzen gewählt werden, aber auch die Größe des Tieres wird berücksichtigt.

Vor dem Start der Untersuchung muss in diesem Zusammenhang häufig bereits der zu verwendende Schallkopf gewählt werden, auch wenn dieser während der Untersuchung gewechselt werden kann.

Die "presets" stellen aber nur eine Grundlage dar und verschiedene Parameter müssen nicht nur bei jedem Tier individuell angepasst, sondern auch während der Untersuchung der einzelnen Organe im Abdomen immer wieder optimiert werden. Gleiches gilt bei einem Schallkopfwechsel, denn auch hier müssen bestimmte Parameter angepasst werden.

Esaote MyLab™9VET - Touchdisplay Sonden- & Preset-Wahl  
Mit freundlicher Genehmigung von ESAOTE SPA, Copyright © 2021

**Abbildung 41: Beispiel eines größeren Bildes in einem Unterkapitel von "Geräteeinstellungen", welches von Esaote zur Verfügung gestellt wurde**



**Abbildung 42:** Beispiel für eine selbsterstellte Zeichnung der *Aorta abdominalis*, welche mit dem img-Element in ein Unterkapitel von "Anatomie" eingesetzt wurde

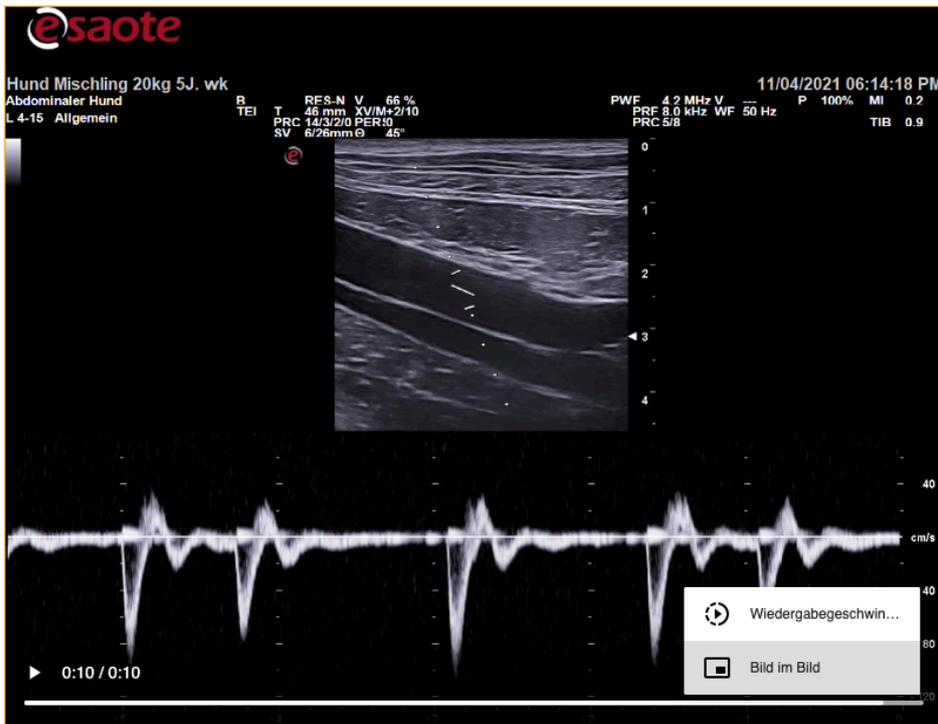
#### 1.1.2.4.3. Videos

Die Ultraschallvideos für das Lernprogramm wurden mittels des video-Elementes eingebaut und bekommen durch das controls-Attribut jeweils eine browserspezifische Steuerungsoberfläche zugewiesen, wie in Abbildung 43 am Beispiel des Browsers Chrome zu sehen.



**Abbildung 43: Darstellung von Ultraschall-Videos im Lernprogramm am Beispiel des Browsers Chrome, diesen wird durch das controls-Attribut eine browserspezifische Steuerungsoberfläche zugewiesen, welche sich hier als Steuerungsleiste am unteren Rand des Videos darstellt**

Die Steuerungsoberfläche unterscheidet sich im Aussehen leicht zwischen den verschiedenen Browsern, enthält aber grundsätzlich die gleichen Funktionen. Diese bestehen zum einen aus der Möglichkeit das Video zu starten, zu pausieren und weiter bzw. erneut abzuspielen. Da keins der Videos Audioinformationen enthält, ist die Funktion zur Regulierung der Lautstärke teilweise deaktiviert. Dies wird am Beispiel des Browsers Chrome in der Abbildung 43 durch die graue Farbe des Symbols für Lautstärke erkennbar, während die restlichen Symbole in einer weißen Farbe gehalten sind. Außerdem kann das Video im Vollbildmodus oder in der Form „Bild im Bild“ wiedergegeben werden. Letzteres kann bei Chrome über das Symbol der drei weißen Punkte in vertikaler Anordnung durch ein aufklappendes Untermenü, wie in Abbildung 44, angewählt werden.



**Abbildung 44: Aufklappendes Untermenü der Steuerleiste beim Browser Chrome zum Anwählen der Wiedergabe des Videos als "Bild im Bild", hier kann bei Chrome zusätzlich die Wiedergabegeschwindigkeit gesteuert werden**

Um die Videos im Lernprogramm für möglichst viele Browser und insbesondere auch den Internet Explorer von Microsoft kompatibel zu machen, wurden zwei verschiedene Dateiformate verwendet. Das freie webm-Format wurde verwendet, da es nicht zu Lizenzzahlungen verpflichtet und mittlerweile von den meisten Browsern unterstützt wird. Als Alternative wurde für die Kompatibilität mit dem Internet Explorer noch das mp4-Format genutzt, welches aber möglicherweise in Zukunft zu Lizenzzahlungen verpflichten kann (SELFHTML, o. J.-h). Für jedes Video wurden wie in Abbildung 45 jeweils beide Formate mit dem source-Element verankert und bekamen mit dem type-Attribut das jeweilige Video-Dateiformat vorgegeben.

```
<br/>
<video controls>
  <source src="../../../video/aorta_farbdoppler_gutes_beispiel.webm" type="video/webm">
  <source src="../../../video/aorta_farbdoppler_gutes_beispiel.mp4" type="video/mp4">
</video>
<figcaption>Farbkodierte Duplexsonographie mit dem Farbdoppler am Beispiel der Aorta abdominalis -<br/>
Der Blutfluss wird in Echtzeit und zeitgleich zum bestehenden B-Bild farblich kodiert</figcaption>
<br/>
```

**Abbildung 45: Einbindung von zwei Quellen aus dem video-Ordner des Lernprogrammes mit dem gleichen Video in unterschiedlichen Dateiformaten, das type-Attribut deklariert das jeweilige Video-Dateiformat für den Browser**

Zusätzlich wurden den Videos mittels des figcaption-Elementes Untertitel hinzugefügt, um dem Nutzer Informationen zum Inhalt des Videos zu geben.

#### 1.1.2.4.4. Seitenverweise

Im Lernprogramm sind an verschiedenen Stellen zusätzliche Seitenverweise zu anderen Seiten des Lernprogrammes enthalten. Diese sind wie in der Haupt- und Kapitelnavigation in HTML-Anker-Elemente mit den Tags `<a></a>` eingefasst. Mittels des href-Attributes wird auch hier auf die gewünschte HTML-Datei verwiesen.

Den erstellten Links wurden in diesem Fall keine besonderen Gestaltungsvorgaben gemacht, sondern die Gestaltung mittels der browserspezifischen CSS-Dateien vorgezogen. Somit entspricht das Aussehen der Links den Erwartungen des Nutzers, welcher den Browser seiner Wahl für die Nutzung des Lernprogrammes verwenden kann.

Zum einen finden sich diese Links in den Textabsätzen des Lernprogrammes, insbesondere auf der Startseite und den verschiedenen Kapitel-Einführungsseiten. Somit kann sich der Nutzer beim Durchlesen des inhaltlichen Aufbaus des Kapitels direkt für eine der vorgestellten Seiten entscheiden.

Außerdem sollen Seitenverweise am unteren Ende des Hauptteils dem Nutzer eine einfache Möglichkeit geben, weitere Seiten aufzurufen oder zum Seitenanfang zurückzukommen. Da manche Seiten des Lernprogrammes recht umfangreich sind, kann so verhindert werden, dass die Nutzer entsprechend lange scrollen müssen, um wieder zur Haupt- oder Kapitelnavigation zurückzugelangen.

Zur Umsetzung dieser Seitenverweise wurde ein div-Element (divison (engl.) = Abteilung, Bereich) verwendet, welchem die Klasse „seitenverweise“ zugeordnet wurde. Dadurch konnten für dieses Element gezielte Layout-Vorgaben in der CSS-Datei gemacht werden. Dem div-Element wurden jeweils Links zu drei verschiedenen Seiten hinzugefügt, welchen die Klassen „links“, „mittig“ und „rechts“ gegeben wurden. Mit den entsprechenden CSS-Anweisungen in Abbildung 46 ließen sich die Links wie gewünscht auf gleicher Höhe anordnen.



## 1.2. Inhaltlicher Aufbau des Lernprogrammes

Das erstellte Lernprogramm setzt sich aus einer Startseite, vier Hauptkapiteln und einer Kontaktseite zusammen. Die Hauptkapitel wurden entsprechend der behandelten Themen mit Grundlagen, Geräteeinstellungen, Anatomie und Dopplersonographie benannt. Diese Abschnitte werden im Folgenden einzeln vorgestellt.

### 1.2.1. Startseite

Die Startseite dient als Ausgangspunkt für die Nutzung des Lernprogrammes und macht den Nutzer zunächst mit der Nutzeroberfläche vertraut. Sie ist auf allen Seiten am linken Ende der Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf verlinkt, wie in Abbildung 49 zu sehen.



**Abbildung 49: Verlinkung der Startseite am linken Ende der Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf, wie hier am Beispiel der Startseite zu sehen, wodurch sich die Schriftfarbe von weiß zu orange geändert hat**

Der Seitenaufbau der Startseite entspricht dem der übrigen Seiten des Lernprogrammes. Aufgrund der fehlenden Unterkapitel, besteht jedoch kein Bedarf für eine Kapitelnaviagationsleiste in der Seitenleiste der Startseite. Stattdessen wurden dieser Porträts von zwei Hündinnen hinzugefügt, welche wichtige Probandinnen für die Erstellung des Ultraschallbildmaterials des Lernprogrammes darstellen.

Der Hauptinhalt der Startseite dient zunächst der Begrüßung der Nutzer, worauf eine kurze Ausführung über die Entstehung des Lernprogrammes im Rahmen einer Dissertation folgt. Anschließend wird die Zielgruppe benannt und das Thema des Lernprogrammes beschrieben. In den darauffolgenden Erläuterungen des inhaltlichen Aufbaus, wurden die im Text genannten Kapitelnamen bereits mit Verweisen zu den jeweiligen Webseiten ausgestattet, wie in Abbildung 50 anhand der lila Schriftfarbe erkennbar. Am unteren Ende des Hauptinhaltes folgen wie bei den anderen Seiten die Seitenverweise, welche zusätzlich zum Seitenanfang das Kapitel Grundlagen und die Kontaktseite des Lernprogrammes verlinken.

### PROBANDINNEN



Misling, 20kg, 5 Jahre,  
weiblich-kastriert



Lagotto Romagnolo, 11kg, 2 Jahre,  
weiblich

### HERZLICH WILLKOMMEN

Ich freue mich sehr, Sie auf der Startseite von diesem Lernprogramm über die abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze begrüßen zu dürfen.

Das Lernprogramm entstand im Rahmen einer Dissertation unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr. Sven Reese am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der LMU München.

Es wurde vorrangig für Studierende der Veterinärmedizin mit Interesse an der abdominalen Sonographie bei Hund und Katze entwickelt. Dabei richtet es sich insbesondere an Studierende mit Vorkenntnissen zu diesem Thema, welche sich intensiver mit dem Thema der Sonographie abdominaler Gefäße beschäftigen möchten.

Es kann aber ebenso von Studierenden genutzt werden, die einen Einstieg in das Thema der Dopplersonographie suchen.

Im Kapitel [Grundlagen](#) werden sowohl [physikalische](#) als auch [technische](#) Grundlagen, sowie mögliche [Artefakte](#) der Dopplersonographie und die [Sicherheit](#) der Ultraschall Diagnostik behandelt. Das Unterkapitel [Hämodynamische Grundlagen](#) befasst sich zudem mit der Hämodynamik, also der Lehre von den physikalischen Grundlagen der Blutbewegung und somit dem Blutfluss in den Gefäßen und den Parametern, die ihn beeinflussen. Anschließend werden im Kapitel [Geräteeinstellungen](#) die verschiedenen Einstellungsparameter besprochen, welche bei der Anwendung der Dopplersonographie eine Rolle spielen.

Das Kapitel [Anatomie](#) soll zur Wiederholung nochmal die Lage der großen abdominalen Gefäße darstellen, um sich bei der späteren Anwendung im Abdomen leichter zurechtzufinden. Zudem werden hier die häufigsten, in der Klinik anzutreffenden Gefäßvarianten der einzelnen Gefäße aufgeführt. Abschließend befasst sich das Kapitel [Dopplersonographie](#) mit der Anwendung verschiedener Dopplerverfahren zur Darstellung und Beurteilung abdominaler Gefäße.

Wenn Sie also Interesse an den oben genannten Themen haben, sind Sie hier genau richtig. Am besten Sie machen sich selbst ein Bild und schauen einfach mal rein.

Viel Spaß mit dem Lernprogramm!

[← Kontakt](#)
[Seitenanfang](#)
[Grundlagen →](#)

Kontakt © 2021 Luise Schroth & www.anat.vetmed.uni-muenchen.de

**Abbildung 50: Hauptinhalt der Startseite mit der Begrüßung der Nutzer und Erläuterungen zum inhaltlichen Aufbau des Lernprogrammes, enthaltene Seitenverweisen zu den genannten Kapiteln sind an der lila Schrift erkennbar**

### 1.2.2. Grundlagen-Kapitel

Das Grundlagen-Kapitel bietet einen Einstieg in das Lernprogramm und ist in verschiedene Themenbereiche aufgeteilt. Es soll dem Nutzer Grundkenntnisse zur Dopplersonographie vermitteln und Basiswissen zum Thema Hämodynamik wiederholen.

Das Grundlagen-Kapitel setzt sich aus folgenden Kapiteln und Unterkapiteln zusammen:

- Grundlagen / Einführung
- Physikalische Grundlagen
- Technische Grundlagen

- Spektraldoppler
- Duplex- & Triplexsonographie
- Farbkodierte Doppler
- Hämodynamische Grundlagen
  - Hämodynamik
  - Strömungsformen
  - Arteriell System
  - Venöses System
  - Auswertung Dopplerspektrum
- Artefakte
  - Aliasing
  - Bewegungsartefakte
  - Blooming / Rauschen
  - Doppeltes Dopplerspektrum
  - Farbumschlag im Gefäß
  - Fehlendes Dopplersignal
  - Konfetti / Möwenschrei
  - Schallschatten-Artefakt
  - Spiegelartefakt
  - Twinkling
- Sicherheit (der Ultraschalldiagnostik)
- Literatur (Grundlagen-Kapitel und Geräteeinstellungen)

Die Einführungsseite des Grundlagen-Kapitels klärt den Nutzer zunächst über den inhaltlichen Aufbau auf und nennt zudem die thematischen Einschränkungen dieses Hauptkapitels. Auch für die Kapitel mit einer Untergliederung in weitere Unterkapitel wird auf der ersten Seite nochmals eine kurze Einführung mit Erklärungen zu den behandelten Themen gegeben. Dies betrifft die Kapitel „Technische Grundlagen“ (siehe Abbildung 51), „Hämodynamische Grundlagen“ und „Artefakte“ (siehe Abbildung 52).



**Abbildung 51: Einführung auf der ersten Seite des Kapitels "Technische Grundlagen", welches in drei Unterkapitel untergliedert ist**

Zu Beginn wird im Kapitel „Physikalische Grundlagen“ der Doppler-Effekt veranschaulicht und die der Dopplersonographie zugrunde liegende Dopplergleichung erklärt.

Es folgt die Vorstellung der verschiedenen Dopplerverfahren im Kapitel „Technische Grundlagen“, wobei dem Nutzer unter anderem die jeweiligen Vor- und Nachteile, sowie die Einsatzmöglichkeiten vermittelt werden sollen.

Das Kapitel „Hämodynamische Grundlagen“ macht einen Exkurs in die Physiologie, indem es grundlegendes Wissen zu den Themen „Hämodynamik“ und „Strömungsformen“ im Gefäßsystem wiederholt. In den entsprechenden Unterkapiteln wird auf die jeweiligen Besonderheiten des arteriellen und venösen Systems eingegangen. Abschließend wird mit der Auswertung des Dopplerspektrums der Zusammenhang zur Dopplersonographie aufgezeigt, indem die aus dem Frequenz-Zeit-Spektrum abzulesenden hämodynamischen Informationen benannt werden.

Im darauffolgenden Kapitel werden nun mögliche „Artefakte“ der Dopplersonographie, sowie gegebenenfalls mögliche Maßnahmen zu ihrer Vermeidung vorgestellt. Die Unterkapitel sind wie in der Kapitelnavigation in Abbildung 52 zu sehen, in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

### KAPITEL

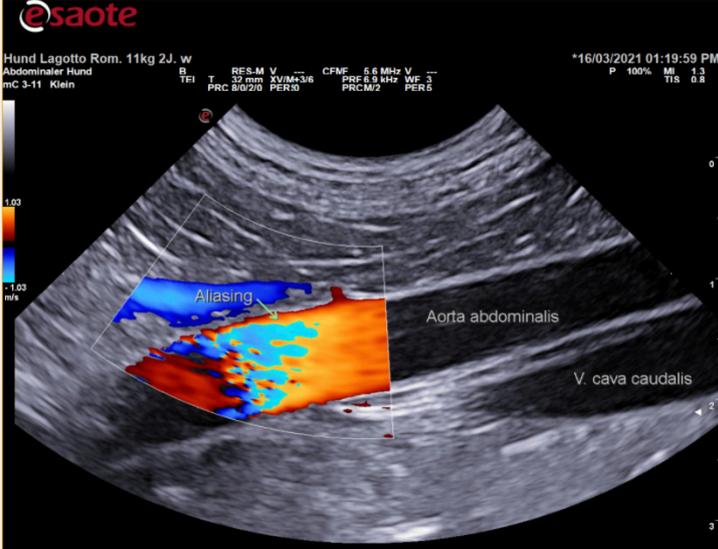
- EINFÜHRUNG
- PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN
- TECHNISCHE GRUNDLAGEN
- HÄMODYNAMISCHE GRUNDLAGEN
- ARTEFAKTE
- ALIASING
- BEWEGUNGSARTEFAKTE
- BLOOMING / RAUSCHEN
- DOPPELTES DOPPLERSPEKTRUM
- FARBUMSCHLAG IM GEFÄSS
- FEHLENDES DOPPLERSIGNAL
- KONFETTI / MÖWENSCHREI
- SCHALLSCHATTEN-ARTEFAKT
- SPIEGELARTEFAKT
- TWINKLING
- SICHERHEIT
- LITERATUR

### EINFÜHRUNG ARTEFAKTE

In diesem Kapitel werden Artefakte der Dopplersonographie und mögliche Maßnahmen zu ihrer Vermeidung vorgestellt.

Kenntnisse über diese Artefakte sind insbesondere bei unvermeidbaren Artefakten wichtig, um diese nicht falsch zu interpretieren. Zudem gibt es auch diagnostisch nützliche Artefakte wie das **Konfetti-** und das **Twinkling-**Artefakt, welche dem Untersucher eine Diagnose erleichtern können.

**BEACHTEN:**  
Für die Unterkapitel mit den einzelnen Artefakten wurde eine alphabetische Reihenfolge gewählt. Die Reihenfolge stellt somit keine Wertung der Bedeutsamkeit der verschiedenen Artefakte dar.



Aliasing-Artefakt bei Anwendung des Farbdopplers am Beispiel der Aorta abdominalis

**Abbildung 52: Einführung zum Kapitel "Artefakte" und Auflistung der Unterkapitel in alphabetischer Reihenfolge in der Kapitelnavigation**

Anschließend wird im nächsten Kapitel auf die „Sicherheit“ der Ultraschalldiagnostik eingegangen, welche es insbesondere für die Dopplersonographie zu beachten gilt.

Im zugehörigen „Literatur“-Kapitel werden schließlich sämtliche Quellen aufgeführt, welche für die Erarbeitung der Hauptkapitel „Grundlagen“ und „Geräteeinstellungen“ verwendet wurden. Da sich diese größtenteils überschneiden, erschien eine Zusammenfassung zu einer gemeinsamen Literaturliste sinnvoll. Diese soll dem Nutzer zudem eine Liste an weiterführender Literatur bieten, um eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema zu erleichtern.

### 1.2.3. Kapitel Geräteeinstellungen

Im zweiten Kapitel „Geräteeinstellungen“ werden in den einzelnen Unterkapiteln wichtige Einstellungsparameter am Ultraschallgerät aufgeführt und erläutert. Die Unterkapitel wurden dabei in einer Abfolge angeordnet, welche dem Nutzer eine mögliche Herangehensweise bezüglich der Reihenfolge der zu berücksichtigenden Einstellungen aufzeigen soll.

Das Kapitel Geräteeinstellungen setzt sich aus folgenden Unterkapiteln zusammen:

- Geräteeinstellungen / Einführung
- Preset
- Schallkopf
- Sendeleistung
- B-Bild
- Frequenz / Eindringtiefe
- Gain
- Time Gain Compensation
- Fokus
- Messvolumen
- Farbfenster
- Pulsrepetitionfrequenz
- Geschwindigkeitsbereich
- Nulllinie
- Wandfilter
- Beam Steering
- Winkelkorrektur
- Farbvorrang
- Paketgröße
- Korrelation

Auch hier werden dem Nutzer in einer Einführung zunächst Informationen zum Inhalt des Kapitels gegeben. Zudem wird er auf die Reihenfolge der Unterkapitel aufmerksam gemacht und es werden weitere Hinweise bezüglich des Kapitels aufgeführt. Besondere Beachtung soll dabei auf dem Hinweis liegen, wo der Nutzer die Quellen zur Erarbeitung des Kapitels und somit weiterführende Literatur zum

Thema findet. Wie in Abbildung 53 dargestellt, wird dafür auf das Grundlagen-Unterkapitel „Literatur“ verwiesen.

**KAPITEL**

- EINFÜHRUNG
- PRESET
- SCHALLKOPF
- SENDELEISTUNG
- B-BILD
- FREQUENZ / EINDRINGTIEFE
- GAIN
- TIME GAIN COMPENSATION
- FOKUS
- MESSVOLUMEN
- FARBFENSTER
- PULSREPITITIONSFREQUENZ
- GESCHWINDIGKEITSBEREICH
- NULLLINIE
- WANDFILTER
- BEAM STEERING
- WINKELKORREKTUR
- FARBVORRANG
- PAKETGRÖSSE
- KORRELATION

**EINFÜHRUNG**

In diesem Kapitel sollen die wichtigsten Einstellungsparameter am Ultraschallgerät für die abdominale Anwendung der Dopplersonographie vorgestellt werden. Dabei soll die gewählte Reihenfolge der Unterkapitel dem Anwender einen Leitfaden geben, wie man bei der Geräteeinstellung vorgehen kann.

Da sich bereits die aktuellen Ultraschallgeräte der verschiedenen Hersteller häufig sehr deutlich in der Form und Anordnung der Bedienungselemente unterscheiden, wurde auf Beispielbilder der einzelnen Bedienungselemente größtenteils verzichtet. Hier erscheint es sinnvoller, sich mit Hilfe der zugehörigen Bedienungsanleitung mit dem jeweils verwendeten Gerät vertraut zu machen.

Zum besseren Verständnis wurden jedoch in den Unterkapiteln [Sendeleistung](#), [B-Bild](#) und [Frequenz / Eindringtiefe](#) Bildschausschnitte aus dem Kopfbereich eines der erstellten Ultraschallbilder eingefügt. Nachfolgend wurden die Bedeutungen der dargestellten Abkürzungen für die verschiedenen Geräteeinstellungs-Parameter der Bedienungsanleitung für das verwendete Ultraschallgerät entsprechend aufgeführt.

**BEACHTEN:**  
Eine Auflistung der Quellen, welche zur Erarbeitung des Kapitels verwendet wurden und dem Leser zudem als Liste mit weiterführender Literatur zu den behandelten Themen dienen soll, ist im Grundlagen-Unterkapitel [Literatur](#) zu finden.

Viel Erfolg bei der Geräteeinstellung!

**Abbildung 53: Einführung zum Kapitel "Geräteeinstellungen" mit dem Verweis auf das Grundlagen-Unterkapitel "Literatur", unter dem Text folgt ein Bild des zur Erstellung des Bildmaterials verwendeten Ultraschallgerätes**

#### 1.2.4. Anatomie-Kapitel

In diesem Kapitel wird die Anatomie der großen, abdominalen Gefäße von Hund und Katze thematisiert, womit eine Wiederholung der zu Beginn des Tiermedizinstudiums erlangten Kenntnisse möglich ist. Zusätzlich wurden für die einzelnen Gefäße mögliche und in der Klinik anzutreffende, angeborene Gefäßvarianten recherchiert und in den entsprechenden Unterkapiteln aufgeführt.

Das Anatomie-Kapitel setzt sich aus folgenden Kapiteln und Unterkapiteln zusammen:

- Anatomie / Einführung
- Abdominale Arterien
  - *Aorta abdominalis*
  - *A. celiaca*

- *A. mesenterica cranialis*
- *A. mesenterica caudalis*
- *A. renalis*
- *A. ovarica / testicularis*
- *A. iliaca externa*
- *A. iliaca interna*
- *A. lienalis*
- *A. gastrica sinistra*
- *A. hepatica*
- Literatur
- Abdominale Venen
  - *V. cava caudalis*
  - *Vv. hepaticae*
  - *V. renalis*
  - *V. ovarica / testicularis*
  - *V. iliaca communis*
  - *V. iliaca externa*
  - *V. iliaca interna*
  - Literatur
- Portalvenen
  - *V. portae*
  - *V. gastroduodenalis*
  - *V. lienalis*
  - *V. mesenterica cranialis*
  - *V. mesenterica caudalis*
  - Literatur

Bei den anatomischen Bezeichnungen der Gefäße im Lernprogramm wurde sich an den internationalen Standard der Nomina Anatomica Veterinaria in der aktuellen 6. Auflage gehalten (INTERNATIONAL COMMITTEE ON VETERINARY GROSS ANATOMICAL NOMENCLATURE, 2017).

Die Einführungsseite des Anatomie-Kapitels gibt wieder einen inhaltlichen Überblick und enthält wichtige Hinweise zu den folgenden Kapiteln, wie sie der Abbildung 54 zu entnehmen sind.

## EINFÜHRUNG

In diesem Kapitel soll die Anatomie der großen Gefäße im Abdomen von Hund und Katze wiederholt werden. Für die gezielte Anwendung der Dopplersonographie im Abdomen ist es essentiell eine genaue Vorstellung zu haben, wo welches Gefäß verläuft. Gute Anatomie-Kenntnisse sind also eine Grundvoraussetzung zur erfolgreichen Anwendung. Zudem werden hier mögliche und in der Klinik anzutreffende, angeborene Gefäßvarianten der einzelnen Gefäße aufgeführt.

Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden die behandelten Gefäße im Kapitel **Anatomie** in drei Unterkapitel unterteilt. In den Unterkapiteln **Abdominale Arterien** und **Abdominale Venen** werden Aorta abdominalis und V. cava caudalis, sowie ihre jeweiligen Äste behandelt. Im Unterkapitel **Portalvenen** wurde dementsprechend die V. portae mit ihren Ästen zusammengefasst.

Um eine einheitliche Struktur zu erhalten und ein Nachlesen und Vergleichen der Informationen mit den Lehrbüchern zu erleichtern, wurden in diesem Programm, wie in den einschlägigen Lehrbüchern, die Gefäße von kranial nach kaudal beschrieben. Dies ist also eine rein anatomische und keine funktionelle Beschreibung, sie entspricht nicht zwingend der Blutflussrichtung in den Gefäßen. Dies gilt es vor allem in den Unterkapiteln **Abdominale Venen** und **Portalvenen** zu beachten.

Hier werden die einzelnen Gefäße, welche in dem Programm behandelt werden, sehr ausführlich besprochen, einschließlich möglicher anatomischer Varianten. Der Anwender hat durch die beiden Navigationsleisten die Möglichkeit, sich gezielt die Gefäße anzuschauen, welche ihn besonders interessieren. Es wird nicht erwartet, dass jeder Anwender das komplette Anatomie-Kapitel am Stück durcharbeitet und dies ist im Zweifelsfall auch nicht sinnvoll. Stattdessen wird empfohlen sich nach dem Durcharbeiten der Kapitel **Grundlagen** und **Geräteeinstellungen** die Anatomie eines Gefäßes anzuschauen und im Anschluss das zugehörige Unterkapitel der **Dopplersonographie** durcharbeiten. Dies verhindert durch die Masse an Informationen überfordert zu werden und ermöglicht das gewonnene Wissen direkt im Anschluss in praktischen Übungen anzuwenden und somit zu festigen. Es ist aber natürlich dem Anwender selbst überlassen, ob er dieser Empfehlung folgen möchte oder eine andere Herangehensweise verfolgt.

Viel Spaß und Erfolg beim Wiederholen der Anatomie!

### **Abbildung 54: Einführungsseite des "Anatomie"-Kapitels mit dem inhaltlichen Überblick und wichtigen Hinweisen zu den folgenden Kapiteln**

Das Hauptkapitel wurde für eine bessere Übersichtlichkeit und die klare Abgrenzung zwischen Arterien, systemischen Venen und dem Pfortadersystem zunächst in drei große Kapitel aufgeteilt. Die *Vena portae* und ihre Äste wurden dabei im Kapitel „Portalvenen“ zusammengefasst. In den jeweiligen Unterkapiteln wurden anschließend die einzelnen Gefäße behandelt, wie in der vorigen Auflistung zu sehen. Die Kapitelseiten wurden entsprechend genutzt, um Zeichnungen der zugehörigen großen Gefäße und ihrer Äste im Lernprogramm einzubringen, wie in den Abbildungen 55 bis 57 dargestellt.

zoomify.vetmed.lmu.de

STARTSEITE | GRUNDLAGEN ▾ | GERÄTEEINSTELLUNGEN ▾ | ANATOMIE ▾

DOPPLERSONOGRAPHIE ▾

# ANATOMIE

## KAPITEL

EINFÜHRUNG

**ABDOMINALE ARTERIEN**

- AORTA ABDOMINALIS
- A. CELIACA
- A. MESENTERICA CRANIALIS
- A. MESENTERICA CAUDALIS
- A. RENALIS
- A. OVARICA / TESTICULARIS
- A. ILIACA EXTERNA
- A. ILIACA INTERNA
- A. LIENALIS
- A. GASTRICA SINISTRA
- A. HEPATICA
- LITERATUR

ABDOMINALE VENEN ▾

PORTALVENEN ▾

## ABDOMINALE ARTERIEN

Abdominale Arterien

**Abbildung 55:** Anzeige der Kapitelseite "Abdominale Arterien" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der *Aorta abdominalis* und ihrer Äste eingebaut

zoomify.vetmed.lmu.de

STARTSEITE GRUNDLAGEN GERÄTEEINSTELLUNGEN ANATOMIE

DOPPLERSONOGRAPHIE

# ANATOMIE

## KAPITEL

EINFÜHRUNG

ABDOMINALE ARTERIEN

**ABDOMINALE VENEN**

- V. CAVA CAUDALIS
- VV. HEPATICAE
- V. RENALIS
- V. OVARICA / TESTICULARIS
- V. ILIACA COMMUNIS
- V. ILIACA EXTERNA
- V. ILIACA INTERNA
- LITERATUR

PORTALVENEN

## ABDOMINALE VENEN

Abdominale Venen

**Abbildung 56: Anzeige der Kapitelseite "Abdominale Venen" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der *Vena cava caudalis* und ihrer Äste eingebaut**

zoomify.vetmed.lmu.de

STARTSEITE | GRUNDLAGEN | GERÄTEEINSTELLUNGEN | ANATOMIE

DOPPLERSONOGRAPHIE

# ANATOMIE

## KAPITEL

EINFÜHRUNG

ABDOMINALE ARTERIEN

ABDOMINALE VENEN

**PORTALVENEN**

- V. PORTAE

- V. GASTRODUODENALIS

- V. LIENALIS

- V. MESENTERICA CRANIALIS

- V. MESENTERICA CAUDALIS

- LITERATUR

## PORTALVENEN

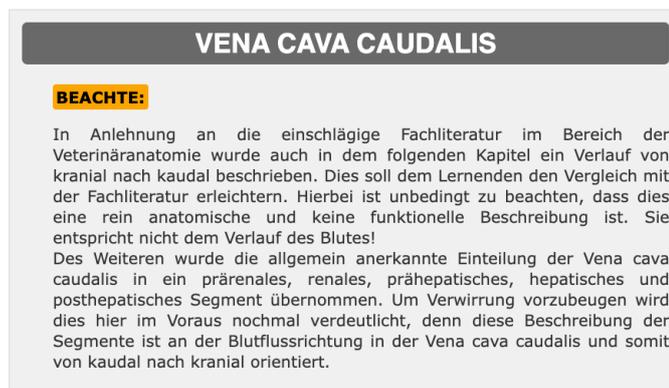
Portalvenen

**Abbildung 57:** Anzeige der Kapitolseite "Portalvenen" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der *Vena portae* und ihrer Äste eingebaut

Wie zudem den Abbildungen 55 bis 57 und der vorigen Auflistung der Kapitel und Unterkapitel zu entnehmen, enthält jedes Kapitel ein gesondertes „Literatur“-Unterkapitel. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass mit der Recherche nach möglichen Gefäßvarianten eine große Zahl an Quellen zusammenkam. Um diese den jeweiligen Kapiteln besser zuordnen zu können, wurden entsprechend

getrennte „Literatur“-Unterkapitel angelegt. Dies macht es auch dem Nutzer einfacher, bei Interesse an bestimmten Gefäßvarianten die genannten Quellen in den umfangreichen Literaturlisten zu finden.

