

5 Diskussion

5.1 Bedeutung der Probandenauswahl

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 34 Pferde echokardiographisch im B-Mode, im konventionellen M-Mode sowie mittels Farb- und Spektraldoppler untersucht. Weiterhin wurden anatomische M-Modes erstellt. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Studien anderer Autoren (ROBINE 1990; REWEL 1991; WEINBERGER 1991; HÖCH 1995; GEHLEN, STADLER et al. 1998 b; SCHMITZ 2000) zu gewährleisten, wurden ausschließlich Pferde der Warmblutrassen untersucht. Zur statistischen Auswertung kamen 28 Warmblüter.

Die Gruppeneinteilung erfolgte anhand der Befunde der klinischen sowie echokardiographischen Untersuchung. Pferde, die bei der klinischen Untersuchung eine funktionelle Beeinträchtigung des Respirationsapparates aufwiesen, wurden von der Studie ausgeschlossen. Demnach wurden folgende Gruppen gebildet: Pferde mit Herzgeräuschen ohne Herzdilatation (n=11), Pferde mit Herzgeräuschen mit Herzdilatation (n=7), sowie Kontrolltiere (n=10). Weiterhin erfolgte eine deskriptive Betrachtung von Einzelfällen (n=6), welche eine Herzrhythmusstörung im Sinne des Vorhofflimmerns aufwiesen.

Die Zuordnung der Pferde in die Kontrollgruppe ergab sich nach Erhebung der Anamnese sowie der klinischen Untersuchung des Respirations- und Herz-Kreislaufapparates. 6 von 10 klinisch gesunden Pferde wiesen an einer oder mehreren Herzklappen klappenschlussassoziierte Regurgitationen auf. Ihre Bedeutung wird im Abschnitt 5.2.1 diskutiert.

Die Gruppeneinteilung der Pferde mit einem Herzgeräusch und echokardiographischen Befunden gestaltete sich komplexer. So hat jede Herzerkrankung unterschiedlichste hämodynamische Folgen, welche schließlich in einer Dilatation des Herzens münden. Die Gruppeneinteilung der herzkranken Pferde wurde aus diesem Grund anhand des Durchmesser des linken Atriums (LAD) sowie des linken Ventrikels enddiastolisch gemessen in der RKDLA unterhalb der Mitralklappe (LVDD uMV) in die Gruppen 2 (ohne Herzdilatation) und 3 (mit Herzdilatation) vorgenommen. Als Grenzwert für den LAD wurde der Maximalwert in der Kontrollgruppe (11,43 cm) gewählt. Herzkranken Pferde mit einem $LAD \geq 11,43$ cm wurden somit in Gruppe 3 eingeordnet. Bei der Prüfung der Gruppenunterschiede auf Signifikanz wies die Gruppe 3 im Gruppenvergleich einen signifikant größeren, mittleren LAD auf.

Des Weiteren wurde als Grenzwert für den LVDd uMV der Maximalwert der Gruppe 1 (13,29 cm) gewählt. Herzkranken Patienten mit einem LVDd uMV $\geq 13,29$ cm wurden in Gruppe 3 zusammengefasst. Lediglich ein Patient wies einen vergrößerten LAD mit einem nicht vergrößerten LVDd uMV auf. Er wurde ebenfalls der Gruppe 3 zugewiesen. Bei der Prüfung der Gruppenunterschiede auf Signifikanz wies die Gruppe 3 im Gruppenvergleich einen signifikant größeren, mittleren LVDd uMV auf.

Auf eine Einteilung der herzkranken Pferde nach hauptsächlich betroffener Klappe wurde verzichtet. Die unterschiedlichen Herzklappen spielen im Rahmen der Veränderung der systolischen Ventrikelfunktion ähnliche Rollen (BONAGURA et al. 1985; REEF und SPENCER 1987; STADLER et al. 1992; REEF et al. 1998), so dass dieses Einteilungskriterium ungeeignet erschien.

Ein wichtiger Faktor wäre die Erkrankungsdauer sowie Schweregrad der Klappeninsuffizienz im Zusammenhang mit Veränderung der ejection phase indices. Leider ist der Beginn einer Herzerkrankung bei den Probanden der vorliegenden Studie nicht genau zu terminieren. Selbst regelmäßig durch den Haustierarzt auskultierte Pferde wiesen bei Einweisung in die Klinik Herzgeräusche auf, die Besitzern nicht bekannt waren. Die Deutung von Auskultationsbefunden bedarf eines gewissen Trainings, was NAYLOR et al. (2001) in ihrer Studie belegten.

