

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Patienten

Die im Rahmen dieser Dissertation untersuchten Patienten entstammen dem Patientengut der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin. Die Fallnummerierung entspricht der zufälligen Untersuchungsreihenfolge. Die Pferde wurden wegen Leistungsinsuffizienz oder direkt zur Lungenuntersuchung vorgestellt. Von den insgesamt 39 untersuchten Patienten kamen 6 nicht zur Auswertung. Aus 10 gesunden und 20 lungenkranken Pferden wurden drei Gruppen gebildet. Weitere 3 Patienten werden in den Einzelfallbeschreibungen vorgestellt.

**Tabelle 2:** Übersicht der Gruppeneinstellung der Patienten

| Gruppen                                | Patientenzahl | Prozent |
|--|---------------|---------|
| 1: Kontrollen                          | 10            | 30,3    |
| 2: latent bis geringgradig lungenkrank | 10            | 30,3    |
| 3: mittel- bis hochgradig lungenkrank  | 10            | 30,3    |
| 4: Einzelfalldarstellungen             | 3             | 9,1     |
| Gesamt                                 | 33            | 100,0   |

#### Gruppe 1:

Für die Gruppe der Kontrollpferde wurden insgesamt 10 Pferde, die gesund waren oder keine den Atem- oder Herzkreislaufapparat betreffende Erkrankung hatten, ausgewählt. Es wurden 4 Stuten und 6 Wallache untersucht. Im Mittel liegen das Alter bei 14,5 (6-22) Jahren und das Gewicht bei 581 (480-690) kg KM.

**Tabelle 3:** Aufstellung der Kontrollgruppe mit Alter, Gewicht, Geschlecht und Rasse

| Patienten – Nr. | Alter    | Gewicht | Geschlecht | Rasse    |
|-----------------|----------|---------|------------|----------|
| 2               | 12 Jahre | 480 kg  | Stute      | Vollblut |
| 4               | 6 Jahre  | 615 kg  | Stute      | Warmblut |
| 5               | 15 Jahre | 650 kg  | Stute      | Warmblut |
| 6               | 22 Jahre | 502 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 7               | 11 Jahre | 690 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 8               | 21 Jahre | 560 kg  | Stute      | Vollblut |
| 9               | 21 Jahre | 580 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 10              | 12 Jahre | 580 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 11              | 9 Jahre  | 668 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 25              | 15 Jahre | 488 kg  | Wallach    | Vollblut |

Gruppe 2:

In dieser Gruppe befinden sich 8 Wallache und 2 Stuten. Sie wurden über die Befundbewertung im Score-System als latent bis geringgradig lungenkranke Patienten eingestuft. Das mittlere Alter beträgt 9,3 (4-16) Jahre und das mittlere Körpergewicht 576,6 (510–685) kg KM.

**Tabelle 4:** Aufstellung von Gruppe 2 mit Alter, Gewicht, Geschlecht und Rasse

| Patienten – Nr. | Alter    | Gewicht | Geschlecht | Rasse    |
|-----------------|----------|---------|------------|----------|
| 1               | 6 Jahre  | 540 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 15              | 11 Jahre | 603 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 18              | 7 Jahre  | 685 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 19              | 6 Jahre  | 510 kg  | Wallach    | Traber   |
| 22              | 8 Jahre  | 630 kg  | Stute      | Warmblut |
| 23              | 4 Jahre  | 525 kg  | Stute      | Friese   |
| 28              | 13 Jahre | 500 kg  | Wallach    | Traber   |
| 29              | 9 Jahre  | 575 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 33              | 16 Jahre | 626 kg  | Wallach    | Warmblut |
| 34              | 13 Jahre | 572 kg  | Wallach    | Vollblut |

Gruppe 3:

In die Gruppe der mittel- bis hochgradig lungenkranken Pferde wurden aufgrund ihrer Untersuchungsbefunde 5 Stuten und 5 Wallache eingruppiert. Ihr mittleres Alter liegt bei 13,6 (6–19) Jahren und das Gewicht bei 512 (435–565) kg KM.

**Tabelle 5:** Aufstellung von Gruppe 3 mit Alter, Gewicht, Geschlecht und Rasse

| Patienten-Nr. | Alter    | Gewicht | Geschlecht | Rasse     |
|---------------|----------|---------|------------|-----------|
| 16            | 13 Jahre | 545 kg  | Stute      | Warmblut  |
| 17            | 16 Jahre | 560 kg  | Wallach    | Warmblut  |
| 26            | 16 Jahre | 505 kg  | Wallach    | Vollblut  |
| 27            | 11 Jahre | 506 kg  | Stute      | Warmblut  |
| 31            | 13 Jahre | 533 kg  | Stute      | Warmblut  |
| 32            | 14 Jahre | 535 kg  | Stute      | Warmblut  |
| 36            | 6 Jahre  | 565 kg  | Wallach    | Warmblut  |
| 37            | 19 Jahre | 435 kg  | Wallach    | Haflinger |
| 38            | 19 Jahre | 443 kg  | Stute      | Haflinger |
| 39            | 9 Jahre  | 493 kg  | Wallach    | Warmblut  |

Gruppe 4:

Es werden drei Einzelfälle, zwei Stuten und ein Wallach, wegen der Besonderheiten in ihrem Krankheitsverlauf und ihren Befunden dargestellt.

**Tabelle 6:** Aufstellung der Einzelfälle mit Alter, Gewicht, Geschlecht und Rasse

| Patienten-Nr. | Alter    | Gewicht | Geschlecht | Rasse    |
|---------------|----------|---------|------------|----------|
| 14            | 20 Jahre | 573 kg  | Stute      | Warmblut |
| 20            | 14 Jahre | 316 kg  | Stute      | Isländer |
| 30            | 18 Jahre | 456 kg  | Wallach    | Warmblut |

**3.2 Technische Ausstattung**

Die Echokardiographie und die Sonographie der A. carotis communis wird mit dem Farbdopplerultraschallgerät „Systeme Five“ der General Electric Vingmed Ultrasound, Norwegen durchgeführt. Ein 2,5 MHz annular-phased-array Schallkopf mit einer maximalen Eindringtiefe von 30 cm und einem Sektorwinkel von 90° wird für die Herzuntersuchung benutzt. Diese findet im echokardiographischen Grundprogramm mit einer Untersuchungsfrequenz von 1,7 MHz und der harmonischen Bildgebung durch das Code Octave Imagine ® statt. Die Sonographie wird mit einem 10 MHz linear-phased-array Schallkopf mit einer maximalen Eindringtiefe von 8 cm durchgeführt. Die Untersuchungsdaten wurden auf der Festplatte des integrierten Mac Computers PPC-G3 ADB gespeichert und anschließend mit dem im System vorhandenen Softwareprogramm Echo Pac ®, Version 6.3 ausgewertet.

