

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Patientenauswahl

Zur Untersuchung kamen Patienten der Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität-Berlin.

Die Patienten wurden anhand von verschiedenen Kriterien in folgende Gruppen eingeteilt:

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

Gruppe 2: Pferde mit mehrfachen Klappeninsuffizienzen ohne Dilatation des Atriums und/oder Ventrikels (n=9)

Gruppe 3: Pferde mit mehrfachen Klappeninsuffizienzen mit Dilatation des Atriums und/oder Ventrikels (n=8)

Gruppe 4: Pferde mit Aortenklappeninsuffizienz ohne Dilatation des Atriums und/oder Ventrikels (n=3)

Gruppe 5: Pferde mit Aortenklappeninsuffizienz mit Dilatation des Atriums und/oder Ventrikels (n=4)

Gruppe 6: Pferde mit atrialer Fibrillation (n=8)

##### Gruppe 1

Die Kontrollgruppe wurde aus 10 Probanden gebildet, die sowohl bei der speziellen klinischen Untersuchung des Zirkulations- und Atmungsapparates als auch bei der echokardiographischen Untersuchung keine Veränderungen aufwiesen. Probanden mit geringgradigen klappenschlussassoziierten Regurgitationen und Verwirbelungen wurden in der Gruppe belassen, da diese als physiologisch angesehen werden (BLISSIT 1995b; MARR 1995b; REEF 1995).

Es wurden 8 Wallache und 8 Stuten mit einem durchschnittlichen Alter von 12,4 (5 - 23) Jahren und einem durchschnittlichen Gewicht von 575 (500 – 690) kg KM in dieser Gruppe zusammengefasst.

Eine tabellarische Aufführung der Daten folgt in Tabelle 3.1

*Tabelle 3.1.: Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde der Kontrollgruppe*

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
1	10	603	167	Stute
2	5	525	162	Stute
4	17	580	172	Wallach
5	6	615	173	Stute
6	13	580	164	Wallach
7	12	690	180	Wallach
8	23	502	164	Wallach
10	23	545	173	Wallach
12	8	610	165	Wallach
13	7	500	162	Wallach

### Gruppe 2

In dieser Gruppe wurden 9 Pferde zusammengefasst, bei denen mehrfache Insuffizienzen festgestellt wurden. 5 Pferde wiesen vorwiegend eine mittel- bis hochgradige Mitralklappeninsuffizienz auf, die mit anderen Klappeninsuffizienzen vergesellschaftet war. Bei diesen Pferden lag keine Dilatation des Vorhofs oder der Kammer vor.

Die Pferde hatten ein durchschnittliches Gewicht von 562 (459 – 685) kg KM und waren im Durchschnitt 13,6 (6 – 25) Jahre alt. In der Gruppe waren 2 Stuten, 1 Hengst und 6 Wallache. Eine tabellarische Aufführung der Daten folgt in Tabelle 3.2

Table 3.2. Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde mit mehrfachen Klappeninsuffizienzen ohne Dilatation

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
9	23	653	170	Wallach
14	6	560	168	Stute
24	12	565	170	Wallach
25	8	590	162	Wallach
28	12	545	168	Wallach
29	17	490	160	Hengst
30	9	510	162	Stute
32	25	459	163	Wallach
34	10	685	185	Wallach

### Gruppe 3

In dieser Gruppe wurden 8 Wallache zusammengefasst, bei denen vorwiegend mehrere Insuffizienzen von Klappen nachgewiesen werden konnten. Zusätzlich hatten alle Pferde eine Dilatation von Kammer und/oder Vorkammer.

Die Pferde hatten ein durchschnittliches Gewicht von 606 (550 – 668) kg KM und waren 11,1 (6 – 20) Jahre alt.

Die Daten werden in der Tabelle 3.3. dargestellt.

Table 3.3 Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde mit mehrfachen Klappeninsuffizienzen mit Dilatation

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
3	10	645	173	Wallach
15	10	668	178	Wallach
18	6	580	170	Wallach
21	7	645	178	Wallach
23	16	610	162	Wallach
27	7	560	165	Wallach
33	20	590	165	Wallach
35	13	550	164	Wallach

#### Gruppe 4

Diese Gruppe beinhaltet 3 Stuten, bei denen vorwiegend eine Aortenklappeninsuffizienz festgestellt wurde. Weiterhin wurden bei diesen Patienten geringgradige Veränderungen an einer oder mehreren Klappen festgestellt. Es lag aber keine Dilatation einer Kammer oder Vorkammer vor.

Die Pferde hatten ein durchschnittliches Alter von 18 (15 – 22) Jahren und ein Gewicht von 498 (480 – 511) kg KM.

Tabellarisch werden die Daten in Tabelle 3.4 erfasst.

Tabelle 3.4. Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde mit Aortenklappeninsuffizienz ohne Dilatation

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
16	18	480	164	Stute
19	15	511	166	Stute
20	22	502	162	Stute

#### Gruppe 5

In dieser Gruppe wurden Pferde (n=4) mit vorwiegenden Aortenklappeninsuffizienzen zusammengefasst, bei denen zusätzlich auch eine Erweiterung von Vorkammer und/oder Kammer vorlag. Zwei der Pferde wiesen noch zusätzlich andere Klappeninsuffizienzen, die gering- bis mittelgradig eingestuft wurden, auf.