Der Seitenaufbau der einzelnen Unterkapitel mit den verschiedenen Gefäßen unterscheidet sich nicht für die unterschiedlichen Kapitel. An erster Stelle steht in der Regel die Beschreibung von „Ursprung“ und „Verlauf“ der Gefäße, welche immer rein anatomisch von kranial nach kaudal erfolgt. Der Nutzer wird bereits in der Einführungsseite des Anatomie-Kapitels darauf hingewiesen, dass dies keine funktionelle Beschreibung darstellt und somit nicht der Blutflussrichtung in den Gefäßen entsprechen muss. Ein gesonderter Hinweis wird in den Unterkapiteln „*V. cava caudalis*“ (siehe Abbildung 58) und „*V. portae*“ am jeweiligen Seitenanfang nochmals hervorgehoben.



**Abbildung 58: Wichtige Hinweise am Seitenanfang des Unterkapitels "*V. cava caudalis*" werden mit einem mark-Element hervorgehoben**

Es folgt eine Übersicht der „Verzweigung“, indem die „abgehenden Äste“ des Gefäßes aufgelistet werden. Auch hier wurde kapitelübergreifend die Reihenfolge von kranial nach kaudal gewählt. Dies macht es nicht nur einheitlicher, sondern gibt dem Nutzer auch die Möglichkeit, die Informationen mit denen der Fachliteratur zu vergleichen, wo dies ebenfalls so gehandhabt wird (WAIBL & WILKENS, 2005).

Im nächsten Punkt unterscheiden sich die Unterkapitel von „Abdominale Venen“ und „Portalvenen“ jedoch von denen der „Abdominalen Arterien“. In Letzteren folgt eine Beschreibung oder Auflistung der „Versorgungsgebiete“, während in den Unterkapiteln der anderen beiden in der Regel die „Abstromgebiete“ genannt werden. Eine Ausnahme stellt das Unterkapitel „*V. portae*“ dar, welches beides enthält, wie in Abbildung 59 zu sehen.

- **Ursprung:**

Ursprung auf Höhe der Leberpforte durch Zusammenfluss des kurzen Ramus dexter und des längeren Ramus sinister aus der Leber

- **Verlauf:**

Zieht nach ihrem Ursprung im Rand des Ligamentum hepatoduodenale kaudodorsal Richtung Pankreaskörper und verläuft durch die Incisura pancreatis;

Endet kaudal des Pankreas, indem sie sich rechts der A. mesenterica cranialis in die stärkere V. mesenterica cranialis und schwächere V. mesenterica caudalis aufteilt;

- **Äste der V.portae:**

- **Ramus dexter**
- **Ramus sinister**
  - **Pars transversa**
  - **Pars umbilicalis**
    - Ligamentum teres hepatis
- **Vv. cysticae**
- **V. gastrica dextra** (gelegentlich auftretende Variante beim Hund)
- **V. gastroduodenalis**
- **V. lienalis**
- **V. mesenterica cranialis**
- **V. mesenterica caudalis**

- **Abstromgebiete:**

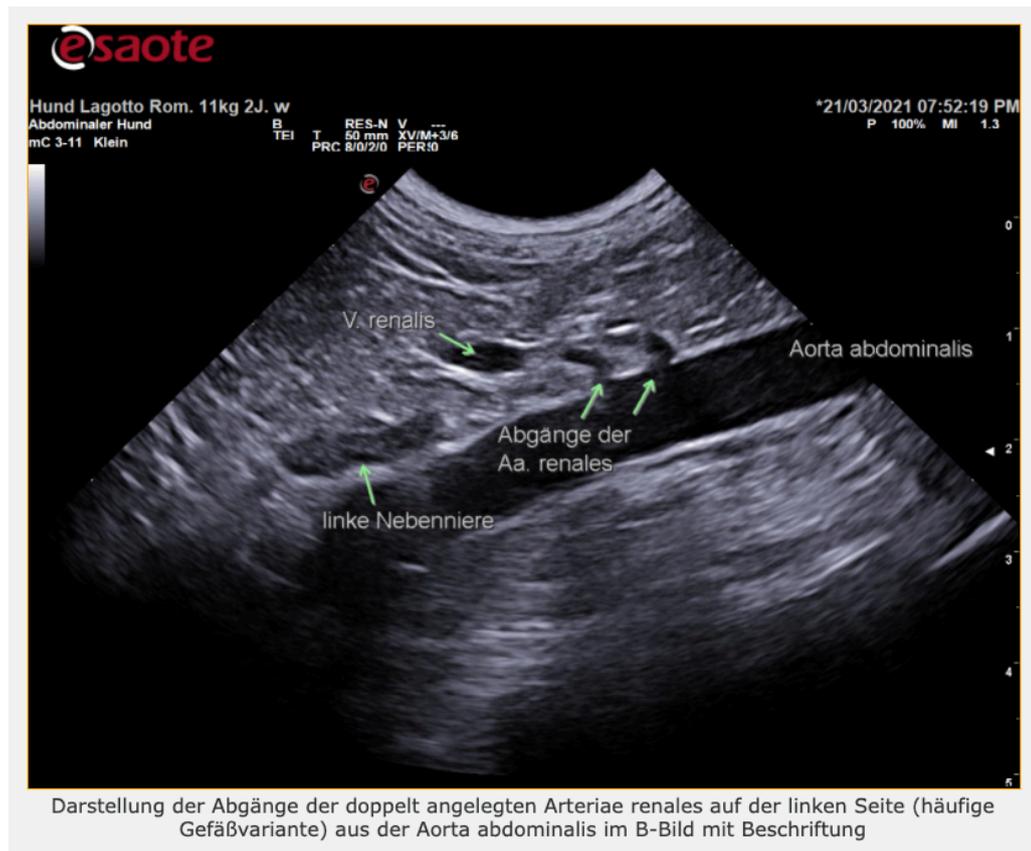
- Gallenblase
- Venen von Magen-Darmkanal, Pankreas und Milz

- **Versorgungsgebiet:**

Nutritive Versorgung der Leber  
(mit aufgenommenen Nährstoffen aus dem Magen-Darm-Trakt)

**Abbildung 59: Abschnitt aus dem Unterkapitel "*V. portae*", welches neben den übrigen Punkten "Ursprung", "Verlauf" und "Äste", sowohl eine Auflistung von "Abstromgebieten" als auch ein "Versorgungsgebiet" enthält**

Darunter wurden jedem Unterkapitel zwei Ultraschallbilder zu dem jeweiligen Gefäß hinzugefügt, welche in der Regel B-Bild-Aufnahmen zeigen. Das obere Bild ist immer eine unbeschriftete Aufnahme, während darunter die gleiche Aufnahme mit einer Beschriftung wie in Abbildung 60 aufgeführt wird. Dies soll dem Nutzer die Möglichkeit bieten, sich zunächst selbst im Ultraschallbild zu orientieren, ihm aber zusätzlich eine Hilfestellung anbieten.



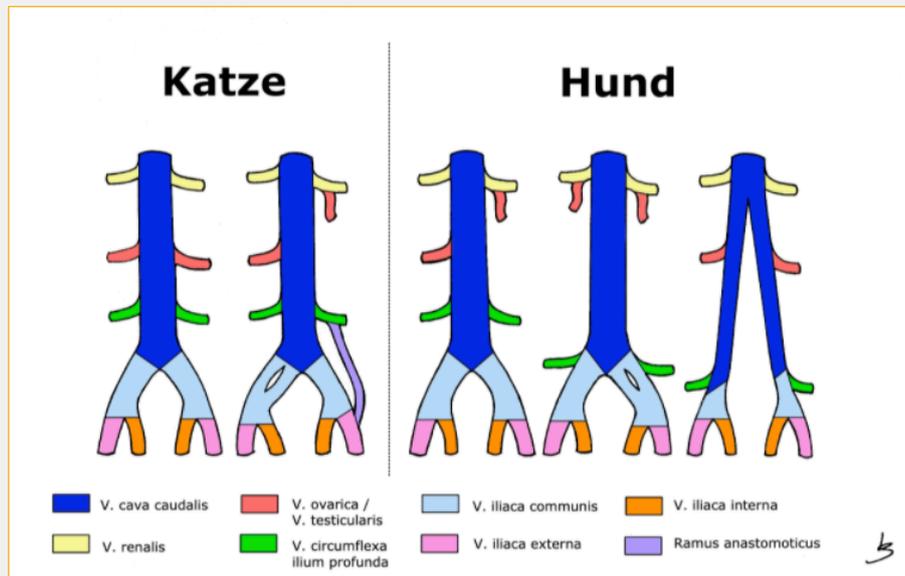
**Abbildung 60: B-Bild-Aufnahme des thematisierten Gefäßes im Unterkapitel "A. renalis" mit Beschriftung, in diesem Fall ist mit den doppelt angelegten Aa. renales auf der linken Seite zudem eine häufige Gefäßvariante dargestellt**

Abschließend werden mögliche „Anatomische Varianten“ des Gefäßes aufgelistet, wenn in der Literatur welche gefunden wurden. Diese wurden vor allem für die *V. cava caudalis* beschrieben und sind im Allgemeinen asymptomatisch. Dementsprechend wurden die angeborenen Gefäßvarianten häufig als Zufallsbefunde aufgeführt, sie können aber auch mit weiteren Anomalien assoziiert sein (BERTOLINI, 2017). Die Quellen zu den verschiedenen Gefäßvarianten setzen sich größtenteils aus Artikeln in Fachzeitschriften zusammen. Sie werden im Zusammenhang mit diesen als platzsparende In-Text-Zitate aufgeführt (siehe Abbildung 61), um dem Nutzer zu ermöglichen, sie in dem zugehörigen „Literatur“-Unterkapitel nachzuschauen.

- **Anatomische Varianten:**

- **Hund & Katze:**

- **Doppelung / Duplikation der V. cava caudalis (siehe unten)**
    - **Linksseitige V. cava caudalis (siehe unten)**
    - **Retrokavaler Ureter (siehe unten)**
    - **Situs inversus (siehe unten)**



Variationen - Endaufteilung der V. cava caudalis bei Hund & Katze  
Quelle: nach WAIBL & WILKENS, 2005

- **Hund:**

- **Partielle (nur prärenales Segment) oder komplette (prärenales & renales Segment) Doppelung / Duplikation der V. cava caudalis**

(REIS & TEPE, 1956; HEINZE, 1965; LABORDA et al., 1996; WAIBL & WILKENS, 2005; SCHWARZ et al., 2009; OUI et al., 2013; BERTOLINI et al., 2014; BERTOLINI, 2017; RYU et al., 2019)

**BEACHTEN:**

- gehäuftes Vorkommen bei kleinen Hunderassen, z.B. Malteser, Yorkshire Terrier und Pudel (BERTOLINI et al., 2014; BERTOLINI, 2017)

**CAVE:**

gleichzeitiges Bestehen eines kongenitalen extrahepatischen portosystemischen Shunts möglich (BERTOLINI et al., 2014; RYU et al., 2019)

**Abbildung 61: Ausschnitt aus dem Punkt "Anatomische Varianten" des Unterkapitels "V. cava caudalis" mit platzsparender Aufzählung der zitierten Quellen als In-Text-Zitate, welche als weiterführende Literatur dienen können**

Lediglich der Aufbau der Unterkapitel „Aorta abdominalis“, „V. cava caudalis“ und „V. portae“ weicht teilweise leicht von dem oben beschriebenen Schema ab.

### 1.2.5. Dopplersonographie-Kapitel

Das letzte Hauptkapitel thematisiert die Anwendung der Dopplersonographie zur Untersuchung wichtiger abdominaler Gefäße von Hunden und Katzen. Es thematisiert zudem, wie diese im B-Bild zu untersuchen sind und zeigt die gleiche Untergliederung wie das Anatomie-Kapitel, jedoch mit weniger Unterkapiteln.

Das Dopplersonographie-Kapitel setzt sich aus folgenden Kapiteln und Unterkapiteln zusammen:

- Dopplersonographie / Einführung
- Abdominale Arterien
  - *Aorta abdominalis*
  - *A. celiaca*
  - *A. mesenterica cranialis*
  - *A. mesenterica caudalis*
  - *A. renalis*
  - *A. iliaca externa*
  - *A. iliaca interna*
  - *A. lienalis*
- Abdominale Venen
  - *V. cava caudalis*
  - *Vv. hepaticae*
  - *V. renalis*
  - *V. iliaca communis*
- Portalvenen
  - *V. portae*
  - *V. lienalis*
  - *V. mesenterica cranialis*
- Literatur

In der Einführung des Dopplersonographie-Kapitels wird kurz auf den Inhalt eingegangen und auf die gleiche Kapitel-Untergliederung wie im Anatomie-Kapitel hingewiesen.

Es umfasst jedoch weniger Unterkapitel als das Anatomie-Kapitel, da nur die Gefäße ausgearbeitet wurden, zu welchen Quellen mit entsprechenden

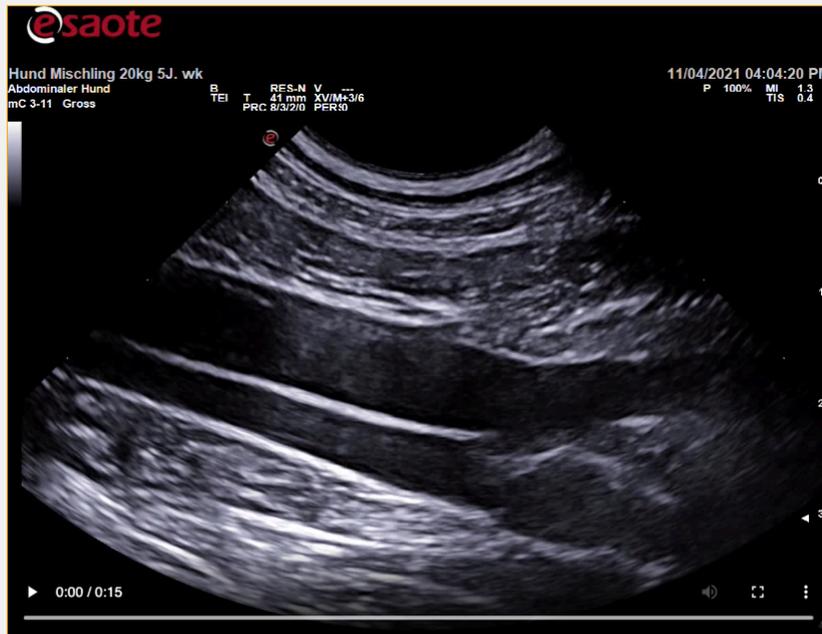
Beschreibungen zu dem charakteristischen Aussehen des Dopplerspektrums gefunden wurden. Hier genügte aufgrund der geringeren Anzahl an Quellen auch ein kapitelübergreifendes „Literatur“-Kapitel, wie aus der vorigen Aufzählung zu entnehmen.

Den Kapitel-Seiten „Abdominale Arterien“, „Abdominale Venen“ und „Portalvenen“ wurde jeweils eine Beschreibung der „Untersuchung im B-Bild“ hinzugefügt. Diese setzt sich im Wesentlichen aus den folgenden Punkten und Unterpunkten zusammen:

- Voraussetzungen
  - Schallkopf & Geräteeinstellungen
    - Linearschallkopf
    - Mikrokonvexschallkopf
    - Geräteeinstellungen
  - Untersuchungsbedingungen
- Untersuchungsgang
  - Darstellbare Gefäße
- Beurteilung & diagnostische Aussage
  - Beurteilung des Gefäßverlaufes
  - Beurteilung des Gefäßdurchmessers
  - Beurteilung der Gefäßwände
  - Beurteilung der Pulsation / Beurteilung des Gefäßlumens

Die drei Kapitel-Seiten unterscheiden sich im Aufbau vor allem im letzten Unterpunkt zwischen den Arterien und Venen, da nur erstere eine eigene Pulsation der Gefäßwände zeigen (VON ENGELHARDT, 2015). Dies wird durch einen Hinweis verdeutlicht, wie beispielhaft in der Abbildung 62 dargestellt, wo dieser im letzten Punkt der Aufzählung vor dem Video auf der Seite „Abdominale Venen“ aufgeführt wird. Statt dem Unterpunkt „Beurteilung der Pulsation“ wird hier, wie auch auf der Kapitel-Seite „Portalvenen“ die „Beurteilung des Gefäßlumens“ besprochen.

- **BEACHTE:**  
Venöse Gefäße zeigen selbst keine Pulsation der Gefäßwände, allerdings kann durch die Pulsation parallel verlaufender Arterien auch bei manchem venösen Gefäß der Eindruck einer geringen Pulsatilität entstehen. Dies gilt insbesondere für kaudale Anteile der V. cava caudalis und die V. iliaca communis, sowie ihre Zuflüsse, welche parallel zur stark pulsierenden Aorta und ihren Abgängen verlaufen.



Untersuchung einer Vene im B-Bild am Beispiel der Vena cava caudalis -  
Im Video sind die Erythrozytenbewegungen im Lumen der Vena cava caudalis im Fernfeld und die leichte Komprimierbarkeit der Vene im Vergleich zur benachbarten Aorta abdominalis zu erkennen

← Abdominale Arterien

Seitenanfang

V. cava caudalis →

**Abbildung 62: Am Beispiel der Kapitel-Seite "Abdominale Venen" wird im letzten Aufzählungspunkt ein Hinweis zur Pulsation der Gefäße aufgeführt**

Auch die Seiten der Unterkapitel mit den verschiedenen Gefäßen zeigen ein relativ einheitliches Grundgerüst, welches sich im Wesentlichen aus folgenden Punkten und Unterpunkten zusammensetzt:

- Indikation zur Untersuchung
- Mögliche pathologische Befunde
- Farbkodierte Duplexsonographie
- Untersuchungsbedingungen
- Schallkopf & Geräteeinstellungen
- Schnittführung
- Beurteilung von
- Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit
- Normalbefunde

- B-Bild
- Farbdoppler
- PW-Doppler

Nur in einigen Unterkapiteln wurden vereinzelt Punkte weggelassen, wenn sie dort keine Relevanz hatten. Dies trifft insbesondere für den Punkt „Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit“ in den Unterkapiteln vieler venöser Gefäße zu.

Zudem sind gegebenenfalls andere Unterkapitel und die übergeordneten Kapitelseiten verlinkt, wenn Informationen dort bereits aufgeführt wurden. Dies trifft insbesondere für den Punkt „Untersuchungsbedingungen“ zu, weshalb hier jeweils auf die „Untersuchung im B-Bild“ des jeweiligen Kapitels „Abdominale Arterien“, „Abdominale Venen“ oder „Portalvenen“ verwiesen wird.

Die Abbildungen 63 bis 69 sollen den Aufbau der verschiedenen Unterkapitel beispielhaft darstellen.

**ARTERIA CELIACA**

- **Indikation zur Untersuchung:**
  - Neoplasien z.B. der Leber oder Milz → Veränderung des Gefäßwiderstandes mit Auswirkungen auf den Blutfluss in den Ästen der A. celiaca
  - Verdacht auf arterioportale Verbindungen der A. hepatica
- **Mögliche pathologische Befunde:**
  - Verschluss der A. celiaca, z.B. durch verschleppte Thromben aus der Aorta
  - Arterioportale Verbindungen der A. hepatica mit einem Portalgefäß
- **Farbkodierte Duplexsonographie:**
  - Erleichterte Darstellung des Abgangs der A. celiaca aus der Aorta
  - Erleichterte Darstellung der Aufzweigung der A. celiaca in A. hepatica, A. gastrica sinistra und A. lienalis → Darstellung aller 3 Äste in einer Schallebene kaum möglich
  - Vereinfacht eine Verfolgung der 3 Äste in ihrem Verlauf durch das Abdomen
  - Vereinfacht das Auffinden von Pathologien wie Thrombosen der A. celiaca oder arterioportaler Verbindungen der A. hepatica
- **Untersuchungsbedingungen:**
  - siehe Untersuchung im B-Bild ([abdominale Arterien](#))
- **Schallkopf & Geräteeinstellungen:**
  - **Schallkopf:**
    - Verwendung eines Mikrokonvexschallkopfes empfohlen
  - **Grundeinstellung des Farbdopplers:**
    - siehe [Aorta](#), ggf. Anpassung der PRF
  - **Grundeinstellung des PW-Dopplers:**
    - siehe [Aorta](#), ggf. Anpassung der PRF

**Abbildung 63: Die ersten fünf Punkte des Grundgerüsts am Beispiel des Unterkapitels "A. celiaca", für manche Informationen wird auf vorangegangene (Unter-)Kapitel verwiesen**

- **Untersuchungsbedingungen:**
  - siehe Untersuchung im B-Bild ([Abdominale Venen](#))
- **Schallkopf & Geräteeinstellungen:**
  - **Linearschallkopf:**
    - Anwendung vor allem bei kleinen Hunden & Katzen
    - Anwendung im kaudalen Abdomen bei großen, schlanken Hunden zur Darstellung kaudaler Anteile der V. cava caudalis
    - BEACHTEN: Anwinkelung des Dopplerschallstrahls oder Farbfensters mittels Beam Steering um maximal 20° in beide Richtungen
  - **Mikrokonvexschallkopf:**
    - Anwendung bei großen & übergewichtigen Hunden
    - Anwendung bei kleinen Hunden & Katzen zur Darstellung kranialer Anteile der V. cava caudalis, sowie ihrer kranialen Zuflüsse, z.B. der Vv. hepaticae
    - Anwendung bei tiefbrüstigen Hunden zur interkostalen Anschallung kranialer Anteile der V. cava caudalis und ihrer Zuflüsse, z.B. der Vv. hepaticae
  - **Geräteeinstellungen im B-Bild:**
    - Frequenzeinstellung so hoch wie möglich, Anpassung an benötigte Eindringtiefe
  - **Grundeinstellung des Farbdopplers:**
    - Geschwindigkeitsbereich: etwa  $\pm 20$  cm/s → bei fehlender Farbkodierung Reduzierung der PRF
    - Symmetrische Skalierung der Nulllinie am Farbbalken
    - Wandfilter: maximal 100 Hz, wenn möglich 50 Hz
    - Größe des Farbfensters: möglichst maximal 4 x 4 cm
    - Bei ungenügender Farbfüllung des Venenlumens, Verbesserung durch:
      - Erhöhung des Farbgains
      - Verkleinerung des Geschwindigkeitsbereichs durch Reduzierung der PRF
      - Winkel zwischen Dopplerschallstrahl & Gefäßachse beachten, sollte  $<60^\circ$  sein
      - Reduzierung des Wandfilters
      - Erhöhung des Farbvorrang bzw. Zurücknahme der B-Bild Verstärkung
  - **Grundeinstellung des PW-Dopplers:**
    - Geschwindigkeitsbereich: etwa  $\pm 50$  cm/s bzw.  $\pm 0,5$  m/s
    - Mittig eingestellte Nulllinie, kann aber auch zugunsten des Vorwärtsflusses verschoben werden
    - Wandfilter:  $<100$  Hz, wenn möglich 50 Hz
    - Größe des Messvolumens: sollte gesamtes Gefäßlumen umfassen, keine Bewegungsartefakte durch pulsatile Gefäßwände wie bei Arterien

**Abbildung 64: Der Punkt "Schallkopf & Geräteeinstellungen" am Beispiel des Unterkapitels "V. cava caudalis"**

- **Schnittführung:**

- **Rückenlage:**

- Zur Beurteilung der Lebervenen kann mit der Darstellung der Leber in einem Längsschnitt in der Medianen begonnen werden
    - Der Schallkopf wird dafür sanft in das kraniale Abdomen gedrückt, sodass eine substernale Anschallung ermöglicht wird
    - Der Schallsektor ist nach kranial ausgerichtet
    - Durch Verschiebung des Schallkopfes zu beiden Seiten entlang des Rippenbogens nach lateral kann die Leber im Längsschnitt durchgemustert und die Lebervenen im Parenchym beurteilt werden
    - Anschließend sollte die Leber auch im Querschnitt durchgemustert werden
    - Es kann wieder in der Medianen begonnen werden, der Schallkopf wird dafür quer auf das kraniale Abdomen aufgesetzt
    - Durch sanften Druck kann wieder eine substernale Anschallung mit Ausrichtung des Schallsektors nach kranial erreicht werden
    - Durch Schwenken des Schallsektors nach dorsal und ventral wird die Leber im Querschnitt durchgemustert und die Lebervenen beurteilt
    - Um die gesamte Leber auch im Querschnitt beurteilen zu können, müssen laterale Leberanteile durch subkostale Anschallung auf beiden Seiten auf gleiche Weise durchgemustert werden

- **Seitenlage & interkostale Anschallung:**

- Bei tiefbrüstigen Hunden kann eine Anschallung von ventral schwierig sein, hier ist eine Lagerung in Seitenlage und Darstellung der Leber durch interkostale Anschallung erforderlich
    - Eine Darstellung der Leber durch interkostale Anschallung ist aber auch bei guter Schallbarkeit der Leber von ventral eine sinnvolle Ergänzung, da sie häufig am besten geeignet ist für eine dopplersonographische Untersuchung
    - Bei einer interkostalen Anschallung von rechts können die Lebervenen gut im Leberparenchym dargestellt werden
    - Durch leichtes Kippen des Schallkopfes kann zudem ihr Verlauf von der Peripherie der Leber bis zur Einmündung in die V. cava caudalis verfolgt werden

- **Beurteilung von:**

- Gefäßverlauf
  - Gefäßdurchmesser:  
Gemessen in der gleichen Tiefe sollte der Durchmesser der intrahepatischen Portalvenenäste und der Lebervenen etwa gleich sein
  - benachbarte Strukturen
    - Abklärung bei Einengung des Gefäßlumens durch benachbarte Massen, z.B. Tumoren im Leberparenchym
    - auch Einbruch in das Gefäßlumen möglich
  - Binnenstrukturen (Thromben)

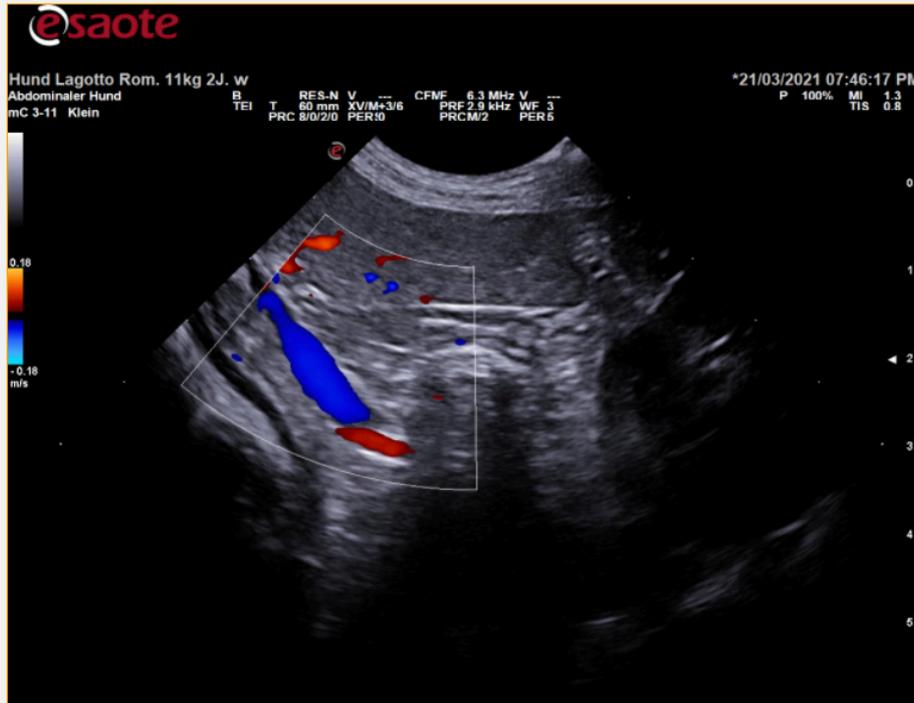
**Abbildung 65: Die Punkte "Schnittführung" und "Beurteilung von" am Beispiel des Unterkapitels "*Vv. hepaticae*"**

- **Beurteilung von:**
  - Gefäßverlauf
  - Gefäßdurchmesser:
    - Leichte Verjüngung von kranial nach kaudal ist physiologisch
    - Pathologische Abweichungen des Gefäßdurchmessers:
      - deutliche Erweiterung, z.B. bei einem Aortenaneurysma
      - Einengung oder plötzliche Verschmälerung des Gefäßlumens
  - benachbarte Strukturen:  
Abklärung bei Einengung des Gefäßlumens durch benachbarte Massen
  - Binnenstrukturen (Thromben)
  - Wandauflagerungen oder -kalzifizierungen
- **Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit:**
  - Darstellung der Aorta im Längsschnitt mit möglichst schrägem Verlauf durch das Bild
  - Winkel zwischen Dopplerschallstrahl und Gefäßachse sollte  $<60^\circ$  sein
  - Bei Verwendung eines Linearschallkopfes ist Verwendung des Beam Steering hilfreich → Dopplerschallstrahl kann zu beiden Seiten bis zu  $20^\circ$  anguliert werden
  - Positionierung des Messvolumens mittig im Gefäßlumen und Anpassung der Größe → Messvolumen sollte etwa  $2/3$  des Gefäßlumens ein- und die Aortenwände ausschließen
  - Parallele Ausrichtung des Winkelkorrektur-Cursors zum Gefäßverlauf
  - Aktivierung des PW-Dopplers zur Messung der Strömungsgeschwindigkeiten
- **Normalbefunde:**
  - **B-Bild:**
    - Deutliche Pulsatilität der Gefäßwände erkennbar
    - Kaum komprimierbar und deutlich dickere Gefäßwände als benachbarte V. cava caudalis
    - Leichte Verjüngung des Gefäßdurchmessers von kranial nach kaudal
  - **Farbdoppler:**
    - Strömungsdarstellung mit systolisch-diastolischem Farbwechsel:
      - Aufgrund des pulsatilen Blutflusses auch keine kontinuierliche Farbfüllung
      - Farbkodierung des schnellen systolischen Flusses in hellen Farbtönen
      - Danach stetig dunkler werdende Farbkodierung bis hin zu einer möglicherweise fehlenden Farbkodierung vor der nächsten Systole
    - Blutfluss vom Herzen weg Richtung Peripherie

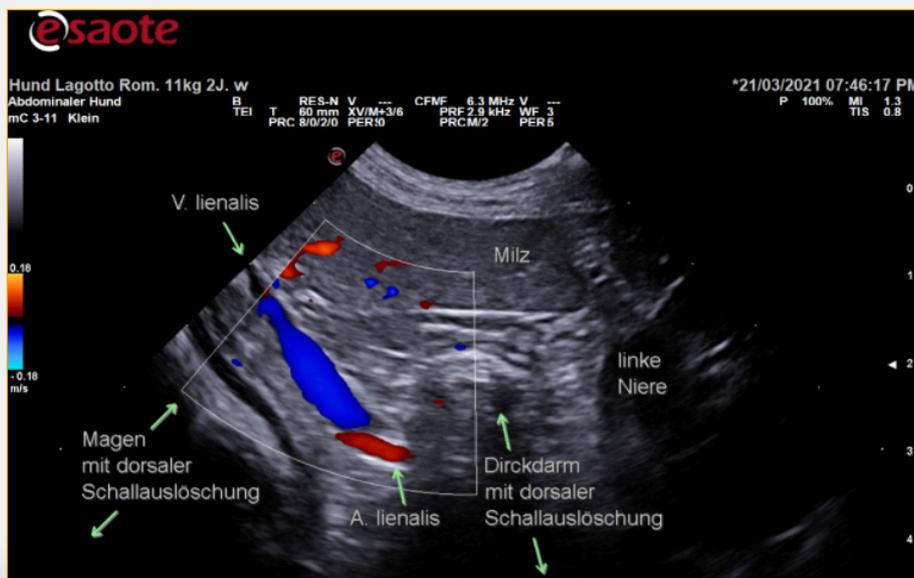
**Abbildung 66: Die Punkte "Beurteilung von" und "Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit", sowie ein Ausschnitt des Punktes "Normalbefunde" am Beispiel des Unterkapitels "Aorta abdominalis"**

○ **Farbdoppler:**

- langsame, kontinuierliche Strömungsgeschwindigkeiten
- Blutfluss von der Milz Richtung V. portae



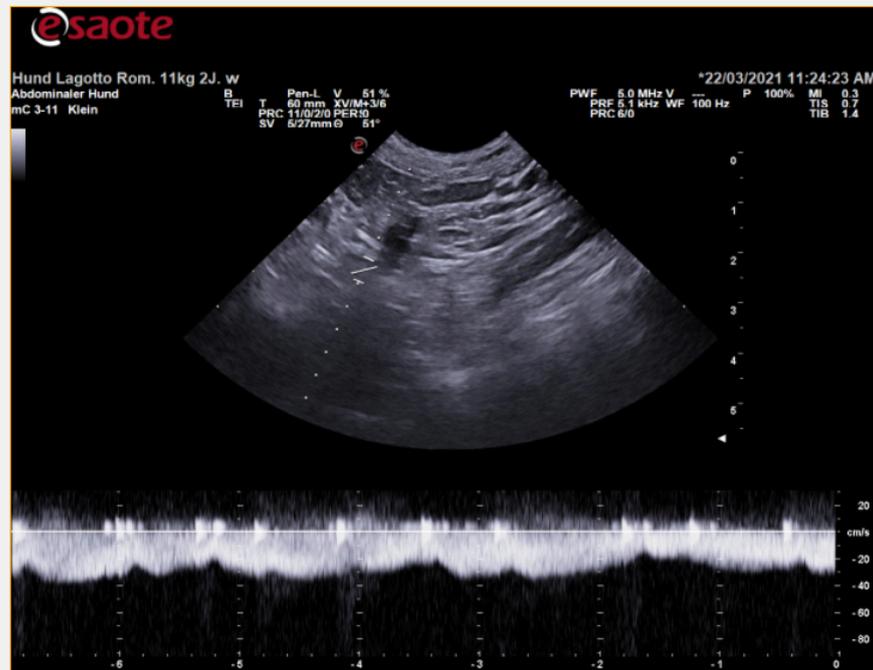
Darstellung der Vena lienalis im Verlauf Richtung Vena portae im Farbdoppler



