

**Erstellung eines multimedialen Lernprogramms  
über die Grundlagen  
der EKG-Aufzeichnung und Auswertung  
bei Hund und Katze**

von

Fiona Sarah Weigel-Ossiander

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

**Erstellung eines multimedialen Lernprogramms  
über die Grundlagen  
der EKG-Aufzeichnung und Auswertung  
bei Hund und Katze**

von Fiona Sarah Weigel-Ossiander  
aus Gassin

München 2016

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

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:  
Univ.-Prof. Dr. Cordula Poulsen Nautrup

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Cordula Poulsen Nautrup

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Tag der Promotion: 06. Februar 2016

*Meinem Ehemann*

*und*

*meinen Eltern*

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>Vorhandene multimediale Lehrmedien zum Thema</b>	
	<b>Elektrokardiographie .....</b>	<b>2</b>
1.1.	Veterinärmedizinische multimediale Lehrmedien .....	2
1.1.1.	Online-Tutorials .....	2
1.1.2.	E-Learning-Module .....	6
1.2.	Humanmedizinische multimediale Lehrmedien .....	9
1.2.1.	Lernprogramme auf CD-Rom .....	10
1.2.2.	Online-Tutorials .....	12
1.2.3.	EKG-Apps .....	15
<b>2.</b>	<b>Multimedia .....</b>	<b>25</b>
2.1.	Definitionen .....	25
2.2.	Multimediales Lernen .....	26
2.3.	Bedeutung von multimedialem Lernen in der Aus- und Weiterbildung .....	26
<b>3.</b>	<b>Anforderungen an ein Lernprogramm .....</b>	<b>29</b>
3.1.	Ergonomie .....	29
3.1.1.	Layout .....	29
3.1.2.	Farbgestaltung .....	33
3.1.3.	Text und Typographie .....	36
3.1.4.	Bilder und Grafiken .....	37
3.1.5.	Animationen .....	39
3.1.6.	Usability .....	40
3.1.7.	Navigation und Orientierung .....	41
3.1.8.	Performance .....	43
3.2.	Didaktik .....	45
3.2.1.	Lernziele und Zielgruppenorientierung .....	47
3.2.2.	Inhaltliche Aufbereitung .....	48
3.2.3.	Erfolgskontrollen .....	51
<b>III.</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>52</b>

<b>1.</b>	<b>Tiere .....</b>	<b>52</b>
<b>2.</b>	<b>Lehrmedien als Grundlage für die Erstellung des Lernprogramms EKG Basics .....</b>	<b>53</b>
2.1.	Veterinärmedizinische Lehrmedien .....	53
2.2.	Humanmedizinische Lehrmedien .....	55
<b>3.</b>	<b>Technisches Equipment.....</b>	<b>56</b>
3.1.	EKG-Aufnahmegeräte.....	56
3.2.	EKG-Elektroden .....	57
3.3.	Verbandsmaterial.....	58
3.4.	Hardware .....	58
3.5.	Software.....	59
3.6.	Datenmanagement.....	59
<b>4.</b>	<b>Elektrokardiogramme (EKGs).....</b>	<b>60</b>
4.1.	Original-EKGs .....	60
4.1.1.	Vorbereitungen und EKG-Aufzeichnungen .....	60
4.1.1.1.	Ruhe-EKG.....	60
4.1.1.2.	Langzeit-EKG.....	63
4.1.1.3.	Belastungs-EKG.....	67
4.1.2.	Nachbearbeitung ausgewählter Original-EKGs.....	68
4.2.	Schematische EKGs .....	71
4.2.1.	Auswahl .....	71
4.2.2.	Erstellung .....	71
<b>5.</b>	<b>Sonstige bildliche und filmische Darstellungen.....</b>	<b>74</b>
<b>6.</b>	<b>Layout und Drehbuch .....</b>	<b>76</b>
<b>7.</b>	<b>Programmierung .....</b>	<b>77</b>
<b>IV.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>78</b>
<b>1.</b>	<b>EKG Basics – ein multimediales Lernprogramm .....</b>	<b>78</b>
<b>2.</b>	<b>Inhaltliche Gliederung des Programms .....</b>	<b>79</b>
<b>3.</b>	<b>Realisierung ergonomischer Anforderungen.....</b>	<b>82</b>
3.1.	Layout .....	82
3.1.1.	Hauptseiten.....	82
3.1.2.	Vergrößerungsseiten.....	91

3.2.	Navigation und Orientierung .....	95
<b>4.</b>	<b>Realisierung didaktischer Anforderungen.....</b>	<b>107</b>
4.1.	Lernziel und Zielgruppenorientierung.....	107
4.2.	Inhaltliche Aufbereitung.....	107
4.3.	Erfolgskontrollen .....	109
<b>5.</b>	<b>Systemvoraussetzungen .....</b>	<b>110</b>
<b>V.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>111</b>
<b>1.</b>	<b>Vorteile eines multimedialen Lernprogramms .....</b>	<b>111</b>
<b>2.</b>	<b>Vergleich zu anderen multimedialen Lehrmedien.....</b>	<b>114</b>
2.1.	Vergleich des Inhalts.....	114
2.2.	Gestaltung der EKGs .....	118
2.3.	Realisierung ergonomischer Anforderungen.....	120
2.4.	Realisierung didaktischer Anforderungen .....	122
<b>VI.</b>	<b>AUSBLICK .....</b>	<b>125</b>
<b>VII.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>127</b>
<b>VIII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>129</b>
<b>IX.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>131</b>
<b>X.</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>143</b>

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AG	Aktiengesellschaft
AVI	Audio Video Interleaved
BMP	Windows Bitmap
bzw.	beziehungsweise
Ca.	Circa
CD-ROM	Compact Disc-Read Only Memory
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPI	Dots Per Inch
DVD	Digital Versatile Disc
EKG	Elektrokardiogramm
EN	Europäische Norm
ff.	Folgende
FLV	Flash Video Format
GB	Gigabyte
GIF	Graphics Interchange Format
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HTML	Hypertext Markup Language
ICR	Intercostalraum
ISO	International Organization for Standardization
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	liquid crystal display
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
Max.	Maximal
MB	Megabyte
MOD	Magnetic Optical Disc
mm	Millimeter
mm <sup>2</sup>	Quadratmillimeter
MPEG	Moving Pictures Experts Group
PC	Personal Computer
PNG	Portable Network Graphic
Pt	point

## Abkürzungsverzeichnis

RAM	Random Access Memory
RAW	Raw Image Format
s	Sekunde
S.	Seite
SD-Card	Secure Digital Card
u. a.	unter anderem
USB	Universal Serial Bus
v. a.	vor allem
WWW	World Wide Web
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

<b>Abbildung 1:</b> Gestaltungsraster mit der Drittel-Regel erstellt.....	30
<b>Abbildung 2:</b> Beispiele für mögliche Seitenunterteilungen von Webseiten .....	31
<b>Abbildung 3:</b> Bildelemente an wenigen Fluchtlinien ausgerichtet	31
<b>Abbildung 4:</b> Gestaltungsregeln für Programmierer von RIEKERT (2007), mit freundlicher Genehmigung von Seibert/Media GmbH .....	32
<b>Abbildung 5:</b> Elektrodenlage für Gliedmaßen- und Brustwandableitungen nach internationalem Standard.....	61
<b>Abbildung 6:</b> Korrekte Lagerung und Elektrodenapplikation für die Gliedmaßenableitungen beim Ruhe-EKG .....	61
<b>Abbildung 7:</b> Korrekte Lagerung und Elektrodenapplikation für die Gliedmaßen- und Brustwandableitungen beim Ruhe-EKG .....	62
<b>Abbildung 8:</b> Klebeelektroden .....	63
<b>Abbildung 9:</b> Anbringung der drei Elektroden vom Lifecard CF®.....	64
<b>Abbildung 10:</b> Anbringung der vier Elektroden vom Televet 100 .....	65
<b>Abbildung 11:</b> Fixierung der Klebeelektroden mit Fixomull® stretch.....	65
<b>Abbildung 12:</b> Fixierung der Klebeelektroden mit Leukoplast®.....	66
<b>Abbildung 13:</b> Befestigung mit elastischen Fixierbinden .....	66
<b>Abbildung 14:</b> Rosa Hintergrund für die Ruhe-EKGs .....	69
<b>Abbildung 15:</b> Lila Hintergrund für die digitalen Langzeit- und Belastungs- EKGs.....	69
<b>Abbildung 16:</b> Beispiel einer eingescannten EKG-Vorlage .....	72
<b>Abbildung 17:</b> Beispiel einer mit einem Freihandstift nachgezeichneten EKG-Kurve .....	72
<b>Abbildung 18:</b> Hintergrund für die schematischen EKGs .....	73
<b>Abbildung 19:</b> Beispiel für ein fertiges schematisches EKG.....	73
<b>Abbildung 20:</b> Seitenprototyp.....	82

<b>Abbildung 21:</b> Layoutgestaltung einer Hauptseite .....	83
<b>Abbildung 22:</b> Seitentyp (a) der Hauptseite als reine Textseite.....	85
<b>Abbildung 23:</b> Seitentyp (b) der Hauptseite mit einem Bild .....	85
<b>Abbildung 24:</b> Seitentyp (b) der Hauptseite mit einem Video .....	86
<b>Abbildung 25:</b> Seitentyp (c) der Hauptseite mit zwei Bildern.....	86
<b>Abbildung 26:</b> Seitentyp (d) der Hauptseite mit drei Bildern.....	87
<b>Abbildung 27:</b> Seitentyp (e) der Hauptseite mit drei Bildern und einem Video .....	87
<b>Abbildung 28:</b> Seitentyp (f) der Hauptseite mit einem schematischen EKG .....	88
<b>Abbildung 29:</b> Seitentyp (g) der Hauptseite mit zwei schematischen EKGs .....	88
<b>Abbildung 30:</b> Seitentyp (h) der Hauptseite mit einem Original-EKG.....	89
<b>Abbildung 31:</b> Seitentyp (i) der Hauptseite im Kapitel Anhang mit dem Index .....	89
<b>Abbildung 32:</b> Layoutgestaltung einer Vergrößerungsseite .....	91
<b>Abbildung 33:</b> Seitentyp (j) einer Vergrößerungsseite mit einem Bild oder einem Video .....	92
<b>Abbildung 34:</b> Seitentyp (k) einer Vergrößerungsseite mit einem Original- EKG.....	93
<b>Abbildung 35:</b> Seitentyp (i) einer Vergrößerungsseite mit einem schematischen EKG .....	93
<b>Abbildung 36:</b> Seitentyp (l) einer Vergrößerungsseite mit zwei schematischen EKGs .....	94
<b>Abbildung 37:</b> Beispiel einer Hauptseite .....	95
<b>Abbildung 38:</b> Logo von EKG Basics, gleichzeitig Link zur Startseite ....	96
<b>Abbildung 39:</b> Anzeige von Hund und Katze.....	96
<b>Abbildung 40:</b> Hauptnavigationsleiste .....	97
<b>Abbildung 41:</b> Beispiel des Submenüs.....	97

<b>Abbildung 42:</b> Button: Seite vor.....	98
<b>Abbildung 43:</b> Button: Seite zurück.....	98
<b>Abbildung 44:</b> Mouse-over Effekt bei Seite vor und Seite zurück.....	98
<b>Abbildung 45:</b> Button: „weiterlesen“ .....	98
<b>Abbildung 46:</b> Button: „Backtrack Button“, zurück auf die zuvor angesehene Seite (Chronik) mit Mouse-over Effekt.....	99
<b>Abbildung 47:</b> Icon: Lupe .....	99
<b>Abbildung 48:</b> Icon: Filmrolle.....	99
<b>Abbildung 49:</b> Steuerungsleiste bei den Videos.....	100
<b>Abbildung 50:</b> Seitenanzeige .....	100
<b>Abbildung 51:</b> Button: Exit, Programm beenden .....	100
<b>Abbildung 52:</b> Beispiel einer Vergrößerungsseite .....	101
<b>Abbildung 53:</b> Anzeige von Hund oder / und Katze auf der Vergrößerungsseite.....	101
<b>Abbildung 54:</b> Button: Fenster schließen .....	102
<b>Abbildung 55:</b> Button: Drucken dieser Seite.....	102
<b>Abbildung 56:</b> Button: Legende einschalten und Legende ausschalten	102
<b>Abbildung 57:</b> Original-EKG, Legende ausgeschaltet.....	103
<b>Abbildung 58:</b> Original-EKG wie in Abb. 57, Legende eingeschaltet....	103
<b>Abbildung 59:</b> Automatische Zoomfunktion bei einem Bild .....	104
<b>Abbildung 60:</b> Automatische Zoomfunktion bei einem Original-EKG ...	104
<b>Abbildung 61:</b> Verlinkungen im Text .....	105
<b>Abbildung 62:</b> „Erläuterungsseite“.....	106
<b>Abbildung 63:</b> Beispiel einer Hauptseite mit begrenztem Textangebot	108

**TABELLENVERZEICHNIS**

<b>Tabelle 1:</b> Übersicht: Online-Tutorials zum Thema EKG in der Veterinärmedizin .....	2
<b>Tabelle 2:</b> Übersicht: E-Learning-Module zum Thema EKG in der Veterinärmedizin .....	6
<b>Tabelle 3:</b> Übersicht: Lernprogramme auf CD- oder DVD-Rom zum Thema EKG in der Humanmedizin.....	10
<b>Tabelle 4:</b> Übersicht: Online Tutorials zum Thema EKG in der Humanmedizin .....	12
<b>Tabelle 5:</b> Übersicht: Apps zum Thema EKG in der Humanmedizin.....	15
<b>Tabelle 6:</b> Übersicht der verwendeten veterinärmedizinischen Lehrmedien .....	54
<b>Tabelle 7:</b> Übersicht der verwendeten humanmedizinischen Lehrmedien .....	55
<b>Tabelle 8:</b> Hauptseitentypen .....	84
<b>Tabelle 9:</b> Vergrößerungstypentypen .....	92

## I. EINLEITUNG

Die Elektrokardiographie ist ein wesentlicher Teil der kardialen Untersuchung eines Patienten. Für die Diagnostik von Rhythmusstörungen ist sie das Mittel der Wahl. Zwar können die Auskultation des Herzens oder die echokardiographische Untersuchung erste Hinweise auf eine Arrhythmie geben, doch zur genauen Überprüfung ist immer ein Elektrokardiogramm (EKG) notwendig. Zudem ist die Elektrokardiographie nicht invasiv, schnell durchführbar und mit geringen Kosten verbunden, so dass sie in keiner Tierarztpraxis fehlen sollte. Von großer Wichtigkeit ist also das korrekte Erstellen, schnelle Auswerten und sichere Interpretieren von EKGs.

Im Studium der Veterinärmedizin werden die Grundlagen der Elektrokardiographie gelehrt, doch reichen meistens die wenigen Vorlesungen, Seminare und/oder Übungen nicht aus, um den Studierenden das komplexe Thema ausreichend zu vermitteln. Es besteht also Bedarf an effektiven Bildungsangeboten im Bereich Elektrokardiographie, die auf moderne und leichte Weise das komplexe Thema erklären.

Ziel dieser Doktorarbeit war es, ein zeitgemäßes Lehrmedium anzufertigen, das sowohl Studenten/innen der Tiermedizin als auch approbierten Tierärzten/innen die Grundlagen der Elektrokardiographie, besonders die Erstellung und Auswertung von EKGs bei Hund und Katze näher bringt. Dabei werden sowohl die physikalischen und technischen Grundlagen als auch einfache bis hoch komplexe EKG-Befunde ausführlich behandelt.

Die Anfertigung der Lernsoftware erfolgte unter besonderer Berücksichtigung von ergonomischen und didaktischen Gesichtspunkten und unter Einsatz verschiedener Medien wie Text, Fotos, Slideshows, Animationen und Videos.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1. Vorhandene multimediale Lehrmedien zum Thema Elektrokardiographie

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene multimediale Lehrmedien zum Thema Elektrokardiographie kurz vorgestellt. Hierbei wird sowohl zwischen veterinär- und humanmedizinischen Lehrmedien als auch zwischen den unterschiedlichen Medienformen, wie Lernprogramme auf CD/DVD-Rom, Online-Tutorials, E-Learning-Module und Apps unterschieden.

#### 1.1. Veterinärmedizinische multimediale Lehrmedien

In der Veterinärmedizin sind multimediale Lehrmedien zum Thema Elektrokardiographie in der heutigen Zeit immer noch selten. Lernprogramme in CD/DVD-Form oder Apps sind zum jetzigen Zeitpunkt auf dem Markt nicht erhältlich. Eine Übersicht über vorhandene Online-Tutorials und E-Learning-Module im Internet ist im Folgenden aufgeführt.

##### 1.1.1. Online-Tutorials

Autor, Erscheinungsjahr	Titel	Medienform	Öffentlich zugänglich	Link
O'GRADY, M. R. und O'SULLIVAN (2015)	Clinical Cardiology Concepts for the dog and cat	EKG Online-Tutorial	ja	<a href="http://www.vetgo.com/cardio/concepts/concindx.php">http://www.vetgo.com/cardio/concepts/concindx.php</a>
KLEIN, L. V. (2015)	Small Animal Cardiology - ECG Tutorial	EKG Online-Tutorial	ja	<a href="http://research.vet.upenn.edu/ECGTutorial/tabid/4930/Default.aspx">http://research.vet.upenn.edu/ECGTutorial/tabid/4930/Default.aspx</a>
WESS, G. (2015)	Einführung in die EKG-Diagnostik	EKG Online-Tutorial	ja	<a href="http://www.tierkardiologie.lmu.de/pta/ekg_uebersicht.html">http://www.tierkardiologie.lmu.de/pta/ekg_uebersicht.html</a>

**Tabelle 1:** Übersicht: Online-Tutorials zum Thema EKG in der Veterinärmedizin

Auf der englischen Website "**Clinical Cardiology Concepts for the dog and cat**" von O'GRADY und O`SULLIVAN (2015) befindet sich unter anderem ein Kapitel über Elektrokardiographie. Auf einer Seite, die runtergescrollt werden muss, werden Informationen zu dieser Thematik in Form von 40 Fragen und Antworten aufgeführt. Dabei wird zuerst eine Frage formuliert und direkt darunter die Antwort geschrieben. Die Antworten sind meistens kurz und kompakt. Die Fragen sind gegliedert in Allgemein, Vorhof- und Kammervergrößerung, Normale EKG-Parameter, Arrhythmien, Bradykardien, Tachykardien und Sonstiges. Das Layout ist variabel und es gibt keine grundlegende Strukturierung. Die Bilder und Original-EKGs werden in unterschiedlichen Größen gezeigt. Die Original-EKGs sind nicht bearbeitet worden und haben schwarze EKG-Kurven auf grauen Hintergründen, trotzdem ist die Qualität und Erkennbarkeit gut. Sie können nicht vergrößert werden. Bei manchen EKGs wird eine Legende sichtbar, sobald die Maus über das EKG fährt.

Auf der Website wird daraufhin gewiesen, dass seit September 2014 die Homepage in Bearbeitung ist und eine neue Version erscheinen soll.

**Fazit:** Die Website ist eine Zusammenstellung von Informationen zur Interpretation von EKGs bei Hund und Katze im Frage- und Antwortstil. Der Umfang ist begrenzt und ersetzt kein Lehrbuch. Diese Website kann als zusätzliche Informationsquelle über die Thematik genutzt werden.

Das „**ECG-Tutorial**“ von KLEIN (2015) in englischer Sprache ist eins von mehreren Tutorials der School of Veterinary Medicine at the University of Pennsylvania. Es ist in sechs Kapitel (Normale EKGs, EKG Referenzwerte, Bestimmung der Herzfrequenz, abnormale EKGs, EKG-Ableitungen, Elektrische Herzachse) gegliedert, Die Grundlagen werden auf acht Seiten kurz angerissen. Die Messung der elektrischen Herzachse ist ausführlicher und interaktiv gestaltet worden. 13 abnormale EKGs werden mit kurzen Beschreibungen dargestellt. Die Original-EKGs sind nicht bearbeitet worden und haben unterschiedliche Größen wie auch Hintergründe und EKG-Kurven. Teilweise sind sie nicht gut zu erkennen. Es besteht keine Möglichkeit, sie zu vergrößern und es fehlen größtenteils

Legenden. Es sind keine Videos oder Animationen vorhanden.

**Fazit:** Dieses Tutorial gibt eine knappe Übersicht über die Elektrokardiographie bei Hund und Katze. Der Inhalt ist stark reduziert und die Themen werden nur kurz abgehandelt. Bis auf die Messung der Herzfrequenz und die Herzachse werden keine weiteren Auswertungsmethoden erklärt.

Auf der offiziellen Website der Abteilung für Tierkardiologie der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München von WESS (2015) wird das EKG-Seminar „**Einführung in die EKG-Diagnostik**“ angeboten. Es richtet sich sowohl an Studierende der Tiermedizin, als auch an approbierte Tierärztinnen/Tierärzte. Das Seminar besteht aus einem Grundlagenteil, einem Quiz und einem speziellen EKG-Teil mit einer Übersicht über verschiedene EKG- Diagnosen.

Die wichtigsten Grundlagen werden ausführlich und verständlich dargestellt. Zuerst gibt es eine Einführung in die EKG-Ableitungen und die Erregungsbildung. Dann wird systematisch die Interpretation eines EKGs erklärt. Der erste Punkt behandelt die Bestimmung der Herzfrequenz inkl. der Eichung des Gerätes. Die Rhythmusdiagnostik beinhaltet Erläuterungen zum normalen Sinusrhythmus, zur Sinustachykardie, -bradykardie, -arrhythmie und zum Wandernden Schrittmacher. Als nächstes geht es um die Bestimmung der Herzachse und um die Morphologie. Die letzten beiden Punkte behandeln die Extrasystolen und die Rhythmusstörungen im Sinne der AV-Blockierung. Es wird empfohlen, nach dieser Einführung das EKG-Quiz zu bearbeiten. Das Quiz enthält acht wechselnde EKG-Fälle, die regelmäßig ausgetauscht und aktualisiert werden.

Das Layout ist einheitlich. Der Hintergrund ist weiß und der Text dunkelblau bis schwarz. Die Überschriften sind in Gelb auf blauem Hintergrund gehalten. Die Seiten müssen vom Benutzer gescrollt werden. Die Navigation findet hauptsächlich über das Dropout-Menü am oberen Rand der Seite statt. Meistens hat der Benutzer die Möglichkeit, am Schluss der Seite direkt zum nächsten Kapitel zu springen. Zurück geht

nur über das Dropout-Menü oder den Browser Zurück-Button.

Im EKG-Seminar selber sind wenige Original-EKGs zu finden, nur für die Erklärung der verschiedenen Messmethoden der Herzfrequenz und der Herzachse werden kurze Abschnitte von Original-EKGs benutzt. Das Layout der Original-EKGs ist unterschiedlich, doch alle zeigen schwarze EKG-Kurven auf grauem Hintergrund. Supraventrikuläre und ventrikuläre Extrasystolen und AV-Blockierungen werden mit Hilfe von schwarzen gezeichneten EKG-Kurven auf weißem Hintergrund erklärt. Die speziellen Sachverhalte im EKG werden durch rote Markierungen verdeutlicht.

Im EKG-Quiz werden ganze Original-EKGs mit den zur Beurteilung nötigen Ableitungen gezeigt. Diese Original-EKG-Kurven wurden auf einen einheitlichen rosa Hintergrund gesetzt, aber nicht vektorisiert oder bearbeitet. Es besteht keine Möglichkeit des Zoomens. Zum Schutz vor unerlaubtem Kopieren der EKGs, verschwindet das EKG, sobald der Mauszeiger über das EKG fährt.

Die EKGs, die in der Übersicht der Diagnosen gezeigt werden, sind anders konzipiert. Es sind schematische blaue Kurven auf weißem Hintergrund, die als Video durchlaufen, aber durch den Mauszeiger gestoppt werden können. Weder die EKGs im Quiz noch die EKGs in den Diagnosen besitzen Legenden.

Die Website enthält Bilder, die teilweise nur eine geringe Auflösung haben. Die Darstellung vom Herzkreislauf und der Erregungsleitung erfolgt mit Hilfe von einer grafischen Animation, die von Prof. Dr. Don Blumenthal „Associate Professor“ und „Assistant Dean for Assessment“ des „Pharmacology and Toxicology College of University of Utah, USA“ erstellt worden ist. Die Website beinhaltet ein paar Verlinkungsfehler z.B. beim Quiz, so dass der Benutzer nicht immer zu allen Fragen gelangen kann.

**Fazit:** Auf dieser Website wird mit einfachen und kurzen Erklärungen die Auswertung eines EKGs von Hunden und Katzen präsentiert. Die wichtigsten Grundlagen zur Beurteilung von EKGs werden genannt. Mithilfe des EKG-Quiz kann der Lernende gleich sein Wissen überprüfen und bei speziellen Fragestellungen in den EKG-Diagnosen nachschauen.

Die Website bietet besonders Anfängern eine Hilfestellung beim Erlernen der EKG-Auswertung. Der Umfang ist zum Teil bewusst reduziert worden wie zum Beispiel in der Morphologiebeurteilung. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Interpretation von Arrhythmien. Daher ist es notwendig, für weitere ausführlichere Informationen noch andere Lehrmedien über EKG bei Hund und Katze zu Rate zu ziehen.

### 1.1.2. E-Learning-Module

Autor, Erscheinungsjahr	Medienform	Öffentlich zugänglich	Link
KOVACEVIC, A. (2015)	E-Learning-Modul	ja	<a href="http://e-learning.berlinerfortbildungen.de/kurse/ekg-grundlagen">http://e-learning.berlinerfortbildungen.de/kurse/ekg-grundlagen</a>
SIEGLING-VLITAKIS, C. und KOHN, B. (2006)	E-Learning-Modul	nein	<a href="http://www.cedis.fu-berlin.de/e-learning/foerderprogramm/projekte/fb_vet/06-31-EKG.html">http://www.cedis.fu-berlin.de/e-learning/foerderprogramm/projekte/fb_vet/06-31-EKG.html</a>

**Tabelle 2:** Übersicht: E-Learning-Module zum Thema EKG in der Veterinärmedizin

Der E-Learning Kurs „**EKG Grundlagen - Einführung in Physiologie und Diagnostik**“ von KOVACEVIC (2015) wird von dem Unternehmen Berliner Fortbildungen als sechswöchiger Kurs im Zeitraum vom 21. April 2014 bis 20. April 2015 für Studenten, Doktoranden und Tierärzte angeboten. Die Online-Version wurde von Dr. Maria Reiche und die Grafiken von Claudia Pintat erstellt. Nach durchgearbeitetem Kurs und anschließendem bestandenem Quiz erhält der Kursteilnehmer drei ATF Stunden anerkannt. Ziel des Kurses ist es, dem Teilnehmer die physiologischen Grundlagen, die Auswertung eines EKGs inkl. Artefakt- und Fehlererkennung und die häufigsten pathologischen Abweichungen näher zu bringen. Es werden Formveränderungen des P-QRS-Komplexes, supraventrikuläre und ventrikuläre Arrhythmien und verschiedene Blockierungen erklärt. An Quizfragen und EKG-Fallbeispielen von klinischen Fällen kann der Teilnehmer sein Erlerntes üben.

Das Layout ist konsistent aufgebaut mit weißem Hintergrund, schwarzer Schrift und einem Rahmen in gedämpften Grüntönen. Die Navigation ist auf der linken Seite die ganze Zeit verfügbar. Der Kurs ist linear aufgebaut und muss vom Benutzer nacheinander durchgearbeitet werden. Es gibt die Möglichkeit einen Sprecher, der den Inhalt vorliest, anzuwählen.

Die EKGs sind nicht bearbeitete Original-EKGs von guter Qualität. Teilweise haben sie einen rosa oder grauen Hintergrund. Die Abschnitte sind relativ kurz, zeigen aber das Wesentliche. Bei der Auswertung von den Quizfragen werden physiologische oder pathologische Veränderungen im EKG mit Hilfe einer Legende hervorgehoben. Das multimediale Angebot ist gering gehalten.

**Fazit:** Dieser Kurs bringt die Grundlagen der Elektrokardiographie und die Auswertung von EKGs bei Hund und Katze näher. Mit Hilfe von vielen Quizfragen und Fallbeispielen kann das Erlernte immer wieder überprüft werden. Nach bestandenem Quiz am Schluss erhält der Kursteilnehmer oder die Kursteilnehmerin drei ATF Stunden. Es ist der einzige Kurs, der in dieser Form im Internet zu diesem Zeitpunkt angeboten wird. Der Kurs ist nach ergonomischen und didaktischen Aspekten aufgearbeitet worden.

Das E-Learning Modul „**EKG-Auswertung bei Hund und Katze**“ von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) wird von dem Institut der Veterinär-Psychologie der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin für dort Studierende der Veterinärmedizin über das Intranet zur Verfügung gestellt. Es ist eine Ergänzung zu den Vorlesungen und Praktikaeinheiten und erläutert die Grundprinzipien des physiologischen EKGs sowie deren Auswertung theoretisch und praktisch.

Zusätzlich können pathologische EKGs von Hunden und Katzen nach erlerntem Schema ausgewertet werden. Den Studierenden werden anhand von Lernkontrollen und einem Quiz die Möglichkeit zur interaktiven Überprüfung, Erweiterung und Vertiefung des erworbenen Wissens und eine Vorbereitung auf Prüfung und Praxis gegeben.

Das Modul ist in neun Kapitel eingeteilt, wovon drei die Grundlagen

behandeln. Ein Kapitel befasst sich mit der speziellen Elektrokardiographie, indem pathologische EKGs vorgestellt werden. Ein weiteres Kapitel führt Rassedispositionen auf. In zwei Kapiteln hat der Studierende die Möglichkeit durch eine selbständige Auswertung sein Wissen zu kontrollieren. Es gibt Fallbeispiele und Selbsttests zu physiologischen und pathologischen EKGs. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand 03.03.2015) ist das E-Learning-Modul "EKG-Auswertung bei Hund und Katze" der Freien Universität Berlin bis auf die Fallbeispiele und Selbsttests im Intranet verfügbar. Für die Verfügbarkeit der Fallbeispiele (und Selbsttests) sind technische Anpassungen nötig (persönliche Mitteilung C. Siegling-Vlitakis, Berlin, 03.03.2015). Die beiden Kapitel zum Schluss enthalten Downloads und ein Glossar.

Die Grundlagen werden in drei Kapiteln auf 31 Seiten, die teilweise gescrollt werden müssen, erläutert. Zu Beginn im ersten Kapitel „Allgemeine Grundlagen“ wird auf die Lage des Herzens, inkl. Röntgenbilder und dem Buchanan-Index, auf das Herz-Kreislaufsystem, den Herzzyklus, die Auskultation von Herztönen und die herzeigene Blutversorgung eingegangen. Des Weiteren wird sehr ausführlich das Erregungsleitungssystem erklärt, inklusive der physiologischen Abläufe in den Schrittmacherzellen und im Arbeitsmyokard. Auch die physikalischen Grundlagen werden sehr intensiv behandelt, inklusive Erklärungen zu den Ableitungsarten und dem Cabrera-Kreis. Im nächsten Kapitel wird bei einem Hund gezeigt, wie Aufzeichnung eines EKGs inklusive Lagerung des Tieres, Positionierung der Elektroden und Eichung des Gerätes korrekt durchgeführt werden. Maßnahmen bei Störungen werden zusätzlich aufgeführt. Im letzten Grundlagen-Kapitel wird die Auswertung eines EKGs nach einem bestimmten Schema erklärt. Die Bestimmung der Herzfrequenz, des Herzrhythmus und der Herzachse, sowie die Interpretation der einzelnen EKG-Amplituden und -Strecken werden dargestellt. Die Vorstellung der pathologischen EKGs ist aufgeteilt in Veränderungen von den einzelnen EKG-Amplituden und -Strecken, Supraventrikuläre und Ventrikuläre Rhythmusstörungen, AV-Extrasystolen und Störungen der Erregungsleitung.

Das Layout ist einheitlich gehalten mit weißem Hintergrund und schwarzer

oder blauer Schrift. Das Menü befindet sich links und ist zu jedem Zeitpunkt sichtbar. Das EKG-Modul enthält insgesamt 101 Abbildungen und 18 Videos.

In den Grundlagen sind wenig EKGs enthalten, nur für die Bestimmung der Herzfrequenz und des Herzrhythmus werden Original-EKGs eingesetzt. Diese sind aufgearbeitet worden und teilweise mit einer Legende versehen. Die pathologischen EKGs werden mit Hilfe von kurzen Abschnitten von Original-EKGs dargestellt. Diese haben einen einheitlichen grauen Hintergrund und obwohl die Kurven schwarz sind, sind sie gut zu erkennen. Die EKGs lassen sich nicht vergrößern.

**Fazit:** Das EKG Modul ist für Studierende der Tiermedizin angefertigt worden. Schwerpunkt liegt bei der Darstellung und Erklärung der Grundlagen der EKG-Auswertung. Das E-Learning Programm ist nach ergonomischen und didaktischen Anforderungen erstellt worden. Es verfügt über ein großes multimediales Angebot. Auch schwierige Sachverhalte, wie die physikalischen Grundlagen werden verständlich dargestellt. Bis jetzt steht das EKG Modul nur im Intranet der Freien Universität Berlin zur Verfügung. Doch es wird zurzeit daran gearbeitet, dass zukünftig unter Vermittlung durch die VHB (Virtuelle Hochschule Bayern) auch Studierende von anderen Veterinärmedizinischen Fakultäten Zugang zum Modul erhalten.

## **1.2. Humanmedizinische multimediale Lehrmedien**

In der Humanmedizin findet sich eine Vielzahl an multimedialen Lehrmedien zum Thema Elektrokardiographie. Aufgrund der Fülle wurde eine Auswahl nach bestimmten Kriterien, die in den jeweiligen Abschnitten erläutert werden, getroffen. Im Folgenden werden die ausgewählten Lehrmedien abhängig von der Medienform in Tabellen aufgeführt und kurz beschrieben.

### 1.2.1. Lernprogramme auf CD-Rom

Autor, Erscheinungsjahr	Titel	Medienform	Preis
CONCEPT MEDIA (2001)	EKG Analysis & Intervention	CD-Rom	919,06 €
CONCEPT MEDIA (2007)	3-Lead EKG	CD-Rom	1008,18 €
MAESO MADRONERO, J. L. und BERGBAUER, M. (1997)	EKG: Programm zur Fort- und Weiterbildung	CD-Rom	Der Titel ist vergriffen, eine Neuauflage ist nicht geplant. Gebraucht erhältlich für: 6 €
NOVOSEL, D. (2001)	EKG Interaktiv	CD-Rom	Der Titel ist vergriffen, eine Neuauflage ist nicht geplant. Gebraucht erhältlich für: 23,17 €
CHIARAMIDA, A. J. und GREEN, J. M. (2014)	Clinical EKG Modules	DVD-Rom	55,59 €

**Tabelle 3:** Übersicht: Lernprogramme auf CD- oder DVD-Rom zum Thema EKG in der Humanmedizin

Auf dem humanmedizinischen Markt gibt es viele Online-Tutorials und Apps zur Thematik. EKG-Lernprogramme auf CD- oder DVD-Rom, wie EKG Basics, findet man in der Humanmedizin nur in begrenzter Anzahl.

Die Lernprogramme „3-Lead EKG“ von CONCEPT MEDIA (2007) und „EKG Analysis & Intervention“ von CONCEPT MEDIA (2001), die 900 € oder mehr kosten, mussten aufgrund ihrer sehr viel höheren Preiskategorie vom Vergleich ausgeschlossen werden.

Das Lernprogramm „EKG Interaktiv“ von NOVOSEL (2001) ist ausschließlich ein EKG-Simulator und wurde daher zum Vergleich nicht mit einbezogen.

Das Lernprogramm „Clinical EKG Modules“ auf DVD wurde von den Autoren CHIARAMIDA, A. J. und GREEN, J. M. (2014) für die Springer Publishing Company entwickelt und kann für etwa 55€ erworben werden.

Das Programm ist auch in Form einer App von SPRINGER PUBLISHING COMPANY (2014) vorhanden. Da die App und die DVD einen ähnlichen Preis haben und die Kurzbeschreibungen von beiden identisch sind, wird davon ausgegangen, dass der Inhalt gleich ist. Für den Vergleich zum Lernprogramm EKG Basics wurde die zeitgemäße Version für das Tablet herangezogen und im Kapitel 1.2.3. EKG-Apps beschrieben.

Die Lern-CD „**EKG: Programm zur Fort- und Weiterbildung**“ von MAESO MADRONERO und BERGBAUER (1997) ist vergriffen und eine Neuauflage ist nicht geplant. Zum Teil ist sie aber im Internet gebraucht für ca. 6 € oder im Antiquariat erhältlich.

Der Inhalt ist sehr umfangreich und in fünf Kapitel gegliedert: Grundlagen (33 Seiten), Ruhe-EKG (85 Seiten), Belastungs-EKG (6 Seiten), Langzeit-EKG (6 Seiten), Krankheitsbilder (76 Seiten).

Das Layout ist einheitlich. Der Hintergrund ist weiß, die Orientierungsleisten oben sind in rot und grau und die Navigationsleiste unten in schwarz gehalten. Oben befindet sich der Titel des Haupt- und Unterkapitels. Über einen Positions-Button wird die Gliederung des Programms mittels einer Baumstruktur dargestellt. Im unteren Bereich befindet sich die Navigation inkl. einer Seitenangabe, die anzeigt wie viele Seiten in diesem Kapitel noch zu bearbeiten sind. Über Pfeile rechts unten gelangt der Benutzer auf die nächste oder vorherige Seite. Die Auflösung ist auf 640 x 480 begrenzt.

Die Original-EKGs sind alle auf einen einheitlichen Hintergrund gesetzt und zum Teil bearbeitet worden. Die Qualität ist sehr gut. Aufgrund des Platzmangels, ist nur ein kleiner Abschnitt der EKGs zu sehen. Per Mausklick lassen sie sich aber auseinanderklappen.