Zur Endoskopie wird ein Glasfiberendoskop der Firma Wolf mit einem Durchmesser von 11-13 mm und einer Länge von 2 m eingesetzt. Über den Arbeitskanal wird durch einen Teflonkatheter das Tracheobronchialsekret mit einer 20 ml Einmalspritze aspiriert. Die Blutgasanalyse der arteriellen Blutproben wird mit dem „Automatic Blood Gas System AVL 995“ vorgenommen. Die Analyse des Blutbildes erfolgt mit dem „Coulter T 840“ und zusätzlich wird ein manuelles Differentialblutbild angefertigt.

**3.3 Methoden**

Bei allen Pferdepatienten findet eine ausführliche klinische, echokardiographische und sonographische Untersuchung statt.

**3.3.1 Allgemeine klinische Untersuchung**

Alle Pferde werden einer standardisierten, allgemeinen klinischen Untersuchung unterzogen. Hierbei werden im Vorbericht insbesondere Krankheitsdauer, Leistungsfähigkeit, Leistungsbereitschaft und Vorbehandlung abgefragt. In der klinischen Untersuchung werden der Allgemeinzustand, der Ernährungszustand, die Haltung, das Verhalten, die Temperatur, die Atmung und der Puls beurteilt.

### 3.3.2 Spezielle klinische Untersuchung

#### Atmungsapparat

Die Untersuchung des Atmungsapparates erfolgt im Stand der Ruhe und nach Belastung. Die äußere Atmung wird beobachtet und ihre Frequenz gezählt. Die Nüstern werden auf eventuellen Nasenausfluss kontrolliert. Die mandibulären Lymphknoten werden palpiert und es wird versucht den Hustenreiz bei fehlendem Spontanhusten auszulösen. Das Lungenfeld wird beiderseits perkutiert und auf eine auf Höhe der mittleren Thoraxlinie über den 11. Interkostalraum hinausgehende kaudale Erweiterung geachtet. Anschließend werden die Trachea, das rechte und linke Lungenfeld in Ruhe auskultiert. Nach der in Ruhe durchgeführten arteriellen Blutentnahme an der rechten Arteria carotis communis wird das Pferd jeweils 5 min. im Trab, Galopp und wieder im Trab bewegt. Während der Belastung wird auf einen Ton (Kehlkopf Pfeifen), schnelles Schwitzen, Nasenausfluss oder Husten geachtet. Anschließend wird sofort die zweite arterielle Probe entnommen, Lunge und Herz auskultiert. Die Endoskopie wird unter Sedation im Zwangsstand vorgenommen. Nach dem Reinigen der Nüstern wird das Endoskop in den ventralen Nasengang und während der Einatmung in die Trachea weiter in die Atemwege bis zur Bifurkation eingeführt. Dabei werden die Atemwegsschleimhaut und die Carina optisch beurteilt, wobei auf eventuelle Schleimhautläsionen und -ödeme geachtet wird. Die Menge und Beschaffenheit bzw. Viskosität des Tracheobronchialsekretes werden geprüft und beurteilt. Über einen Spülkatheter wird mit 10 ml NaCl-Lösung das Sekret von der Tracheawand im Bifurkationsbereich gespült. Nach Zurückziehen des Endoskopes bis in die Tracheaseenke, wird das Tracheobronchialsekret unter Schleimhautschonung aspiriert und das Endoskop aus den Atemwegen entfernt. Die Befunde erkrankter Patienten können stark variieren, werden anhand des Untersuchungsprotokolls (*Tabelle 7, S. 34*) gesammelt und mit dem nachfolgend beschriebenen Score-System beurteilt (*Kapitel 3.3.4, S. 35*).

#### HerzKreislaufapparat

Die spezielle Untersuchung des HerzKreislaufsystems erfolgt zunächst in Ruhe. Die Schleimhäute am Auge und im Maul werden untersucht und die kapilläre Wiederfüllungszeit gemessen. Die Füllung und Zeichnung der Episkleralgefäße werden beurteilt. Beide Drosselvenen werden beobachtet, palpiert, gestaut und abschließend das Herz auskultiert. Dabei werden Frequenz, Intensität, Regelmäßigkeit und Abgesetztheit der Herztöne bewertet. Zusätzlich wird auf Herz- und Herznebengeräusche geachtet und diese gegebenenfalls genauer hinsichtlich des Punktum Maximums, zeitlichen Auftretens und Ausstrahlung über weitere Klappenfelder charakterisiert. Nach der Belastung wird erneut auskultiert, die Frequenz bis zur Beruhigung beobachtet und die Beruhigungszeit erfasst. In die Studie werden alle kardiologisch unauffälligen Pferde aufgenommen. Patienten mit Herzgeräuschen kamen hinein, wenn nach echokardiographischer Kontrolle der Befund als unbedeutend für die hämodynamischen Messungen der Studie eingestuft wurde.

## Untersuchungsprotokoll

Pat.-Nr.:

Name: \_\_\_\_\_  
 Rasse: \_\_\_\_\_ Farbe: \_\_\_\_\_ Geb.: \_\_\_\_\_ Gewicht : \_\_\_\_\_ kg  
 Geschlecht:  Stute  Hengst  Wallach Nutzungsrichtung: \_\_\_\_\_

### Vorbericht:

Einstellungsgrund: \_\_\_\_\_  
 Beschwerdedauer: \_\_\_\_\_  
 Impfstatus/Entwurmt: Influenza Ja / Nein EHV Ja / Nein Tetanus Ja / Nein; \_\_\_\_\_  
 Vorbehandlung: \_\_\_\_\_  
 Haltung/Fütterung: \_\_\_\_\_ Einstreu: \_\_\_\_\_  
 Heu nass ? Ja / Nein Herzerkrankungen: \_\_\_\_\_  
 Nasenausfluss: Ja / Nein, re /li, seit \_\_\_\_\_ Husten : Ja / Nein, auslösbar Ja / Nein, seit \_\_\_\_\_  
 Leistungsminderung: Ja / Nein, seit \_\_\_\_\_  
 Ruhedyspnoe: Ja / Nein / manchmal \_\_\_\_\_