**Abbildung 67: Der Normalbefunde-Unterpunkt "Farbdoppler" am Beispiel des Unterkapitels "*V. lienalis*", der zweiten Aufnahme des gleichen Ultraschallbildes wurden als Hilfestellung Beschriftungen hinzugefügt**

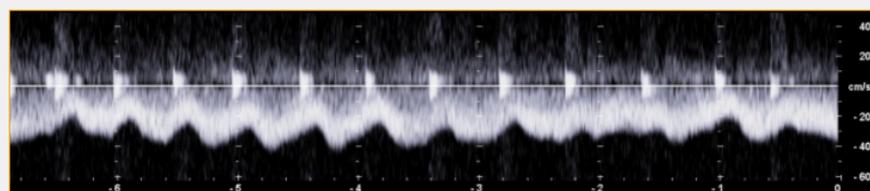
- **PW-Doppler:**

- Parabolisches Geschwindigkeitsprofil: breite Verteilung von Strömungsgeschwindigkeiten
- Relativ kontinuierlicher, langsamer Blutfluss ohne Modulation des Strömungssignals durch die Herzaktion



Konventionelle Duplexsonographie der Vena portae mit dem PW-Doppler - Das Dopplerspektrum zeigt einen relativ kontinuierlichen, langsamen Blutfluss

- Jedoch Abhängigkeit des Strömungssignals von der Atmung:
  - Kompression auf das Leberparenchyms während der Inspiration senken die Strömungsgeschwindigkeiten, das Blut staut sich im portalen System
  - Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten während der Expiration

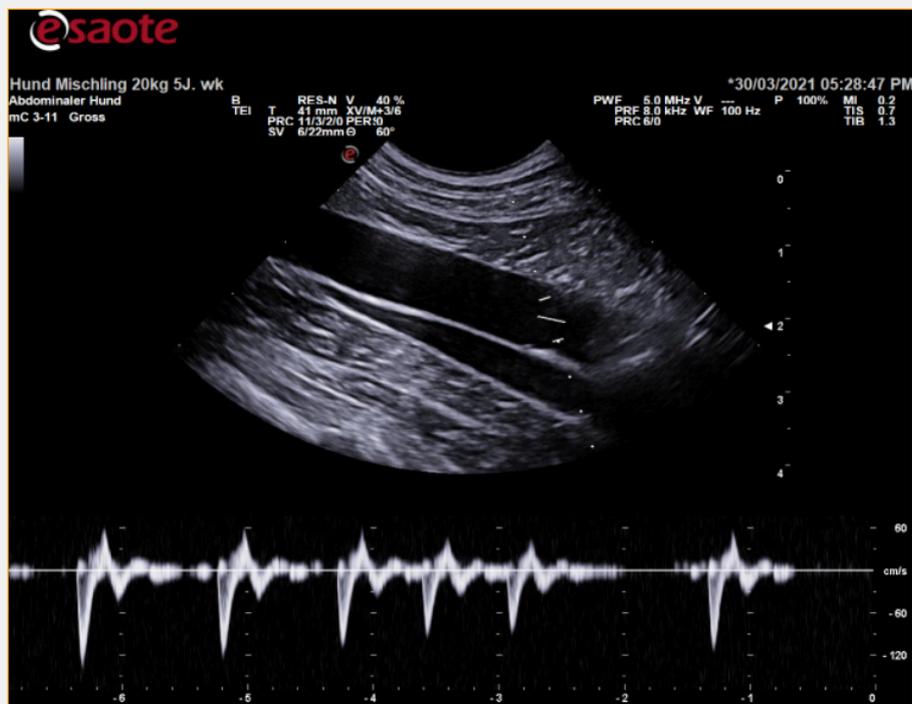


Wellenförmiges Dopplerspektrum der Vena portae bei einem Hund mit frequenter Atmung

**Abbildung 68: Ausschnitt des Normalbefunde-Unterpunktes "PW-Doppler" am Beispiel des Unterkapitels "*V. portae*"**

○ **PW-Doppler:**

- Deutlich pulsatiler Fluss vom Herzen weg Richtung Peripherie (hohe Pulsatilität)
- Kolbenfluss-Profil: schmale Verteilung von Strömungsgeschwindigkeiten
- Arterielles Hochwiderstandsgefäß mit triphasischem Dopplerspektrum:
  - schmale, hohe systolische Spitze mit deutlichem spektralem Fenster
  - frühdiastolischer Rückfluss
  - folgende Welle diastolischen Vorwärtsflusses mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit in der späten Diastole bis hin zur enddiastolischen Nullströmung in kaudalen Anteilen der Aorta
- bei entspannten Hunden mit ausgeprägter Sinusarrhythmie:
  - Während der verlängerten Diastole wechseln sich Rückstrom und Vorwärtsfluss bis zur nächsten Systole ab
  - Die Spitzen werden dabei auf beiden Seiten der Nulllinie stetig kleiner



Konventionelle Duplexsonographie der Aorta abdominalis mit dem PW-Doppler - Untersuchung bei einem Hund mit respiratorischer Sinusarrhythmie

← Abdominale Arterien

Seitenanfang

A. celiaca →

**Abbildung 69: Der Normalbefunde-Unterpunkt "PW-Doppler" am Beispiel des Unterkapitels "Aorta abdominalis"**

### 1.2.6. Kontaktseite

Die Kontaktseite ist nicht wie die restlichen Seiten in der Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf verlinkt, sondern von allen Seiten über den Verweis im Seitenfuß zugänglich. Außerdem besteht aufgrund der fehlenden Unterkapitel, ebenso wie bei

der Startseite kein Bedarf für eine Kapitelnavigation. Der Seitenleiste wurde stattdessen ein Porträt der Autorin mit ihrem Namen in der Bildunterschrift hinzugefügt.

Die Kontaktseite ist ansonsten wie alle übrigen Seiten des Lernprogrammes aufgebaut und enthält im Hauptteil den wichtigen Urheberrechtshinweis. Um auf diesen aufmerksam zu machen, wurde die erste Zeile durch die fettgedruckte Schrift überschriftartig hervorgehoben, wie in Abbildung 70 zu sehen.

Darüber wird zudem nochmal die Dissertation als Grundlage für die Entstehung des Lernprogrammes genannt. Da dieses hauptsächlich für die Nutzung im Rahmen von Wahlpflichtfächern vorgesehen ist, wurde hier auf die Angabe konkreter Kontaktadressen verzichtet. Bei Fragen können sich die Studierenden stattdessen an den jeweiligen Dozenten des Wahlpflichtfaches wenden.

Wie bei allen anderen Seiten des Lernprogrammes, sind auch hier am unteren Ende des Hauptinhaltes die Seitenverweise enthalten. Diese verlinken in diesem Fall zusätzlich zum Seitenanfang das Kapitel „Dopplersonographie“ und die „Startseite“ des Lernprogrammes.

STARTSEITE GRUNDLAGEN GERÄTEEINSTELLUNGEN ANATOMIE DOPPLERSONOGRAPHIE

## KONTAKT

### AUTORIN



Luise Schroth

Dieses Lernprogramm entstand im Rahmen einer Dissertation unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr. med. vet. Sven Reese am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät, Veterinärwissenschaftliches Department der Ludwig-Maximilians-Universität München

**© Copyright 2021 - Urheberrechtshinweis**  
Alle Inhalte dieses Lernprogramms, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sowie Ultraschallbilder und -videos sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei Luise Schroth und dem Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät, Veterinärwissenschaftliches Department der Ludwig-Maximilians-Universität München.

← Dopplersonographie      Seitenanfang      Startseite →

Kontakt © 2021 Luise Schroth & www.anat.vetmed.uni-muenchen.de

**Abbildung 70: Kontaktseite des Lernprogrammes mit dem Urheberrechtshinweis und Nennung des Rahmens für die Entstehung im Hauptteil, sowie Porträt und Namen der Autorin in der Seitenleiste**

### **1.3. Browser-Kompatibilität**

Bei der Erstellung des Lernprogrammes wurde auf eine gute Browser-Kompatibilität mit modernen Internet-Browsern geachtet. Diese wurde bereits während der Entwicklung mittels der lokal abgespeicherten Dateien immer wieder überprüft und auch zum Schluss mehrmals mit den verschiedenen Browsern kontrolliert. Das Lernprogramm kann mit den Browsern Chrome der Google LLC., Firefox der Mozilla Corporation, Safari der Apple Inc., Opera der Opera Software ASA und Microsoft Edge von Microsoft verwendet werden.

Zur Gestaltung des Lernprogrammes wurde das CSS Grid Layout verwendet, was der Website eine responsive Flexibilität verleiht (SELFHTML, o. J.-g). Dadurch sollte auch die Nutzung mit mobilen Endgeräten ermöglicht werden, da Tablets und Smartphones von vielen Studierenden für ihr Studium genutzt werden (BECKER et al., 2015). Das Grid Layout ist auch bereits in allen modernen Browsern implementiert, allerdings kann es vom Browser Internet Explorer von Microsoft nur teilweise umgesetzt werden. Da Microsoft auf der eigenen Website ankündigt, dass der Internet Explorer 11 zum 15. Juni 2022 eingestellt wird und stattdessen ihren moderneren Browser Microsoft Edge empfehlen (MICROSOFT, 2022), wurde eine Verwendung des Grid Layouts nicht in Frage gestellt. Es wurde stattdessen nach Möglichkeiten gesucht, das Lernprogramm so zu gestalten, dass es trotzdem mit dem Internet Explorer nutzbar ist. Allerdings kann dieser für eine Nutzung nicht empfohlen werden.

Zusätzlich wurde das Lernprogramm auf mobilen Endgeräten mit den Betriebssystemen iOS von Apple und Android der Open Handset Alliance getestet. Dank des responsiven Verhaltens der Website und der flexiblen Anpassung an unterschiedlich schmale Ansichtsfenster ist auch eine Nutzung mit mobilen Endgeräten möglich. Jedoch sind insbesondere Smartphones, aufgrund der geringen Bildschirmgröße, nicht für die Nutzung des Lernprogrammes zu empfehlen.

### **1.4. Hochladen des Lernprogramms**

Nach Fertigstellung des Lernprogramms wurde dieses zur Übertragung auf einen USB-Stick kopiert und auf den Server der Tierärztlichen Fakultät der LMU München hochgeladen. Dafür wurde zuvor noch der Name des Ordners von „home“ zu „dopplerlernprogramm“ geändert, um eine bessere Zuordnung zu gewährleisten.

Anschließend konnte das Lernprogramm unter folgender URL aufgerufen werden:

<https://www.zoomify.vetmed.lmu.de/dopplerlernprogramm>

## **2. Evaluation**

Die Evaluation des Lernprogrammes erfolgte im Rahmen des Wahlpflichtfaches „Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)“ im Sommersemester 2021, an welchem insgesamt 97 Tiermedizinstudierende teilgenommen haben. Davon waren 83,5% (81/97) während der Präsentation des Lernprogrammes über Zoom in der letzten Vorlesungsveranstaltung des Semesters am Montag, den 28. Juni 2021 gegenwärtig. Nach der Präsentation haben 46,9% (38/81) dieser anwesenden Studierenden die freiwillige Umfrage zum Lernprogramm ausgefüllt.

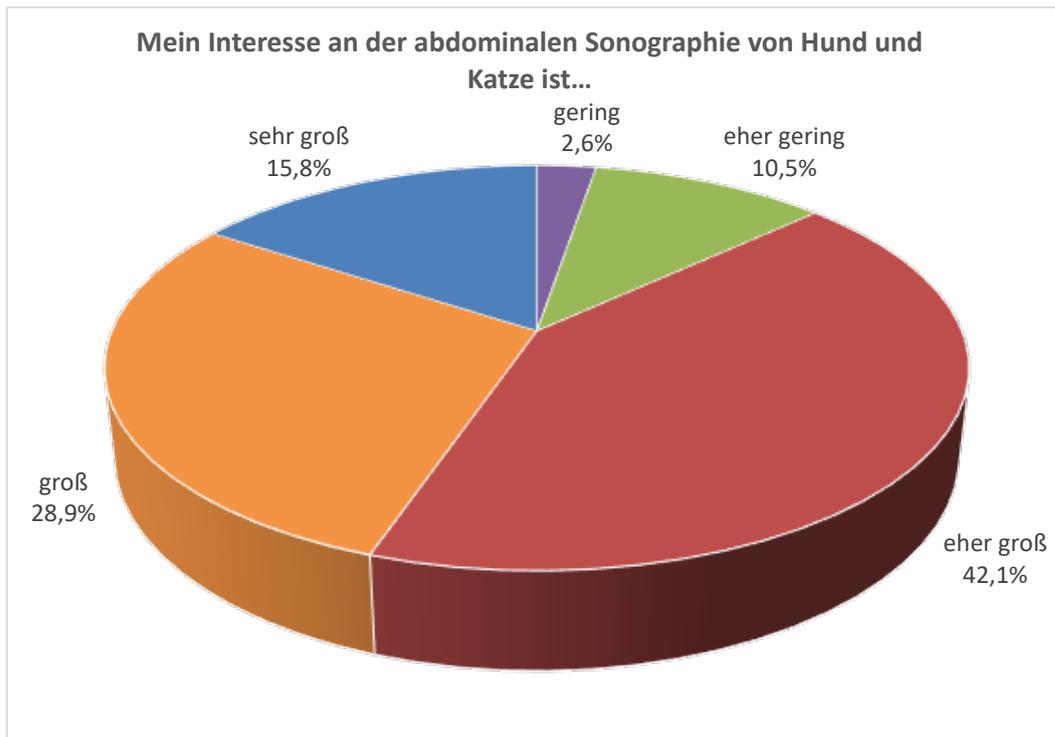
Der Umfragebogen zur Evaluation des Lernprogrammes ist unter der 1. Anlage im Anhang zu finden.

### **2.1. Antwortverteilungen zu den allgemeinen Fragen**

Zu Beginn der Umfrage wurden 18 allgemeine Fragen an die Studierenden gestellt, welche beispielsweise das Fachsemester, das Interesse und die Kenntnisse zum Thema abdominale Sonographie von Kleintieren, aber auch das Lernverhalten und die Anforderungen an Lehrmedien thematisierten.

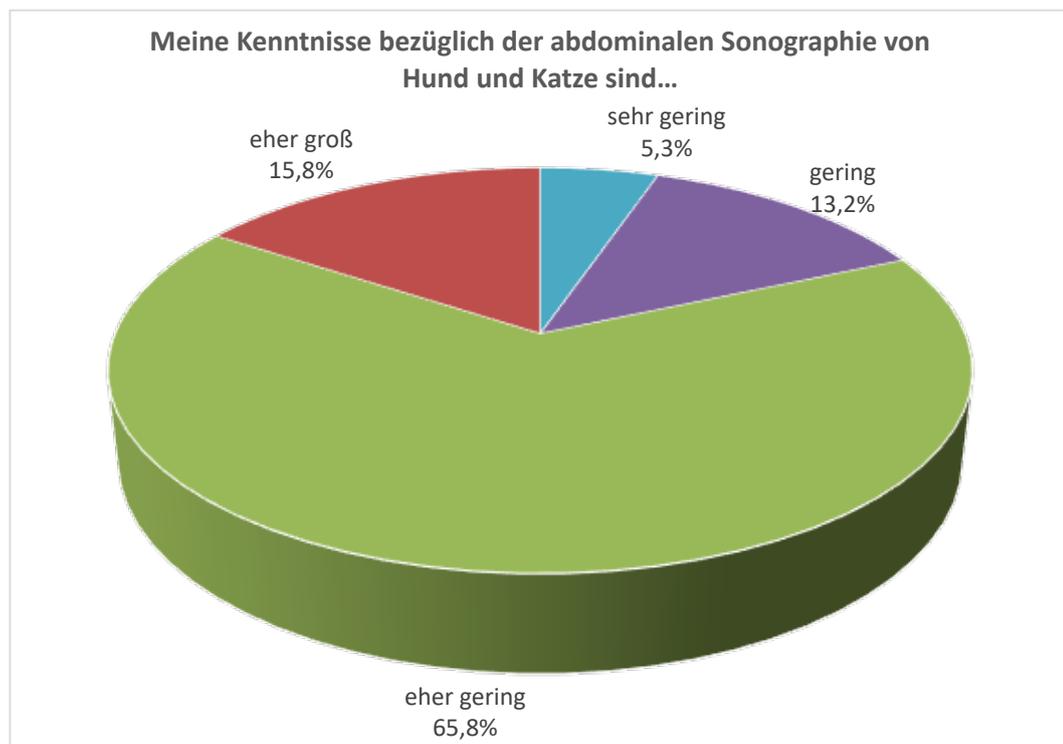
Auf die erste Frage zu ihrem Fachsemester gaben 86,8% (33/38) der teilnehmenden Studierenden an im 6. Fachsemester des Tiermedizinstudiums zu studieren. Die restlichen 13,2% (5/38) der Teilnehmer studierten zur Zeit der Umfrage im 8. Fachsemester. Alle an der Umfrage teilnehmenden Studierenden befanden sich also bereits in den klinischen Fachsemestern ihres Tiermedizinstudiums.

Daraufhin sollte das Interesse der Studierenden an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze ermittelt werden. Mit 42,1% (16/38) gaben die meisten an, eher großes Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze zu haben, wie in Abbildung 71 zu sehen. 28,9% (11/38) gaben zudem ein großes Interesse und 15,8% (6/38) sogar sehr großes Interesse an diesem Thema an. Lediglich 10,5% (4/38) schätzten ihr Interesse als eher gering und 2,6% (1/38) als gering ein.



**Abbildung 71: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 2 zum Interesse der Studierenden an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze**

Ihre Kenntnisse zum Thema abdominale Sonographie bei Hund und Katze stuften die Studierenden dagegen deutlich geringer ein. Mit 65,8% (25/38) empfand über die Hälfte eher geringe Kenntnisse zum Thema zu haben. Weitere 13,2% (5/38) gaben sogar nur geringe und 5,3% (2/38) sehr geringe Kenntnisse zum Thema an, wie die Grafik in Abbildung 72 zeigt. Lediglich 15,8% (6/38) der Studierenden empfand, eher große Kenntnisse zum Thema zu haben.



**Abbildung 72: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 3 zu den Kenntnissen der Studierenden bezüglich der abdominalen Sonographie von Hund und Katze**

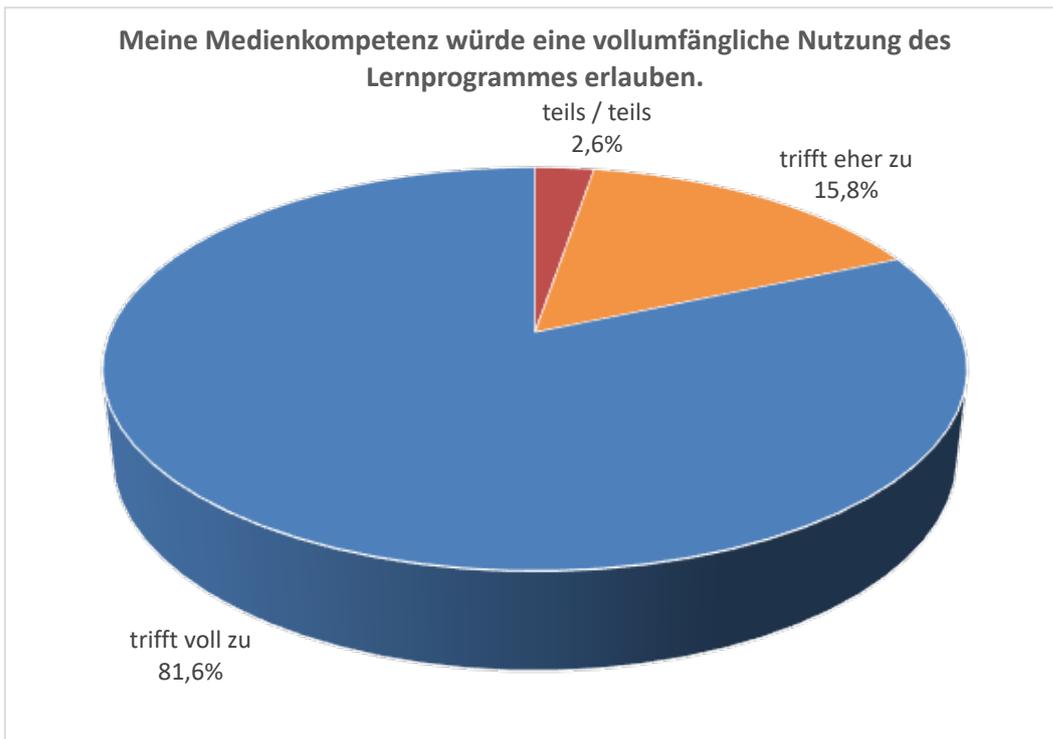
Der Großteil der teilnehmenden Studierenden (26/38) hatte bereits das Wahlpflichtfach „Abdominale Ultraschalluntersuchung bei Hund und Katze, Vorlesungen, Demonstrationen und praktische Übungen“ belegt. Nur 31,6% (12/38) hatte daran nicht teilgenommen. Trotzdem hatte keiner der Studierenden zuvor die Möglichkeit das Prof. Cordula Poulsen Nautrup Ultraschalllabor zu nutzen, wie die nächste Frage ergab.

Fast alle Studierenden (36/38) gaben an, uneingeschränkten Zugang zu einem Computer zu haben. Lediglich für jeweils eine Person trifft dies eher oder nur teilweise zu.

Mit 81,6% (31/38) haben auch die meisten von ihnen einen uneingeschränkten

Zugang zum Internet. Weitere 15,8% (6/38) der Studierenden stimmten einem uneingeschränkten Internetzugang eher zu, während auch hier eine Person dem nur teilweise zustimmen konnte.

Von den teilnehmenden Studierenden schätzten 81,6% (31/38), dass ihre Medienkompetenz eine vollumfängliche Nutzung des Lernprogrammes erlauben wird und weitere 15,8% (6/38) gaben an, dass dies eher zutreffe. Lediglich 2,6% (1/38) gab auch hier an, dies nur teilweise erfüllt zu sehen (siehe Abbildung 73).



**Abbildung 73: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 8, ob die Medienkompetenz der Studierenden eine vollumfängliche Nutzung des Lernprogrammes erlaubt**

Bezüglich des Lernens am Computer gingen die Meinungen der Studierenden weit auseinander. Dass sie dies gerne tun und darin viele Vorteile sehen, gab 18,4% (7/38) als voll zutreffend an. Für weitere 36,8% (14/38) trifft dies auch eher zu. Immerhin 31,6% (12/38) sahen es aber nur teilweise so und für fünf Studierende trifft es eher nicht (2/38) oder gar nicht (3/38) zu.

Dies sollte mit der Aussage, dass einem das Lernen am Computer schwerfällt, überprüft werden. Entsprechend gaben hier 13,2% (5/38) und 36,8% (14/38) an, dass dies gar nicht und eher nicht zutreffe. Ähnlich wie bei der vorigen Frage sahen 34,2% (13/38) es zumindest teilweise so. Für 10,5% (4/38) trifft es eher zu und

weitere 5,3% (2/38) sahen es als voll erfüllt, dass ihnen das Lernen am Computer schwerfällt.

Der Großteil der Studierenden (28/38) gab an, im laufenden Semester neben den Online-Vorlesungen, auch weitere online nutzbare Lehrmedien verwendet zu haben und nur 26,3% (10/38) verneinten dies.

Dass ihnen Ortsunabhängigkeit beim Lernen wichtig ist, stimmte 28,9% (11/38) der Studierenden voll und 23,7% (9/38) eher zu. Viele (12/38) sahen dies aber nur teilweise so, sowie für weitere 13,2% (5/38) trifft dies eher nicht zu und für einen Studierenden trifft es gar nicht zu.

Ein ähnliches Bild ergab sich bei der Aussage, dass Zeitunabhängigkeit beim Lernen wichtig ist. Dem stimmten 34,2% (13/38) voll und 28,9% (11/38) eher zu, während es wieder 31,6% (12/38) der Studierenden nur teilweise so sehen. Hier gaben aber nur 5,3% (2/38) an, dies eher nicht so zu sehen, während keiner dem gar nicht zustimmte.

Relativ übereinstimmend war die Meinung der Studierenden zu der Aussage, dass Multimedialität (z.B. Bilder, Videos, etc.) bei einem Lehrmedium wichtig ist. Für 50% (19/38) trifft das voll und für 44,7% (17/38) trifft es eher zu, während 5,3% (2/38) dem nur teilweise zustimmen.

Bezüglich der Interaktivität (z.B. in Form von bearbeitbaren Aufgaben) bei einem Lehrmedium gaben 34,2% (13/38) an, dass sie ihnen wichtig ist und 42,1% (16/38) stimmten dem eher zu. 13,2% (5/38) sahen das teilweise erfüllt, während 10,5% (4/38) dem eher nicht zustimmten.

Lernerfolgskontrollen bei einem Lehrmedium empfinden etwas mehr als die Hälfte der Studierenden als wichtig. Während 23,7% (9/38) dem voll zustimmten, stimmte der Großteil (15/38) dem auch eher zu. Für wiederum 23,7% (9/38) trifft dies aber nur teilweise und weitere 13,2% (5/38) eher nicht zu.

Ein ähnliches Bild ergaben auch die Meinungen zu der Aussage, dass Kommunikationsmöglichkeiten mit einem Lehrenden bei einem Lehrmedium wichtig sind. Wieder 23,7% (9/38) stimmten dem voll zu und 36,8% (14/38) sahen es eher erfüllt. Teilweise zustimmen konnten hier 26,3% (10/38), während 10,5% (4/38) dies als eher nicht und eine Person es als gar nicht zutreffend angaben.

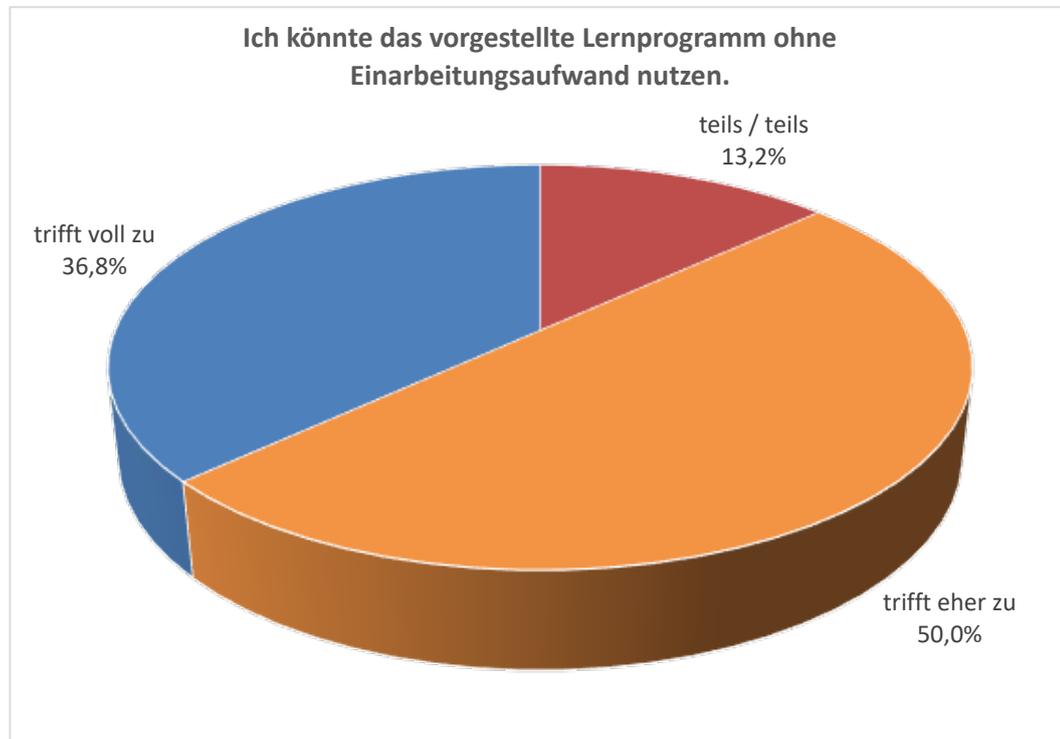
In der letzten Frage des allgemeinen Teils sollten noch die bevorzugten Lehrmedien

der Studierenden ermittelt werden. Auch hier wurden den Studierenden die Antwortmöglichkeiten vorgegeben, allerdings war bei dieser Frage eine Mehrfachauswahl möglich. Mit jeweils 97,4% (37/38) waren die meistgewählten Antworten der „Besuch von (Online-)Vorlesungen“ und die „Vorlesungsunterlagen des Lehrenden“. An zweiter Stelle kamen mit 92,1% (35/38) die „Lehrbücher“. Auch „Wahlpflichtfächer“ und „Vorgefertigte Skripte (z.B. von Mitstudierenden, Skriptenverein)“ waren mit 84,2% (32/38) und 78,9% (30/38) eine beliebte Wahl. 73,7% (28/38) der Studierenden nutzen zudem gerne „Selbstangefertigte Skripte“ zur Wissensaneignung für ihr Studium und auch die „Internetrecherche“ war mit 71,1% (27/38) recht beliebt. Nur etwas mehr als die Hälfte der Studierenden (22/38) gaben an, auch „E-Learning-Angebote (z.B. Lernprogramm, CASUS-Fälle, virtuelle Mikroskopie, etc.)“ zu nutzen. „Lerngruppen / Studentische Arbeitsgruppen“ waren mit nur knapp 26,3% (10/38) die unbeliebteste Wahl und 7,9% (3/38) der Studierenden gab an, „Andere Lehrmedien“ zu verwenden.

## **2.2. Antwortverteilungen zu den speziellen Fragen zum Lernprogramm**

Auf die allgemeinen Fragen folgten ab Frage 19 spezielle Fragen zu dem zuvor vorgestellten Lernprogramm. Hier sollte die Akzeptanz des Lernprogrammes unter den Studierenden erfragt werden und mögliche Schwächen aufgedeckt werden. Weiterhin sollte eruiert werden, inwieweit ein Interesse der Studierenden am Lernprogramm besteht und wie sie dessen Nutzen einschätzen. Zudem wurde den Studierenden mit der 46. Frage noch die Möglichkeit gegeben, Anregungen und Kommentare zu formulieren.

Den Anfang machte hier die Frage, ob das vorgestellte Lernprogramm für die Studierenden ohne Einarbeitungsaufwand nutzbar ist. Dem stimmten 36,8% (14/38) voll und weitere 50% (19/38) eher zu. Nur 13,2% (5/38) sahen dies als teilweise zutreffend an, wie das Diagramm in Abbildung 74 verdeutlicht.



**Abbildung 74: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 19, dass die Studierenden das Lernprogramm ohne Einarbeitungsaufwand nutzen könnten**

Daraufhin wurde die Aussage überprüft, dass die Bedienung des Lernprogrammes einfach erscheint. Dies wurde vom Großteil der Studierenden bestätigt, indem 47,4% (18/38) dem voll und wiederum 50% (19/38) eher zustimmten. Lediglich eine Person sah dies nur teilweise so.

Mit 57,9% (22/38) gaben die meisten Studierenden an, dass ihnen bei einer Nutzung des Lernprogrammes an jeder Stelle klar wäre, auf welcher Seite im Lernprogramm sie sich befinden. Weitere 36,8% (14/38) gaben an, dass dies eher zutreffe und 5,3% (2/38) stimmten dem teilweise zu.

Weiterhin fanden 65,8% (25/38) die Navigationsstruktur klar und einfach zu verstehen und 28,9% (11/38) stimmten dem eher zu. Zwei Personen sahen dies zumindest teilweise erfüllt. Genau die gleiche Häufigkeitsverteilung der gewählten Antwortmöglichkeiten zeigte sich auf die Aussage, dass das Navigationsdesign

einheitlich ist.

71,1% (27/38) der Studierenden war der Meinung, dass Links (z.B. im Text) eindeutig gekennzeichnet sind und weitere 23,7% (9/38) stimmten dem eher zu. Weitere 5,3% (2/38) sahen dies wieder teilweise erfüllt.

Der Aussage, dass die Bildschirmaufteilung mehr zugunsten des Inhaltes hätte ausfallen sollen, stimmten lediglich 10,5% (4/38) der Studierenden eher zu. 21,1% (8/38) fanden das teilweise so, während 52,6% (20/38) dem eher nicht und 15,8% (6/38) dem gar nicht zustimmten. Keiner der Studierenden hatte der Aussage voll zugestimmt.

Der Großteil der Studierenden bestätigte, dass mediale Elemente (z.B. Grafiken, Bilder, Videos) im Lernprogramm sinnvoll eingesetzt wurden, um Inhalte zu verdeutlichen. Dies traf für 55,3% (21/38) voll und für 36,8% (14/38) der Studierenden eher zu. 5,3% (2/38) empfand dies als teilweise zutreffend und lediglich eine Person empfand es als eher nichtzutreffend.

Dass das Lernprogramm mit medialen Elementen nur „aufgehübscht“ worden ist, empfand 5,3% (2/38) der Studierenden als voll zutreffend und 10,5% (4/38) als eher zutreffend. Weitere 10,5% (4/38) sahen dies teilweise so, während es mit 44,7% (17/38) für die meisten eher nicht und weitere 28,9% (11/38) gar nicht zutraf.

34,2% (13/38) der Studierenden fanden das Design des Lernprogrammes ansprechend und zeitgemäß und weitere 42,1% (16/38) stimmten dem eher zu. 21,1% (8/38) konnten dem teilweise zustimmen, während eine Person dies eher nicht so empfand.