Die Lern-CD beinhaltet viele Abbildungen und Videos zum Teil mit Sprecher. Der Text vom Sprecher ist nicht automatisch zu hören, kann aber vom Benutzer per Mausklick zugeschaltet werden.

**Fazit:** Dieses sehr umfangreiche Lernprogramm ist nach ergonomischen und didaktischen Aspekten erstellt worden. Auch wenn diese Lern-CD

schon älter ist, lässt sich damit nach Ansicht der Autorin die Erstellung und Auswertung eines EKGs gut erlernen und die CD kann Lehrbücher ersetzen.

### 1.2.2. Online-Tutorials

Autor, Erscheinungsjahr	Titel	Medienform	Preis	Link
KLEINDIENST (2011)	EKG-Online	Online-Tutorial	Internet: Frei zugänglich	<a href="http://www.grundkurs-ekg.de/index.html">http://www.grundkurs-ekg.de/index.html</a>
MEDICAL TRAINING and SIMULATION LLC (2014)	Practical Clinical Skills	Online-Tutorial	Internet: Frei zugänglich	<a href="http://www.practicalclinicalskills.com/ekg.aspx">http://www.practicalclinicalskills.com/ekg.aspx</a>

**Tabelle 4:** Übersicht: Online Tutorials zum Thema EKG in der Humanmedizin

Im Internet finden sich zahlreiche humanmedizinische Online-Tutorials. Aufgrund des ähnlichen Umfangs zum Lernprogramm EKG Basics wurden diese beiden Tutorials ausgewählt.

Die Website „**EKG-Online**“ von KLEINDIENST (2011) führt neben anatomischen, physiologischen und physikalischen Grundlagen Kapitel mit EKG-Veränderungen und Herzrhythmusstörungen auf. Zusätzlich werden sechs Übungs-EKGs und 24 Quizfragen angeboten. Diese Website ist eine der umfangreichsten zum Thema EKG im Internet. Nicht nur die spezielle Elektrokardiographie auch die Grundlagen werden sehr ausführlich erklärt.

Das Layout ist schlicht und konsistent gehalten. Ein hellgrüner Hintergrund bildet den Rahmen. Texte, in schwarzer Schrift und Bilder befinden sich auf weißem Hintergrund. Die Seiten müssen gescrollt werden, allerdings nur begrenzt über maximal zwei Bildseiten. Von der Startseite aus gelangt der Benutzer zu den EKG-Basics, EKG-Specials, Übungen oder Quizfragen. Der Themenbereich Grundlagen ist in 18 Unterkapitel, der spezielle Bereich in 14 Unterkapitel aufgeteilt. Befindet sich der Benutzer in einem Unterkapitel kann er über Buttons an der rechten Seite zu unterschiedlichen Seiten klicken. Die Inhalte der Website EKG-Online

bauen systematisch aufeinander auf und können linear durchgearbeitet werden.

Die EKGs sind Original-EKGs, die eine einheitliche Größe und einen grauen Hintergrund haben. Die schwarzen EKG-Kurven sind meistens nicht bearbeitet worden, lassen sich aber trotzdem gut erkennen. Die EKGs können nicht vergrößert werden. Mit Skizzen vom Reizbildungs- und reizeitungssystems werden Rhythmusstörungen oder morphologische Veränderungen bildlich erklärt. EKGs werden ausführlich beschrieben und weitere Informationen über Vorkommen und Therapie werden aufgeführt, es fehlen aber deutliche Legenden in den Original-EKGs.

**Fazit:** Diese Website behandelt das Thema EKG sehr detailliert und ausführlich. Der systematische Aufbau, die ausführlichen, aber kompakten Erklärungen und bildhaften Darstellungen helfen dem Benutzer die teilweise komplizierte Thematik des EKGs zu verstehen. Auch wenn das Design sehr schlicht und einfach gehalten ist, ist der Inhalt sehr gut aufgearbeitet. Die Website ist zum Erlernen des Themas Elektrokardiographie besonders für Einsteiger geeignet.

Die Website „**Practical Clinical Skills**“ von MEDICAL TRAINING and SIMULATION LLC (2014) entwickelt, enthält unter anderem ein EKG-Training, das sich in zwei Einführungskurse, eine große Sammlung von Arrhythmien, mehrere Quizze und Übungen gliedert. Der erste Einführungskurs enthält eine kurze Beschreibung der EKG-Auswertung, der Zweite eine Einführung in die klinische Elektrokardiographie von Michael Mazzini, Boston University Medical Center und ist wie eine PowerPoint Präsentation aufgebaut. Die Grundlagen werden auf 14 Seiten, die spezielle Elektrokardiographie auf vier Seiten behandelt.

Die EKGs der beiden Kurse sind klein und lassen sich nicht vergrößern, besitzen aber meist eine Legende.

Die EKGs der Arrhythmiesammlung sind gut aufgearbeitet. Sie haben einen einheitlichen Hintergrund und die EKG-Kurven sind vektorisiert und

bearbeitet. Zu jedem EKG gibt eine kurze Beschreibung und teilweise sind die EKGs mit einer Legende beschriftet.

Auf der Website sind keine Animationen, nur die Monitor-EKGs sind animiert.

Über einen Link gelangt der Benutzer zur EKG Academy von Clinical Skills Education LLC. Dort findet er weitere EKG Lektionen, EKG Referenzen und ein Quiz. Die Lektionen wurden von Thomas E. O'Brien entwickelt.

**Fazit:** Die Website ist eine Zusammenstellung von mehreren Präsentationen von verschiedenen Autoren. Die Layouts sind unterschiedlich und ein guter Überblick fehlt. Insgesamt enthält diese Website sehr viele Informationen. Die qualitativ hochwertigen EKGs der Arrhythmien sind aufgearbeitet worden und enthalten wichtige Legenden.

### 1.2.3. EKG-Apps

Autor, Erscheinungs- jahr	Titel	Medien- form	Preis
BÖRM BRUCKMEIER VERLAG GMBH (2013)	EKG Pocket	App	10,99 €
CIPM GMBH (2013)	ECG in Motion	App	16,99 €
ECGSOURCE (2014)	ECGsource	App	0,89 €
GOYMAN SA (2013)	The ECG Collection	App	29,99 €
IANESTHESIA LLC (2009)	Instant ECG	App	0,99 €
MARWA SAYED (2013)	ECG Simple	App	26,99 €
MEDICON APPS (2013)	ECG Atlas	App	4,49 €
SIMPADDICO LLC (2009)	EKG Basics	App	2,99 €
SPRINGER PUBLISHING COMPANY (2014)	Clinical EKG Modules	App	35,99 €

**Tabelle 5:** Übersicht: Apps zum Thema EKG in der Humanmedizin

In der Veterinärmedizin gibt es bis jetzt noch keine App, die sich mit dem Thema EKG bei Hund und Katze beschäftigt. Dafür findet sich in der Humanmedizin eine Vielzahl von EKG Apps. Für den Vergleich zum Lernprogramm EKG Basics wurde eine Vorauswahl von neun Apps getroffen. Auswahlkriterien waren ähnlicher Umfang, vergleichbarer Inhalt, analoge Animationen oder identischer Name. Apps, die nur aus einem Quiz bestehen oder wie ein Spiel aufgebaut sind, wurden nicht zum Vergleich herangezogen.

Die App „**EKG Pocket**“ von BÖRM BRUCKMEIER VERLAG GMBH (2013) ist für das iPhone und iPad entwickelt worden und kann für 10,99 € in deutscher Sprache beim Apple Store erworben werden. Benötigt wird

mindestens iOS 5. Diese App ist für iPhone 5 optimiert. Da die App instabil läuft und zum Teil auch zum Absturz des iPads oder iPhones führt, war eine ausführliche Betrachtung der App leider nicht möglich.

Die App „**ECG in Motion**“ von CIPM GmbH (2013) ist für das iPad entwickelt worden. Sie kann für 16,99 € in deutscher, englischer, französischer, spanischer und portugiesischer Sprache beim Apple Store erworben werden und benötigt mindestens iOS 4.3.

Für Ärzte/innen, Studierende, Rettungsassistenten/innen und Fachpersonal bietet der EKG-Simulator eine anschauliche Darstellung von 30 Herzrhythmusstörungen. Die Herz-Animationen, die parallel zu den jeweiligen EKGs gezeigt werden, veranschaulichen sehr detailliert die Reizentstehung und Reizweiterleitung, sowie die Kontraktion und die Klappenfunktion am geöffneten Herzen. Ein EKG-Training mit zehn Animationen inkl. EKG komplettiert diese App. Grundlagen der Elektrokardiographie werden nicht erörtert.

Das Layout ist einheitlich aufgebaut. Die Animation befindet sich links, das EKG rechts oben und darunter ist ein Button mit der Möglichkeit durch Anklicken weitere Informationen zu erhalten. Der Hintergrund ist weiß.

Die laufenden EKGs werden in einem Kästchen oben rechts parallel zur Animation dargestellt. Es wird nur eine Ableitung auf einem einheitlichen hellrosa-gelblichen Hintergrund gezeigt. Die EKG-Kurven wurden maschinell vektorisiert, aber nicht umgearbeitet, was an den ungewöhnlichen teilweise konvexen und konkaven Linien zu erkennen ist.

**Fazit:** Eine kompakte App mit sehr schönen Herz-Animationen für die 30 wichtigsten Arrhythmien beim Menschen. Es wird sehr anschaulich dargestellt, wie die Reizbildung und Reizleitung bei den jeweiligen Arrhythmien abläuft und wie das dazugehörige EKG aussieht. Die App ist als Zusatz zu anderen EKG-Lehrmedien gut geeignet.

Die App „**ECGsource**“ ist von ECGSOURCE (2014) für das iPhone und

iPad entwickelt worden und erfordert mindestens iOS 7. Sie kann für 0,89 € in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden.

Die App richtet sich an Menschen, die sich in der medizinischen Ausbildung befinden. Sie enthält etwa 90 EKGs, die nach ca. 96 EKG-Kriterien sortiert sind, neun Video-Tutorials und ein Quiz.

Das Layout ist einheitlich und schlicht. Im ersten Schritt kann der Benutzer aus den 96 EKG-Kriterien auswählen. Diese Überschriften sind schwarz und befinden sich auf abwechselnd hell- und dunkelgrauem Hintergrund. Wird auf ein Kriterium geklickt, öffnet sich eine neue Seite mit näheren Erklärungen und EKG Beispiel wird beschrieben. Beim Drücken auf dieses Beispiel öffnet sich nun eine weitere neue Seite mit dem dazugehörigen Original-EKG. Wichtige Informationen im Text werden durch einen schwarzen Hintergrund und dem Wort „Note“ hervorgehoben. Es gibt keine Suchfunktion, um aus den 96 Kriterien auszuwählen.

Die Video-Tutorials sind speziell für den EKG-Anfänger konzipiert worden und sind mit einem Sprecher ausgerüstet, der deutlich und langsam spricht. Während der Erklärungen werden Skizzen erstellt oder Markierungen im EKG vorgenommen.

Die Original-EKGs haben alle den gleichen rosa Hintergrund. Die EKG-Kurven sind nicht vektorisiert worden, sehen aber umgearbeitet aus. Die EKGs können vergrößert werden, werden dann aber unscharf. Sie besitzen keine Legende.

**Fazit:** Die App enthält eine große Sammlung an aufgearbeiteten EKGs. Für eine Interpretation der EKGs von Benutzern ohne Vorkenntnisse fehlen die Legenden. Die Video-Tutorials, die nach ergonomischen und didaktischen Kriterien entwickelt worden sind, bringen die Grundlagen der EKG-Interpretation näher.

Die App „**The ECG Collection**“ von Jean-Jacques Goy, Jürg Schläpfer

und Jean-Christophe Stauffer ist von GOYMAN SA (2013) für iPhone und iPad entwickelt worden. Sie kann für 29,99 € in deutscher, englischer, französischer oder spanischer Sprache beim Apple Store erworben werden, benötigt mindestens iOS 5 und ist für das iPhone 5 optimiert.

Diese App richtet sich nicht nur an Studierende und Ärzte/innen in Ausbildung, sondern auch an praktizierende Ärzte/innen und Kardiologen/innen.

The ECG Collection ist eine große Sammlung von 221 Original-EKGs, die in 14 Kategorien aufgeteilt sind. Einen Grundlagenteil gibt es nicht. Zu jedem EKG findet der Benutzer eine Beschreibung, eine Diagnose, mehrere Kommentare und einen Schwierigkeitsgrad zur Einstufung des EKGs. Außerdem werden bei jedem EKG die Veränderungen im EKG genannt und durch Anklicken eines Buttons diese im vorliegenden EKG umrandet und teilweise auch vergrößert dargestellt.

Das Layout ist konsistent. Im linken Drittel sind die Kategorien angegeben, rechts befindet sich das interaktive Feld mit Anzeige des EKG, der Beschreibung oder der Veränderungen im EKG. Der Menübalken oben hat eine kräftige rote Farbe. Über einen Button rechts oben besteht die Möglichkeit, Daten direkt per Email zu verschicken oder auszudrucken.

Die Original-EKGs werden auf einem einheitlichen rosarotem Hintergrund abgebildet und können vergrößert werden. Die schwarzen EKG-Kurven sind nicht vektorisiert und bearbeitet worden.

**Fazit:** Ein umfangreicher Katalog mit vielen Original-EKGs mit Beschreibungen, Kommentaren und Markierung der Veränderungen im EKG. Da keine Grundlagen, wie die Morphologie oder die Auswertung eines EKGs, behandelt werden, ist es eher eine Sammlung zum Nachschlagen.

Die App „**Instant ECG**“ ist von iANESTHESIA LLC (2009) für das iPhone

und iPad entwickelt worden und kann für 0,99 € in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden. Die App richtet sich an Ärzte/innen, Krankenpfleger/innen, Sanitäter/innen oder andere Fachleute im Gesundheitswesen.

Die App ist aufgeteilt in einen Grundlagenteil, ECG Basics genannt, einem Rhythmusteil und einem Prüfungsteil. Der Grundlagenteil umfasst 22 Seiten, die fast nur aus Text bestehen. Der Rhythmusteil beinhaltet über 90 EKGs, die in fünf Kategorien eingeteilt sind.

Das Layout ist konsistent und ansprechend. Die Menüpunkte sind in schwarzer Schrift auf weißem Hintergrund. Befindet sich der Benutzer dann direkt im Menüpunkt, sind die Texte in weißer Schrift gehalten und der Hintergrund ist schwarz, wie auch bei den EKGs. Der Benutzer kann zwischen der Anzeige eines EKGs oder den, zu dem EKG gehörenden, Informationen durch einen Klick wechseln.

In dieser App werden die EKGs auf zwei Arten dargestellt, zuerst als schematische EKGs und dann in Form von Original-EKGs. Teilweise sind nicht nur ein Original-EKG zu jeder Arrhythmie vorhanden, sondern mehrere, so dass der Benutzer sich verschiedene Varianten anschauen kann.

Die schematischen EKGs haben ein didaktisch ansprechendes Design. Die Kurven sind hellblau, der Hintergrund schwarz und die Millimeterpapierquadrate sind dunkelblau. Es kann auch vergrößert werden, wird dann aber unscharf. Normalerweise können diese schematischen EKGs auch filmisch als laufende EKGs dargestellt werden. Doch diese Filme funktionierten zum jetzigen Zeitpunkt nicht einwandfrei.

Die Original-EKGs haben einen einheitlichen rosa Hintergrund, die schwarzen EKG-Kurven sind nicht vektorisiert oder umgearbeitet. Weder in den schematischen EKGs noch in den Original-EKGs finden sich Markierungen oder Hervorhebungen. Die gesamte App besteht hauptsächlich aus Texten und EKGs. Das multimediale Angebot ist gering.

**Fazit:** Das Design von dieser App ist modern und ansprechend. Die

schematischen EKGs sind gut aufgearbeitet und zeigen das Wesentliche. Teilweise stehen mehrere unterschiedliche Original-EKGs zu den jeweiligen Arrhythmien zur Verfügung. Die EKGs besitzen keine Legende, was das Erkennen von Veränderungen ohne EKG-Vorkenntnisse wesentlich erschwert, wahrscheinlich sogar teilweise unmöglich macht.

Die App „**ECG Simple**“ ist von MARWA SAYED (2013) für das iPad entwickelt worden. Für 26,99 € kann sie in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden.

Die App ist nicht wie gewöhnlich aufgebaut, sondern ist eine Zusammenstellung von ca. 57 animierten Videos und richtet sich an Studenten/innen der Humanmedizin. Durch Anklicken der Menüpunkte, die in 13 Hauptkapitel eingeteilt sind, werden die Videos hochgeladen. Die Grundlagen haben bei dieser App eine große Gewichtung und werden in 10 Videos erklärt.

Das Layout ist bunt. Das Menü wird auf einem magentafarbenen Hintergrund mit gelber und weißer Schrift dargestellt. Die animierten Videos werden auf weißem Hintergrund mit blauem Rahmen gezeigt. Die Schriften werden in vielen unterschiedlichen Farben dargestellt, z.B. ist die Überschrift in Pink und der restliche Text in braun und blau. Für die Markierungen oder Beschriftungen der EKGs werden mit fünf Farben benutzt: schwarz, blau, grün, rot und lila. Ein einheitliches Layout gibt es nicht. Mal steht der Text links, dann mal am oberen oder unteren Rand. Teilweise werden bis zu 4-5 EKGs gleichzeitig gezeigt. Bei den Animationen werden Texte und EKGs immer wieder ein- und ausgeblendet. Dies passiert teilweise leider zu schnell und der Benutzer hat nicht genügend Zeit, sich die Texte oder Bilder in Ruhe anzuschauen. Ist ein Video zu Ende werden die Worte „The End“ und ein Bild von einem Affen oder von Einstein mit rausgestreckter Zunge gezeigt. Die Videos sind zum Teil mit Sound hinterlegt. Das können Pop-Lieder sein oder Töne, die zeitgleich mit Markierungen von z.B. supraventrikulären Komplexen in den EKGs, abgespielt werden. Manchmal hört der Benutzer auch einen Sprecher oder eine Sprecherin. Diese sind aber meistens sehr

schlecht zu verstehen.

Die Original-EKGs, die in den Animationen gezeigt werden, sind meist unscharf. Sie werden auf ihrem originalen Hintergrund dargestellt und die EKG-Kurven sind nicht vektorisiert oder bearbeitet. Dafür werden die EKGs während der Animationen markiert und Besonderheiten im EKG werden hervorgehoben und mittels eingblendetem Text oder einem Sprecher erklärt. Skizzenhafte Bilder vom Herzen dienen unter anderem der Darstellung vom Reizbildungs- und Reizleitungssystems.

Es werden viele Abkürzungen, leider ohne vorhandenes Abkürzungsverzeichnis benutzt.

**Fazit:** Eine App mit sehr umfangreichem Inhalt, die auch die Grundlagen ausführlich behandelt und somit gut für Anfänger geeignet wäre. Die Erklärungen sind sehr ausführlich.

Das Layout ist inkonsistent, sehr unstrukturiert und bunt. Auch die Sounduntermalung eher überraschend. Ergonomische oder didaktische Regeln sind nicht eingehalten worden. Die Original-EKGs sind teilweise schlecht erkennbar und häufig unscharf. So auch teilweise der Text. Die Bilder vom Affen oder von Einstein am Ende der Videos sollen wahrscheinlich motivieren, können aber auch das Gegenteil bewirken.

Die App „**ECG Atlas**“ Version 3.0 wurde von MEDICON APPS (2013) für das iPhone und iPad entwickelt und kann für 4,99 € in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden

Die 57 Original EKGs sind in sieben Kategorien eingeteilt. Grundlagen findet der Benutzer über einen speziellen Button. Sie sind auf einer Seite, die weit nach unten zu scrollen ist, zusammengefasst. Das Layout ist schlicht gehalten mit weißem Hintergrund, schwarzer Schrift und grauem Menübalken. Der Aufbau ist konsistent. Links ist das Menü mit den Kategorien zu sehen, auf der rechten Seite oben ist das EKG und darunter findet der Benutzer Erklärungen zum EKG. Um den ganzen Text lesen zu können, muss der Text gescrollt werden. Wird auf das EKG geklickt, vergrößert es sich als Vollbildmodus. Mithilfe des Menüs, das links immer

zu sehen ist, können Menüpunkte angewählt werden. Über kleine Pfeile kann auch linear vor und zurück navigiert werden, doch dabei bleibt das Menü stehen und passt sich nicht an.

Die Original-EKGs haben alle den gleichen hellrosa Hintergrund. Die schwarzen EKG-Kurven sind vektorisiert und zum Teil auch bearbeitet worden. Sie lassen sich vergrößern, sind aber nicht beschriftet oder markiert.

**Fazit:** Die App „ECG Atlas“ hat ein ansprechendes Design und die Menüpunkte sind gut kategorisiert. Die Original-EKGs sind aufgearbeitet, aber ohne Beschriftung oder Markierungen. Auf die Grundlagen wird nur kurz hingewiesen.

Die App „**EKG Basics**“ ist von SIMPADDICO LLC (2009) für das iPhone oder iPad entwickelt worden und kann für 2,99 € in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden.

Der Inhalt besteht aus einer Sammlung von Fragen. Über Pfeile kann der Benutzer sich durch die Fragen durcharbeiten. Pro Seite steht eine Frage. Über einen zentralen Button öffnet sich die Antwortseite, ähnlich wie bei einer Karteikarte, die „umgedreht“ wird, um die Antwort zu sehen. Der Benutzer hat die Möglichkeit, ganz individuell Fragen zu entfernen oder als Favoriten in einem extra Ordner zu speichern. Eine Suchfunktion und ein Index stehen zur Verfügung. Über Einstellungen lässt sich die App wieder auf den Originalzustand zurücksetzen. Mithilfe der Fragen soll der Benutzer lernen, wie ein EKG zu lesen ist. In der App sind keine multimedialen Medien, wie Bilder oder Animationen zu finden. Es werden auch keine EKGs dargestellt.

**Fazit:** Die App ist wie ein Karteikartenstapel, mit Fragen auf der einen Seite und Antworten auf der anderen Seite, aufgebaut. Sie ist gut geeignet, um zwischendurch spielerisch weitere Informationen zum Thema Elektrokardiographie zu erhalten. Sie dient nicht dazu, die EKG-Interpretation von Grund auf zu erlernen.

Die App „**Clinical EKG Modules**“ wurde von der SPRINGER

PUBLISHING COMPANY (2014) für das iPad entwickelt und kann für 35,99 € in englischer Sprache beim Apple Store erworben werden.

Der interaktive Guide ist für Medizinstudenten/innen, Interns, Assistenzärzte/innen und Krankenpfleger/innen gemacht.

Der Inhalt ist umfangreich. Es werden 50 EKG Fälle nach Klinikstationen dargestellt. Der Grundlagenteil besteht aus 53 Seiten und ist sehr ausführlich. Die spezielle Elektrokardiographie wird auf 29 Seiten behandelt, zusätzlich zu den Fällen. Zum Schluss gibt es noch ein Quiz mit 20 Multiple Choice Fragen zu Original-EKGs mit sofortigem Feedback. Es fehlen Erklärungen zur Applikation, zu den Ableitungen und zum Lagetyp. Hauptaugenmerk richtet sich auf die Arrhythmien, während Grundlagen der Morphologie, wie auch Veränderungen fehlen. Über ein Index kann der Benutzer direkt individuelle Fragen nachschlagen. Erklärungen über die Navigation können aufgerufen werden.

Das Layout ist schlicht und konsistent gehalten und besteht aus einem weißen Hintergrund mit blauer Menüleiste am oberen Rand. Der Text befindet sich unten in einer grauen Box, die durch klicken auf eine Pfeiltaste nach unten verschwinden kann. Der Text muss teilweise gescrollt werden. Ein Sprecher mit deutlicher und angenehmer Stimme liest den unten stehenden Text langsam vor. Der Text ist parallel zu sehen, kann aber vom Benutzer aktiv maskiert werden. Über Pfeile nach rechts und links kann vor und zurück navigiert werden.

Im zentralen Bereich werden unterschiedliche Medien dargestellt. Die gezeigten EKGs sind Original-EKGs auf nicht einheitlichem und unterschiedlich großem Original-Hintergrund. Die schwarze EKG-Kurve ist auf dem grauem Hintergrund, der manchmal ausgeblendet erscheint, teilweise nicht oder schlecht erkennbar. Die EKGs können, wie auf Tablets üblich, nicht auseinandergezogen und somit vergrößert werden. Manchmal fehlen Angaben zu Vorschub, Amplitude oder Ableitung. Im allgemeinen Teil werden mit roten Pfeilen bestimmte Aspekte in den EKGs hervorgehoben, die auf der jeweiligen Seite behandelt werden.

Einfache Skizzenbilder vom Herzen in grau und/oder in rot stellen unter

anderem die Anatomie oder das Reizbildungs- und leitungssystem dar. Es gibt keine Animationen.

**Fazit:** In der App „Clinical EKG Modules“ werden die Grundlagen sehr ausführlich behandelt. Insgesamt ist der Inhalt sehr umfangreich und gut strukturiert. Die Original-EKGs sind nicht bearbeitet worden und teilweise schlecht erkennbar. Die meisten EKGs besitzen Legenden. Der Text zu den EKGs ist sehr klein geschrieben und muss teilweise gescrollt werden, was aber kaum zu sehen ist. Ein Sprecher liest mit deutlicher und angenehmer Stimme den Text vor.

Nach Auffassung der Autorin ist das veterinärmedizinische E-Learning Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) am besten geeignet für Anfänger/innen der Elektrokardiographie, da es viele Grundlageninformationen beinhaltet, wie z.B. die Anbringung der EKG-Elektroden. Das Online Tutorial von WESS (2015) ist für Nutzer/innen geeignet, die bereits die Anbringung des EKGs kennen und einen kurzen Überblick über die Auswertung der wichtigsten Arrhythmien erhalten wollen. Das Design der App „Instant ECG“ von iANESTHESIA LLC (2009) ist am ansprechendsten. In der Humanmedizin stellt die Website „EKG-Online“ von KLEINDIENST (2011) den besten Kompromiss zwischen Inhalt, Ergonomie und Didaktik dar.

## 2. Multimedia

### 2.1. Definitionen

Der Begriff Multimedia ist ein zusammengesetztes Wort aus „Multi“ und „Media“. „Multi“ stammt vom Lateinischen „multus“ ab und bedeutet „viel, vielfach, mehrere“. Medien sind Einrichtungen zur Vermittlung von Informationen. Multimedia bedeutet somit wörtlich übersetzt „Einsatz von mehreren Verfahren zur Informationsvermittlung“.

In der Literatur wird der Begriff „Multimedia“ unterschiedlich diskutiert. Aufgrund der rasanten technischen Entwicklung ist es nicht leicht, Merkmale zu formulieren. Laut Duden (2014) ist Multimedia ein Zusammenwirken von mehreren verschiedenen, meist digitalen Medien wie zum Beispiel Text, Bilder, Animationen, Grafiken, Audio, Video.

KERRES (2013) beschreibt Multimedia kurz als „technische Integration von unterschiedlichen Medien“.

WEIDENMANN (2009) meint, dass der Begriff „Multimedia“ für die „Beschreibung von Anwendungen im Informations- und Lernbereich“ zu allgemein gehalten ist und daher weiter differenziert werden sollte in z.B. Codierung, Modalität und mediales Angebot.

Basierend auf diese Formulierungen, beschreibt REY (2009) den Begriff „Multimedia“ mit Hilfe von verschiedenen Aspekten:

Unter **Multimedialität** versteht REY (2009), dass das Wissen durch unterschiedliche Medien dargestellt werden kann, zum Beispiel durch Bücher, Hörbücher, E-Books, Computer, Videoplayer.

**Multicodalität** bedeutet nach REY (2009), dass die zu vermittelnden Informationen in verschiedenen Codierungen oder Darbietungsarten bereitgestellt werden, beispielsweise durch Texte, Bilder, Animationen und/oder Simulationen.

**Multimodalität** nach REY (2009) bezeichnet dagegen die Wahrnehmung und Verarbeitung von Informationen über mehrere Sinneskanäle. Dabei spielen speziell beim E-Learning nur die auditiven und visuellen Sinneskanäle eine Rolle. Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinn sind nicht

relevant.

Wird zu dem Begriff Multimedia das Lernen mit einbezogen, kommen noch weitere Aspekte dazu. Beim multimedialen Lernen sollte z.B. zusätzlich der Aspekt der Interaktivität mitberücksichtigt werden. Dabei gibt Interaktivität an, dass der Benutzer verschiedene Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten hat (REY 2009).

## **2.2. Multimediales Lernen**

Für den Begriff „Multimediales Lernen“ werden häufig Synonyme, wie z.B. „computergestütztes Lernen“ oder „E-Learning“ verwendet (REY 2009). Wie bei dem Begriff Multimedia, liegen auch hier verschiedene Definitionen vor.

Allgemein wird multimediales Lernen als Lernen mit Text (gesprochen oder geschrieben) und bildlichen Darstellungen wie Illustrationen, Fotos, Animationen oder Videos beschrieben (UNTERBRUNER 2007).

Laut KERRES (2013) ist E-Learning „ein Oberbegriff für alle Varianten der Nutzung digitaler Medien zu Lehr- und Lernzwecken, sei es auf digitalen Datenträgern oder über das Internet, etwa um Wissen zu vermitteln, für den zwischenmenschlichen Austausch oder das gemeinsame Arbeiten an digitalen Artefakten.“ REY (2009) formuliert E-Learning kurz als „Lehren und Lernen mittels verschiedener elektronischer Medien“.

## **2.3. Bedeutung von multimedialem Lernen in der Aus- und Weiterbildung**

Die wichtige Frage, ob „multimediales Lernen“ Vorteile gegenüber dem konventionellen Lernen bringt, wird seit vielen Jahren diskutiert.

ISSING (2009) und MAYER (2005a) sind der Meinung, dass Darstellungen von Texten und Bildern zu besseren Lernerfolgen führen, als nur mit Texten allein. Diverse Studien bestätigten, dass multimediales Lernen mehrere Sinneskanäle anspricht und somit mehr Lernerfolge zu erwarten sind NIEGEMAN (2009). Im Gegensatz dazu ist nach WEIDENMANN (2002) die Lernwirksamkeit der multimedialen Angebote

nicht hinreichend bewiesen.

REY (2009) kritisiert den „(pauschalen) Vergleich verschiedener Medien, Kodierungsformen, Sinnesmodalitäten sowie Interaktivitäts-graden“ und schreibt, dass eine „Reihe von methodischen Problemen auftreten“. Dabei nennt er unter anderem folgende Aspekte, die zu berücksichtigen sind:

**a. Gestaltung:**

Soll z. B. ein Text mit einer Animation verglichen werden, stellt sich die Frage: Ist der Text deshalb schlechter, weil er unverständlich verfasst worden ist oder führen Texte generell zu schlechteren Lernleistungen als Animationen? Ist die Animation evtl. schlecht gestaltet? Da es weder einen prototypischen Text noch eine ideale Animation gibt, ist der Vergleich schwierig. Diese Problematik gilt nicht nur für den Vergleich zwischen „Kodalitäten“, sondern z. B. auch beim Vergleich von verschiedenen Medialitäten. Wie werden die Informationen konkret durch das Buch und wie durch den Computer dargeboten?

**b. Lerninhalt:**

Abhängig vom Lerninhalt, ist das ein oder andere Medium besser geeignet. Zum Beispiel bei der Vermittlung von Bewegungsvorgängen ist eine Animation wahrscheinlich besser geeignet als ein Text. Doch kann daraus kein genereller Vorteil gezogen werden.

**c. Vertrautheit/Neuheit:**

Neue Medien können bei einem Lernenden einen sogenannten Neuheitseffekt auslösen. Im Vergleich zu einem Buch ist eine virtuelle Lernumgebung etwas Neues, Ungewohntes und somit meistens auch Aufregendes. Diese Motivation kann Vorteile suggerieren, doch ist sie meistens nur von kurzer Dauer.

**d. Anstrengungsbereitschaft:**

Wird ein mediengestütztes Lernangebot als unterhaltsam und einfach eingestuft, kann das bei dem Lernenden dazu führen, dass er sich beim Lernen mental weniger anstrengt und das somit zu einer geringeren Lernleistung führt (CLARK & SALOMON 1986).

REY (2009) kommt zu dem Schluss, dass pauschale Vergleiche nicht ergiebig sind. Sinnvoller erscheint ihm, mehr Theorien zum Thema multimediales Lehren und Lernen aufzustellen und diese zu testen oder die Überprüfung spezifischer Gestaltungsempfehlungen, die beispielsweise aus den postulierten Theorien abgeleitet werden können.

Auch KERRES (2013) diskutiert die Frage, ob das Lernen mit multimedialen Medien eine Verbesserung gegenüber dem konventionellen Lernen bringt. Letztendlich kommt er zu dem Schluss, dass nicht das Medium, sondern eine gut durchdachte und begründete didaktische Medienkonzeption, Grund für eine verbesserte Lerneffizienz ist.

Die Diskussion, welches Medium besser ist, ist also hinfällig. Es kommt vielmehr auf das einzelne Projekt an und auf die konkrete Umsetzung dieses Projektes.

Im Folgenden wird daher auf die Anforderungen an ein Lernprogramm eingegangen, die zu einem gelungenen digitalen Lernangebot führen.

### **3. Anforderungen an ein Lernprogramm**

Damit ein multimediales Lernprogramm erfolgreich ist, müssen bei der Gestaltung des Layouts und bei der Aufbereitung der Lerninhalte sowohl ergonomische als auch didaktische Anforderungen berücksichtigt werden.

In den folgenden Kapiteln wird auf die wichtigsten Anforderungen in den Bereichen Ergonomie und Didaktik eingegangen.

#### **3.1. Ergonomie**

Der Begriff Ergonomie stammt aus dem Altgriechischen. „Ergon“ bedeutet Arbeit und „nomos“ Gesetz. Frei übersetzt bedeutet Ergonomie also die Gesetzmäßigkeit der Arbeit. Ziel der Ergonomie ist es, die Arbeitsumgebung optimal an die menschlichen Bedürfnisse anzupassen. Bei der ergonomischen Arbeitsgestaltung wird darauf geachtet, Menschen vor Gesundheitsschäden durch ihre tägliche Arbeit zu schützen. Ein weiteres Ziel der Ergonomie ist es, handhabbare und komfortable zu nutzende Produkte herzustellen (DIN EN ISO 6385: 2004).

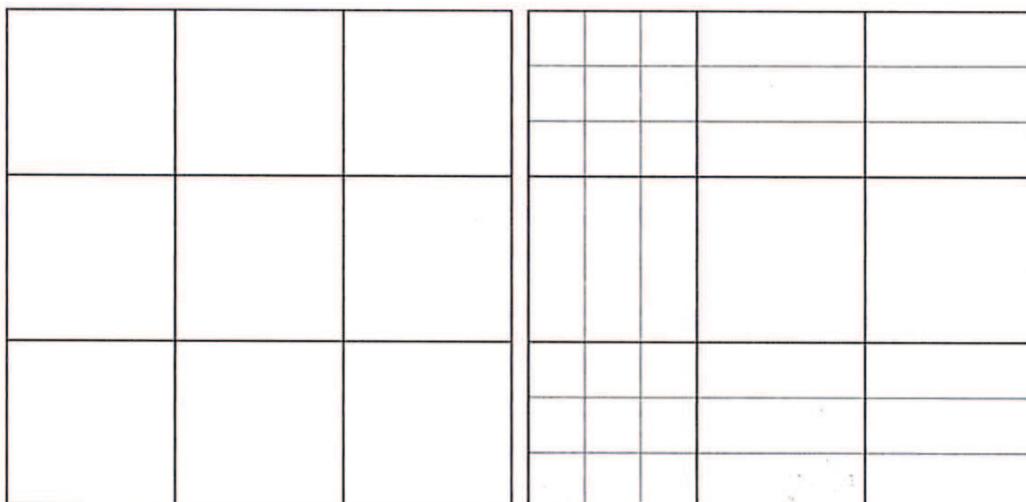
Bei der Software-Ergonomie geht es um die Anpassung von Software an die menschlichen Fähigkeiten. Ein Programm sollte leicht erlernbar, bedienbar und verständlich sein (RUNDNAGEL 2008). Eine unzureichende Softwaregestaltung kann zu erhöhten mentalen Belastungen führen. Um dies zu vermeiden, sind bestimmte Anforderungen an die Gestaltung von Software zu beachten.

##### **3.1.1. Layout**

Ein gutes Seiten-Layout ist für ein Lernprogramm von großer Bedeutung. Es soll beim Anwender Interesse wecken, benutzerfreundlich und ästhetisch sein (BALZERT 2009). Damit der Anwender sich gut und schnell zurechtfindet, ist eine konsistente Gestaltung der Bildschirmseiten wichtig. Grundlage dafür ist die national gültige Norm DIN EN ISO 9241-110, die die Grundsätze der Dialoggestaltung bei Softwareentwicklungen darstellt. Anordnungen und Abläufe sollten innerhalb der Anwendung für den Benutzer „erwartungskonform“ sein (SCHNEIDER 2010).

