

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Probandenauswahl

Die Untersuchung wurde an 28 Warmblutpferden durchgeführt. Die Probanden entstammten dem Patientengut der Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin.

Die Einteilung der Pferde erfolgte anhand verschiedener Kriterien in drei Gruppen:

Gruppe 1: Pferde ohne Herzgeräusche und ohne echokardiographische Befunde (n= 10)

Gruppe 2: Pferde mit Herzgeräuschen ohne Herzdilatation (n= 11)

Gruppe 3: Pferde mit Herzgeräuschen mit Herzdilatation (n= 7)

Außerdem wurden 6 weitere Warmblutpferde, die an Vorhofflimmern litten, in die Untersuchung mit einbezogen. Ihre Besprechung erfolgt deskriptiv.

Gruppe 1

In diese Gruppe wurden Warmblutpferde aufgenommen, welche in der Anamnese und bei der klinischen Untersuchung keine Veränderungen des Zirkulations- oder Atmungsapparates aufwiesen. Auch die echokardiographische Untersuchung ergab keine Veränderungen des kardialen Status. Klappenschlussassoziierte Regurgitationen wurden nicht berücksichtigt; sie werden als physiologisch bewertet (BLISSIT und BONAGURA 1995; HÖCH 1995; MARR und REEF 1995; REEF 1995).

Die Probanden der Gruppe 1, 7 Wallache und 3 Stuten, mit einem durchschnittlichen Alter von 11 (2-22) Jahren wiesen ein durchschnittliches Körpergewicht von 589,2 (502-690) kg auf. Die Maximalwerte des linken Vorhofes betragen 11,43 cm, die des linken Ventrikels

gemessen unterhalb der Mitralklappe 13,28 cm. Beide Parameter wurden im B-Mode in der RKDLA ermittelt.

Die Daten der Gruppe 1 sind in Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Tabelle 3.1: Alter, Gewicht und Geschlecht der Gruppe 1 (Kontrollgruppe)

Pferd Nr.	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Geschlecht
Pferd 1	6	500	Wallach
Pferd2	9	645	Wallach
Pferd 3	22	545	Wallach
Pferd 4	9	603	Stute
Pferd 5	10	685	Wallach
Pferd 6	2	525	Stute
Pferd 7	22	502	Wallach
Pferd 8	5	617	Stute
Pferd 9	12	580	Wallach
Pferd 10	13	690	Wallach

Gruppe 2

In dieser Gruppe wurden Warmblutpferde zusammengefasst, welche sowohl anamnestisch als auch bei der klinischen Untersuchung keine Veränderungen des Atmungsapparates aufwiesen. Die Patienten ließen jedoch bei der Auskultation ein Herzgeräusch von mindestens Grad II/VI erkennen. In der echokardiographischen Untersuchung konnte die Insuffizienz von mindestens einer Herzklappe nachgewiesen werden, eine Dilatation des linken Vorhofes (LAD < 11,43 cm) sowie des linken Ventrikels (LVDD uMV < 13,29 cm) lag jedoch nicht vor.

Die elf Patienten dieser Gruppe, sechs Wallache und fünf Stuten, hatten ein durchschnittliches Alter von 16,2 (3-26) Jahren und ein durchschnittliches Körpergewicht von 539,4 (480-653).

Die Daten der Gruppe 2 sind in Tabelle 3.2 zusammengefasst.

Tabelle 3.2: Alter, Gewicht und Geschlecht der Gruppe 2 (Herzkrank ohne Dilatation)

Pferd Nr.	Alter	Gewicht	Geschlecht
Pferd 11	21	502	Stute
Pferd 12	22	653	Wallach
Pferd 13	11	565	Wallach
Pferd 14	14	511	Stute
Pferd 15	16	586	Wallach
Pferd 16	16	645	Wallach
Pferd 17	3	498	Stute
Pferd 18	17	480	Stute
Pferd 19	26	525	Stute
Pferd 20	24	459	Wallach
Pferd 21	8	510	Wallach

Gruppe 3

Diese Gruppe beinhaltet Warmblutpferde, bei denen anamnestisch und bei der klinischen Untersuchung keine Veränderung des Atmungsapparates festgestellt werden konnten. Die Pferde wiesen jedoch bei der Auskultation ein Herzgeräusch von mindestens Grad II/VI auf. In der echokardiographischen Untersuchung konnte die Insuffizienz von mindestens einer Herzklappe ermittelt werden. Ebenfalls lag in jedem Fall eine Dilatation des linken Vorhofes ($LAD \geq 11,43$ cm) sowie bei 6 der 7 Pferde eine Dilatation des linken Ventrikels ($LVD_{uMV} \geq 13,29$ cm) vor.

Die 7 Pferde der Gruppe 3 (5 Wallache, 1 Hengst und 1 Stute) hatten ein durchschnittliches Alter von 15,6 (5-24) Jahren sowie ein durchschnittliches Gewicht von 579,8 (534-685) kg. Die Daten sind in Tabelle 3.3 zusammengefasst.

Tabelle 3.3: Alter, Gewicht und Geschlecht der Gruppe 3 (Herzkrank mit Dilatation)

Pferd Nr.	Alter	Gewicht	Geschlecht
Pferd 22	21	540	Wallach
Pferd 23	18	587	Hengst
Pferd 24	23	603	Wallach
Pferd 25	9	685	Wallach
Pferd 26	24	550	Wallach
Pferd 27	9	534	Stute
Pferd 28	5	560	Wallach

6 Patienten wurden wegen spezifischer Kardiopathien (Vorhofflimmern, n=5, kongestive Kardiopathie, n=1) keiner Gruppe zugeordnet und erhielten Einzelfalldarstellungen. Sie sind in Tabelle 3.4 aufgeführt.

Tabelle 3.4: Alter, Gewicht, Geschlecht und Diagnose der Einzelfalldarstellungen

(Legende: normok.= normokardes ,VF= Vorhofflimmern, ventr.= ventrikuläre, Extrasyst.= Extrasystolen, ggr.= geringgradig, mgr.= mittelgradig, hgr= hochgradig, Dil= Dilatation, LA= linkes Atrium, AoV-I= Aortenklappeninsuffizienz, MV-I= Mitralklappeninsuffizienz, Herz-I= Herzinsuffizienz, dilat. Kongest.= dilatative kongestive, s. auch Abkürzungsverzeichnis)

Pferd Nr.	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Geschlecht	Diagnose
Pferd 29	15	625	Stute	normok. VF
Pferd 30	10	671	Wallach	normok. VF mit ventr Extrasyst
Pferd 31	16	695	Stute	normok. VF mit ggr. Dil. LA
Pferd 32	21	543	Stute	normok. VF mit mgr. AoV-I
Pferd 33	10	620	Stute	tachyk. VF mit hgr. MV-I
Pferd 34	12	680	Wallach	akute Herz-I bei dilat. kongest. Kardiopathie

3.1.2 Technische Ausstattung

Die Elektrokardiographie wurde mit dem Gerät CARDIOVIT AT-6 der Firma Schiller (Schweiz) durchgeführt. Bei der Aufzeichnung auf Registrierpapier (Firma Schiller, Schweiz) entsprachen 10 mm 1 mV, der Papiervorschub betrug 25 mm/sec.