Die Aussage, dass das Design unprofessionell und für die Zielgruppe (Studierende der Tiermedizin, Tierärzte) unpassend ist, sollte die vorangegangene Frage nochmal überprüfen. Lediglich 5,3% (2/38) sahen dies teilweise so, während es 10,5% (4/38) eher nicht und mit 84,2% (32/38) der Großteil gar nicht zutreffend fand.

Auch dass das Farbdesign vom Inhalt des Lernprogrammes ablenkt, sah nur eine Person teilweise so. Die meisten sahen dies gar nicht so und 21,1% (8/38) sahen es eher nicht so.

Die meisten Studierenden fanden die Texte im Lernprogramm lesefreundlich gestaltet. Dem stimmten 36,8% (14/38) voll und 57,9% (22/38) eher zu, während zwei Personen es teilweise so sahen.

Bei der folgenden Aussage, dass die gewählte Schriftart nicht gefällt, stimmten 5,3% (2/38) teilweise zu, während 78,9% (30/38) dies gar nicht und weitere 10,5% (4/38) eher nichtzutreffend fanden.

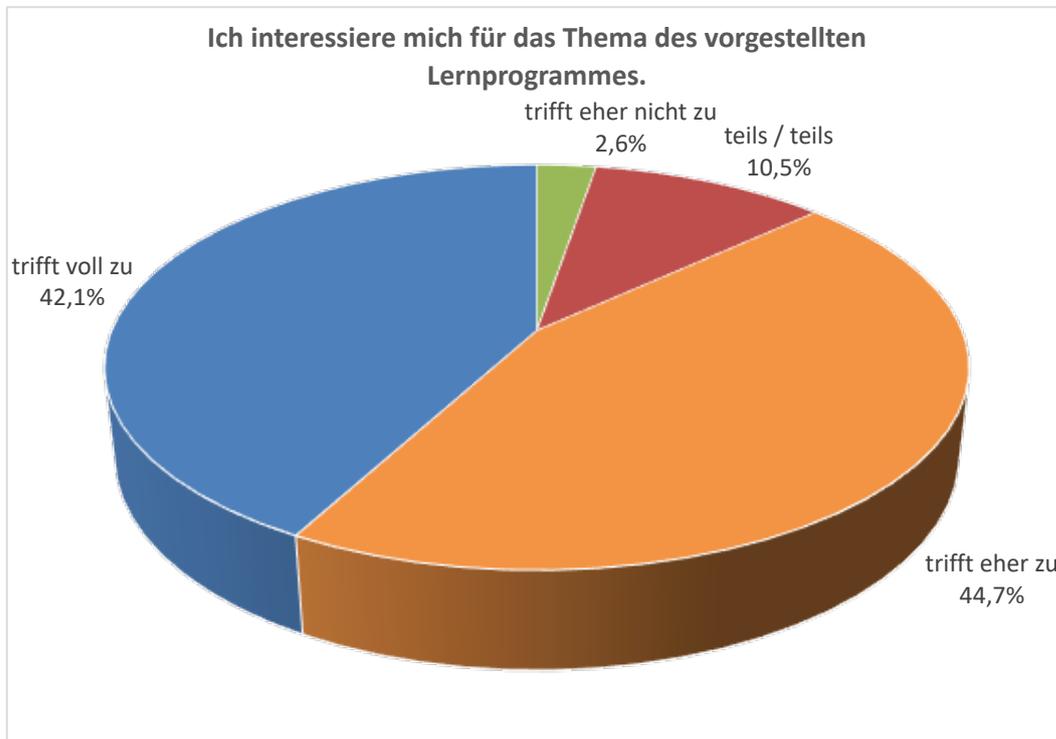
Eine erschwerte Lesbarkeit der Texte durch fehlenden Kontrast und eine ungünstige Farbgebung wurde nur von einer Person teilweise empfunden. Für 78,9% (30/38) traf das dagegen gar nicht zu und für die restlichen 18,4% (7/38) auch eher nicht.

Auch dass die Lesbarkeit durch die gewählte Schriftgröße erschwert wurde, konnten 81,6% (31/38) gar nicht und 15,8% (6/38) eher nicht zustimmen. Allerdings traf dies für eine Person eher zu.

Alle Studierenden stimmten zu, dass das Lernprogramm aus überschaubaren Abschnitten aufgebaut ist und die Inhalte klar gegliedert sind. Dem stimmten 50% (19/38) der Studierenden voll und weitere 50% (19/38) eher zu.

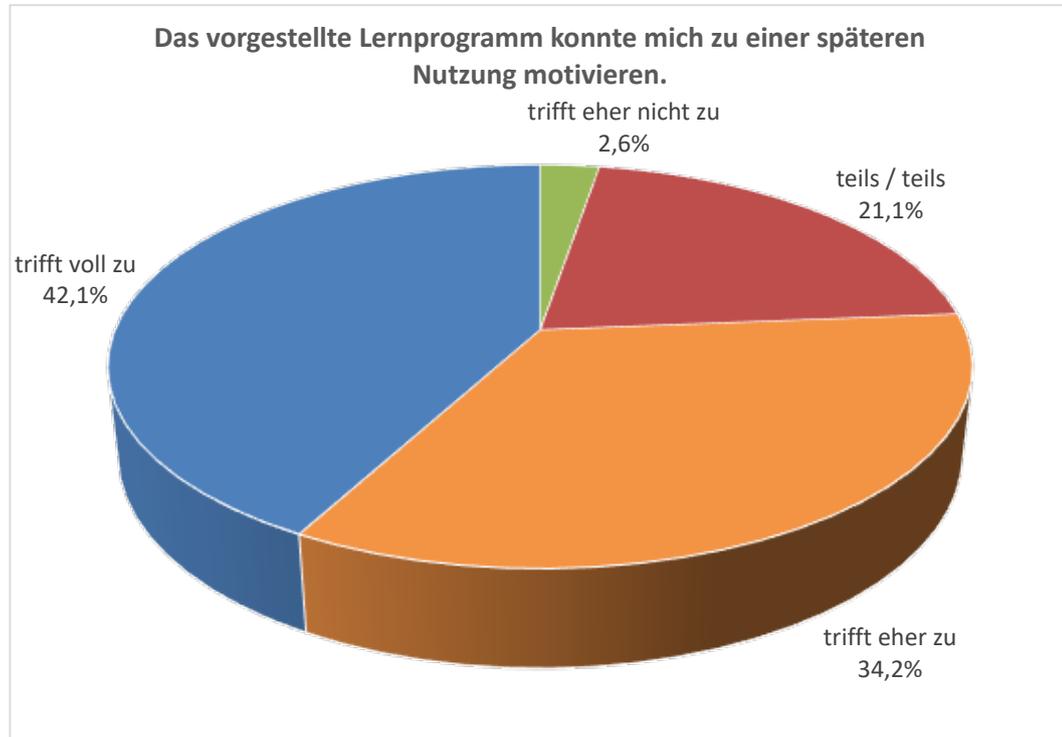
Außerdem bestätigten alle Studierenden, dass das Lernprogramm Hinweise zu weiterführender Literatur enthält.

42,1% (16/38) der Studierenden gaben an, sich für das Thema des vorgestellten Lernprogrammes zu interessieren und für weitere 44,7% (17/38) trifft das eher zu. 10,5% (4/38) haben nur teilweise Interesse daran und eine Person hat eher kein Interesse am Thema des Lernprogrammes, wie auch die Abbildung 75 zeigt.



**Abbildung 75: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 37, ob sich die Studierenden für das Thema des Lernprogrammes interessieren**

Dementsprechend fühlten sich 42,1% (16/38) durch das vorgestellte Lernprogramm zu einer späteren Nutzung motiviert. Für weitere 34,2% (13/38) trifft das eher zu, während 21,1% (8/38) sich nur teilweise zu einer späteren Nutzung motiviert sahen und für eine Person das eher nicht zutraf (siehe Abbildung 76).



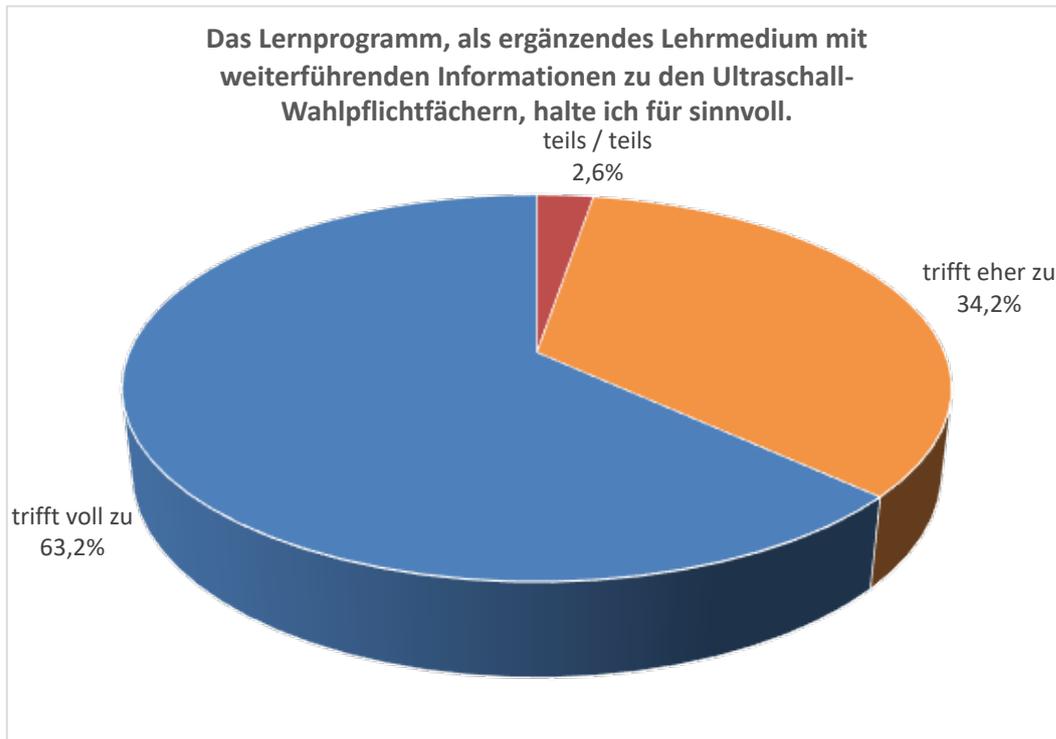
**Abbildung 76: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 38, ob sich die Studierenden zu einer Nutzung des Lernprogrammes motiviert sehen**

Dass ihnen Anreizsysteme, wie Übungsaufgaben und Lernerfolgskontrollen fehlen, um sie zu einer späteren Nutzung zu motivieren empfanden 15,8% (6/38) als eher zutreffend und genauso viele als teilweise zutreffend. 42,1% (16/38) konnten das eher nicht und 26,3% (10/38) gar nicht bestätigen.

Nur 7,9% (3/38) der Studierenden stimmten eher zu, dass ihnen Kommunikationsmöglichkeiten mit Lehrenden fehlen und 10,5% (4/38) stimmten teilweise zu. Dagegen trifft dies für 39,5% (15/38) der Studierenden eher nicht und weitere 42,1% (16/38) gar nicht zu.

Bezüglich des Nutzens des vorgestellten Lernprogrammes, trifft für 15,8% (6/38) der Studierenden eine Vergleichbarkeit mit anderen Lehrmedien voll zu und für 39,5% (15/38) trifft es eher zu. 28,9% (11/38) waren davon nur teilweise überzeugt, während 15,8% (6/38) davon eher nicht überzeugt wurden.

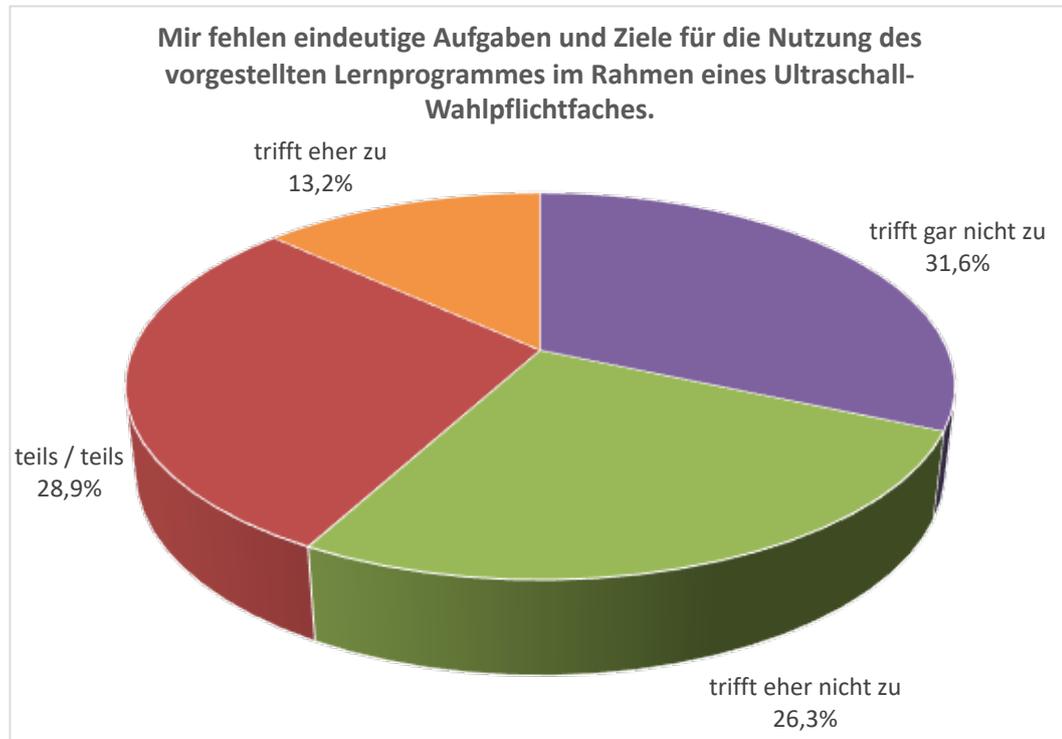
Trotzdem hielt der Großteil der Studierenden das Lernprogramm, als ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern, für sinnvoll. Davon stimmten 63,2% (24/38) der Aussage voll zu und 34,2% (13/38) stimmten eher zu. Eine Person war davon nur teilweise überzeugt, was entsprechend in Abbildung 77 dargestellt ist.



**Abbildung 77: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 42, ob die Studierenden das Lernprogramm als ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern für sinnvoll halten**

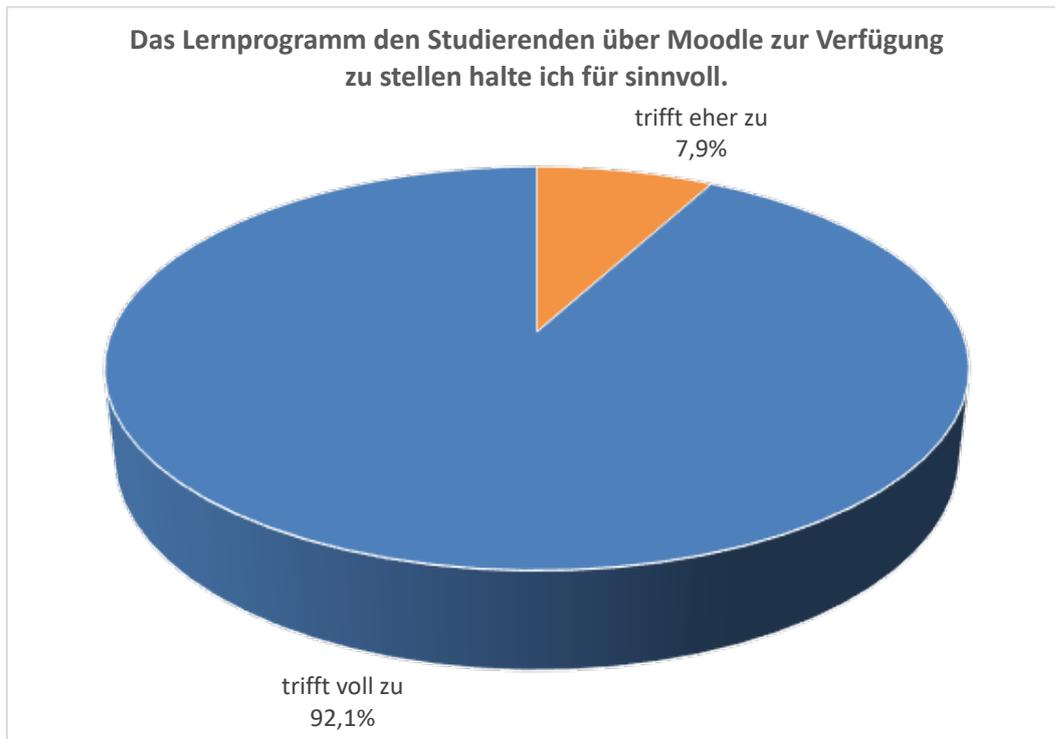
Zudem gaben 39,5% (15/38) an, das Lernprogramm selbständig im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches zu nutzen, um sich intensiver mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Weitere 34,2% (13/38) stimmten dem eher zu und 21,1% (8/38) stimmten immerhin teilweise zu. Lediglich zwei Personen waren davon eher nicht überzeugt.

Dass ihnen eindeutige Aufgaben und Ziele für die Nutzung des vorgestellten Lernprogrammes im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches fehlen, empfanden 13,2% (5/38) als eher zutreffend und 28,9% (11/38) stimmten teilweise zu. Für 26,3% (10/38) traf dies eher nicht zu und 31,6% (12/38) fand es gar nicht zutreffend, wie in Abbildung 78 verdeutlicht.



**Abbildung 78: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 44, ob den Studierenden eindeutige Aufgaben und Ziele fehlen, um das Lernprogramm im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches zu nutzen**

Resultierend hielten es alle für sinnvoll, das Lernprogramm den Studierenden über Moodle zur Verfügung zu stellen. Insgesamt 92,1% (35/38) stimmten dem voll zu und weitere drei Personen stimmten eher zu. Die Verteilung der gewählten Antwortmöglichkeiten ist in Abbildung 79 dargestellt.



**Abbildung 79:** Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 45, ob die Studierenden es für sinnvoll halten ihnen das Lernprogramm über Moodle zur Verfügung zu stellen

Die letzte Frage ermöglichte es den Teilnehmern der Umfrage Anregungen und Kommentare in einem Freitext-Feld zu formulieren. Eine Beantwortung der Frage erfolgte hier auf freiwilliger Basis und wurde von insgesamt 21,1% (8/38) der Umfrageteilnehmer genutzt. Folgende Anregungen und Kommentare wurden von diesen als Freitext formuliert:

„Die Vorstellung und Gliederung des Lernprogrammes ist super. So kann man sich Schritt für Schritt die Kenntnisse mit dem eigenen Tempo aneignen.“

„Ich fand die kurze Vorstellung super, es scheint sehr gut zusammengesetzt zu sein und eine gute Ressource.“

„Wird uns das Programm noch zur Verfügung gestellt?“

„Ich finde es super, dass man uns Studierende so entgegen kommt während dieser

---

Pandemie und Vorschläge macht, sowie eigene Zeit investiert, nur damit wir besser und produktiver lernen können! Vielen Dank!“

„Ich finde es gut, dass es solche interaktiven Angebote gibt gerade in der jetzigen Zeit kann man wenigstens ein bisschen etwas machen, das an die Praxis erinnert.“

„Ich finde das Programm super und würde mir wünschen es bald nutzen zu können! :)“

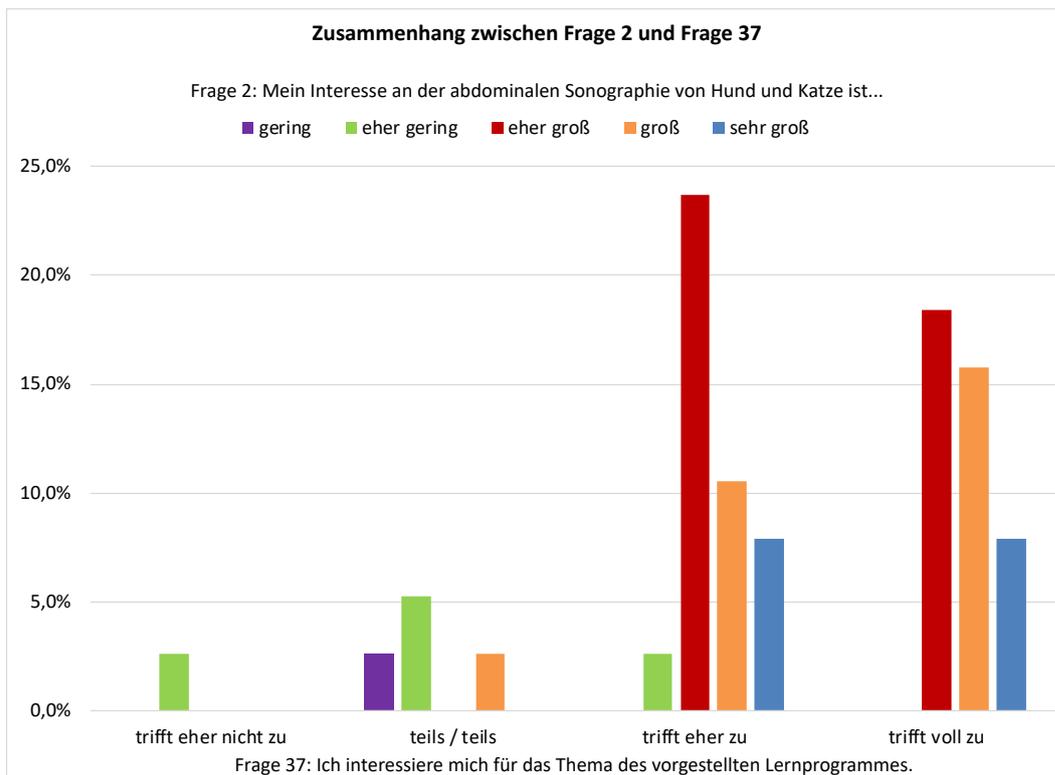
„klasse Idee, um das Thema Studierenden näher zu bringen“

„keine Angabe“

### 2.3. Statistisch relevante Zusammenhänge zwischen einzelnen Fragen

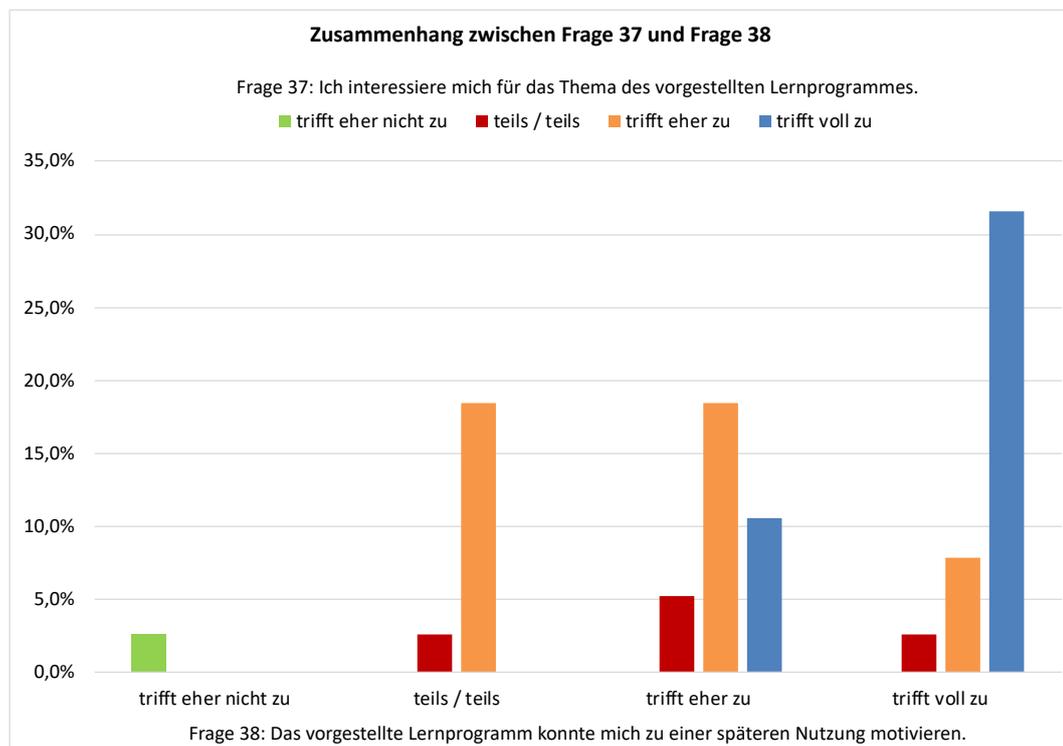
Wie im Abschnitt „Material und Methoden“ beschrieben, gilt bei einem Signifikanzwert von  $p < 0,05$  ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen zwei Fragen als nachgewiesen. Das Zusammenhangsmaß Somers' d gibt zusätzlich an, ob dieser positiv oder negativ und wie ausgeprägt der Zusammenhang ist. Die p-Werte wurden im Folgenden auf die dritte Nachkommastelle gerundet.

Ein Zusammenhang wurde unter anderem zwischen der 2. und 37. Frage untersucht, welche das Interesse der Studierenden an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze, sowie das Interesse an dem Thema des vorgestellten Lernprogrammes abfragten. Zwischen den beiden Fragen wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang angenommen. Wenn also Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze besteht, wurde auch Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes erwartet. Ein positiver Zusammenhang (Somers' d = 0,338) konnte mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,025$  nachgewiesen werden und wird in der Grafik in Abbildung 80 dargestellt.



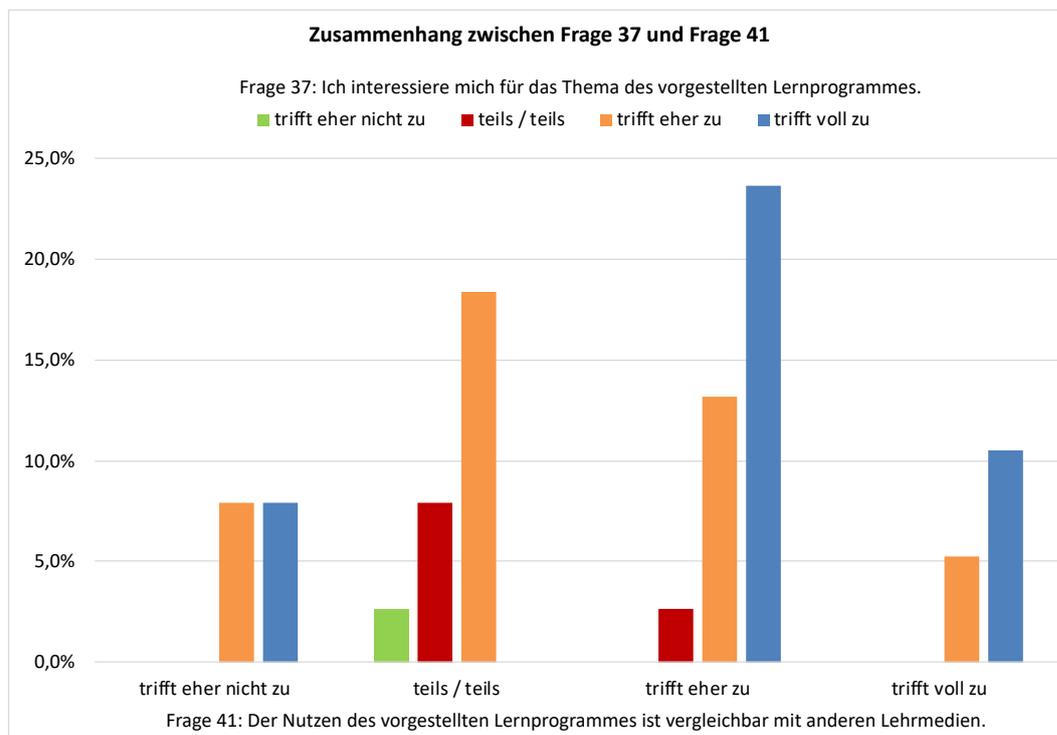
**Abbildung 80:** Das Diagramm zeigt, dass der Großteil der Studierenden, welche ihr Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze als "eher groß" oder "groß" eingeschätzt hatten, einem Interesse am Thema des Lernprogrammes voll oder eher zustimmten.

Weiterhin wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der 37. und 38. Frage besteht. Für Studierende mit Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes wurde angenommen, dass dieses sie zu einer späteren Nutzung motivieren konnte. Auch hier konnte, wie in Abbildung 81 zu sehen, ein positiver Zusammenhang (Somers'  $d = 0,534$ ) nachgewiesen werden, welcher mit einem Signifikanzwert von  $p < 0,001$  eindeutig als statistisch signifikant gilt.



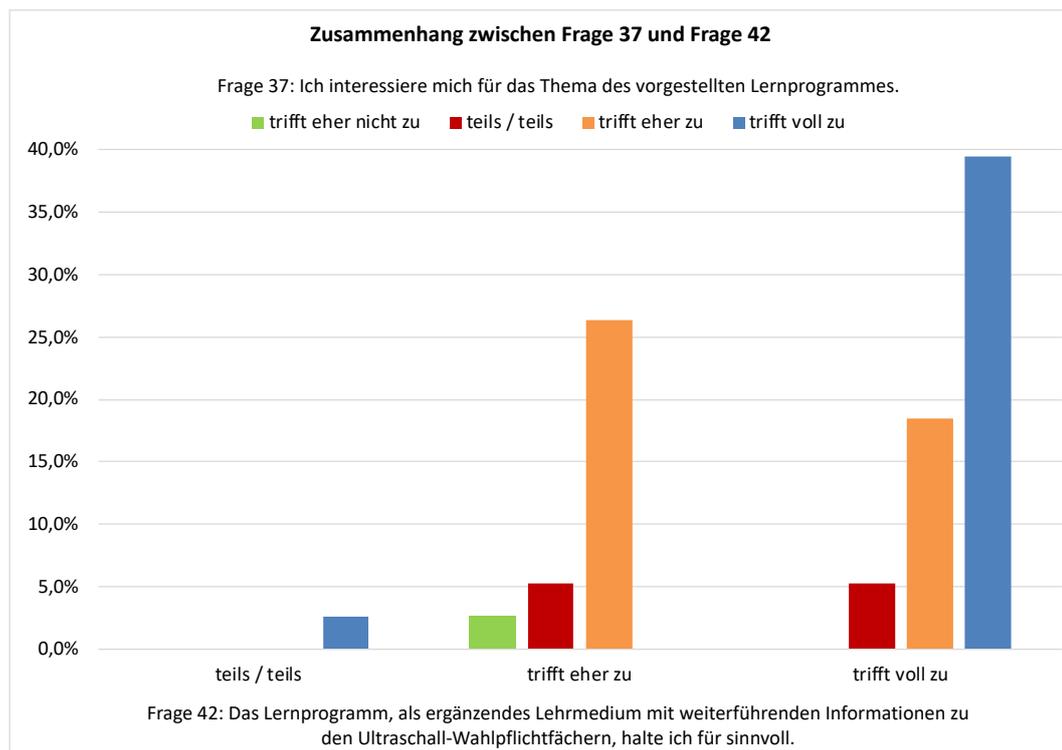
**Abbildung 81: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, sich auch zu einer späteren Nutzung motiviert sahen.**

Als nächstes sollte eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der 37. und 41. Frage klären, ob für Studierende mit Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes, dieses mit anderen Lehrmedien vergleichbar ist. Das Ergebnis zeigt, dass ein positiver Zusammenhang (Somers'  $d = 0,294$ ) mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,022$  besteht und wird in dem Diagramm in Abbildung 82 dargestellt.



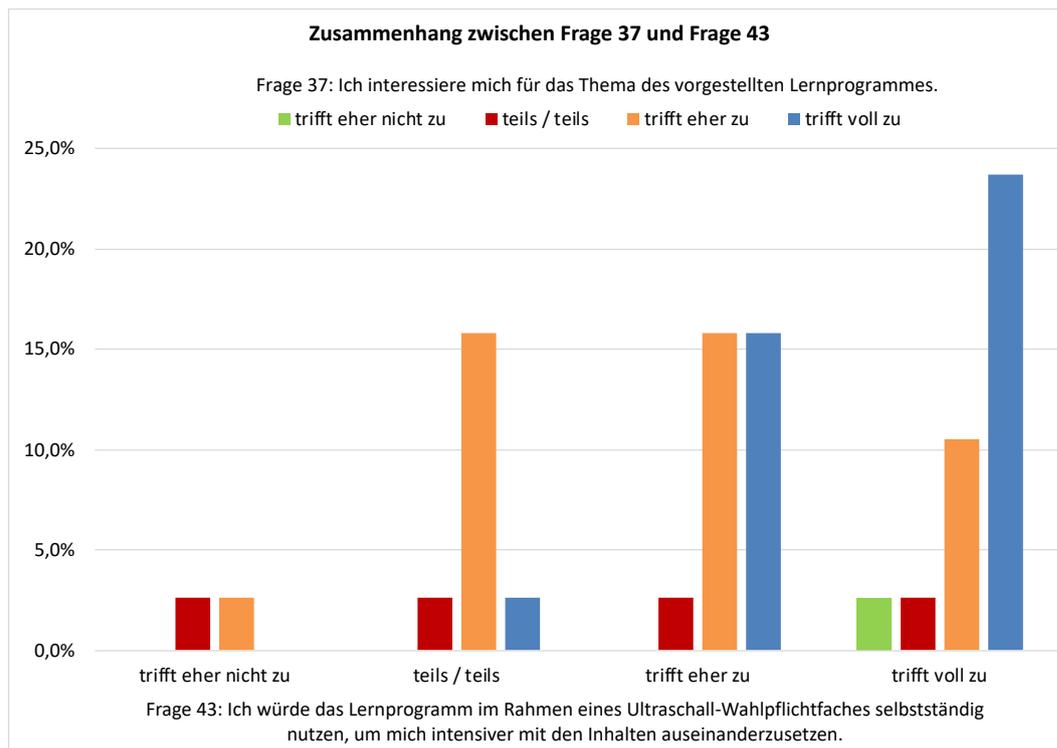
**Abbildung 82:** Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, einer Vergleichbarkeit mit anderen Lehrmedien überwiegend zustimmten.