### Allgemeine Untersuchung:

AZ \_\_\_\_\_ EZ \_\_\_\_\_ Temperatur: \_\_\_\_\_ C°  
 Atemfrequenz: \_\_\_\_\_ /min. Atmungstyp: \_\_\_\_\_ Lnn.: \_\_\_\_\_  
 Puls: \_\_\_\_\_ /min., \_\_\_\_\_ KFZ: \_\_\_\_\_ sec  
 Schleimhäute: Maul \_\_\_\_\_, Konjunktiven \_\_\_\_\_

### Spezielle Untersuchung:

Nasenausfluss: \_\_\_\_\_ Husten: \_\_\_\_\_  
 Auskultation: li \_\_\_\_\_ re \_\_\_\_\_  
 Perkussion: li \_\_\_\_\_ re \_\_\_\_\_  
 Röntgen: Ja / Nein \_\_\_\_\_

| Blutgase: | Parameter                      | Normalwerte  | in Ruhe | nach Belastung |
|-----------|--------------------------------|--------------|---------|----------------|
|           | P <sub>a</sub> O <sub>2</sub>  | 95-105 mm Hg |         |                |
|           | P <sub>a</sub> CO <sub>2</sub> | < 45 mm Hg   |         |                |
|           | ph – Wert                      | 7,34 - 7,44  |         |                |
|           | BE                             | -2,5 - +2,5  |         |                |
|           | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 20 – 30      |         |                |

Alveoloarterielle Sauerstoffdifferenz: (\_\_\_\_\_-47)x0,2095 - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ mm Hg  
 Endoskopie: Schlmh./Lary./Phary.: \_\_\_\_\_ Sekret: \_\_\_\_\_  
 TBS- Zytologie: Flimmerep \_\_\_\_\_, Becherzellen \_\_\_\_\_, Plattenep. \_\_\_\_\_  
 PAM \_\_\_\_\_ PMN \_\_\_\_\_, EG \_\_\_\_\_, Mastz. \_\_\_\_\_ Lym. \_\_\_\_\_  
 Curschm. \_\_\_\_\_, Schleim \_\_\_\_\_, Diagnose: \_\_\_\_\_

### Laborwerte:

| rotes Blutbild | Normalwerte                   | Messwerte           |
|----------------|-------------------------------|---------------------|
| Haematokrit    | 32-45 %                       | %                   |
| Erythrozyten   | 11 – 14 x 10 <sup>12</sup> /l | 10 <sup>12</sup> /l |
| Hämoglobin     | 6,5 - 9,0 g / dl              | g / dl              |

| weißes Blutbild         | Normalwerte               | Messwerte            |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| Leukozyten              | 5-10 x 10 <sup>9</sup> /l | x 10 <sup>9</sup> /l |
| Differenzialblutbild    | rel.                      |                      |
| Segmentkernige          | 45-70 %                   | %                    |
| Stabkernige             | 0-4 %                     | %                    |
| Basophile               | 0-2 %                     | %                    |
| Eosinophile             | 0-4 %                     | %                    |
| Lymphozyten / Monozyten | 20-45 % / 0-5 %           | %                    |
| Fibrinogen              | 1,5-3,5 g/l               | g/l                  |

**Tabelle 7:** Untersuchungsprotokoll zur Befunddokumentation der Probanden, Normwerte [KRA-05]

### 3.3.3 Probenentnahme, Bearbeitung und Beurteilung

#### Blutproben

Die venöse Blutprobe wird an der V. jugularis entnommen und anschließend im Counter T 840 analysiert. Ein Tropfen wird für das Differenzialzellbild auf einem Objektträger ausgestrichen, gefärbt und unter dem Mikroskop ausgezählt. Die Messergebnisse werden mit den im Untersuchungsprotokoll angegebenen Normwerten beurteilt. Die beiden arteriellen Proben werden aus der A. carotis communis dexter in eine Monovette abgenommen und der  $P_aO_2$  und  $P_aCO_2$  mit dem „Automatic Blood Gas System AVL 995“ ermittelt. Daraus wird die  $AaDO_2$  berechnet und mit den im Score-System angegebenen Grenzwerten der Erkrankungsgrad zugeordnet.

$$AaDO_2 = (P_B - 47) \times 0,2095 - PaCO_2 [mmHg] - PaO_2 [mmHG]$$

**Formel 14:**  $P_B$  [Torr] = aktueller Barometerdruck, 47 [Torr]= Wasserdampfdruckkonstante, 0,2095 = aktuelle Ventilation bei Raumluft,  $PaO_2/PaCO_2$  = Sauerstoff-/ Kohlendioxid-partialdruck im arteriellen Blut [GRA-05]

#### Tracheobronchialsekret

Das während der Endoskopie gewonnene Tracheobronchialsekret wird frisch ausgestrichen, luftgetrocknet und anschließend nach „Pappenheim“ gefärbt. Dazu wird der Ausstrich zunächst 5 min in May-Grünwaldlösung belassen und mit Aqua dest. abgespült. Anschließend 20 min in verdünnte Giemsalösung (2 Tropfen auf 1ml. Aqua dest.) getaucht und nach dem Spülen mit Leitungswasser luftgetrocknet. Abschließend werden 200 Zellen mit dem Lichtmikroskop bei 500-1000 facher Vergrößerung differenziert und gezählt. Die Differenzierung der Befunde wird in *Kapitel 5.5.1, S. 72* erläutert.

### 3.3.4 Score-System zur Eingruppierung der Patienten

Der Erkrankungsgrad bzw. die Lungengesundheit der Patienten wurde mit Hilfe eines Score-Systems bewertet (*Tabelle 9, S. 36*). Die Befunde aus dem Untersuchungsbogen werden dafür ausgewertet, die im Score-System aufgelisteten Punkte jeweils gewichtet vergeben und abschließend summiert.

Dadurch können die Pferde über die Gesamtpunktzahl, wie in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet, den Gruppen 1 bis 3 zugewiesen werden (*Tabelle 8*). Für die mit Gruppe 4 bezeichneten Einzelfälle gelten keine Punktgrenzen, da hier besondere klinische, echokardiographische und hämodynamische Befunde dargestellt werden.