Die sonographische Untersuchung erfolgte in allen Fällen mit dem Ultraschallgerät System FiVe® (Softwareversion 1.9 x) der Firma GE Vingmed Ultrasound, Norwegen.

Zur echokardiographischen Untersuchung wurde ein 2,5 MHz Annular Phased-Array Schallkopf mit einer Eindringtiefe von 30 cm und einem maximalen Sektorwinkel von 90° verwendet. Die Untersuchung erfolgte im echokardiographischen Programm unter Verwendung der Coded Octave Imaging® (harmonische Bildgebung) mit einer Frequenz von 1,7 MHz.

Die Daten wurden auf der internen Festplatte des Systems gespeichert (MAC-Computer PPC-G3 ADB) und zu einem späteren Zeitpunkt ausgewertet. Die Auswertung wurde mit Hilfe des im System integrierten Messprogramms EchoPac®, Softwareversion 6.3, durchgeführt. Dieses ermöglichte auch die Erstellung des anatomischen M-Mode.

Das integrierte MO-Laufwerk (Firma Sony, Japan) erlaubte die Speicherung auf Magneto-Optical Discs (Firma Sony, Japan).

Es wurde Ultraschallgel der Firma TMP Tüshaus Medical Produkte GmbH (Deutschland) verwendet.

3.2 Methoden

3.2.1 Allgemeine Einteilungskriterien

Die Pferde der Kontrollgruppe wiesen keinen klinischen Befund im Bereich des Zirkulations- und Atmungsapparates auf. Auch bei der echokardiographischen Untersuchung konnte keine Herzerkrankung festgestellt werden.

Alle kardiologischen Patienten dieser Studie wiesen ein auskultatorisch feststellbares Herzgeräusch von mindestens Grad II/VI auf.

Pferde mit klinischen Befunden im Bereich der Atemwege wurden von der Studie ausgeschlossen.

Klinische Untersuchung

Nach Erhebung des Vorberichts wurden alle Probanden zunächst einer allgemeinen klinischen Untersuchung nach den Regeln der Propädeutik unterzogen. Die Untersuchung des Atmungsapparates umfasste die Prüfung von Atmungstyp, -intensität und -frequenz, die Auslösbarkeit von Husten sowie die Auskultation der Trachea und des Thorax. Im Anschluß daran folgte die spezielle klinische Untersuchung des Herz-Kreislauf-Systems mit Untersuchung von Puls, Episkleralgefäßen, Schleimhäuten, Venenstauprobe, Adspektion und Palpation der Herzgegend sowie der Herzauskultation.

Die Einteilung der Herzgeräusche erfolgte in 6 Schweregrade:

Grad 0/VI	kein Herzgeräusch feststellbar
Grad I/VI	leises, diskontinuierlich wahrnehmbares Herzgeräusch
Grad II/VI	leises, kontinuierlich hörbares Geräusch, leiser als die Herztöne
Grad III/VI	mittellautes kontinuierlich hörbares Herzgeräusch, annähernd gleich laut wie die Herztöne
Grad IV/VI	lautes (lauter als die Herztöne), nicht palpables Geräusch
Grad V/VI	lautes, palpables Herzgeräusch
Grad VI/VI	überlautes Herzgeräusch mit erheblichem Fremitus

Andere Autoren fassen die Grade V/VI und VI/VI zusammen (REEF 1985).

3.2.2 Elektrokardiographie

Bei Probanden mit Störungen des Herzrhythmus wurde ein Elektrokardiogramm angefertigt. Für die bipolare Herzbasis-Herzspitzen-Ableitung (Basis-Apex-Ableitung) wurde die positive Elektrode über der linken Herzspitze im 6. Interkostalraum und die negative Elektrode in der linken Fossa jugularis in Höhe der Herzbasis angebracht. Die Erdungselektrode wurde in der linken Halsgegend positioniert. Durch 70%igen Alkohol wurden die Elektroden leitfähig gemacht.

3.2.3 Echokardiographische Untersuchung

Vorbereitung der Pferde

Alle Probanden wurden vor der Untersuchung auf beiden Seiten des Thorax im Bereich des echokardiographischen Fensters (STADLER 1988 a) auf einer Fläche von etwa 10 x 10 cm sorgfältig geschoren. Anschließend erfolgte eine Entfettung der Haut mit 70%igem Alkohol und das Auftragen von Ultraschallkontaktgel.

Parallel zur echokardiographischen Untersuchung wurde ein EKG (Basis-Apex-Ableitung) abgeleitet und auf dem Monitor dargestellt.

Untersuchungsgang

Die echokardiographischen Untersuchungen fanden in allen Fällen am stehenden, nicht sedierten Pferd statt. Es wurde immer der selbe Untersuchungsstand in einem relativ ruhigen, halb abgedunkelten Raum genutzt; der Ablauf der Untersuchung war jedesmal gleich.

Die Untersuchungen erfolgten an den dafür vorgesehenen Messstellen nach einem einheitlichen Schema im B-Mode, M-Mode, 2D-Farbdoppler sowie Spektraldoppler. Die echokardiographische Untersuchung erfolgte nach internationalen Standards (CARLSTEN 1987; STADLER et al. 1988; REEF et al. 1989; ROBINE 1990; REWEL 1991; WEINBERGER 1991; LONG et al. 1992; BLISSIT und BONAGURA 1995a; BLISSIT und BONAGURA 1995 b; HÖCH 1995; SONG 1998)

Die zeitliche Bestimmung der Herzzyklusphasen erfolgte anhand des simultan abgeleiteten und auf dem Monitor dargestellten EKG's. Den internationalen echokardiographischen Standards entsprechend, wurde die Enddiastole am Beginn des QRS-Komplexes, die Endsystole mit Auslaufen der T-Zacke und maximaler Ventrikelkontraktion definiert (ROELAND und GIBSON 1980; HANRATH und SCHLÜTER 1983; O'ROURKE et al. 1984; SCHILLER et al 1989). Soweit nicht anders angegeben, wurden die Messungen enddiastolisch durchgeführt. Generell wurden Herzzyklen nur zur Auswertung herangezogen, wenn die Herzfrequenz des Pferdes nicht über 40 Schläge/min betrug. Lediglich bei tachykardem Vorhofflimmern konnte dieses Kriterium nicht erfüllt werden. Lag ein AV-Block II. Grades vor, so wurde der Herzzyklus, welcher auf einen Block folgte, nicht zur Messung herangezogen. Ebenso verhielt es sich bei den Patienten mit Vorhofflimmern. Herzzyklen, welche auf eine Flimmerpause folgten, konnten ebenfalls nicht bearbeitet werden.