Entsprechend der vorigen Ergebnisse wurde auch ein Zusammenhang zwischen der 37. und 42. Frage angenommen. Es wurde also erwartet, dass Studierende mit Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes dieses für ein sinnvolles, ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern halten. Der statistische Zusammenhang war abermals positiv (Somers'  $d = 0,446$ ) und wurde mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,001$  nachgewiesen. Das Ergebnis der Untersuchung ist in dem Diagramm in Abbildung 83 dargestellt.



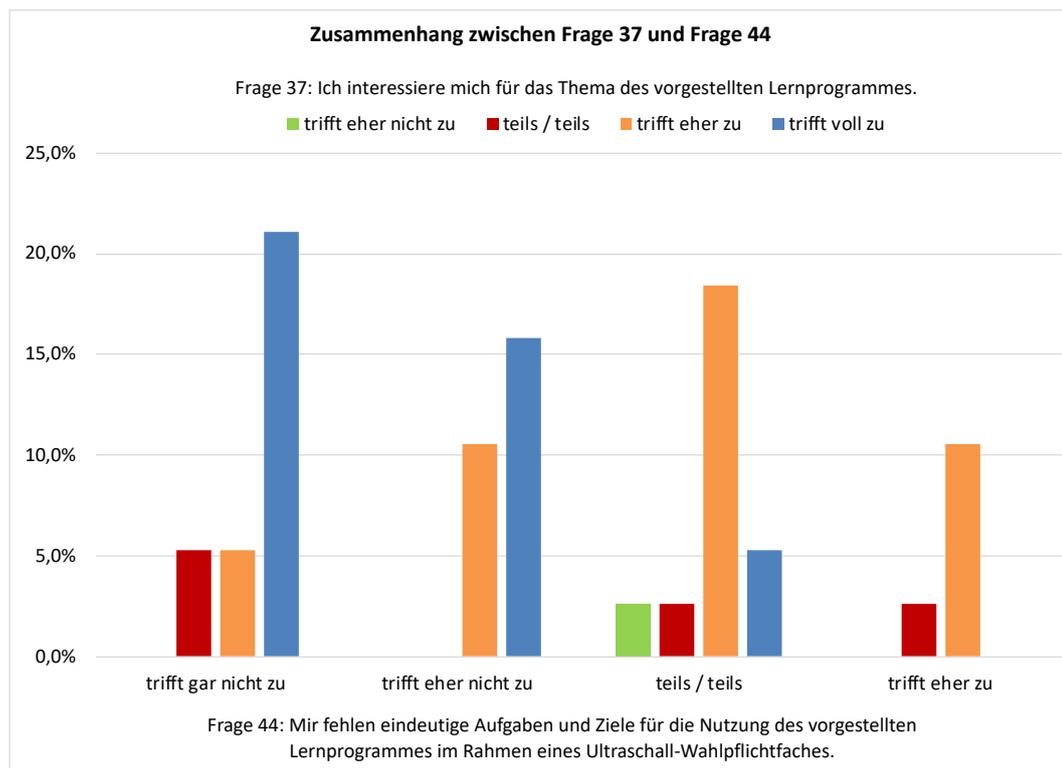
**Abbildung 83:** Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes eher oder voll zugestimmt hatten, dieses überwiegend für ein sinnvolles, ergänzendes Lehrmedium zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern hielten.

Auch eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der 37. und 43. Frage bestätigte das angenommene Ergebnis. Es sollte damit geklärt werden, ob Studierende mit Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes dieses im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches auch selbstständig nutzen würden, um sich intensiver mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Wiederum ergab sich mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,029$  ein positiver Zusammenhang (Somers'  $d = 0,309$ ), welcher in Abbildung 84 verdeutlicht wird.



**Abbildung 84: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, das Lernprogramm im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches auch überwiegend selbstständig nutzen würden.**

Abschließend sollte geklärt werden, ob auch ein Zusammenhang zwischen der 37. und 44. Frage besteht. Bei Studierenden mit Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes wurde angenommen, dass sie der Aussage, dass eindeutige Aufgaben und Ziele für die Nutzung des vorgestellten Lernprogrammes im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches fehlen, nicht zustimmen. Auch hier konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit einem Signifikanzwert von  $p = 0,003$  nachgewiesen werden. Dieser war an dieser Stelle wie erwartet negativ (Somers'  $d = -0,384$ ), wie das Diagramm in Abbildung 85 zeigt.



**Abbildung 85: Das Diagramm zeigt, dass den Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, überwiegend keine eindeutigen Aufgaben und Ziele für die Nutzung des Lernprogrammes im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches fehlten.**



## **V. DISKUSSION**

Das Ziel der vorliegenden Dissertation war es, ein Lernprogramm zum Thema abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze zu erstellen. Dieses sollte vorrangig auf Tiermedizinstudierende mit Interesse an der Sonographie der abdominalen Gefäße ausgerichtet werden. Vorkenntnisse zum Thema abdominale Sonographie bei Hund und Katze werden deshalb als Voraussetzung für eine erfolgreiche Nutzung empfohlen. Ebenso sollte das Lernprogramm Grundlagen der Dopplersonographie vermitteln, wodurch es beispielsweise auch von Studierenden genutzt werden kann, welche Interesse an der Echokardiographie haben und sich entsprechendes Grundlagenwissen erarbeiten wollen.

Nach der Erstellung des Lernprogrammes sollte eine Umfrage im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches die Akzeptanz des Lernprogrammes unter Tiermedizinstudierenden evaluieren. Diese wurde im Anschluss an eine kurze Präsentation durchgeführt und sollte unter anderem die Bedürfnisse der Studierenden bezüglich Lehrmedien ermitteln, aber auch die Umsetzung softwareergonomischer Anforderungen untersuchen. Zuletzt sollte die Meinung der Studierenden zum Nutzen des vorgestellten Lernprogrammes und einer späteren Nutzung analysiert werden.

Das Lernprogramm soll den Studierenden zukünftig im Rahmen von Ultraschall-Wahlpflichtfächern über die Lernplattform Moodle zur Verfügung gestellt werden.

### **1. Lernprogramm**

#### **1.1. Grundlage der Programmierung**

Bei den Vorüberlegungen zu den Umsetzungsmöglichkeiten des Lernprogrammes wurde auch Rücksprache mit dem für Moodle zuständigen Mitarbeiter des Studiendekanats der tierärztlichen Fakultät gehalten. Im Fokus stand neben dem möglicherweise sehr umfangreichen Inhalt des Lernprogrammes auch die Möglichkeit, dieses Studierenden später möglichst einfach über die Lernplattform Moodle zur Verfügung stellen zu können. Die Entscheidung fiel auf eine Programmierung des Lernprogrammes auf Grundlage der Auszeichnungssprache HTML und der Formatierungssprache CSS.

Zu diesem Zeitpunkt existierte bereits ein im Rahmen einer Dissertation ebenfalls mittels HTML und CSS programmiertes Lernprogramm zu Augenerkrankungen beim Hund, welches den Studierenden auf Moodle zur Verfügung steht (MÜLLERLEILE, 2017). Darüber hinaus basiert auch SonoBasics, das Lernprogramm zur abdominalen Sonografie bei Hund und Katze, auf HTML-Quellcode (BRUDER et al., 2021). Dieser wurde laut der zugrundeliegenden Dissertationen noch mit Java-Applets und weiteren Plugins ergänzt (STRECK, 2004; BRUDER, 2005; HOCKE, 2005; WEISSFLOG, 2005; CREMER, 2006).

Der Vorteil bei der Verwendung von Programmiersprachen, wie z.B. der „für das Internet“ entwickelten HTML, wird in der Erstellung individueller Programme gesehen (EHLERS & FRIKER, 2003). Weitere Vorteile sind zum einen die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten mit CSS, welche auch responsive Flexibilität bieten können, wodurch z.B. eine Darstellung der Website auf mobilen Endgeräten möglich ist (SELFHTML, o. J.-g, o. J.-d). Zum anderen benötigt man an Material zunächst lediglich einen Computer, sowie einen Browser und einen Code-Editor, um mit dem Programmieren beginnen zu können (SELFHTML, o. J.-e). Als Nachteil wird hier jedoch der Zeitaufwand für das Erlernen der Programmiersprachen und „die mit ihnen durchgeführte Entwicklung von Programmen“ gesehen (EHLERS & FRIKER, 2003).

Demgegenüber steht die Verwendung von Autorensystemen, welche die Entwicklung von Computerlernprogrammen durch „eine vorprogrammierte Maske“ deutlich vereinfachen. Der Autor kann sich dadurch auf die Erstellung des Inhaltes konzentrieren und an den entsprechenden Stellen seine „Texte, Abbildungen, Videos etc.“ einfügen (EHLERS & FRIKER, 2003). CASUS stellt z.B. ein „speziell für den medizinischen Bereich“ entwickeltes Autorensystem dar, welches „seine Stärken in der Aufbereitung von Fallbeispielen zum problemorientierten Lernen“ hat (EHLERS & FRIKER, 2003). Dieses wurde beispielsweise im Rahmen einer Dissertation zur Erstellung von zwei Lernprogrammen zum Thema Veterinärimmunologie verwendet (SCHMITT, 2008). Nachteilig sind hier die Anschaffungskosten für Autorensysteme zu nennen, sowie die eingeschränkteren Gestaltungsmöglichkeiten, welche nur von geübten Programmierern zu modifizieren sind (EHLERS & FRIKER, 2003). Autorensysteme können aber aus softwareergonomischer Sicht auch vorteilhaft sein, wenn Studierende Lernprogramme mit diesen gewöhnt sind, da sie eine

interne und externe Konsistenz vorgeben (DGUV, 2021).

Im Falle des zugrundeliegenden Lernprogrammes wurde sich gegen eine Erstellung mit CASUS entschieden, da die Aufteilung und Gestaltung des Inhaltes in fallbasierten Einheiten wenig sinnvoll erschien. Vielmehr geht es hier um eine Vermittlung und teilweise Wiederholung von Grundlagenwissen in mehreren Fachrichtungen, welches teilweise sehr umfangreich ist, weshalb eine Programmierung mit HTML und CSS insbesondere wegen der größeren Flexibilität bevorzugt wurde. Im Speziellen die Freiheiten bei der Gestaltung der Navigationsmöglichkeiten sollten genutzt werden, um den Studierenden einen geeigneten Überblick und eine gute Orientierung trotz des umfangreichen Inhaltes zu bieten.

## **1.2. Erfüllung mediendidaktischer Kriterien mit der Form des Lernprogrammes**

Zu Beginn der Erstellung des Lernprogrammes standen zunächst Überlegungen zu dessen vorgesehener Funktion und Zielgruppe. Nur so kann das entstehende Lehr- und Lernmedium mediendidaktische Kriterien erfüllen und dabei aber „immer vom didaktisch Sinnvollen und nicht primär vom technisch Möglichen begründet sein“ (HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017).

Als Zielgruppe für das Lernprogramm wurden vornehmlich Tiermedizinstudierende an deutschsprachigen Universitäten mit Interesse an der Sonographie der abdominalen Gefäße von Hund und Katze, sowie der Dopplersonographie im Allgemeinen festgelegt. Die vorrangige Funktion sollte dabei die Vermittlung und teilweise Wiederholung von Grundlagenwissen in mehreren Fachrichtungen sein, welche unter anderem physikalische und technische Grundlagen der Dopplersonographie, aber auch physiologische Themen, sowie die Anatomie abdominaler Gefäße miteinschließt.

Bei der vorgesehenen Zielgruppe kann von einer homogenen Benutzergruppe ausgegangen werden. Durch ihr Studium verfügen sie über einen ähnlichen Bildungsstand und ein relativ einheitliches Sprachniveau, insbesondere in Bezug auf tiermedizinische Fachbegriffe. Bei Tiermedizinstudenten, welche eine praktizierende Tätigkeit anstreben und dementsprechend Interesse an der Ultraschalldiagnostik haben, kann weiterhin von gewissen motivationalen

Lernvoraussetzungen ausgegangen werden. Die Motivation der Zielgruppe kann darin gesehen werden, sich Kenntnisse und Fähigkeiten für die spätere berufliche Tätigkeit aneignen wollen.

Die oben aufgezählten Gründe zeigen, dass bei dem angestrebten Lernprogramm die Anforderungen an dessen Anpassungsfähigkeit eher gering sind. Das von Niegemann und Heidig geforderte Mindestmaß an Adaptivität ist in diesem Fall bereits durch die Flexibilität in Bezug auf die benötigte Lernzeit und das Lerntempo des Lernenden als erfüllt anzusehen (NIEGEMANN & HEIDIG, 2019).

Die vorgesehene Funktion erfordert bei dem Lernprogramm vielmehr eine zusammenhängende Darstellung für „komplexe und inhaltlich sehr umfassende Sachverhalte“, wofür sich lineare Präsentationen eignen (BOEKER & KLAR, 2006). Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie „vorwiegend sequenziell ablaufen oder gelesen werden“, sowie „interaktive und adaptive Komponenten gering bzw. nicht ausgeprägt sind“ (BOEKER & KLAR, 2006). Durch die Seitenverweise am unteren Ende des Hauptteils im Lernprogramm wird den Nutzern eine mögliche, sequenzielle Reihenfolge der inhaltlichen Bearbeitung aufgezeigt.

Durch die von allen Seiten zugängliche Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf besteht für die Nutzer ebenfalls die Möglichkeit sich gegen eine rein rezipierende Rolle zu entscheiden. Zusammen mit den Seitenverweisen in den Einführungstexten reichern diese minimalen Interaktionsmöglichkeiten das Lernprogramm dennoch hypertextuell an und erlauben dem Nutzer zudem eine aktive Rolle zu übernehmen und explorativ vorzugehen (BOEKER & KLAR, 2006). Die Vorteile des selbstregulierten Lernens durch die aktive Rolle des Lernenden und generell die Selbststeuerung und Flexibilisierung des Lernprozesses, welche in interaktiven und webbasierten Lehrmedien gesehen wird, sind somit auch in diesem Lernprogramm gegeben (BLÖMEKE, 2003; KÖHLER et al., 2008; RUF et al., 2008; KUNDE, 2016; BENDER, 2017; HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017; AUMÜLLER et al., 2018).

Vielmehr sollten bei der Erstellung des Lernprogrammes sich potentiell nachteilig auswirkende Interaktionsmöglichkeiten mit technischen Geräten vermieden werden. Die Form und Gestaltung, welche an eine Website im Internet erinnert, soll eine möglichst intuitive Bedienung sicherstellen. Für die Anwendung werden somit lediglich die zu erwartenden technischen Grundkenntnisse benötigt, welche im

Rahmen der normalen Nutzung des Internets im Alltag erlernt werden, wodurch dieses auch von Studierenden ohne großes Interesse an Technik nutzbar ist (AUMÜLLER et al., 2018).

Da diese Grundkenntnisse gegeben sind, wurde mittels der Umfrage bestätigt, in welcher 81,6% (31/38) der Studierenden angaben, dass ihre Medienkompetenz eine vollumfängliche Nutzung des Lernprogrammes erlauben wird. Weitere 15,8% (6/38) hatten dieser Aussage eher zugestimmt und lediglich eine Person war der Meinung, dass dies nur teilweise zutreffe. Dass das vorgestellte Lernprogramm ohne Einarbeitungsaufwand nutzbar ist, empfanden darüber hinaus 36,8% (14/38) als voll zutreffend und weitere 50% (19/38) als eher zutreffend, womit auch diese Annahme bekräftigt wurde. Außerdem zeigte die Reaktion der Studierenden auf die Aussage, dass die Bedienung des Lernprogramms einfach erscheint, dass auch diese sich bewahrheitet. Insgesamt hatten hier 47,4% (18/38) voll und nochmal 50% (19/38) eher zugestimmt.

Zusätzlich sollten die Bedingungen, welche die Grundvoraussetzung einer späteren Nutzung darstellen, durch die Umfrage evaluiert werden. Die Aussage, dass ein uneingeschränkter Zugang zu einem Computer besteht, beurteilten 94,7% (36/38) als voll zutreffend. Einen uneingeschränkten Zugang zum Internet bestätigten ferner wiederum 81,6% (31/38) der Studierenden, während 15,8% (6/38) zumindest eher zustimmten.

Die Umfrage im Rahmen der Evaluation zeigte jedoch, dass den Studierenden auch Interaktivität (z.B. in Form von bearbeitbaren Aufgaben) bei einem Lehrmedium wichtig ist. Dieser Aussage hatte der Großteil der Studierenden zugestimmt, indem 34,2% (13/38) es als voll zutreffend und weitere 42,1% (16/38) als eher zutreffend ansahen. Lernerfolgskontrollen sind den Studierenden laut der Umfrage etwas weniger wichtig bei einem Lehrmedium. Dieser Aussage hatten hier wiederum 23,7% (9/38) voll und weitere 39,5% (15/38) eher zugestimmt.

Eine Ergänzung von bearbeitbaren Aufgaben und Lernerfolgskontrollen zu den verschiedenen Kapiteln wäre damit auch der Forderung nach „Selbsttestmöglichkeiten“ nachgekommen (HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017). Darüber hinaus hätten diese Interaktionsmöglichkeiten einen didaktischen Mehrwert erzielen können, indem sie die Nutzer motivieren, aber auch das Behalten fördern und damit diese Funktionen begünstigen (NIEGEMANN & HEIDIG,

2019). Die Umfrage zeigte aber ebenfalls, dass ein Mangel solcher Anreizsysteme im vorgestellten Lernprogramm von dem Großteil nicht als Grund für eine fehlende Motivation zu einer späteren Nutzung angesehen wurde. Das zeigte sich, indem 42,1% (16/38) eher nicht und 26,3% (10/38) gar nicht zustimmten, dass Anreizsysteme wie Übungsaufgaben und Lernerfolgskontrollen fehlen, um sie zu einer späteren Nutzung zu motivieren.

Die wichtigste, zu erfüllende mediendidaktische Anforderung an ein Lehrmedium ist nach den gewählten Antwortmöglichkeiten der Studierenden in der Umfrage die Multimedialität. Die Aussage, dass ihnen diese bei einem Lehrmedium wichtig ist, hatten 50% (19/38) als voll zutreffend und weitere 44,7% (17/38) als eher zutreffend angegeben.

Bei dem Lernprogramm wurden zur Erfüllung der Multimedialität verschiedene Medien eingesetzt. Den Großteil davon stellen Texte und Bilder dar, wobei sich letztere hauptsächlich aus Ultraschallbildern, aber auch aus einfachen Grafiken und nachbearbeiteten Zeichnungen zusammensetzen. Weiterhin wurden Ultraschallvideos in das Lernprogramm eingebaut, um beispielsweise Veränderungen von Einstellungsparametern zu demonstrieren. Dabei wurde beherrzt, dass die eingesetzten Medien immer einen Mehrwert bieten und keine unnötigen graphischen Effekte vom Inhalt des Lernprogrammes ablenken (AUMÜLLER et al., 2018). Weiterhin wurde darauf geachtet, dass durch eine geeignete Anordnung der Medien eine räumliche Kontinuität sichergestellt wird, wie sie von Mayer gefordert wird (MAYER, 2008).

Etwas unklarer war dagegen die Meinung der Studierenden in der Umfrage zur Orts- und Zeitunabhängigkeit beim Lernen. Bezüglich der Ortsunabhängigkeit stimmten lediglich 28,9% (11/38) der Studierenden voll und weitere 23,7% (9/38) eher zu, dass ihnen diese beim Lernen wichtig ist. Die Aussage, dass Zeitunabhängigkeit beim Lernen wichtig ist, beurteilten immerhin 34,2% (13/38) als voll und weitere 28,9% (11/38) als eher zutreffend.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass als Hauptvorteile in der gewählten Umsetzung des Lernprogrammes, neben der Multimedialität, „die Möglichkeit zur zeit- und ortsunabhängigen Bereitstellung von Informationen“ gesehen wird (BOEKER & KLAR, 2006). Das entspricht, zusammen mit der Interaktivität, auch den Vorteilen die viele Autoren für die Verwendung digitaler

Medien beschreiben (KUNDE, 2016; BENDER, 2017; HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017; AUMÜLLER et al., 2018). Damit kann mit dem Lernprogramm auch der generellen Forderung nach „zeitlich flexibel nutzbaren Lernangeboten“ und „elektronisch zugänglichem Lernmaterial“ in der universitären Lehre nachgekommen werden (HORZ & SCHULZE-VORBERG, 2017). Zudem kann auf die plötzliche Veränderung der Hochschullehre „unter den Bedingungen der Covid-19-Pandemie“ reagiert und der stark gewachsene Bedarf an Online-Lehre durch ein weiteres tiermedizinisches, webbasiertes Lernprogramm unterstützt werden (BOHNENKAMP et al., 2020). Zusätzliche Interaktionsmöglichkeiten, z.B. in Form von bearbeitbaren Aufgaben zur Lernerfolgskontrolle, hätten darüber hinaus einen didaktischen Mehrwert für das vorliegende Lernprogramm darstellen können und sollten in zukünftigen Überarbeitungen, oder folgenden Lernprogrammen, realisiert werden.

### **1.3. Umsetzung didaktischer & softwareergonomischer Anforderungen bei der Gestaltung des Lernprogrammes**

Die didaktischen Anforderungen, welche an die Gestaltungsmerkmale eines digitalen Lehrmediums gestellt werden, sollen vor allem einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit sicherstellen (BLÖMEKE, 2003). Darüber hinaus sollen die softwareergonomischen Anforderungen an die Gestaltung eines digitalen Mediums, vor allem dessen Gebrauchstauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit (auch Usability) gewährleisten (SCHNEIDER, o. J.-c). Bei dem zugrundeliegenden Lernprogramm wurde sich bei der Erstellung und Gestaltung bemüht, beiden Anforderungen in allen Bereichen bestmöglich gerecht zu werden.

#### **1.3.1. Layout-Gestaltung und Aufteilung der Bildschirmmaske**

Zu Beginn wurde für die Gestaltung des Lernprogrammes ein sogenanntes Grid Layout mittels CSS erstellt, welches eine „responsive Flexibilität“ bietet (SELFHTML, o. J.-g). Für die Längenangaben dessen Grundrasters wurde die relative Einheit fr (fraction (engl.) = Bruchteil) genutzt. Weiterhin wurde sowohl für die Angabe der Schriftgröße, als auch für andere Längenangaben des Layouts, die relative CSS-Maßeinheit em verwendet (SELFHTML, o. J.-i). Für die Breitenangabe von Bildern wurden zusätzlich Prozentangaben als relative Maßeinheit gewählt, während eine pixelorientierte Darstellung möglichst

vermieden wurde. Lediglich für Umrandungen, Ränder, sowie Abstände und hauptsächlich für die Gestaltung der beiden Navigationen wurde sehr vereinzelt mit Pixel als Maßeinheit gearbeitet, wenn darin kein negativer Einfluss auf die Skalierbarkeit gesehen wurde.

Damit ist die automatische Anpassung der Informationsdarstellung auf unterschiedlichen Bildschirmen, z.B. auch auf mobilen Endgeräten, gewährleistet. Dies wird neben dem responsiven Design durch die skalierbare Darstellung aufgrund der hauptsächlichlichen Verwendung von relativen Maßeinheiten ermöglicht (DGUV, 2021).

Die Bildschirmmaske im Lernprogramm wurde mittels des Grid-Layout und der verwendeten Elemente in vier Bereiche untergliedert, welche sich aus Seitenkopf und -fuß, sowie Seitenleiste und Hauptinhalt zusammensetzen. Damit wurde eine gute „Entdeckbarkeit“ von Elementen und Informationen sichergestellt, während gleichzeitig eine „Ablenkungsfreiheit“ zwischen diesen angenommen werden kann (DGUV, 2021). Um Letztere wurde sich durch die bewusste Positionierung der Elemente und Informationen in den Maskenbereichen bemüht. Beispielsweise wurde die Kontaktseite im Seitenfuß, statt in der Hauptnavigationsleiste des Seitenkopfes, verlinkt, um nicht vom Inhalt des Lernprogrammes abzulenken. Eine klare Abgrenzung der Bereiche untereinander wurde durch Abstände und dünne Umrandungen erlangt, was dem Gesetz der Geschlossenheit entspricht (AUMÜLLER et al., 2018). Die Abstände zwischen den Maskenbereichen, ebenso wie die Abstände von Informationen und Elementen zum Rand der Maske bleiben dabei immer gleich (DGUV, 2021).

Eine klare „Unterscheidbarkeit“ von Informationen und Elementen (DGUV, 2021) wurde durch eine Einteilung in Navigations- und Inhaltsbereiche gewährleistet (RUDLOF, 2006; ANTONOVA, o. J.). Da die Maskenbereiche Seitenkopf und Seitenleiste abgesehen von orientierungsfördernden Überschriften ausschließlich die Navigationsleisten enthalten, sind diese eindeutig als Navigationsbereiche zu identifizieren. Der Maskenbereich Hauptinhalt ist dagegen klar als einziger Inhaltsbereich erkennbar, da auch der Seitenfuß neben dem Copyright-Hinweis nur einen Verweis zur Kontaktseite enthält.

Mittels der Umfrage sollte überprüft werden, ob die Studierenden mit dieser Bildschirmaufteilung unzufrieden sind. Die Aussage, dass die Bildschirmaufteilung

mehr zugunsten des Inhaltes hätte ausfallen sollen, wurde von 15,8% (6/38) als gar nicht zutreffend und nochmals 52,6% (20/38) als eher nicht zutreffend beurteilt. 21,1% (8/38) empfanden es teilweise so, während 10,5% (4/38) eher zustimmten. Die Mehrheit der Studierenden beurteilt folglich die gewählte Bildschirmaufteilung im Lernprogramm als passend.

Die „Eindeutige Interpretierbarkeit“ wurde insbesondere im Zusammenhang mit den Navigationselementen beachtet, welche durch die unmissverständliche Gestaltung und gewohnte Positionierung im oberen und linken Maskenbereich als solche unverkennbar sind (DGUV, 2021). Zum Verständnis dieser Navigationselemente wurden zudem die Gestaltgesetze der Nähe und Ähnlichkeit genutzt. Durch die fast identische Gestaltung und die nahe Positionierung von Hauptnavigation im Seitenkopf und Kapitelnavigation in der Seitenleiste wurde zusätzlich deren Zusammenhang verdeutlicht (AUMÜLLER et al., 2018).

Auf die Aussage, dass das Navigationsdesign einheitlich ist, hatten 65,8% (25/38) der Studierenden in der Umfrage mit voller Zustimmung reagiert und nochmal 28,9% (11/38) empfanden dies als eher zutreffend.

Mit diesen Navigationselementen wird auch ein weiterer Gestaltungsgrundsatz erfüllt, welcher fordert, dass eine „Interne und externe Konsistenz“ eingehalten wird (DGUV, 2021). Die oben beschriebene Positionierung entspricht nämlich nicht nur der gewohnten Platzierung der Navigation in Websites, was die Forderung der externen Konsistenz erfüllt (ANTONOVA, o. J.). Sie bleibt auch auf allen Seiten des Lernprogrammes gleich, ebenso wie die Lage aller übrigen Maskenbereiche, wodurch auch eine interne Konsistenz gegeben ist. Durch die konsistente Anordnung der Maskenbereiche und der darin platzierten Elemente und Informationen wird die Orientierung des Nutzers im Lernprogramm gefördert (DGUV, 2021).

Das Layout konnte aufgrund der unterschiedlichen Größe der verschiedenen Maskenbereiche, welche wiederum durch deren Inhalt bestimmt wird, nicht symmetrisch gestaltet werden. Dennoch konnte durch die jeweils an den Inhalt angepasste Größe der Maskenbereiche und die gleichbleibenden Abstände zwischen diesen, ein ausgeglichenes Layout umgesetzt werden (AUMÜLLER et al., 2018). Layout und Design wurde zudem prägnant und einfach gehalten, um lernförderlich zu sein und nicht vom Inhalt der Lernprogrammes abzulenken

(BLÖMEKE, 2003; MAYER, 2008; AUMÜLLER et al., 2018).

In der Umfrage sollte das gewählte Design des Lernprogrammes evaluiert werden. Dafür wurden zwei gegensätzliche Aussagen verwendet, um das Meinungsbild der Studierenden zu überprüfen. Der ersten Aussage, dass das Design des Lernprogrammes ansprechend und zeitgemäß ist, hatten 34,2% (13/38) voll und 42,1% (16/38) eher zugestimmt, was als positives Feedback zu werten ist. Die darauffolgende Aussage, dass das Design unprofessionell und für die Zielgruppe (Studierende der Tiermedizin, Tierärzte) unpassend ist, fanden 84,2% (32/38) gar nicht zutreffend, womit insgesamt ein gelungenes Design bestätigt wurde.

Darüber hinaus wurde eine Umsetzung des softwareergonomischen Gestaltungsgrundsatzes der „Kompaktheit“ versucht, indem sich in den Maskenbereichen Seitenkopf, Seitenleiste und Seitenfuß auf wichtige und notwendige Informationen beschränkt wurde (DGUV, 2021). Im Maskenbereich Hauptinhalt wurde sich dagegen zur verständlichen Vermittlung des Faktenwissens mehr an didaktischen Anforderungen orientiert, statt solchen der Softwareergonomie.

### **1.3.2. Navigationsgestaltung**

Die Navigation im Lernprogramm wird durch mehrere Elemente ermöglicht. Diese setzen sich aus der Hauptnavigation im Seitenkopf, der Kapitelnavigation in der Seitenleiste, sowie Seitenverweisen im Hauptinhalt und der verlinkten Kontaktseite im Seitenfuß zusammen. All diese Elemente ermöglichen es dem Nutzer die Inhalte in gewünschter Reihenfolge aufzurufen (AUMÜLLER et al., 2018), während sie gleichzeitig eine effiziente und ergonomische Bedienung fördern (DGUV, 2021).

Um dem Nutzer des Lernprogrammes eine Inhaltsübersicht anzubieten und damit die Orientierung im Lernprogramm zu fördern, sind in der Hauptnavigation die Links zu sämtlichen Seiten des Lernprogrammes außer der Kontaktseite enthalten (AUMÜLLER et al., 2018; SCHNEIDER, o. J.-b). Die Hauptnavigation, ebenso wie der Link zur Kontaktseite im Seitenfuß, sind darüber hinaus von allen Seiten des Lernprogrammes aus zugänglich, wodurch eine Einschränkung des individuellen Nutzungsverhaltens vermieden wird (AUMÜLLER et al., 2018). Neben der konsistenten und erwartungskonformen Positionierung der Hauptnavigationselemente horizontal entlang des oberen Maskenrandes, ist diese auf allen Seiten gleich gestaltet, um die Erkennbarkeit als Steuerungselement

sicherzustellen (RUDLOF, 2006; ANTONOVA, o. J.).

Aufgrund der vielen Webseiten des Lernprogrammes wurden zur Darstellung aller Auswahlmöglichkeiten ausklappbare Listen in der Navigation verwendet und diese als sogenanntes Dropdown-Menü gestaltet (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021). Als Mouseover-Effekt und zur Statusunterscheidung von angewählten Listeneinträgen wurde eine Veränderung der Schriftfarbe von weiß zu orange gewählt (DGUV, 2021). Durch kleine Pfeilköpfe hinter den jeweiligen Kapitelnamen der Navigation wird zudem auf die ausklappbaren Listen aufmerksam gemacht. Die hierarchische Strukturierung der verschiedenen Kapitel in der Navigation wurde an deren Inhalt orientiert und ist somit erwartungskonform (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; AUMÜLLER et al., 2018; SCHNEIDER, o. J.-b).

Mittels der Umfrage sollte die Wirkung dieser Umsetzungsweise überprüft werden. Mit 57,9% (22/38) bestätigten die meisten Studierenden, dass ihnen bei einer Nutzung an jeder Stelle klar wäre, auf welcher Seite im Lernprogramm sie sich befinden und nochmals 36,8% (14/38) hatten dem eher zugestimmt. Weiterhin fanden 65,8% (25/38) die Navigationsstruktur klar und einfach zu verstehen und 28,9% (11/38) stimmten dem eher zu.

Insgesamt enthält die Hauptnavigationsleiste vier Hauptkapitel und die Startseite, wodurch die Forderungen der Softwareergonomie von maximal fünf bis sieben Menüpunkten eingehalten wird (ANTONOVA, o. J.). Didaktische Anforderungen, welche maximal zehn verschiedene Kategorien empfehlen, werden ebenso erfüllt (AUMÜLLER et al., 2018). Durch die Dropdown-Funktion lassen sich maximal zwei weitere Ebenen ausklappen, wodurch insgesamt drei Ebenen vorhanden sind. Das entspricht wiederum beiden Anforderungen, wobei aus softwareergonomischer Sicht damit die empfohlene Maximalzahl erreicht ist, während aus didaktischer Sicht weitere zwei Ebenen möglich wären (AUMÜLLER et al., 2018; SCHNEIDER, o. J.-b). Darüber hinaus enthält das Lernprogramm keine Links, welche nicht auch über die Hauptnavigationsleiste oder den Verweis zur Kontaktseite im Seitenfuß erreichbar wären (SCHNEIDER, o. J.-b). Somit lässt sich jede Seite mit nur einem Klick erreichen und bleibt damit weit unter der geforderten Maximalzahl von drei bis vier Klicks (ANTONOVA, o. J.).