**Tabelle 8:** Punktgrenzen zur Einteilung der Patienten in die Gruppen nach dem Score-System

| Punktgrenzen     | Gruppe   | Erkrankungsgrad der Patienten               |
|------------------|----------|---|
| 0–5 Punkte       | Gruppe 1 | gesunde Pferde, Kontrollen                  |
| 6–21 Punkte      | Gruppe 2 | latent bis geringgradig lungenkranke Pferde |
| $22 \leq$ Punkte | Gruppe 3 | mittel- bis hochgradig lungenkranke Pferde  |

**Tabelle 9:** Angewendetes Score-System zur Eingruppierung der Patienten

| Parameter                             | Befund                                 | Punktzahl | Wertung |
|---------------------------------------|--|-----------|---------|
| vorberichtliche Leistungsminderung    | Nein                                   | 0         | x2      |
|                                       | geringgradig                           | 1         |         |
|                                       | höhergradig                            | 2         |         |
| Herzfrequenz in Ruhe [Schläge/Minute] | 28 – 40                                | 0         | x1      |
|                                       | > 40                                   | 1         |         |
| Atemfrequenz in Ruhe [Züge/Minute]    | ≤ 16                                   | 0         | x1      |
|                                       | > 16                                   | 1         |         |
| Nasenausfluss                         | Nein                                   | 0         | x1      |
|                                       | seromukös                              | 1         |         |
|                                       | mukopurulent                           | 2         |         |
| Ruhedyspnoe                           | Nein                                   | 0         | x2      |
|                                       | geringgradig                           | 1         |         |
|                                       | höhergradig                            | 2         |         |
| Auskultation                          | unveränderte Atemgeräusche             | 0         | x2      |
|                                       | verschärft vesikuläres Geräusch        | 1         |         |
|                                       | Giemen, Rasseln                        | 2         |         |
| Lungenperkussion                      | unveränderte Lungengrenzen             | 0         | x2      |
|                                       | ≤ 3 Finger erweitert (mittl. Thoraxl.) | 1         |         |
|                                       | > 3 Finger erweitert (mittl. Thoraxl.) | 2         |         |
| Sekretmenge (Endoskopie)              | wenig                                  | 0         | x1      |
|                                       | leicht vermehrt                        | 1         |         |
|                                       | Sekretseenbildung                      | 2         |         |
|                                       | geschlossene Sekretstraße              | 3         |         |
| Sekretviskosität (Endoskopie)         | serös                                  | 0         | x1      |
|                                       | mukös                                  | 1         |         |
|                                       | einzelne Flocken                       | 2         |         |
|                                       | pappige Flocken; Plaques               | 3         |         |
| AaDO <sub>2</sub> in Ruhe [mmHg]      | 5,4 ± 5,1                              | 0         | x3      |
|                                       | 7,5 ± 6,4                              | 1         |         |
|                                       | 19,6 ± 10,7                            | 2         |         |
|                                       | 30,9 ± 10,1                            | 3         |         |
| Sekretzytologie des TBS               | zell- und schleimarm                   | 0         | x2      |
|                                       | PMN +, Makrophagen ↓, Mastzellen       | 1         |         |
|                                       | PMN ++, Makrophagen ↓↓, Schleim++      | 2         |         |
|                                       | PMN +++, Makroph. ↓↓↓, Schleim+++      | 3         |         |
| Radiologische Thoraxuntersuchung      | unauffälliges Röntgenbild              | 0         | x3      |
|                                       | geringgradig interstitielle/ bron-     | 1         |         |
|                                       | mittelgradig choläre/ alveoläre        | 2         |         |
|                                       | hochgradig Zeichnung                   | 3         |         |
| Gesamtpunktzahl                       |  |           |         |

### 3.3.5 Echokardiographische Untersuchung

#### Vorbereitungen

Die Pferde werden im Zwangsstand in einem abgedunkelten, ruhigen Raum untersucht. Das echokardiographische Fenster im 3. und 4. Interkostalraum oberhalb des Olekranons wird beidseitig auf einer Fläche von ca. 15×10 cm<sup>2</sup> geschoren. Nach dem Entfetten mit 70%igem Alkohol wird das Ultraschallgel aufgetragen. Danach werden die EKG-Klemmen auf der linken Körperseite für eine Basis-Apex-Ableitung befestigt und mit Alkohol befeuchtet. Die schwarze Klemme auf Höhe der Spina scapulae, die rote im unteren Drittel der Drosselrinne und die gelbe auf Höhe der Herzspitze.

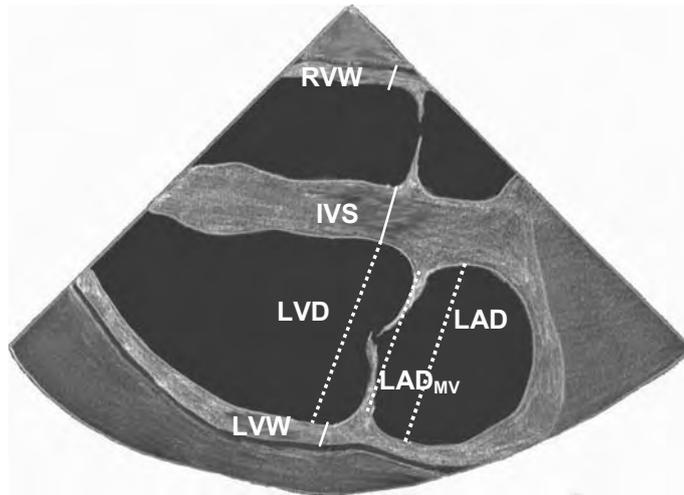
Für die echokardiographische Untersuchung wurden im Vorfeld der Untersuchungen die Geräteeinstellungen ermittelt, mit denen jetzt bei jeder Untersuchung, mit kleinen Anpassungen an das jeweilige Patientenherz, gearbeitet wird. Es wird zunächst von der rechten und anschließend von der linken Körperseite mit den verschiedenen Ultraschallverfahren untersucht.

#### B-Mode

Das 2D-Bild des B-Modes ist die Ausgangseinstellung für alle Untersuchungen. Hier werden 5 definierte Standardbilder eingestellt und die jeweiligen Strukturen darin bewertet. Generell wird festgestellt, dass ein nach vorn gestelltes Vorderbein auf der zu untersuchenden Seite den Zugang zum Herzen deutlich erleichtert. Folgende Standardschnittbilder werden nacheinander erarbeitet und beurteilt.