In der rechten kaudalen langen Achse wurde darauf geachtet, dass folgende Kriterien erfüllt wurden:

- der linke Vorhof musste den größtmöglichen Durchmesser aufweisen
- der linke Ventrikel musste größtmöglich dargestellt werden
- die Chordae tendineae durften nicht sichtbar sein
- das interventrikuläre Septum musste möglichst waagrecht zu liegen kommen.

Weiterhin wurde darauf geachtet, dass der linksventrikuläre Ausflusstrakt nicht angeschallt wurde. Die Ebene unterhalb der Mitralklappe wurde so definiert, dass sie in der weitesten Stelle des linken Ventrikels zu liegen kam. Es wurde stets klappenparallel gemessen. Die Papillarmuskelebene wurde durch die Ansatzpunkte der Chordae tendineae bzw. der Trabeculae carneaee der linken Ventrikelwand und des Interventrikularseptums gelegt,

welche als echogene Strukturen am Endokard erschienen. Auch in der Papillarmuskelebene wurde parallel zur Mitralklappe gemessen.

In den kurzen Achsen erfolgte die Ermittlung der linksventrikulären Dimensionen in der Art, dass der Ventrikel durch die Messstrecken in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt wurde. In der Papillarmuskelebene wurde darauf geachtet, dass weder diastolisch noch systolisch Papillarmuskel angelotet wurde. Die Mitralklappenebene in folgender Höhe festgelegt: Die Klappensegel im Inneren des Ventrikels waren nicht mehr sichtbar, häufig aber Chordae tendineae in Form von echogenen Strukturen im Ventrikelinneren. Die Papillarmuskelebene der kurzen Achse wurde in Höhe der Ansatzpunkte der Chordae tendineae bzw. der Trabeculae carneae der Papillarmuskel definiert.

B-Mode

Im B-Mode wurden Aufzeichnungen von vier Schnittebenen aus dem rechten kaudalen echokardiographischen Fenster angefertigt (HENRY, DE MARIA et al. 1980; STADLER 1988 a).

- **Rechte kaudale lange Achse (RKDLA)**, auch Vierkammerblick genannt

Es wurden folgende Dimensionen ermittelt:

- maximaler Durchmesser des linken Atriums (LAD)
- Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe enddiastolisch (LVDd uMV)
- Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe endsystolisch (LVDs uMV)
- Durchmesser des linken Ventrikels im Bereich der Papillarmuskeln enddiastolisch (LVDd Ppm)
- Durchmesser des linken Ventrikels im Bereich der Papillarmuskeln endsystolisch (LVDs Ppm)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand unterhalb der Mitralklappe (LVW uMV)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand im Bereich des Papillarmuskels (LVW Ppm)
- Durchmesser des interventrikulären Septums unterhalb der Mitralklappe (IVS uMV)
- Durchmesser des interventrikulären Septums im Bereich des Papillarmuskels (IVS Ppm).

Aus dem enddiastolischen und endsystolischen Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe sowie im Bereich der Papillarmuskeln wurde die myokardiale Verkürzungsfraction (FS%) nach folgender Formel berechnet:

$$FS\% = (LVDd - LVDs) \cdot 100 / LVDd$$

Veranschaulicht werden die ermittelten Herzdimensionen der RKDLA in Abbildung 3.1.

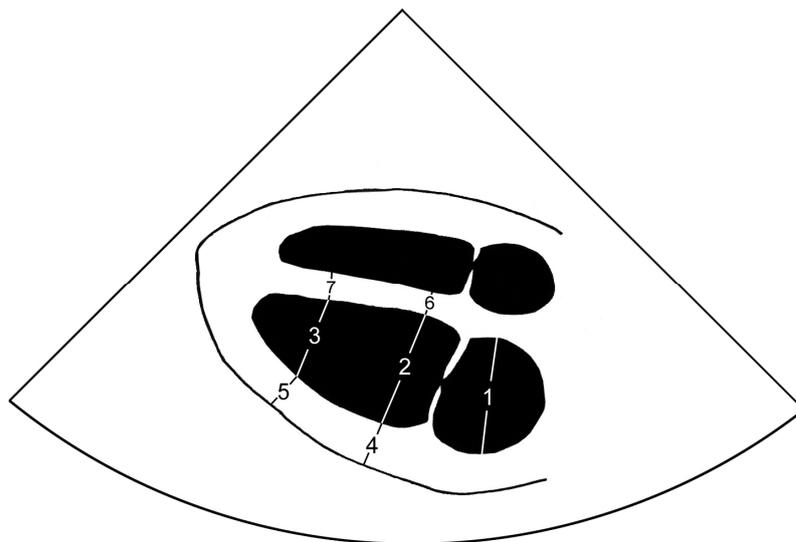


Abbildung 3.1: B-Mode-Schemazeichnung des Herzens in der RKDLA, enddiastolisch

(Legende: 1= Durchmesser des linken Atriums (LAD),

2= Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe (LVDd uMV),

3= Durchmesser des linken Ventrikels im Bereich der Papillarmuskeln (LVDd Ppm),

4= Durchmesser der linken Ventrikelwand unterhalb der Mitralklappe (LVW uMV),

5= Durchmesser der linken Ventrikelwand im Bereich der Papillarmuskeln (LVW Ppm),

6= Durchmesser des interventrikulären Septums unterhalb der Mitralklappe (IVS uMV),

7= Durchmesser des interventrikulären Septums im Bereich der Papillarmuskeln (IVS Ppm)

- **Rechte kaudale lange Achse - Aortenschnittebene (RKDLA-Ao)**

Es wurde der Durchmesser des Sinus Valsalvae (AoD-SinusV) ermittelt. Veranschaulicht wird die Messung des Sinus valsalvae in Abbildung 3.2.