Die gewählten Bezeichnungen der Links in der Navigation bestehen, abgesehen von den Gefäßbezeichnungen in den Hauptkapiteln Anatomie und Dopplersonographie,

aus maximal zwei Wörtern und einem weiteren Zeichen. Sie sind entsprechend prägnant gehalten und geben dem Nutzer eindeutige Informationen zur Zielseite jedes Links (AUMÜLLER et al., 2018; ANTONOVA, o. J.). Sie werden zudem durch die jeweils passende Überschrift im Hauptinhalt der Zielseite ergänzt, um dem Nutzer die Unterscheidung der Seiten zu erleichtern (AUMÜLLER et al., 2018).

Die alternativen Navigationsmöglichkeiten, welche durch die zusätzliche Kapitelnavigation und insbesondere durch die Seitenverweise am unteren Ende des Hauptinhaltes gegeben sind, bieten dem Nutzer einen zusätzlichen Nutzen und fördern seine Orientierung im Lernprogramm (AUMÜLLER et al., 2018).

### **1.3.3. Textgestaltung**

Bei der Textgestaltung für das Lernprogramm wurde sich bemüht die Texte möglichst kurz und prägnant zu halten (ALBRECHT et al., 2003; SCHNOTZ & HORZ, 2011; SPERL et al., 2012; AUMÜLLER et al., 2018; ANTONOVA, o. J.). Aufgrund der Fülle an Informationen konnten jedoch umfangreiche Texte auf einer Seite nicht immer vermieden werden (SPERL et al., 2012). Durch eine Untergliederung in Themenblöcke, sowie die weitere Strukturierung beispielsweise durch zusätzliche Überschriften und Absätze sollte der Text entsprechend aufgelockert werden (SCHNOTZ & HORZ, 2011; SPERL et al., 2012; AUMÜLLER et al., 2018; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b).

Zur Hervorhebung von Wörtern in Fließtexten oder Aufzählungen wurden diese fettgedruckt (AUMÜLLER et al., 2018; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b). Der kursive Schriftschnitt wurde aufgrund der schlechteren Lesbarkeit nicht verwendet und insgesamt wurden Hervorhebungen sparsam eingesetzt (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021; SCHNEIDER, o. J.-b). Für die Gestaltung von Links wurden dagegen keine eigenen Vorgaben verwendet, sondern die browserspezifische Gestaltung zugelassen, um die externe Konsistenz zu bewahren. Diese macht durch eine andere Schriftfarbe auf die Verweise aufmerksam, welche sich je nach Browser unterscheidet. Zusätzlich gibt es immer einen Mouseover-Effekt, wodurch bei Überfahren der Links die betroffenen Wörter zusätzlich unterstrichen dargestellt werden. Auf diese Hervorhebungsweisen wurde ansonsten gänzlich verzichtet, um sie den Links vorzubehalten (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021; SCHNEIDER, o. J.-b).

Laut der Umfrage waren 71,1% (27/38) der Studierenden der Meinung, dass Links (z.B. im Text) eindeutig gekennzeichnet sind und weitere 23,7% (9/38) stimmten dem eher zu. Somit ist die gewählte Umsetzung zur Markierung von Links als gut verständlich anzusehen.

Um die Lesbarkeit der Texte zu verbessern, wurde zudem auf eine geeignete Zeilenlänge geachtet (SPERL et al., 2012; SCHNEIDER, o. J.-b). Diese wurde durch eine Beschränkung der Breite des gesamten Lernprogrammes erreicht, sodass bei maximaler Anzeigebreite die Vorgabe von 70 bis 80 Zeichen pro Zeile möglichst eingehalten wird (DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.). Darüber hinaus wurde abgesehen von der Kontaktseite im gesamten Lernprogramm Blocksatz verwendet, um ein ruhiges Erscheinungsbild der Texte zu erhalten (ALBRECHT et al., 2003).

Bei der Evaluierung der Textgestaltung mittels der Umfrage, wurde von den Studierenden die Lesefreundlichkeit der Texte bewertet. Die meisten Studierenden fanden demzufolge die Texte im Lernprogramm lesefreundlich gestaltet. 36,8% (14/38) beurteilten dies als voll und nochmals 57,9% (22/38) als eher zutreffend. Weiterhin stimmten alle Studierenden zu, dass das Lernprogramm aus überschaubaren Abschnitten aufgebaut ist und die Inhalte klar gegliedert sind. Das traf für 50% (19/38) der Studierenden voll und weitere 50% (19/38) eher zu.

#### **1.3.4. Schriftgestaltung**

Als Schriftart wurde für das gesamte Lernprogramm die serifenlose Schrift Verdana verwendet, welche speziell für das Internet entwickelt wurde (RUDLOF, 2006; AUMÜLLER et al., 2018; DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b). Darüber hinaus wurde auf eine geeignete Schriftgröße geachtet und dabei vor allem eine zu kleine Schriftdarstellung vermieden (ALBRECHT et al., 2003; AUMÜLLER et al., 2018; DGUV, 2021). Zudem wurde diese mit einer relativen Maßeinheit angegeben, um diese skalierbar zu programmieren und eine Anpassung in Relation zur Größe des Browserfensters zu gewährleisten (AUMÜLLER et al., 2018; DGUV, 2021). Weiterhin wurde der Zeilenabstand groß genug eingestellt, um eine gute Lesbarkeit sicherzustellen (SPERL et al., 2012; SCHNEIDER, o. J.-b).

In der Umfrage stimmten der Aussage, dass die gewählte Schriftart nicht gefällt, 5,3% (2/38) der Studierenden teilweise zu, während 78,9% (30/38) dies gar nicht

und weitere 10,5% (4/38) eher nichtzutreffend fanden. Auch dass die Lesbarkeit durch die gewählte Schriftgröße erschwert wurde, konnten 81,6% (31/38) gar nicht und 15,8% (6/38) eher nicht zustimmen.

### **1.3.5. Farbgestaltung**

Entsprechend der softwareergonomischen Empfehlungen wurden Farben im Lernprogramm nur sparsam und konsistent eingesetzt und nicht mehr als sechs Farben verwendet (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; HOLL, 2007; AUMÜLLER et al., 2018; DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.). Die verwendeten Farben im Lernprogramm setzen sich neben Schwarz und Weiß aus verschiedenen Grautönen und Orange zusammen.

Für den Hintergrund der Maskenbereiche wurde die gleiche hellgraue Farbe gewählt und eine dünne Umrandung in einem leicht dunkleren Grauton hinzugefügt (RUDLOF, 2006; HOLL, 2007; ANTONOVA, o. J.). Entsprechend wirkt der automatisch weiße Hintergrund des Browserfensters nicht überstrahlend (HOLL, 2007; AUMÜLLER et al., 2018).

Für die Schrift der Texte im Lernprogramm wurde zudem eine dunkelgraue Farbe gewählt, wodurch ein Positivkontrast auf dem hellgrauen Hintergrund entsteht (ALBRECHT et al., 2003; RUDLOF, 2006; HOLL, 2007; DGUV, 2021; ANTONOVA, o. J.; SCHNEIDER, o. J.-b). Der Kontrast zwischen Schrift und Hintergrund wurde mittels eines Kontrastrechners überprüft (LESERLICH.INFO, o. J.) und ergab einen Verhältniswert von 11,4:1, was die Mindestanforderungen deutlich übertrifft (RUDLOF, 2006; DGUV, 2021).

Dass das Farbdesign vom Inhalt des Lernprogrammes ablenkt, empfanden die meisten Studierenden in der Umfrage mit insgesamt 76,3% (29/38) als gar nicht zutreffend. Auch einer erschwerten Lesbarkeit der Texte durch fehlenden Kontrast und eine ungünstige Farbgebung konnten 78,9% (30/38) der Studierenden gar nicht zustimmen. Somit ist die Farbgestaltung des Lernprogrammes als gelungen zu interpretieren.

### **1.3.6. Einsatz von Bildmaterial**

Im Lernprogramm wurde verschiedenes Bildmaterial zur Verdeutlichung des in den Texten beschriebenen Faktenwissens eingesetzt (SPERL et al., 2012; KUNDE, 2016; AUMÜLLER et al., 2018). Insbesondere bei den selbsterstellten Grafiken

wurde dabei beachtet, dass diese eindeutige Informationen übermitteln (AUMÜLLER et al., 2018). Auf die Entwicklung interaktiver Grafiken wurde dagegen wegen des beträchtlichen Mehraufwandes verzichtet (AUMÜLLER et al., 2018).

Für die selbsterstellten Zeichnungen der großen abdominalen Gefäße war eine Beschriftung unerlässlich, hier wurde jedoch auf eine sinnvolle Positionierung von Gefäßnamen und Hilfslinien geachtet. Gleiches gilt für die Beschriftungen der Ultraschallbilder, welchen Bezeichnungen und Pfeile hinzugefügt wurden. Diese bieten dem Nutzer aber immer einen Mehrwert, indem sie eine Hilfestellung darstellen (AUMÜLLER et al., 2018). Zudem wurden die beschrifteten Ultraschallbilder auch immer durch eine unbeschriftete Kopie ergänzt.

Sämtliches Bildmaterial wurde weiterhin durch prägnante Bild- und Videountertitel erweitert und entsprechend der zugehörigen Textabschnitte platziert (AUMÜLLER et al., 2018). Videos wurden im Lernprogramm eingesetzt, wenn Sachverhalte schwer zu beschreiben und durch Videos vereinfacht darstellbar sind (SPERL et al., 2012; AUMÜLLER et al., 2018). Diesen wurden immer auch Elemente zur Benutzersteuerung hinzugefügt und ein automatisches Abspielen grundsätzlich vermieden (SPERL et al., 2012).

Ornamentales Bildmaterial wurde lediglich in den Seitenleisten der Start- und Kontaktseite verwendet, um dem Lernprogramm ein ansprechendes Erscheinungsbild zu geben. Durch die ausschließliche Verwendung von Schwarzweiß-Fotografien in diesem Zusammenhang, wurde zudem eine zurückhaltende Gestaltung gewährleistet. Sie stellen aufgrund des ausschließlichen Vorkommens in Start- und Kontaktseite auch keine Ablenkung vom Inhalt des Lernprogrammes dar (SPERL et al., 2012).

Dass mediale Elemente (z.B. Grafiken, Bilder und Videos) im Lernprogramm sinnvoll eingesetzt wurden, um Inhalte zu verdeutlichen, hatten in der Umfrage auch 55,3% (21/38) der Studierenden als voll zutreffend und weitere 36,8% (14/38) als eher zutreffend beurteilt. Die gegensätzliche Aussage, dass das Lernprogramm mit medialen Elementen nur „aufgehübscht“ worden ist, wurde etwas weniger deutlich abgelehnt, als die vorangegangene Frage vermuten lassen hätte. Trotzdem empfanden immerhin 28,9% (11/38) dies als gar nicht und weitere 44,7% (17/38) als eher nichtzutreffend.

### 1.3.7. Interaktionsgestaltung

Die Interaktionsmöglichkeiten des Lernprogrammes beschränken sich auf das flexible Aufrufen der verschiedenen Webseiten mittels verschiedener Navigationselemente. Hierin werden aber bereits Vorteile gegenüber einer starr vorgegebenen Reihenfolge von Lernsequenzen gesehen (AUMÜLLER et al., 2018). Manche Autoren erkennen darüber hinaus auch Mouseover-Effekte als aktive Interaktionselemente an, welche die Orientierung des Nutzers verbessern können (AUMÜLLER et al., 2018). Diese sind im Lernprogramm im Rahmen der Haupt- und Kapitelnavigation, sowie durch die browserspezifischen Gestaltungsvorgaben der Links gegeben. Bei den im Lernprogramm gebotenen Interaktionsmöglichkeiten ist zumindest eine eigenständige Nutzung durch den Lernenden sichergestellt und eine Ablenkung durch diese vom Inhalt des Lernprogrammes kann ausgeschlossen werden (AUMÜLLER et al., 2018).

Im Lernprogramm wird darüber hinaus eine Erwartungskonformität für die Benutzungsoberfläche und die Funktionen der Software erfüllt, da diese im Aufbau einer Website im Internet entspricht (DGUV, 2021). Auch der softwareergonomische Gestaltungsgrundsatz der Aufgabenangemessenheit kann bestätigt werden, da das Lernprogramm in seinem Aufbau und der Interaktionsgestaltung der Vermittlung von Faktenwissen dient (DGUV, 2021). Durch die gewohnte Gestalt einer Website ist vor allem die Selbstbeschreibungsfähigkeit, ebenso wie die einfache Erlernbarkeit der Funktionsweise des Lernprogrammes sichergestellt und der Nutzer kann sich entsprechend auf den Inhalt konzentrieren (DGUV, 2021).

Die Steuerbarkeit des Lernprogrammes wird durch die vielfältigen Navigationselemente unterstützt, welche dem Nutzer sowohl die Wahl der Reihenfolge, als auch der Geschwindigkeit der Bearbeitung überlässt (DGUV, 2021). Auch eine Robustheit gegenüber Benutzungsfehlern kann bei diesen Interaktionsmöglichkeiten angenommen werden (DGUV, 2021). Der Nutzer würde beispielsweise bei versehentlichem Anklicken eines falschen Links direkt durch die Überschriften in Seitenkopf und Hauptinhalt auf den Fehler aufmerksam gemacht. Durch die Haupt- und Kapitelnavigation hat er weiterhin leicht und flexibel die Möglichkeit diesen zu korrigieren. Die Benutzerbindung wurde in dem Lernprogramm durch die freundlich formulierte Begrüßung des Nutzers und eine einladende Stimmung durch ornamentales Bildmaterial in der Seitenleiste der

Startseite versucht. Darüber hinaus sollten direkte und motivierende Anreden des Nutzers am Ende der Hauptkapitel-Einführungen dies unterstützen.

#### **1.4. Thema des Lernprogrammes**

Das Meinungsbild der Studierenden ist auch was das Thema des Lernprogrammes betrifft von großem Interesse. Nur so kann evaluiert werden, ob die Grundvoraussetzung für eine spätere Nutzung gegeben ist.

In der Umfrage gaben 42,1% (16/38) der Studierenden an, sich für das Thema des vorgestellten Lernprogrammes zu interessieren und für weitere 44,7% (17/38) trifft das eher zu. Aufgrund des großen Zuspruches vom Großteil der Studierenden ist hier ein klares Interesse am Thema festzustellen. Die Grundvoraussetzung für eine spätere Nutzung ist somit vorhanden.

Ob dies jedoch ausreicht sollte mit der nächsten Aussage nochmals überprüft werden. Dementsprechend fühlten sich 42,1% (16/38) durch das vorgestellte Lernprogramm zu einer späteren Nutzung motiviert und für weitere 34,2% (13/38) trifft das eher zu. Damit ist auch eine Daseinsberechtigung für das Lernprogramm als gegeben anzusehen.

#### **1.5. Vergleichende Betrachtung mit verschiedenen Lehrmedien**

In der Tiermedizin gibt es mehrere Lehrbücher zum Thema Ultraschalldiagnostik, in welchen auch die Dopplersonographie behandelt wird. Der Großteil dieser Lehrbücher ist englischsprachig (BARR & GASCHEN, 2011; PENNINCK & D'ANJOU, 2015; MATTOON et al., 2021) und nur eines ist in deutscher Sprache verfasst (POULSEN NAUTRUP & RALF, 2007). Meist werden in diesen vor allem die Grundlagen der Dopplersonographie behandelt und Artefakte benannt, jedoch werden diese häufig unvollständig aufgeführt. Zudem wird in der Regel nur auf einzelne der notwendigen Parameter zur spezifischen Geräteeinstellung für die Dopplersonographie eingegangen. Hämodynamische Grundlagen werden in diesem Zusammenhang nur sehr oberflächlich aufgegriffen und ausschließlich in einem der englischsprachigen Lehrbücher konnte die Erwähnung einer einzelnen, angeborenen Gefäßvariante gefunden werden (MATTOON et al., 2021).

Bezüglich dieser Themen wird in dem der Dissertation zugrundeliegenden Lernprogramm ein deutlicher Mehrwert gesehen, da die Grundlagen der Dopplersonographie und Hämodynamik wesentlich ausführlicher behandelt werden. Diese werden zudem mit mehreren Grafiken anschaulich erklärt, sowie mit Ultraschallbildern und -videos verdeutlicht. Eine Auswertung des Dopplerspektrums wird außerdem in keinem der Lehrbücher thematisiert.

Insbesondere die vollständige Aufzählung möglicher Artefakte ist im Lernprogramm gelungen, ebenso wie die umfassendere Erklärung der notwendigen Parameter zu spezifischen Geräteeinstellungen für die Dopplersonographie. Eine ähnlich ausführliche Behandlung dieser Themen konnte teilweise im Lernprogramm SonoBasics gefunden werden (BRUDER et al., 2021).

Ein klares Alleinstellungsmerkmal des erstellten Lernprogrammes bezüglich der oben genannten Themen, ist die umfangreiche Aufzählung möglicher angeborener Gefäßvarianten. Diese wurden mittels einer umfassenden Literaturrecherche für die einzelnen Gefäße aus zahlreichen Fachartikeln zusammengetragen. Es konnte lediglich ein Kapitel in einem englischsprachigen Fachbuch zum Thema Multidetektor-Computertomographie des Körpers bei Kleintieren gefunden werden, welches eine ähnlich umfassende Aufzählung beinhaltet (BERTOLINI, 2017). Damit ist diese systematische Aufzählung möglicher angeborener Gefäßvarianten auch als ein generelles Alleinstellungsmerkmal des Lernprogramms in der deutschsprachigen Fachliteratur zu sehen. Eine Kenntnis solcher Gefäßvarianten soll nicht nur Fehldiagnosen vorbeugen, sondern ist auch aufgrund möglicher einhergehender und gegebenenfalls klinisch relevanter vaskulärer und avaskulärer Anomalien von großer Bedeutung (BERTOLINI, 2017).

Verlaufsbeschreibungen der abdominalen Gefäße konnten dagegen in mehreren der genannten Lehrmedien gefunden werden, ebenso wie anschauliche Grafiken zu diesen (PENNINCK & D'ANJOU, 2015; BRUDER et al., 2021; MATTOON et al., 2021). Allerdings entsprachen diese nicht der ausführlichen Wiederholung der Anatomie abdominaler Gefäße, wie es im vorliegenden Lernprogramm der Fall ist.

Pathologien der behandelten Gefäße wurden hauptsächlich zu den großen Gefäßen, wie z.B. *V. portae*, *Aorta abdominalis* und *V. cava caudalis* thematisiert. Diese wurden jedoch nur in den englischsprachigen Lehrbüchern behandelt. Dafür

wurden hier die Pathologien, insbesondere der *V. portae* in den Kapiteln zum Thema Leber, sehr ausführlich beschrieben. Im erstellten Lernprogramm wurden die möglichen Pathologien der einzelnen Gefäße dagegen nur aufgezählt.

Auch die anderen Lehrmedien enthielten charakteristische Dopplerspektren zu verschiedenen Gefäßen, jedoch waren sie lediglich in SonoBasics zu deutlich mehr Gefäßen enthalten. Eine so umfangreiche Beschreibung zur Untersuchung jedes einzelnen Gefäßes, einschließlich der Merkmale des charakteristischen Dopplerspektrums, wie im vorliegenden Lernprogramm konnte jedoch auch SonoBasics nicht bieten.

Eine zusätzliche Diskussion der Vor- und Nachteile digitaler Medien, wie SonoBasics und dem der Dissertation zugrundeliegenden Lernprogramm, gegenüber Lehrbüchern soll an dieser Stelle nicht erneut erfolgen. Eine ausführliche Darstellung der Stärken und Schwächen digitaler Lehrmedien erfolgte bereits in der Literaturübersicht.

Abschließend sind an dieser Stelle bereits bestehende veterinärmedizinische Ultraschallsimulatoren und Dopplerphantome zu erwähnen (WEBER et al., 2015; ZANDT et al., 2015; NIELSEN, 2020). Diese bieten die Möglichkeit zu praktischen Übungen, ohne dass lebende Tiere dafür benötigt werden. Jedoch ist für eine Nutzung ein vorhandenes Grundlagenwissen von großem Vorteil, welches diese jedoch nicht vermitteln. Das erstellte Lernprogramm stellt somit eine sinnvolle Ergänzung zu diesen dar, sodass den Studierenden mit einer Kombination dieser Lehrmedien das Erlernen, sowohl theoretischer Kenntnisse, als auch praktischer Fähigkeiten geboten wird.

Im Rahmen der Umfrage wurde die Meinung der Studierenden zu dem Nutzen des vorgestellten Lernprogrammes erfragt. Einer Vergleichbarkeit des Nutzens mit anderen Lehrmedien stimmten dabei 15,8% (6/38) der Studierenden voll und weitere 39,5% (15/38) eher zu. Außerdem waren 28,9% (11/38) davon nur teilweise und 15,8% (6/38) eher nicht überzeugt. Ein Problem bei dieser Fragestellung ist die fehlende Konkretisierung der zu vergleichenden Lehrmedien. Entsprechend ist nicht erkennbar, mit welchen ein Vergleich des Lernprogrammes durch die Studierenden erfolgte. Weiterhin ist nicht bekannt, inwiefern die befragten Studierenden mit Lehrmedien vertraut sind, die dieses Thema beinhalten. Entsprechend bleibt auch offen, ob beispielsweise ein Vergleich mit

themenbezogenen Lehrmedien stattfand.

Insgesamt ist nicht ersichtlich, warum das Lernprogramm bei dieser Frage eher mittelmäßig abschnitt, während es in den übrigen Fragen eher positiv beurteilt wurde. Aufgrund der positiven Rückmeldung der Studierenden auf weitere Fragen bezüglich einer zukünftigen Nutzung, beispielsweise im Rahmen von Ultraschall-Wahlpflichtfächern, wird gesamthaft trotzdem ein sinnvoller Nutzen und Mehrwert des Lernprogrammes für die Studierenden angenommen.

## **2. Evaluation**

Um die Qualität der Evaluation sicherzustellen, wurde sich an den „Standards für Evaluation“ der DeGEval orientiert (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Um eine Nützlichkeit der Evaluation zu gewährleisten wurden zunächst die Beteiligten und Betroffenen identifiziert (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Neben der Autorin des Lernprogrammes ist hier die Zielgruppe zu nennen, welche zunächst einmal Tiermedizinstudierende mit Interesse an der abdominalen Sonografie bei Hund und Katze darstellen. Ob dieses Interesse gegeben ist wurde mit der zweiten Frage der Umfrage überprüft. Hier gaben mit 42,1% (16/38) die meisten an, eher großes Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze zu haben. 28,9% (11/38) gaben zudem ein großes Interesse und 15,8% (6/38) sogar sehr großes Interesse an diesem Thema an. Damit waren die teilnehmenden Studierenden als passende Zielgruppe für die Evaluation bestätigt.

Weiterhin erfordert die Nützlichkeit eine Klärung der Evaluationszwecke (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Da die Evaluation des Lernprogrammes Teil eines Dissertationsvorhabens ist, ist als Hauptzweck die Klärung einer wissenschaftlichen Fragestellung zu nennen. In diesem Fall ist das die Akzeptanz des erstellten Lernprogrammes durch die Zielgruppe, sowie der mögliche Nutzen für diese. Somit steht hier eine gewisse Kontrollfunktion im Vordergrund (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002). Die Evaluation sollte entsprechend „keine konkreten Maßnahmen“ zur Folge haben, sondern vielmehr durch die Diskussion der Ergebnisse „Anstöße für weitere

Arbeiten“ liefern (2ASK, o. J.-b). Hier könnte aber auch von einer Legitimationsfunktion gesprochen werden, da dies eine gewisse Rechenschaftslegung beinhaltet (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Darüber hinaus ist die Erkenntnisfunktion zu nennen, denn es sollten ebenso die Bedürfnisse der Zielgruppe damit ermittelt werden (STOCKMANN & SCHÄFFER, 2002).

Die Kompetenz und Glaubwürdigkeit der Evaluatorin sollte durch eine vorangegangene Literaturrecherche und die Orientierung an Fachliteratur zur Durchführung der Evaluation erlangt werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Für die Erstellung des Umfragebogens und die Auswertung der Evaluation wurden beispielsweise verschiedene Leitfäden herangezogen (HERRMANN, 2009; 2ASK, o. J.-b, o. J.-a).

Bei Auswahl und Umfang der Informationen wurde sichergestellt, dass damit ein adäquater Erkenntnisgewinn zu den Bedürfnissen der Zielgruppe, als auch dem Lernprogramm als Evaluationsgegenstand gewonnen werden kann (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Die Transparenz von Werthaltungen war im Falle dieser Evaluation überflüssig, weil der Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit jegliche Werthaltungen untersagt (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Zudem wurde bereits dadurch die Vollständigkeit und Klarheit der Berichterstattung erfordert (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016), da „die Veröffentlichung der Ergebnisse integraler Bestandteil“ einer wissenschaftlichen Arbeit ist (2ASK, o. J.-b).

Die Rechtzeitigkeit der Evaluation wurde ebenfalls eingehalten (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Um Nutzung und Nutzen der Evaluation zu gewährleisten, wurden die teilnehmenden Studierenden des Wahlpflichtfaches im Vorfeld über die anstehende Umfrage informiert und um ihre freiwillige Mithilfe gebeten (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Der nächste Standard für Evaluation ist die Durchführbarkeit, welche sich einerseits durch angemessene Verfahren auszeichnet (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Entsprechend wurde für das Lernprogramm eine interne und summative Evaluation zum Ende der Erstellung durchgeführt

(KNÖDLER, 2019). Für die Durchführung wurde zudem ein diplomatisches Vorgehen gewählt, indem die Studierenden rechtzeitig informiert wurden und die Teilnahme an der Umfrage freiwillig war (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Auch die Effizienz von Evaluation war im gewählten Vorgehen gegeben (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Durch die Zusammenfassung von allgemeinen und speziellen Fragen in einer einmaligen Evaluation, konnten hier Aufwand und Nutzen in einem guten Verhältnis gehalten werden.

Ein weiterer Standard für Evaluation ist die Fairness, welche beispielsweise durch formale Vereinbarungen gewährleistet werden soll (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Eine Verpflichtung der Studierenden zur Teilnahme an der Umfrage wurde nicht vorgesehen. Stattdessen wurden sie lediglich im Vorfeld mündlich um eine freiwillige Teilnahme gebeten. Durch die anonymisierte Umfrage wurde zudem der Schutz individueller Rechte gewährleistet (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Über die anonymisierte Durchführung wurden die Studierenden in der schriftlichen Beschreibung zu Beginn der Umfrage informiert.

Eine umfassende und faire Prüfung des Evaluationsgegenstandes sollte auch durch Negativaussagen sichergestellt werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Damit sollten sowohl Schwächen als auch Stärken des Lernprogrammes erkannt werden. Eine unparteiische Durchführung und Berichterstattung ist wiederum durch den Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit geboten und wurde entsprechend umgesetzt (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Gleiches gilt für die Offenlegung von Ergebnissen und Berichten, welche später im Rahmen der Dissertation veröffentlicht werden sollen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Den letzten Standard für Evaluation stellt die Genauigkeit dar, welche sich beispielsweise auf die Beschreibung des Evaluationsgegenstandes bezieht (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Die umfassende Beschreibung und Dokumentation des Konzeptes, als auch der Umsetzung des Lernprogrammes, erfolgte wiederum im Rahmen der Dissertation. Auch eine Kontextanalyse fand in diesem Zusammenhang statt und gleiches gilt für die Beschreibung von Zwecken und Vorgehen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Die Angabe von Informationsquellen wird ebenso durch die zugrundeliegende, wissenschaftliche Arbeit erfordert und wurde gewissenhaft umgesetzt (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Dadurch konnten daneben valide und reliable Informationen sichergestellt werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016).

Eine systematische Fehlerprüfung wurde durchgeführt und war erfolgreich (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Darüber hinaus fand eine angemessene Analyse qualitativer und quantitativer Informationen statt, wie sie dem Kapitel Ergebnisse zu entnehmen ist (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Begründete Bewertungen und Schlussfolgerungen sind dagegen den vorangegangenen Teilen der Diskussion zu entnehmen (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Durch die vorangegangenen Maßnahmen soll eine Meta-Evaluation ermöglicht werden (DEGEVAL - GESELLSCHAFT FÜR EVALUATION E.V., 2016). Inwieweit die gewonnenen Informationen der gezielten Evaluation des erstellten Lernprogrammes eine Meta-Evaluation zulassen kann jedoch nicht eingeschätzt werden. Diese war auch nicht das Ziel dieser Evaluation, welche stattdessen als „eine qualitative, individuelle Begutachtung auf die spezifischen Stärken und Schwächen des spezifischen Angebotes eingehen“ soll (HERRMANN, 2009).

### **3. Limitationen der Studie**

Als Limitation der Studie ist die Evaluation des Lernprogrammes nach einer Präsentation über ein Zoom-Meeting zu sehen. Hier wäre eine vorangegangene Nutzung des Lernprogrammes durch die Studierenden wünschenswert gewesen. Aufgrund der Zugangsbeschränkungen zum Universitätsgebäude, sowie weiterer Einschränkungen durch die Corona-Pandemie und die damit einhergehende ausschließliche Online-Lehre zum Zeitpunkt der Evaluation, war eine solche Umsetzung jedoch nicht möglich. Die gewählte Durchführung im Rahmen des Wahlpflichtfaches sicherte dagegen eine Präsentation vor insgesamt 81 Tiermedizinierenden. Von diesen nahmen 38 Studierende auch an der freiwilligen Umfrage teil, wodurch trotz dieser Umstände eine statistisch auswertbare Evaluation des Lernprogrammes gelang. Jedoch wird damit nur knapp die „absolute Untergrenze für eine Stichprobengröße“ von 30 Personen

überschritten (ZASK, o. J.-a). Eine Stichprobengröße von etwa 100 Personen hätte dagegen deutlich bessere Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zugelassen.

#### **4. Ausblick**

Anfängliche Hoffnungen in digitale und interaktive Medien gingen bei ihrem Einsatz von einer höheren Effizienz und Effektivität bezüglich der Lernleistungen aus. Allerdings fanden die Erwartungen an einen solchen Mehrwert dieser Medien, bei ihrem alleinigen Einsatz, durch die Forschung kaum Unterstützung (KERRES, 2008). Stattdessen konnte sogar aufgezeigt werden, dass solche Medien in der humanmedizinischen Aus-, Fort- und Weiterbildung, trotz des bereits großen Angebotes bis zum Jahr 2008, eher vernachlässigt wurden. Als „zentrales Hindernis“ für die Nutzung wurde in diesem Zusammenhang „auch der komplizierte Zugang zu E-Learning-Angeboten“ beschrieben (RUF et al., 2008).

Eine bessere Annahme von E-Learning-Projekten kann dagegen durch eine feste Einbindung, z.B. in ein Ausbildungsangebot, erreicht werden (BOEKER & KLAR, 2006). Statt einem Ersatz der bewährten, alten Medien, sollten diese vielmehr durch „sinnvolle Synergien“ mit neuen, digitalen Medien ergänzt werden (BOHNENKAMP et al., 2020). Als Bestandteil der Präsenzlehre kann eine selbstverständliche und positive Aufnahme von E-Learning gelingen. Jedoch sollte eine Bestimmung des Angebotes „als eine der vielen freiwilligen Ergänzungen für die Lernenden“ vermieden werden (BOEKER & KLAR, 2006).

Um den genannten Empfehlungen nachzukommen, sowie einer ausbleibenden Nutzung des Lernprogrammes durch die Studierenden vorzubeugen sollen verschiedene Maßnahmen folgen. Zum einen ist eine Einbindung des Lernprogrammes insbesondere in das Wahlpflichtfach „Ultraschall für Fortgeschrittene mit Doppler-Sonographie und Punktionstechniken“ an der tierärztlichen Fakultät der LMU München geplant.

Im Rahmen eines solchen Blended Learning Konzeptes kann das Lernprogramm von den Studierenden selbstständig zur Vorbereitung auf praktische Übungen verwendet werden. Diese könnten zukünftig wieder im Prof. Cordula Poulsen Nautrup Ultraschalllabor stattfinden und die Nutzung des veterinärmedizinischen Dopplerphantoms, als auch Übungen an eigenen Hunden der Studierenden

einschließen (NIELSEN, 2020; LEHRSTUHL FÜR ANATOMIE, o. J.). Die Zeit solcher Präsenztermine könnte dadurch effektiver genutzt werden, indem mehr Zeit für Übungen zur Verfügung steht, da benötigtes Grundlagenwissen bereits vorbereitet wurde.

Die Meinung der Studierenden bezüglich einer solchen Einbindung des Lernprogrammes wurde bereits in der durchgeführten Umfrage evaluiert. Der Großteil hielt das Lernprogramm, als ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern, für sinnvoll. Davon stimmten 63,2% (24/38) der Aussage voll und nochmals 34,2% (13/38) eher zu. Zudem gaben 39,5% (15/38) an, das Lernprogramm selbständig im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches zu nutzen, um sich intensiver mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Für weitere 34,2% (13/38) der Studierenden trifft dies auch eher zu.

Eine weitere Evaluation zur tatsächlichen Nutzung des Lernprogrammes im Rahmen des vorgeschlagenen Blended Learning Konzeptes wäre sinnvoll. Nachdem das Angebot beispielsweise über zwei Semester erprobt wurde, könnten Studierende, die daran teilnahmen nochmal ein praxisnäheres Meinungsbild abgeben.

Weiterhin soll ein einfacher Zugang zum Lernprogramm mit dem Hochladen auf die zentrale Lernplattform Moodle der LMU München gewährleistet werden. Auch dazu wurde bereits die Meinung der Studierenden in der Umfrage ermittelt. Insgesamt hielten es alle Umfrageteilnehmer für sinnvoll, das Lernprogramm den Studierenden über Moodle zur Verfügung zu stellen. Davon hatten 92,1% (35/38) dem Vorschlag voll und weitere drei Personen eher zugestimmt.