Der Quotient zwischen LAD und Aortenwurzeldurchmesser wurde in der Humanmedizin durch BROWN et al. (1974) als echokardiographischer Nachweis einer Herzdilatation eingeführt. Auch in der Veterinärmedizin wurde dieser Quotient verwendet (LESCURE und TAMZALI 1983; LESCURE und TAMZALI 1984; LOMBARD 1984; LOMBARD et al. 1984; STEWART et al. 1984; BONAGURA et al. 1985; O' GRADY et al. 1986), trat jedoch mit der Entwicklung verbesserter Ultraschallsysteme in den Hintergrund. Problematisch ist die uneinheitliche Erstellung dieses Wertes, werden doch unterschiedliche Ultraschallmodi, Achsen sowie Herzzyklusphasen herangezogen (REEF et al. 1998; MARR 1999). Aus diesem Grund wurde der Quotient aus LAD und Aortenwurzeldurchmesser ebenfalls als Einteilungskriterium verworfen. Der Vorteil dimensionsloser Quotienten, unabhängig von der Körpergröße des Tieres zu sein, veranlassten BROWN et al. (2003) zu einer Studie, in welcher unterschiedliche Quotienten ermittelt wurden. Eine Standardisierung der Ermittlung sowie die Erstellung dazugehöriger Normwerte könnte für die Pferdemedizin von Nutzen sein, da kardiometrische Normwerte für Pony- und Kaltblutrassen nicht oder nur unvollständig vorhanden sind.

5.2 Beurteilung der Methoden

5.2.1 Beurteilung der echokardiographischen Verfahren

Die echokardiographische Untersuchung erfolgte in allen Fällen am unsedierten Pferd, was eine gute Kooperation des Patienten sowie eine ruhige Arbeitsatmosphäre voraussetzte. In der Literatur wurde der Einfluss von Sedativa auf die Herzdimensionen, ermittelt im B- und M-Mode, sowie auf dopplersonographisch ermittelte Blutflussparameter beschrieben (KROKER 1994; PATTESON et al. 1995 b; MOHREN 1999). So traten nach Sedation mit α 2-Agonisten größere kardiometrisch ermittelte Maße auf als vor Sedation. Die Blutflussgeschwindigkeiten verminderten sich, Regurgitationsflüsse wurden verstärkt. Ein Vergleich mit Daten von sedierten Pferden (PIPERS und HAMLIN 1977; LESCURE und TAMZALI 1983; CARLSTEN 1987) ist dadurch nur schwer möglich. Aus diesem Grunde ist auch eine reale Einschätzung des kardialen Status nur durch die Echokardiographie des unsedierten Patienten möglich.

Echokardiographie im B-Mode

Die zweidimensionale Schnittbildechokardiographie wurde in Anlehnung an die von STADLER et al. (1988) vorgeschlagene Methodik durchgeführt. Enddiastolische Messungen erfolgten mit Beginn des QRS-Komplexes, endsystolische Messungen mit auslaufen der T-Zacke und maximaler Ventrikelkontraktion entsprechend internationalen Empfehlungen (ROELAND und GIBSON 1980; HANRATH und SCHLÜTER 1983; O'ROURKE et al. 1984; SCHILLER et al. 1989). Die kardiometrisch ermittelten Herzdimensionen bei den Pferden der Kontrollgruppe sowie der Gruppe 2 zeigten gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Arbeiten (ROBINE 1990; WEINBERGER 1991; KROKER 1994; RADÜ 1995; MOHREN 1999). Für Warmblutpferde existieren keine Vergleichswerte aus der RKDKA uMV, PATTESON et al. (1995 a) ermittelten unter anderem diese Parameter lediglich für Vollblutpferde.

Auf die Ermittlung rechtsventrikulärer sowie rechtsatrialer Dimensionen wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Die nahezu plastische Verformbarkeit beider Strukturen sowie der halbmondförmige Querschnitt des rechten Ventrikels verhindern eine reproduzierbare Festlegung der Innendurchmesser. LONG (1992), KROKER (1994) und MOHREN (1999) beschrieben eine große Schwankungsbreite dieser Parameter. YOUNG und WOOD (2000) vertraten die Meinung, daß wiederholbare Messungen des rechten Ventrikels aufgrund seiner sichelförmigen Gestalt nicht möglich seien. In anderen Studien wurde aufgrund dieser Schwierigkeiten ebenfalls auf die Ermittlung dieser Werte verzichtet (PATTESON et al. 1995 a; PATTESON et al. 1995 b).