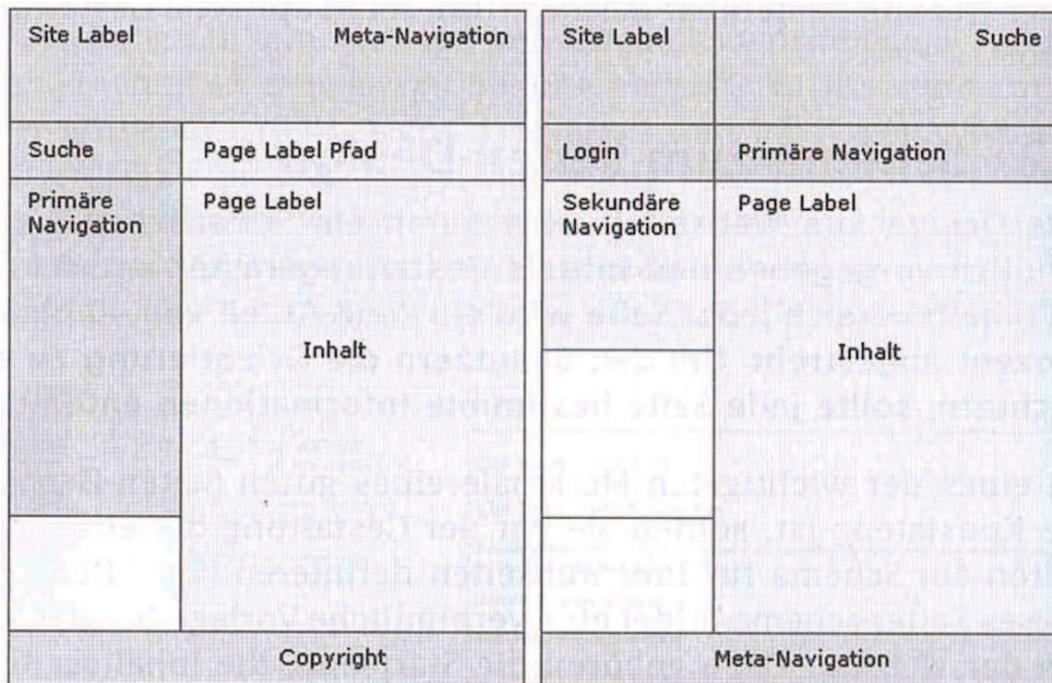
Ein konsistenter Aufbau fördert strukturiertes Lernen und das fördert wiederum die Gedächtnisleistung beim Benutzer, weil strukturierte Lerninhalte besser im Gedächtnis abgelegt werden können. Außerdem werden Wiedererkennungseffekte erzeugt.

Um diese Konsistenz zu gewährleisten, sollte ein Seitenprototyp entwickelt werden, der das Layout für alle Seiten im Lernprogramm vorgibt (BALZERT 2009). Die Seite des Prototyps sollte in funktional unterschiedliche Bereiche eingeteilt und die Gestaltungs- und Navigationselemente positioniert werden (HAMMER 2011). Die Bereiche sollten mithilfe eines Gestaltungsrasters festgelegt werden. Nach BEAIRD (2011) und HOFFMANN (2013) wird im Webdesign für das Raster häufig die sogenannte Drittel-Regel, eine Vereinfachung des Goldenen Schnitts, verwendet. Der Goldene Schnitt teilt eine Strecke in zwei Abschnitte, wobei der längere Abschnitt fast doppelt so lang ist wie der kürzere. Bei der Drittel-Regel wird ein Rechteck in drei horizontale und drei vertikale Felder geteilt. Diese Felder können wiederum in Drittel zerlegt werden.



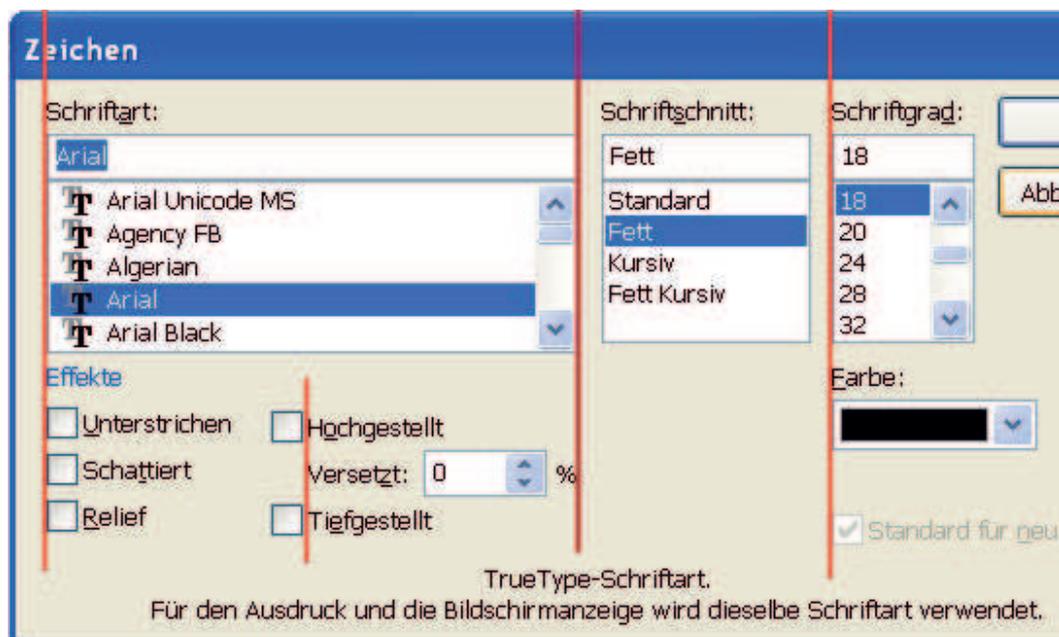
**Abbildung 1:** Gestaltungsraster mit der Drittel-Regel erstellt  
(Quelle: BALZERT 2009, mit freundlicher Genehmigung von W3L AG)

Solche Proportionen, wie sie auch häufig in der Natur vorkommen, wirken auf den Betrachter harmonisch und ästhetisch. Mithilfe so eines Rasters kann ein Seitenprototyp in funktional unterschiedliche Bereiche unterteilt werden.



**Abbildung 2:** Beispiele für mögliche Seitenunterteilungen von Webseiten (Quelle: BALZERT 2009, mit freundlicher Genehmigung von W3L AG)

Das Raster projiziert auch sogenannte Fluchtlinien, an denen sich die Gestaltungselemente ausrichten. Zu beachten ist dabei, dass möglichst wenige Fluchtlinien als Bezugslinien dienen.



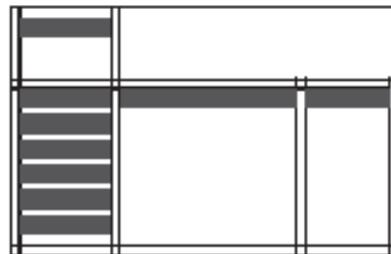
**Abbildung 3:** Bildelemente an wenigen Fluchtlinien ausgerichtet (Quelle: SCHNEIDER 2010, mit freundlicher Genehmigung von T. Schneider, ergo-online)

Die Abstände zwischen den verschiedenen Bild-, Text und Navigationselementen sollten großzügig bemessen sein und einer gleichbleibenden Logik folgen. Diese ergonomischen Gestaltungsregeln sind wichtig, um eine gewisse Ordnung auf dem Bildschirm zu erhalten und das Auge des Betrachters nicht unnötig belastet wird (SCHNEIDER 2010, HAMMER 2011)

Diese und weitere Anforderungen wurden von RIEKERT (2007) in seinen vier Gestaltungsregeln für Programmierer zusammengestellt:

### 1. REGEL

Horizontale und vertikale Gestaltungssachsen einhalten.



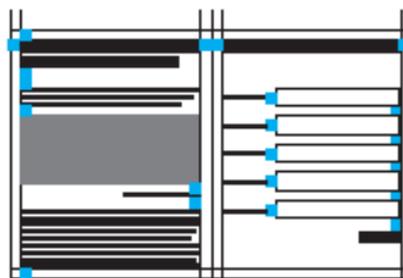
### 2. REGEL

Icons zentriert platzieren



### 3. REGEL

Zwischen einzelnen Elementen Abstand halten



### 4. REGEL

Einheitliche Zwischenabstände verwenden



**Abbildung 4:** Gestaltungsregeln für Programmierer von RIEKERT (2007), mit freundlicher Genehmigung von Seibert/Media GmbH

### 3.1.2. Farbgestaltung

Die folgenden Empfehlungen beziehen sich vor allem auf den Skin-Hintergrund, die Navigationsleiste und die Schriftfarben. Grafiken und Fotos sind je nach inhaltlichen Anforderungen zu entwerfen.

Die Farbgestaltung ist manchmal nicht frei wählbar, weil die Corporate Identity der Organisation, für die das Lernprogramm erarbeitet wird, eine Farbauswahl vorgibt.

Des Weiteren sollte bei der farblichen Gestaltung eines Lernprogramms auf ergonomische Anforderungen geachtet werden.

Die Farbwahl und die Kombination von Farben sollten gut überlegt sein, da Farbe als das wichtigste Gestaltungsmittel gilt. (HOFFMANN 2013). Gut eingesetzte Farben können Übersichtlichkeit und Transparenz schaffen. Zu viele Farben können verwirren und beim Benutzer Unruhe erzeugen (BALZERT 2009).

Vor allem bestimmt die Zielgruppe die Farbwahl. Teenager sprechen kräftige Farben an. Familien werden mit frischen Natur- und Pastelltönen erreicht. Wissenschaftler und Wissenssuchende werden eher von gedämpften und sachlichen Farben angesprochen. (HOFFMANN 2013).

Auch die emotionale Bedeutung der Hauptfarben sollte bei der Farbgestaltung mit berücksichtigt werden. BALZERT (2009) und BEAIRD (2011) haben jeweils eine Liste der Farbassoziationen zusammengestellt:

- Rot:  
Die Farbe rot ist eine aufregende, dramatische und kraftvolle Farbe, die den Stoffwechsel anregt. Eine Signalfarbe, die Aufmerksamkeit erregt.
- Orange:  
Orange ist eine energiegeladene, dynamische und kreative Farbe. Mit Orange wird z.B. Wärme, Lebhaftigkeit und Optimismus verbunden.

- **Gelb:**

Gelb ist eine leuchtende, hervorstechende und auch wie orange eine energiegeladene Farbe. Sie spiegelt die Sonne und das Licht wieder und vermittelt Heiterkeit.
- **Grün:**

Grün ist eine ruhige, frische und harmonische Farbe. Sie wird mit der Natur, Ruhe und Hoffnung assoziiert.
- **Blau:**

Blau ist eine sehr beliebte Farbe. Sie wirkt physiologisch beruhigend und symbolisiert Vertrauen, aber auch Offenheit und Intelligenz. Manchmal wird Blau auch als Symbol für Kühle und Passivität angesehen.
- **Magenta:**

Magenta ist eine sanfte Farbe, die in der Natur als Blütenfarbe zu finden ist, aber auch mit Edelsteinen, Wein und Abenddämmerung verknüpft wird. In der Webgestaltung ist Magenta eher seltener anzutreffen. Es symbolisiert unter anderem Idealismus, Ordnung und Dominanz.
- **Weiß:**

Weiß ist eher positiv besetzt und stellt die Farbe der Reinheit, Sauberkeit, Unschuld und Klarheit dar. Sie kann aber auch kalt wirken.
- **Grau:**

Grau ist eher eine neutrale und zurückhaltende Farbe. Sie kann aber auch langweilig und trostlos wirken.
- **Schwarz:**

Mit Schwarz werden eher negative Assoziationen geweckt, wie Dunkelheit, Trauer und Tod. Schwarz kann aber auch Stärke und Eleganz ausdrücken.

Laut BEAIRD (2011) spielt die Farbpsychologie bei der Betrachtung der Bildschirmseite durch den Benutzer zwar eine Rolle und kann ein guter Einstieg in die Überlegungen der Farbwahl sein, doch hängt der Erfolg eines Farbschemas eher von der Harmonie der jeweiligen Farben zueinander ab.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, wenn man zwei oder mehrere Farben nebeneinander setzt. Wichtig dabei ist der erzeugte Kontrast, der zwischen Hintergrund und Vordergrund möglichst immer groß sein sollte, um eine gute Lesbarkeit zu erzielen.

Ein Bunt-Unbunt-Kontrast mit einer Kombination von bunten Farben im Vordergrund und unbunten z.B. grauen Farbtönen im Hintergrund, hebt die Strahlkraft der gewählten Farbe besonders hervor und eignet sich gut für die Gestaltung von Bildschirmseiten. (ROHLES 2013, STAPELKAMP 2007). Ein Hell-Dunkel-Kontrast, bei dem die Farben mit unterschiedlichen Helligkeiten verwendet werden, kann einer Gestaltung Dynamik und Ausdruck verleihen, kann aber auch leblos wirken. Gut geeignet ist er für die Differenzierung von Text zum Hintergrund.

Bei der Kombination von Komplementärfarben ist der Kontrast sehr groß und die Farbwirkung ist sehr dynamisch und lebendig. Sie lässt sich aber oft nicht so gut kontrollieren.

Für einen gut lesbaren Text ist ein ausreichender Kontrast von Schrift- und Hintergrundfarbe bedeutend. Dunkle Schrift auf hellem Hintergrund hat den höchsten Kontrast und ist, wie bei gedruckten Medien auch, am Bildschirm am besten zu lesen. Doch die weiße Farbe auf dem Bildschirm strahlt sehr und ist auf Dauer für das Auge sehr anstrengend (THESMANN 2010, STAPELKAMP 2007). Im Allgemeinen wird eine schwarze Schrift vor einem schwach abgetönten, hellen Hintergrund z.B. Grautöne empfohlen. Weiße Schrift auf dunkelgrauem Hintergrund wird benutzt, um bestimmte Sachverhalte hervorzuheben oder näher zu erklären.

### 3.1.3. Text und Typographie

Texte spielen nicht nur in einem Buch, sondern auch in einem multimedialen Lernprogramm eine große Rolle. Sie sind die wichtigsten Informationsträger (THESMANN 2010). Doch das Lesen am Bildschirm ist anstrengender als das Lesen auf dem Papier. Gründe dafür sind zum einen die schlechtere Auflösung des Bildschirms im Vergleich zum gedruckten Text (BÖHRINGER 2014) und zum anderen der direkte Blick des Lesers in eine Lichtquelle (SCHWARZ 2008, BALZERT 2009).

Außerdem ergaben Untersuchungen, dass das Leseverhalten am Bildschirm vom üblichen Lesen abweicht: Der Benutzer „überfliegt“ oder „scantt“ den Text meist nur (NIELSEN 2006, BALZERT 2009). Er sucht im Text nach Schlüsselwörtern, um schnell an seine Ziele oder Informationen zu kommen. Reicht das nicht aus, wird der Text nach weiteren Details durchforstet. Es findet also ein sehr gezieltes, inhaltsorientiertes Lesen statt.

Daher ist es wichtig, den Text gut strukturiert, einfach und verständlich zu gestalten. Eine Gliederung sollte leicht erkennbar sein. Lange Fließtexte sollten vermieden werden. Eine Einteilung des Inhaltes in mehrere kleine Einheiten ist von Vorteil. Mit verschiedenen Schriftgrößen oder – stärken können wichtige Punkte hervorgehoben werden.

SCHWARZ (2008) empfiehlt außerdem, Zeilen nicht zu lang zu gestalten, sondern ungefähr 35 Zeichen pro Zeile zu verwenden. Das Auge des Betrachters verliert sich sonst schnell im Text.

Eine gute und einfache Lesbarkeit eines Textes auf einem Bildschirm hängt von verschiedenen Faktoren ab:

#### **a. Schriftart:**

Für den Bildschirm werden serifenlose Schriften empfohlen, da sie auch in kleinen Schriftgrößen besser zu lesen sind als Serifenschriften. Serifen sind kleine, abschließende Querstriche am oberen oder unteren Ende von Buchstaben. Serifenschriften eignen sich für längere gedruckte Texte, da sie das Auge des Lesers lenken und in der Zeile halten. Die Auflösung auf dem Monitor ist im Vergleich zum Druck schlechter und die kleinen Serifen

können nicht korrekt oder sauber dargestellt werden (BALZERT 2009). Außerdem überstrahlt der leuchtende Hintergrund die feinen Serifen, die somit für das menschliche Auge undeutlich werden und das Lesen erschweren (THESMANN 2010).

Grundsätzlich sollte eine Standardschrift wie z.B. Arial oder Verdana verwendet werden, die von den wichtigsten Betriebssystemen (wie Windows und Mac) unterstützt wird. Kann eine Schrift vom Browser nicht dargestellt werden, wird sie durch eine andere Schrift ersetzt, was das komplette Layout zerstören kann (BALZERT 2009).

#### **b. Schriftgröße:**

Die Schriftgröße hängt von der Schriftart und der Textmenge ab, doch generell gilt, je größer die Schrift, desto besser ist sie lesbar. Es wird empfohlen, maximal drei verschiedene Schriftarten und -größen zu verwenden, damit nicht der Eindruck von Unruhe entsteht. Hervorhebungen sollten sparsam eingesetzt werden. Laut SCHWARZ (2008) eignet sich dafür am besten der Fettdruck, da Kursivschrift und Großbuchstaben am Bildschirm schlecht zu lesen sind und der Unterstrich als Kennzeichnung für Hyperlinks gilt.

#### **c. Zeilenformatierung:**

Bei der Bildschirmdarstellung wird für eine bessere Lesbarkeit empfohlen, den Zeilenabstand größer als beim Druck zu wählen. Der Zeilenabstand sollte etwa das Anderthalb- bis Zweifache der Schriftgröße betragen. (BALZERT 2009). Die Linksausrichtung ist für das Web Standard und laut SCHWARZ (2008) gut geeignet. Durch eine fehlende Silbentrennung vom Browser können beim Blocksatz größere Lücken im Text entstehen, was ein flüssiges Lesen signifikant beeinträchtigt.

#### **3.1.4. Bilder und Grafiken**

In einem multimedialen Lernprogramm sind Bilder und Grafiken neben den Texten die wichtigsten Informationsträger. Sie vermitteln Wissen, veranschaulichen Inhalte aus dem Text oder stellen Funktionen für die Bedienung des Lernprogramms dar. Sie sind Stimmungsträger und lockern eine Seite auf. Bilder ziehen meist sofort die Blicke des

Betrachters auf sich und werden schneller wahrgenommen als Texte. Dabei müssen sie mit Bedacht eingesetzt werden, damit der Gesamteindruck einer Seite harmonisch bleibt. Bei der Gestaltung ist zu beachten, dass sich nicht zu viele Bilder auf einer Seite befinden, da die Seite sonst zu überladen wirkt. Außerdem sollten nur wenige unterschiedliche Bildgrößen im gesamten Lernprogramm verwendet werden. Maximal drei bis fünf Formate empfiehlt JACOBSEN (2014). Zu viele verschiedene Bildgrößen wirken unruhig und unprofessionell. Auch wird angeraten, die Bildstile und die Farbpalette von den Bildern möglichst konsistent zu halten. Dies schafft eine harmonische Durchgängigkeit im gesamten Lernprogramm (BALZERT 2009). Es sollten nur Bilder eingesetzt werden, die für den Benutzer relevant, interessant und ansprechend sind. JACOBSEN (2014) weist darauf hin, dass Bilder nicht zu viele Details enthalten dürfen, da sie sonst zu überladen wirken. Damit der Benutzer Schriften und Informationen gut lesen kann, sind diese groß genug zu wählen. Können nicht alle Einzelheiten erkannt werden, muss eine Vergrößerung des Bildes möglich sein. Icons, auch Piktogramme genannt, sind kleine, abstrakte Grafiken mit prägnanten Formen und nur wenigen Farben, die im hohen Grad selbsterklärend sind. Sie werden in der Navigation von Programmen oder Websites benutzt. Wichtig dabei ist, dass die Icons Symbolen ähneln, die der Benutzer aus seiner Erfahrung schon kennt und dass sie in logisch zusammengehörigen Gruppen auf der Bildseite angeordnet sind. Somit sollte die Funktion dieser Icons unmittelbar klar sein (THESMANN 2010). Ein schneller Seitenaufbau ist von großer Bedeutung, wie es im Kapitel 3.1.8. Performance schon beschrieben wurde. Daher sollten Bilder und Grafiken auf eine geringere Speichergröße komprimiert werden. Ein häufig verwendetes und gut geeignetes Bildformat für Fotos ist JPEG (Joint Photographic Experts Group), da es Bilder mit einer Farbtiefe von 24-Bit speichert, sehr wenig Speicherplatz benötigt und von allen gängigen Browsern unterstützt wird (BALZERT 2009, THESMANN 2010). Es ist ein verlustbehaftetes Komprimierungsverfahren, doch ist der Unterschied zum Originalbild mit dem menschlichen Auge kaum oder gar nicht zu erkennen. Technische Zeichnungen sollten immer mit speziellen Grafikprogrammen (z. B. Corel Draw) erstellt werden, da sie als Vektorgrafiken gespeichert und somit

ohne Qualitätsverlust kleiner und größer skaliert werden können. Die Ausgabe und Einbindung dieser Zeichnungen in das Lernprogramm geschieht aber letztendlich auch im JPEG-Format, da das Vektorgrafikformat noch nicht von allen Browsern unterstützt wird. Für grafische Elemente, wie zum Beispiel Icons und Buttons, empfiehlt sich das GIF-Format (Graphics Interchange Format) oder das weiterentwickelte PNG-Format (Portable Network Graphics), da die Komprimierung verlustfrei ist und die Formate von allen modernen Browsern unterstützt werden (BALZERT 2009).

### **3.1.5. Animationen**

Eine Animation ist eine Simulation von Bewegung, die durch das Anzeigen von vielen hintereinander gereihten Einzelbildern entsteht. Damit der Betrachter eine annähernd flüssige Bewegung sieht, muss eine Sequenz aus mindestens 24 Bildern pro Sekunde bestehen (BALZERT 2009).

Animationen können eingesetzt werden, um komplexe Sachverhalte oder Abläufe noch besser zu veranschaulichen und zu erklären. Damit der Benutzer sein Lerntempo beim Betrachten von Animationen selbst bestimmen kann, sollten diese laut BALZERT (2009) über Steuermechanismen, wie Ein- und Ausschalten, Anhalten und Weiterlaufen lassen, verfügen.

Da Animationen die Aufmerksamkeit des Betrachters sehr stark auf sich ziehen und von anderen wichtigen Sachverhalten ablenken können, wird empfohlen, dass sich maximal ein animiertes Element auf einer Seite befindet (THESMANN 2010). Sind mehrere animierte Elemente auf einer Seite, sollten diese erst durch Anklicken des Benutzers starten.

Animationen bestehen aus vielen Vektorgrafiken, die in eine Folge von Bitmapbildern umgerechnet werden. Dadurch entsteht ein Video, welches dann in einer Videodatei z.B. AVI-Datei gespeichert werden kann. Zur Anwendung im Internet oder in einem Lernprogramm mit Browserunterstützung müssen diese Dateien aber noch komprimiert und in ein kompatibles Format umgewandelt werden.

Dafür hat sich laut THESMANN (2010) das Dateiformat FLV (Flash Video)

als Standard etabliert. Alternative ist das HTML 5, was aber nur von neueren Browsern unterstützt wird. Um Flash Videos anschauen zu können, muss auf dem Computer ein Adobe Flash-Player installiert werden. Dies geschieht mit den meisten Browsern automatisch. Probleme gibt es bei mobilen Geräten, wie Smartphones und Tablets von Apple, die kein Flash Video Format unterstützen oder bei größeren Firmen, die bestimmte Vorschriften für die Nutzung von Software haben, wie z.B. dass keine automatische Installation von Flash Video erlaubt ist (JACOBSEN 2014). Doch Vorteile von Flash Videos sind die leichte Einbindung in Websites und die Möglichkeit, qualitativ hochwertige Videodateien in fast Echtzeit über das Internet zu übertragen (<http://www.itwissen.info>. Stand: 25.03.2015).

### **3.1.6. Usability**

Usability wird im deutschen Sprachgebrauch auch Gebrauchstauglichkeit oder Benutzerfreundlichkeit genannt und ist „... das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“ (DIN EN ISO 9241-11: 2006). Bezogen auf eine Software wird darunter die Qualität der Bedienung und Steuerung dieser Software von einem Anwender verstanden. Eine besonders einfache und dem Aufgabengebiet angepasste Bedienung wird dabei als benutzerfreundlich angesehen. Es erfordert eine hoch ausgereifte Technik, Software-Produkte gebrauchstauglich zu machen, ohne dass der User dieses bemerkt.

Der Dialog zwischen Mensch und PC erfolgt über eine sogenannte Bedienoberfläche, die sich aus „Eingabegeräten“ (z. B. Tastatur und Maus) und „Ausgabegeräten“ (z. B. Computerbildschirm oder Drucker) zusammensetzt (HERZCEG 2009).

Im Teil 110 der Norm DIN EN ISO 9241: 2006 werden Grundsätze zur Dialoggestaltung genannt, die allgemein anerkannt sind und Mindestanforderungen darstellen. BALZERT (2009) fasst diese Grundsätze folgendermaßen zusammen:

- Aufgabenangemessenheit – schnelle und einfache Erledigung der Aufgabe.
- Selbstbeschreibungsfähigkeit – Dialog ist selbsterklärend, Verständlichkeit durch Hilfen/ Rückmeldungen, die Bedienungsanleitung wird nur selten benötigt.
- Steuerbarkeit – Dialogablauf kann durch Benutzer gesteuert werden (z.B. kann der Benutzer beliebig vor- und zurückgehen, ohne dass eine vorbestimmte Reihenfolge eingehalten werden muss).
- Erwartungskonformität – Bildschirmaufbau ist konsistent (z.B. haben Hyperlinks immer die gleiche Farbe).
- Fehlertoleranz – die Software verhindert weitgehend Eingabefehler; eingegebene Fehler können leicht korrigiert werden.
- Individualisierbarkeit – die Software lässt sich an die Arbeitsweise eines Benutzers anpassen (z.B. kann ein Benutzer selbst entscheiden, ob Informationen angezeigt werden sollen oder nicht).
- Lernförderlichkeit – der Benutzer wird beim Erlernen des Dialogsystems unterstützt und angeleitet, Einarbeitungszeit wird minimiert, dazu werden Metaphern (z. B. Icons) verwendet.

Die Usability verfolgt ein grundlegendes Ziel, nämlich dem Benutzer beim Arbeiten mit einer Software Orientierung zu bieten (ROHLES 2013). Um dieses Ziel zu erreichen, ist vor allem auch eine gut geordnete und übersichtliche Navigation wichtig.

### **3.1.7. Navigation und Orientierung**

Eine gute Navigation ist für ein multimediales Lernprogramm essentiell. Sie sollte intuitiv und konsistent sein (BAZERT 2009). Darüber hinaus wird empfohlen, dass die Navigation dem Benutzer die Orientierung bietet, wo im Lernprogramm er sich gerade befindet und den Eindruck von Tiefe und Breite des Lernprogramms vermittelt (ROHLES 2013). Das heißt, es ist hilfreich, wenn der aktuell aufgerufene Abschnitt hervorgehoben wird und

die Navigationsstruktur jederzeit einen Überblick über den gesamten inhaltlichen Rahmen gibt.

Für die Orientierung dient ein sogenanntes Strukturdiagramm, wobei die Inhalte zunächst in Hauptkategorien auf der ersten Inhaltsebene, auch primäre Navigation genannt, zugeordnet werden. Diese primäre Navigation sollte auf jeder Seite stehen, damit der Benutzer sich jederzeit orientieren und zu einer anderen Hauptkategorie wechseln kann. Zu jedem Hauptkapitel können dann Untermenüs auf der zweiten Inhaltsebene, auch sekundäre Navigation genannt, gebildet werden (RADTKE 2012, BAZERT 2009).

Dabei sind folgende Regeln zu beachten:

- 7 (+/-2)- Regel: Das menschliche Gehirn kann sieben Elemente optimal pro Bereich aufnehmen, dies wurde bei empirischen Test ermittelt. Das heißt, mehr als neun Elemente kann der Benutzer nicht mehr so gut erfassen und er verliert den Überblick. Weniger als fünf Elemente wirken mager und bieten keine wirkliche Auswahlmöglichkeit (JACOPSEN 2014)
- Maximal 3-4 Mausklicks bis zum Ziel: mit einer überschaubaren Anzahl von Mausklicks sollte jede Information erreichbar sein (RADTKE 2012). Sind mehr Mausklicks notwendig, verliert der Benutzer die Geduld und ist genervt.

Zusammen machen die primäre und die sekundäre Navigation die Struktur eines Lernprogramms transparent und übersichtlich.

Die Navigationselemente müssen klar von anderen Bereichen wie Lernfenstern getrennt sein und die Positionierung sollte sich an Standards anlehnen, da Benutzer sich inzwischen daran gewöhnt haben und sogar einen standardisierten Aufbau erwarten. Eine übliche Aufteilung einer Seite ist das „gekippte L“, wobei sich links oben das Logo befindet und rechts daneben in der Waagerechten die Hauptnavigation. An der linken Seite ist das Untermenü angeordnet (JACOBSEN 2014).

Die Steuerelemente, sogenannte Hyperlinks oder auch nur Links genannt, sollten klar und deutlich in ihrer Funktion erkennbar sein. Ein Hyperlink ist

eine Verknüpfung zu anderen Dateien wie z.B. Filmen, Bildern, Animationen oder anderen Seiten. Der Benutzer aktiviert diese Links aktiv z.B. durch einen Mausklick und gelangt so auf andere Seiten, die weitere Informationen bringen.

Links können unterschiedlich dargestellt werden, z.B. durch anklickbare Wörter (Hotwords), Schaltflächen (Buttons) oder Bilder einschließlich Icons und Piktogramme. Hotwords sind Wörter mit einem Unterstrich und einer anderen Farbe und heben sich somit vom restlichen Text ab. Icons und Piktogramme sind Symbole, die eine Information durch vereinfachte grafische Darstellung vermittelt. Laut THESMANN (2010) sind die Vorteile von Icons, dass sie leicht erkennbar, platzsparend, sprachunabhängig und selbsterklärend sind.

### **3.1.8. Performance**

In der Praxis und auch in der Fachliteratur wird unter Performance die Geschwindigkeit verstanden, mit der sich Bildschirmseiten, wie z.B. Internetseiten oder Seiten eines browsergesteuerten Lernprogramms, aufbauen. Die Performance ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Rechengeschwindigkeit des Benutzergerätes
- Browser
- Programmcode
- Umfang und Größe der Grafikdateien

Dass nicht alle Benutzer neue und leistungsstarke Computer haben, ist bei der Planung eines Lernprogramms zu beachten.

Forrester Consulting und Akamai haben bei einer Studie herausgefunden, dass die Bildschirmaufbau-Wartezeit von Internetusern maximal zwei Sekunden beträgt, bevor sie ungeduldig werden und die Website wieder verlassen (FORRESTER CONSULTING 2009). JACOBSEN (2014) schreibt, dass Benutzer von Offline-Anwendungen wie z.B. Programmen auf DVD-Rom, im Vergleich zu Online-Anwendungen mehr Zeit einplanen und geduldiger sind. Trotzdem sind kurze Ladezeiten von Bildschirmseiten

von großer Bedeutung, damit der Benutzer zufrieden ist und nicht ungeduldig wird.

Um die Ladezeiten gering zu halten, sind im Einzelnen folgende Maßnahmen zu beachten:

- Benutzergerät:
  - Angaben von Mindestanforderungen an den Computer, damit das Lernprogramm gut benutzen werden kann.
  - Angaben zu den verwendbaren Browsern.
- Programmcode:
  - kleine HTML-, Bild-, Stylesheet-, Java-Script-Dateien benutzen (KUHN 2013).
  - CSS- und JavaScript-Dateien möglichst in eine einzige Datei packen und auslagern, da das Laden von vielen einzelnen Dateien jedes Mal mehr Zeit benötigt (THÜRK 2014).
  - CSS- und JavaScript Dateien minimieren, durch Optimierung des Codes, indem z.B. unnötige Leereichen entfernt werden (THÜRK 2014).
  - bei allen Grafiken die Attribute „height“ und „width“ angeben, damit der Browser das Bild nicht erst in Originalgröße lädt und dann herunterskaliert (WEINREICH 2002, THÜRK 2014).
- Grafikdateien
  - komprimierte Bilder einsetzen (WEINREICH 2002, THÜRK 2014); bei Fotos und realistischen Bildern das JPG-Format wählen; bei abstrakten Grafiken das GIF-Format (WEINREICH 2002).
  - Grafiken mehrfach verwenden, wie z.B. wiederkehrende Icons (WEINREICH 2002).

### 3.2. Didaktik

Der Begriff Didaktik stammt aus dem Altgriechischen „didáskein“ und heißt übersetzt „lehren“. Die Didaktik bedeutet die „Lehre vom Lehren und Lernen“ (DUDEN 2013) und ist eine wichtige Disziplin in der Pädagogik. Ziel der Didaktik ist es, das Lehren zu verbessern und das Lernen zu erleichtern. Dabei sind Erkenntnisse aus der Psychologie über die Verarbeitung von Informationen und das Lernverhalten eines Menschen von essentieller Bedeutung.

Der Erfolg eines Lernprogramms hängt wesentlich von seiner didaktischen Gestaltung ab.

Um die didaktischen Gestaltungsgrundlagen für multimediale Lernprogramme zu kennen, ist es wichtig die menschlichen Lernprozesse zu ergründen. Es gibt zwei zentrale Theorien, die sich mit der menschlichen Informationsaufnahme und – verarbeitung beim multimedialen Lernen befassen. Aus diesen Theorien lassen sich Kriterien erstellen, die für die Konzeption eines multimedialen Lernprogramms wichtig sind.

Die „Cognitive Load Theorie“ von John Sweller beruht auf der Annahme, dass das Lernen als Veränderung im Langzeitgedächtnis definiert wird (REY 2009). Neue Informationen gelangen vom sensorischen Speicher ins Arbeitsgedächtnis. Dort werden sie mit dem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis abgeglichen und in automatisierte Schemata umgewandelt, um in das Langzeitgedächtnis integriert zu werden. Es wird angenommen, dass das Arbeitsgedächtnis eine begrenzte Aufnahmekapazität hat.

Die grundlegenden Aussagen der Cognitive Load Theorie für ein besseres Lernen sind, das Arbeitsgedächtnis nicht zu überladen und die Entstehung von Schemata und dessen Eingliederung ins Langzeitgedächtnis zu erleichtern.

Nach der Cognitive Load Theorie gibt es drei Arten von Belastungen, die den Lernprozess beeinträchtigen können (SWELLER 2005):

- Intrinsischer Cognitive Load

Die intrinsische Belastung ist die Belastung, die vom Lernmaterial selbst ausgeht. Ist das Lernmaterial sehr schwierig zu verstehen und sehr komplex, dann ist die intrinsische Belastung höher.

- Extrinsischer Cognitive Load

Die extrinsische Belastung bezieht sich auf die Darbietung des Lernstoffs. Sie ist geringer, wenn die Informationen übersichtlich und schnell auffindbar sind und keine überflüssigen Erklärungen vom Lernen ablenken. Clark et al. (2006) schreiben, dass Inhalte in leicht versteh- und verarbeitbare Elemente, nach dem Grundsatz „weniger ist mehr“, aufbereitet und in kleinen Portionen dargeboten werden sollen.

- Germane Cognitive Load

Der Germane Cognitive Load oder auch lernbezogene Belastung genannt, stellt die Belastung dar, die mit dem Lernen verbunden sind, d. h. welchen Aufwand der Lernende betreiben muss, um das Lernmaterial zu verstehen und um Schemata aufbauen zu können. Das bedeutet, je größer die lernbezogene Belastung ist, desto besser die Lern- und Verständnisleistung. Der Germane Cognitive Load hängt von der Darbietung des Lernmaterials ab. Damit sich die lernbezogene Belastung erhöht, müssen z. B. Inhalte anhand von unterschiedlichen Beispielen erarbeitet werden (Clark et al. 2006).

Die andere Theorie ist von Richard E. MAYER (2005b) und wird „Kognitive Theorie multimedialen Lernens“ (CTML) genannt. Sie basiert auf drei grundlegenden Konzepten:

- Informationen werden über zwei Kanäle verarbeitet, dem visuell-bildhaften und dem auditiv-verbale Kanal. Diese Annahme beruht auf der Dualen Kodierungstheorie von Paivio (1986). MAYER (2005a) sagt, dass das Lernen mit Wörtern und Bildern besser ist, als nur mit Wörtern.
- Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist limitiert. Das heißt, es sollten nicht zu viele Informationen auf einmal dargestellt werden.
- Die menschliche Informationsverarbeitung passiert aktiv. Der Lernprozess tritt dann ein, wenn der Lernende die aufgenommenen

Informationen strukturiert. Dabei sollte das Lernmaterial kohärent aufgebaut sein, um diesen Prozess zu erleichtern.

Außerdem gibt es didaktische Modelle und Grundregeln, die als Rahmenkonzepte oder Hinweise für die Erstellung eines multimedialen Lernprogramms dienen können. ISSING (2009) hat diese in einer Liste der „events of instruction“, übersetzt auch „Unterrichtsereignisse“ genannt und ursprünglich von Robert Gagné erstellt, zusammengefasst:

- Motivation und Aufmerksamkeit erregen
- Anknüpfung an Vorwissen
- Formulierung der Lernziele
- Angebot von Informationen
- Hilfestellungen geben
- Wiederholung, Vertiefung, Übung und Anwendung von Gelerntem
- Lernerfolg kontrollieren und Rückmeldung an den Lernenden geben

Auf einzelne Aspekte wird im Folgenden noch näher eingegangen.

### **3.2.1. Lernziele und Zielgruppenorientierung**

Damit Lernziele vom Lernenden überprüft und erreicht werden können, müssen diese vorher festgelegt und im Lernangebot genannt werden (KERRES 2013). Laut NIEGEMANN (2008) „(...) ist es zweckmäßig, zu Beginn einer Lehreinheit die Lehrziele zu nennen (...). Lernende können dann entscheiden, ob sie sich diese Lehrziele als Lernziele zu Eigen machen möchten.“

Weitere Eigenschaften von Lernzielen nennen THILLOSEN (2014) und DÖRING (2010). Sie schreiben, dass Lernziele bei der Lernplanung helfen und die Lerneffizienz steigern. Außerdem unterstützen sie den Lernenden beim selbstgesteuerten Lernen.