## **VI. ZUSAMMENFASSUNG**

Ziel der vorliegenden Dissertation war die Erstellung eines webbasierten Lernprogrammes über die abdominale Dopplersonographie bei Hund und Katze. In der Kleintiermedizin besteht bisher kein Angebot eines solchen Lernprogrammes, welches gezielt die Dopplersonographie zur Untersuchung abdominaler Gefäße thematisiert und dabei eine umfassende Aufzählung klinisch vorkommender, angeborener Gefäßvarianten, als auch möglicher Pathologien beinhaltet. Das Lernprogramm soll dabei Grundlagenwissen zum Thema Dopplersonographie, inklusive vorzufindender Artefakte und den nötigen Geräteeinstellungen vermitteln. Darüber hinaus ermöglicht es eine Wiederholung von Vorkenntnissen der Hämodynamik und Anatomie, welche um mögliche und in der Klinik anzutreffende, angeborene Gefäßvarianten ergänzt werden können. Schlussendlich kann die Untersuchung abdominaler Gefäße mittels der Dopplersonographie theoretisch erlernt werden. Dies soll durch die sinnvolle Anreicherung mit vielfältigem Bildmaterial, sowie eine didaktische und softwareergonomische Gestaltung des Lernprogrammes unterstützt werden.

Das Lernprogramm basiert auf einer Programmierung mittels der Auszeichnungssprache Hypertext Markup Language (HTML), sowie der Formatierungssprache Cascading Style Sheets (CSS). Darüber hinaus sollte die Akzeptanz des Lernprogrammes mit Hilfe einer an Tiermedizinstudierende gerichteten Umfrage evaluiert werden. Diese erfolgte im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches im Anschluss an eine Präsentation des Lernprogrammes, welche aufgrund der Einschränkungen der Corona-Pandemie über ein Zoom-Meeting stattfand. Mittels der Evaluation wurden unter anderem die Gegebenheit von Grundvoraussetzungen für eine Nutzung und die Bedürfnisse der Studierenden bezüglich Lehrmedien ermittelt, sowie die Umsetzung didaktischer und softwareergonomischer Anforderungen untersucht. Zusätzlich überprüfte diese die Meinung der Studierenden zum Nutzen des vorgestellten Lernprogrammes und einer späteren Nutzung im Rahmen von Ultraschall-Wahlpflichtfächern.

Als Grundvoraussetzungen zur Verwendung des Lernprogrammes, wurden ein uneingeschränkter Zugang zu einem Computer und Internet von der großen Mehrheit der teilnehmenden Studierenden bestätigt. Auch einer ausreichenden

Medienkompetenz für eine vollumfängliche Nutzung konnten fast alle Studierenden zustimmen. Die Multimedialität stellte sich zudem als wichtigstes Bedürfnis der Befragten bezüglich Lehrmedien heraus, gefolgt von der Interaktivität. Eine gute Umsetzung didaktischer und softwareergonomischer Anforderungen wurde durch die Studierenden in der Umfrage bekräftigt. Dies zeigte sich, indem diese beispielsweise einer einfachen Bedienung, dem sinnvollen Einsatz medialer Elemente, sowie der lesefreundlichen Gestaltung der Texte im Lernprogramm fast alle eher bis voll zustimmen konnten. Außerdem bescheinigte die Evaluation, dass bei der Zielgruppe Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes besteht. Dementsprechend sahen sich fast alle Teilnehmenden zu einer späteren Nutzung motiviert. Außerdem hielten sie eine Nutzung als ergänzendes Lehrmedium zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern für sinnvoll, ebenso wie eine Bereitstellung des Lernprogrammes über die Lernplattform Moodle.

Als Limitationen der Studie ist einerseits die Präsentation des Lernprogrammes über ein Zoom-Meeting zu nennen, wodurch den an der Umfrage teilnehmenden Studierenden eine eigenständige Nutzung vorenthalten blieb. Somit ist beispielsweise die Bedienung des Lernprogrammes durch diese nur unzureichend beurteilbar. Da die Teilnahme an der Umfrage auf freiwilliger Basis erfolgte, konnte andererseits nur eine kleine, aber dennoch statistisch auswertbare Stichprobengröße erzielt werden. Trotzdem kann aufgrund der Ergebnisse ein sinnvoller Nutzen des Lernprogrammes, insbesondere im Rahmen von Ultraschall-Wahlpflichtfächern, für Tiermedizinstudierende angenommen werden.

### **Schlussfolgerung**

Eine weitere Evaluation des Lernprogrammes im vorgesehenen Nutzungskontext könnte weitere Erkenntnisse zu dessen Nutzen und Nutzung liefern. Allerdings zeigen bereits die Ergebnisse der vorliegenden Umfrage ein großes Interesse der Studierenden am Thema des Lernprogrammes. Weiterhin findet die Nutzung im vorgesehenen Blended Learning Kontext darin eindeutige Zustimmung. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine gute Eingliederung des Lernprogrammes in bestehende Bildungsstrukturen, insgesamt die Lehre zu diesem Thema verbessern kann.

## VII. SUMMARY

### **Establishment and evaluation of a web-based learning program about the abdominal Doppler sonography in dogs and cats.**

The aim of this thesis was to establish a learning program for students of veterinary medicine, who are interested in the ultrasound examination of abdominal blood vessels. At the moment, there is no offer of a learning program in small animal veterinary medicine, which addresses specifically the use of Doppler sonography for examining abdominal blood vessels and thereby includes a comprehensive enumeration of clinically occurring congenital vascular variations and possible pathologies. The learning program is supposed to provide basic knowledge of the Doppler sonography, including artifacts to be found and the necessary device settings. Moreover, it enables a repetition of prior knowledge of hemodynamics and anatomy, which can be complemented by possible congenital vascular variants, that occur in the clinic. Eventually, the examination of abdominal blood vessels by using Doppler sonography can be learned in theory. This was meant to be supported by the meaningful enrichment with diverse imagery, as well as a didactic and software ergonomic design of the learning program.

The learning program is based on programming using the Hypertext Markup Language (HTML) and the Cascading Style Sheets (CSS). Furthermore, the acceptance of the learning program was supposed to be evaluated in a survey through veterinary students. Due to the restrictions of the Corona pandemic, the survey was conducted after a short presentation of the learning program via a Zoom meeting as part of an ultrasound compulsory elective course. Among other things, the evaluation was used to determine, whether basic requirements for a use are given, as well as the needs of the students regarding educational media. Additionally, the realization of didactic and software ergonomic demands in the learning program have been evaluated. This survey also verified the opinion of the students concerning the benefit of the presented learning program and a possible future use as part of ultrasound compulsory elective courses.

As basic requirements for the use of the learning program, an unrestricted access to a computer and the internet was confirmed by the great majority of the students. Sufficient media skills for an overall use could also be affirmed by almost all of the

participants. Multimedia turned out to be the most important need of the students regarding educational media, followed by interactivity. Apart from that, a well realization of didactic and software ergonomic demands in the learning program was certified through the survey. Almost all of the students agreed in some way to an easy operation of the software. They affirmed the sensible use of media elements and perceived written text to be easily readable. Beyond that, the interest in the topic of the learning program was confirmed by the evaluation. As a result, the large majority felt motivated to use the learning program in the future. Moreover, the students thought it to be a useful supplementary educational medium of an ultrasound compulsory elective course, as well as providing the learning program to the students via the learning platform Moodle.

On one hand, a limitation of the study was the presentation of the learning program via a Zoom meeting. Therefore, the students were not able to use the learning program themselves and as an example, could only judge the operation of the software insufficiently. On the other hand, the participation in the survey was on a voluntary basis, so that the group of attendees was rather small. Nevertheless, it was big enough for a statistical analysis and the results show a meaningful benefit for students of veterinary medicine in using the learning program as part of ultrasound compulsory elective courses.

## **Conclusion**

A further evaluation of the learning program in the intended context of use could bring additional insight into the benefit and use of it. Nevertheless, the results of the present survey already prove a strong interest of the students in the topic of this learning program. Furthermore, the use in the intended blended learning context was clearly approved by the students in the survey. In conclusion, a good integration of the learning program into existing educational structures could improve teaching on this subject overall.

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

2ask. Leitfaden statistische Auswertung. 2ask - Der Internetdienst für ihre Online-Umfragen, ed. o. J.-a: [https://www.2ask.de/media/1/10/2/23/25/3b44548aa4f7b046/Leitfaden\\_Statistik.pdf](https://www.2ask.de/media/1/10/2/23/25/3b44548aa4f7b046/Leitfaden_Statistik.pdf). 20.03.2022.

2ask. Leitfaden für die Erstellung eines Fragebogens. 2ask - Der Internetdienst für ihre Online-Umfragen, ed. o. J.-b: [https://www.2ask.de/media/1/10/2/3/5/bc958b68e726b401/Leitfaden\\_Fragebogen\\_erstellung.pdf](https://www.2ask.de/media/1/10/2/3/5/bc958b68e726b401/Leitfaden_Fragebogen_erstellung.pdf). 19.06.2021.

Akademie für tierärztliche Fortbildung (ATF). Über die ATF. Bundestierärztekammer e.V. (BTK) 2014: <https://www.bundestieraerztekammer.de/atf/>. 04.03.2022.

Albrecht M, Ernst A, Kiefer C, Scherrer A, Zünd A (2003) Richtlinien zur ergonomischen Gestaltung multimedialer Informationsdarbietung. In: Telepraktikum Usability Engineering WS 2002/2003. Universität Karlsruhe (TH), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. S. 1-53

Amann-Vesti B, Thalhammer C (2015) Kursbuch Doppler- und Duplexsonografie: Begründet von Kurt Huck, 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 488 S.

Antonova G (o. J.) Design und Ergonomie von Webseiten. In: Proseminar „Website-Management-Systeme“. S. 1-6

Aschwanden M. Grundlagen Farbkodierte Duplexsonographie: Grundkurs Sektion Gefäße SGUM. 2021; 11.03.2021: [https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/user\\_upload/1.3\\_Farbduplexsonographie.pdf](https://www.unispital-basel.ch/fileadmin/user_upload/1.3_Farbduplexsonographie.pdf). 14.05.2021.

Aumüller L-M, Camby F, Ebi N, Hieber L, Hilbrich K, Hofmann M, Klepikova V, Krautmacher L, Mack S, Fernández Neufeld K, Nicklas T, Rehm V, Renz S, Schaufler M, Schrempp Y, Watke S, Wolff J, Ziegler S (2018) DIGITAL LERNEN - Das Einmaleins der Interaktiven Lehrmedien, 1. Auflage edn. Hochschule der Medien Stuttgart, Stuttgart. 137 S.

Barr FJ, Gaschen L (2011) BSAVA Manual of Canine and Feline Ultrasonography, 1. Edition edn. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA). 232 S.

Battersby S. CSS horizontal menu with dropdowns. o. J.: <https://www.simonbattersby.com/blog/css-horizontal-menu-with-dropdowns/>. 30.08.2020.

Bayerische Landestierärztekammer (BLTK). Berufsordnung für Tierärzte. Berufsständische Vorschriften und Hinweise für die Tierärzte in Bayern 2014; 07.05.2014: [https://www.bltk.de/fileadmin/user\\_upload/Kammer/Berufsordnung\\_fuer\\_Tieraerzte.pdf](https://www.bltk.de/fileadmin/user_upload/Kammer/Berufsordnung_fuer_Tieraerzte.pdf). 03.03.2022.

Becker JC, Görlich D, Obst O. Die Integration von Tablet-Computern in das Medizinstudium. Teil 1: Eine Umfragestudie unter den Studierenden der Medizinischen Fakultät der Universität Münster. GMS Medizin-Bibliothek-Information 2015; 15: S. 1-14.

Bender I. Mediendidaktik - Potenziale, Szenarien und Formate der digitalisierten Lehre. Weiterbildungsprojekt KOSMOS Universität Rostock 2017: <https://www.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/UniHome/Weiterbildung/KOSMOS/Mediendidaktik.pdf>. 07.02.2022.

berliner fortbildungen. Ultraschall Herz - Aufbaukurs:

Einführung in die Doppler-Untersuchung. 2022: <https://www.berlinerfortbildungen.de/seminardetail/ultraschall-herz-aufbaukurs-bf-s22-02.html>. 04.03.2022.

Bertolini G. The Abdominal Vasculature. In: Body MDCT in Small Animals: Basic Principles, Technology, and Clinical Applications. Bertolini G, ed. Cham: Springer International Publishing 2017: S. 55-94.

Blömeke S. Lehren und Lernen mit neuen Medien -

Forschungsstand und Forschungsperspektiven. Unterrichtswissenschaft 2003; 31: S. 57-82.

Boeker M, Klar R. E-Learning in der ärztlichen Aus- und Weiterbildung. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2006; 49: 405-11.

Bohnenkamp B, Burkhardt M, Grashöfer K, Hlukhovich A, Krewani A, Matzner T, Missomelius P, Raczkowski F, Shnayien M, Weich A, Wippich U (2020) Online-Lehre 2020 – Eine medienwissenschaftliche Perspektive.

Diskussionspapier Nr. 10. Hochschulforum Digitalisierung, Berlin

Bräutigam L, Schneider W (2003) Projektleitfaden Software-Ergonomie - Band 43. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden. 120 S.

Bruder A (2005) Multimediales Lernprogramm über die Sonografie der unveränderten weiblichen Geschlechtsorgane von nicht graviden Hunden und Katzen. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. 149 S.

Bruder A, Cremer J, Hocke V, Streck NS, Weißflog N (2021) SonoBasics DVD: Lernprogramm zur abdominalen Sonografie bei Hund und Katze. Ed Poulsen Nautrup C. Schlütersche, Hannover. Technische Bearbeitung: Thomas Schafhauser

Bundesministerium für Gesundheit. Verordnung zur Approbation von Tierärztinnen und Tierärzten (TAppV). Berlin: Bundesministerium der Justiz 2006; 15.08.2019: <https://www.gesetze-im-internet.de/tappv/BJNR182700006.html>. 15.09.2021.

Bundestierärztekammer e. V. (BTK). Musterberufsordnung. Stand: 4. November 2020 2012; 17.03.2018: <https://www.bundestieraerztekammer.de/btk/musterordnungen/>. 03.03.2022.

Clinical Skills Lab (CSL). Allgemeine Grundlagen der Ultraschalluntersuchung. CSL-Lernstationen: Schwerpunkt Kleintier: 02 Kleintier - Spezielle Klinische Fertigkeiten,. Zentrum für E-Learning DuAZ, ed. Stiftung Tierärztliche Hochschule (TiHo) Hannover, o. J.: <https://www.tiho-hannover.de/studium-lehre/zelda/clinical-skills-lab/csl-lernstationen>. 09.03.2022.

Cremer J (2006) Multimediales Lernprogramm über die Sonografie der unveränderten männlichen Geschlechtsorgane und des Magen-Darm-Traktes bei gesunden Hunden und Katzen. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 141 S.

DeGEval - Gesellschaft für Evaluation e.V. (2016) Standards für Evaluation, 1. Auflage edn. DeGEval – Gesellschaft für Evaluation e.V., Mainz. 74 S.

DEGUM e. V. Über die DEGUM. Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM), o. J.: <https://www.degum.de/die-gesellschaft/ueber-die-degum.html>. 10.03.2022.

DGUV (2021) Softwareergonomie. In: DGUV Information 215-450. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin. S. 27-44

Dietrich CF (2012) Ultraschall-Kurs: organbezogene Darstellung von Grund-, Aufbau- und Abschlusskurs; Nach den Richtlinien von KBV, DEGUM, ÖGUM und SGUM, 6., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln. 506 S.

Dilly M, Tipold A, Schaper E, Ehlers JP. Etablierung eines Skills Labs in der Tiermedizin in Deutschland. GMS Zeitschrift für medizinische Ausbildung 2014; 31: 1-7.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2020) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2020). In: DIN EN ISO 9241-110

Döring N, Ingerl A. Medienkonzeption. In: Medienpsychologie. Batinic B, Appel M, eds. Heidelberg: Springer Medien Verlag 2008: S. 403-24.

Dudenredaktion. Softwareergonomie / Software-Ergonomie. Duden Online o. J.-a: <https://www.duden.de/node/167817/revision/424941>. 06.02.2022.

Dudenredaktion. Evaluation. Duden Online o. J.-b: <https://www.duden.de/node/43225/revision/484099>. 06.02.2022.

Dudenredaktion. HTML. Duden Online o. J.-c: <https://www.duden.de/node/61540/revision/426611>. 05.02.2022.

Dudenredaktion. Ergonomie. Duden Online o. J.-d: <https://www.duden.de/node/41731/revision/441947>. 06.02.2022.

Dudenredaktion. Didaktik. Duden Online o. J.-e: <https://www.duden.de/node/32548/revision/615961>. 06.02.2022.

Dudenredaktion. Website. Duden Online o. J.-f: <https://www.duden.de/node/202999/revision/556114>. 05.02.2022.

Dudenredaktion. Blended Learning. Duden Online o. J.-g:  
<https://www.duden.de/node/23526/revision/413537>. 24.02.2022.

Dudenredaktion. webbasiert. Duden Online o. J.-h:  
<https://www.duden.de/node/204790/revision/557509>. 05.02.2022.

Dudenredaktion. Software. Duden Online o. J.-i:  
<https://www.duden.de/node/167812/revision/425431>. 06.02.2022.

Dudenredaktion. Multimedia. Duden Online o. J.-j:  
<https://www.duden.de/node/99687/revision/629414>. 18.02.2022.

Dudenredaktion. Webseite. Duden Online o. J.-k:  
<https://www.duden.de/node/202996/revision/556449>. 05.02.2022.

Ehlers JP, Friker J. Erstellung von computerassistierten Lernprogrammen - Erfahrungen aus einem Kooperationsmodell an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München. Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2003; 31: 74-80.

Eickemeyer. Ultraschall Kardiologie III. Seminare 2022a:  
<https://seminare.eickemeyer.de/de/Details?esraSoftIdva=74950>. 04.03.2022.

Eickemeyer. Ultraschall Abdomen II. Seminare 2022b:  
<https://seminare.eickemeyer.de/de/Details?esraSoftIdva=74928>. 04.03.2022.

Eickemeyer. Ultraschall Kardiologie II. Seminare 2022c:  
<https://seminare.eickemeyer.de/de/Details?esraSoftIdva=74909>. 04.03.2022.

Eickemeyer. Intensivtraining Echokardiographie - Praktische Ultraschallübungen zur Auffrischung und Vertiefung der Kenntnisse. Seminare 2022d:  
<https://seminare.eickemeyer.de/de/Details?esraSoftIdva=74794>. 04.03.2022.

Fachbereich 10 - Veterinärmedizin JLU Giessen. Skills Lab PETS. Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen, o. J.: <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb10/studium-und-pruefungen/pets>. 10.03.2022.

Fachbereich Veterinärmedizin FU Berlin. Veterinary Skills Net. Freie Universität (FU) Berlin, o. J.: <https://www.vetmed.fu-berlin.de/studium/skills-net/index.html>. 10.03.2022.

Grob HL, Bensberg F. Web-basiertes Lernen. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik Online-Lexikon: Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (insb. Prozesse und Systeme), Universität Potsdam o. J.; 27.02.2019: <https://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/uebergreifendes/E-Learning/E-Learning-Methodologie/Web-basiertes-Lernen>. 07.02.2022.

Hällfritsch FW, Stadler O, Hartmann K. Beurteilung der Qualität der tierärztlichen Ausbildung und der Kompetenz von Anfangsassistenten – eine Umfrage unter Tierärzten. Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2005; 33: 258-63.

Herrmann J. Evaluation von E-Learning. Koordinationsstelle Multimedia (KOMM) JLU Gießen 2009; 18.09.2009: <https://www.uni-giessen.de/fbz/svc/hrz/org/mitarb/abt/3/Archiv/file/eval-leitf>. 18.06.2021.

Hocke V (2005) Multimediales Lernprogramm zur Sonografie von Milz, Leber und Pankreas bei gesunden Hunden und Katzen. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 160 S.

Hofer M (2020) Sono Grundkurs: Ein Arbeitsbuch für den Einstieg, 10., aktualisierte Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 176 S.

Holl F. Software-Gestaltung: Farbe auf dem Bildschirm. Computer und Arbeit 2007; 8-9: S. 9-16.

Horz H, Schulze-Vorberg L. Digitalisierung in der Hochschullehre. *Analysen & Argumente* 2017; 283: S. 1-12.

Improve International. 02 - Fortgeschrittener Abdomen- und Doppler-Ultraschall II. Fortgeschrittener Abdomen-Ultraschall beim Kleintier - Termine 2022a: [https://improveinternational.com/de/coursedate/gpadvabdomen-ultraschall/?utm\\_source=facebook&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=BOFU%20%7C%20Add%20to%20Cart%20%7C%20VETS%20%7C%20Adv%20Postgr%20aduates%20%7C%20Conversion&utm\\_content=IMG&fbclid=IwAR2PUFo\\_KZhamCyRDgI61TZOj5mTNob1UpyQlFm5uS9uN6oiencNnEi0Po](https://improveinternational.com/de/coursedate/gpadvabdomen-ultraschall/?utm_source=facebook&utm_medium=cpc&utm_campaign=BOFU%20%7C%20Add%20to%20Cart%20%7C%20VETS%20%7C%20Adv%20Postgr%20aduates%20%7C%20Conversion&utm_content=IMG&fbclid=IwAR2PUFo_KZhamCyRDgI61TZOj5mTNob1UpyQlFm5uS9uN6oiencNnEi0Po).

Improve International. 01 - Fortgeschrittener Abdomen- und Doppler-Ultraschall I. Fortgeschrittener Abdomen-Ultraschall beim Kleintier - Termine 2022b: [https://improveinternational.com/de/coursedate/gpadvabdomen-ultraschall/?utm\\_source=facebook&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=BOFU%20%7C%20Add%20to%20Cart%20%7C%20VETS%20%7C%20Adv%20Postgr%20aduates%20%7C%20Conversion&utm\\_content=IMG&fbclid=IwAR2PUFo\\_KZhamCyRDgI61TZOj5mTNob1UpyQlFm5uS9uN6oiencNnEi0Po](https://improveinternational.com/de/coursedate/gpadvabdomen-ultraschall/?utm_source=facebook&utm_medium=cpc&utm_campaign=BOFU%20%7C%20Add%20to%20Cart%20%7C%20VETS%20%7C%20Adv%20Postgr%20aduates%20%7C%20Conversion&utm_content=IMG&fbclid=IwAR2PUFo_KZhamCyRDgI61TZOj5mTNob1UpyQlFm5uS9uN6oiencNnEi0Po). 10.03.2022.

International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature ICVGAN (2017) *Nomina Anatomica Veterinaria (N.A.V.)*, 6th edition (Revised version) edn. World Association of Veterinary Anatomists (W.A.V.A.), Hannover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO (U.S.A.), Rio de Janeiro (Brazil). S. 85-106

Karpenstein H. Ultraschall von abdominalen Gefäßen und Lymphknoten. Online Webinare für Tierärzte mit Frau Dr. Karpenstein. Zentrum für Tiergesundheit Baden-Baden, ed. 2022: <https://www.tierarzt-baden-baden.de/aktuelles/votr%C3%A4ge-seminare/>. 09.03.2022.

Kassenärztliche Bundesvereinigung. Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung). in der ab dem 01.10.2021 geltenden Fassung 2008; 20.01.2022: <https://www.kbv.de/media/sp/Ultraschallvereinbarung.pdf>. 10.03.2022.

KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG (KBV).  
ULTRASCHALLDIAGNOSTIK. 2022; 28.01.2022:  
<https://www.kbv.de/html/ultraschall.php>. 10.03.2022.

Kerres M. Mediendidaktik. In: Handbuch Medienpädagogik, 1. Auflage edn. Sander U, von Gross F, Hugger K-U, eds. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2008: S. 116-22.

Knödler E (2019) Evaluation an Hochschulen - Entwicklung und Validierung eines verhaltensbasierten Messinventars zur studentischen Lehrveranstaltungsevaluation. Springer Fachmedien, Wiesbaden

Köhler T, Kahnwald N, Reitmaier M. Lehren und Lernen mit Multimedia und Internet. In: Medienpsychologie. Batinic B, Appel M, eds. Heidelberg: Springer Medien Verlag 2008: S. 477-501.

Kopp H, Ludwig M (2017) Checkliste Doppler- und Duplexsonografie, 5., überarbeitete Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 347 S.

Kunde I. Blended-Learning-Konzept am Beispiel des »Spezialisierungskurs Biogas«. Projekt KOSMOS - Wissenschaftliche Weiterbildung Universität Rostock 2016; 30.09.2016: [https://www.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/UniHome/Weiterbildung/KOSMOS/KOSMOS\\_2015-2017/Veroeffentlichungen\\_KOSMOS\\_2/Blended-Learning-Konzept.pdf](https://www.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/UniHome/Weiterbildung/KOSMOS/KOSMOS_2015-2017/Veroeffentlichungen_KOSMOS_2/Blended-Learning-Konzept.pdf). 14.02.2022.

Lehrstuhl für Anatomie HuE. Prof. Cordula Poulsen Nautrup Ultraschalllabor. Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie des Veterinärwissenschaftlichen Departments der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München o. J.: [https://www.anat.vetmed.uni-muenchen.de/studium\\_lehre/raeume/ultraschalllabor/index.html](https://www.anat.vetmed.uni-muenchen.de/studium_lehre/raeume/ultraschalllabor/index.html). 02.03.2022.

leserlich.info. Kontrastrechner. Zur Berechnung und Überprüfung barrierefreier Farbkombinationen Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. o. J.: <https://www.leserlich.info/werkzeuge/kontrastrechner/>. 08.03.2022.

LMU München. Zentrale Lernplattform - LMU München. München: Ludwig-Maximilians-Universität München o. J.; 07.09.2018: <https://moodle.lmu.de/>. 02.03.2022.

Ludwig-Maximilians-Universität München. Prüfungs- und Studienordnung der Ludwig-Maximilians-Universität München für den Studiengang Tiermedizin (2017) München: Ludwig-Maximilians-Universität München 2017; 29.09.2017: [https://www.vetmed.uni-muenchen.de/studium/download/pruefungs\\_studienord-29sep17.pdf](https://www.vetmed.uni-muenchen.de/studium/download/pruefungs_studienord-29sep17.pdf). 15.09.2021.

Mattoon JS, Sellon RK, Berry CR (2021) Small Animal Diagnostic Ultrasound, 4th Edition edn. Elsevier, St. Louis, Missouri. 752 S.

Mayer RE. Applying the Science of Learning: Evidence-Based Principles for the Design of Multimedia Instruction. The American psychologist 2008; 63: 760-9.

Meier JE (2022) Status Quo der „First Day Skills“ tierärztlicher Berufseinsteiger in Deutschland. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 196 S.

Messina R. Targeting Menu Elements with Submenus in a Navigation Bar. 2017; 13.04.2017: <https://css-tricks.com/targetting-menu-elements-submenus-navigation-bar/>. 30.08.2020.

Microsoft. Internet Explorer-Downloads. 2022: <https://support.microsoft.com/de-de/windows/internet-explorer-downloads-d49e1f0d-571c-9a7b-d97e-be248806ca70>. 28.01.2022.

Moreno R, Mayer RE. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of educational psychology* 1999; 91: 358-68.

Müllerleile L-M (2017) „Erbliche und kongenitale Augenerkrankungen beim Hund“: Erstellung und Evaluierung eines Web-basierten, multimedialen Lernprogramms. In: Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät - Chirurgische und Gynäkologische Kleintierklinik. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 175 S.

Nelson TR, Pretorius DH. The Doppler signal: where does it come from and what does it mean? *AJR Am J Roentgenol* 1988; 151: 439-47.

Niegemann HM, Heidig S. Interaktivität und Adaptivität in multimedialen Lernumgebungen. In: *Lernen mit Bildungstechnologien: Praxisorientiertes Handbuch zum intelligenten Umgang mit digitalen Medien*. Niegemann H, Weinberger A, eds. Berlin, Heidelberg: Springer 2019: S. 1-25.

Nielsen A (2020) Entwicklung und Evaluierung eines veterinärmedizinischen Dopplerphantoms zur Nutzung in der Lehre und Weiterbildung. In: *Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät*. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 137 S.

Paivio A (1990) *Mental representations: A dual coding approach*, 2. edn. Oxford University Press, New York

Penninck D, d'Anjou M-A (2015) *Atlas of Small Animal Ultrasonography*, 2nd Edition edn. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa [u.a.]. 571 S.

Potschien D. Responsive Navigation: CSS-only Dropdown-Menüs ohne JavaScript. 2020; 29.01.2020: <https://www.drweb.de/responsive-navigation-css-dropdown-menu/>. 30.08.2020.

Poulsen Nautrup C, Ralf T (2007) Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze, 4., unveränderte Auflage edn. Schlütersche, Hannover. 400 S.

Poulsen Nautrup C. Physikalische Grundlagen. In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze, 4., unveränderte Auflage edn. Poulsen Nautrup C, Ralf T, eds. Hannover: Schlütersche 2007: S. 21-30.

Praktisches Ausbildungs- und Lernzentrum (PAUL). Station 20: Ultraschallgerät. Stationen Kleintiere. Veterinärmedizinische Fakultät, ed. Universität Leipzig, o. J.: <https://www.vetmed.uni-leipzig.de/praktisches-ausbildungs-und-lernzentrum/studium/stationen/stationen-kleintiere>. 09.03.2022.

Reddehase A, Herguth I, Staff J-M. Mathematische Formeln im Web. 2006: <https://goessner.net/download/learn/mwt/ws2005/presentations/MathWeb.pdf>. 18.01.2021.

Rudlof C (2006) Handbuch Software-Ergonomie. In: Usability Engineering. S. 22-91

Ruf D, Berner MM, Kriston L, Härter M. E-Learning–eine wichtige Unterstützung in der medizinischen Aus-, Fort-und Weiterbildung? Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2008; 51: 1061-9.

Schäberle W (2016) Ultraschall in der Gefäßdiagnostik: Therapieorientierter Leitfaden und Atlas, 4., vollständig überarbeitete Auflage edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 535 S.

Schmidt G, Görg C (2015) Kursbuch Ultraschall: Nach den Richtlinien der DEGUM und der KBV, 6., aktualisierte und erweiterte Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 592 S.

Schmitt F (2008) Erstellung und Evaluierung zweier Lernprogramme im Fachgebiet der Veterinärimmunologie mit dem Autorensystem Casus. In: Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung der Tierärztlichen Fakultät München. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 144 S.

Schneider W. Gebrauchstauglichkeit (Usability). Ergo Online o. J.-a; 31.08.18: <https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/usability/gebrauchstauglichkeit-usability/>. 28.02.2022.

Schneider W. Gebrauchstauglichkeit von Internetseiten und Anwendungen in Browsern. Ergo Online o. J.-b; 31.08.2018: <https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/usability/gebrauchstauglichkeit-von-internetseiten-und-anwendungen-in-browsern/>. 06.02.2022.

Schneider W. Definition von Softwareergonomie. Ergo Online o. J.-c; 01.09.2018: <https://www.ergo-online.de/ergonomie-und-gesundheit/software/usability/softwareergonomie-und-die-verordnung-als-gesetzliche-grundlage/definition-von-softwareergonomie/>. 06.02.2022.

Schnotz W, Horz H. Online-Lernen mit Texten und Bildern. In: Online-Lernen: Handbuch für Wissenschaft und Praxis, 2., verbesserte und ergänzte Auflage edn. Paul K, Ludwig I, eds. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag 2011: S. 87-103.

scil animal care company GmbH. Intensiv-Wochenende Ultraschall Doppler-Echokardiographie. Seminare für Tierärzte und Tiermedizinische Fachangestellte 2022: <https://www.scilvet.de/seminare/seminaruebersicht-scil/intensiv-wochenende-ultraschall-doppler-echokardiographie>. 09.03.2022.

SELFHTML eV. HTML/Tutorials/HTML5. o. J.-a; 15.01.2021: <https://wiki.selfhtml.org/wiki/HTML/Tutorials/HTML5>. 02.09.2021.

SELFHTML eV. Grundlagen/Webprojekte/entwickeln. o. J.-b; 10.08.2021: <https://wiki.selfhtml.org/wiki/Grundlagen/Webprojekte/entwickeln>. 02.09.2021.

SELFHTML eV. HTML/Tutorials/Einstieg/Erste Schritte. o. J.-c; 09.01.2022:  
[https://wiki.selfhtml.org/wiki/HTML/Tutorials/Einstieg/Erste\\_Schritte](https://wiki.selfhtml.org/wiki/HTML/Tutorials/Einstieg/Erste_Schritte).

06.02.2022.

SELFHTML eV. CSS. o. J.-d; 24.12.2021: <https://wiki.selfhtml.org/wiki/CSS>.

05.02.2022.

SELFHTML eV. HTML/Tutorials/Einstieg. o. J.-e; 06.09.2021:

<https://wiki.selfhtml.org/wiki/HTML/Tutorials/Einstieg>. 15.03.2022.

SELFHTML eV. SELFHTML-Wiki. o. J.-f; 10.05.2021: <https://wiki.selfhtml.org/>.

02.09.2021.

SELFHTML eV. CSS/Tutorials/Grid/Einführung. o. J.-g; 28.12.2020:

<https://wiki.selfhtml.org/wiki/CSS/Tutorials/Grid/Einf%C3%BChrung>.

28.01.2022.

SELFHTML eV. HTML/Tutorials/Multimedia/video. o. J.-h; 21.02.2022:

<https://wiki.selfhtml.org/wiki/HTML/Tutorials/Multimedia/video>. 09.03.2022.

SELFHTML eV. CSS/Wertetypen/Maßangaben/relative Einheiten. o. J.-i;

21.02.2022:

[https://wiki.selfhtml.org/wiki/CSS/Wertetypen/Maßangaben/relative\\_Einheiten](https://wiki.selfhtml.org/wiki/CSS/Wertetypen/Maßangaben/relative_Einheiten).

2022.

Skills Lab PETS. Station 10: Bildgebung (Röntgen, Ultraschall, Endoskopie).

Stationen. Veterinärmedizin F-, ed. Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen, o. J.:

[https://www.uni-giessen.de/fbz/fb10/studium-und-](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb10/studium-und-prufungen/pets/stationen/Station%2010)

[prufungen/pets/stationen/Station%2010](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb10/studium-und-prufungen/pets/stationen/Station%2010). 09.03.2022.