Von den 4 Pferden waren 2 Wallache, 1 Hengst und 1 Stute. Die Tiere hatten ein durchschnittliches Alter von 21,8 (16 – 27) Jahren und Gewicht von 541 (435 – 590) kg KM

Die Daten werden in Tabelle 3.5 zusammengefasst.

Tabelle 3.5. Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde mit Aortenklappeninsuffizienz mit Dilatation

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
17	16	435	155	Wallach
22	25	550	164	Wallach
26	19	587	170	Hengst
31	27	590	165	Stute

### Gruppe 6

In diese Gruppe (n=8) wurden Pferde aufgenommen, bei denen eine atriale Fibrillation nachgewiesen wurde.

Von den 8 Pferden dieser Gruppe waren 4 Stuten und 4 Wallache. Sie hatten ein durchschnittliches Gewicht von 635 (543 – 695) kg KM und ein durchschnittliches Alter von 14 (10 – 17) Jahren.

Eine Zusammenfassung der Daten wird in Tabelle 3.6 dargestellt.

*Tabelle 3.6.* Alter, Gewicht, Größe und Geschlecht der Pferde mit atrialer Fibrillation

Pferd Nr.	Alter/Jahre	Gewicht/kg	Größe/cm	Geschlecht
36	11	620	177	Stute
37	17	560	166	Wallach
38	14	680	176	Wallach
39	11	671	173	Wallach
40	10	543	173	Stute
41	16	625	177	Stute
42	17	695	168	Stute
43	14	690	177	Wallach

#### 3.1.2. Ausschlusskriterien

Herz und Lunge sind funktionell eng verzahnt. Deshalb wirken sich Funktionsstörungen des einen Organs auch auf das andere aus. So können unter anderem häufige Symptome einer Atemwegserkrankung wie Dyspnoe und Husten ihre Ursache in einer primären Herzerkrankung haben. Auf der anderen Seite können viele Erkrankungen der Respirationsorgane den kleinen Kreislauf mit konsekutiven kardialen Reaktionen beeinträchtigen. Aus diesem Grund wurden Pferde mit respiratorischen Erkrankungen von der Studie ausgeschlossen.

#### 3.1.3. Technische Ausrüstung

Sämtliche sonographischen Untersuchungen wurden mit dem Ultraschallgerät System Five® der Firma GE Vingmed Ultrasound (General Electrics, Norwegen) durchgeführt.

Für die echokardiographischen Untersuchungen wurde ein 2,5 MHz Annular Phased-Array Schallkopf mit einer maximalen Eindringtiefe von 30 cm und einem maximalen Sektorwinkel

von 90° verwendet. Alle Untersuchungen wurden unter Verwendung der Coded Octave Imaging® (harmonische Bildgebung) durchgeführt.

Alle Daten wurden in Form von Cine-Loops oder Einzelbildern auf der internen Festplatte gespeichert.

Die Auswertung wurde mit Hilfe eines im Ultraschallgerät integrierten Macintosh Computer vorgenommen. Unter Verwendung eines speziellen Software-Programms, dem EchoPac® Version 6.3, wurden die Daten von den Datenträgern aufgerufen und ausgewertet.

Eine abschließende Sicherung der Daten wurde mit dem integrierten MO-Laufwerk der Firma Sony auf Magneto-Optical-Discs (Sony) vorgenommen.

## 3.2. Methode

### 3.2.1. Vorbereitung der Tiere

Alle Untersuchungen wurden in einem halb abgedunkelten Raum in der Klinik für Pferde der FU-Berlin durchgeführt. Um zusätzliche Stressfaktoren auszuschalten, wurde darauf geachtet, dass in dem Raum Ruhe herrschte und die Untersuchung immer den gleichen Ablauf hatte und zur gleichen Tageszeit, am späten Vormittag, durchgeführt wurde. Die Untersuchung fand am stehenden, nicht sedierten Pferd statt. Zwangsmaßnahmen wurde nicht angewendet.

Die Pferde wurden vor der echokardiographischen Untersuchung auf beiden Seiten des Thorax im Bereich des 3. und 4. Intercostalraumes auf Höhe des Olekranons auf ca. 10 x 10 cm geschoren. Für einen besseren Kontakt des Schallkopfs mit der Haut wurde diese mit 70% Alkohol entfettet und anschließend Ultraschallkontaktgel aufgetragen (STADLER 1988b).

### 3.2.2. Untersuchungsprotokoll

Nachdem ein ausführlicher Vorbericht erhoben wurde, folgte die allgemeine klinische Untersuchung nach den Regeln der Propädeutik bei jedem Patienten. Danach erfolgte eine spezielle klinische Untersuchung des Herz-Kreislauf-Systems.

#### 3.2.2.1. Auskultation

Die Auskultation erfolgte an den 4 Punkta maxima des Herzens. Dabei wurde besonders auf Herzarrhythmien geachtet.