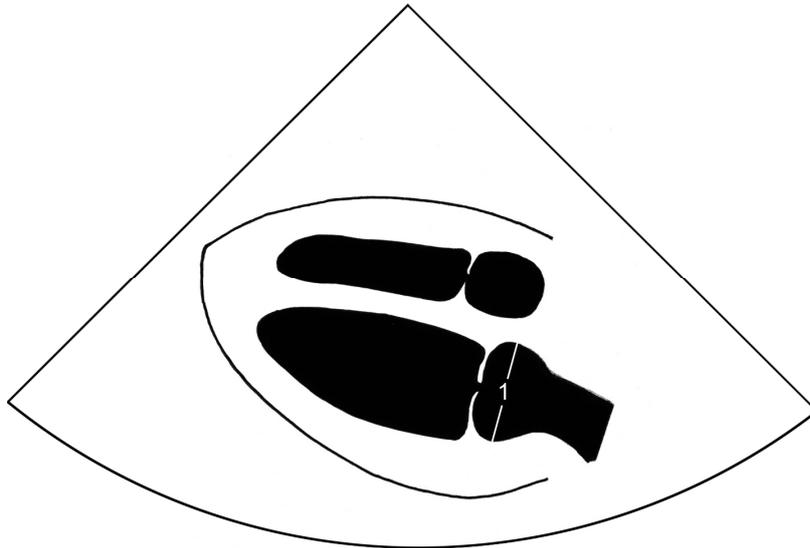


Abbildung 3.2: B-Mode-Schemazeichnung des Herzens in der RKDLA-Ao, enddiastolisch
(Legende: 1= Durchmesser des Sinus valsalvae)

- **Rechte kaudale kurze Achse, Ebene unterhalb der Mitralklappe (RKDKA uMV)**

Es wurden folgende Dimensionen ermittelt:

- Durchmesser des interventrikulären Septums (IVS)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand (LVW)
- Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd)
- Durchmesser des linken Ventrikels endsystolisch (LVDs)

Aus dem enddiastolischen und endsystolischen Durchmesser des linken Ventrikels wurde die FS% bestimmt. Veranschaulicht werden die Dimensionsmessungen dieser Ebene in Abbildung 3.3.

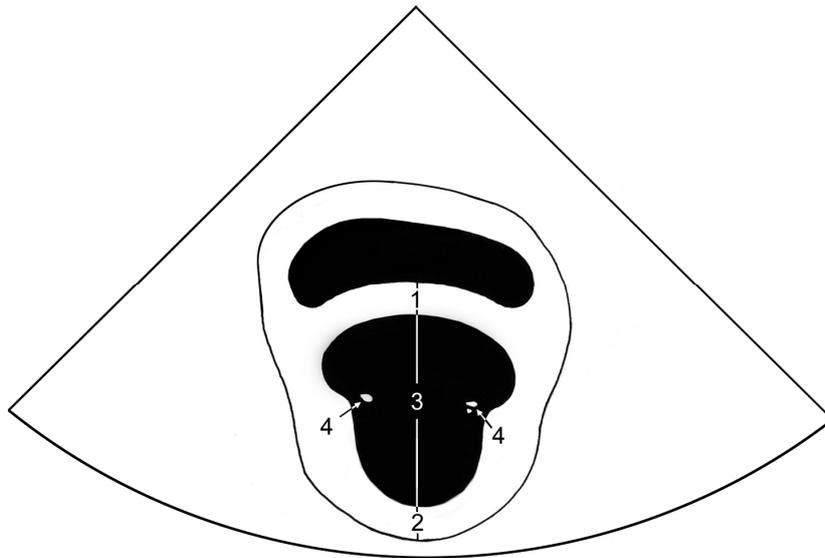


Abbildung 3.3: B-Mode-Schemazeichnung des Herzens in der RKDKA uMV, enddiastolisch

(Legende: 1= Durchmesser des interventrikulären Septums (IVS),

2= Durchmesser der linken Ventrikelwand (LVW),

3= Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd),

4= Chordae tendineae)

- **Rechte kaudale kurze Achse, Papillarmuskelebene (RKDKA Ppm)**

Es wurden folgende Dimensionen ermittelt:

- Durchmesser des interventrikulären Septums (IVS)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand (LVW)
- Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd)
- Durchmesser des linken Ventrikels endsystolisch (LVDs)

Aus dem enddiastolischen und endsystolischen Durchmesser des linken Ventrikels wurde die FS% bestimmt. In Abbildung 3.4 werden die Messungen aus der RKDKA Ppm veranschaulicht.

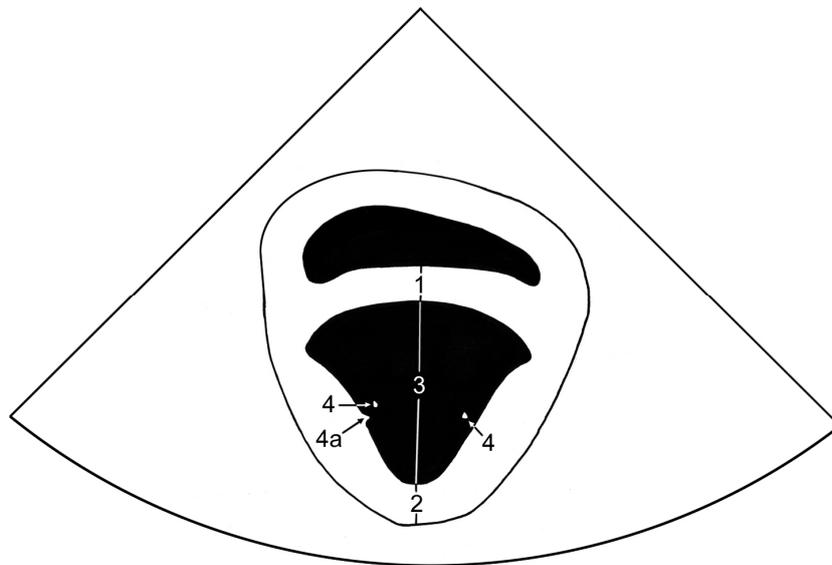


Abbildung 3.4: B-Mode-Schemazeichnung des Herzens in der RKDKA Ppm, enddiastolisch

(Legende: 1= Durchmesser des interventrikulären Septums (IVS),
2= Durchmesser der linken Ventrikelwand (LVW),
3= Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd Ppm),
4= Ansatzpunkte der Chordae tendineae bzw Trabeculae carneae)

Konventionelles M-Mode

Im konventionellen M-Mode wurden Echokardiogramme von vier Schnittebenen aus dem rechten kaudalen echokardiographischen Fenster erstellt (HENRY et al. 1980; STADLER 1988 a). Dimensionsmessungen wurden unter Beachtung der internationalen Standards mit der „leading-edge to leading-edge“ Methode durchgeführt. So wurde der elektronische Messpunkt jeweils an der schallkopfnahen Grenze positioniert (ROELAND et al. 1976; SAHN et al. 1978).