Die Bestimmung der Schnittebenen unterhalb der Mitralklappe in der RKDLA sowie in der RKDKA konnte sicher erfolgen. In der langen Achse wurde der größte Ventrikeldurchmesser klappenparallel bestimmt. In der kurzen Achse wurde die Mitralklappe dargestellt und von dieser Ebene aus Richtung Herzspitze geschallt, bis die Klappensegel nicht mehr im Inneren des Ventrikels sichtbar waren.

Bei der eindeutigen Identifizierung der Papillarmuskelebenen traten hingegen Schwierigkeiten auf. So befinden sich die beschriebenen Orientierungsstrukturen (Ansatzpunkte der Chordae tendineae bzw. Trabeculae carneae) offensichtlich nicht bei jedem Pferd in gleicher Höhe des Ventrikels. Auch sind sie in den von STADLER et al. (1988) vorgeschlagenen Standardpositionen nicht immer als echogene Strukturen sichtbar. Im Bereich der Papillarmuskeln konnten die vorgeschlagenen Orientierungsstrukturen also nicht in jedem Fall herangezogen werden. Probleme dieser Art beschrieben auch PATTESON et al. (1995 a), welche Messungen in diesen Ebenen nicht bei allen Pferden durchführen konnten.

Echokardiographie im konventionellen M-Mode

Für die konventionelle M-Mode-Echokardiographie wurden im B-Mode die entsprechenden Schnittbilder nach der von STADLER et al. (1988) vorgeschlagenen Methodik und in den beschriebenen Ebenen erstellt. Es erfolgte anschließend ein Umschalten in das M-Mode, wobei das B-Mode simultan sichtbar blieb (guided M-Mode). Die Dimensionsmessungen wurden mit der leading-edge to leading-edge Methode erstellt (ROELAND et al. 1976; SAHN et al. 1978). Die Bestimmung der Enddiastole sowie der Endsystole erfolgte ebenfalls nach den international aufgestellten Standards (ROELAND und GIBSON 1980; HANRATH und SCHLÜTER 1983; O' ROURKE et al. 1984; SCHILLER et al. 1989).

Die ermittelten Herzdimensionen, insbesondere die linksventrikulären Maße, sowie die FS% aus der RKDLA uMV und der RKDKA Ppm zeigten weniger gute Übereinstimmung mit den von REWEL (1991) erstellten Werten. Bezüglich Alter (9 ± 2 Jahre) und Gewicht (579 ± 41 kg) unterschieden sich die von REWEL (1991) untersuchten Pferde nicht deutlich von der eigenen Kontrollgruppe, es handelt sich somit um vergleichbare Gruppen. Gute Übereinstimmungen zeigen sich mit den Arbeiten von KROKER (1994) und BECKER (1995), in welchen zusätzlich Daten aus der RKDKA uMV ermittelt wurden. Die Methodik dieser Studien basiert auf derjenigen von REWEL (1991). Die vorliegenden Unterschiede sind somit wahrscheinlich auf intraindividuelle Unterschiede zwischen den Untersuchern zurückzuführen.

Wie im B-Mode ließen sich die Schnittebenen unterhalb der Mitralklappe sowohl in der RKDLA als auch in der RKDKA sicher bestimmen. Bei der eindeutigen Identifizierung der Papillarmuskelebenen traten hingegen ebenfalls die oben genannten Schwierigkeiten auf.

Dopplerechokardiographie

Die Farbdopplerechokardiographie diene dem Erfassen sowie der semiquantitativen Darstellung von Klappenrückflüssen. Die Anwendung dieses Verfahrens und die Bewertung der Insuffizienzen ist von zahlreichen Autoren publiziert worden (REEF und SPENCER 1987; LONG 1990; REEF 1990; BLISSIT und BONAGURA 1995 b; BLISSIT und BONAGURA 1995 c; HÖCH 1995; MARR und REEF 1995; RADÜ 1995; GEHLEN et al. 1998 a; GEHLEN et al. 1998 b; REEF et al. 1998). Im Spektralverfahren wurden die Blutflüsse an den Herzklappen in Anlehnung an WEINBERGER (1991) in der beschriebenen Vorgehensweise charakterisiert.