Auftretende Herzgeräusche wurden nach den in der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin üblichen Einteilungskriterien wie folgt eingeordnet.

Grad 0/VI	kein Herzgeräusch feststellbar
Grad I/VI	leises, diskontinuierliches Herzgeräusch
Grad II/VI	leises, kontinuierliches Herzgeräusch
Grad III/VI	mittellautes Herzgeräusch, Lautstärke wie bei Herztönen
Grad IV/VI	lautes Herzgeräusch, lauter als die Herztöne
Grad V/VI	überlautes Herzgeräusch, deutlich lauter als die Herztöne
Grad VI/VI	überlautes Herzgeräusch mit deutlich palpierbarem Fremitus

Andere Autoren unterteilen nur Grad 1-5 und fassen dabei die Grade V und VI zusammen (REEF 1985; STADLER 1988a).

### 3.2.2.2. Elektrokardiographie (EKG)

Bei klinisch auffälligen Patienten wurde ein zusätzliches Ruhe-EKG angefertigt.

Während der gesamten Dauer der echokardiographischen Untersuchung erfolgte eine Darstellung der bipolaren Brustwandableitung parallel zur Ultraschalluntersuchung auf dem Monitor (EKG-getriggert).

Um eine bipolare Herzbasis-Herzspitzen-Ableitung (Basis-Apex-Ableitung) zu erhalten, wurde die negative Elektrode auf Höhe der Herzbasis in der linken Fossa jugularis positioniert. Die positive Elektrode wurde über der Herzspitze im 6 Intercostalraum angelegt, die Erdungselektrode wurde in der linken Halsregion ca. eine Handbreit vor dem Schulterblatt angelegt. Die Befestigung der Elektroden erfolgte mit Krokodilklemmen.

### 3.2.3. Echokardiographischer Untersuchungsgang

#### 3.2.3.1. B-Mode

Die Untersuchungen erfolgten an den dafür vorgesehenen Messstellen nach einem einheitlichen Schema im B-Mode, M-Mode, 2D-Farbdoppler sowie Spektraldoppler (continuous wave Doppler, CW und gepulster Doppler, PW im HPRF und LPRF). Die echokardiographische Untersuchung wurde nach internationalen Standards vorgenommen (STADLER 1988b; REEF 1989; LONG 1992b; STADLER 1996a; STADLER 1996b)

Es wurden folgende Schnittebenen des Herzens zur Ausmessung verwendet:

1. rechte kaudale lange Achse (RKDLA) , Vierkammerblick
2. rechte kaudale lange Achse mit Aortenschnitt (RKDLA-Ao)
3. rechte kaudale kurze Achse unterhalb der Mitralklappe (RKDKA-uMV)
4. rechte kaudale kurze Achse auf Höhe der Papillarmuskeln (RKDKA-Ppm)

Weitere Ebenen wurden echokardiographisch untersucht, um den Herzstatus des Pferdes festlegen zu können.

Rechte kaudale lange Achse (RKDLA) , Vierkammerblick

Um eine reproduzierbare Darstellung der rechten kaudalen langen Achse zu gewährleisten, wurde darauf geachtet, dass der linke Vorhof und der linke Ventrikel in ihrem größten Durchmesser dargestellt wurden. Des Weiteren wurde die Schallkopfposition solange korrigiert, bis die Chordae tendineae und die Papillarmuskeln nicht mehr sichtbar waren. Auf eine waagerechte Darstellung des interventrikulären Septums wurde ebenfalls Wert gelegt.

Folgende Messwerte wurden ermittelt:

- Durchmesser des linken Atriums in der Systole (LADs) und Enddiastole (LADd)
- Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe enddiastolisch (LVDD-uMV) sowie endsystolisch (LVDs-uMV),
- Durchmesser des linken Ventrikels im Bereich der Papillarmuskeln enddiastolisch (LVDD-Ppm) sowie endsystolisch (LVDs Ppm),
- Durchmesser der linken Ventrikelwand im Bereich des Papillarmuskels (LVW Ppm)
- Durchmesser des interventrikulären Septums im Bereich des Papillarmuskels (IVS Ppm)

Zur Bewegungsanalyse der Herzmuskulatur wurde in der rechten kaudalen langen Achse unterhalb der Mitralklappe eine M-Mode Messung durchgeführt. Aus dem enddiastolischen und endsystolischen Durchmesser des linken Ventrikels im Bereich unterhalb der Mitralklappe wurde die prozentuale myokardiale Verkürzungsfraction (FS%) mittels eines im Gerät integrierten Messprogramms berechnet. Folgende Formel wurde der Messung zugrunde gelegt:

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

Rechte kaudale lange Achse mit Darstellung des Aortensinus (AoD-SinusV)

In diesem Schnitt wurde besonders darauf geachtet, dass enddiastolisch beide Wände des linksventrikulären Ausflusstraktes zur Ermittlung des Durchmessers des Sinus Valsalvae (AoD-SinusV) sichtbar waren.