Folgende Schnittebenen wurden herangezogen:

- Rechte kaudale lange Achse, Ebene unterhalb der Mitralklappe (RKDLA uMV)
- Rechte Kaudale Lange Achse, Papillarmuskelebene (RKDLA Ppm)
- Rechte kaudale kurze Achse, Ebene unterhalb der Mitralklappe (RKDKA uMV)
- Rechte kaudale Achse, Papillarmuskelebene (RKDKA Ppm)

In den genannten Schnittebenen wurden mit Hilfe des integrierten Messprogramms für linksventrikuläre Studien folgende Größen ermittelt:

- enddiastolischer Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSd)
- endsystolischer Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSs)
- Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd)
- Durchmesser des linken Ventrikels endsystolisch (LVDs)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand enddiastolisch (LVWd)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand endsystolisch (LVWs).

Die Bestimmung der FS% erfolgte durch das Messprogramm automatisch.

In der Abbildung 3.5 werden die Dimensionsmessungen beispielhaft für alle Schnittebenen aufgezeigt.

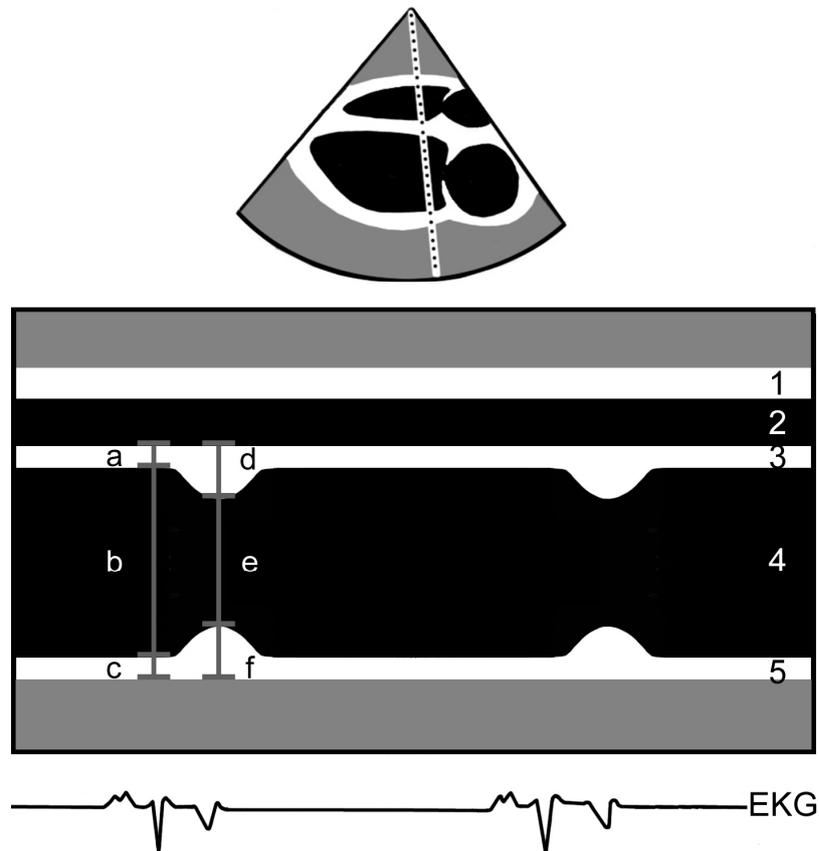


Abbildung 3.5: konventionelles M-Mode (Schemazeichnung) des Herzens:

Messung der Dimensionen IVSd, IVSs, LVDd, LVDs, LVWd, LVWs

(Legende: a= Interventrikuläres Septum enddiastolisch (IVSd)

b=Durchmesser des linkes Ventrikels enddiastolisch (LVDd),

c=Durchmesser der linken Ventrikelwand enddiastolisch (LWDD)

d= Durchmesser des interventrikulären Septums endsystolisch (IVSs)

e= Durchmesser des linken Ventrikels systolisch (LVDs)

f= Durchmesser der linken Ventrikelwand endsystolisch (LVWs)

1= rechte Ventrikelwand

2= rechter Ventrikel

3= interventrikuläres Septum

4= linker Ventrikel

5= linke Ventrikelwand)

Anatomisches M-Mode

Das anatomische M-Mode wurde aus gespeicherten B-Mode „CineLoops“ mit Hilfe des Messprogramms Echo Pac® erstellt. Es kamen die selben vier Schnittebenen wie im konventionellen M-Mode zur Verwendung:

- RKDLA uMV
- RKDLA Ppm
- RKDKA uMV
- RKDKA Ppm

Es wurde ebenfalls die „leading-edge to leading-edge“ Methode angewendet. Im Messprogramm für linksventrikuläre Studien wurden die selben Dimensionen wie im konventionellen M-Mode ermittelt:

- enddiastolischer Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSd)
- endsystolischer Durchmesser des interventrikulären Septums (IVSs)
- Durchmesser des linken Ventrikels enddiastolisch (LVDd)
- Durchmesser des linken Ventrikels endsystolisch (LVDs)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand enddiastolisch (LVWd)
- Durchmesser der linken Ventrikelwand endsystolisch (LVWs)

Die Bestimmung der FS% erfolgte ebenfalls automatisch durch das Messprogramm.

In den Abbildungen 3.6-3.13 werden Schemazeichnungen des konventionellen M-Mode dem anatomischen M-Mode gegenübergestellt.

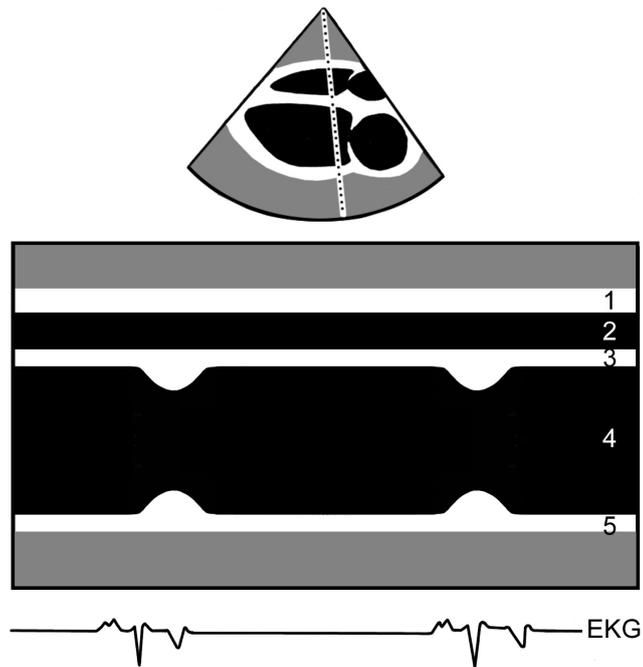


Abbildung 3.6: konventionelles M-Mode (Schemazeichnung) des Herzens in der RKDLA uMV