Der Schweregrad einer Insuffizienz wurde anhand der Kriterien Größe und Auffindbarkeit, Ausdehnung, Qualität sowie zeitliches Auftreten im Farbdoppler und Auffindbarkeit, Intensität im Vergleich zum physiologischen Flussprofil, Dauer der Herzzyklusphase sowie Vmax im Spektralverfahren beurteilt. Im Schrifttum werden diese Merkmale neben weiteren Charakteristika herangezogen (REEF und SPENCER 1987; REEF 1988 a; REEF 1988 b; REEF et al. 1989; LONG 1990; REEF 1990; STADLER et al. 1992; KROKER 1994; HÖCH 1995; RADÜ 1995; STADLER et al. 1995; GEHLEN et al. 1998 a; GEHLEN et al. 1998 b; REEF 1998).

Obwohl alle Probanden der Kontrollgruppe klinisch inapperent, d.h. herzgesund waren, konnten bei 6 von 10 Pferden klappenschlussassoziierte Regurgitationen an einer oder mehreren Herzklappen festgestellt werden. In der Humanmedizin sind „trivial regurgitations“ von unterschiedlichen Autoren beschrieben worden. MELTZER et al. (1986) nannten diesen häufig vorkommenden echokardiographischen Befund ohne pathologischen Auskultationsbefund „doppler disease“ und führten den Terminus physiologische Regurgitation ein. In einer Studie von JOBIC et al. (1992) wurden 32 gesunde Menschen echokardiographisch untersucht. Bei allen bestanden Rückflüsse an der Pulmonal- und Trikuspidalklappe, bei 18/32 bestanden Rückflüsse an der Mitralklappe und bei 2/32 Personen Rückflüsse an der Aortenklappe. Ähnliche Ergebnisse erzielten YOSHIDA et al. (1988) und MACCHI et al. (1994). Die Autoren wiesen darauf hin, dass die Möglichkeit der physiologischen Regurgitation im Rahmen der echokardiographischen Diagnostik berücksichtigt werden sollte.

Auch in der Pferdemedizin sind physiologische oder klappenschlussassoziierte Regurgitationen von zahlreichen Autoren beschrieben worden (PATTESON 1994; BONAGURA 1995 a; HÖCH 1995; RADÜ 1995; STADLER et al. 1995; BLISSIT und BONAGURA 1995 a; REEF et al. 1998; MOHREN 1999). BLISSIT und BONAGURA (1995 b) beschrieben bei 40 farbdopplerechokardiographisch untersuchten gesunden Pferden klappenschlussassoziierte Rückflüsse. 22 /40 Pferden wiesen derartige Regurgitationen an der Trikuspidalklappe auf, 27/40 an der Mitralklappe, 16/40 an der Pulmonalklappe und 19/40 Pferde an

der Aortenklappe auf. Das gehäufte Vorkommen von klappenschlussassoziierten Regurgitationen bei jungen Pferden führten MARR und REEF (1995) auf den guten Trainingszustand der untersuchten Rennpferde zurück.

Die Dopplerechokardiographie stellt ein sehr sensibles Instrument zur Darstellung intrakardialer Blutflüsse dar, welches nur in Verbindung mit einer klinischen Untersuchung zu einer abschließenden Diagnose führen kann. Auskultatorisch unauffällige Pferde können somit trotz bestehender klappenschlussassoziiertes Regurgitation an einer oder mehreren Herzklappen als herzgesund eingestuft werden.

5.2.2 Beurteilung der Erstellung des anatomischen M-Modes

Das anatomische M-Mode wurde wie in Abschnitt 3.2.3 beschrieben, erstellt. Die Messungen erfolgten ebenfalls mit der leading-edge to leading-edge Methodik, die Zuordnung der Herzzyklusphasen erfolgte wie im B-Mode und im konventionellen M-Mode. Es wurden ebenfalls die gleichen Schnittebenen herangezogen. Aus diesem Grund traten die schon beschriebenen Schwierigkeiten bei der Identifizierung der Papillarmuskelebenen auf.