Rechte kaudale kurze Achse im Bereich der Papillarmuskelebene (RKDKA-PPM)

Um eine korrekte Anschallung dieser Ebene zu erreichen, wurde in der kurzen Achse der Schallkopf so lange korrigiert, bis die Ansatzpunkte der Chordae tendineae an den Papillarmuskeln sichtbar wurden. Zur linksventrikulären Messung wurde der Ventrikel spiegelbildlich so geteilt, dass eine Beeinflussung der Messungen durch die Papillarmuskeln nicht auftrat.

In dieser Ebene wurde auch eine M-Mode-Untersuchung vorgenommen und mit Hilfe des im Ultraschallgerät integrierten Messprogramms die prozentuale myokardiale Verkürzungsfraction (FS%) errechnet.

### 3.2.3.2. Dopplerechokardiographische Untersuchung

Nach der morphologischen 2-dimensionalen Darstellung des Herzens folgte mit Hilfe der farbkodierten Dopplerechokardiographie die Untersuchung der Klappen auf Regurgitationen. Durch Veränderung der Schallkopfposition wurde der Anschallwinkel im Klappenbereich so variiert, dass der Regurgitationsjet in seiner maximalen Ausdehnung und Geschwindigkeit dargestellt werden konnte. Zur dopplersonographischen Untersuchung der Tricuspidalklappe wurde die Eindringtiefe des Gerätes auf 24 cm reduziert.

Geringgradige Regurgitationen, die als Folge des Klappenschlusses auftreten, wurden nicht berücksichtigt. Diese werden als physiologisch eingestuft (BLISSIT 1995b; HÖCH 1995; MARR 1995b).

Auftretende Insuffizienzen wurden anhand ihrer Auffindbarkeit, Größe (Ausdehnung), Intensität und Dauer beurteilt (WEINBERGER 1991; HÖCH 1995; GEHLEN 2003).

Mit Hilfe des Spektraldopplers (pulsed wave/continuous wave) wurden die Phasenzugehörigkeit, die Dauer und die Intensität der Regurgitation beurteilt (BLISSIT 1995c; BLISSIT 1995a; HÖCH 1995). Blutflüsse unerwarteter Richtung wurden mit dem PW-Doppler ohne Winkelkorrektur erfasst. Die Flussprofile wurden in einem Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm (VTI) dargestellt. Hier konnten eine Phasenzugehörigkeit (Systole/ Diastole), die

Intensität der Rückflüsse, die Auffindbarkeit und die Maximalgeschwindigkeit ermittelt werden (HÖCH 1995; GEHLEN 1998b).

Bei Flussgeschwindigkeiten über 2 m/s erfolgte eine zusätzliche Untersuchung mit dem „continuous wave Doppler“ (CW-Doppler) mit dessen Hilfe auch größere Geschwindigkeiten charakterisiert werden konnten. Die Farbdopplerdarstellung diente zur Orientierung des CW-Dopplers und damit zur Positionierung des Messvolumens.

Anschließend wurden die Regurgitationen an den Herzklappen in folgende Gruppen unterteilt:

0 – keine Rückflüsse

1 – physiologische, klappenschlussassoziierte Regurgitationen

2 – geringgradige Herzklappeninsuffizienz

3 – mittelgradige Herzklappeninsuffizienz

4 – mittel- bis hochgradige Herzklappeninsuffizienz

5 – hochgradige Herzklappeninsuffizienz

Von einer Insuffizienz wird im Allgemeinen gesprochen, wenn die Regurgitation leicht auffindbar ist, die Intensität des Rückflusses ungefähr der des physiologischen Flusses entspricht, dieser über die gesamte Phase des Herzzyklus besteht und eine Maximalgeschwindigkeit von  $> 2,0$  m/s ermittelt wurde (REEF 1988b; REEF 1988a; STADLER 1992; PATTESON 1994; BLISSIT 1995b; BLISSIT 1995c; BLISSIT 1995a).

Bei jedem Probanden wurden die Untersuchungen in den Standardschnittebenen durchgeführt und diese während der Untersuchung so verändert, dass der Regurgitationsstrahl in maximaler Größe dargestellt werden konnte. Die dopplersonographische Untersuchung der Tricuspidalklappe erfolgte bei einer verringerten Eindringtiefe von 24 cm und aus der rechten kaudalen langen Achse (RKDLA). Die Untersuchung der Pulmonalklappe und des rechtsventrikulären Ausflusstrakts wurde in der RKRLA vorgenommen. Zur Beurteilung der Mitralklappe wurde die LKDLA in mehreren Ebenen untersucht. Um Blutflüsse an den linksventrikulären Ausflusstrakt und der Aortenklappe darzustellen, wurde die linke kaudale lange Achse und die Aortenschnittebene dargestellt und dopplersonographisch untersucht. (STADLER 1988b; WEINBERGER 1991; Höch 1995)

### 3.2.3.3. Gewebe-Doppler-Echokardiographie

Die Untersuchungen wurden ebenfalls mit einem System Five (GE-Vingmed, Norwegen) durchgeführt. Das Verfahren basiert prinzipiell auf dem Phasenshift des Dopplersignals. Allerdings unterscheiden sich die Dopplersignale der ventrikulären Wandbewegung von jenen des Blutflusses in zwei wesentlichen Aspekten.