Lernziele sind abhängig vom Kenntnisstand und den Fertigkeiten der Zielgruppe. Die Zielgruppe muss klar definiert und der Wissenstand der Anwender, wenn möglich, bekannt sein. Denn das Vorwissen, die

Zielsetzung und das Interesse der Lernenden sind von entscheidender Bedeutung für deren Lernerfolg. „Damit keine Frustrationen ausgelöst werden, die sowohl durch Langeweile, als auch Überforderung entstehen können, darf das zu erreichende Lernziel weder zu schwierig (unerreichbar), noch zu einfach (langweilig) sein“ (RUGEN 2004).

Die Lernziele und die Zielgruppe geben die Rahmenbedingungen für die Inhalte der Lehrmaterialien an.

### **3.2.2. Inhaltliche Aufbereitung**

Der Inhalt und dessen Aufbereitung sind für den Lernerfolg eines Lernprogramm von essentieller Bedeutung.

Die inhaltliche Aufbereitung sollte nach didaktischen Kriterien erfolgen.

- Portionierung des Lernstoffs:

Der Inhalt sollte in kleine abgeschlossene Lerneinheiten geteilt werden, damit das Arbeitsgedächtnis nicht überladen wird. Beim Lernprozess gelangen die Informationen zuerst ins sogenannte Arbeitsgedächtnis. Laut SWELLER (2005) kann dies aber nur eine begrenzte Menge an Informationseinheiten gleichzeitig verarbeiten. Folglich sollte der Lehrstoff in kognitiv verarbeitete Einheiten zerlegt werden (NIEGEMANN 2008). Auch Mayer und Chandler stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass die Lerneffektivität steigt, wenn komplexe Sachverhalte nicht als Ganzes, sondern in kleine sequenziell aufeinander folgende getrennte Lerneinheiten präsentiert werden (NIEGEMANN 2008).

- Keine komplexen Inhalte

Bei zu komplexen Inhalten kann es zu einer erhöhten intrinsischen Belastung kommen. Besser ist es, Inhalte leicht verständlich und übersichtlich zu präsentieren (SWELLER 2005).

- Sinnvolle und aufeinander aufbauende Gliederung

Der gesamte Lernstoff sollte sinnvoll und aufeinander aufbauend gegliedert sein. Aufgrund einer verhaltenspsychologischen Analyse

von Lernarten schlagen Gagné und Briggs (1979) eine hierarchische Anordnung vor. Diese besagt, dass zuerst grundlegende Voraussetzungen vermittelt werden sollen und danach darauf aufbauende Inhalte (NIEGEMANN 2008).

- Motivation und exploratives Lernen

Motivation gehört zu den zentralen Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen (LERCHE und GRUBER in ISSING 2009). KERRES (2013) schreibt, dass „exploratives Lernen anzuregen, ein idealer Weg zu sein scheint, um Personen stärker für ihr Lernen verantwortlich zu machen und ihre intrinsische Motivation zu fördern“. Exploratives Lernen bedeutet auch entdeckendes Lernen, was auf der menschlichen Neugier basiert. Lernende, die sich selbständig Lerninhalte aneignen, setzen sich mit den Lernmaterialien oftmals nicht linear auseinander, sondern springen gerne zwischen Seiten und Kapiteln hin und her (KERRES 2013). Auch Fortgeschrittene, die nach speziellen Lerninhalten suchen, nutzen gezielte Informationsquellen, wie Index, Glossar oder Hyperlinks. Diese selbständige Interaktivität und Exploration ist für den Lernprozess wichtig (KERRES 2013).

- Möglichkeit der Wiederholung

Häufige Wiederholungen fördert das Lernen (ISSING 2009). Nach RIEDL (2004) belegt die moderne Hirnforschung, dass durch Wiederholungen Nervenschaltkreise öfter betätigt und dadurch die neuronalen Verbindungen, die als Informationsspeicher im Gehirn dienen, stabilisiert werden.

- Multimediales Lernen mit Text:

Die inhaltliche Gestaltung von Text ist von entscheidender Bedeutung für das Verständnis und somit für den Lernprozess. Das „Hamburger Verständlichkeitskonzept“ von LANGER, SCHULZ von THUN & TASUCH (2002) stellt ein paar praktikable Gestaltungsempfehlungen dar:

- Sprachliche Einfachheit durch kurze, einfache, prägnante Formulierungen

- Klare äußere Gliederung und logische innere Anordnung der Informationen.
- Anregende Zusätze durch z.B. anschauliche Erklärungen

- Multimediales Lernen mit Bildern:

Lernen mit Wörtern und Bildern ist besser, als nur mit Wörtern (MAYER 2005a).

Laut HORZ (2015) fördern informative Bilder den Lernprozess. Er beschreibt dazu ein paar Merkmale:

- Interpretationserleichterung:  
Bilder können Inhalte veranschaulichen und dadurch das Verständnis der Sachverhalte verbessern.
- Motivation:  
Bilder wecken das Interesse von Lernenden
- Orientierung und Strukturierung:  
Bilder können komplexe Sachverhalte einfacher „auf einem Blick“ erklären
- Vertiefte Enkodierung:  
Bilder können die Behaltensleistung und Verarbeitungstiefe von Lernmaterialien verbessern

- Multimediales Lernen mit Animationen:

Animationen fördern das Lernen und sind statischen Bildern in Bezug auf den Lernerfolg überlegen, wenn sie lernzielrelevante Inhalte darbieten und realitätsnah sind (NIEGEMANN 2008 und HORZ 2015). Dies haben HÖFFLER und LEUTNER (2007) in einer Meta-Analyse von 26 Studien untersucht.

### **3.2.3. Erfolgskontrollen**

Erfolgskontrollen dienen dazu, den Lernstand zu erfassen. Dies ist wichtig, um mögliche Lerndefizite zu erkennen. Laut ARNOLD (2011) ist die Prüfung des Lernerfolgs ein zentrales Element beim Lernen und Lehren.

Besonders bei multimedialen Lernumgebungen haben Lernkontrollen eine große Bedeutung, da kein Tutor vorhanden ist, der dem Lernenden Rückmeldung gibt. Der Lernende muss mit Tests und Übungen seinen Wissenstand selbst überprüfen (NIEGEMANN 2008).

Für den Erfolg eines Lernprogramms sind also die Berücksichtigung der Grundlagen von Ergonomie und Didaktik von eminenter Bedeutung.

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

#### **1. Tiere**

Alle EKG-Befunde, die für das Lernprogramm erstellt wurden, stammen ausschließlich von Tieren aus Privathaushalten, bei denen im Rahmen einer kardiologischen Untersuchung ein EKG indiziert war. Diese Hunde und Katzen wurden von Frau Prof. Dr. Cordula Poulsen Nautrup, am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München als Patienten untersucht.

Ein Teil der Original-EKGs wurde mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. med. vet. Jan-Gerd Kresken, Tierklinik am Kaiserberg in Duisburg, von Frau Dr. med. vet. Susanne Schlieter, Kleintierklinik in der Wiehre in Freiburg im Breisgau und von Frau Dr. med. vet. Anne-Ly Peissner, Tierarztpraxis in Schorndorf zur Verfügung gestellt. Auch diese EKGs entstanden von Patienten, die während der täglichen Praxistätigkeit untersucht worden sind und bei denen ein EKG indiziert war.

Alle EKGs sind in einem Zeitraum von sechs Jahren (2008 - 2013) zusammengetragen worden. Aufgrund der großen Anzahl der untersuchten Tiere, stammen die im Programm verwendeten EKG-Befunde von Hunden und Katzen diverser Rassen und unterschiedlicher Altersstufen ab, entsprechend der Angaben von Inga Wölfel (2015).

Die Anzahl der untersuchten und dokumentierten Tiere war erheblich größer, doch aufgrund von Befundgleichheit oder eingeschränkter Aufnahmequalität wurden nicht alle herangezogen. Insgesamt existierten 1879 EKG-Aufzeichnungen von 691 Tieren zur Durchsicht und Selektion. Letztendlich wurden in dem Lernprogramm 116 Original-EKGs von 41 Hunden und 14 Katzen verwendet.

## 2. Lehrmedien als Grundlage für die Erstellung des Lernprogramms EKG Basics

Für die Erstellung des Lernprogramms EKG Basics dienten zahlreiche Lehrmedien aus der Veterinär- und Humanmedizin. Zusätzlich lieferten Vortragsunterlagen von Frau Professor Dr. Cordula Poulsen Nautrup weitere Informationen.

### 2.1. Veterinärmedizinische Lehrmedien

Die Elektrokardiographie ist ein Teil der kardiologischen Untersuchung und wird daher in fast allen veterinärmedizinischen Lehrbüchern der Kardiologie, der allgemeinen und der speziellen inneren Medizin in einem eigenen Kapitel bearbeitet. Veterinärmedizinische Lehrmedien, die sich ausschließlich mit der Thematik beschäftigen, sind relativ rar.

Die folgende Tabelle stellt einen Überblick über die verwendeten veterinärmedizinischen Lehrmedien zum Thema Elektrokardiographie bei Hund und Katze dar.

<b>Autor, Erscheinungsjahr</b>	<b>Titel</b>	<b>Medienform</b>	<b>Sprache</b>
TILLEY, L. P. (1989)	EKG bei Hund und Katze	EKG-Monographie	deutsch
BAATZ, G. (2002)	EKG bei Hund und Katze	EKG-Monographie	deutsch
MARTIN, M. (2007)	Small animal ECGs: an introductory guide	EKG-Monographie	englisch
TILLEY, L. P. et all (2008)	EKG Made Easy	EKG-Monographie	deutsch
BERNAL, J. (2011)	EKG-Interpretation in der Kleintierpraxis	EKG-Monographie	deutsch
KITTELSON, M. D. und KIENLE, R. D. (1998)	Small Animal Cardiovascular Medicine	Kardiologische Monographie	englisch
FOX, P. R. et all (1999)	Textbook of Canine and Feline Cardiology	Kardiologische Monographie	englisch
TOBAS, R. et all (2008)	Kleintierkardiologie kompakt	Kardiologische Monographie	deutsch

TILLEY, L. P. et all (2008)	Manual of Canine and Feline Cardiology	Kardiologische Monographie	englisch
CÔTÉ, E. et all (2011)	Feline Cardiology	Kardiologische Monographie	englisch
Ware (2011)	Cardiovascular Disease in Small Animal Medicine	Kardiologische Monographie	englisch
HORZINEK, M. C. et all (2005)	Krankheiten der Katze	Internistische Monographie	deutsch
GRÜNBAUM, E.-G. et all (2007)	Klinik der Hundekrankheiten	Internistische Monographie	deutsch
ETTINGER, S. J. und FELDMAN, E. C. (2010)	Textbook of Veterinary Internal Medicine	Internistische Monographie	englisch
SUTER, P. F. et all (2011)	Praktikum der Hundeklinik	Internistische Monographie	deutsch
NELSON und COUTO (2014)	Small Animal Internal Medicine	Internistische Monographie	englisch
WESS, G. (2004)	Tierkardiologie	Website	deutsch
O'GRADY, M. R. (2004)	Clinical Cardiology Concepts for the dog and cat	Website	englisch
POULSEN NAUTRUP, C. et all (2014)	Interactive Three-dimensional real-time modelling of the Feline Heart	Vortrag	englisch
SCHLIETER, S. (2002)	Die kardiale Entwicklung bei Doggenwelpen dargestellt mittels Echokardiographie	Dissertation	deutsch
WÖLFEL, I. (2015)	EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis	Dissertation	deutsch

**Tabelle 6:** Übersicht der verwendeten veterinärmedizinischen Lehrmedien

## 2.2. Humanmedizinische Lehrmedien

In der Humanmedizin ist das Lehrangebot zum Thema Elektrokardiographie wesentlich umfangreicher als in der Tiermedizin. Im Folgenden wird nur die Literatur aufgeführt, die für die Anfertigung des Lernprogramms benutzt wurde.

<b>Autor, Erscheinungsjahr</b>	<b>Titel</b>	<b>Medienform</b>	<b>Sprache</b>
VON OHLSHAUSEN, K. (2005)	EKG-Information	EKG-Monographie inkl. CD-Rom	deutsch
GERTSCH, M. (2008)	Das EKG	EKG-Monographie	deutsch
GANSCHOW, U. (2010)	EKG-Kurs	EKG-Monographie	deutsch
OHLY, A. (2011)	EKG endlich verständlich	EKG-Monographie	deutsch
KLEINDIENST (2011)	EKG-Online	Website	deutsch
SCHUSTER, H.-P. und TRAPPE, H.-J. (2013)	EKG-Kurs für Isabel	EKG-Monographie inkl. CD-Rom	deutsch
THOMAE, U. (1974)	Einführung in die Vektorelektrokardiographie	Lehrbuch	deutsch

**Tabelle 7:** Übersicht der verwendeten humanmedizinischen Lehrmedien

### 3. Technisches Equipment

#### 3.1. EKG-Aufnahmegeräte

Zur Aufzeichnung von Elektrokardiogrammen (EKGs) bei Hunden und Katzen dienten folgende EKG-Geräte:

- **Cardio M Plus** der Firma Medical Econet GmbH, Oberhausen, Deutschland. Ein analoges 12-Kanal-EKG-Gerät mit einer zusätzlichen liquid crystal display (LCD)-Anzeige von drei Ableitungen und mit einem 12-adrigen Patienten-kabel zur Aufnahme von sechs Gliedmaßenableitungen und vier Brustwandableitungen.
- **Lifecard CF®** der Firma DelMar Reynolds GmbH, Kronberg, Deutschland. Ein digitaler Dreikanal-EKG-Rekorder mit LCD-Display und Speicherung der Daten auf einer Flashcard. Ein dreiadriges Patienten-kabel zur Aufnahme von drei Ableitungen. Dieses EKG-Gerät wurde für Langzeit-EKG-Aufnahmen verwendet.
- **Multiscriptor EK 403** der Firma Hellige, Freiburg i. B., Deutschland. Ein analoges Dreikanal-EKG-Gerät mit einem 12-adrigen Patienten-kabel zur Aufnahme von sechs Gliedmaßenableitungen und vier Brustwandableitungen.
- **PC-EKG 2000** der Firma Eickemeyer, Tuttlingen, Deutschland. Ein digitales Sechskanal-EKG-Gerät mit der Möglichkeit zum Anschluss an einen Personal Computer (PC) über eine Universal Serial Bus (USB)-Schnittstelle und Bedienung mittels eines Windows-basierten Programms. Ausgestattet mit einem fünfadrigen Patienten-kabel zur Aufnahme von sechs Gliedmaßenableitungen und einer Brustwandableitung.
- **Televet 100** der Firma Engel Engineering Service GmbH, Offenbach am Main, Deutschland. Ein digitales Sechskanal-EKG-Gerät mit der Möglichkeit zur Datenübertragung an einen Bluetooth-fähigen PC über eine drahtlose, telemetrische Verbindung. Die Speicherung der Daten fand direkt auf dem PC oder auf einer SD-Karte im Aufnahmegerät statt. Die Bedienung erfolgte

mittels eines Windows-basierten Programms. Ein vieradriges Patienten-kabel zur Aufnahme von sechs Ableitungen stand zur Verfügung. Dieses EKG-Gerät wurde für Langzeit-EKG- und Belastungs-EKG-Aufnahmen verwendet. (ENGEL 2012)

- **Vet 600** der Firma Eickemeyer, Tuttlingen, Deutschland. Ein analoges Einkanal-EKG-Gerät mit einem fünfadrigen Patienten-kabel zur Aufnahme von sechs Gliedmaßenableitungen und einer Brustwandableitung.

### 3.2. EKG-Elektroden

Es wurden verschiedene Elektroden verwendet, die im Folgenden dargestellt werden:

Klemmen:

- Krokodilklemmen groß isoliert, Nennstrom 25A, Stellbereich max. 9,5 mm, Gesamtlänge 81 mm der Firma Hirschmann, Neckartenzlingen, Deutschland
- Krokodilklemmen klein isoliert, Nennstrom 6A, Stellbereich max. 7,5 mm, Gesamtlänge 53 mm der Firma Hirschmann, Neckartenzlingen, Deutschland
- Krokodilklemmen unisoliert, Nennstrom 5A, Stellbereich max. 16 mm, Gesamtlänge 49 mm, der Firma Hirschmann, Neckartenzlingen, Deutschland

Nadelelektroden:

- Nadelelektroden aus rostfreiem Stahl, Länge 25 mm, Durchmesser 0,6 mm der Firma Tierärztebedarf J. Lehnecke GmbH, Schortens

Klebeelektroden:

- Ambu® Blue Sensor P (kleine Kinder-Klebeelektroden) der Firma Ambu, Ballerup, Dänemark
- Skintact® FS-50 (Klebeelektroden mit Gelaufage) der Firma Leonhardt Lang GmbH, Innsbruck, Österreich

### **3.3. Verbandsmaterial**

Zur Sicherstellung einer langen EKG-Aufzeichnung beim Langzeit- oder Belastungs-EKG wurde die EKG-Apparatur am Tierkörper fixiert. Dazu wurden folgende Utensilien benutzt:

- Fixomull® stretch, vollflächige Verbandfixierung von der Firma BSN medical GmbH, Hamburg, Deutschland
- Leukoplast®, ein wasserabweisendes, hautfarbenes Fixierpflaster von der Firma BSN medical GmbH, Hamburg, Deutschland
- PetFlex®-Binden, elastische, selbstklebende Fixierbinden der Firma Andover Healthcare, Salisbury, England
- Rolta® soft Wattebinden von der Firma Paul Hartmann AG, Heidenheim, Deutschland

### **3.4. Hardware**

Das Lernprogramm EKG Basics wurde mit einem Sony® Vaio Laptop (Modell VGN-FZ31S) der Firma Sony Corporation, Tokio, Japan angefertigt.

Geräteinformation:

- Intel® Core™ 2 Duo Processor Technologie
- 2 GB Arbeitsspeicher
- 250 GB Festplatte
- Bildschirm: 15,4 Zoll WXGA (1280x800) X-black LCD mit Doppellampen-Technologie
- Grafikkarte: NVIDIA® GeForce® 8600M GS GPU
- Betriebssystem Windows® XP Professional Version 2002

Die Fotos im Lernprogramm sind mit einer digitalen Kamera Lumix DMC-FZ 50 von der Firma Panasonic, Osaka, Japan aufgenommen worden.

Analoge Original-EKGs wurden mit einem Flachbrettscanner CanoScan LiDE 30/N1240U der Firma Canon, Tokyo, Japan eingescannt und auf

den Personal Computer per USB-Schnittstelle übertragen.

Die Ultraschallbilder und -filme wurden mit dem Ultraschallsystem Sonos 7500 der Firma Philips Healthcare, Hamburg, Deutschland erstellt.

### **3.5. Software**

Die Software-Programme, die für die Anfertigung des Lernprogramms verwendet wurden, stellte das Institut für Tieranatomie (I) der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Verfügung:

- Camtasia Studio® 4 der Firma TechSmith Corporation, Okemos, Michigan, USA
- CorelDRAW® Graphics Suite X3 der Firma Corel Corporation, Ottawa, USA
- Microsoft® Office Powerpoint 2003, Microsoft Corporation, Redmond, USA
- PSPad Editor , Prog-Soft s.r.o., Pilsen, Tschechische Republik
- QLAB 7.1 Advanced Quantification Software, Philips Ultrasound, Bothell, WA 98021, USA
- Snagit® 8, TechSmith Corporation, Okemos, Michigan, USA
- Textcrawler 2.0, Digital Volcano Software Ltd., Leicester, England
- Ulead® Video Studio 10, Ulead Systems, Inc., Taipei, Taiwan
- XMedia Recode 2.2.2.0, Günthersleben, Deutschland

### **3.6. Datenmanagement**

Die Datensicherung fand in erster Linie direkt auf dem Personal Computer statt. Zwei externe Festplatten (WD™ 750 GB und WD™ 120 GB der Firma Western Digital Corporation, Lake Forest, USA) dienten zur dauerhaften EKG-, Bild- und Filmarchivierung.

## **4. Elektrokardiogramme (EKGs)**

### **4.1. Original-EKGs**

#### **4.1.1. Vorbereitungen und EKG-Aufzeichnungen**

Die Original-EKGs sind im Rahmen der Doktorarbeit „EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis“ von Inga WÖLFEL (2015) gesammelt, ausgewählt und bearbeitet worden. Für das Lernprogramm EKG Basics wurden einige Original-EKGs bedarfsweise erweitert. Insgesamt wurden in dem Lernprogramm 116 Original-EKGs von 41 Hunden und 14 Katzen verwendet.

Die Aufzeichnung der Original-EKGs erfolgte als Ruhe-, Langzeit- oder Belastungs-EKG. Abhängig von der Art der EKG-Aufzeichnung, wurden die Tiere entsprechend vorbereitet. Dazu gehörte die jeweilige Lagerung der Patienten, die Entfettung der Kontaktstellen, die Anbringung und Fixierung der Elektroden.

Die Aufnahme der Original-EKGs fand mit verschiedenen EKG-Geräten statt. Überwiegend kamen aber das analoge EKG-Gerät Multiscriptor EK 403 der Firma Hellige, Freiburg i. B., Deutschland und das digitale EKG-Gerät Televet 100 der Firma Engel Engineering Service GmbH, Offenbach am Main, Deutschland zum Einsatz.

##### **4.1.1.1. Ruhe-EKG**

Beim Ruhe-EKG wurden die Tiere in einem ruhigen Raum auf einer weichen Unterlage und mit Zeitungspapier darauf in der rechten Seitenlage gelagert. Der weiche Untergrund förderte die Ruhigstellung der Tiere und das Zeitungspapier verbesserte die Isolierung der EKG-Aufzeichnung gegenüber dem Boden oder dem Tisch.

Die Extremitäten wurden möglichst weit vom Tierkörper weggestreckt und von einer Hilfsperson fixiert. Als Elektroden dienten hauptsächlich Krokodilklemmen.

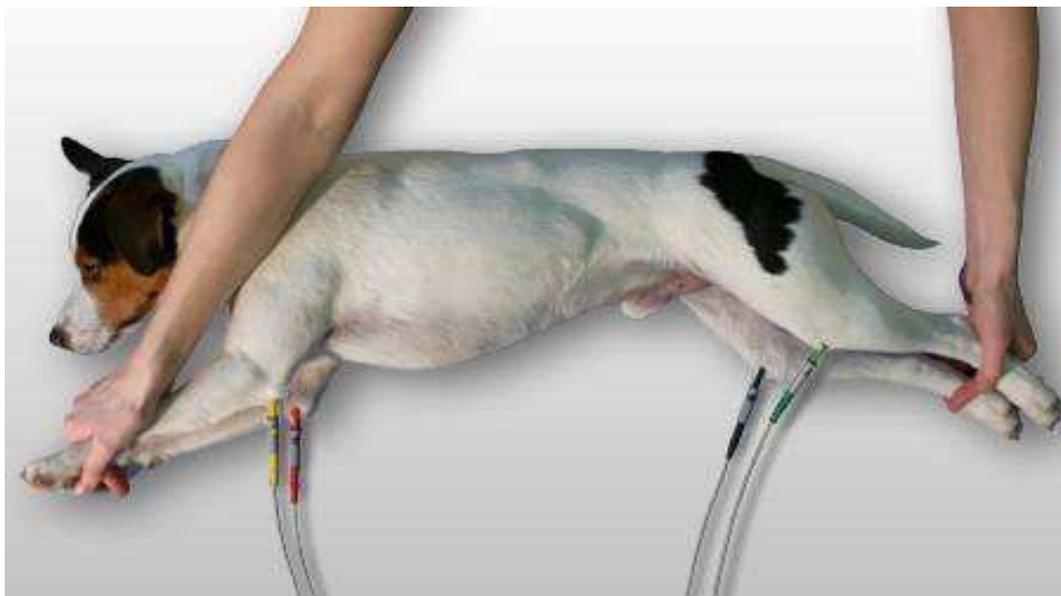
Die Anbringung der Elektroden fand nach dem internationalen Standard statt:

<b>Standard für die Gliedmaßenableitung:</b>			
<b>Bezeichnung und Farbkodierung</b>		<b>Europa</b>	<b>USA</b>
rechte Vordergliedmaße		R ● (rot)	RA ○ (weiß)
linke Vordergliedmaße		L ● (gelb)	LA ● (schwarz)
linke Hintergliedmaße		F ● (grün)	LL ● (rot)
rechte Hintergliedmaße		N ● (schwarz)	RL ● (grün)
 <b>Standard für die Brustwandableitung:</b>			
<b>Bezeichnung und Farbkodierung</b>		<b>Europa</b>	<b>USA</b>
CV5RL: 5. ICR rechts parasternal		C1 ○ (weiß)	V1 ● (rot)
CV6LL: 6. ICR links parasternal		C2 ○ (gelb)	V2 ● (gelb)
CV6LU: 6. ICR links auf Höhe des Rippen-Knorpel-Übergangs		C3 ○ (grün)	V3 ● (grün)
V 10: 7. Brustwirbeldornfortsatz		C4 ○ (weiß)	V4 ● (blau)
 Für die Brustwandableitung werden in der Tiermedizin nur vier Elektroden benutzt, nicht sechs wie in der Humanmedizin.			

**Abbildung 5:** Elektrodenlage für Gliedmaßen- und Brustwandableitungen nach internationalem Standard

Quelle: TILLEY 1989, MARTIN 2007

Für die Gliedmaßenableitungen nach Einthoven und Goldberger wurden die Klemmen an den Vorderextremitäten knapp unterhalb des Olekranons und an den Hintergliedmaßen im Bereich der Kniefalte knapp unterhalb der Patella direkt an die Haut des Tieres appliziert.



**Abbildung 6:** Korrekte Lagerung und Elektrodenapplikation für die Gliedmaßenableitungen beim Ruhe-EKG

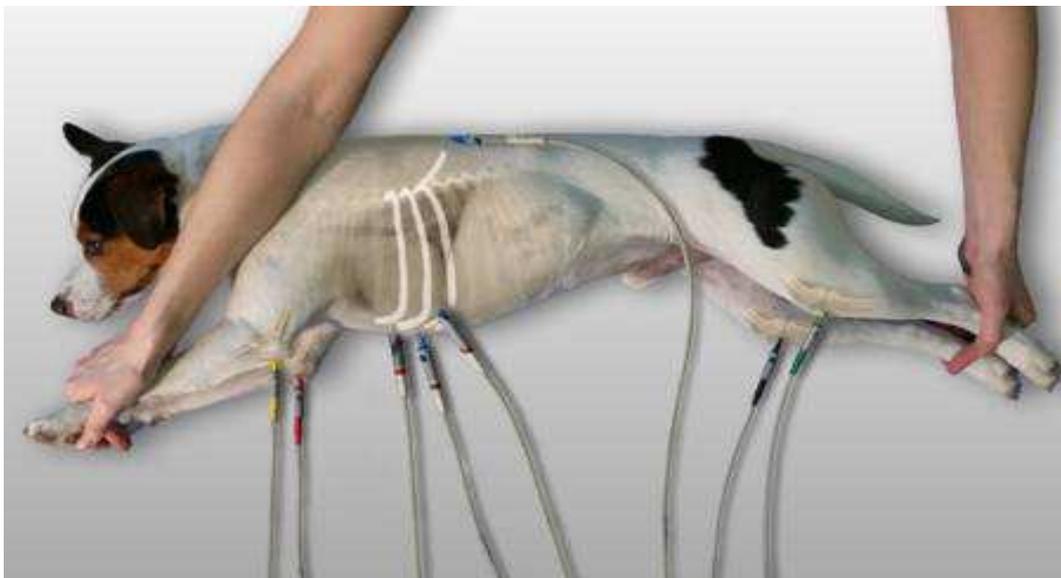
Die Aufzeichnung der Brustwandableitungen nach Wilson erfolgte nicht immer, hauptsächlich nach Indikation und Kooperation des Tieres. Abhängig vom EKG-Gerät konnten eine oder mehrere Brustwandableitungen geschrieben werden. Standen vier Elektroden dafür zur Verfügung, wurden diese nach dem internationalen Standard an der Brustwand befestigt:

C1-Klemme: 5. Intercostalraum (ICR) rechts parasternal

C2-Klemme: 6. ICR links parasternal

C3-Klemme: 6. ICR links auf Höhe des Rippen-Knorpel-Übergangs

C4-Klemme: Über dem Dornfortsatz des 7. Brustwirbels



**Abbildung 7:** Korrekte Lagerung und Elektrodenapplikation für die Gliedmaßen- und Brustwandableitungen beim Ruhe-EKG

Besaß das EKG-Gerät nur eine Elektrode für die Brustwandableitung, wurde diese mittig an die linke Brustwand angebracht.

Die Haut an den Kontaktstellen wurde mit 70-prozentigem Isopropylalkohol entfettet. Die Elektroden wurden mit Elektrodengel befeuchtet, was die Leitfähigkeit verbesserte.

#### 4.1.1.2. Langzeit-EKG

Die Anbringung der Elektroden für ein Langzeit-EKG fand am stehenden Tier statt.

Abhängig von den Klebeelektroden und vom EKG-Gerät beinhaltete die Vorbereitung der Tiere teilweise auch eine Schur der jeweiligen Kontaktstellen. Die Fellschur diente dem festeren Halt von den Klebeelektroden auf den haarfreien Arealen und der Reduzierung der Artefakte bei der Aufzeichnung der EKG-Kurven.

Als Elektroden wurden kleine Kinder-Klebeelektroden Ambu® Blue sensor P der Firma Ambu, Ballerup, Dänemark oder Gel-Klebeelektroden mit Gelaufage Skintact® FS-50 der Firma Leonhardt Lang GmbH, Innsbruck, Österreich benutzt.



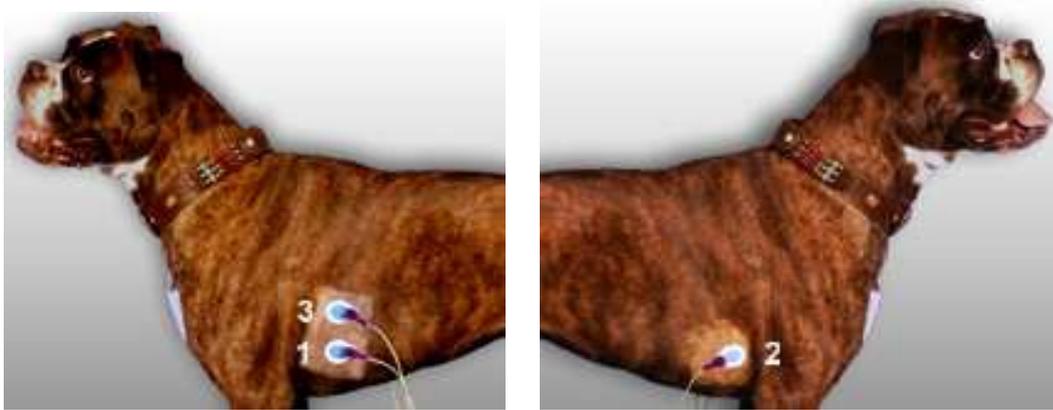
**Abbildung 8:** Klebeelektroden

Für die Aufzeichnung von Langzeit-EKGs dienten zwei digitale EKG-Geräte; zum einen das Lifecard CF® der Firma DelMar Reynolds GmbH, Kronberg, Deutschland und zum anderen das Televet 100 der Firma Engel Engineering Service GmbH, Offenbach am Main, Deutschland. Beide Geräte speicherten die Daten auf einer SD-Karte. Das Televet 100 konnte zusätzlich die Daten telemetrisch auf einen Bluetooth-fähigen PC übertragen.

Die Lage der Elektroden war vom EKG-Gerät abhängig.

Das Lifecard CF® der Firma DelMar Reynolds GmbH, Kronberg, Deutschland war mit einem dreiadrigen Patientenkabel ausgestattet.

Die drei Elektroden wurden an der rechten und linken Brustwand wie folgt angebracht:



**Abbildung 9:** Anbringung der drei Elektroden vom Lifecard CF®

Elektrode 1: linke Thoraxseite, parasternal und ventral

Elektrode 2: rechte Thoraxseite, parasternal und ventral

Elektrode 3: linke Thoraxseite, parasternal und dorsal, auf Höhe der Rippen-Knochen-Knorpel-Grenze

Die Lage der drei Elektroden entsprach der Lage der Elektroden zur Aufnahme der unipolaren Brustwandableitungen V2, rV2 und V4 nach Wilson. Das Lifecard CF® konnte drei Ableitungen aufnehmen.

Das Televet 100 der Firma Engel Engineering Service GmbH, Offenbach am Main, Deutschland mit einem vieradrigen Patientenkabel konnte sechs Ableitungen aufzeichnen.

Die vier Elektroden wurden an der rechten und linken Brustwand parasternal wie folgt befestigt:



**Abbildung 10:** Anbringung der vier Elektroden vom Televet 100

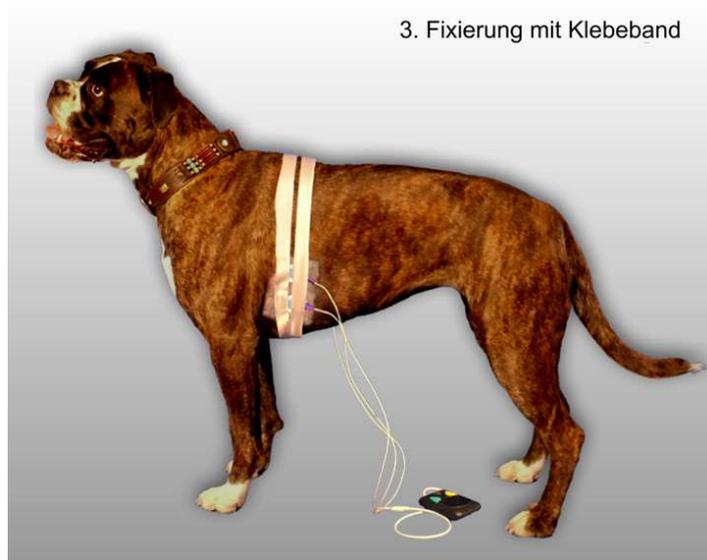
RA (rote Elektrode): rechte Thoraxseite parasternal, kranial des Herzens  
LA (gelbe Elektrode): linke Thoraxseite parasternal, kranial des Herzens  
LL (grüne Elektrode): linke Thoraxseite parasternal, kaudal des Herzens  
RL (schwarze Elektrode): rechte Thoraxseite parasternal, kaudal des Herzens.

Die Lage der vier Elektroden war angelehnt an die Lage der Elektroden zur Aufnahme der Gliedmaßenableitungen.

Zur Fixierung der Klebeelektroden an die Haut wurde Fixomull® stretch oder Leukoplast® beides von der Firma BSN medical GmbH, Hamburg, Deutschland verwendet.



**Abbildung 11:** Fixierung der Klebeelektroden mit Fixomull® stretch



**Abbildung 12:** Fixierung der Klebeelektroden mit Leukoplast®

Die Aufzeichnungsapparatur wurde mithilfe von Watte gepolstert und mit elastischen Fixierbinden am Tierkörper befestigt.



**Abbildung 13:** Befestigung mit elastischen Fixierbinden

#### **4.1.1.3. Belastungs-EKG**

Für die Aufzeichnung eines Belastungs-EKGs wurde ausschließlich das Televet 100 der Firma Engel Engineering Service GmbH, Offenbach am Main, Deutschland benutzt. Dieses digitale Sechskanal-EKG-Gerät konnte durch eine telemetrische Verbindung die EKG-Daten sofort auf einen Bluetooth-fähigen PC übertragen. Somit hatte der Untersucher die Möglichkeit, während der Belastung simultan die EKG-Aufzeichnung zu verfolgen und bei auftretenden Problemen wie z. B. ventrikulären Tachykardien sofort einzugreifen.

Die Elektrodenlage sowie die Fixierung von Elektroden und Gerät entsprach vollständig der Applikation bei einem Langzeit-EKG mit dem Televet 100.

#### **4.1.2. Nachbearbeitung ausgewählter Original-EKGs**

Die Original-EKGs wurden wie beschrieben mit verschiedenen EKG-Geräten aufgenommen und besaßen dadurch unterschiedliche Hintergründe und EKG-Kurven-Darstellungen. Damit für das Lernprogramm ein einheitlicher Bildeindruck entstehen konnte, wurden die für das Lernprogramm verwendeten Original-EKGs didaktisch aufgearbeitet.

Die Hintergründe wurden vereinheitlicht und die Linien der EKG-Kurven wurden so bearbeitet, dass sie alle die gleiche Farbe und Dicke besaßen und sich somit auch optisch deutlich vom Hintergrund abheben konnten. Zusätzlich wurde Wert auf eine eindeutige Beschriftung gelegt.

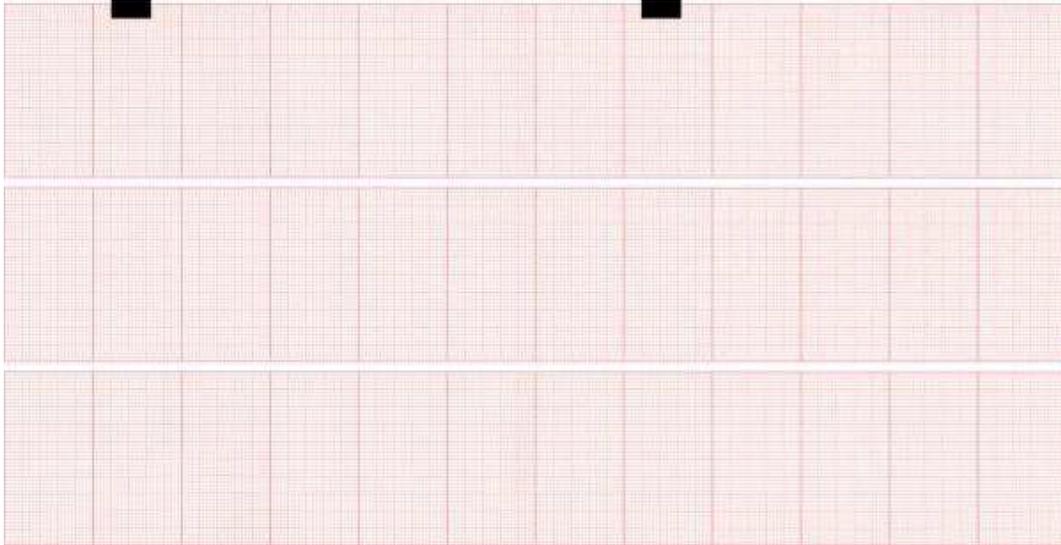
Das Ziel der Bearbeitung der Original-EKGs war es, ein möglichst authentisches Ergebnis bei einem einheitlichen Bildeindruck zu erzeugen.