Durch die Verwendung des frei beweglichen artifiziellen Cursors im anatomischen M-Mode konnte das Legen des Cursors in jedem Fall in der langen Achse klappenparallel sowie in der kurzen Achse den Ventrikel halbierend erfolgen. Den großen Vorteil des frei beweglichen Cursors betonten MELE et al. (1998), IWADO et al. (1999), CHAN et al. (2000) sowie PICANO et al. (2001) in ihren Studien.

Die Bildqualität des B-Mode „CineLoops“ hatte großen Einfluß auf die Qualität des anatomischen M-Modes. Unzureichende Schnittbildqualität machten eine Auswertung des anatomischen M-Modes unmöglich, da die Endokardgrenzen unscharf erschienen. Aus diesem Grund wurde auf eine bestmögliche Ankoppelung (gründliche Schur, sorgfältiges entfetten, genügend Ultraschallkontaktgel) geachtet. Auch in der Humanmedizin wurde der Einfluss der Bildqualität bereits untersucht (SONG 1998; STROTHMANN et al. 1999; CHAN et al. 2000). Bei schlechter Bildqualität war das anatomische M-Mode dem konventionellen M-Mode unterlegen.

Ein großer Einflußfaktor auf die Bildqualität stellten der Ernährungszustand und die Thoraxform der Pferde dar. Bei sehr gut genährten Pferden war die Bildqualität des B-Mode häufig mangelhaft, das daraus resultierende anatomische M-Mode ebenfalls von schlechter Qualität. Bei Ponies, Kaltblutpferden sowie Pferden mit einem eher rundem Thoraxquerschnitt traten ähnliche Probleme auf. Pferde dieser Rassen und Statur kamen jedoch nicht zur Auswertung.

Im B-Mode Verfahren konnten die Ventrikeldurchmesser in der RKDLA immer parallel zur Mitralklappe gemessen werden. In der RKDKA war die Halbierung des Ventrikels durch die

Messstrecke ebenfalls in jedem Fall möglich. Ebenso verhielt es sich im anatomischen M-Mode, da der artifizielle Cursor frei beweglich ist. Aus messtechnischen Gründen war dieser Vorgang jedoch in der konventionellen M-Mode-Technik entweder nicht oder nur erschwert möglich. Wegen des leicht diagonal durch den linken Ventrikel führenden Cursors wurden linksventrikuläre Dimensionen fallweise größer gemessen als jene im B-Mode und im anatomischen M-Mode ermittelten (siehe Abb. 3.6 – 3.13). Die linksventrikulären Durchmesser des anatomischen M-Mode kamen denen des B-Mode somit näher als jenen des konventionellen M-Mode.

5.2.3 Myokardiale Verkürzungsfraction

Die myokardiale Verkürzungsfraction wurde sowohl aus den Ventrikeldimensionen des B-Mode bestimmt als auch durch die Messprogramme der M-Mode Verfahren berechnet.

Die Berechnung der FS% aus Ventrikeldimensionen, die im B-Mode ermittelt wurden, ist von einigen Autoren durchgeführt worden (ROBINE 1990; VÖRÖS et al. 1991; KROKER 1994; WYSS 2000; BAKOS et al. 2002). Die Autoren ROBINE (1990) und KROKER (1994) bestimmten die FS% von der rechten Thoraxseite aus, wobei lediglich KROKER (1994) die von ihr gewählten Kriterien für die reproduzierbare Darstellung der entsprechenden Schnittebenen definiert. Ebenfalls im B-Mode, allerdings von der linken Thoraxseite bestimmten VÖRÖS et al. (1991) und WYSS (2000) die FS%. Aufgrund methodischer Unterschiede und der fehlenden exakten Beschreibung der verwendeten Schnittebenen ist ein Vergleich der Ergebnisse schwer möglich.

Die Ermittlung der myokardialen Verkürzungsfraction aus dem M-Mode stellt sowohl in der Humanmedizin als auch in der Veterinärmedizin das gängige Ultraschallverfahren dar (PIPERS und HAMLIN 1977; LESCURE und TAMZALI 1984; STEWART et al. 1984; SCHILLER et al. 1989; REEF 1990; LONG 1992; LONG et al. 1992; KÖHLER und TATARU 2001; BARTEL und ERBEL 2002), da die sehr gute Auflösung die Endokardgrenzen sicher bestimmen lässt. In zahlreichen Studien wurde die myokardiale Verkürzungsfraction für Warmblutpferde aus unterschiedlichen Achsen ermittelt (KROKER 1994; BECKER 1995; HÖCH 1995; RADÜ 1995; KRITZ 1996; MOHREN 1999; SCHMITZ 2000), wobei wiederum die exakte Definition der Schnittebene mit ihren Orientierungsstrukturen nicht in jeder Studie beschrieben wurde. Ein Vergleich der Messwerte für die myokardiale Verkürzungsfraction ist jedoch nur möglich, wenn sie aus den gleichen Schnittebenen ermittelt wurde.