#### *1. Rechte kaudale lange Achse (RKDLA)*

Für dieses grundlegende Standardbild wird der Schallkopf im 4. Interkostalraum (ICR) auf der rechten Körperseite ca. eine handbreit über dem Olekranon in der 0°-Stellung, also mit der Orientierungsmarke genau nach oben, angelegt. Bei einer leicht kaudodorsalen oder waagerechten Schallkopfstellung erhält man so den Vierkammerblick [STA-88]. Das Bild zeigt das rechte Herz mit Atrium (RA), Ventrikel (RV), Valva tricuspidalis (TV) und das linke Herz mit Atrium (LA), Ventrikel (LV) und Valva mitralis (MV). Dabei muss das Interventrikularseptum (IVS) möglichst waagrecht stehen. Das Atrium und der Ventrikel des linken Herzens sollen maximal aufgeschnitten, das rechte Atrium rund bis längsoval sein und Chordae tendineae sollten möglichst nicht sichtbar sein. In dieser Einstellung wird zunächst einmal die Struktur und die Bewegung des Herzmuskels und der Herzklappen subjektiv beurteilt. Im Anschluss daran werden die Herzdimensionen enddiastolisch, auf Höhe der Q-Zacke des EKG's, ermittelt (*Abbildung 10, S. 38*).

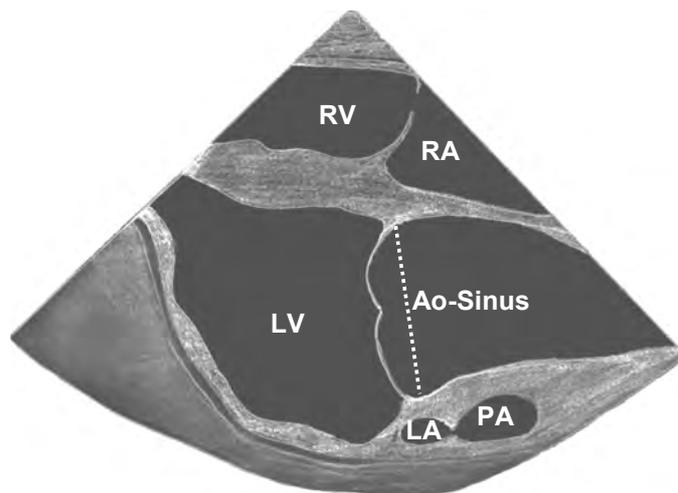


**Abbildung 10:** Messstrecken in der rechten kaudalen langen Achse (RKDLA), Vierkammerblick

**Tabelle 10:** Durchmesser der eigenen Kontrolle in der RKDLA der rechten/ linken Ventrikelwand (RVW/ LVW), des Interventrikularseptums (IVS), des linken Atriums/ Ventrikels (LAD/ LVD) und der Mitralklappe (LAD<sub>MV</sub>)

| Messstrecke | Median (Min.-Max.), [cm] | Messstrecke       | Median (Min.-Max.), [cm] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| RVW         | 1,37 (1,25-1,45)         | LAD               | 10,9 (9,76 – 11,62)      |
| IVS         | 2,6 (2,51 – 3,2)         | LVD               | 12,54 (11,6 – 12,96)     |
| LVW         | 1,54 (1,35 – 1,65)       | LAD <sub>MV</sub> | 10,1 (8,8 – 10,7)        |

Für den Fünfkammerblick wird der Schallkopf im Uhrzeigersinn um ca. 10° rotiert, so dass die Aorta (Ao) im Bild erscheint. Sie soll der Länge nach aufgeschnitten sein. Die Bewegung und Struktur der Valva aortae wird begutachtet und danach der Durchmesser der Aortenwurzel enddiastolisch gemessen (*Abbildung 11, Tabelle 11*).



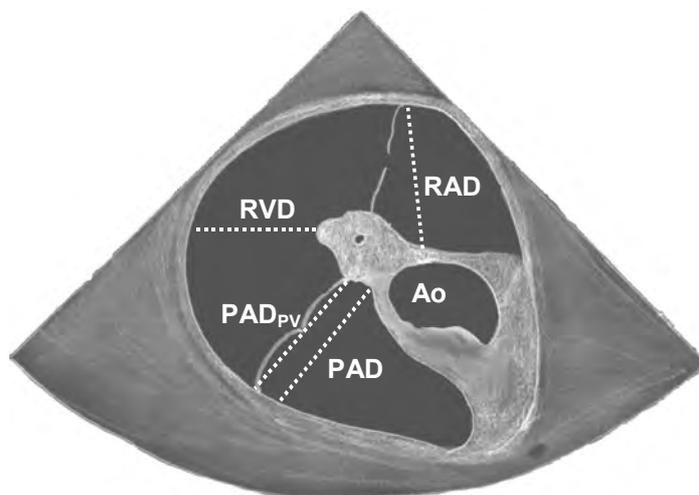
**Abbildung 11:** Rechte kaudale lange Achse mit Aorta (RKDLA-Ao), Fünfkammerblick

**Tabelle 11:** Durchmesser des Aortensinus der eigenen Kontrolle in der RKDLA-Ao

| Messstrecke | Median (Min.-Max.), [cm] |
|-------------|--------------------------|
| Ao-Sinus    | 8,16 (7,6 – 8,4)         |

### 2. Rechte kraniale lange Achse (RKRLA)

Der Schallkopf wird etwa in der 0°-Position eine handbreit oberhalb des Olekranons im 3. ICR der rechten Körperseite angesetzt, um die RKRLA bzw. die Pulmonalisschnittebene zu erhalten. Bei einer dorsokranialen Schallrichtung wird das rechte Herz mit Vorhof (RA), Kammer (RV), Trikuspidalklappe (TV), Pulmonalklappe (PV) und Pulmonalarterienlängsschnitt (PA) dargestellt [STA-88]. Das rechte Vorderbein muss hierbei weit nach vorn und etwas nach außen gestellt werden, damit man eine Einstellung ohne Lungenüberlagerung erreichen kann. Dies ist bei schwerer respiratorisch erkrankten Patienten nicht immer möglich, da sich die Lunge dann durch das Emphysem ausdehnt. Auch hier wird die Struktur und das Bewegungsmuster des Herzens und seiner Klappen beobachtet. Die Dimensionsmessungen erfolgen ebenfalls enddiastolisch (*Abbildung 12, Tabelle 12*).