Die Bildbearbeitung fand mit dem Programm CorelDRAW® Graphics Suite X3 der Firma Corel Corporation, Ottawa, USA statt. Die einzelnen BMP-Dateien, die beim Einscannen von analogen Original-EKGs oder beim Speichern von digitalen Original-EKGs entstanden sind, wurden in eine CorelPhotoPaint® Vorlage importiert. Hier wurde nun zuerst der Hintergrund des Original-EKGs mithilfe einer CorelPhotoPaint®-Funktion (Teilung der Farben in RGB-Kanäle) so stark reduziert, dass fast nur noch die EKG-Kurven zu erkennen waren. Durch eine Kontrastverbesserung wurden die EKG-Kurven noch zusätzlich verstärkt. Zur weiteren Verarbeitung sind die Bilder exportiert und in eine CorelDRAW® Vorlage importiert worden. Hier fand die Konvertierung in Bitmap und die Vektorisierung der EKG-Kurven statt. Aufgrund dieser Basis konnten die EKG-Kurven dann in CorelDRAW® leicht bearbeitet oder mit dem Freihandstift nachgezeichnet werden.

Damit die Kurzzeit-Ruhe-EKGs, bei denen die Elektroden standardisiert angelegt wurden, von Langzeit- und Belastungs-EKGs, ohne standardisierte Elektrodenlage, auf einen Blick unterschieden werden konnten, wurden zwei Hintergründe entwickelt.

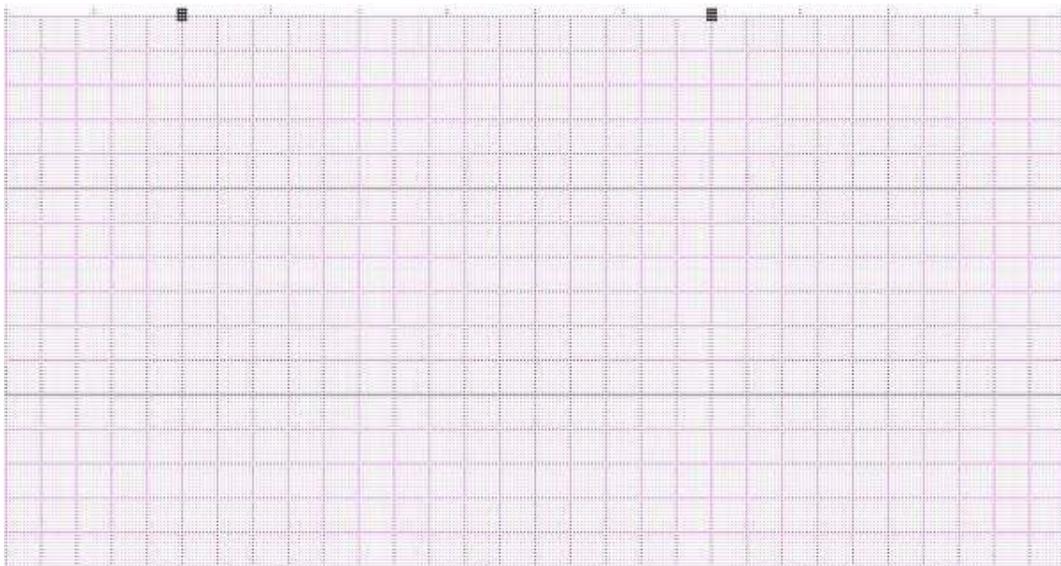
Der Hintergrund für die Kurzzeit-Ruhe-EKGs wurde aus einem

eingescannten rosa EKG-Millimeterpapier erstellt und zeigte drei Ableitungen untereinander an. Ein kleines Kästchen entsprach  $1 \times 1 \text{ mm}^2$ . Dickere Linien markierten  $5 \times 5 \text{ mm}^2$ . Alle 25 mm waren eine deutliche Trennlinie zu erkennen. Zudem kennzeichneten die schwarzen Vierecke am oberen Bildrand eine Strecke von 150 mm.



**Abbildung 14:** Rosa Hintergrund für die Ruhe-EKGs

Der andere Hintergrund, für die Langzeit- und Belastungs-EKGs, wurde in CorelDRAW® in der Farbe Lila in 1:1 Maßstab gezeichnet.



**Abbildung 15:** Lila Hintergrund für die digitalen Langzeit- und Belastungs-EKGs

Die fertig bearbeiteten Bilddateien eines Original-EKGs mussten in ein für das Lernprogramm kompatibles und Speicherplatz sparendes Dateiformat überführt werden. Beim Komprimieren wurde darauf geachtet, eine bestmögliche Bildqualität bei geringer Dateigröße zu erhalten. Daher wurden die Dateien im JPEG-Format mit einer Breite von 855 Pixel und einer Höhe von 486 Pixel bei einer Auflösung von 300 DPI ausgegeben. Für die Lupenfunktion wurden die Bilder mit maximaler Breite und Höhe exportiert.

Die bearbeiteten Bilder waren teilweise Grundlagen für die Erstellung von Animationen und wurden dafür in Windows Bitmaps (BMP) ausgegeben.

## **4.2. Schematische EKGs**

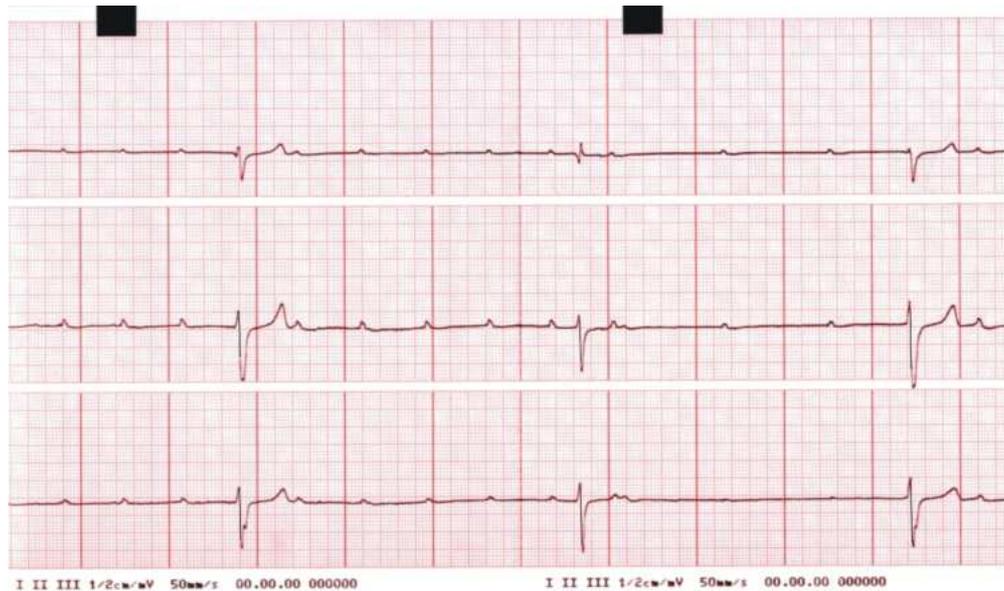
160 Schematische EKGs wurden für das Lernprogramm EKG Basics erarbeitet und gezeichnet, um gezielt EKG-Veränderungen oder -Pathologien einzeln und im Vergleich zu einem Standard-EKG hervorheben zu können. Original-EKGs enthalten häufig Artefakte oder nicht nur einzelne, sondern mehrere EKG-Veränderungen, sodass die Interpretation besonders für Anfänger meist erschwert ist. Bei der Erstellung von schematischen EKGs war das zentrale Ziel, ein möglichst authentisches Ergebnis ohne Störartefakten oder -pathologien zu erzeugen und somit das Erkennen der Kurven mit Blick auf das Wesentliche zu vereinfachen.

### **4.2.1. Auswahl**

Als Vorlage für die schematischen EKGs dienten zum größten Teil EKGs aus dem Buch von Tilley (TILLEY 1989) als auch selbst aufgenommene Original-EKGs. Teilweise wurden auch EKG-Vorlagen aus der Humanmedizin benutzt, die nach intensivem Studieren von EKG-Literatur und eigenem Ermessen für Hunde und Katzen nachgezeichnet und verändert wurden.

### **4.2.2. Erstellung**

Die ausgewählten EKG-Vorlagen wurden mit einem Flachbrettscanner CanoScan LiDE 30/N1240U der Firma Canon, Tokyo, Japan in Farbe und mit einer Bildqualität von 300dpi eingescannt und im Dateityp BMP abgespeichert.



**Abbildung 16:** Beispiel einer eingescannten EKG-Vorlage

Im Anschluss sind die gespeicherten BMP-Dateien mit dem Programm CorelDRAW® Graphics Suite X3 der Firma Corel Corporation, Ottawa, USA bearbeitet worden.

Im ersten Bearbeitungsschritt wurden die EKG-Kurven schematisiert, indem die gespeicherten BMP-Dateien in das Programm CorelDRAW® importiert und die EKG-Kurven mit einem Freihandstift nachgezeichnet wurden. Artefakte jeglicher Art wurden dabei bewusst entfernt.



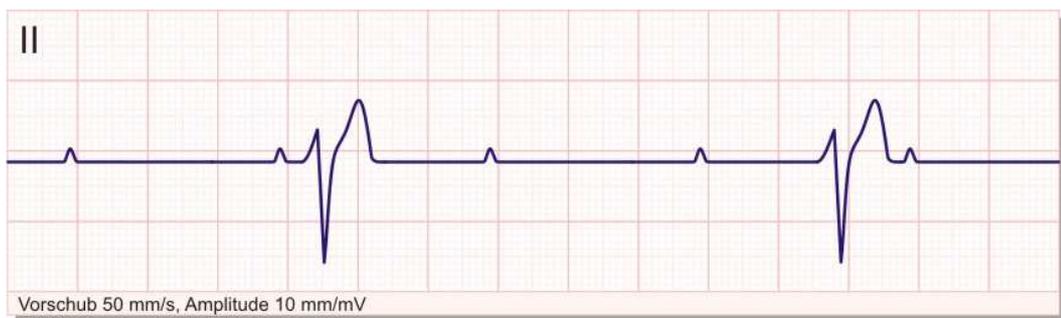
**Abbildung 17:** Beispiel einer mit einem Freihandstift nachgezeichneten EKG-Kurve

Um die Größe und den Hintergrund der schematischen EKGs zu vereinheitlichen, wurde ein neuer Hintergrund mit dem Programm CorelDRAW® Graphics Suite X3 der Firma Corel Corporation, Ottawa, USA erstellt. Dieser neue Hintergrund bestand aus einem hellrosa Millimeterpapier, wobei die kleinen Kästchen  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  und die hervorgehobenen größeren Quadrate  $10 \times 10 \text{ mm}^2$  entsprachen. Da eine Ableitung zur Verdeutlichung der meisten Sachverhalte ausreichte, wurden eine Streifenhöhe von 40 mm und eine Länge von 150 mm gewählt.



**Abbildung 18:** Hintergrund für die schematischen EKGs

Um EKG-Veränderungen noch besser hervorheben zu können, wurden die EKG-Kurven teilweise noch vereinfacht oder geringgradig verändert.



**Abbildung 19:** Beispiel für ein fertiges schematisches EKG

Zur Eingliederung in den HTML-Code wurden die fertigen schematischen EKGs in ein JPEG-Format umgewandelt.

## **5. Sonstige bildliche und filmische Darstellungen**

Das Programm CorelDRAW® Graphics Suite X3 der Firma Corel Corporation, Ottawa, USA diente zur Bearbeitung der 111 Abbildungen und Fotos im Lernprogramm. Wenn Hintergründe nicht kompatibel zu den Farben des Lernprogramms waren, wurden diese durch einen einheitlichen grauen Farbverlauf ersetzt.

Damit die Dateien für das Lernprogramm möglichst wenig Speicherplatz benötigen, wurden die bearbeiteten Bilddateien in ein anderes platzsparendes Dateiformat, JPEG, umgewandelt. Bei der Komprimierung wurde darauf Wert gelegt, die Bildqualität bei kleiner Dateigröße möglichst hochauflösend zu erhalten.

Das Videomaterial für die Ultraschallbilder und –filme wurde mit dem Ultraschallsystem Sonos 7500 der Firma Philips Healthcare, Hamburg, Deutschland aufgezeichnet und auf Magnet-Optical-Disc (MOD) abgespeichert. Mit Hilfe der Software QLAP 7.1 konnten die Ultraschallsequenzen aufgerufen und als Einzelbilder im BMP-Format gespeichert werden. Die weitere Bildbearbeitung fand mit dem Programm CorelDRAW® statt. Einige Abbildungen sind von Inga Wölfel erstellt worden.

Die 44 Animationen und Filme im Lernprogramm wurden mit Hilfe der Software Ulead® Video Studio 10 der Firma Ulead Systems, Inc., Taipei, Taiwan und Camtasia Studio® 4 der Firma TechSmith Corporation, Okemos, Michigan, USA erstellt und bearbeitet.

Die Herzanimationen wurden mit freundlicher Genehmigung von der Firma Boehringer Ingelheim, Ingelheim am Rhein, Deutschland zur Verfügung gestellt. Entwickelt wurden die Animationen von Matthias Kästner.

Die Bedienung des Programms wird anhand von 11 Filmsequenzen erklärt. Dafür wurden die jeweiligen Funktionen und Abläufe simuliert und zeitgleich als Bildschirmvideos mit Camtasia Studio® 4 der Firma TechSmith Corporation, Okemos, Michigan, USA aufgezeichnet. Teilweise wurde die Zoomfunktion zur Hervorhebungen einzelner Details mit eingebunden. Die dabei entstanden AVI-Dateiformate wurden in ein Flash

Video (FLV)-Format umgewandelt, wodurch die Videogröße auf maximal 45 MB verringert werden konnte.

## **6. Layout und Drehbuch**

Zur Planungs- und Vorbereitungsphase des multimedialen Lernprogramms gehörten zunächst die Analysierung der Zielgruppe und das Festlegen von Lernzielen. Auf dieser Basis wurde ein Layout für das Lernprogramm ausgearbeitet und ein Drehbuch erstellt.

Das Layout ist in Zusammenarbeit mit Bea Alice LÖHR (2012), Autorin des Programms „PhonoBasics“, entworfen worden, da EKG Basics und PhonoBasics zusammen als Lernreihe angeboten werden sollen. Skizzen und Grafikprogramme dienten zur Vorlagenerstellung. Das Drehbuch für das Lernprogramm wurde mithilfe von Microsoft® Office Powerpoint konzipiert.

## 7. Programmierung

Die Programmierung fand mit dem Format HTML 4.0 („Hypertext Markup Language“) statt. Die Typografie wurde mit Hilfe von Stylesheets fixiert.

Es sind dreizehn verschiedene Seitentypen direkt im HTML-Format als Vorlagen programmiert worden\*. Mit Hilfe dieser Vorlagen konnten dann sowohl der Inhalt (Text, Abbildungen, Menü, Submenü und Animationen), als auch die Verlinkungen der einzelnen Seiten im Programm modifiziert werden. Die Eingabe erfolgte mithilfe des PSPad Editor, Prog-Soft s.r.o., Pilsen, Tschechische Republik.

Änderungen, die im Nachhinein auf bereits programmierten Seiten vorgenommen werden mussten und sich auf mehrere Seiten im Programm bezogen, konnten mit Hilfe der Software TextCrawler 2.0, Digital Volcano Software Ltd., Leicester, England ausgeführt werden. Mit einem Massenbefehl war es möglich, auf mehreren Seiten Bereiche im Quellcode gesammelt zu verändern.

---

\* Die Programmierung dieser Seitenvorlagen führte der Leiter der Rechnerbetriebsgruppe der Tierärztlichen Fakultät der LMU München: Chris van der Meijden durch

## **IV. ERGEBNISSE**

### **1. EKG Basics – ein multimediales Lernprogramm**

Mit EKG Basics wurde ein multimediales Lernprogramm auf DVD-Rom erstellt, um die Grundlagen der Elektrokardiographie bei Hund und Katze mithilfe von verschiedenen Medien, wie schematische EKGs, Original-EKGs, Bildern und Videosequenzen, zeitgemäß und umfassend vermitteln zu können.

Die Zielgruppe von EKG Basics sind einerseits Studierende der Tiermedizin, die mit der Elektrokardiographie beginnen, aber auch fertig ausgebildete Tierärztinnen und Tierärzte, die ihr Wissen auf diesem Gebiet vertiefen wollen.

Der Aufbau des Inhalts wurde so konzipiert, dass Lernende sich Schritt für Schritt in die Materie einarbeiten können. Es ist aber auch jederzeit ein Quereinstieg möglich.

Schwerpunktmäßig werden schematische EKGs zum großen Teil auch im Vergleich zu Original-EKGs bei Hund und Katze dargestellt. Mittels Videosequenzen werden praktische Tätigkeiten bei der Auswertung von EKGs, wie z. B. die Benutzung des EKG-Lineals veranschaulicht und erklärt. Das Reizbildungs- und Reizleitungssystem des Herzens eines Hundes und einige mögliche Veränderungen werden mit Hilfe von Bildern und Animationen gezeigt und verdeutlicht.

Das Programm besteht aus 910 Seiten: davon 398 Hauptseiten, 512 Vergrößerungsseiten und 24 Zusatzseiten. Insgesamt enthält die Lernsoftware 141 schematische EKGs, 90 Original-EKGs, 104 Abbildungen und 49 Videos.

## 2. Inhaltliche Gliederung des Programms

Das Lernprogramm wurde in fünf Hauptkapitel gegliedert:

( I ) Grundlagen

( II ) EKG-Kurve

( III ) Auswertung

( IV ) Morphologie

( V ) Anhang

Diese Hauptkapitel enthalten Unterkapitel und Unterpunkte. Fast alle schematischen EKGs, Original-EKGs, Abbildungen und Animationen können wahlweise vergrößert und mit oder ohne Legende betrachtet werden. Die meisten Original-EKGs und einige Abbildungen können zusätzlich mit Hilfe einer Lupenfunktion abschnittsweise herangezoomt werden.

( I ) Das erste Hauptkapitel „Grundlagen“ beginnt mit einer kurzen Einführung, in der Begriffsdefinitionen erklärt und Indikationen für die jeweiligen EKG-Aufzeichnungen, wie Ruhe-, Langzeit- und Belastungs-EKG, genannt werden. Auf den geschichtlichen Hintergrund zur Erfindung des EKGs und deren Ableitungen wird kurz hingewiesen. Auf das benötigte Equipment für das Schreiben eines EKGs und auf die Anbringung des EKGs am Tier wird ausführlich eingegangen. Hierbei wird die korrekte Elektrodenlage mithilfe von Abbildungen und Animationen veranschaulicht. Zum Schluss des ersten Hauptkapitels werden noch die jeweiligen Ableitungen genau erklärt. Auch hier können zur Verdeutlichung Abbildungen und Animationen betrachtet werden. (50 Hauptseiten, 32 Vergrößerungsseiten)

( II ) Das zweite Kapitel „EKG-Kurve“ beinhaltet die anatomischen und physiologischen Grundlagen des Reizbildungs- und Reizleitungssystems.

Es folgt eine genaue Beschreibung und Darstellung der jeweiligen Abschnitte einer EKG-Kurve. Dabei wurde besonderen Wert auf die Veranschaulichen der Zusammenhänge von Anatomie, Physiologie, Vektorkardiographie und der EKG-Kurve gelegt, damit diese besser verstanden werden.

Standardkurven der jeweiligen Ableitungen bei Hund und Katze wie auch physiologische Einflüsse dieser EKG-Kurven werden unter anderem durch schematische EKGs als auch durch Original-EKGs dargestellt.

Auf mögliche Fehler und auf häufig vorkommende Artefakte beim Schreiben eines EKGs wird am Ende dieses Hauptkapitels eingegangen. Zusammen mit dem ersten Hauptkapitel werden die Basisinformationen so vervollständigt. (66 Hauptseiten, 64 Vergrößerungsseiten)

( III ) Das dritte Kapitel „Auswertung“ ist mit 138 Seiten eins der umfangreichsten Kapitel im Lernprogramm. Hier wird intensiv auf die Auswertung eines EKGs eingegangen, beginnend mit der Begutachtung der Geräteeinstellung und der Funktion und Anwendung von Hilfsmitteln. Abbildungen und Animationen verdeutlichen die Handhabung der Hilfsmittel.

Es werden nützliche Hinweise zur Interpretation eines EKGs gegeben. Ein festes Schema für eine sinnvolle EKG-Auswertung wird vorgeschlagen.

In den weiteren Unterkapiteln wird die Ermittlung von Herzrhythmus, Herzfrequenz und Herzachse besprochen und erklärt, sowie physiologische als auch pathologische EKGs zu diesen Themen detailliert aufgezeigt.

Die Morphologie wird kurz angesprochen, doch aufgrund der großen Kapazität dieser Thematik, auf das folgende Hauptkapitel verwiesen. (115 Hauptseiten, 192 Vergrößerungsseiten)

( IV ) Das Kapitel „Morphologie“ beschäftigt sich mit physiologischen und pathologischen Veränderungen des EKG-Kurvenverlaufs. Dabei wird auf den jeweiligen EKG-Abschnitt einzeln eingegangen. Die unterschiedlichen EKG-Befunde werden durch schematische EKGs als auch durch Original-EKGs teilweise vergleichend dargestellt.

Im letzten Unterkapitel werden EKG-Syndrome präsentiert. Darunter werden morphologische und funktionelle Herzanomalien sowie kardiale und extrakardiale Krankheiten verstanden, die mit mehr oder minder typischen morphologischen Veränderungen der EKG-Kurven einhergehen.

In einigen Fällen verdeutlichen echokardiographische Animationen die Entstehung von morphologischen EKG-Befunden. (103 Hauptseiten, 199 Vergrößerungsseiten)

( V ) Das Kapitel „Anhang“ enthält ein alphabetisches Stichwortverzeichnis (Index), Angaben zur Nomenklatur, ein Abkürzungs-, Quellen- und Bildverzeichnis, sowie empfehlenswerte Links, eine Danksagung und das Impressum. (48 Hauptseiten)

Weiterhin wurde eine Startseite konzipiert, die den Lernenden begrüßt und auf den Link zu den Informationen der Programmbedienung verweist. Des Weiteren werden Lernziele und Lerngruppen genannt. (2 Hauptseiten)

Auf den Seiten der Programmbedienung werden die einzelnen Funktionen von EKG Basics erläutert und mithilfe von Videos demonstriert. (14 Hauptseiten, 14 Vergrößerungsseiten)

### 3. Realisierung ergonomischer Anforderungen

#### 3.1. Layout

Das Layout der Haupt- und Vergrößerungsseiten wurde nach den Gestaltungsrichtlinien der Computer-Ergonomie entwickelt.

##### 3.1.1. Hauptseiten

Insgesamt besteht das erstellte Lernprogramm aus 398 Hauptseiten. Um den ergonomischen Anforderungen gerecht zu werden, wurde ein Seitenprototyp entwickelt, der für die unterschiedlichen Belange modifiziert wurde. Das Basislayout aller Seiten ist immer gleich. Der Hintergrund ist konsistent gestaltet worden mit überwiegend grauen Farbtönen. Ein dunkelvioletter Kasten im oberen Bereich wurde als farbliche Hervorhebung des Hintergrundes gewählt.

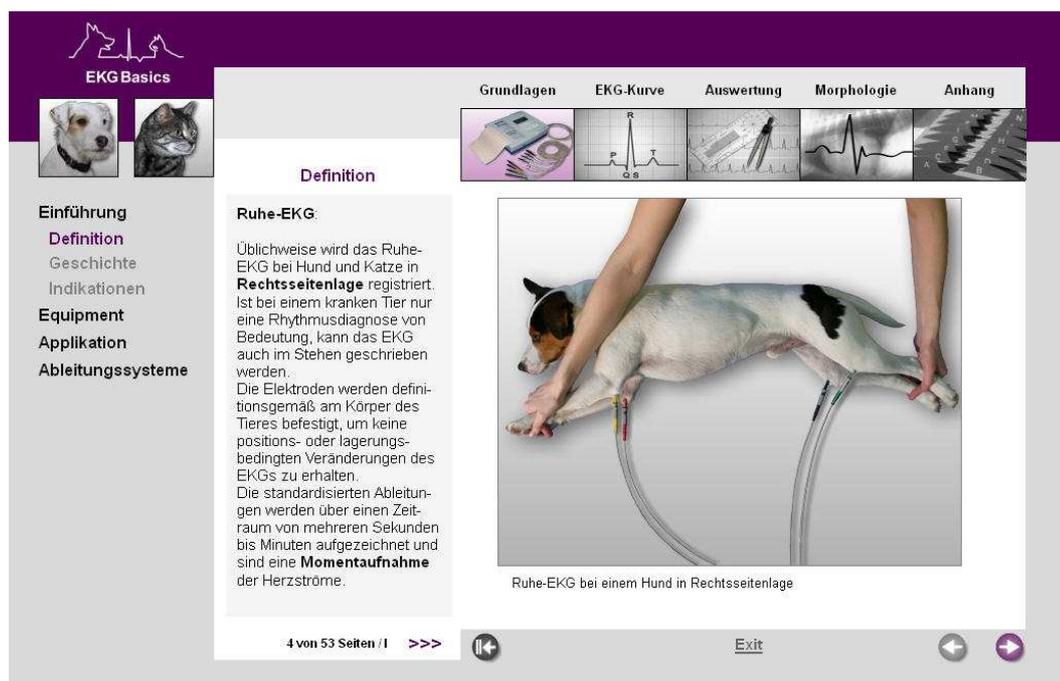


Abbildung 20: Seitenprototyp

Um im gesamten Programm ein homogenes Erscheinungsbild präsentieren zu können, ist die Anordnung des Logos, der Schaltflächen, der Navigations- und Orientierungsmöglichkeiten sowie des Textes auf den Hauptseiten konstant gehalten worden:

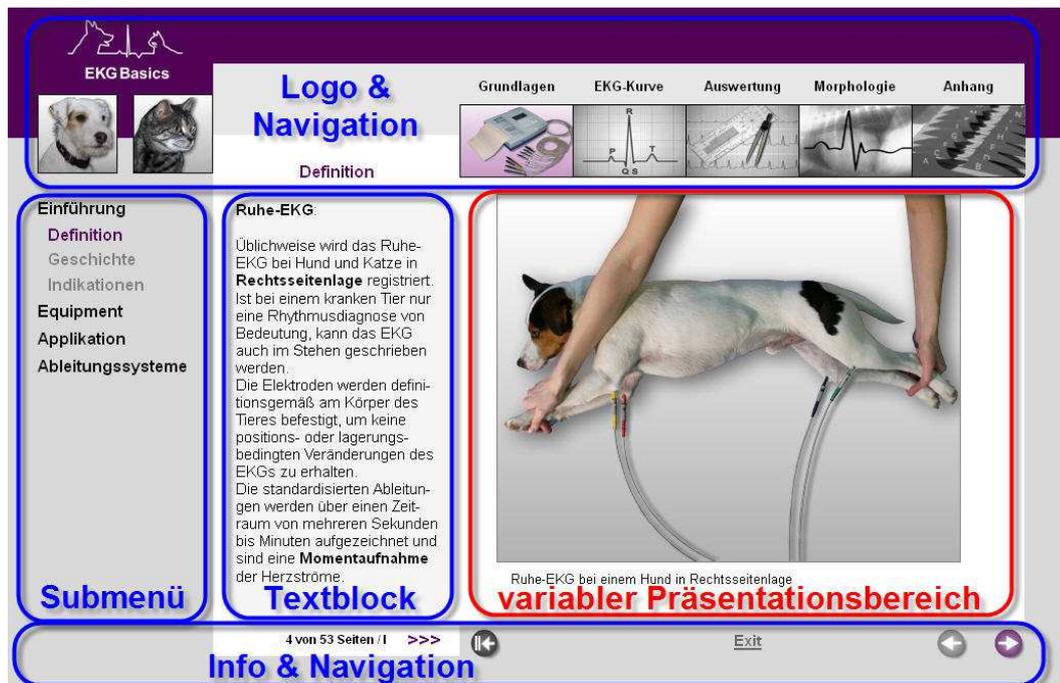


Abbildung 21: Layoutgestaltung einer Hauptseite

Das Logo, die Hauptnavi­ga­tions­leiste, die Abbildungen von Hund und Katze sowie die Überschrift vom Textblock befinden sich im oberen Bereich von der Hauptseite. Diese Elemente dienen sowohl der Navigation als auch der Orientierung im Lernprogramm. Auch der untere Bereich der Hauptseite enthält Navigations- und Informationselemente wie die Seitenangabe, der Exit-Button und die Pfeil-Icons. Im Mittelteil befindet sich links das Submenü und rechts daneben der Textblock. Nur im Kapitel Anhang wird dieser konstante Aufbau des Textblockes unterbrochen. Der Text bzw. Index findet sich dort auf den Seiten ganz rechts und im Textblockbereich wird ein Bild dargestellt.

Im zentralen rechten Bereich des Hauptseitenprototyps befindet sich der Inhalt, dessen Layout, abhängig von den unterschiedlichen Medien, variabel präsentiert wird. Es entstanden insgesamt neun Hauptseitentypen, die im Folgenden vorgestellt werden:

<b>Seiten- typ</b>	<b>Inhalt des Präsentationsbereiches</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Seiten- anzahl im Programm</b>
(a)	Reine Textseite	Abbildung 22	45
(b)	Ein Bild oder Video	Abbildung 23,24	121
(c)	Zwei Bilder / Videos	Abbildung 25	20
(d)	Drei Bilder / Videos	Abbildung 26	10
(e)	Vier Bilder / Videos	Abbildung 27	15
(f)	Ein Schema-EKG	Abbildung 28	13
(g)	Zwei Schema-EKGs	Abbildung 29	63
(h)	Ein Original-EKG	Abbildung 30	63
(i)	Kleines Bild links, Text rechts, wird nur im Anhang verwendet	Abbildung 31	48

**Tabelle 8:** Hauptseitentypen

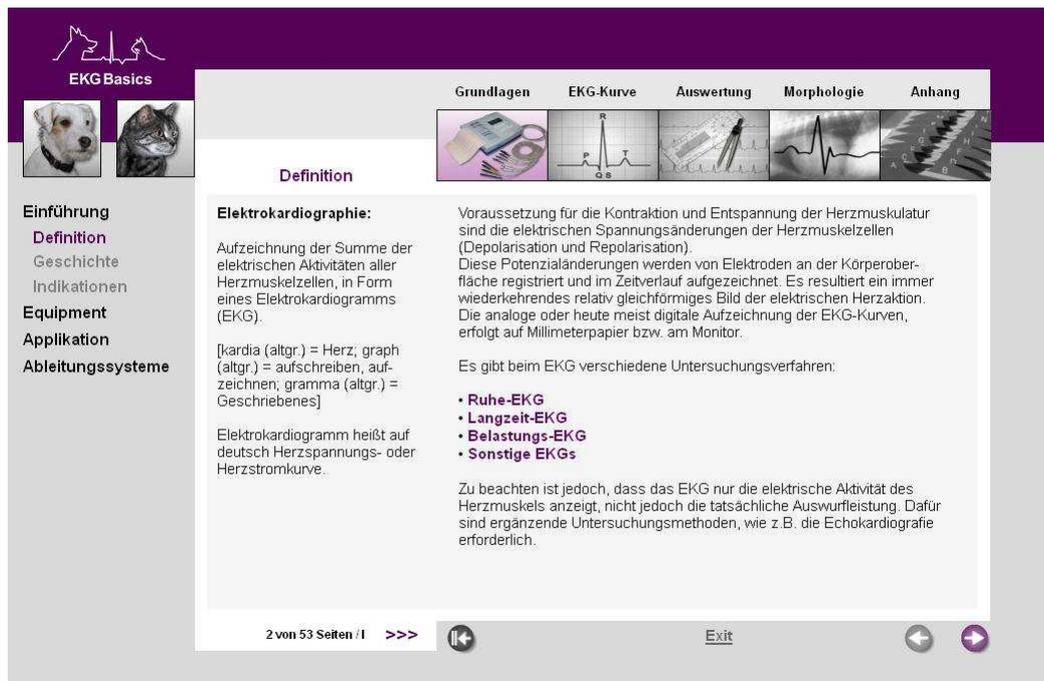


Abbildung 22: Seitentyp (a) der Hauptseite als reine Textseite

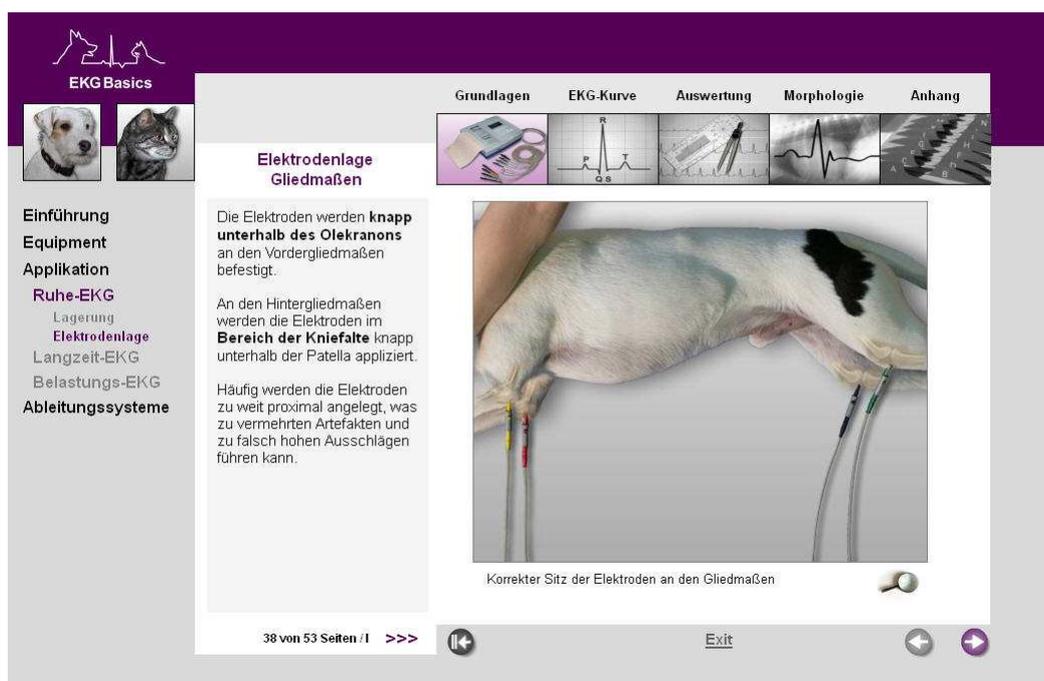


Abbildung 23: Seitentyp (b) der Hauptseite mit einem Bild

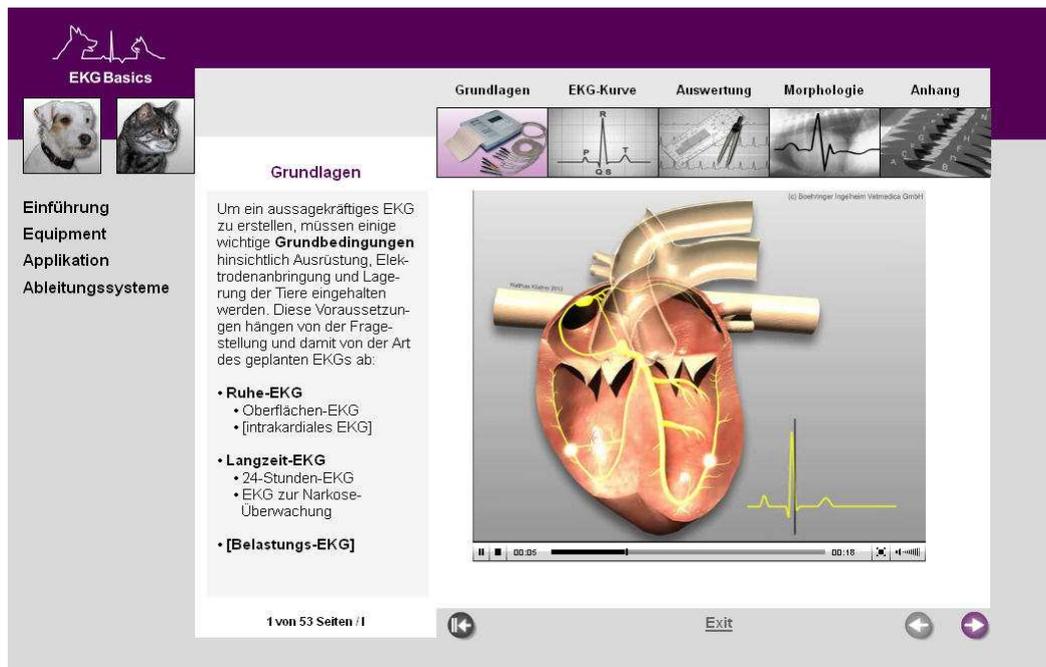


Abbildung 24: Seitentyp (b) der Hauptseite mit einem Video

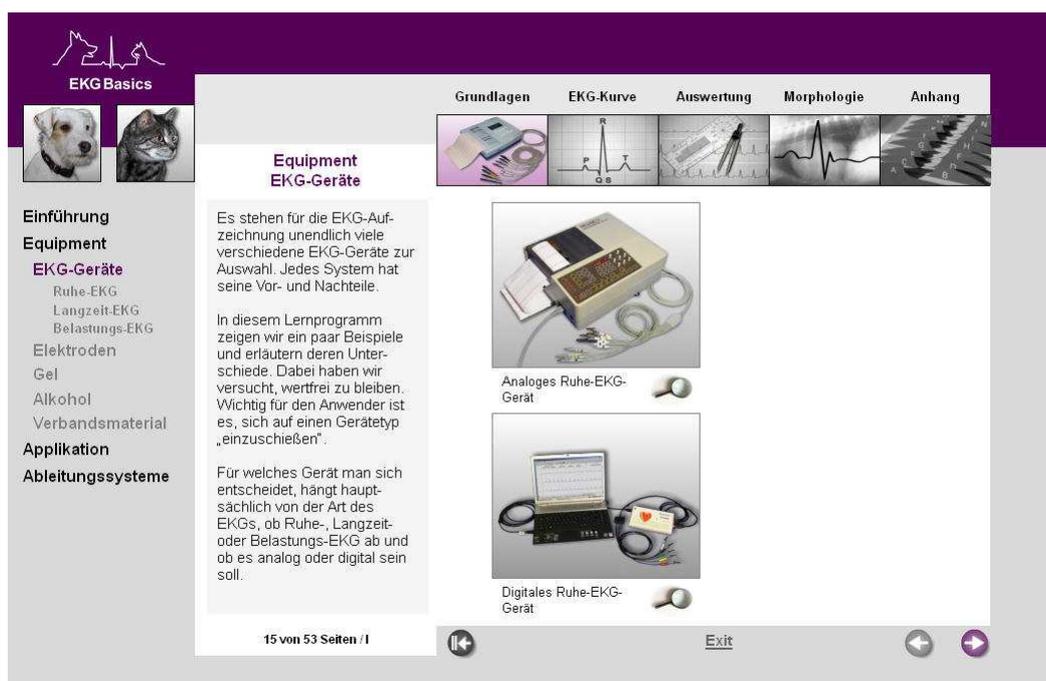


Abbildung 25: Seitentyp (c) der Hauptseite mit zwei Bildern

**EKG Basics**

**Anatomie Purkinje-Fasern**

Crus sinistrum und Crus dextrum sowie ihre Äste enden in den netzförmig eng verzweigten **Purkinje-Faser**, die von den Purkinje-Zellen gebildet werden.