Die Bestimmung der Schnittebene unterhalb der Mitralklappe war sowohl in der langen Achse als auch in der kurzen Achse sicher möglich. Durch die schon beschriebenen Schwierigkeiten konnten die Papillarmuskelebenen nicht immer korrekt aufgefunden werden. Diese Umstände berücksichtigend, scheint die Mitralklappenebene die geeignete Ebene zur

Ermittlung der FS% zu sein. Allerdings liegt in unmittelbarer Nähe der Mitralklappenebene der fibrinöse Klappenring. Diese anatomische Struktur des Herzskeletts, bestehend aus den Anuli fibrosi arteriosi sowie Anuli fibrosi atrioventriculares, wird aus einem bindegewebigen Fasernetz gebildet. Die Vernetzung mit der Herzmuskulatur wird jeweils durch das Filum tendineum intermedium gegeben (NICKEL et al. 1984). Diese bindegewebigen Faserzüge, die die Ventrikelmuskulatur durchziehen, müssen bei der Bewertung der FS% als Maß für die Kontraktion des linken Ventrikels in der genannten Schnittebene beachtet werden. Im Bereich der Papillarmuskeln liegen keinerlei bindegewebige Strukturen vor, so dass die Ermittlung der FS% als Ausdruck für das Kontraktionsverhalten des linken Ventrikels in diesem Bereich sinnvoller erscheint. Die Aussagekraft der FS% aus den Papillarmuskelebenen wird jedoch durch die schon aufgeführten Schwierigkeiten der reproduzierbaren Darstellung der Orientierungsstrukturen geschmälert.

5.2.4 Beurteilung der statistischen Methoden

Die Prüfung der Unterschiede zwischen den Einzelmessungen aus drei aufeinander folgenden Herzzyklen wurde für die Gruppe 1 mit dem nichtparametrischen Friedman-Test vorgenommen. Durch diesen Test wurden die mittleren Ränge der verbundenen Variablen verglichen. Sowohl die Gruppenunterschiede bezüglich Alter, Gewicht, Herzfrequenz, LAD und die dopplersonographisch erhobenen Befunde als auch die Unterschiede zwischen den verwendeten Ultraschallmodi für die kardiometrisch ermittelten Parameter sowie die FS% wurden mittels des nichtparametrischen H-Tests nach Kruskal und Wallis geprüft. Mit Hilfe dieses Tests wurden die mittleren Ränge der nicht verbundenen Variablen verglichen. Die aufgetretenen Unterschiede wurden mit dem nichtparametrischen U-Test nach Mann-Whitney für zwei unabhängige Stichproben verdeutlicht.

Bei der Bewertung der aufgetretenen Signifikanzen müssen die relativ kleinen Gruppengrößen berücksichtigt werden.

5.3 Bewertung der Ergebnisse

5.3.1 Prüfung intraindividuelle Unterschiede

Für die Tiere der Kontrollgruppe wurden die drei ermittelten Einzelmessungen aller Parameter miteinander durch den Friedmann-Test verglichen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Aus diesem Grund war eine Mittelung der drei gemessenen Einzelwerte zulässig.

Um die Reproduzierbarkeit sowie die Vergleichbarkeit mit Studien anderer Autoren (ROBINE 1990; REWEL 1991; WEINBERGER 1991; HÖCH 1995; GEHLEN, STADLER et al. 1998 b; SCHMITZ 2000) zu gewährleisten, wurden die Ursachen für eine hohe Variationsbreite der Ergebnisse schon im Vorfeld durch eine strenge Probandenauswahl sowie Einhaltung der echokardiographischen Richtlinien gemindert. So wurden lediglich Warmblutpferde herangezogen. Die echokardiographische Untersuchung erfolgte in Anlehnung an die von STADLER et al. (1988) vorgeschlagene Methodik. Des Weiteren wurden die internationalen Standards für ein einheitliches Vorgehen der Untersuchungs- und Messtechnik beachtet (SAHN et al. 1978; HENRY et al. 1980; ROELAND und GIBSON 1980; SCHNITTGER et al. 1983; O'ROURKE et al. 1984; CARLSTEN 1987; STADLER et al. 1988; SCHILLER et al. 1989; LONG et al. 1992; THOMAS et al 1994).