Spaulding KA. A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs. Vet Radiol Ultrasound 1997; 38: 4-23.

Sperl A, Schäfer AM, Franke P. Der Inhalt. In: E-Learning, E-Teaching und E-Assessment in der Hochschullehre: Eine Anleitung. Handke J, Schäfer AM, eds. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag 2012: S. 211-48.

Stangl W. Mediendidaktik. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik: 2022a: <https://lexikon.stangl.eu/330/mediendidaktik>. 10.02.2022.

Stangl W. Didaktik. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik: 2022b: <https://lexikon.stangl.eu/706/didaktik>. 15.02.2022.

Stiegler H, Kubale R, Weskott H-P (2015) Farbkodierte Duplexsonografie: Interdisziplinärer vaskulärer Ultraschall, 2., vollständig überarbeitete Auflage edn. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 537 S.

Stiftung TiHo Hannover. Clinical Skills Lab (CSL). Tierärztliche Hochschule (TiHo) Hannover, o. J.: <https://www.tiho-hannover.de/studium-lehre/zelda/clinical-skills-lab>. 10.03.2022.

Stockmann R, Schäffer E (2002) Konzept zur Evaluation von E-Learning Angeboten im Rahmen von VISU (Virtuelle Saar-Universität). In: CEval-Arbeitspapier, Vol. 4. Universität des Saarlandes, Fak. 05 Empirische Humanwissenschaften, CEval - Centrum für Evaluation, Saarbrücken. 23 S.

Stockmann R. Wirkungsorientierte Programmevaluation: Konzepte und Methoden für die Evaluation von E-Learning. In: Evaluation von E-Learning - Zielrichtungen, methodologische Aspekte, Zukunftsperspektiven. Meister DM, Tergan S-O, Zentel P, eds. Münster: Waxmann 2004: S. 23-42.

Streck NS (2004) Computer basiertes Lernprogramm über die physikalisch-technischen Grundlagen der Sonografie beim Kleintier. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 95 S.

The European Coordination Committee on Veterinary Training (ECCVT). List of subjects and Day One Competences. ECCVT Day One Competences European Association of Establishments for Veterinary Education (EAEVE) 2019; 17.01.2019:

[https://www.eave.org/fileadmin/downloads/eccvt/List\\_of\\_subjects\\_and\\_Day\\_One\\_Competences\\_approved\\_on\\_17\\_January\\_2019.pdf](https://www.eave.org/fileadmin/downloads/eccvt/List_of_subjects_and_Day_One_Competences_approved_on_17_January_2019.pdf). 03.03.2022.

Tierärztliche Fakultät LMU München. VETSkillsLab. Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, o. J.: [https://www.vetmed.uni-muenchen.de/lehre\\_vet/vet-skills-lab/index.html](https://www.vetmed.uni-muenchen.de/lehre_vet/vet-skills-lab/index.html). 09.03.2022.

Timmendorfer Tierärzte Seminare. Ultraschall Abdomen für Fortgeschrittene. Ultraschalluntersuchungen verschiedener Bauch- und Beckenorgane bei Hund und Katze 2022: <https://www.tieraerzte-seminare.de/ultraschall-abdomen-fortgeschrittene/>. 16.01.2022.

Ultraschall-Akademie der DEGUM GmbH. Kursportal. o. J.: <https://www.ultraschall-akademie.de/kursportal.html>. 10.03.2022.

Veterinärmedizinische Fakultät Universität Leipzig. Praktisches Ausbildungs- und Lernzentrum (PAUL). Universität Leipzig, o. J.: <https://www.vetmed.uni-leipzig.de/praktisches-ausbildungs-und-lernzentrum>. 10.03.2022.

vhb. Kursprogramm. Virtuelle Hochschule Bayern o. J.: <https://kurse.vhb.org/>. 29.08.2021.

von Engelhardt W. Kreislauf. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. von Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G, eds. Stuttgart: Enke Verlag 2015: S. 192-215.

W3C. HTML/Training/HTML Document. World Wide Web Consortium (W3C) 2013; 02.03.2013:  
[https://www.w3.org/community/webed/wiki/HTML/Training/HTML\\_Document](https://www.w3.org/community/webed/wiki/HTML/Training/HTML_Document).  
23.09.2021.

Waibl H, Wilkens H. Arterien, Arteriae; Venen, Venae. In: Richard Nickel, August Schummer, Eugen Seiferle - Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band 3: Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, 4., unveränderte Auflage edn. Habermehl K-H, Vollmerhaus B, Wilkens H, Waibl H, eds. Stuttgart: Parey 2005: S. 132-274.

Weber S, Zandt E, Radtke J, Poulsen Nautrup C, Reese S (2015) First veterinary simulator for the abdominal sonography of the cat—with focus on kidneys. In: InVeST 2015: International Veterinary Simulation in Teaching Conference, Hannover, 14.-16.09.2015. German Medical Science GMS Publishing House, Düsseldorf. S. 25-6

Weissflog N (2005) Multimediales Lernprogramm über die Sonografie von Harnblase, Nieren und Nebennieren bei gesunden Hunden und Katzen. In: Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät. Ludwig-Maximilians-Universität München, München. 102 S.

Wild K, Fröhlich E, Strunk H (2014) Klinikleitfaden Sonographie Angiologie, 1. Auflage edn. Urban & Fischer, München. 184 S.

Zandt E, Decker J, Weber S, Wölfel I, Poulsen Nautrup C (2015) The world's first simulator for echocardiographic examinations in cats. In: InVeST 2015: International Veterinary Simulation in Teaching Conference, Hannover, 14.-16.09.2015. German Medical Science GMS Publishing House, Düsseldorf. S. 26



## IX. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: mit Buntstift kolorierte Zeichnung der Aorta abdominalis.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 2: Ordner "home" mit den Unterordnern "html", "img" und "video", sowie der "index.html"- und der "formate.css"-Datei .....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 3: digitale Nachbearbeitung der Zeichnung mit Krita .....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 4: Erstellung von Bildern der Formeln mit PowerPoint .....</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 5: Moodle-Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021.....</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 6: Moodle-Lernplattform mit Feedback-Funktion zur Erstellung von Umfragen.....</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 7: Moodle-Lernplattform mit verschiedenen Einstellungs- möglichkeiten zur Erstellung einer Umfrage .....</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 8: Moodle-Lernplattform mit Anzeige der abgespeicherten Umfrage zum Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021.....</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 9: Moodle-Kurs "Echokardiographie bei Hund und Katze, Vorlesungen (und Übungen)" im Sommersemester 2021 mit Link zur Umfrage für die Evaluation .....</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 10: Tabellendaten werden nach der Umfrage von Moodle zum Download zur Verfügung gestellt.....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 11: Grundgerüst eines HTML-Dokuments mit Festlegung der deutschen Sprache im html-Element am Beispiel der in Brackets geöffneten "index.html"-Datei.....</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 12: Kopf eines HTML-Dokuments am Beispiel der in Brackets geöffneten "index.html"-Datei.....</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 13: Der im title-Element festgelegte Name des HTML-Dokumentes, in diesem Fall der "index.html"-Datei, wird in der Registerkarte des Browsers Safari angezeigt .....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 14: Einbindung der CSS-Datei "formate.css" in das HTML-Dokument der "kontakt.html"-Datei mit dem Texteditor Brackets .....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 15: CSS-Befehle in der "formate.css"-Datei für die Schriftgestaltung</i>	

<i>der p-Elemente (Textabsätze) in den HTML-Dokumenten.....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 16: Anzeige der Grundlagen-Einführungsseite des Lernprogrammes auf einem mobilen Endgerät (iPad) mit flexibler Anpassung an das schmalere Browser-Fenster .....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 17: Durch die Vorgabe einer maximalen Breite nimmt die Grundlagen-Einführungsseite nur einen Teil des breitgezogenen Ansichtsfensters im Browser ein, wodurch die Textzeilen nicht zu breit werden und gut lesbar bleiben .....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 18: Seitenstrukturierung des body-Elementes mit HTML5-Elementen in der "index.html"-Datei .....</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 19: Darstellung des Seitenkopfes der Startseite ("index.html"-Datei) im Browser Chrome, dieser enthält die Hauptnavigationsleiste mit geänderter Schriftfarbe der aufgerufenen Seite und die Kapitel-Überschrift .....</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 20: Hauptnavigationsleiste aufgebaut als Dropdown-Menü mit nach unten ausklappbaren Unterkapiteln und Markierung vorhandener Unterkapitel durch einen kleinen Pfeilkopf hinter dem Kapitelnamen .....</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 21: Seitliches Aufklappen weiterer Unterkapitel im Dropdown-Menü und Gestaltung der entsprechenden Links in orangener Schriftfarbe .....</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 22: Darstellung der Seitenleiste am linken Rand des Browser-Fensters mit der enthaltenen zusätzlichen Kapitelnavigationsleiste .....</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 23: Kapitelnavigationsleiste des Grundlagen-Kapitels mit ausgeklapptem Dropdown-Menü mit den Unterkapiteln von "Technische Grundlagen", welches die anderen Kapitel überlagert und dessen Ende durch einen orangen Balken markiert wird .....</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 24: Kapitelnavigationsleiste von "Technische Grundlagen" mit den zugehörigen Unterkapiteln, welche durch Aufzählungsstriche vor den Kapitelnamen markiert wurden .....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 25: Der Hauptinhalt nimmt die größte Fläche des Browser-Fensters ein und enthält an erster Stelle die Überschrift mit dem Namen des aufgerufenen Unterkapitels, wie hier am Beispiel vom Kapitel "Sicherheit der Ultraschalldiagnostik", der restliche Inhalt folgt darunter .....</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 26: Ausschnitt aus dem Unterkapitel "Duplex- &amp; Triplexsonographie" mit dem Kapitelnamen in der Hauptteil-Überschrift (2. Ordnung) und einer Untergliederung des Textes in Themenblöcke durch den Einsatz weiterer Überschriften der 3. Ordnung und 4. Ordnung .....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 27: Textabsätze wurden durch das p-Element realisiert und konnten</i>	

<i>durch erzwungene Zeilenumbrüche formatiert werden, außerdem wurden zusätzlich ungeordnete Listen mit Aufzählungspunkten angelegt .....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 28: Nutzung des span-Elementes, um Umbrüche innerhalb der Formel zu verhindern und zur Hervorhebung der Formel im Textabsatz .....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 29: Nutzung des span-Elementes für die Literaturseiten, wie hier am Beispiel von "Literatur Grundlagen-Kapitel &amp; Geräteeinstellungen", um die Autoren mit einer dickgedruckten Schrift hervorzuheben und Umbrüche innerhalb einer URL zuzulassen, wie am Beispiel der ersten Quelle zu sehen.....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 30: Hervorhebung des Wortes "Beachte" durch das mark-Element am Seitenanfang, um am Beispiel des Anatomie-Unterkapitels "V. portae" eine besondere Beachtung des Folgenden durch den Nutzer sicherzustellen .....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 31: Verwendung des mark-Elementes am Beispiel des Abschnittes "Anatomische Varianten" der V. cava caudalis bei der Katze, um auf mögliche begleitende Gefäßvarianten hinzuweisen, sowie um vor möglichen einhergehenden Pathologien zu warnen .....</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 32: Gestaltungsanweisungen für das img- und das figcaption-Element in der CSS-Datei "formate.css" .....</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 33: Beispiel für ein Ultraschallbild und einen Bildausschnitt, welcher nur das Frequenz-Zeit-Spektrum zeigt, beide nehmen im Hauptinhalt die gesamte zulässige Breite ein .....</i>	<i>89</i>
<i>Abbildung 34: Einrahmung kleinerer Ultraschallbildausschnitte mit dem figure-Elemente und Positionierung am linken Bildrand mit weißem Hintergrund und zusätzlichem dünnen Rahmen in oranger Farbe .....</i>	<i>90</i>
<i>Abbildung 35: Gestaltungsanweisungen für das figure-Element und das enthaltene figcaption-Element in der CSS-Datei "formate.css".....</i>	<i>90</i>
<i>Abbildung 36: Beispiel einer selbsterstellten Grafik, welche mit dem figure-Element in das Kapitel "Physikalische Grundlagen" eingefügt wurde .....</i>	<i>91</i>
<i>Abbildung 37: Beispiel für ein kleines Bild, welches von dem Autor der im Bilduntertitel genannten Quelle für das Lernprogramm zur Verfügung gestellt und mittels des figure-Elementes eingebaut wurde.....</i>	<i>91</i>
<i>Abbildung 38: Bildausschnitt eines Bildes, welches von der Firma Esaote zur Verfügung gestellt und mittels des figure-Elementes hinzugefügt wurde .....</i>	<i>91</i>
<i>Abbildung 39: Bilder von großen Formeln im Kapitel "Physikalische Grundlagen", welche mittels einer eigenen Klasse in der CSS-Datei gestaltet wurden und als Ausnahme keine Bildunterschriften erhalten haben .....</i>	<i>92</i>

<i>Abbildung 40: Beispiel einer selbsterstellten Grafik in einem Unterkapitel von "Hämodynamische Grundlagen" ohne besondere Gestaltungsvorgaben.....</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 41: Beispiel eines größeren Bildes in einem Unterkapitel von "Geräteeinstellungen", welches von Esaote zur Verfügung gestellt wurde.....</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 42: Beispiel für eine selbsterstellte Zeichnung der Aorta abdominalis, welche mit dem img-Element in ein Unterkapitel von "Anatomie" eingesetzt wurde.....</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 43: Darstellung von Ultraschall-Videos im Lernprogramm am Beispiel des Browsers Chrome, diesen wird durch das controls-Attribut eine browserspezifische Steuerungsoberfläche zugewiesen, welche sich hier als Steuerungsleiste am unteren Rand des Videos darstellt.....</i>	<i>95</i>
<i>Abbildung 44: Aufklappendes Untermenü der Steuerungsleiste beim Browser Chrome zum Anwählen der Wiedergabe des Videos als "Bild im Bild", hier kann bei Chrome zusätzlich die Wiedergabegeschwindigkeit gesteuert werden.....</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 45: Einbindung von zwei Quellen aus dem video-Ordner des Lernprogrammes mit dem gleichen Video in unterschiedlichen Dateiformaten, das type-Attribut deklariert das jeweilige Video-Dateiformat für den Browser.....</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 46: CSS-Anweisungen für Zeilenabstand und Schriftgröße der Seitenverweise, sowie die Positionierung auf gleicher Höhe.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 47: Seitenverweise am unteren Ende des Hauptteils am Beispiel der Startseite mit Links zum Seitenanfang, sowie der Kontaktseite und dem Grundlagen-Kapitel, letztere enthalten zusätzliche Pfeile im Namen.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 48: Darstellung des Seitenfußes mit Verweis zur Kontaktseite und Copyright-Hinweis am unteren Rand des Browser-Fensters.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 49: Verlinkung der Startseite am linken Ende der Hauptnavigationsleiste im Seitenkopf, wie hier am Beispiel der Startseite zu sehen, wodurch sich die Schriftfarbe von weiß zu orange geändert hat.....</i>	<i>99</i>
<i>Abbildung 50: Hauptinhalt der Startseite mit der Begrüßung der Nutzer und Erläuterungen zum inhaltlichen Aufbau des Lernprogrammes, enthaltene Seitenverweisen zu den genannten Kapiteln sind an der lila Schrift erkennbar.</i>	<i>100</i>
<i>Abbildung 51: Einführung auf der ersten Seite des Kapitels "Technische Grundlagen", welches in drei Unterkapitel untergliedert ist.....</i>	<i>102</i>
<i>Abbildung 52: Einführung zum Kapitel "Artefakte" und Auflistung der Unterkapitel in alphabetischer Reihenfolge in der Kapitelnavigation.....</i>	<i>103</i>
<i>Abbildung 53: Einführung zum Kapitel "Geräteeinstellungen" mit dem Verweis</i>	

<i>auf das Grundlagen-Unterkapitel "Literatur", unter dem Text folgt ein Bild des zur Erstellung des Bildmaterials verwendeten Ultraschallgerätes .....</i>	<i>105</i>
<i>Abbildung 54: Einführungsseite des "Anatomie"-Kapitels mit dem inhaltlichen Überblick und wichtigen Hinweisen zu den folgenden Kapiteln.....</i>	<i>107</i>
<i>Abbildung 55: Anzeige der Kapitelseite "Abdominale Arterien" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der Aorta abdominalis und ihrer Äste eingebaut .....</i>	<i>108</i>
<i>Abbildung 56: Anzeige der Kapitelseite "Abdominale Venen" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der Vena cava caudalis und ihrer Äste eingebaut.....</i>	<i>109</i>
<i>Abbildung 57: Anzeige der Kapitelseite "Portalvenen" im Hauptkapitel "Anatomie" auf einem mobilen Endgerät (iPad), hier wurde eine selbsterstellte Zeichnung der Vena portae und ihrer Äste eingebaut.....</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 58: Wichtige Hinweise am Seitenanfang des Unterkapitels "V. cava caudalis" werden mit einem mark-Element hervorgehoben .....</i>	<i>111</i>
<i>Abbildung 59: Abschnitt aus dem Unterkapitel "V. portae", welches neben den übrigen Punkten "Ursprung", "Verlauf" und "Äste", sowohl eine Auflistung von "Abstromgebieten" als auch ein "Versorgungsgebiet" enthält .....</i>	<i>112</i>
<i>Abbildung 60: B-Bild-Aufnahme des thematisierten Gefäßes im Unterkapitel "A. renalis" mit Beschriftung, in diesem Fall ist mit den doppelt angelegten Aa. renales auf der linken Seite zudem eine häufige Gefäßvariante dargestellt.....</i>	<i>113</i>
<i>Abbildung 61: Ausschnitt aus dem Punkt "Anatomische Varianten" des Unterkapitels "V. cava caudalis" mit platzsparender Aufzählung der zitierten Quellen als In-Text-Zitate, welche als weiterführende Literatur dienen können</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 62: Am Beispiel der Kapitel-Seite "Abdominale Venen" wird im letzten Aufzählungspunkt ein Hinweis zur Pulsation der Gefäße aufgeführt.....</i>	<i>117</i>
<i>Abbildung 63: Die ersten fünf Punkte des Grundgerüsts am Beispiel des Unterkapitels "A. celiaca", für manche Informationen wird auf vorangegangene (Unter-)Kapitel verwiesen.....</i>	<i>118</i>
<i>Abbildung 64: Der Punkt "Schallkopf &amp; Geräteeinstellungen" am Beispiel des Unterkapitels "V. cava caudalis".....</i>	<i>119</i>
<i>Abbildung 65: Die Punkte "Schnittführung" und "Beurteilung von" am Beispiel des Unterkapitels "Vv. hepaticae" .....</i>	<i>120</i>
<i>Abbildung 66: Die Punkte "Beurteilung von" und "Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit", sowie ein Ausschnitt des Punktes "Normalbefunde"</i>	

<i>am Beispiel des Unterkapitels "Aorta abdominalis" .....</i>	<i>121</i>
<i>Abbildung 67: Der Normalbefunde-Unterpunkt "Farbdoppler" am Beispiel des Unterkapitels "V. lienalis", der zweiten Aufnahme des gleichen Ultraschallbildes wurden als Hilfestellung Beschriftungen hinzugefügt .....</i>	<i>122</i>
<i>Abbildung 68: Ausschnitt des Normalbefunde-Unterpunktes "PW-Doppler" am Beispiel des Unterkapitels "V. portae" .....</i>	<i>123</i>
<i>Abbildung 69: Der Normalbefunde-Unterpunkt "PW-Doppler" am Beispiel des Unterkapitels "Aorta abdominalis" .....</i>	<i>124</i>
<i>Abbildung 70: Kontaktseite des Lernprogrammes mit dem Urheberrechtshinweis und Nennung des Rahmens für die Entstehung im Hauptteil, sowie Porträt und Namen der Autorin in der Seitenleiste .....</i>	<i>125</i>
<i>Abbildung 71: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 2 zum Interesse der Studierenden an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze .....</i>	<i>128</i>
<i>Abbildung 72: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 3 zu den Kenntnissen der Studierenden bezüglich der abdominalen Sonographie von Hund und Katze .....</i>	<i>129</i>
<i>Abbildung 73: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 8, ob die Medienkompetenz der Studierenden eine vollumfängliche Nutzung des Lernprogrammes erlaubt .....</i>	<i>130</i>
<i>Abbildung 74: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 19, dass die Studierenden das Lernprogramm ohne Einarbeitungsaufwand nutzen könnten. ....</i>	<i>133</i>
<i>Abbildung 75: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 37, ob sich die Studierenden für das Thema des Lernprogrammes interessieren .....</i>	<i>136</i>
<i>Abbildung 76: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 38, ob sich die Studierenden zu einer Nutzung des Lernprogrammes motiviert sehen .....</i>	<i>137</i>
<i>Abbildung 77: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 42, ob die Studierenden das Lernprogramm als ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern für sinnvoll halten .....</i>	<i>138</i>
<i>Abbildung 78: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 44, ob den Studierenden eindeutige Aufgaben und Ziele fehlen, um das Lernprogramm im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches zu nutzen .....</i>	<i>139</i>
<i>Abbildung 79: Gewählte Antwortmöglichkeiten bei Frage 45, ob die Studierenden es für sinnvoll halten ihnen das Lernprogramm über Moodle zur Verfügung zu stellen .....</i>	<i>140</i>
<i>Abbildung 80: Das Diagramm zeigt, dass der Großteil der Studierenden, welche</i>	

---

<i>ihr Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze als "eher groß" oder "groß" eingeschätzt hatten, einem Interesse am Thema des Lernprogrammes voll oder eher zustimmten.....</i>	<i>142</i>
<i>Abbildung 81: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, sich auch zu einer späteren Nutzung motiviert sahen.....</i>	<i>143</i>
<i>Abbildung 82: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, einer Vergleichbarkeit mit anderen Lehrmedien überwiegend zustimmten.....</i>	<i>144</i>
<i>Abbildung 83: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes eher oder voll zugestimmt hatten, dieses überwiegend für ein sinnvolles, ergänzendes Lehrmedium zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern hielten. ....</i>	<i>145</i>
<i>Abbildung 84: Das Diagramm zeigt, dass die Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, das Lernprogramm im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches auch überwiegend selbstständig nutzen würden.....</i>	<i>146</i>
<i>Abbildung 85: Das Diagramm zeigt, dass den Studierenden, welche einem Interesse am Thema des vorgestellten Lernprogrammes voll zugestimmt hatten, überwiegend keine eindeutigen Aufgaben und Ziele für die Nutzung des Lernprogrammes im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches fehlten. ....</i>	<i>147</i>



**X. TABELLENVERZEICHNIS**

*Tabelle 1: Deutschsprachige Lehrmedien in der Humanmedizin ..... 32*

*Tabelle 2: Deutsch- und englischsprachige Lehrmedien in der Tiermedizin ..... 37*



## **XI. ANHANG**

### **1. Anlage: Umfragebogen**

#### **Evaluation „Lernprogramm - abdominale Dopplersonographie bei Hund & Katze“**

Liebe Studierende,

der folgende Fragebogen dient der Beurteilung des im Rahmen meiner Dissertation erstellten Lernprogrammes. Zur Aufdeckung möglicher Stärken und Schwächen ist eine kurze Beurteilung durch Sie als vorgesehene Nutzerinnen und Nutzer daher von großem Wert.

Die Beantwortung der Fragen dauert ca. 15 Minuten.

Die erhobenen Daten werden anonymisiert behandelt und dienen ausschließlich der Evaluation des Lernprogrammes, ein Rückschluss auf Ihre Identität ist ausgeschlossen.

1. In welchem Fachsemester studieren Sie?

- 2.
- 4.
- 6.
- 8.
- 10.

2. Mein Interesse an der abdominalen Sonographie von Hund und Katze ist...

- Sehr gering
- Gering
- Eher gering
- Eher groß
- Groß
- Sehr groß

3. Meine Kenntnisse bezüglich der abdominalen Sonographie von Hund und Katze sind...
  - Sehr gering
  - Gering
  - Eher gering
  - Eher groß
  - Groß
  - Sehr groß
  
4. Haben Sie bereits das Wahlpflichtfach „Abdominale Ultraschalluntersuchung bei Hund und Katze, Vorlesungen, Demonstrationen und praktische Übungen“ belegt?
  - Ja
  - Nein
  
5. Konnten Sie bereits das Prof. Cordula Poulsen Nautrup Ultraschalllabor nutzen?
  - Ja
  - Nein
  
6. Ich habe uneingeschränkten Zugang zu einem Computer.
  - Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
  
7. Ich habe uneingeschränkten Zugang zum Internet.
  - Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu

- 
8. Meine Medienkompetenz würde eine vollumfängliche Nutzung des Lernprogrammes erlauben.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
9. Ich lerne gerne am Computer und sehe darin viele Vorteile.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
10. Lernen am Computer fällt mir schwer.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
11. Haben Sie im laufenden Semester neben den Online-Vorlesungen weitere online nutzbare Lehrmedien verwendet?
- Ja
  - Nein
12. Ortsunabhängigkeit beim Lernen ist mir wichtig.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu

13. Zeitunabhängigkeit beim Lernen ist mir wichtig.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

14. Multimedialität (z.B. Bilder, Videos, etc.) bei einem Lehrmedium ist mir wichtig.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

15. Interaktivität (z.B. in Form von bearbeitbaren Aufgaben) bei einem Lehrmedium ist mir wichtig.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

16. Lernerfolgskontrollen bei einem Lehrmedium sind mir wichtig.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

17. Kommunikationsmöglichkeiten mit einem Lehrenden bei einem Lehrmedium sind mir wichtig.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

18. Welche Lehrmedien nutzen Sie zur Wissensaneignung für Ihr Studium?

(Mehrfachauswahl möglich)

- Besuch von (Online-)Vorlesungen
- Vorlesungsunterlagen des Lehrenden
- Wahlpflichtfächer
- E-Learning-Angebote (z.B. Lernprogramm, CASUS-Fälle, virtuelle Mikroskopie, etc.)
- Lehrbücher
- Vorgefertigte Skripte (z.B. von Mitstudierenden, Skriptenverein)
- Selbstangefertigte Skripte
- Internetrecherche
- Lerngruppen / Studentische Arbeitsgruppen
- Andere Lehrmedien ....

19. Ich könnte das vorgestellte Lernprogramm ohne Einarbeitungsaufwand nutzen.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

20. Die Bedienung des Lernprogrammes erscheint einfach.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

21. Mir wäre bei der Nutzung des Lernprogrammes an jeder Stelle klar, auf welcher Seite ich mich befinde.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

22. Ich finde die Navigationsstruktur klar und einfach zu verstehen.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

23. Das Navigationsdesign ist einheitlich.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

24. Links (z.B. im Text) sind eindeutig gekennzeichnet.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

25. Die Bildschirmaufteilung hätte mehr zugunsten des Inhalts ausfallen sollen.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

26. Mediale Elemente (z.B. Grafiken, Bilder, Videos) wurden im Lernprogramm sinnvoll eingesetzt, um Inhalte zu verdeutlichen.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

27. Das Lernprogramm wurde mit medialen Elementen nur „aufgehübscht“.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

28. Das Design des Lernprogrammes ist ansprechend und zeitgemäß.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

29. Das Design des Lernprogrammes ist unprofessionell und unpassend für die Zielgruppe (Studierende der Tiermedizin, Tierärzte).

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

30. Das Farbdesign lenkt vom Inhalt des Lernprogrammes ab.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

31. Texte im Lernprogramm wurden lesefreundlich gestaltet.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

32. Mir gefällt die gewählte Schriftart nicht.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

33. Die Lesbarkeit der Texte wurde durch fehlenden Kontrast und eine ungünstige Farbgebung erschwert.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

34. Die Lesbarkeit der Texte wurde durch die gewählte Schriftgröße erschwert.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

35. Das Lernprogramm ist aus überschaubaren Abschnitten aufgebaut und die Inhalte sind klar gegliedert.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

36. Das Lernprogramm enthält Hinweise zu weiterführender Literatur.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

37. Ich interessiere mich für das Thema des vorgestellten Lernprogrammes.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

38. Das vorgestellte Lernprogramm konnte mich zu einer späteren Nutzung motivieren.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

39. Mir fehlen Anreizsysteme, wie Übungsaufgaben und Lernerfolgskontrollen, um mich zu einer späteren Nutzung zu motivieren.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Teils / teils
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

40. Mir fehlen Kommunikationsmöglichkeiten mit Lehrenden.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
41. Der Nutzen des vorgestellten Lernprogrammes ist vergleichbar mit anderen Lehrmedien.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
42. Das Lernprogramm, als ergänzendes Lehrmedium mit weiterführenden Informationen zu den Ultraschall-Wahlpflichtfächern, halte ich für sinnvoll.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
43. Ich würde das Lernprogramm im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches selbstständig nutzen, um mich intensiver mit den Inhalten auseinanderzusetzen.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu

44. Mir fehlen eindeutige Aufgaben und Ziele für die Nutzung des vorgestellten Lernprogrammes im Rahmen eines Ultraschall-Wahlpflichtfaches.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
45. Das Lernprogramm den Studierenden über Moodle zur Verfügung zu stellen, halte ich für sinnvoll.
- Trifft gar nicht zu
  - Trifft eher nicht zu
  - Teils / teils
  - Trifft eher zu
  - Trifft voll zu
46. Gibt es von Ihrer Seite noch Anregungen und / oder Kommentare?  
(Möglichkeit zur Freitext-Eingabe)

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

## 2. Anlage: Zugang zum Lernprogramm

Das der Dissertation zugrundeliegende Lernprogramm kann auf zwei verschiedene Weisen aufgerufen werden.

### 2.1. Zugang über den Link mit folgender URL

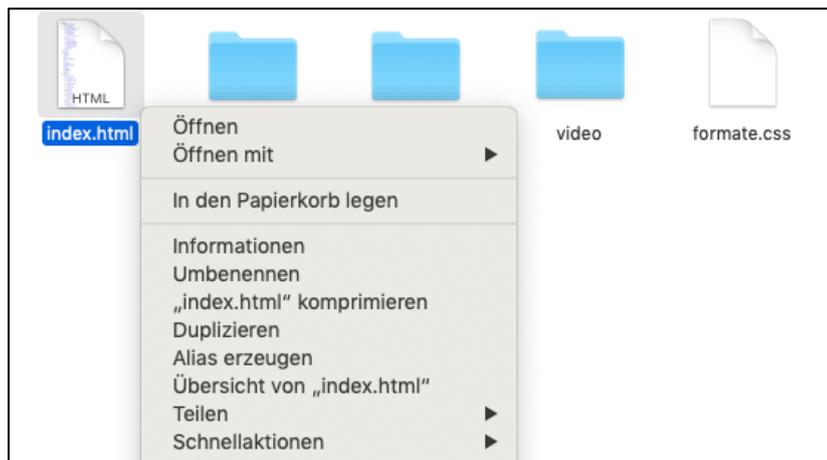
<https://www.zoomify.vetmed.lmu.de/dopplerlernprogramm>

### 2.2. Zugang über die der Dissertation beiliegende DVD

Beim Öffnen der DVD „Dopplerlernprogramm\_Dissertation\_Schroth\_2022“ zeigt sich zunächst folgende Ordnerstruktur:



Wählen Sie die Datei „index.html“ aus und öffnen Sie mit der rechten Maustaste das Kontextmenü, welches z.B. wie folgt aussehen kann:



Über den Punkt „Öffnen mit“ können Sie nun einen Browser zum Öffnen des Lernprogrammes auswählen. Empfohlen werden hierfür die Browser Apple Safari, Google Chrome, Microsoft Edge, Mozilla Firefox oder Opera.



## **XII. DANKSAGUNG**

Zunächst möchte ich mich herzlich bei meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. Cordula Poulsen-Nautrup für die vertrauensvolle Überlassung meines Dissertationsthemas und ihre persönliche Förderung zu Beginn meines Dissertationsvorhabens bedanken. Ihr unerwarteter Tod hinterließ eine große Lücke und an dieser Stelle möchte ich ihr gedenken.

Ein ganz besonderer Dank gilt auch meinem Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. Sven Reese für die spontane Übernahme und Betreuung meiner Dissertation. Bedanken möchte ich mich insbesondere für die entgegengebrachte Zuversicht und das Vertrauen, sowie die kompetente fachliche Unterstützung.

Herzlich bedanken möchte ich mich außerdem bei meiner Betreuerin Frau Dr. Stefanie Weber und Ihrer Kollegin Frau Dr. Elisabeth Zandt, sowie Ihrer ehemaligen Kollegin Frau Dr. Inga Wölfel, für ihren Einsatz. Frau Dr. Stefanie Weber danke ich besonders für die persönliche Betreuung, sowie ihre freundschaftlichen Ratschläge und die stetigen Ermutigungen.

Ich bedanke mich zudem bei der Firma Esaote Biomedica Deutschland GmbH und insbesondere bei Frau Stefanie Pflieger für die Bereitstellung des Ultraschallsystems MyLab™9VET inklusive mehrerer Sonden und die individuelle, fachliche Beratung und Unterstützung.

Mein ganz persönlicher Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden, die mir den nötigen Halt gaben, um dieses Ziel zu erreichen. Besonders meinen Eltern danke ich für ihren grenzenlosen Rückhalt und die finanzielle Stütze, um meine Träume von Studium und Dissertation umsetzen zu können. Meinen Geschwistern und Großeltern danke ich für die vielen aufmunternden Worte und ihren bedingungslosen Glauben an mich. Meinem Freund danke ich für seine endlose Geduld und den unermüdlichen Beistand in allen Belangen. Und meinen Freunden danke ich fürs Zuhören und die Ablenkung, wann immer eine Pause mehr als nötig wurde.

Abschließend möchte ich mich darüber hinaus bei all denjenigen bedanken, die hier nicht namentlich aufgeführt wurden und trotzdem dazu beigetragen haben, diesen Traum wahr werden zu lassen. Vielen Dank!