Einige Purkinje-Fasern verlaufen in den Trabeculae septomarginales, die sich quer durch das Kammerlumen vom Septum zu den wandständigen Papillarmuskeln erstrecken. Diese Abkürzungen gewährleisten die schnelle und frühzeitige Erregung der Papillarmuskeln.

Die Purkinje-Fasern übertragen die Impulse auf die Arbeitsmuskulatur.

7 von 94 Seiten / II

Grundlagen EKG-Kurve Auswertung Morphologie Anhang

Reizleitungssystem in den Kammern

Leitungsgeschwindigkeiten im Vorhof

Leitungsgeschwindigkeiten in der Kammer

Sinusknoten 0,05 m/s  
Vorhofmuskulatur 0,3 - 0,4 m/s  
Atrioventrikularknoten 0,05 - 0,1 m/s

His-Bündel 0,05 m/s  
Tawara-Schenkel 2 - 4 m/s  
Kammermuskulatur 0,3 - 0,4 m/s

Abbildung 26: Seitentyp (d) der Hauptseite mit drei Bildern

**EKG Basics**

**Indikationen Belastungs-EKG**

**Auf einem Laufband** kann ein Hund kontrolliert maximal belastet werden. Das Anlegen und Fixieren der Elektroden und des EKG-Gerätes erfolgt wie beim Langzeit-EKG. Allerdings muss gewährleistet sein, dass während der Belastung das **EKG simultan aufgezeichnet und kontinuierlich** von einem Tierarzt/einer Tierärztin **überwacht wird**. Durch eine derartige maximale körperliche Belastung kann ein kardialer Notfall, z. B. eine ventrikuläre Tachykardie bis hin zum Kammerflimmern entstehen. Das Risiko dafür ist zwar gering, aber Indikationsstellung und Durchführung von Belastungs-EKGs sollten sorgfältig und kontrolliert geschehen.

14 von 53 Seiten / I

Grundlagen EKG-Kurve Auswertung Morphologie Anhang

Hund mit EKG-Gerät auf dem Laufband

Vor der Belastung: HF 120 Schläge/min

Während der Belastung: HF 270 Schläge/min

Nach der Belastung: HF 60 Schläge/min

Abbildung 27: Seitentyp (e) der Hauptseite mit drei Bildern und einem Video

**EKG Basics**

Grundlagen EKG-Kurve Auswertung Morphologie Anhang

**P-Welle**  
Amplitudenhöhe variierend

Bei einer zweiten Form des wandernden Schrittmachers bewegt sich das Erregungszentrum zwischen dem Sinusknoten und dem AV-Knoten hin und her. Bei dieser seltenen Art wechselt nicht nur die Amplitudenhöhe der P-Welle, sondern auch die Gestalt und Ausrichtung ändern sich von eingipflig positiv, doppelgipflig positiv, biphasisch, isoelektrisch bis negativ. Der Wechsel läuft kontinuierlich oder zyklisch ab.

Auch die PQ-Zeiten können variieren. Je weiter das Erregungszentrum vom Sinusknoten entfernt ist, je kürzer ist das PQ-intervall.

Vorschub 50 mm/s, Amplitude 10 mm/mV

Schematische Darstellung von variierenden positiven, negativen und biphasischen P-Wellen bei einem Hund

11 von 140 Seiten / IV

Exit

Abbildung 28: Seitentyp (f) der Hauptseite mit einem schematischen EKG

**EKG Basics**

Grundlagen EKG-Kurve Auswertung Morphologie Anhang

**Analoges System**  
Filter

**Muskelfilter:**  
Unregelmäßige Schwingungen von unterschiedlicher Höhe und Frequenz werden oft durch myogene Faktoren wie z. B. Muskelanspannungen oder Zittern verursacht.

Falls es nicht gelingt, diese Artefakte durch Beruhigung oder Fixierung des Patienten zu beseitigen, kann ein Muskelfilter zugeschaltet werden. Dieser unterdrückt Frequenzen im Bereich von etwa **20 bis 40 Hz**.

Meist führt das Einschalten des Muskelfilters zu einer Reduzierung aller Amplituden, so dass ihre Messung nicht mehr sinnvoll ist. Die Zeitwerte ändern sich jedoch nicht.

Vorschub 50 mm/s, Amplitude 10 mm/mV

Schematische Darstellung eines EKGs von einem Hund mit Zitterartefakten

Vorschub 50 mm/s, Amplitude 10 mm/mV, mit Filter 35Hz

Schematische Darstellung eines EKGs von einem Hund nach Zuschalten des Muskelfilters. Die Amplituden verkleinern sich.

19 von 145 Seiten / III >>>

Exit

Abbildung 29: Seitentyp (g) der Hauptseite mit zwei schematischen EKGs

Abbildung 30: Seitentyp (h) der Hauptseite mit einem Original-EKG

Abbildung 31: Seitentyp (i) der Hauptseite im Kapitel Anhang mit dem Index

Auf einer Seite können sowohl Bilder als auch Videos gezeigt werden. Befinden sich auf einer Seite mehrere Videos, wird allerdings ausschließlich nur ein Video pro Seite abgespielt. Anstelle der anderen Videos werden Standbilder aus den jeweiligen Videos gezeigt. Diese können angeklickt und dann auf einer separaten Seite vergrößert und abgespielt werden (Vergrößerungsseite).

### 3.1.2. Vergrößerungsseiten

Die Vergrößerungsseiten dienen dazu, die entsprechenden Medien wie Original-EKGs, Schema-EKGs, Bilder oder Videos vergrößert und detaillierter darstellen zu können. Insgesamt enthält das vorliegende Lernprogramm 512 Vergrößerungsseiten. Auch für diese Vergrößerungsseiten wurde ein Seitenprototyp erstellt. Das Layout wurde hier sehr einfach gehalten. Die Farbe des Hintergrundes ist dunkelgrau. Folgende Elemente sind immer an derselben Position lokalisiert:

Die Überschrift befindet sich im oberen Bereich. Die Navigation mit seinen drei Buttons (Legende ein/aus, Drucken und Fenster schließen) ist ganz unten auf dem Bildschirm zu finden. Darüber ist teilweise eine Unterschrift zu sehen, die Näheres zum Inhalt des zentralen Präsentationsbereiches beschreibt. Ähnlich wie auf den Hauptseiten befindet sich in der oberen linken Ecke ein Bild, das entweder einen Hund oder eine Katze oder beides darstellt. Dies hängt davon ab, auf welche Tierart sich der Inhalt bezieht.

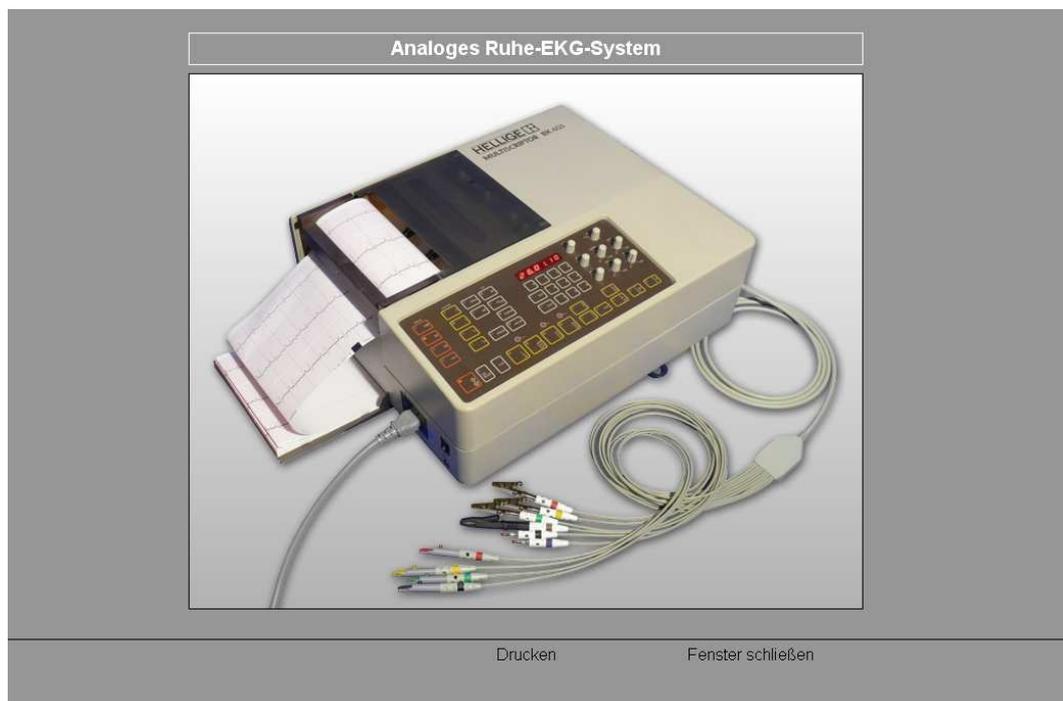


**Abbildung 32:** Layoutgestaltung einer Vergrößerungsseite

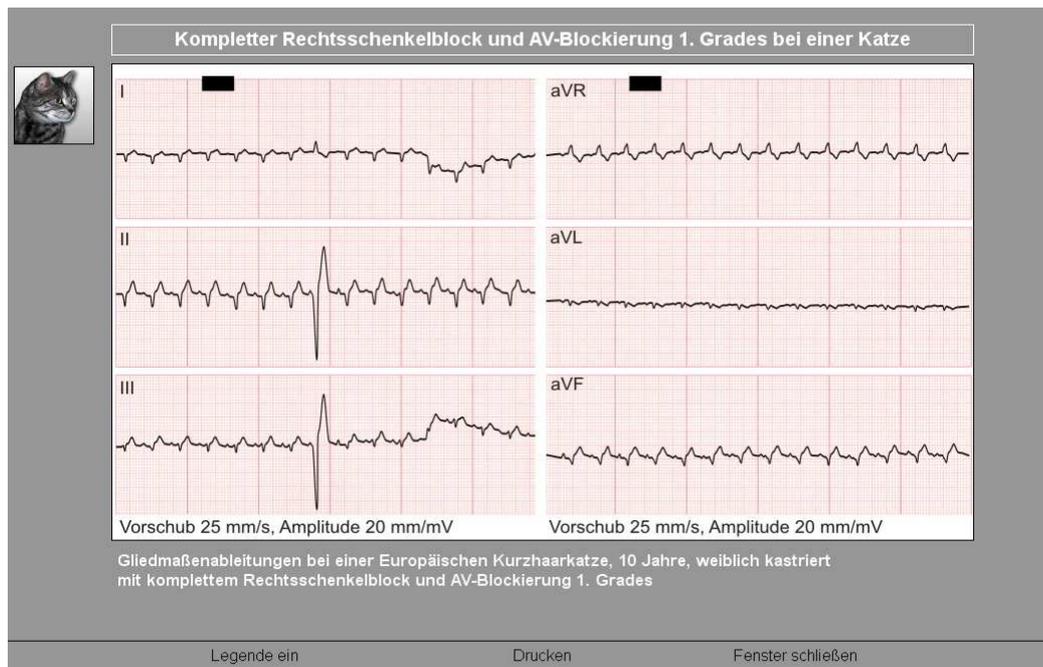
Der variable Inhalt wird im zentralen Bereich dargestellt. Abhängig von den unterschiedlichen Medien wurde sein Layout modifiziert. Dabei entstanden folgende vier Varianten der Vergrößerungsseite:

Seitentyp	Inhalt des Präsentationsbereiches	Beispiel	Seitenanzahl im Programm
(j)	Ein Bild oder ein Video	Abbildung 33	234
(k)	Ein Original-EKG	Abbildung 34	126
(l)	Ein Schema-EKG	Abbildung 35	26
(m)	zwei Schema-EKGs	Abbildung 36	126

**Tabelle 9:** Vergrößerungstypen



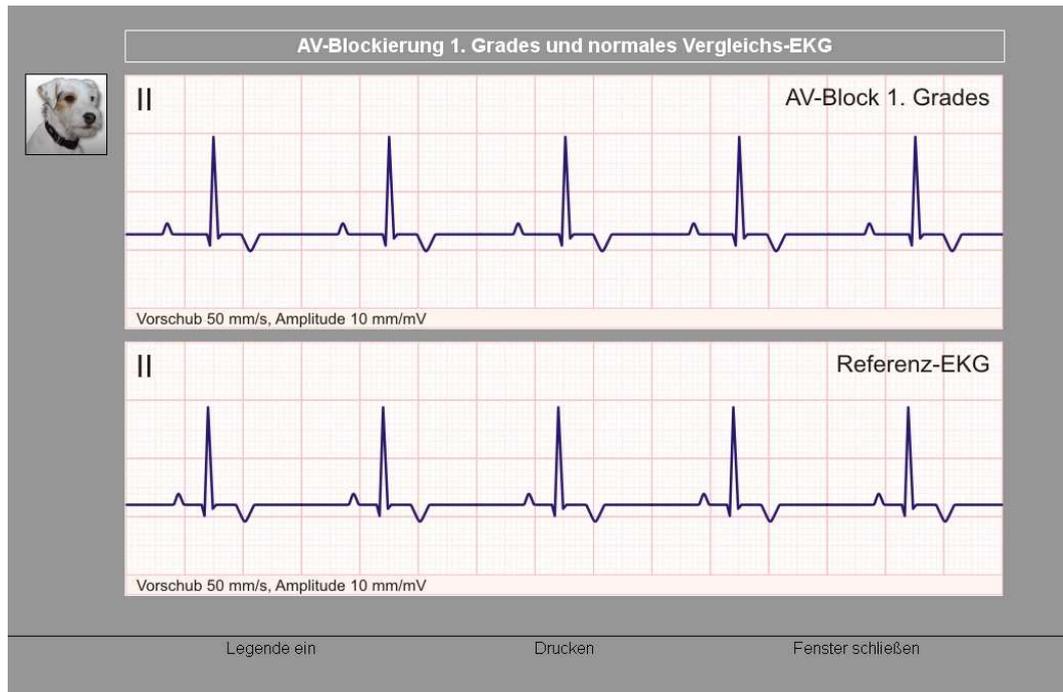
**Abbildung 33:** Seitentyp (j) einer Vergrößerungsseite mit einem Bild oder einem Video



**Abbildung 34:** Seitentyp (k) einer Vergrößerungsseite mit einem Original-EKG



**Abbildung 35:** Seitentyp (i) einer Vergrößerungsseite mit einem schematischen EKG



**Abbildung 36:** Seitentyp (I) einer Vergrößerungsseite mit zwei schematischen EKGs

### 3.2. Navigation und Orientierung

Der Aufbau des jeweiligen Seitentyps ist immer konsistent. Das bedeutet, die Navigation und die dazugehörigen Buttons und Icons befinden sich immer an derselben Stelle. Dies gehört zu den wichtigen ergonomischen und didaktischen Anforderungen, damit sich ein Programmbenutzer gut orientieren und schnell zurechtfinden kann.

Im Folgenden werden die Navigations- und Orientierungselemente auf den Hauptseiten beschrieben:

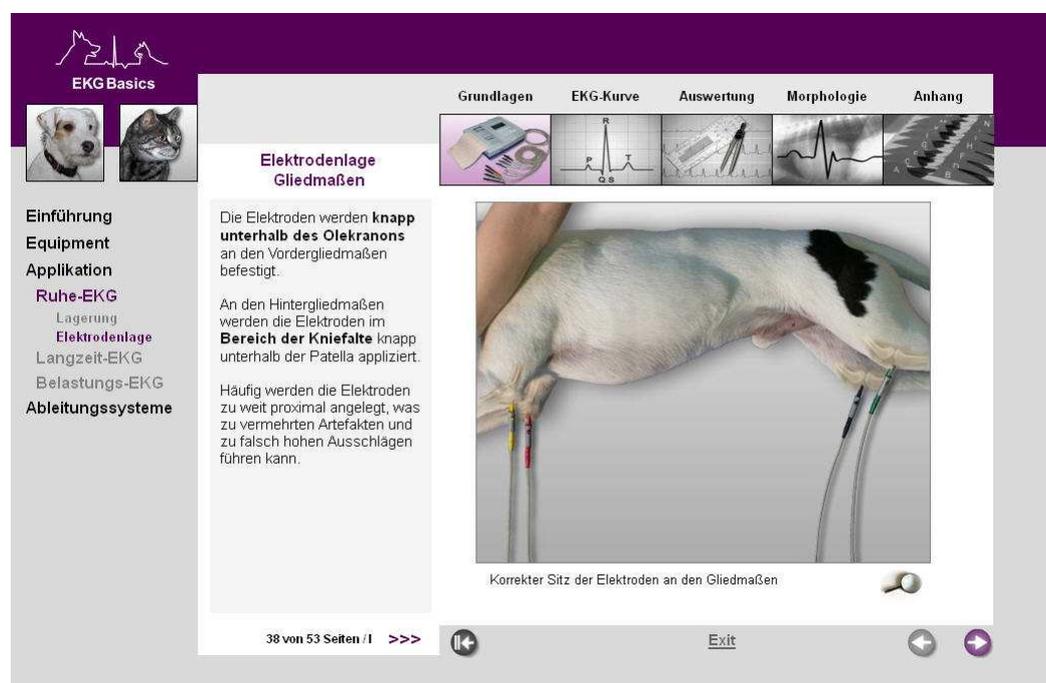


Abbildung 37: Beispiel einer Hauptseite

## Logo

Das Logo von EKG Basics befindet sich oben links auf den Hauptseiten und ist gleichzeitig der Link zurück zur Startseite. Von der Startseite aus können unter anderem Hinweise zur Programmbedienung abgerufen werden.



**Abbildung 38:** Logo von EKG Basics, gleichzeitig Link zur Startseite

## Abbildungen Hund und Katze

Unter dem Logo befinden sich zwei Bilder, das Linke von einem Hund und das Rechte von einer Katze. Diese Bilder sind nicht interaktiv und gelten als Anzeiger, wenn sich die Thematik der aktuellen Seite auf den Hund oder auf die Katze oder auf Beide bezieht. Nur dann sind die Bilder deutlich zu erkennen und kräftig in der Farbe.



**Abbildung 39:** Anzeige von Hund und Katze

## Hauptnavigationsleiste

Die Hauptnavigationsleiste, die waagerechte Bildleiste oben auf den Seiten, dient sowohl der Navigation als auch der Orientierung im Lernprogramm. Sie zeigt alle fünf Hauptkapitel. Über einen Mausklick auf das Bild oder die Überschrift gelangt der Benutzer auf die entsprechende Seite. Das aktuelle Hauptkapitelbild wird, im Gegensatz zu den übrigen Kapitelbildern, farbig dargestellt.



**Abbildung 40:** Hauptnavigationsleiste

## Submenü

Das Submenü befindet sich links auf der Hauptseite. Dort werden die Unterkapitel, Unterpunkte und Unterunterpunkte des jeweiligen Hauptkapitels angezeigt. Das Menü klappt sich nach unten auf und die einzelnen Überschriften werden sichtbar und können angeklickt werden. Die Unterkapitel haben eine schwarze, die Unterpunkte eine graue Überschrift. Die Unterunterpunkte sind zusätzlich noch kleiner gehalten. Der aktuell angewählte Unterpunkt und Unterunterpunkt wird durch eine dunkelviolette Überschrift hervorgehoben.



**Abbildung 41:** Beispiel des Submenüs

## Pfeile

Benutzer haben die Möglichkeit, das Programm von der ersten bis zur letzten Seite linear durchzublätern – ähnlich wie ein Buch. Dafür befinden sich Buttons in Pfeilform rechts unten auf den Hauptseiten.

Mittels des Rechtspfeils kann sich der Anwender im Programm vorwärts zur nächsten Seite, mittels des Linkspfeils zurück zur vorherigen Seite bewegen. Wird der Mousezeiger auf das betreffende Symbol platziert, erscheint ein auf die Funktion des Icons verweisender Text (Mouse-over Effekt).



**Abbildung 42:** Button: Seite vor



**Abbildung 43:** Button: Seite zurück



**Abbildung 44:** Mouse-over Effekt bei Seite vor und Seite zurück

## Button: „Weiterlesen“

Wenn eine Thematik auf der nächsten Seite weitergeführt wird, befindet sich dieses Icon unter dem Textblock rechts neben der Seitenanzeige. Seine Gestaltung lehnt sich an die Darstellung der Buttons für weitere Inhalte auf einigen Webseiten an.



**Abbildung 45:** Button: „weiterlesen“

**Button: „Backtrack Button“**

Mithilfe des Backtrack Buttons, unten mittig auf der Hauptseite, kann der Benutzer zur zuletzt angezeigten Seite zurückkehren.



**Abbildung 46:** Button: „Backtrack Button“, zurück auf die zuvor angesehene Seite (Chronik) mit Mouse-over Effekt

**Icon: „Lupe“**

Das Icon „Lupe“ ist ein interaktives Steuerelement, das sich unter dem rechten Rand von Bildern oder EKGs befindet. Es dient dazu, das jeweilige Medium z. B. Bildern, Schema-EKGs oder Original-EKGs per Mausklick zu vergrößern.



**Abbildung 47:** Icon: Lupe

**Icon: Filmrolle**

Die Filmrolle signalisiert einen Film, der per Mauseklick vergrößert werden kann.



**Abbildung 48:** Icon: Filmrolle

## Steuerungsleiste

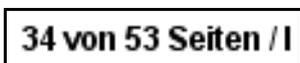
Alle Videos verfügen über eine Steuerungsleiste. Darüber können die Filme angehalten (Pausefunktion) und wieder abgespielt (Startfunktion) oder auch ganz gestoppt werden (Stoppfunktion). Außerdem besteht die Möglichkeit, über einen Schieberegler einen speziellen Startpunkt gezielt anzuwählen und von dort den Film abzuspielen. Die Videos können auch bei Klick auf das Videofenster angehalten (Funktion: Pause) und an der angehaltenen Stelle wieder abgespielt werden (Funktion: Abspielen).



**Abbildung 49:** Steuerungsleiste bei den Videos

## Seitenanzeige

Eine eindeutige Nummerierung auf jeder Seite ist ein festes, inaktives Modul unterhalb des Textblockes und gibt die aktuelle Seitenzahl, die gesamte Seitenzahl der jeweiligen Kapitel sowie das Kapitel an.



**Abbildung 50:** Seitenanzeige

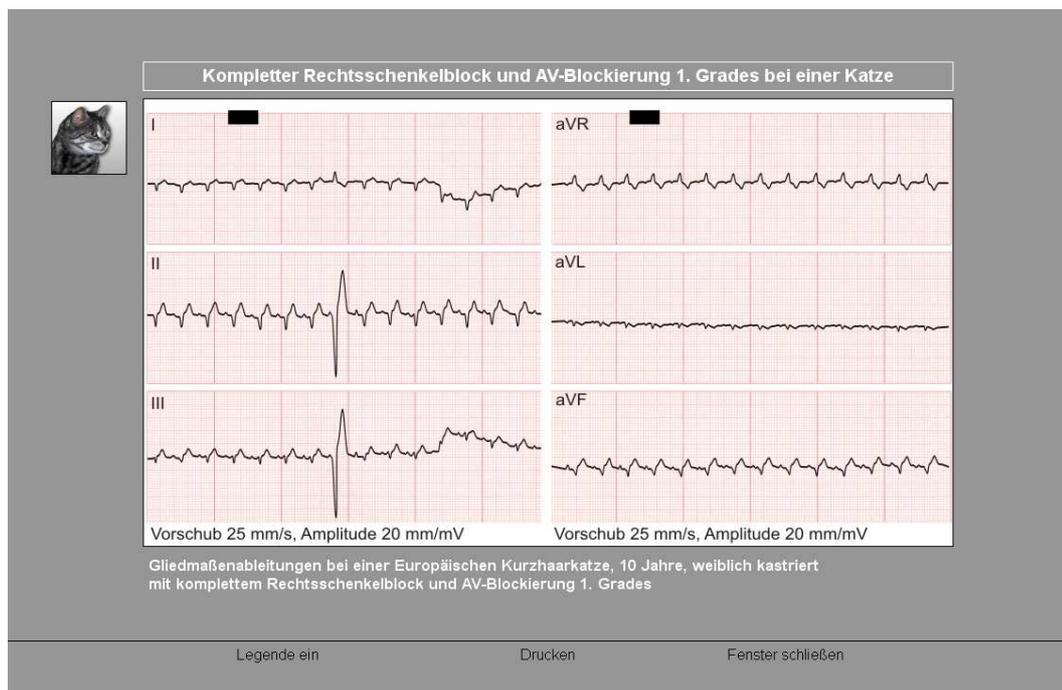
## Icon „Exit“

Das Text-Icon „Exit“ befindet sich gut sichtbar unten in der Mitte der Hauptseiten und bietet dem Anwender die Möglichkeit das Programm jederzeit zu beenden.



**Abbildung 51:** Button: Exit, Programm beenden

Im Folgenden werden die Navigations- und Orientierungselemente auf den Vergrößerungsseiten beschrieben.



**Abbildung 52:** Beispiel einer Vergrößerungsseite

### Abbildung Hund oder / und Katze

Auch auf den Vergrößerungsseiten befindet sich ein Bild, was anzeigt, ob sich das aktuelle Medium auf einen Hund oder eine Katze oder auf Beides bezieht.



**Abbildung 53:** Anzeige von Hund oder / und Katze auf der Vergrößerungsseite

**Button: „Fenster schließen“**

Mithilfe des Buttons „Fenster schließen“ wird die Vergrößerungsseite geschlossen und der Anwender gelangt zur Hauptseite zurück.

The image shows a rectangular button with the text 'Fenster schließen' in a dark, monospaced font.

**Abbildung 54:** Button: Fenster schließen

**Button „Drucken“**

Mit dem Button „Drucken“ löst der Anwender den Druckbefehl der aktuellen Seite aus.

The image shows a rectangular button with the text 'Drucken' in a dark, monospaced font.

**Abbildung 55:** Button: Drucken dieser Seite

**Button: „Legende ein“ und „Legende aus“**

Befindet sich unten links das Text-Icon „Legende ein“ oder „Legende aus“, besteht die Möglichkeit bei einem Bild oder EKG eine Legende zu- oder wegzuschalten.

The image shows two rectangular buttons side-by-side. The left one contains the text 'Legende ein' and the right one contains 'Legende aus', both in a dark, monospaced font.

**Abbildung 56:** Button: Legende einschalten und Legende ausschalten

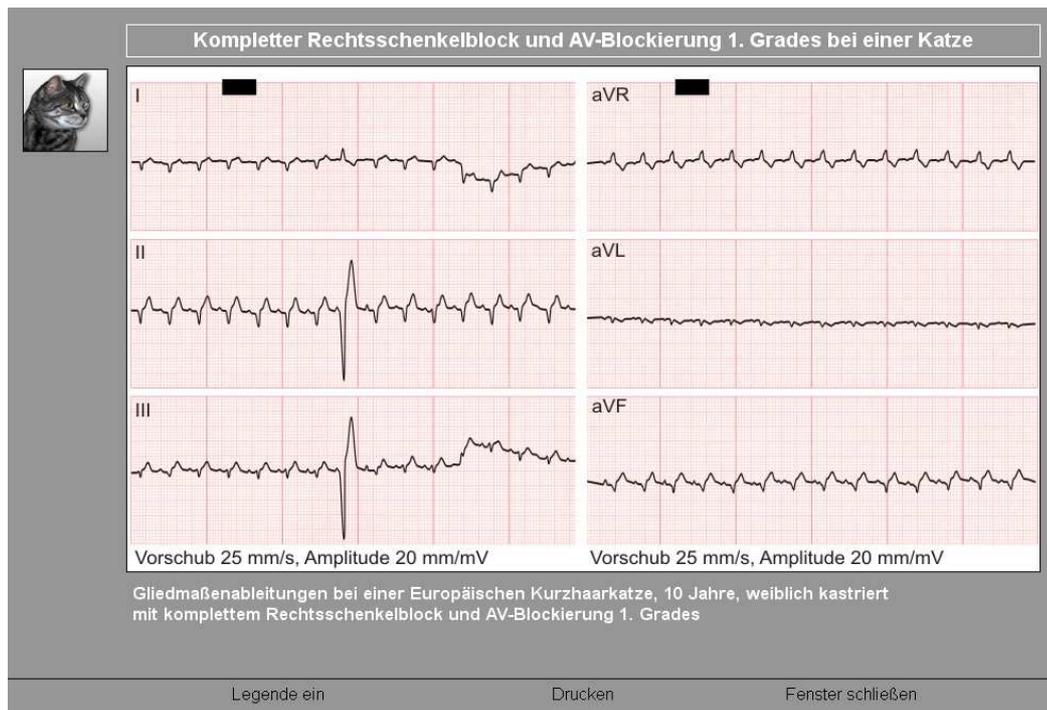


Abbildung 57: Original-EKG, Legende ausgeschaltet

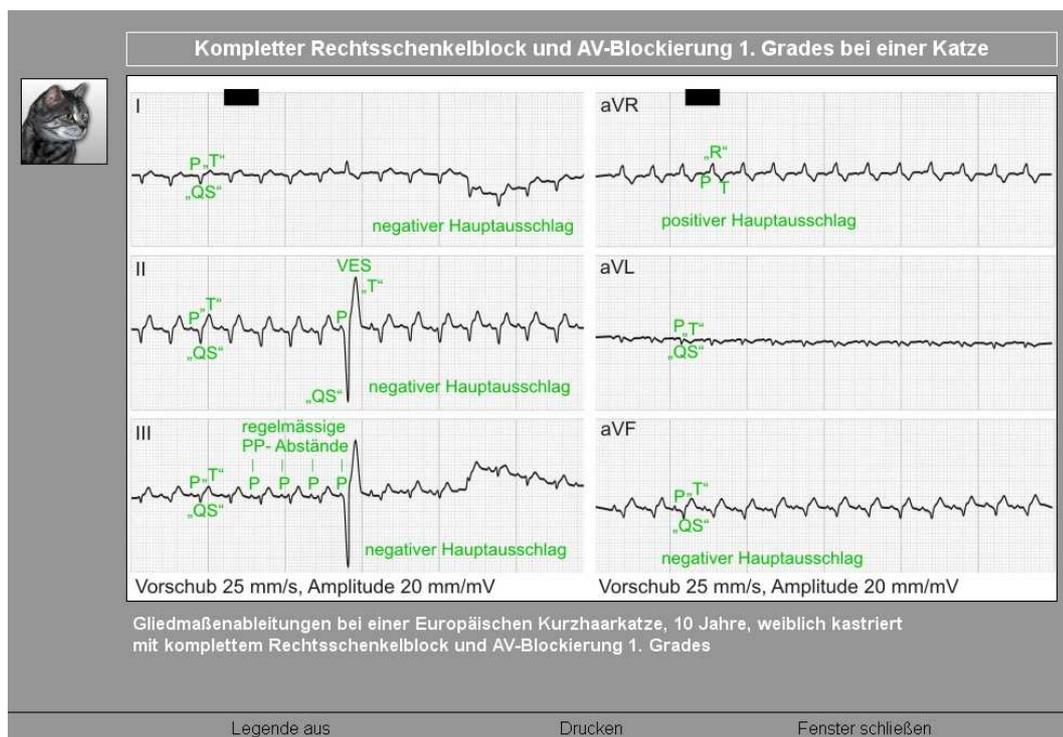


Abbildung 58: Original-EKG wie in Abb. 57, Legende eingeschaltet

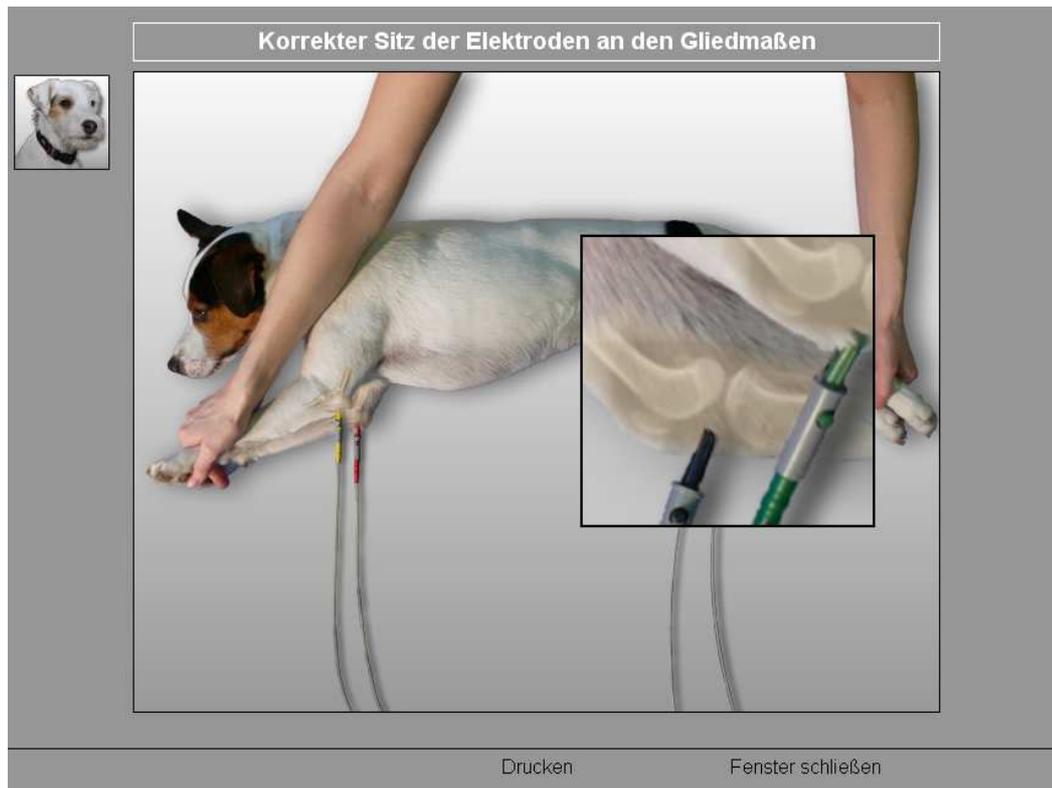


Abbildung 59: Automatische Zoomfunktion bei einem Bild

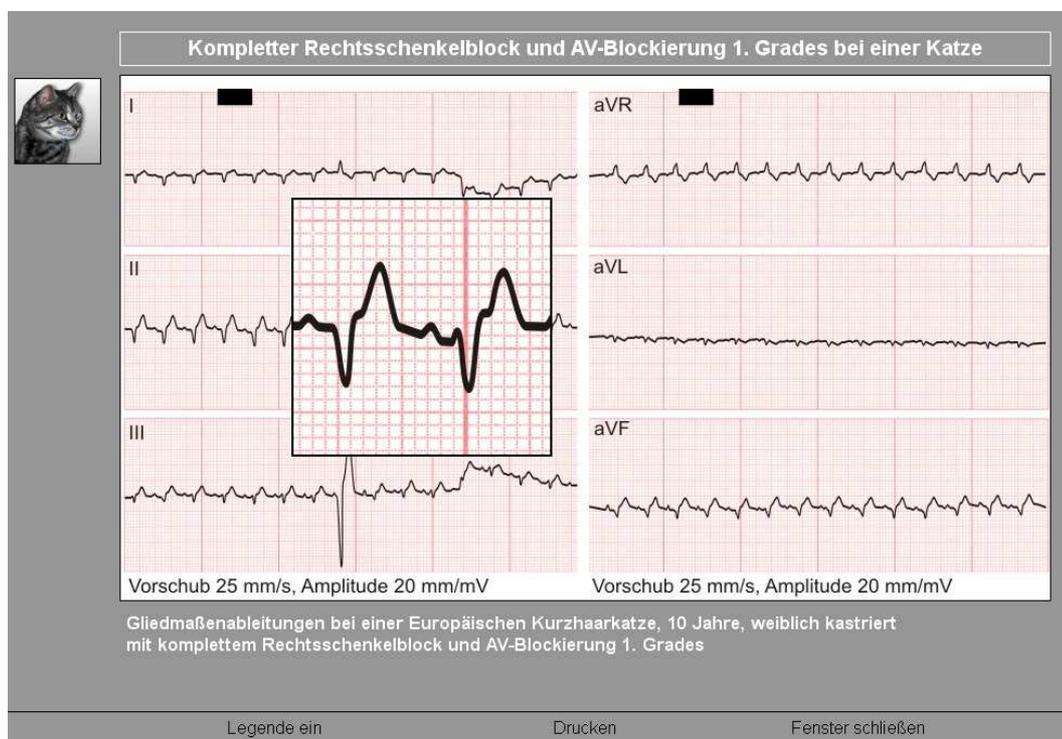


Abbildung 60: Automatische Zoomfunktion bei einem Original-EKG

## Verlinkungen im Text:

Ist ein Wort verlinkt, so ist es fett, farbig und beim Mouse-over Effekt unterstrichen.