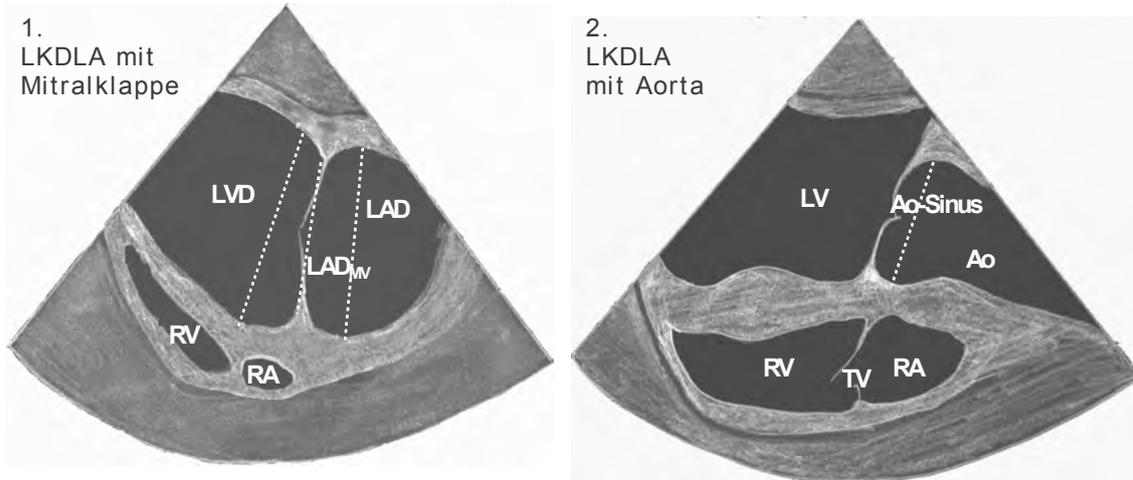
**Abbildung 12:** Messstrecken in der rechten kranialen langen Achse (RKRLA), Pulmonalisschnitt

**Tabelle 12:** Durchmesser der eigenen Kontrolle in der RKRLA des rechten Atriums/Ventrikels (RAD/RVD), der Pulmonalklappe (PAD<sub>PV</sub>) und der Pulmonalarterie (PAD)

| Messstrecke | Median (Min.-Max.), [cm] | Messstrecke       | Median (Min.-Max.), [cm] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| RAD         | 6,86 (6,07 – 8,28)       | PAD               | 6,21 (5,9 – 6,3)         |
| RVD         | 8,3 (7,27 – 9,35)        | PAD <sub>PV</sub> | 5,47 (5,1 – 5,9)         |

### 3. Linke kaudale lange Achse (LKDLA)

Der Schallkopf wird im 4. ICR auf der linken Körperseite ca. ½ Handbreit über dem Olekranon in der 0°-Position angesetzt. Das entstehende Bild zeigt gleichzeitig den maximalen Durchmesser des linken Atriums (LA), des linken Ventrikels (LV) und der Mitralklappe (MV). Schallkopffern ist ein schmaler Anschnitt des rechten Herzens (RA, RV) zu sehen. Wenn man den Schallkopf aus dieser dorsokaudalen Anschallrichtung etwas nach kranial richtet und ca. 10° gegen den Uhrzeigersinn dreht, wird die Austreibungsbahn des linken Ventrikels mit einem Aortenlängsschnitt sichtbar [STA-88]. Es werden ebenfalls Struktur und Bewegung des Herzens, der Valva mitralis und aortae beurteilt und die enddiastolischen Durchmesser gemessen (*Abbildung 13, Tabelle 13, S. 40*).



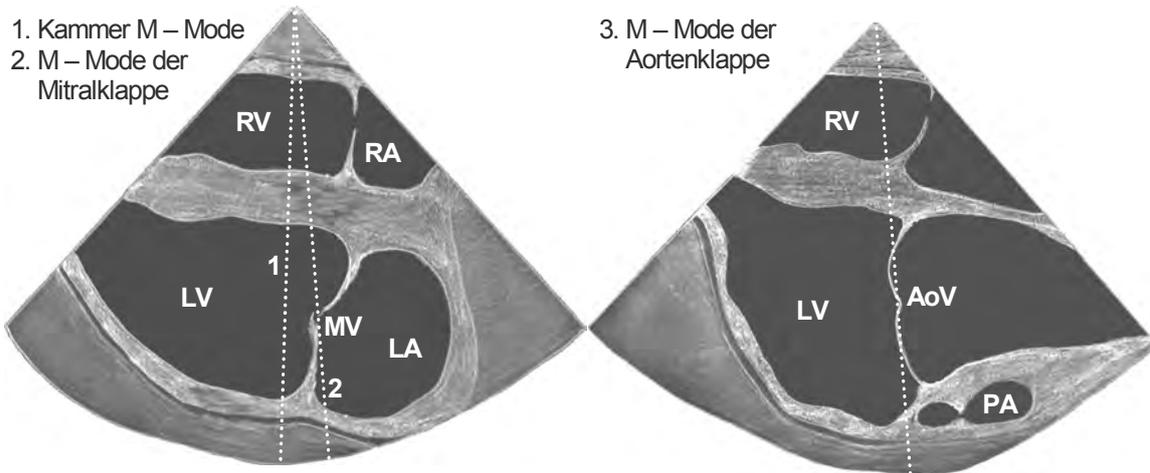
**Abbildung 13:** Linke kaudale lange Achse (LKDLA) 1. mit Mitralklappe, 2. mit Aorta

**Tabelle 13:** Referenzwerte in der LKDLA der rechten/linken Ventrikelwand (RVW/LVW), des Interventrikularseptums (IVS), des linken Atriums/Ventrikels (LAD/LVD), der Mitralklappe (LAD<sub>MV</sub>), o. Pm. = ohne Papillarmuskel, des rechten Ventrikels (RVD) und des Aortensinus (Ao-Sinus); [ROB-90]

| Messstrecke       | Referenzbereich (WB), [cm] | Messstrecke  | Referenzbereich (WB), [cm] |
|-------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| LAD               | 10,7 – 12,4                | Ao-Sinus     | 7,5 – 8,3                  |
| LVD               | 10,9 – 12,9                | RVD          | 6,8 – 9,0                  |
| LAD <sub>MV</sub> | 9,4 – 11,5                 | RVW          | 1,2 – 1,9                  |
| LVW (o. Pm.)      | 2,0 – 2,7                  | IVS (o. Pm.) | 2,1 – 2,7                  |

### M-Mode

Die Grundlage der M-Modeuntersuchungen ist die RKDLA. Hier wird im Vierkammerblick der Messstrahl erstens enddiastolisch ventrikelwärts der Mitralklappe und zweitens enddiastolisch genau auf dem Schlusspunkt der Mitralklappe positioniert und anschließend in den M-Mode umgeschaltet. Hierbei sollte der linke Ventrikel maximal aufgeschnitten und keine Chordae tendineae im Bild sein. Drittens wird in der RKDLA-Ao der Messstrahl genau auf den Aortenklappenschlusspunkt gelegt. Mit dem M-Mode (*Abbildung 14, 1., S. 41*) werden ebenfalls Herzdimensionen und das Bewegungsmuster des IVS beurteilt. Als ein Maß der Kontraktilität der Herzmuskulatur wird die FS% aus dem Verhältnis von enddiastolischer und endsystolischer Dimensionsmessung des linken Ventrikels berechnet und liegt normalerweise bei 31-38 % [STR-06]. Der M-Mode der Mitralklappe (*Abbildung 14, 2., S. 41*), und der Aortenklappe (*Abbildung 14, 3., S. 41*) veranschaulicht die genaue Klappenbewegung. Hier wird auf die Klappenstruktur und Besonderheiten ihrer Bewegung, wie beispielsweise ein Klappenzittern oder ein B-notch, d.h. ein vorsystolischer Klappenschluss, geachtet [PIP-77].