Der Geschwindigkeitsbereich der messbaren Myokardbewegung liegt zwischen  $-40$  und  $+40$  cm pro Sekunde und ist damit deutlich geringer als die Blutflussgeschwindigkeit im linken Ventrikel, die in Meter pro Sekunde gemessen wird.

Die Amplitude des Dopplersignals der ventrikulären Wandbewegungsgeschwindigkeit ist mit 40 dB um den Faktor 100 höher, als die des Blutflusses (KREMER 2001).

Nach Ausschalten des Wandfilters ("High-Pass"-Filter) werden die Signale einer Graustufenregulierung (gain adjustment) unterzogen. Das bedeutet, dass die niedrigamplitudigen Dopplersignale des Blutflusses ausgeschaltet werden und nur die Signale der Wandbewegung mit höherer Amplitude in Erscheinung treten. Das "gain adjustment" reguliert, vereinfacht ausgedrückt, das Verhältnis zwischen Energieeingang und Energieausgang im Verstärkersystem. Danach gelangen die Dopplersignale der Wandbewegung direkt in den Autokorrelator, um wie im konventionellen System mit Hilfe der Autokorrelationsmethode analysiert zu werden.

Die „Gain“- Einstellung und die Graustufenregulierung wurden für jeden Probanden individuell optimiert, um eine möglichst hohe Bildrate zu gewährleisten (KREMER 2001; STROTHMANN 2002a).

Zusätzlich wurde das Verfahren der harmonischen Bildgebung zugeschaltet, um eine bessere Detektierung der endo- und epikardialen Myokardgrenzen zu ermöglichen. Bei diesem Vorgang ist auch im Standbild eine genauere Erkennbarkeit der Myokardgrenzen im Vergleich zur konventionellen Darstellung möglich (SPENCER 1998; BECHER 2002; FEIGENBAUM 2005)

Die longitudinale Verkürzungskomponente kann nur aus der apikalen Anschallposition gemessen werden und stand uns aus technischen Gründen für diese Studie nicht zur Verfügung. Auch bei einer größeren Eindringtiefe des Dopplers wäre eine korrekte Geschwindigkeitsmessung der longitudinalen Myokardfasern aus der von STADLER (1988) festgelegten „langen Achse“ aufgrund des bei der Dopplertechnik auftretenden Winkelfehlers möglich.

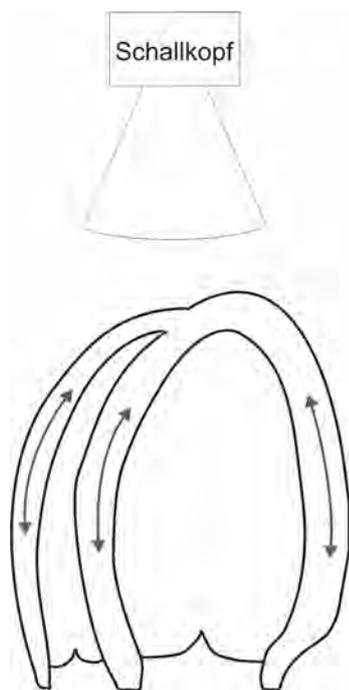


Abbildung 3.1a

longitudinale Verformung des Myokards in apikaler Anlotung in der Humanmedizin

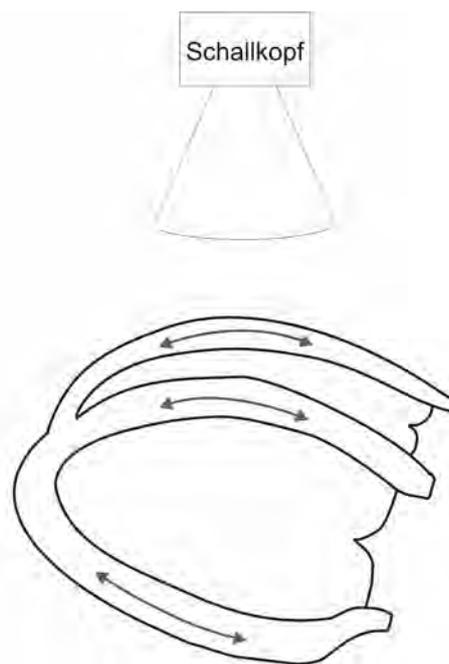


Abbildung 3.1b

longitudinale Verformung des Myokards in der „rechten kaudalen langen Achse“ nach STADLER (STADLER, D'AGOSTINO et al. 1988)