(Legende: 1= rechte Ventrikelwand, 2= rechter Ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

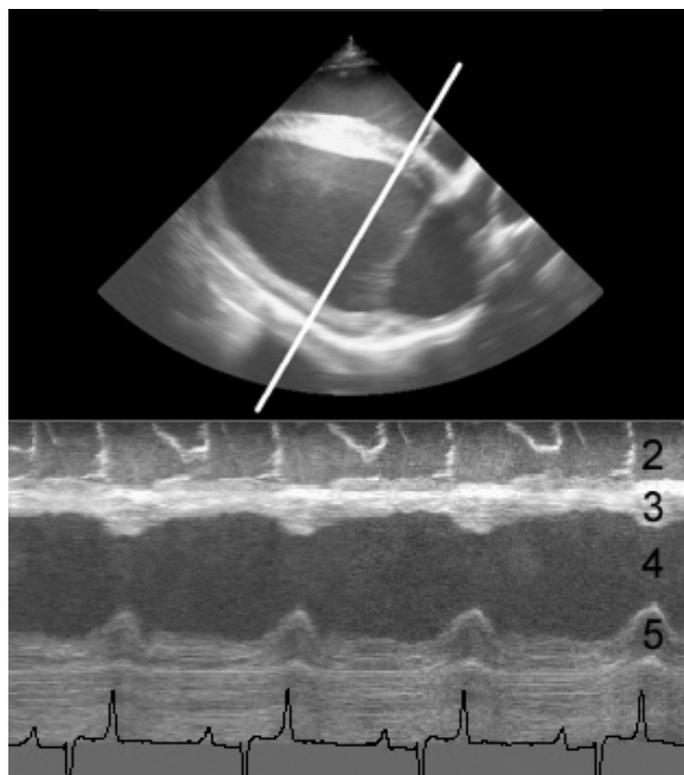


Abbildung 3.7: anatomisches M-Mode des Herzens in der RKDLA uMV

(Legende: 2= rechter Ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

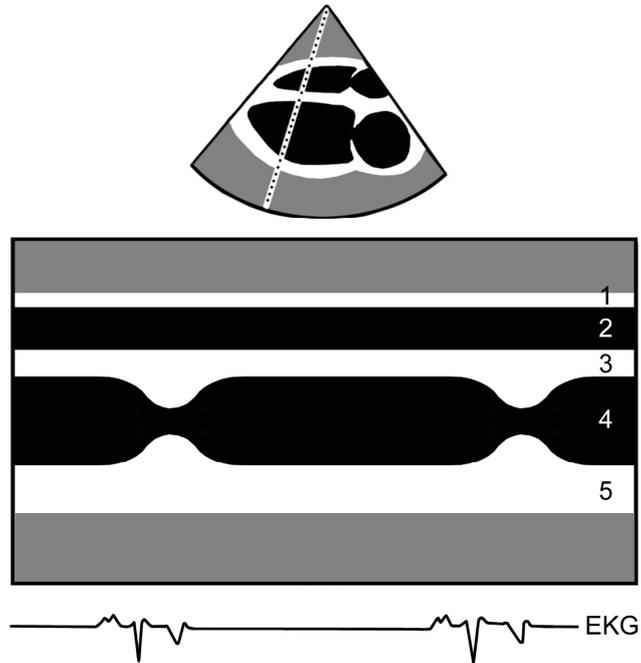


Abbildung 3.8: konventionelles M-Mode (Schemazeichnung) des Herzens in der RKDLA Ppm

(Legende: 1= rechte Ventrikelwand, 2= rechter Ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

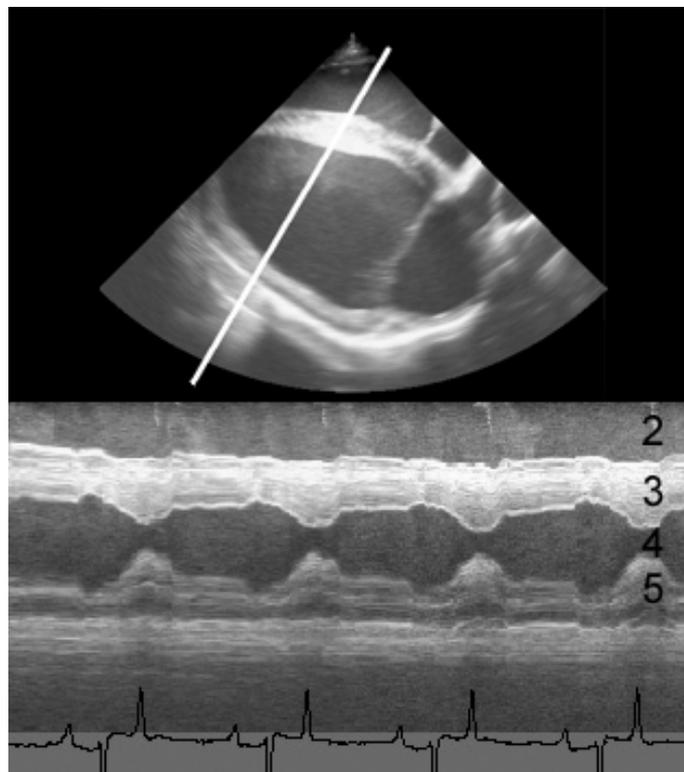


Abbildung 3.9: anatomisches M-Mode des Herzens in der RKDLA Ppm

(Legende: 2= rechter ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

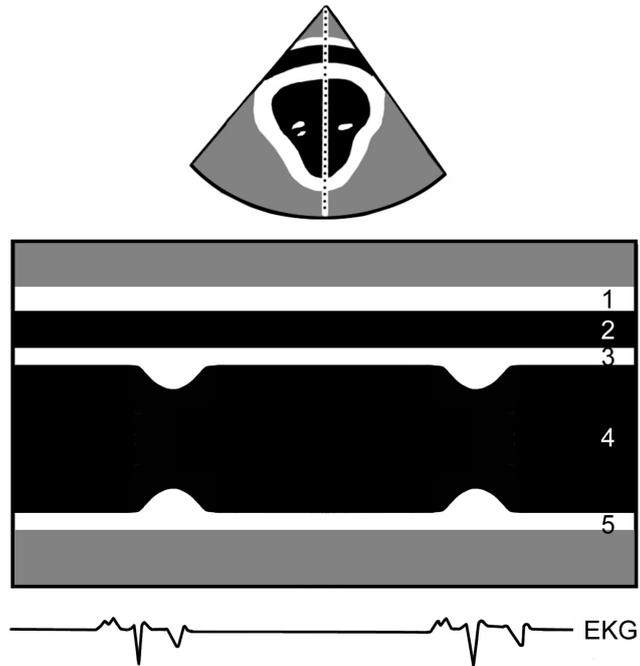


Abbildung 3.10: konventionelles M-Mode (Schemazeichnung) des Herzens in der RKDKA uMV