5.3.2 Kardiometrie und Dopplersonographie

Da die einzelnen Gruppen klein sind und untersucherabhängige Faktoren sowie methodische Einflüsse bei der Echokardiographie einen relativ großen Einfluss haben, sind die im Rahmen dieser Studie ermittelten Werte nur unter Vorbehalt als Bezugswerte für andere Studien zu sehen. Lediglich methodische Ansätze wie die Einhaltung der erwähnten internationalen Standards und die genaue Beschreibung der herangezogenen Orientierungsstrukturen können als Basis dienen.

Gruppenunterschiede

Aufgrund der möglichen interindividuellen Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern sowie methodischen Unterschieden wurde eine Kontrollgruppe von 10 Pferden zur Erstellung von Referenzwerten gebildet.

Für die folgenden Parameter wurden die Unterschiede zwischen den drei Gruppen dargestellt: Alter, Gewicht, Herzfrequenz, Durchmesser des linken Atriums und Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe enddiastolisch in der Schnittebene RKDLA gemessen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich Alter, Gewicht und

Herzfrequenz festgestellt werden, so dass insgesamt von einem homogenem Patientengut ausgegangen werden kann.

In der Literatur ist die Dilatation des linken Atriums als Folge von Mitralklappeninsuffizienzen (BONAGURA et al. 1985 b; STADLER et al. 1992; REEF 1995; REEF et al. 1998) sowie im Zuge von Aortenklappeninsuffizienzen (BONAGURA, HERRING et al. 1985 b; REEF und SPENCER 1987; STADLER, HÖCH et al. 1995) beschrieben worden. Bei hochgradigen Mitralklappeninsuffizienzen entsteht konsensuell eine Dilatation des rechten Herzens. Dies führt letzt Endlich zu einer Schliessunfähigkeit der Trikuspidalklappe (PIPERS, et al. 1979; MILLER und HOLMES 1985; PATTESON und CRIPPS 1993; MARR et al. 1995; REEF 1995; REEF et al. 1998). Der Durchmesser des linken Atriums erschien somit als Einteilungskriterium in Bezug auf eine Herzdilatation als schlüssig. Der mittlere Durchmesser des linken Atriums war in der Gruppe 3 mit $11,65 \pm 0,44$ cm signifikant größer als in der Kontrollgruppe ($10,04 \pm 1,05$ cm) und der Gruppe 2 ($9,76 \pm 0,89$ cm), was die Zuordnung der Patienten in die gewählten Gruppen rechtfertigt. Die ermittelten Werte der Kontrollgruppe und der Gruppe 2 decken sich mit jenen durch ROBINE (1990) gemessenen Größen.

Als weiteres Einteilungskriterium wurde der enddiastolische Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe, gemessen in der Schnittebene RKDLA gewählt. Bei linksventrikulären Herzdilatationen, welche als Anzeichen der Dekompensation unterschiedlicher Klappenerkrankungen zu werten sind, kommt es zu einer Senkung der myokardialen Verkürzungsfraktion (BONAGURA 1983; BONAGURA 1985; REEF 1995; STADLER et al. 1995; BLISSIT und PATTESON 1996). 6 von 7 Pferden der Gruppe 3 wiesen einen im Vergleich zur Gruppe 1 vergrößerten Durchmesser des linken Ventrikels auf. Bei einem der Patienten lag lediglich eine Dilatation des linken Atriums vor. Dennoch war der mittlere Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappe in Gruppe 3 ($13,72 \pm 0,78$ cm) signifikant größer als in den Gruppen 1 ($11,69 \pm 0,88$ cm) und 2 ($11,99 \pm 1,09$ cm). Somit erscheint die gewählte Gruppeneinteilung sinnvoll.

B-Mode:

Die kardiometrisch ermittelten Maße der Gruppe 1 decken sich nur teilweise mit denen anderer Autoren (ROBINE 1990; WEINBERGER 1991; KROKER 1994; RADÜ 1995; GEHLEN, STADLER et al. 1998 b; MOHREN 1999; SCHMITZ 2000), die ebenfalls Warmblutpferde ähnlichen Alters und Gewichts untersuchten.