Abbildung 3.1a und b

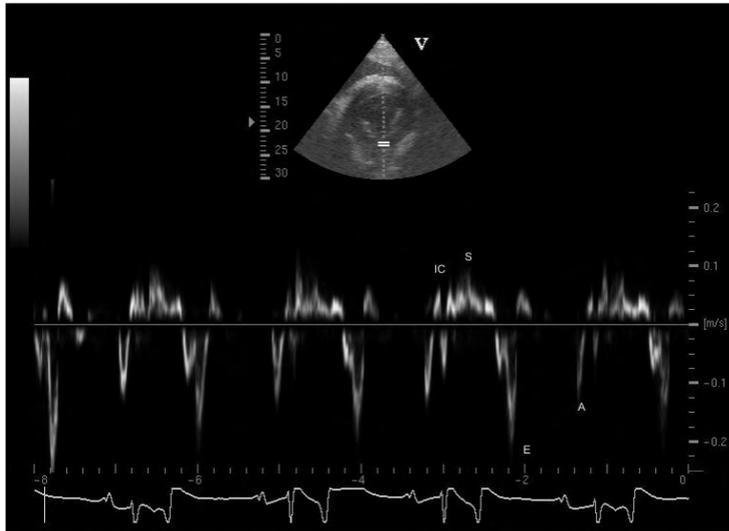
Gegenüberstellung der longitudinalen Verformungskomponente des Herzmuskels bei den unterschiedlichen Anschallpositionen in der Human- und Veterinärmedizin

Alle Messungen wurden aus den genannten Gründen in der rechten kaudalen kurzen Achse (RKDKA) vorgenommen. Die Eindringtiefe wurde variiert und stets so gewählt, dass der linke Ventrikel den Monitorbildschirm möglichst voll ausfüllte. Die „region of interest“ (ROI) in der linken Ventrikelhinterwand wurde möglichst senkrecht im Ultraschallsektor positioniert, um Winkelfehler weitgehend zu vermeiden.

Das Messvolumen wurde so gewählt, dass nicht nur die punktuelle Geschwindigkeit des erfassten Myokardabschnittes ermittelt wurde, sondern ein größeres Segment erfasst werden konnte. Durch diese Vorgehensweise kommt es zu einer Mittelung der in der kurzen Achse bestehenden, zirkumferentiellen Geschwindigkeitsgradienten zwischen endokardnahen und epikardnahen Myokardschichten.

In dieser Untersuchung kamen zwei verschiedene Gewebe-Doppler Modalitäten zur Anwendung.

Gepulster Gewebe-Doppler:



*Abbildung 3.2.*

Aufzeichnung der Myokardgeschwindigkeit der LVW mit dem „pulsed wave“ Gewebe-Doppler

Bei der Gewebe-Doppler-Echokardiographie wurde die rechte kaudale Achse auf Höhe der Papillarmuskelebene korrekt eingestellt und danach der pulsed-wave Gewebe-Doppler zugeschaltet. Unter Kontrolle des 2D- Bildes wurde ein Messvolumen („sample volume“) in die „region of interest“ (ROI) platziert. Ein „sample volume“ wurde in das interventrikuläre Septum gelegt und ein Weiteres in die linksventrikuläre Hinterwand. Dabei wurde darauf geachtet, dass sich das ausgewählte Myokardsegment während des Herzzyklus nicht aus dem eingestellten Messvolumen herausbewegt und die Papillarmuskeln die Messungen nicht beeinflussen. Dann erfolgte die Aufzeichnung der ermittelten Geschwindigkeiten in einem Geschwindigkeits-Zeit Diagramm unter Optimierung des Messbereichs für jeden Patienten. Um eine sichere Identifizierung der Myokardsegmente zu gewährleisten war es notwendig, jede Anschallebene und jeden Messpunkt mindestens zweimal aufzusuchen. An beiden festgelegten ROI's wurden mindestens 3 konsekutive Herzzyklen digital als Standbild gespeichert. Herzzyklen, die direkt nach einem AV-Block Grad II auftraten, wurden nicht ausgewertet. Die Analyse erfolgte „off-line“ mit Hilfe der Echopac Software (GE-Vingmed, Horten, Norwegen).

### Farbkodierte Gewebe-Doppler Untersuchung

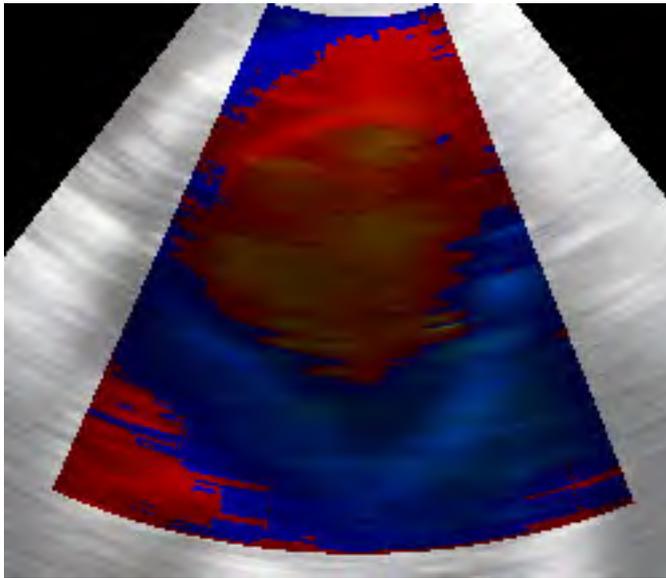


Abbildung 3.3.