**Abbildung 14:** Messstrahlpositionierung im B-Mode für den M-Mode, 1. zur Dimensions- und FS-Bestimmung, 2. M-Mode der Mitralklappe, 3. M-Mode der Aortenklappe

### 2D-Farbdoppler

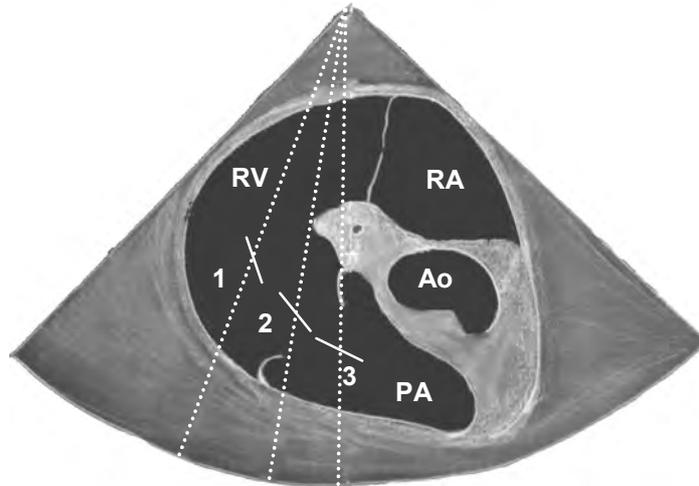
Mit dem 2D-Farbdoppler werden alle Herzklappen untersucht. Dazu wird im B-Mode zunächst der Vierkammerblick eingestellt, das Farbdopplerfenster hinzugeschaltet und über der Mitralklappe und dem linken Atrium positioniert. Um die Trikuspidalklappe in diesem Schnitt zu prüfen, wird die Eindringtiefe von 30 cm nach Bedarf verringert. Die Aortenklappe wird im Fünfkammerblick mit 30 cm Eindringtiefe untersucht. Zur Untersuchung der Pulmonalklappe wird die RKRLA eingestellt und hier das Messfenster über dem rechten Ventrikel und der Pulmonalklappe positioniert. Von der linken Körperseite werden in der LKDLA ebenfalls noch einmal die Blutflüsse der Mitralklappe und Aortenklappe dargestellt. Bei der Untersuchung aller Klappen wird von den 2D-Standardschnitten ausgehend der Schallkopf rotiert und gekippt, so dass alle Ebenen der Klappenöffnung erforscht werden können.

Allgemein sollte das Farbdopplerfenster nur so groß wie nötig und so klein wie möglich sein, da sonst die Bildqualität des Farbdopplers unter der geringeren Bildrate (FPS) stark leidet. Der Farbdoppler unterstützt die Beurteilung des Blutflusses durch die Klappen und des Klappenschlusses. Deshalb ist das Fenster so zu positionieren, dass in der Schlussphase der jeweiligen Klappe eventuelle Rückflüsse auch im Messfenster liegen. Die farbliche Darstellung der Rückflüsse gibt Auskunft über ihre Richtung, Ausdehnung Qualität und ihren Zeitpunkt im Herzzyklus. Sie dient zusätzlich bei der genauen Flusscharakterisierung dazu das Messtor bzw. den Messstrahl für den PW- bzw. CW-Doppler zu positionieren.

### PW-Doppler

In der RKRLA werden an der Pulmonalklappe drei Blutflussprofile, mit jeweils mindestens drei Ansätzen, winkelkorrigiert aufgezeichnet. Das zur Erreichung eines möglichst spitzen Anschallwinkels adaptierte 2D-Standardschnittbild stellt den Ausgangspunkt der folgenden Messungen dar. Die erste Messlokalisierung ist systolisch, ventrikelwärts der Klappe

(P1), die zweite systolisch genau in der Klappenebene (P2) und die dritte liegt distal der Klappe in der Pulmonalarterie (P3) (*Abbildung 15*).



**Abbildung 15:** Messpunkt 1. proximal, 2. in und 3. distal der Pulmonalklappe in der RKRLA

Bei der nachträglichen Auswertung der Spektraldopplerbilder des Pulmonalisflusses werden folgende Indizes gemessen und errechnet: systolische Maximalgeschwindigkeit ( $V_{max}$ ), spätsystolische Maximalgeschwindigkeit ( $SV_{max}$ ), enddiastolische Geschwindigkeit ( $EV_{min}$ ), Beschleunigungszeit ( $t_a$ ), Beschleunigung ( $A$ ) bis zur SPV, Geschwindigkeitszeitintegral ( $VTI_a$ ,  $VTI_b$ ), Ejection Time ( $ET_a$ ,  $ET_b$ ), Pre Ejection Period (PEP), elektromechanische Systole (EMS a, EMS b), rechtsventrikuläre Auswurfzeit (RVAZ), RR-Intervall, Anschallwinkel ( $\alpha$ ) und Messtiefe. Die Zusätze a und b stehen für eine Messung vom Systolenbeginn bis zum Ende der früh- (a) bzw. der spätsystolischen Welle (b).

#### CW-Doppler

Der CW-Doppler wird in der Regel zur Charakterisierung von pathologischen Flüssen, insbesondere zur Bestimmung der Auffindbarkeit, Intensität, Maximalgeschwindigkeit und dem zeitlichen Auftreten von Klappenrückflüssen eingesetzt. Dazu wird unter zur Hilfe-nahme des 2D-Farbdopplers die Schnittebene mit dem größten und intensivsten Insuffizienzfluss erarbeitet und dort der Messstrahl positioniert. Nach Einschalten des CW-Dopplers, zu Beginn der Messung, müssen dann noch die Feineinstellungen hinsichtlich der Nulllinienposition und der Messbereichsgröße vorgenommen werden, da diese individuell für jeden Insuffizienzjet sind. So kann ein optimales Spektraldopplerprofil aufgenommen werden.