The screenshot shows a software interface titled "EKG Basics" with a navigation menu at the top: Grundlagen, EKG-Kurve, Auswertung, Morphologie, and Anhang. The "Morphologie" section is active, displaying a grid with an EKG trace. The trace shows a P wave, a QRS complex (with P, Q, R, S, J, T waves labeled), and a T wave. Below the trace, various intervals and durations are marked: P-Dauer, PQ-Strecke, QRS-Dauer, ST-Strecke, PQ-Intervall, PQ-Zeit, PQ-Dauer, QT-Intervall, QT-Zeit, and QT-Dauer. A legend at the bottom left of the grid indicates "Vorschub 50 mm/s" and "Amplitude 10 mm/mV". The text on the left side of the grid explains the purpose of morphology and provides reference values for dogs and cats. The interface includes a back button, an "Exit" button, and a page indicator "1 von 140 Seiten / IV >>>".

**Morphologie**

Unter Morphologie wird hier die Form der De- und Repolarisationen von Vorhof- und Kammermuskulatur im EKG verstanden.

Zur Verifizierung von morphologischen Varietäten (physiologisch) oder Anomalien (pathologisch) sollte die EKG-Kurve vermessen und mit bekannten **Referenzwerten** von **Hund** und **Katze** verglichen werden.

Grundlage zur Vermessung der Amplituden ist die zweite bipolare Gliedmaßenableitung nach Einthoven. Die Zeiten können in jeder, möglichst artefaktfreien Standard-Gliedmaßenableitung bestimmt werden.

Gliedmaßenableitung II nach Einthoven: Standard-EKG-Kurve zur Messung der Referenzwerte beim herzgesunden, adulten Hund

Kurve vermessen und mit bekannten **Referenzwerten** von **Hund** und **Katze** verglichen werden.  
Grundlage zur Vermessung

### Abbildung 61: Verlinkungen im Text

Damit der Benutzer sich aber nicht im Lernprogramm verliert, sind die meisten Verlinkungen nicht zu anderen Seiten im Lernprogramm, sondern zu sogenannten „Erläuterungsseiten“.

#### „Erläuterungsseiten“:

Die „Erläuterungsseiten“ zeigen die Informationen, die der Benutzer durch das Anklicken der Verlinkung haben möchte. Der Benutzer gelangt aber nur auf die von ihm vorher angeschaute Seite zurück, da nur der Backtrack Button aktiv ist und die anderen Navigationsmöglichkeit nur teilweise zu sehen und inaktiv sind.



EKG Basics



Grundlagen   EKG-Kurve   Auswertung   Morphologie   Anhang



**Referenzwerte  
Hunde**

**P-Welle:**  
Höhe: max. 0,4 mV  
Dauer: max. 0,04 s

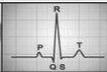
**PQ-Intervall:**  
Dauer: 0,06 s - 0,13 s

**QRS-Komplex:**  
Höhe der R-Zacke:  
max. 2,5 mV, kleine Hunde  
max. 3,0 mV, große Hunde  
Dauer des QRS-Komplexes:  
max. 0,05 s, kleine Hunde  
max. 0,06 s, große Hunde

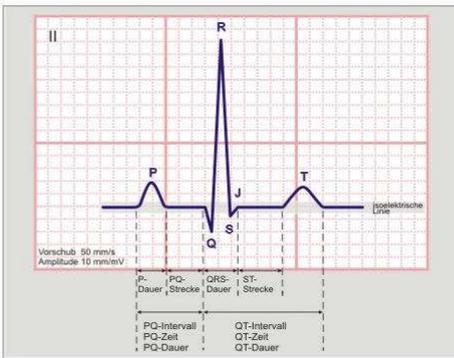
**ST-Strecke:**  
Hebung:  $\leq 0,15$  mV  
Senkung:  $\leq 0,2$  mV

**T-Welle:**  
Höhe:  $< 25\%$  der R-Zacke

**QT-Intervall:**  
Dauer: 0,15 s - 0,25 s  
bei normaler Herzfrequenz



Vorschub 50 mm/s  
Amplitude 10 mm/mV

isoelektrische Linie

Schematische EKG-Kurve eines Hundes  
Ableitung II der bipolaren Gliedmaßenableitungen nach Einthoven

Backtrack Button
[Exit](#)

Abbildung 62: „Erläuterungsseite“

## **4. Realisierung didaktischer Anforderungen**

### **4.1. Lernziel und Zielgruppenorientierung**

Das Lernziel von EKG Basics besteht darin, dem Lernenden die Grundlagen über die Elektrokardiographie bei Hund und Katze zu vermitteln. Das heißt, es werden sowohl die technischen und anatomischen Grundlagen eines Elektrokardiogramms, die Applikation und Aufzeichnung des EKGs am Tier als auch die Auswertung eines EKGs vermittelt. Auf der Willkommenseite des Lernprogramms wird das Lernziel formuliert und genannt.

Die erste Zielgruppe dieses Projektes sind Studierende der Tiermedizin, die Schritt für Schritt an die Thematik Elektrokardiographie bei Hund und Katze herangeführt werden sollen. Die zweite Zielgruppe sind approbierte, eher erfahrene Tierärztinnen und Tierärzte, die ihre EKG-Kenntnisse systematisch und gezielt erweitern wollen.

### **4.2. Inhaltliche Aufbereitung**

Das Lernprogramm ist in fünf Hauptkapitel gegliedert, wobei die Informationen von Kapitel I bis V aufeinander aufbauen. Jedes Hauptkapitel ist wiederum in sinnvolle Unterkapitel gegliedert.

Der Inhalt des Lernprogramms ist linear aufgebaut, das heißt der Anwender kann das Programm Seite für Seite durcharbeiten. Diese Vorgehensweise ist speziell für Anfänger gut geeignet. Fortgeschrittene Anwender können über das Menü und die Indexseiten im Anhang die für ihn interessanten Kapitel direkt aufsuchen oder so spezielle Fragen sofort nachschauen. Durch diese Auswahlmöglichkeiten kann jeder Lernende sein eigenes Lerntempo bestimmen und es werden sowohl beide Zielgruppen angesprochen.

Durch die Möglichkeit des wahlfreien Zugriffs auf Informationen und durch zahlreiche Verlinkungen der Inhalte wird ein hohes Maß an Interaktivität gewährleistet. Dies wirkt sich positiv auf die Motivation und Kognition des Benutzers aus.

Durch den begrenzten Raum der Bildschirmseiten wird der Inhalt des

Lernprogramms in kleine abgeschlossene Lerneinheiten eingeteilt, die im logischen nachvollziehbaren Sinnzusammenhang stehen. Außerdem herrscht ein prägnanter Stil mit Bezug zu Bildern und keine Textlastigkeit. Für den Text steht nur ein begrenzter Platz zur Verfügung.

**Abbildung 63:** Beispiel einer Hauptseite mit begrenztem Textangebot

Einige Themenkomplexe wie die EKG-Darstellung von P-Welle, PQ-Intervall, QRS-Komplex, ST-Strecke usw. tauchen an mehreren Stellen im Lernprogramm auf, wodurch Wiederholungen zum leichteren Einprägen von Informationen gegeben sind.

Medien wie Bilder und Animationen werden genutzt, um Inhalte zu veranschaulichen oder hervorzuheben und einen schnelleren Überblick zu geben. Sie nehmen vorwiegend eine konkrete Funktion ein und werden nur selten aus ästhetischen Gründen verwendet.

Beispiel für Bilder sind die schematischen EKGs, die visuell aufbereitet worden sind und EKG-Veränderungen leichter erkennbar machen sollen. Beispiele für Animationen sind die dynamische Darstellung des Reizbildungs- und Reizleitungssystems oder die Handhabung des EKG-Lineals.

### 4.3. Erfolgskontrollen

Erfolgskontrollen finden sich mittelbar im Programm selbst und in direkter Form im beigefügten Übungsbuch von WÖLFEL (2015).

Im vorliegenden Lernprogramm bieten alle Schema- und Original-EKGs die Möglichkeit zum Selbsttest. So können alle EKG-Aufnahmen auf den Vergrößerungsseiten zunächst ohne Legende betrachtet und interpretiert werden. Mit nur einem Klick kann der Nutzer anschließend präzise Kennzeichnungen und detaillierte Beschriftungen aufrufen, um so seine Fähigkeiten zu kontrollieren.

Das „EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis“ von Inga WÖLFEL (2015) dient als Erweiterung zum Lernprogramm EKG Basics und wurde im Rahmen einer zweiten Doktorarbeit erstellt. Dieses Übungsbuch besteht aus einem allgemeinen Teil „Die EKG-Kurve und ihre Auswertung“ und einem speziellen Teil den „EKG-Fallbesprechungen“. Das Übungsbuch ist so aufgebaut, dass auf den ersten zwei Seiten ein Original-EKG mit Informationen zum Patienten und Fragen zu diesem EKG stehen und auf den nächsten zwei Seiten die Lösungen präsentiert werden. Somit hat der Übende zuerst die Möglichkeit, die Fragen selbst zu lösen und dann mit Hilfe der Lösungsseite seinen Wissensstand zu überprüfen.

## 5. Systemvoraussetzungen

Als Speichermedium für das Lernprogramm EKG Basics dient eine DVD-ROM. Eventuell wird zusätzlich auch ein Online-Zugriff über den herausgebenden Verlag (Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover) angeboten.

Da der technische Fortschritt in der Computerindustrie schnell voranschreitet, müssen die Systemvoraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung der Lernsoftware formuliert werden.

Der Computer sollte mindestens über folgende Leistungseigenschaften verfügen:

- Prozessor: Pentium 233 MHz und höher (empfohlen mindestens Pentium 500 MHz)
- Speicher: Arbeitsspeicher über mindestens 128 MB RAM und höher (empfohlen mindestens 512 MB RAM)
- CD/ DVD-Laufwerk
- Grafikkarte und Soundkarte
- Bildschirmauflösung von mindestens 1024x768 Pixel oder höher empfohlen

Da es sich um ein browsergesteuertes Lernprogramm handelt, sollte für einen fehlerfreien Seitenaufbau ein PC mit einem Windows® Betriebssystem verwendet werden. Dieser sollte über einen der folgenden Internetbrowser verfügen:

- Mozilla Firefox Version 3.5 oder neuer
- Windows® Explorer Version 8.0
- Safari Version 5.0 oder neuer
- Google Chrome Version 9.0 oder neuer

An einer Version für Apple® und Linux Betriebssysteme wird noch gearbeitet. Für die Darstellung der Videos im Flash-Format muss ein entsprechender Flash-Media-Player installiert sein.

## **V. DISKUSSION**

EKG Basics ist das erste detaillierte veterinärmedizinische multimediale Lernprogramm auf dem Gebiet der Elektrokardiographie bei Hund und Katze. Besonderheiten sind die zahlreichen schematischen EKGs, die zu jedem vorgestellten Problem von Hund und/oder Katze angefertigt worden sind. Hierbei werden ausschließlich einzelne Sachverhalte dargestellt, während Original-EKGs meist mehrere Veränderungen gleichzeitig beinhalten. Aus diesem Grund haben diese Schema-EKGs einen hohen didaktischen Wert.

### **1. Vorteile eines multimedialen Lernprogramms**

Vorzug eines multimedialen Lernprogramms ist es, schwierige und komplexe Sachverhalte, durch das Zusammenspiel von Text, Bildern und filmischen Darstellungen besser erklären zu können. Praktische Abläufe werden mit Hilfe von Slideshows, Animationen und Videos anschaulicher dargestellt. Sie können sogar einen Tutor ersetzen, was ausschließlich mit einem Buch nicht möglich ist.

Der Umfang eines Buches ist aufgrund des entstehenden Gewichtes und der daraus resultierenden Unhandlichkeit begrenzt. In einem Lernprogramm auf DVD-ROM ist diese Begrenzung nicht vorhanden und es können somit im Vergleich zu einem Buch unter anderem mehr Bilder gezeigt werden. Natürlich muss auch bei einem Lernprogramm die Lesbarkeit des Inhalts erhalten bleiben und didaktische Grundsätze berücksichtigt werden (NIEGEMANN 2001).

In der vorliegenden Arbeit werden zum Beispiel zu den jeweiligen Themenkomplexen sowohl Original-EKGs, als auch Schema-EKGs dargestellt. In Letztgenannten werden ausschließlich einzelne Sachverhalte präsentiert, damit diese schneller und einfacher erkannt werden können. SWELLER (2005) erklärt in seiner Cognitive Load Theorie, dass der Lernprozess verbessert werden kann, wenn Informationen übersichtlich und schnell auffindbar sind und keine überflüssigen Erklärungen vom Lernen ablenken. In Original-EKGs treten meist mehrere Sachverhalte gleichzeitig auf. Hierbei kann besonders der

EKG-Neuling den Überblick verlieren und die extrinsische Belastung nach SWELLER (2005) ist groß. Auch Clark et al. (2006) schreiben, dass Inhalte in leicht versteh- und verarbeitbare Elemente aufbereitet und in kleinen Portionen dargeboten werden sollen.

Zusätzlich können alle EKGs, aber auch die Bilder und Videos im Programm vergrößert und ausschnittsweise herangezoomt werden, um die Sachverhalte größer und näher darstellen zu können. Dies ist in einem Buch nicht möglich. Außerdem lassen sich die EKGs, Bilder und Videos wahlweise ohne oder mit Legende anzeigen. Hierdurch kann sich der Anwender selbst überprüfen, ohne das Gefühl zu haben, er würde ständig geprüft. Laut NIEGEMANN (2008) ist eine eigenständige Kontrolle des Wissenstandes bei Lernprogrammen wichtig. In einem Buch können bestenfalls Doppeldarstellungen (ohne und mit Legende) und in Einzelfällen Ausschnittsvergrößerungen realisiert werden. Allerdings führt dies zur starken Vergrößerung des Umfangs und findet sich so üblicherweise nur in veterinärmedizinischen Ultraschall-Lehrbüchern (POULSEN NAUTRUP 2007; PENNINGCK und D'ANJOU 2008) sowie erstmalig in dem Übungsbuch von WÖLFEL (2015), das zusammen mit dem vorliegenden Lernprogramm angeboten wird.

Auch einprägsame Wiederholungen können in einem Lernprogramm häufiger gemacht werden, da der Umfang nicht so begrenzt ist. Laut ISSING (2009) und RIEDL (2004) fördern häufige Wiederholungen den Lernprozess.

Ein weiterer Vorteil einer multimedialen Lernsoftware sind Verlinkungen, sogenannte Hyperlinks. Fett und farbig markierte Wörter im Text können durch einen Mouse-Klick direkt und schnell nachgeschlagen werden und der Benutzer erhält zusätzliche Informationen zu dem angeklickten Wort. Das Anklicken von Hyperlinks basiert auf der Neugier des Lernenden und der Suche nach weiteren Informationen über selbstbestimmte Themen. Dieses nicht lineare und explorative Lernen fördert laut KERRES (2013) den Lernprozess. Auch wenn ein Buch linear aufgebaut ist, kann der Leser ein Buch explorativ nutzen und z. B. im Verzeichnis nach spezifischen Themen suchen. Dies ist aber wesentlich zeitaufwendiger als bei einem multimedialen Lernprogramm, wo der User nur auf ein

markiertes Wort, Hyperlink, klicken muss.

Doch die große Gefahr bei Hyperlinks besteht darin, dass der Benutzer die Orientierung im Lernprogramm verliert und nicht mehr weiß, wo er sich im Informationssystem befindet (KERRES 2013). Aus diesem Grund gelangt der Benutzer durch das Anklicken von Hyperlinks bei EKG Basics meistens nicht auf eine andere Lernprogrammseite, sondern auf eine sogenannte „Erläuterungsseite“. Von dort gelangt er nur wieder auf die zuvor angeschaute Seite zurück. Auch durch solche Erläuterungsseiten würde ein Buch zu umfangreich werden.

Es gibt noch andere Vorteile für ein multimediales Lernprogramm, die aber in der jetzigen Version von EKG Basics noch nicht realisiert werden konnten, da es den zeitlichen Rahmen der Doktorarbeit gesprengt hätte. Dies betrifft die Verzahnung von akustischen und visuellen Darbietungen, die durch die Verknüpfung der beiden Sinneskanäle Sehen und Hören den Lernprozess verbessert (MAYER 2005b). Außerdem fehlen konventionelle interaktive Lernübungen, die das selbstgesteuerte und gezielte Lernen unterstützen (NIEGEMANN 2008).

Ein multimediales Lernmedium ist attraktiv und entspricht der heutigen Zeit. Doch damit ein multimediales Lernprogramm einen guten Lernerfolg erzielt, ist einerseits der Inhalt von großer Bedeutung (MAYER 2005a), andererseits die ergonomische und didaktische Aufarbeitung des Lernprogramms und somit die konkrete Umsetzung der Lernsoftware (NIEGEMANN 2001).

Auch Apps für Tablets entsprechen der heutigen Zeit. Doch nach zwei Umfragen von 2012 und 2014 besitzen nur 10 bzw. 12 % der Erstsemester-Studierenden an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität ein Tablet (POULSEN NAUTRUP et al. 2014). Außerdem ist ein so umfangreiches und bei der Herstellung zeitintensives Lernprogramm als App aus wirtschaftlichen Gründen zurzeit nicht attraktiv. Da das Angebot an kostenlosen teils ausgezeichneten Apps sehr groß ist (RECKERT 2014), ist die Hemmschwelle bei Usern hoch, für Apps etwas zu zahlen. Das IT-Research- und Beratungsunternehmen Gartner prognostiziert, dass „es sich im Jahr 2017 bei 94,5 Prozent aller App-

Downloads um Free Apps (...) handeln wird. 90 Prozent der reinen Paid Apps würden weniger als 500 Mal täglich heruntergeladen und würden so Umsätze unterhalb von 1.250 US-Dollar pro Tag generieren.“ (RECKERT 2014).

## 2. Vergleich zu anderen multimedialen Lehrmedien

Im Folgenden wird das vorliegende Lernprogramm EKG Basics mit den vorhandenen veterinärmedizinischen multimedialen Lehrmedien aus Kapitel 1.1. bezüglich des Inhalts und der Gestaltung der EKGs gegenüber gestellt. Außerdem soll die Umsetzung von ergonomischen sowie didaktischen Anforderungen vergleichend diskutiert werden.

### 2.1. Vergleich des Inhalts

Der Umfang des Inhaltes zwischen EKG Basics und anderen multimedialen Lehrmedien variiert teilweise erheblich. Im Folgenden wird EKG Basics mit **veterinärmedizinischen** Online-Tutorials und E-Learning-Modulen, die sich mit dem Thema EKG bei Hund und Katze befassen und zu diesem Zeitpunkt auf dem Markt verfügbar sind, inhaltlich verglichen.

In der vorliegenden Arbeit wurde darauf Wert gelegt, dass das Lernprogramm EKG Basics alle wichtigen Informationen zu den Grundlagen der EKG-Erstellung und Auswertung bei Hund und Katze beinhaltet. Inhaltlich knüpft EKG Basics an das Konzept von TILLEY (1989) an. Das Buch von TILLEY wurde 1985 in englischer Sprache verfasst und 1998 ins Deutsche übersetzt. Es ist eines der umfangreichsten Lehrbücher zur Elektrokardiographie bei Hund und Katze.

Der inhaltliche Umfang in den zu vergleichenden veterinärmedizinischen multimedialen Lehrmedien wurde deutlich reduziert. Ein Grund dafür ist, dass zum Teil Schwerpunkte gesetzt worden sind, wie z.B. bei WESS (2015), der auf die Arrhythmiebestimmung sehr ausführlich eingeht, die Morphologie aber nur kurz erwähnt oder bei SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006), bei denen die physiologischen Grundlagen den

Schwerpunkt bilden.

Bei EKG Basics wird auch Wert auf die Beschreibung der technischen Grundlagen gelegt. Beispielsweise wird detailliert und mit Hilfe von Bildern und Slideshows die Anbringung des Ruhe-, Langzeit- und Belastungs-EKGs dargestellt. Auch das E-Learning Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) zeigt die Applikation des Ruhe-EKGs mittels eines Videos. Vorteil hierbei ist, dass eine Slideshow oder ein Video anschaulicher, verständlicher und dadurch einprägsamer sind (NIEGEMANN 2008; HORZ 2015). Die Online-Tutorials von WESS (2015) und O'GRADY (2004) setzen die Anbringung der EKG-Elektroden voraus und erwähnen sie nicht.

Im vorliegenden Lernprogramm werden sowohl unterschiedliche analoge als auch digitale EKG-Geräte vorgestellt und deren Handhabung und die wichtigsten Einstellungen für eine optimale EKG-Aufzeichnung filmisch gezeigt. Auch die häufig verwendeten EKG-Utensilien, wie die Elektroden oder das Verbandsmaterial, welches für das Langzeit- und Belastungs-EKG notwendig ist, werden präsentiert und teilweise Vor- und Nachteile abgewogen. Unterschiedliche Arten der Anbringung und Fixierung eines Langzeit-EKGs werden mit Hilfe von Slideshows dargestellt.

Dies findet sich in dieser Ausführlichkeit in keinem der vorgestellten multimedialen Lehrmedien, aber auch in keinem veterinärmedizinischen Lehrbuch. Allerdings ist zu bedenken, dass die technischen Materialien und Verfahren einer ständigen Weiterentwicklung unterliegen, so dass sicherlich einige Aussagen, Filme und Slideshows des vorliegenden Lernprogramms zukünftig an Aktualität verlieren werden.

Um die Entstehung der EKG-Kurve zu verstehen, sollten Grundlagen über die Anatomie des Reizbildungs- und Reizleitungssystems vorhanden sein. Auch physikalisches Grundwissen mit den Vektordarstellungen hilft, die verschiedenen Ableitungen beim EKG und das Prinzip der Herzachse zu erfassen. Diese Grundlagen werden in EKG Basics sehr umfangreich und mittels Bildern und Animationen behandelt. Großer Wert wurde auf die Anatomie gelegt und auf die Darstellung, wie der elektrische Reiz durch das Erregungssystem läuft und sich daraus die typische Form der EKG-

Kurve ergibt. Dafür wurden Animationen erstellt, die sowohl die normale Reizbildung und Reizleitung zeigen, als auch pathologische Aspekte. Sowohl das E-Learning-Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) als auch die Website von WESS (2004) stellen die normale Erregungsbildung und -leitung anhand von einer grafischen Animation dar. Das Online-Tutorial von O'GRADY (2004) und das E-Learning-Modul von KOVACEVIC (2015) erklärt diese Thematik mit Bild und Text, das Online-Tutorial von KLEIN (2015) nur mit Text. Die Anatomie des Reizbildungs- und reizleitungssystems wurde von keinem anderen behandelt. Die Physiologie und die physikalischen Grundlagen werden im E-Learning-Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) sehr umfangreich erörtert. Da dieses Modul im Institut der Veterinär-Psychologie der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin entstanden ist, liegt der Hauptschwerpunkt auch auf diesem Gebiet.

Physiologische Einflüsse auf die EKG-Kurve, wie beispielsweise die Spezies, der Körperbau, das Alter und die Lagerung, aber auch Fehler bei der Anbringung der Elektroden oder bei der Einstellung der EKG-Geräte und Artefakte werden im vorliegenden Lernprogramm ausführlich dargestellt. Dies ist wichtig, um physiologische von pathologischen Veränderungen unterscheiden zu können. Diese Thematik fehlt in dieser Ausführlichkeit bei den meisten zu vergleichenden Lehrmedien, nur WESS (2015), SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) und KOVACEVIC (2015) gehen kurz und meistens nur auf einzelne Aspekte ein.

Insbesondere die Auswertung eines EKGs wird in EKG Basics sehr viel umfassender thematisiert als in den anderen multimedialen Lehrmedien aus der Veterinärmedizin. Die korrekte Interpretation eines EKGs in der Praxis ist für die Diagnose und evtl. Therapie des Patienten von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund wurde in EKG Basics ein großer Schwerpunkt auf die Auswertung eines EKGs gesetzt.

Die verschiedenen Messmethoden bei der Bestimmung von Herzrhythmus, Herzfrequenz und Herzachse werden detailliert und mit Hilfe von Slideshows erklärt. Auch WESS (2004), SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) und KOVACEVIC (2015) legen Wert auf eine ausführlichere Darstellung der Messung von Herzrhythmus, Herzfrequenz

und Herzachse. KLEIN (2015) geht kurz auf die Herzfrequenzmessung ein. Die Messung der Herzachsen wird detaillierter behandelt, so auch bei O'GRADY (2004). Doch der Umfang ist bei allen begrenzt. Zum Beispiel wird die wichtige Handhabung des Zirkels bei der Auswertung eines EKGs in den anderen veterinärmedizinischen Lehrmedien nicht thematisiert.

In EKG Basics wird auch das Thema Morphologie sehr ausführlich bearbeitet. Der Benutzer hat die Möglichkeit, Informationen über die veränderte Morphologie eines EKGs, einerseits über die jeweiligen veränderten Wellen und Intervalle, wie erhöhte P-Welle oder verlängerte PQ-Strecke, zu erhalten. Andererseits kann er auch direkt über EKG-Syndrome, wie beispielweise Kammervergrößerung, Informationen nachschlagen. Unter EKG-Syndromen werden morphologische und funktionelle Herzanomalien sowie kardiale und extrakardiale Krankheiten verstanden, die mit mehr oder minder typischen morphologischen Veränderungen der EKG-Kurven einhergehen. Die Morphologie hat bei den meisten anderen veterinärmedizinischen Lehrmedien einen nicht so hohen Stellenwert und wird teilweise gar nicht, wie bei KLEIN (2015) oder nur kurz angesprochen. Dabei werden nur die wichtigsten pathologischen Veränderungen, wie Vorhof- und Kammervergrößerungen und erhöhte T-Wellen erklärt. Grund dafür ist wahrscheinlich, dass morphologische Veränderungen im EKG bei Hunden und Katzen meist nur Hinweise auf verschiedene Herzveränderungen unterschiedlicher Genese und Ausprägung geben können. Für eine definitive Diagnose ist gewöhnlich die Echokardiographie angezeigt. Im Vergleich zu Veterinärmedizin besitzt die EKG-Morphologie in der Humanmedizin einen erheblich größeren Stellenwert z.B. beim lebensbedrohlichen Herzinfarkt. Laut SCHUSTER und TRAPPE (2013) ist „das Elektrokardiogramm (...) das diagnostische Verfahren zur Erkennung eines Myokardinfarktes. Neben qualitativen Befunden zur Diagnosesicherung erlaubt es, Ausdehnung und Alter des Infarktes festzulegen.“ Bei Hund und Katze dagegen ist der Myokardinfarkt selten (DRIEHUYS et al. 1998).

Die anderen multimedialen veterinärmedizinischen Lehrmedien beschreiben noch zusätzlich die einzelnen Arrhythmien, was in der vorliegenden Arbeit fehlt, da die Gewichtung hier auf den Grundlagen der

EKG-Erstellung und Auswertung liegt. Später soll ein weiteres Kapitel mit dem Thema Arrhythmien dem Lernprogramm zugefügt werden. Dies hätte jeden Rahmen der vorliegenden Doktorarbeit gesprengt, da mengenmäßig noch ein Drittel dazugekommen wäre.

## **2.2. Gestaltung der EKGs**

In dem vorliegenden Lernprogramm wurde vor allem darauf Wert gelegt, EKGs deutlich, übersichtlich und einheitlich zu gestalten, um Veränderungen und/oder Artefakte eindeutig zeigen und identifizieren zu können. Aus diesem Grund wurden schematische EKGs angefertigt, die ausschließlich einzelne Sachverhalte zeigen sollen. Um aber die Vergleichbarkeit mit Original-EKGs zu gewährleisten, wurden alle Schema-EKGs auf Millimeterpapier maßstabsgerecht gezeichnet. Der wesentliche Inhalt wird somit übersichtlicher präsentiert, was die extrinsische Belastung reduziert und dadurch den Sachverhalt leichter verständlich macht (SWELLER 2005). Original-EKGs beinhalten meist mehrere Veränderungen gleichzeitig, was besonders EKG-Neulinge verwirren kann.

In der Veterinärmedizin gibt es solche didaktisch wertvollen Schema-EKGs nur vereinzelt. Auf der Website der Medizinischen Kleintierklinik finden sich schematisch dargestellte EKGs (WESS 2015). Doch diese Schemas sind sehr einfach gehalten und besitzen keinen skalierten Hintergrund, so dass mit diesen EKGs nur eine Blickdiagnose und keine echte „Auswertung“ möglich ist.

In der Humanmedizin finden sich schon häufiger schematische EKGs, die gut aufgearbeitet sind und einen skalierten Hintergrund haben, wie beispielsweise in der App „Instant ECG“ von iANESTHESIA LLC (2009).

Damit ein konsistenter Eindruck im Lernprogramm entsteht, wurden die Original-EKGs bearbeitet und auf einheitliche Hintergründe gesetzt. Da die Original-EKGs mit unterschiedlichen Aufzeichnungsgeräten erstellt worden sind, besitzen sie von der Farbe und Größe her unterschiedliche Hintergründe. Dies würde im Lernprogramm sehr unruhig wirken. Auch die Original-EKG-Kurven haben unterschiedliche Farben und Dicken und

teilweise sind sie schlecht zu erkennen, wenn sie auf Papier geschriebenen worden sind. Aus diesem Grund fand eine Umarbeitung der EKG-Kurven in gut erkennbare und einheitliche Vektorgrafiken statt. Dabei wurde auf eine genaue Übertragung geachtet. Zu viele wechselnde Darstellungsformen lenken den Benutzer zu stark ab und beeinträchtigen den eigentlichen Lernerfolg (JACOBSEN 2014). Während bearbeitete Original-EKGs im humanmedizinischen Lehrmaterial weit verbreitet sind, finden sie sich bisher seltener in der veterinärmedizinischen Literatur. Schöne didaktisch aufgearbeitete Original-EKGs sind zum Beispiel Bestandteil in den folgenden humanmedizinischen Lehrmedien: Lern-CD „EKG: Programm zur Fort- und Weiterbildung“ von MAESO MADRONERO und BERGBAUER (1997), App „ECGsource“ von ECGSOURCE (2014), App „ECG Atlas“ von MEDICON APPS (2013).

Bei EKG Basics wurde aber nicht nur auf die Gestaltung der Schema- und Original-EKGs geachtet, sondern auch auf eine eindeutige und selbsterklärende Beschriftung und Markierung der speziellen Sachverhalte im jeweiligen EKG. Zu jedem Schema- und Original-EKG kann der Benutzer eine sogenannte Legende per Mouse-Klick zuschalten. Diese Legenden sind sehr wichtig, damit der Benutzer überhaupt erkennen kann, was in den EKGs normal und was verändert ist. Fehlen diese, ist es besonders für EKG-Anfänger schwierig bis unmöglich, ohne zusätzliche Anleitung, physiologische und pathologische Gegebenheiten zu unterscheiden. Auch sinnvoll aufbereitete EKGs haben nur einen geringen didaktischen Wert, wenn die Legende fehlt, was bei allen drei oben aufgeführten Lehrmedien mit bearbeiteten Original-EKGs der Fall ist (MAESO MADRONERO und BERGBAUER 1997; ECGSOURCE 2014; MEDICON APPS 2013).

Sowohl die veterinärmedizinischen E-Learning-Module von KOVACEVIC (2015) und SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) besitzen Legenden in ihren EKGs, als auch die humanmedizinische App von SPRINGER PUBLISHING COMPANY (2014). In den Filmen von der App „ECG Simple“ von MARWA SAYED (2013) werden Veränderungen in den EKGs parallel zu den Beschreibungen aktiv markiert. Dies fördert den Lernprozess, jedoch wurden leider ergonomische Kriterien, wie

beispielweise Beschränkung auf wenige Farben und konsistentes Layout außer acht gelassen, was teilweise sehr ablenkt.

### **2.3. Realisierung ergonomischer Anforderungen**

Bei der Anfertigung von EKG Basics wurde darauf Wert gelegt, die ergonomischen Anforderungen für ein Lernprogramm weitestgehend zu realisieren. Besonderer Wert wurde auf eine ergonomische Gestaltung des Layouts gelegt.

Das Layout ist so konzipiert, dass es einheitlich und übersichtlich wirkt. Eine gewisse Ordnung auf dem Bildschirm ist wichtig, damit das Auge des Betrachters nicht unnötig belastet wird (SCHNEIDER 2010; HAMMER 2011). Dieser Aufbau findet sich in den meisten veterinärmedizinischen multimedialen Lehrmedien. Nur die Website von O'GRADY (2015) hat eine andere Konstruktion und besteht aus einem sogenannten Frage-Antwortkatalog, der sich auf einer zu scrollenden Seite befindet. Hier besteht kein strukturierter Aufbau und dem Benutzer fehlt die Orientierung.

Die Farbgestaltung von EKG Basics wurde konsistent und dezent gehalten und auf eine möglichst kontrastreiche Kombination von Vorder- und Hintergrundfarben geachtet. Die Farbe gilt als eines der wichtigsten Gestaltungsmittel (HOFFMANN 2013) und sollte gut eingesetzt werden, um Übersichtlichkeit und Transparenz schaffen. Zu viele Farben verwirren meistens und erzeugen beim Benutzer Unruhe (BALZERT 2009). Auch bei den meisten anderen veterinär- und humanmedizinischen Lehrmedien wurde auf dieses wichtige Kriterium geachtet. In der humanmedizinischen App von MARWA SAYED (2013) sind die Überschriften und Legenden der EKGs nicht nach ergonomischen Aspekten erstellt worden und bestehen aus vielen verschiedenen Farben, was sehr bunt und unruhig auf den Benutzer wirkt.

Bei der Gestaltung der Bilder in EKG Basics wurde darauf geachtet, dass sich maximal vier Bilder gleichzeitig auf einer Seite befinden, da zu viele Bilder den Betrachter irritieren können. Außerdem enthalten die Bilder nur wenige bis mäßig viele Details, da sie sonst zu überladen wirken (JACOBSEN 2014). Wichtig ist auch eine gute Erkennbarkeit aller

Einzelheiten auf den Bildern. Da die kleinen Bilder auf den Hauptseiten im vorliegenden Lernprogramm eine begrenzte Größe haben, wurden Informationen teilweise reduziert. Erst wenn der Benutzer das Bild vergrößert, erhält er alle Informationen. Damit alle Einzelheiten in den Bildern und besonders in den EKGs gut erkannt werden können, gibt es in der vergrößerten Ansicht die Möglichkeit eines Zooms. Dabei kann der Benutzer ausschnittsweise Details vergrößern. Obwohl ein derartiger Zoom mit Hilfe eines einzelnen JavaScript Befehls realisiert werden kann und zudem allgemein üblich auf den meisten Seiten von Internetshops ist, findet er bisher kaum Anwendung in Lernprogrammen.

Die Navigation des vorliegenden Lernmediums ist intuitiv und selbsterklärend, so dass eine Bedienungsanleitung nicht benötigt wird. Zur Sicherheit befindet sich jedoch eine Anleitung in den Programminformationen, damit der Benutzer notfalls dort nachgeschlagen kann. Da die Navigation zu jeder Zeit erkennbar ist und eine optische Benutzerführung mit Hilfe von farbigen Icons enthält, kann der Benutzer sich gut daran orientieren und weiß, wo im Kapitel er sich befindet. Dies wird laut ROHLES (2013) empfohlen, da sich der Leser nicht wie bei einem Buch durch die Haptik orientieren kann. Um diese Orientierung zu unterstützen, gibt es bei EKG Basics zusätzlich eine Seitenangabe unter dem Textfeld. Bei den meisten veterinärmedizinischen multimedialen Lehrmedien ist die Navigation immer erkennbar und gibt somit dem Benutzer Orientierung mit Ausnahme von O'GRADY (2015), der keine Navigation hat und WESS (2015), wo die Navigation erst durch Öffnen des Dropout-Menüs erkennbar wird. Zusätzliche Seitenangaben finden sich nur bei KOVACEVIC (2015). In der Humanmedizin werden häufiger Seitenangaben angegeben, beispielsweise im Lernprogramm von MAESO MADRONERO und BERGBAUER (1997), wo ähnlich wie bei EKG Basics die aktuelle Seitenzahl mit Angabe der maximalen Seitenzahl vom Kapitel angezeigt wird.

Das vorliegende Lernprogramm wurde von 10 Personen auf Anwendbarkeit getestet und als gebrauchstauglich erachtet. Da eine vollständige wissenschaftliche Evaluierung einen enormen zeitlichen Aufwand darstellt, wurde diese bisher nicht durchgeführt.

## 2.4. Realisierung didaktischer Anforderungen

EKG Basics wurde nach didaktischen Kriterien erstellt.