Aufzeichnung der Myokardgeschwindigkeit der LVW mit dem farbkodierten GD

Die Untersuchung beginnt mit einer Darstellung der rechten kaudalen kurzen Achse im zweidimensionalen Ultraschallbild. Durch Zuschalten des farbkodierten Gewebe-Dopplers entsteht eine farbige Überlagerung des 2D-Schnittbildes. Die Darstellung der Myokardgeschwindigkeit erfolgt im 2D-Bild anhand einer Farbskala, wobei jedem Farbpixel eine digitale Geschwindigkeitsinformation hinterlegt ist. Bei der Aufzeichnung wurde darauf geachtet, das Auftreten von Aliasing möglichst zu vermeiden. Im Farbdoppler erkennt man Aliasing an einem abrupten Farbumschlag z.B. von rot nach blau.

Danach wurde eine Bildschleife („cine loop“) mit mindestens 3 konsekutiven Herzzyklen digital abgespeichert. Die „region of interest“ wurde erst in der „off-line“ Nachbearbeitung definiert.

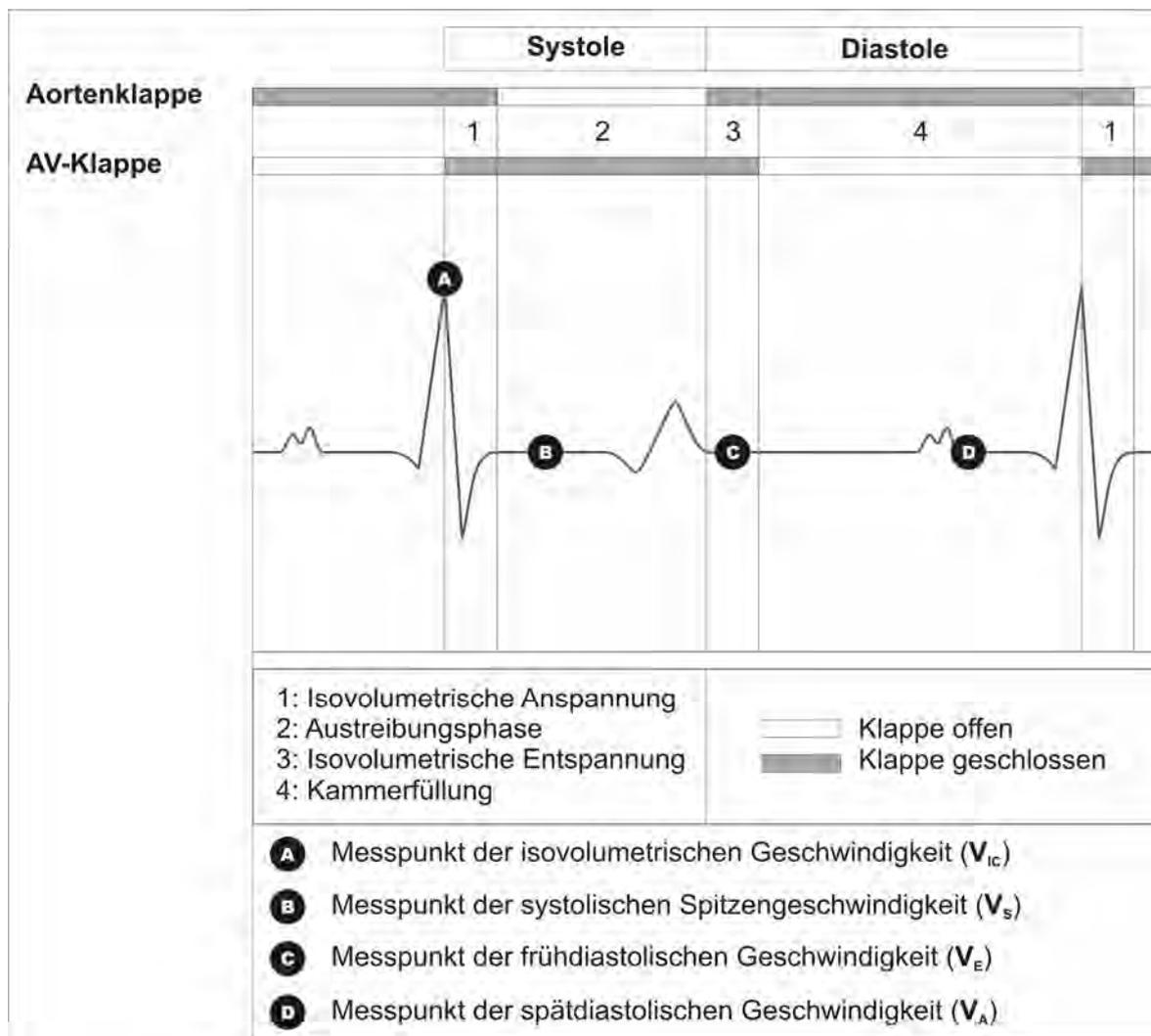
„Off-line“-Analyse der Untersuchungsdaten

Zu jedem Patienten erfolgte die Eingabe des Name des Patientenbesitzers und des Patienten und weitere wichtige Daten (Größe, Alter, Geschlecht, Gewicht) in den Computer. Zur Archivierung der Patientendaten und der Untersuchungsergebnisse kamen magneto-optische Platten (Magneto-Optical-Discs, MOD) zur Anwendung.