Dabei wurden die aufgetretenen, fehlerhaften Klappenschlüsse in Regurgitationen, diese gelten als physiologisch und geringgradige, mittelgradige und hochgradige Insuffizienzen eingeteilt [BLI-95, REF-95, WEI-91]. Eine Insuffizienz ist leicht auffindbar, erstreckt sich über einen großen Teil der Herzzyklusphase, ist mindestens genauso Intensiv wie der physiologische Fluss und hat ein Geschwindigkeit von mindestens 2 m/s [BLI-95, GEH-98, REF-95, STA-93, WEI-91].

### 3.3.6 Sonographische Untersuchung der Arteria carotis communis

#### Vorbereitungen

Die sonographische Untersuchung der Arteria carotis communis dexter wird im Anschluss an die Echokardiographie durchgeführt. Das EKG verbleibt am Pferd, damit eine Zuordnung der Flussereignisse zum Herzschlagzyklus erfolgen kann. Der Kopf des Pferdes wird in einer möglichst physiologischen Kopfhaltung gehalten. Das Haarkleid im Bereich der Fossa jugularis wird mit Alkohol oder Paraffinöl benetzt, um eine gute Ankopplung zu erreichen. Ultraschallgel ist aufgrund der Luftbläscheneinschlüsse im Haarkleid und den damit verbundenen Artefakten nicht verwendbar. Nur bei unzureichender Ankopplung wird das Haar geschoren. Der Ultraschallkopf wird rechts, im dorsalen Winkel der Fossa jugularis in ventro-caudo-medialer Richtung angesetzt.

#### B-Mode

Im B-Mode wird die Gefäßstruktur und die Gefäßwand sowohl im Längs- als auch im Querschnitt geprüft. Mit Hilfe des EKG's wird der Durchmesser enddiastolisch ( $d_d$ ), auf Höhe der Q-Zacke, und endsystolisch ( $d_s$ ), direkt nach der T-Welle, bestimmt. Daraus wird anschließend die Querschnittsfläche (CSA) und mit ihrer Hilfe das Blutflussvolumen pro Minute berechnet. Zur Berechnung wird jeweils ein Mittelwert aus drei Messansätzen der Durchmesserbestimmung herangezogen.

#### 2D-Farbdoppler

Mit dem Farbdoppler ist eine qualitative Schnelldiagnose hinsichtlich der Flussrichtung und Flussverteilung möglich. Durch rote und blaue Farben codiert, kann eine Aussage über die Geschwindigkeitsverteilung im Gefäß, die ungefähre Flussgeschwindigkeit und eventuelle Rückflüsse oder Turbulenzen getroffen werden.

#### PW-Doppler

Für die winkelkorrigierte Messung des Blutflusses im PW-Doppler soll der Anschallwinkel möglichst kleiner als  $60^\circ$  sein. Die A. carotis communis wird im B-Mode der Länge nach aufgeschnitten, das Messvolumen mittig im Gefäßlumen positioniert und der Doppler aktiviert. Die Messvolumenlage kann im Duplexverfahren während der gesamten Messzeit überwacht und korrigiert werden. Anhand des Dopplerspektrums werden folgende Parameter gemessen: SPV, DPV, rDPV, EDV,  $V_{\min}$ ,  $t_a$ , TAMAX, TAV,  $TAV_{\text{sys}}$ ,  $TAV_{\text{dia}}$ , PEP, ET, EMS, R-R,  $\alpha$  und Messtiefe. Aus den gemessenen Parametern werden nach den im *Kapitel 2.6, S. 23ff* angegebenen Formeln RI, PI, S/D, A und BFV errechnet.

### 3.3.7 Statistische Auswertung

Die Patientendaten wurden mit Microsoft Excel ® protokolliert und mit dem Softwareprogramm SPSS für Windows ® in der Version 13,0 statistisch ausgewertet. Es handelt sich hierbei um eine deskriptive, nicht um eine schließende Auswertung. Zum einen ist der Stichprobenumfang klein und zum anderen konnte keine repräsentative Stichprobe aus der Gesamtgrundheit gezogen werden, da eine Bindung an das Patientengut der Klinik für Pferde der FU Berlin bestand.

Die Daten der klinischen Untersuchung wurden einmalig am Untersuchungstag erhoben. Bei der allgemeinen sonographischen Herzuntersuchung wurden mindestens drei Messansätze in den erforderlichen Standardebenen vorgenommen und aus diesen drei Herzzyklen ausgewertet. Die PW-Doppleruntersuchungen wurden ebenfalls mit mindestens drei Messansätzen durchgeführt und aus den erhaltenen Aufzeichnungen kamen fünf Herzzyklen zur Auswertung. Aus den Einzelwerten eines jeden Patienten wurde das arithmetische Mittel berechnet. Für die Gruppenvergleiche wurde der Median einer Gruppe aus den arithmetischen Mittelwerten der entsprechenden Patienten gebildet und diese miteinander verglichen. Da es sich um nicht symmetrisch verteilte Daten handelt, kommen für die statistischen Vergleiche nur verteilungsfreie Verfahren zur Anwendung. Bei Vergleichen zwischen zwei Gruppen wurde der Mann-Whitney U Test, ein nicht parametrischer Test für zwei unabhängige Stichproben, angewandt. Wurden mehrere Gruppen miteinander verglichen kam der Test nach Kruskal-Wallis für mehrere unabhängige Stichproben zur Anwendung. Es wird die exakte, 2-tailed Signifikanz angegeben und das Signifikanzniveau mit  $p < 0,05$  festgelegt, wobei mit dem Wort „signifikant“ (\*) im Weiteren nur der beschreibende Charakter gemeint ist.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Tabellenform, wobei die Spalte der Kontrollgruppe grau unterlegt ist, und graphisch in Boxplots. Dabei reichen die Boxen vom 25 % bis zum 50 % Quartil und der Median ist die Querlinie in der Box. Mit dunkelgrauen Sternen sind die Ausreißer, die zwischen eineinhalb und drei Kastenlängen außerhalb der Box liegen, und mit grauen Dreiecken die Extremwerte, die mehr als drei Kastenlängen außerhalb der Box liegen, dargestellt. Zusätzlich werden noch mal die Einzelwerte als Punktwolke aus X-Symbolen, die um 5 % verzerrt sind, veranschaulicht.