(Legende: 1= rechte Ventrikelwand, 2= rechter Ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

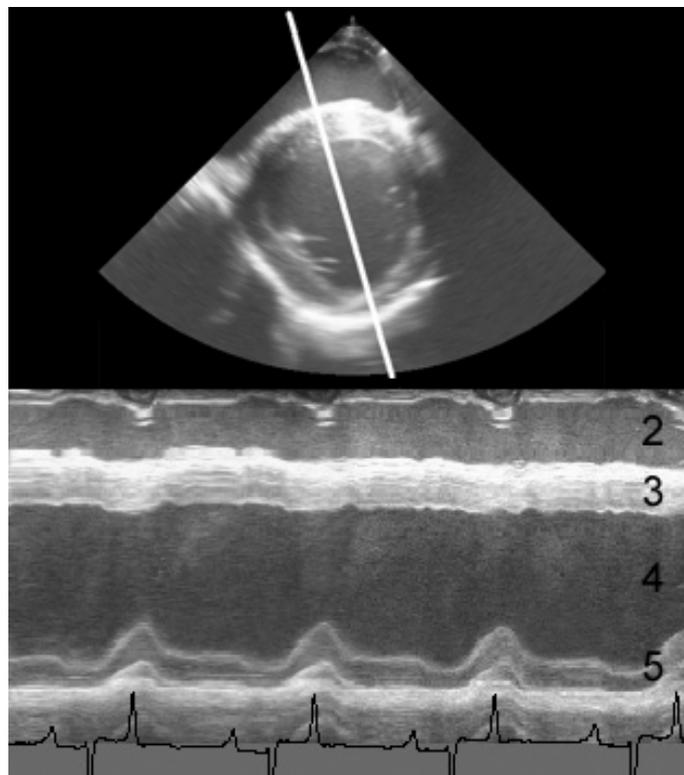


Abbildung 3.11: anatomisches M-Mode des Herzens in der RKDKA uMV

(Legende: 2= rechter ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

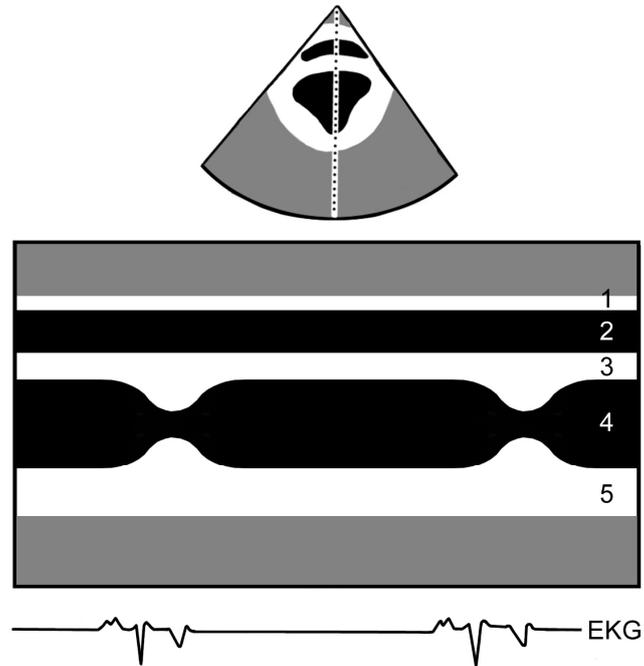


Abbildung 3.12: konventionelles M-Mode (Schemazeichnung) des Herzens in der RKDKA Ppm

(Legende: 1= rechte Ventrikelwand, 2= rechter Ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

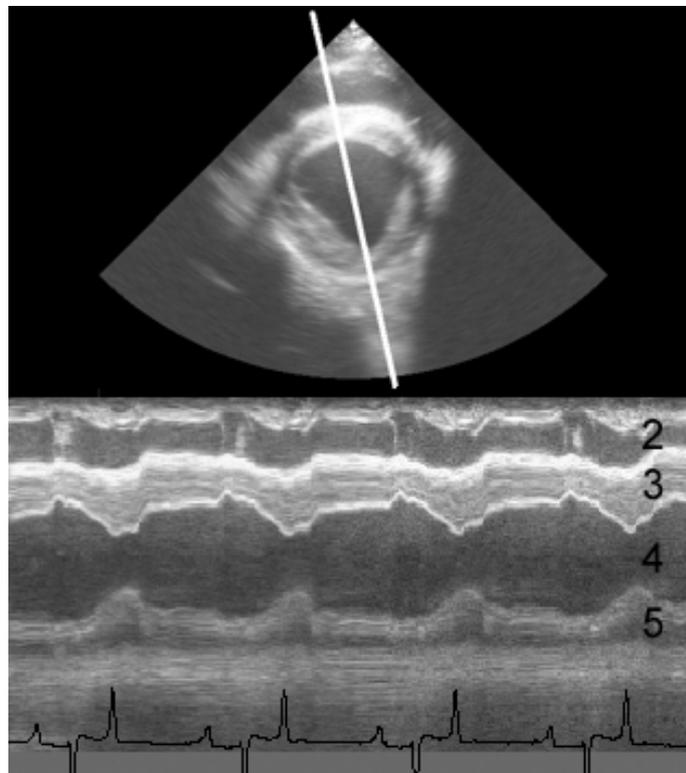


Abbildung 3.13: anatomisches M-Mode des Herzens in der RKDKA Ppm

(Legende: 2= rechter ventrikel, 3= interventrikuläres Septum, 4= linker Ventrikel, 5= linke Ventrikelwand)

Dopplerechokardiographische Untersuchungen

Die Blutflüsse im Herzen aller Probanden wurden zunächst mit der farbkodierten Dopplerechokardiographie ausgehend von den unter B-Mode beschriebenen Standardschnittebenen einer qualitativen Beurteilung unterzogen. Blutflüssen an den Herzklappen wurde besondere Beachtung geschenkt. Als Flusssignale unerwarteter Richtung wurden systolische Blutflüsse der Atrioventrikularklappen definiert, wenn diese in die Vorhöfe gerichtet waren. Diastolische Blutflüsse unerwarteter Richtung waren solche, die sich an den Semilunarklappen befanden und in den Ventrikel gerichtet waren (BLISSIT und BONAGURA 1995 a; BLISSIT und BONAGURA 1995 b; HÖCH 1995).