Folgende Werte konnten ermittelt werden:

- $V_{IC}$  Spitzengeschwindigkeit der isovolumetrischen Kontraktion
- $V_S$  Spitzengeschwindigkeit der systolischen Kontraktion
- $V_E$  Spitzengeschwindigkeit der frühdiastolischen Kontraktion
- $V_A$  Spitzengeschwindigkeit der spätdiastolischen Kontraktion

Da keine Möglichkeit bestand, den Zeitpunkt des Mitralklappenschlusses bei der Auswertung genau zu bestimmen, wurden die Messpunkte mit Hilfe des gleichzeitig aufgezeichneten EKG's festgelegt.



*Abbildung 3.4.*

Mechanische Phasen eines Herzzyklus und Messpunkte (Grafik modifiziert nach HARMEYER (2000))

Nach dem Aufrufen des „cine-loop“ des farbkodierten Gewebe-Dopplers in der Auswertungssoftware konnten die Messvolumen an den ROI's plaziert werden. Ein

Messvolumen wurde in die linksventrikuläre posteriore Wand gelegt, wobei auch hier die Papillarmuskeln vermieden wurden. Ein weiteres Messvolumen wurde im interventrikulären Septum platziert. Auch hier wurde auf einen möglichst kleinen Winkel geachtet. Die manuelle Korrektur konnte die konstante Platzierung der jeweiligen Geschwindigkeitsmesspunkte während des Herzzyklus sicherstellen. Da die Korrektur der Position des Messvolumens nur im Standbild erfolgte, musste sie anschließend im bewegten Bild mittels „Endlos-Wiedergabe-Modus“ kontrolliert und gegebenenfalls nochmals im Standbild korrigiert werden. Danach errechnete das Programm selbstständig ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm, aus dem die Werte für die Messpunkte ermittelt werden konnten.

Die Auswertung der PW-Gewebe-Doppler-Profile erfolgte durch den Einsatz der geräteinternen Software. Die Definition der Messzeitpunkte erfolgte anhand des simultan aufgezeichneten EKG's.

Um die Richtung der Myokardbewegung auszudrücken, gibt man Geschwindigkeiten vom Myokardsegmenten, die sich auf den Schallkopf zu bewegen mit positiven Werten an, Geschwindigkeiten von Myokardsegmenten, die sich vom Schallkopf wegbewegen, mit negativen Werten. Sowohl positive wie auch negative Werte müssen mit entsprechenden Vorzeichen versehen werden.

#### 3.2.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm „SPSS für Windows®“, Version 12.

Eine zufällige Auswahl der Probanden aus der Grundgesamtheit konnte nicht ermöglicht werden, da man auf die Patienten der Klinik für Pferde in Berlin angewiesen war. Aus diesem Grund handelt es sich hier um eine beschreibende Auswertung, da eine schließende Statistik in Form von statistischen Prüfverfahren zur Verallgemeinerung auf eine Grundgesamtheit eine zufällige Auswahl der Probanden aus der Grundgesamtheit verlangt. Dort, wo im Ergebnisstil das Wort „signifikant“ gebraucht wird, soll dies daher im beschreibenden und nicht im schließenden Sinne verstanden werden.

Jeder Messwert wurde bei jedem Probanden in drei konsekutiven Herzzyklen bestimmt.

Um die intraindividuellen Unterschiede bei den drei Einzelmessungen in den einzelnen Gruppen zu vergleichen, wurden der Minimalwert und der Maximalwert des Probanden bestimmt und die Differenz gebildet.

Zum Gruppenvergleich wurde für jedes einzelne Tier das arithmetische Mittel aus den Einzelwerten bestimmt.

---

Zum Vergleich der Untersuchungsgruppen mit der Kontrollgruppe kam der Mann-Whitney U – Test zum Einsatz. Dieser Test zählt zu den nichtparametrischen Testverfahren und setzt die Unabhängigkeit zweier Stichproben mit gleicher Verteilungsform voraus.

Für die Darstellung der Gruppenunterschiede der kardiometrischen Daten 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.

Beide Tests wurden verwendet, um aufgestellte Nullhypothesen zu überprüfen.

Zur graphischen Verdeutlichung der Ergebnisse wurden Boxplots erstellt. Die Ergebnisse werden hierbei anhand einer Box dargestellt, welche vom 1. und 3. Quartil (25. bzw. 75. Perzentil) begrenzt wird. Der Median der Proben wird als verdickte Linie innerhalb der Boxen eingezeichnet. Werte, die mehr als drei Kastenlängen außerhalb der Box liegen, werden als Extremwerte bezeichnet und mit einem Sternchen wiedergegeben. Werte die zwischen 1,5 und drei Kastenlängen außerhalb der Box liegen, werden als Kreise dargestellt und als Ausreißer bezeichnet (BÜHL 2000).

Das Signifikanzniveau wird mit  $p < 0,05$  festgelegt. Außerdem sollen folgende Bezeichnungen gelten:  $p \geq 0,05$  n.s,  $p < 0,05$  \*.