Dabei kam es darauf an, den Lernstoff portioniert darzustellen, indem der Textumfang auf den einzelnen Seiten durch das feste Layout begrenzt und Themen auf mehrere Seiten aufgeteilt wurden. Dies ist didaktisch von Bedeutung, damit das Arbeitsgedächtnis des Benutzers nicht durch zu viele Informationen überladen wird (NIEGEMANN 2008). Die Lerneinheiten bauen aufeinander auf und können in einer linearen Reihenfolge bearbeitet werden. Zusätzlich können mit Hilfe von Hyperlinks oder dem Index gezielt Informationen gesucht und abgerufen werden, was das explorative Lernen fördert und somit den Lernprozess verbessert (KERRES 2013). Einzelne Themen werden in unterschiedlichen Kontexten aufgeführt und somit wiederholt, was den Lerneffekt verstärkt (ISSING 2009 und RIEDL 2004). Diese didaktischen Aspekte sind bei den meisten zu vergleichenden veterinärmedizinischen Lehrmedien realisiert worden. Da sich bei O'GRADY (2015) alle Informationen auf einer Seite befinden, ist hier die Portionierung des Lernstoffes schwierig. Es besteht auch keine aufeinander aufbauende Reihenfolge. Die für den Lernprozess wichtigen Wiederholungen finden sich besonders im E-Learning-Kurs von KOVACEVIC (2015) durch die integrierten Quizfragen.

Visualisierung ist ein wesentlicher Lerneffekt. Lernen mit Wörtern und Bildern ist besser, als nur mit Wörtern (MAYER 2005a). Aus diesem Grund enthält das vorliegende Lernprogramm viele Bilder, die dem Benutzer Wissen vermitteln und Inhalte aus dem Text veranschaulichen sollen. Mit vielen informativen Bildern arbeitet auch SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006).

Doch wenn Text und Bilder Sachverhalte nicht oder nicht ausreichend erklären können, wie beispielsweise die Handhabung eines EKG-Lineals, sind Animationen hilfreich. Komplexe Lerninhalte wie Abläufe von Prozessen oder Funktionsweisen von Geräten können so besser vermittelt werden. Animationen fördern das Lernen und sind statischen Bildern in Bezug auf den Lernerfolg überlegen, wenn sie lernzielrelevante Inhalte darbieten und realitätsnah sind (NIEGEMANN 2008 und HORZ 2015). Die

Animationen in EKG Basics sind Informationsträger. Speziell beim EKG ist es eine gute Methode dem Anwender das Arbeitsmittel in der gleichen Art und Weise näher zu bringen und zu erläutern, wie er es in der Realität zu benutzen hat, beispielweise die Anbringung der Elektroden am Tier oder die Handhabung des EKG-Lineals. Diese animierten Grafiken ersetzen im vorliegenden Lernprogramm somit einen Tutor. Nur bei dem E-Learning-Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) finden sich auch solche Videos und Animationen zu praktischen Abläufen oder bei schwierigen Sachverhalten wie beispielsweise die Applikation der Elektroden bzw. die Erklärung des Aktionspotentials. Bei EKG Basics wurden außerdem Herzanimationen erstellt, die gleichzeitig die Erregungsleitung im Hundeherzen und die daraus entstehende EKG-Kurve präsentieren. In den veterinärmedizinischen multimedialen Lehrmedien von WESS (2015) und SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) finden sich ähnliche Herzanimationen, die parallel die Herzaktion und die Entstehung der EKG-Kurve zeigen. Das Herz wird bei beiden aber nur schematisch dargestellt. Die Herzanimation bei WESS (2015) stellt noch zusätzlich den Druck, das Volumen und das Phonokardiogramm auf zwei weiteren Abbildungen dar. Dies irritiert den Betrachter eher, da er zu sehr abgelenkt wird. Die Erregungsleitung ist in der Herzabbildung nicht grafisch eingezeichnet. Bei EKG Basics wurde bei der Gestaltung der Animationen großer Wert auf die Anatomie des Hundeherzens und die Darstellung des Reizbildungs- und Reizleitungssystems gelegt. Damit kann der Lernende die genaue Erregungsbildung und -leitung im Herzen erkennen und die daraus entstehende EKG-Kurve besser verstehen. Auch in der Humanmedizin finden sich häufig Herzanimationen, meistens aber eher skizzenhaft, selten grafisch ansprechend. Gestalterisch und didaktisch aufgearbeitet, sind die Animationen in der humanmedizinischen App „ECG in Motion“ von CIPM GmbH (2013).

Besonders bei multimedialen Lernumgebungen spielen Lernkontrollen eine große Rolle, da kein Tutor vorhanden ist, der dem Lernenden Rückmeldung gibt. Der Lernende muss mit Tests und Übungen seinen Wissenstand selbst überprüfen (NIEGEMANN 2008). Mithilfe der Legenden der EKGs, die erst durch zusätzliches Anklicken auf den

Vergrößerungsseiten erscheinen, kann der Lernende zuerst selbst überlegen und dann sein Wissen kontrollieren. Der Vorteil hierbei ist, wie bereits oben erwähnt, dass diese Form der Eigenkontrolle keinen Prüfungscharakter besitzt. Ein interaktives Quiz konnte im Rahmen der Doktorarbeit nicht realisiert werden, dafür wurde das „EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis“ im Rahmen einer zweiten Doktorarbeit von Inga WÖLFEL (2015) erstellt. Das Übungsbuch ist als Lernerfolgskontrolle und Erweiterung für das multimediale Lernprogramm EKG Basics konzipiert und soll generell zusammen mit vorliegendem Lernprogramm angeboten werden. Das Online-Tutorial von WESS (2015) und der E-Learning-Kurs von KOVACEVIC (2015) haben integrierte Quizfragen teilweise auch mit Fallbeispielen, womit die Benutzer ihr Wissen überprüfen können. Auch das E-Learning-Modul von SIEGLING-VLITAKIS und KOHN (2006) enthält Fallbeispiele und Selbsttests, die jedoch aufgrund von notwendigen technischen Anpassungen derzeit (Stand 3.3.2015) nicht verfügbar sind. Die restlichen Teile des E-Learning-Moduls "EKG-Auswertung bei Hund und Katze" der Freien Universität Berlin sind zumindest im Intranet verfügbar (persönliche Mitteilung C. Siegling-Vlitakis, Berlin, 03.03.2015).

## VI. AUSBLICK

EKG Basics soll um ein weiteres großes Kapitel mit dem Namen „Arrhythmien“ ergänzt werden. Darin werden die Rhythmusstörungen ausführlich erklärt. Sobald dieser Teil fertig ist, wird das Lernprogramm in Deutschland von der Schlüterschen Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG veröffentlicht. Das „EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis“ von Inga WÖLFEL (2015) dient als Erweiterung zum Lernprogramm EKG Basics und soll zukünftig zusammen käuflich zu erwerben sein.

Zusätzlich soll EKG Basics ein Teil eines multimedialen Pakets werden, das neben dem vorliegenden Lernprogramm EKG Basics und dem Übungsbuch das Lernprogramm PhonoBasics der Autorin Bea Alice Löhr beinhalten soll.

Außerdem ist eine Vermarktung auf dem internationalen Markt vorgesehen. Dazu wird EKG Basics in die englische Sprache übersetzt. Auch hier soll die Software über die Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG vertrieben werden.

Durch die ständigen Erneuerungen der Internetbrowser werden regelmäßige Updates z. B. des Programmcodes oder der JavaScripts notwendig sein. Wird das Programm nicht aktualisiert, kann es in absehbarer Zeit nicht mehr fehlerfrei abgerufen werden.

Geplant ist eine Evaluierung der Gebrauchstauglichkeit des Programms nach dessen Veröffentlichung. Davor hätte es den zeitlichen Rahmen der vorliegenden Arbeit überstiegen. Entsprechende Ergebnisse aus der Evaluierung und eventuelle Optimierungen der Usability des Programms könnten dann in einer Neuauflage miteinbezogen und berücksichtigt werden. Eine endgültige Beurteilung der Programmwertigkeit soll nach Erscheinen anhand der Verkaufszahlen ermittelt werden.

Gezielte digitale Erfolgskontrollen sollen zusätzlich zum Übungsbuch bald ermöglicht werden. Nach jedem Kapitel soll es eine Art Quiz geben. Darin werden konkrete Fragestellungen und Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Eine direkte Rückmeldung, ob die Antwort richtig oder falsch ist, soll ebenfalls erfolgen.

Weiterhin ist eine auditive Aufbereitung des Lernprogramms vorgesehen. Es ist geplant, einen Sprecher für die Texte in das Lernprogramm zu integrieren, um noch mehr Sinneskanäle der Benutzer anzuregen.

Sowie ein digitales Quiz, als auch eine auditive Aufbereitung hätten den zeitlichen Rahmen dieser Doktorarbeit gesprengt.

## VII. ZUSAMMENFASSUNG

Mit EKG Basics wurde ein detailliertes multimediales Lernprogramm über die Grundlagen der Elektrokardiographie bei Hund und Katze erstellt unter besonderer Berücksichtigung von didaktischen und ergonomischen Gesichtspunkten.

Da vielen Veterinärmedizinerinnen/Veterinärmedizinern das Erlernen, Verstehen und Interpretieren der Elektrokardiographie schwer fällt, war das Ziel der vorliegenden Arbeit, sowohl Studierenden der Tiermedizin als auch interessierten Tierärztinnen/Tierärzten die Thematik von den Grundlagen bis hin zur Auswertung von komplexen EKG Befunden näher zu bringen. Dies sollte unter dem indizierten Einsatz verschiedener Medien erfolgen. So werden in dem multimedialen Lernprogramm die differenten, teilweise sehr komplexen Sachverhalte bedarfsweise ausschließlich mit Text und Standbildern erläutert, die Bilder wahlweise ohne und mit Legende. Weiterhin dienen zusätzlich zahlreiche Animationen, Slideshows und Videos zur Veranschaulichung schwieriger Fragestellungen. Grundsätzlich wurde auf eine eindeutige, selbsterklärende Beschriftung geachtet. Außer zahlreichen Original-EKGs in sehr guter Qualität wurden zu jedem vorgestellten Problem Schema-EKGs von Hund und/oder Katze angefertigt. Der didaktische Wert derartiger Schema-EKGs liegt darin, dass ausschließlich ein einzelner Sachverhalt dargestellt wird, während Original-EKGs meist mehrere Veränderungen gleichzeitig beinhalten. Während Schema-EKGs im humanmedizinischen Lehrmaterial schon etwas verbreiteter sind, finden sie sich bisher nur äußerst selten in der veterinärmedizinischen Literatur.

Außer auf die übersichtliche und gut nachvollziehbare Darstellung des Inhaltes wurde auf eine konsistente, einfache, selbsterklärende Programmdarstellung und -führung geachtet. Somit erfüllt das Programm wichtige didaktische und ergonomische Anforderungen.

Das Lernprogramm besteht aus fünf Hauptkapiteln. Im ersten Kapitel „Grundlagen“ gibt es eine kurze Einführung in die Elektrokardiographie mit Begriffsdefinitionen, geschichtlichem Hintergrund und einem Überblick über das benötigte Equipment für unterschiedliche elektrokardio-

graphische Untersuchung, wie (Kurzzeit-) Ruhe-EKG, Belastungs-EKG, Langzeit-EKG. Des Weiteren werden die Anbringung des EKGs am Tier und die Ableitungssysteme erklärt. Das zweite Kapitel „EKG-Kurve“ beinhaltet die anatomischen und physiologischen Grundlagen des Reizbildungs- und Reizleitungssystems, sowie eine genaue Beschreibung und Darstellung der jeweiligen Abschnitte einer EKG-Kurve. Im dritten Kapitel „Auswertung“ wird ausführlich auf die verschiedenen Methoden der EKG-Auswertung unter Beachtung ihrer Wertigkeit eingegangen. Das Kapitel „Morphologie“ beschäftigt sich mit physiologischen und pathologischen Veränderungen der EKG-Kurve. Der „Anhang“ beinhaltet unter anderem ein alphabetisches Stichwortregister (Index) und ein Quellenverzeichnis.

Der Inhalt kann wie ein konventionelles Buch chronologisch Seite für Seite durchgearbeitet werden, was sich besonders für EKG-Anfänger empfiehlt. Für Fortgeschrittene besteht die Möglichkeit über verschiedene Navigationselemente (Menü, Hyperlinks im Text, Index) gezielt nach speziellen Sachverhalten zu suchen.

Mit EKG Basics ist ein Browser-gesteuertes Lernprogramm entstanden, das sowohl die allgemeine als auch die spezielle Elektrokardiographie bei Hund und Katze mit Hilfe von vielen schematischen EKGs, Original EKGs, Fotos, Animationen und Videos anschaulich und multimedial vermittelt. Im Vergleich zu vorliegenden human- und veterinärmedizinischen, deutsch- und englischsprachigen multimedialen Lehrmedien, wie Lern-CDs/DVDs, Internetportalen und Applikationen für Tablets und Smartphones, ist das erstellte Lernprogramm hinsichtlich Umfang des Inhalts, didaktische und ergonomische Aufbereitung in der Veterinärmedizin derzeit einzigartig.

## VIII. SUMMARY

Creation of a multimedia learning program regarding the fundamentals in electrocardiographic recording and the interpretation for dogs and cats

With EKG Basics a detailed and comprehensible multimedia tutorial about the fundamentals of electrocardiography in dogs and cats was developed, focusing on didactical as well as ergonomical aspects.

Even though it is hard for veterinarians to learn, understand, and interpret electrocardiography it was the purpose of this study to give an understanding not only of the fundamentals but also of severe ECG-findings to students and veterinarians interested in this matter. This should be done under the indicated use of various media. Regarding this, in this tutorial the different and partially very complex issues are explained with text only or with still frames. Pictures are equipped either with or without key. Furthermore, numerous animations, slide shows and videos provide additional explanation to complex issues. In general, the focus was put on precise and self-explaining descriptions. Besides a great number of original ECGs in very high quality, schematic ECGs were developed for every introduced problem. The educational value of these schematic ECGs is found in the fact that only one single issue is displayed, while original ECGs show various changes. Schematic ECGs can rarely be found in veterinary literature, whereas they are more common in teaching materials for human medicine.

Besides the clear and well understandable presentation of the content, the consistent, easy, and self-explaining program depiction and program management was emphasized. Thus, the program meets important didactical and ergonomical requirements.

The tutorial consists of five main chapters. The first chapter "Fundamentals" gives a brief introduction to electrocardiography including definitions, historical background, and an overview of the necessary equipment for different electrocardiographic studies, such as (short-term) resting ECG, stress ECG, and long-term ECG. Furthermore, the

attachment of the ECG to the animal as well as the different ECG leads are explained. The second chapter “ECG-Curve” includes the anatomical and physiological basics of the cardiac conduction system, as well as precise description and presentation of the different areas of the ECG-Curve. In the third chapter “Interpretation” the different Methods of interpretation are described as well as their significance. The chapter “Morphology” deals with physiological and pathological alterations in the ECG waveform. The “Appendix” contains, inter alia, an alphabetical index and a bibliography. The content can be worked through page by page like a conventional book, which is especially recommended for beginners. Advanced learners may search for specific topics with different navigational tools (menu, hyperlinks, index).

With ECG Basics a browser-controlled multimedia tutorial has been created. It provides both general and special electrocardiography of dogs and cats using schematic ECGs, original ECGs, pictures, animations, and videos. Compared to present human and veterinary, German and English multimedia teaching materials such as educational CDs/DVDs, internet portals, and applications for tablets and smartphones, this developed tutorial is currently unique in veterinary medicine regarding the extent of the content as well as the didactical and ergonomical presentation.

## **IX. LITERATURVERZEICHNIS**

ARNOLD, P., KILIAN, L., THILLOSEN, A. und ZIMMER, G. M. (2011):  
Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien.  
Bertelsmann Verlag, Bielefeld. 3. Auflage: S. 229.

BAATZ, G. (2002): EKG bei Hund und Katze. Schattauer GmbH, Stuttgart.

BALZERT, H., KLUG, U. und PAMPUCH, A. (2009): Webdesign & Web-  
Usability. Basiswissen für Web-Entwickler. W3L GmbH Herdecke, Witten.  
2. Auflage: S. 9 ff., 101, 107, 153, 155, 156, 217, 219, 241, 246, 249, 250,  
261-265, 268, 282, 285.

BEAIRD, J. (2011): Gelungenes Webdesign. Die Prinzipien der  
Webseitengestaltung - Ein Leitfaden für Webprogrammierer. 2. Auflage.  
Heidelberg, dpunkt.verlag.GmbH: S. 12, 46, 53.

BERNAL, J. (2011): EKG-Interpretation in der Kleintierpraxis. Hannover,  
Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.

BÖHRINGER, J., BÜHLER, P., SCHLAICH, P. und SINNER, D. (2014):  
Kompendium der Mediengestaltung: IV. Medienproduktion Digital. Berlin,  
Springer Verlag. 6. Auflage: S. 64

BÖRM BRUCKMEIER VERLAG GMBH (2013): EKG Pocket. Grünwald,  
Börm Bruckmeier Verlag GmbH. URL: <http://www.media4u.com/>.

BÖSCH, M. (2003): Das Elektrokardiogramm und seine Beurteilung. Dr.  
med. M. Bösch, Beringen. Retrieved 21.02.2015, from <http://www.dr-boesch.ch/medicine/ekg/ekg-start.htm>.

CAMPBELL, A. und CHAPMAN, M. (2000): Handbook of Poisoning in dogs  
and cats. Blackwell Science, Oxford. Appendix 3-267.

CHIARAMIDA, A. J. und GREEN, J. M. (2014): Clinical EKG Modules (DVD). New York, Springer Publishing Company.

CIPM GMBH (2013): ECG in Motion. Wessling, communication and information in pharmacy and medicine gmbh. URL: <http://www.cipm.de/>

CLARK, R. E. und SALOMON, G. (1986): Media in teaching. In: WITTROCK, M. C. (Hrsg.): Handbook of research on teaching. New York, Macmillan: S. 464-478.

CLARK, R. C., NGUYEN, F. und SWELLER, J. (2006): Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load. San Francisco, Pfeiffer: S. 9–12, 108–120, 161–173, 218–235.

CÔTÉ, E., MACDONALD, K. A., MEURS, K. M. und SLEEPER, M. M. (2011): Feline Cardiology. Chichester, West Sussex, John Wiley & Sons.

DIN EN ISO 6385 (2004): Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. Deutsches Institut für Normierung.

DIN EN ISO 9241 (2006): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Deutsches Institut für Normierung.

DIN EN ISO 9241-11 (2006): Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. Deutsches Institut für Normierung.

DIN EN ISO 9241-110 (2006): Grundsätze der Dialoggestaltung. Deutsches Institut für Normierung.

DÖRING, S. (2010): Formulierung von Lernzielen. SECo - Sächsisches E - Competence Zertifikat. Retrieved 21.02.2015, from [http://www.seco-sachsen.de/fileadmin/upload/download\\_content/Handreichung\\_Formulierung%20von%20Lernzielen\\_secolayout\\_100302.pdf](http://www.seco-sachsen.de/fileadmin/upload/download_content/Handreichung_Formulierung%20von%20Lernzielen_secolayout_100302.pdf).

DRIEHUYS, S., VAN WINKLE, T. J., SAMMARCO, C. D. und DROBATZ, K. J. (1998): Myocardial infarction in dogs and cats: 37 cases (1985-1994). J. Am. Vet. Med. Assoc. 213 (10): 1444-1448.

DUDENREDAKTION (2013): Duden - Die deutsche Rechtschreibung. Berlin, Bibliographisches Institut GmbH.

ECGSOURCE (2014): ECGsource. College Station, Texas, ECGsource. URL: <http://www.ecgsource.com/>.

EICHENLAUB, G. E. (2003): Bedeutung der Herzfrequenz und des psychischen Stresses für die Echokardiographie beim herzgesunden, adulten Jack-Russell-Terrier. München, LMU.

ENGEL, K. (2012): Televet 100. Heusenstamm, Engel Engineering Service GmbH. URL: <http://www.televet.de/>.

ETTINGER, S. J. und FELDMAN, E. C. (2010): Textbook of Veterinary Internal Medicine. Missouri, Saunders Elsevier.

FORRESTER CONSULTING (2009): eCommerce Web Site Performance Today, Studie im Auftrag der Akamai Technologies, Inc. Retrieved 21.02.2015, from [http://www.akamai.com/dl/whitepapers/ecommerce\\_website\\_perf\\_wp.pdf?campaign\\_id=AANA-509UI6&curl=/dl/whitepapers/ecommerce\\_website\\_perf\\_wp.pdf&solcheck=1&](http://www.akamai.com/dl/whitepapers/ecommerce_website_perf_wp.pdf?campaign_id=AANA-509UI6&curl=/dl/whitepapers/ecommerce_website_perf_wp.pdf&solcheck=1&).

FOX, P. R., SISSON, D. und MOÏSE, N. S. (1999): Textbook of Canine and Feline Cardiology: Principles and Clinical Practice. Philadelphia, Saunders.

- GANSCHOW, U. (2010): EKG-Kurs. Marburg, KVM Dr. Kolster Produktions- und Verlags-GmbH. 2. Auflage.
- GERTSCH, M. (2008): Das EKG: Auf einen Blick und im Detail. Heidelberg, Springer Medizin Verlag. 2. Auflage.
- GOY, J-J., SCHLÄPFER, J. and STAUFFER, J-C. (2013): The ECG Collection. Yvorne, Goyman SA.
- GRÜNBAUM, E.-G. und SCHIMKE, E. (2007): Klinik der Hundekrankheiten: begründet von H.-J. Christoph. Stuttgart, Enke Verlag in MVS-Medizinverlag Stuttgart GmbH & Co. KG. 3. Auflage.
- HAMMER, N. und BENSMANN, K. (2011): Webdesign für Studium und Beruf - Webseiten planen, gestalten und umsetzen. 2. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer: S. 210.
- HERZCEG, M. (2009): Software-Ergonomie, 3. Auflage, München, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH: S. 4.
- HÖFFLER, T. N. und LEUTNER, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. Learning and Instruction, 17, S. 722-738.
- HOFFMANN, M. (2013): Modernes Webdesign: Gestaltungsprinzipien, Webstandards, Praxis. Bonn, Galileo Press. 1. Auflage: S. 63, 149, 157.
- HORZ, H. (2015): Medien. In: WILD, E. und MÖLLER, J. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Heidelberg, Springer Verlag. 2. Auflage: S. 121-152.
- HORZINEK, M. C., SCHMIDT, V. und LUTZ, H. (2005): Krankheiten der Katze. Stuttgart, Enke Verlag in MVS-Medizinverlag Stuttgart GmbH & Co. KG. 4. Auflage.

IANESTHESIA LLC (2009): Instant ECG. iAnesthesia LLC. URL:  
<http://www.instantecg.org/>.

ISSING, L. (2009): Psychologische Grundlagen des Online-Lernens. In:  
ISSING, L. und KLIMSA, P. (Hrsg.): Online-Lernen. Handbuch für  
Wissenschaft und Praxis. München. Oldenbourg Wissenschaftsverlag: S.  
28, 29.

JACOBSEN, J. (2014): Website-Konzeption. Erfolgreiche Websites  
planen, umsetzen und betreiben. Heidelberg, dpunkt.verlag GmbH. S. 59  
ff., 155 ff., 191, 279, 471.

KERRES, M. (2013): Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung  
mediengestützter Lernangebote. München, Oldenbourg  
Wissenschaftsverlag GmbH: S. 6, 78-80, 168, 296, 337, 339, 340, 349.

KITTELSON, M. D. und KIENLE, R. D. (1998): Small Animal  
Cardiovascular Medicine. Oxford, Mosby Elsevier Ltd.

KLEIN, L. V. (2015): Small Animal Cardiology - ECG-Tutorial. School of  
Veterinary Medicine at the University of Pennsylvania. Retrieved  
20.02.2015, from  
[http://research.vet.upenn.edu/smallanimalcardiology/ECGTutorial/tabid/49  
30/Default.aspx](http://research.vet.upenn.edu/smallanimalcardiology/ECGTutorial/tabid/4930/Default.aspx)

KLEINDIENST, R. (2011): EKG-Online. Retrieved 15.02.2015, from  
<http://www.grundkurs-ekg.de/index.html>.

KOVACEVIC, A. (2015): EKG Grundlagen - Einführung in Physiologie und  
Diagnostik. Berliner Fortbildungen. Retrieved 24.03.2015, from [http://e-  
learning.berliner-fortbildungen.de/kurse/ekg-grundlagen](http://e-learning.berliner-fortbildungen.de/kurse/ekg-grundlagen)

KUHN, D. und RAITH, M. (2013): Performante Webanwendungen - Client- und serverseitige Techniken zur Performance-Optimierung, Heidelberg, dpunkt.verlag: S. 10.

LANGER, I., SCHULZ VON THUN, F. und TAUSCH, R. (2002): Sich verständlich ausdrücken. München, E. Reinhardt. 7. Auflage: S. 192 ff.

LERCHE, T. und GRUBER, H. (2009): Design und Entwicklung von Online-Lernangeboten für die Hochschule. In: ISSING, L. J. (Hrsg.): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. München, Oldenbourg Wissenschaftsverlag: S. 408

LÖHR, B. A. (2012): Erstellung eines multimedialen Lernprogramms zur kardialen Auskultation von Hund und Katze. München, LMU: Tierärztliche Fakultät. S. 7.

LÖHR, B. A. (2012): PhonoBasics. Lernprogramm zur Auskultation des Herzens bei Hund und Katze. Hannover, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.

MAESO-MADRONERO, J.-L. und BERGBAUER, M. (1997): EKG: Programm zur Fort- und Weiterbildung. Wiesbaden, Ullstein Medical.

MARTIN, M. (2001): Das EKG beim Kleintier - Ein Leitfaden für die Praxis. Berlin, Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH.

MARTIN, M. (2007): Small animal ECGs: an introductory guide. Oxford, Blackwell Publishing Ltd. 2. Auflage.

MARWA SAYED (2013): ECG Simple. Cairo University, Adel Zaki. URL: <https://itunes.apple.com/eg/app/ecg-simple/id595083369?mt=8/>.

MAYER, R. (2005a): Introduction to Multimedia Learning. In: MAYER, R. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York. Cambridge University Press: S. 1 – 5.

MAYER, R. (2005b): Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: MAYER, R. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York. Cambridge University Press: S. 31 – 47.

MEDICAL TRAINING AND SIMULATION LLC. (2014): Practical Clinical Skills. Medical Training and Simulation LLC, Retrieved 21.02.2015, from <http://www.practicalclinicalskills.com/ekg.aspx>.

MEDICON APPS (2013): ECG Atlas. Copenhagen, Medicon Applications. URL: <http://www.mediconapps.com/>.

NELSON, R. W. und COUTO, C. G. (2014): Small Animal Internal Medicine. St. Louis, Elsevier Health Sciences. 5. Auflage.

NIEGEMANN, H. M. (2001): Neue Lernmedien. Konzipieren, entwickeln und anwenden. Bern. Huber Verlag: S. 9 – 30.

NIEGEMANN, H. M., DOMAGK, S., HESSEL, S., HEIN, A., HUPFER, M. und ZOBEL, A. (2008): Kompendium multimediales Lernen Heidelberg, Springer-Verlag: S. 113-114, 140, 143-144, 258, 311.

NIELSEN, J. und LORANGER, H. (2006): Web Usability. München, Addison-Wesley-Verlag: S. 254.

NOVOSEL, D. (2001). EKG Interaktiv. München, Urban & Fischer Verlag.

O'GRADY, M. R. und O'SULLIVAN, M. L. (2015): Clinical Cardiology Concepts for the dog and cat. Retrieved 15.02.2015, from <http://www.vetgo.com/cardio/concepts/concindx.php>.

OHLY, A. (2011): EKG endlich verständlich. München, Elsevier GmbH.

PAIVIO, A. (1986). Mental representations: A dual coding-approach. New York: Oxford University Press.

PENNINCK, D. und D'ANJOU, M. A. (2008): Atlas of Small Animal Ultrasonography. Iowa, Blackwell Publishing.

POULSEN NAUTRUP, C. (2007): Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. Hannover, Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 4. Auflage.

POULSEN NAUTRUP, C., POULSEN NAUTRUP, B., WEBER, S., KÄSTNER, M. (2014): Interactive Three-dimensional real-time modelling of the Feline Heart, XXXth Congress of the EAVA, Cluj-Napoca, Romania, 25.04.2014. Vortrag

RADTKE, S. P., PISANI, P. und WOLTERS, W. (2012): Handbuch Visuelle Mediengestaltung. Berlin, Cornelsen Verlag: S. 238 ff.

RECKERT, K. (2014): Gartner: '18 unter 1% der Consumer Apps wirtschaftlich erfolgreich, Retrieved 14.01.2014, from <https://www.glanzkind.de/blog/gartner-18-unter-1-der-consumer-apps-wirtschaftlich-erfolgreich/>

REY, G. D. (2009): E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung. Bern, Verlag Hans Huber. S. 15, 16 ff., 23-29, 36.

RIEDL, A. (2004): Grundlagen der Didaktik. Stuttgart, Franz Steiner Verlag: S. 31.

RIEKERT, M. (2007): Gestaltungsregeln für Programmierer: Die häufigsten Fehler bei der Umsetzung von Layout-Entwürfen. Retrieved 17.03.2014, from <http://blog.seibert-media.net>.

ROHLES, B. (2013): Grundkurs Gutes Webdesign. Bonn, Galileo Press. S. 83, 86, 252.

RUGEN, G. (2004): Methodik und Didaktik multimedialen Lernens im Internet und auf CD- ROM. Dissertation, Universität Bielefeld.

RUNDNAGEL, R: (2008): Software-Ergonomie und Benutzungsfreundlichkeit, Retrieved 15.09.2014, from <http://www.ergo-online.de>.

SCHLIETER, S. (2002): Die kardiale Entwicklung bei Doggenwelpen dargestellt mittels Echokardiographie. Dissertation, München, LMU.

SCHNEIDER, W. (2010): Grundsatz Erwartungskonformität. Retrieved 17.03.2014, from <http://www.ergo-online.de>.

SCHUSTER, H. P. und TRAPPE, H. J. (2013): EKG-Kurs für Isabel. Stuttgart, Georg Thieme Verlag KG. 5. Auflage: S. 70.

SCHWARZ, R. (2008): Didaktische und lernpsychologische Aspekte in E-Learning - Beratungsmodul, TU Dresden, Media Design Center, Retrieved 11.01.2014, from <http://elearning.tu-dresden.de/beratungsmodul/>.

SIEGLING-VLITAKIS, C. und KOHN, B. (2006): E-Learning Förderprogramm: Projekt EKG-Auswertung bei Hund und Katze. Institut für Veterinär-Physiologie, Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere. Retrieved 03.03.2015, from [http://www.cedis.fu-berlin.de/e-learning/foerderprogramm/projekte/fb\\_vet/06-31-EKG.html](http://www.cedis.fu-berlin.de/e-learning/foerderprogramm/projekte/fb_vet/06-31-EKG.html).

- SIMPADDICO (2009): ECG Basics. Los Angeles, simpaddicco. URL: <https://itunes.apple.com/us/app/ekg-basics/id335241571?mt=8/>.
- SPRINGER PUBLISHING COMPANY (2014): Clinical EKG Modules. New York, Springer Publishing Company. URL: <http://www.http://www.springerpub.com/>.
- STAPELKAMP, T. (2007): Screen- und Interfacedesign. Gestaltung und Usability für Hard- und Software, m. CD-ROM. Heidelberg, Springer Verlag: S.66, 96.
- SUTER, P. F., KOHN, B. und SCHWARZ, G. (2012): Praktikum der Hundeklinik: Begründet von Hans G. Niemand. Stuttgart, Enke Verlag in MVS-Medizinverlag Stuttgart GmbH & Co. KG. 11. Auflage.
- SWELLER, J. (2005): Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: MAYER, R. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. New York. Cambridge University Press: S. 19 – 29.
- THESMANN, S. (2010): Einführung in das Design multimedialer Webanwendungen. Wiesbaden, Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH. S. 293, 304, 311, 313, 332, 363, 414, 443.
- THILLOSEN, A. (2014): Didaktisches Design. Konzeption. Lehr- und Lernziele. Retrieved 21.02.2015, from <http://www.e-teaching.org/didaktik/konzeption/lehrziele/>.
- THOMAE, U. (1974): Einführung in die Vektorelektrokardiographie. Stuttgart, Schattauer Verlag GmbH
- THÜRCK, N. (2014): Tipps für bessere Website Performance. OnPage.org GmbH. Retrieved 13.03.2014, from <https://de.onpage.org/blog/tipps-fur-bessere-website-performance>.

- TILLEY, L. P. (1985): Essentials of Canine and Feline Electrocardiography. Lea & Febiger, Philadelphia: 2nd edition.
- TILLEY, L. P. (1989): EKG bei Hund und Katze. Hannover, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 1. Auflage. Übersetzer: Augustin-Voss, H.; Bob, M.; Trautvetter, E.
- TILLEY, L. P., BURTNICK, N. und EGNER, B. (2008): EKG Made Easy. Babenhausen, Beate Egnor Vet Verlag.
- TILLEY, L. P., SMITH, F. W. K. J., OYAMA, M. A. und SLEEPER, M. M. (2008): Manual of Canine and Feline Cardiology. St. Louis, Saunders Elsevier Health Sciences.
- TOBIAS, R., SKRODZKI, M. und SCHNEIDER, M. (2008): Kleintierkardiologie kompakt. Hannover, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- UNTERBRUNER, U. (2007): Multimedia-Lernen und Cognitive Load. In: KRÜGER, D. und VOGT, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin Heidelberg, Springer Verlag: S. 153.
- VON OHLSHAUSEN, K. (2005): EKG-Information. Darmstadt, Steinkopff Verlag. 8. Auflage.
- WARE, W. A. (2011): Cardiovascular Disease in Small Animal Medicine. London, Manson Publishing Ltd.
- WEIDENMANN, B. (2002): Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß In: ISSING, L. und KLIMSA, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Weinheim, Psychologie-Verl.-Union. 45-62.

WEIDENMANN, B. (2009): Multimedia, Multicodierung und Multimodalität beim Online-Lernen. In: ISSING, L. und KLIMSA, P. (Hrsg.): Online-Lernen. München, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH: S. 74-75.

WEINREICH, H. (2002): 1. Performanz - Gewährleisten kurzer Antwortzeiten, Retrieved 11.01.2014, from <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/ergonomie/performanz.html>.

WESS, G. (2015): Tierkardiologie. Retrieved 15.02.2015, from [http://www.tierkardiologie.lmu.de/pta/ekg\\_uebersicht.html](http://www.tierkardiologie.lmu.de/pta/ekg_uebersicht.html).

WÖLFEL, I. (2015): „EKG-Übungsbuch mit Fällen aus der Praxis“ bei Hund und Katze: fallbasierte Lernüberprüfung in Kombination mit Lernen aus Lösungsbeispielen. München, LMU.

ZACHERL, I. (2004): Einfluß der Herzfrequenz und des psychischen Stresses für die Echokardiographie bei herzgesunden, adulten Golden- und Labrador Retrievern. München, LMU.

<http://www.itwissen.info>. Inhaltlich verantwortlich: LEMPINSKI, K.: FLV (Flash Video), Stand 25.3.2015.

## **X. DANKSAGUNG**

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei:

Frau Univ.-Prof. Dr. Cordula Poulsen Nautrup für die vertrauensvolle Überlassung des Themas, ihren wertvollen fachlichen Rat, ihre kreative Unterstützung und immense Geduld bei manchmal bis spät in die Nacht dauernden Diskussionen und Problemlösungen.

Herrn Prof. Dr. med. vet. Bernd Kaspers, kommissarischer Leiter des Lehrstuhls für Anatomie, Histologie und Embryologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die Möglichkeit, zur Verwirklichung dieser Promotion die technische Ausstattung des Hauses in Anspruch nehmen zu können.

Herrn Dr. med. vet. Jan-Gerd Kresken, Frau Dr. med. vet. Susanne Schlieter, Frau Dr. med. vet. Anne-Ly Peissner und Frau Dr. med. vet. Sandra Penzl für die freundliche Unterstützung und die Bereitstellung elektrokardiographischer Aufzeichnungen.

Der Rechnerbetriebsgruppe des Veterinärmedizinischen Departments der Ludwig-Maximilians-Universität München, insbesondere Herrn Chris van der Meijden, für die schnellen Antworten und Tipps bei Programmierung und Computerfragen.

Herrn Matthias Kästner für die Erstellung der Herzkreislaufanimationen und Boehringer Ingelheim für die freundliche Genehmigung, diese Animationen in EKG Basics verwenden zu dürfen.

Herrn Dr. Wolfgang Kästner, humanmedizinischer Kardiologe in Ruhestand, für die Durchsicht der EKG-Befunde und zahlreiche Anregungen.

Hendrik Poulsen Nautrup für die freundliche Unterstützung bei der Umsetzung der vektorgraphischen Arbeiten und meiner Kollegin und Mitstreiterin Dr. Inga Wölfel für die Zuverfügungstellung einiger Abbildungen.

Meinem Mann Stefan, der mich durch alle Höhen und Tiefen dieser Doktorarbeit begleitet, an mich geglaubt und gestärkt hat und bis zum Schluss sehr geduldig war.

Meinen Eltern, die mich mein ganzes Leben unterstützt und es überhaupt ermöglicht haben, dass ich soweit gekommen bin.

Meinen Mitdotorandinnen Bea, Sandra und Susi für die tolle Zusammenarbeit und Unterstützung.

Meinen Freunden Patricia, Saskia, Matthias, Lisa, Silja, Grit, die sich meine Doktoranden-Sorgen angehört und mich immer wieder aufgebaut und gestärkt haben.

Eberhard Hock und Holger Wedel von der Firma scil animal care company GmbH für ihr Einverständnis, mich immer wenn nötig von der Arbeit freizustellen – ich hätte diese Doktorarbeit sonst nicht in diesem Zeitrahmen geschafft.

Meinen Kollegen der Firma scil animal care company GmbH, die mich vertreten oder mir Mut zugesprochen haben und Alice Lauterbach, die mich mit ihren guten Englischkenntnissen unterstützt hat.

An alle unzähligen nicht namentlich aufgeführten Zuhörer, Hilfesteller und Korrekturleser sei ebenfalls ein herzliches Dankeschön gerichtet!