Die Klappeninsuffizienzen wurden im Farbdoppler anhand ihrer Grösse und Auffindbarkeit, Ausdehnung, Qualität (Jet oder Turbulenz) sowie anhand ihres zeitlichen Auftretens charakterisiert (HÖCH 1995). Dabei wurden geringgradige Regurgitationen im Zusammenhang mit dem Klappenschluss nicht berücksichtigt, sie gelten als physiologisch (BLISSIT und BONAGURA 1995 b; HÖCH 1995; MARR und REEF 1995; REEF 1995).

Anschließend diente die farbkodierte Dopplerechokardiographie zur Orientierung bei der Positionierung des Messvolumens im Spektralverfahren. Hier erfolgten die Blutflussmessungen winkelkorrigiert. Das Messvolumen wurde jeweils möglichst groß gewählt, um die maximale Geschwindigkeit zu erfassen. Flusssignale unerwarteter Richtung wurden anschliessend ohne Winkelkorrektur mit minimal gehaltenem Messtor mittels PW-Doppler (LPRF, HPRF) sowie CW-Doppler charakterisiert. In diesem Verfahren wurden Auffindbarkeit, Intensität im Vergleich zum physiologischen Flussprofil, Dauer in der Herzzyklusphase (<100% bzw. 100% der Herzzyklusphase) und die maximale Geschwindigkeit (V_{max} in m/s) ermittelt.

Aus der RKDLA wurde die Trikuspidalklappe dopplerechokardiographisch untersucht, die Eindringtiefe wurde dazu auf 24 cm reduziert. Die Untersuchung der Pulmonalklappe und des rechtsventrikulären Ausflustraktes erfolgte aus der RKRLA. Für die Darstellung der Blutflüsse an der Mitralklappe wurde die linke kaudale lange Achse (LKDLA) herangezogen. Die Aortenklappe sowie der linksventrikuläre Ausflusstrakt wurden in der linken kaudalen langen Achse, Aortenschnittebene, dopplersonographisch untersucht. Die Standardschnittebenen wurden während der Untersuchung variiert, so daß die zu untersuchenden Elemente in möglichst vielen Schnittebenen dargestellt werden konnten (STADLER 1988 a; WEINBERGER 1991; HÖCH 1995).

Die Unterscheidung von klappenschlussassoziierten Regurgitationen und Insuffizienzen erfolgte anhand der dopplersonographischen Befunde. Eine Klappeninsuffizienz liegt vor, wenn die Regurgitation leicht auffindbar ist, diese sich über die gesamte Phase des Herzzyklus erstreckt, die Intensität im Spektraldoppler derjenigen des physiologischen

Flussprofils entspricht sowie eine Vmax von über 2 m/s besteht. Weitere Kriterien zur Beurteilung von Klappeninsuffizienzen werden in der Literatur beschrieben (REEF 1988 a; REEF 1988 b; REEF 1990; WEINBERGER 1991; STADLER et al. 1992; PATTESON 1994; BLISSIT und BONAGURA 1995 a; BLISSIT und BONAGURA 1995 b; BLISSIT und BONAGURA 1995 c; HÖCH 1995; MARR und REEF 1995; RADÜ 1995; STADLER et al. 1995).

Für die Schweregrade der Regurgitationen an den Herzklappen wurde folgende Einteilung verwendet:

- 0= keine Rückflüsse
- 1= klappenschlussassoziierte Regurgitationen
- 2= geringgradige Insuffizienz
- 3= geringgradige bis mittelgradige Insuffizienz
- 4= mittelgradige Insuffizienz
- 5= mittelgradige bis hochgradige Insuffizienz
- 6= hochgradige Insuffizienz

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows®, Version 12 der Firma SPSS Inc.

Jeder Parameter eines Probanden wurde in drei aufeinander folgenden Herzzyklen gemessen. Für die Kontrollgruppe wurden die Unterschiede zwischen den drei Einzelmessungen mit dem nichtparametrischen Friedmann-Test für mehr als zwei abhängige Stichproben geprüft. Für diese intraindividuellen Unterschiede der Probanden in Gruppe 1 wurde das Signifikanzniveau mit 0,05 festgelegt.

Für die Darstellung der Gruppenunterschiede wurde aus den drei Einzelmessungen eines jeden Parameters das arithmetische Mittel bestimmt und der nichtparametrische H-Test nach Kruskal und Wallis für mehr als zwei unabhängige Stichproben verwendet. Das Signifikanzniveau wurde mit 0,05 festgelegt. Konnten im H-Test signifikante Unterschiede ermittelt werden, kam der U-Test nach Mann-Whitney zur Anwendung. Für die Prüfung der Unterschiede zwischen zwei Gruppen wurde der U-Test mit einem Signifikanzniveau von 0,05 verwendet. Für folgende Parameter wurden die Gruppenunterschiede überprüft: Alter, Gewicht, Herzfrequenz, Durchmesser des linken Atriums und Durchmesser des linken

Ventrikels enddiastolisch unterhalb der Mitralklappe, letztere jeweils gemessen in der RKDLA.

Für die Beschreibung der Unterschiede zwischen den verwendeten Ultraschallmodi wurde ebenfalls das arithmetische Mittel aus den drei Einzelmessungen bestimmt und der nichtparametrische H-Test nach Kruskal und Wallis verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auch hier mit 0,05 gewählt. Konnten im H-Test signifikante Unterschiede ermittelt werden, kam ebenso der U-Test zur Anwendung. Für die Prüfung der Unterschiede zwischen zwei Modi wurde der U-Test nach Mann-Whitney mit einem Signifikanzniveau von 0,05 genutzt. Für folgende kardiometrische Parameter wurden die Unterschiede zwischen den drei verwendeten Ultraschallmodi überprüft: enddiastolischer und endsystolischer Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe sowie in der Papillarmuskelebene, Durchmesser der linken Ventrikelwand unterhalb der Mitralklappe sowie in der Papillarmuskelebene (im B-Mode nur enddiastolisch, in den M-Mode Verfahren enddiastolisch und endsystolisch), Durchmesser des interventrikulären Septums unterhalb der Mitralklappe sowie in der Papillarmuskelebene (im B-Mode nur enddiastolisch, in den M-Mode Verfahren enddiastolisch und endsystolisch) sowie die myokardiale Verkürzungsfraction (FS%).