ROBINE (1990) ermittelte größere linksventrikuläre Dimensionen in der RKDLA uMV sowie in der RKDKA Ppm. Die herangezogenen Schnittebenen und Schallkopfpositionen entsprachen ebenfalls den von STADLER et al. (1988) beschriebenen. Jedoch erwähnt der Autor nicht die von ihm herangezogenen intrakardialen Orientierungsstrukturen. Lediglich Abbildungen

dienen der Beschreibung. Abweichungen in den herangezogenen Schnittebenen können als Ursache für die aufgetretenen Unterschiede gelten.

KROKER (1994) beschrieb die intrakardialen Orientierungsstrukturen präzise. Die von ihr ermittelten Herzdimensionen in der RKDLA uMV der unседierten Pferde stimmen mit den eigenen Werten gut überein. Das Heranziehen der gleichen Schnittebene wird für die gute Übereinstimmung vermutet.

Für die RKDKA uMV existierten keine Vergleichswerte für Warmblutpferde. PATTESON et al. (1995 a) ermittelten unter anderem diese Parameter für klinisch gesunde Vollblutpferde, wobei die Autoren die herangezogenen intrakardialen Orientierungsstrukturen sowie die Messtechnik eingehend beschrieben. Die untersuchten Vollblüter wiesen kleinere Herzdimensionen als die der Warmblutpferde in der eigenen Studie auf. Außerdem lag ein geringeres Alter der Rennpferde (Mittelwert 7,71 Jahre) vor.

Die Messwerte in der Gruppe 2 und der Kontrollgruppe wiesen nur geringe Unterschiede auf. Die Werte der Pferde der Gruppe 3 wichen zum Teil erheblich von jenen der eigenen Kontrollgruppe sowie von den Normwerten der vorgenannten Autoren ab. Dies verwundert nicht, da es sich hierbei um Patienten mit Dilatation des linken Atriums ($LAD \geq 11,43$ cm) und zusätzlicher linksventrikulärer Dilatation ($LVDd$ uMV $\geq 13,29$ cm) handelte. Als Einteilungsgrundlage für die Gruppen 2 bzw. 3 dienten die Maximalwerte von LAD und LVDd uMV der Gruppe 1, gemessen im B-Mode. Aus den genannten Gründen wurden die von STADLER et al. (1992) vorgeschlagenen Größenangaben der Dilatation von linkem Atrium und Ventrikel nicht übernommen.

Konventionelles M-Mode:

Im konventionellen M-Mode wurden für die Gruppe 1 in der RKDLA uMV und in der RKDLA Ppm im Vergleich zu REWEL (1991) größere linksventrikuläre Dimensionen ermittelt. Unterschiedliche Schnittebenen sind als Ursache für diese Unterschiede zu vermuten, wurde doch auf die Beschreibung der herangezogenen Orientierungsstrukturen zugunsten von Abbildungen weitestgehend verzichtet.

Gute Übereinstimmung zeigte sich mit den Messwerten von KROKER (1994) für unседierte Pferde in der RKDLA uMV, da die gleiche Schnittebene herangezogen wurde. In der RKDKA uMV konnte lediglich für den LVDs ein größeres Maß ermittelt werden.

Aus der RKDKA Ppm wurden für Warmblutpferde bisher keine Werte ermittelt. PATTESON et al. (1995 a) untersuchten Vollblutpferde unter anderem in dieser Achse, wobei größere linksventrikuläre Durchmesser gemessen wurden. Die Ursache ist in der näher der Herzbasis liegenden Schnittebene zu suchen.

Pferde der Gruppe 2 wiesen ähnliche Werte wie die Kontrolltiere auf. Bei ihnen konnten im B-Mode noch keine Dimensionsveränderungen festgestellt werden, was auch für das

konventionelle M-Mode zutrifft. Die Patienten der Gruppe 3 wiesen zum Teil erheblich größere Herzdimensionen als die Kontrolltiere auf. Die im B-Mode ermittelte Herzdilatation wirkte sich somit auch auf die Maße im konventionellen M-Mode aus.

Dopplerechokardiographie

Bei Pferden mit Klappeninsuffizienz und Herzdilatation sind Mehrfachinsuffizienzen unterschiedlicher Ausprägung zu erwarten (REEF und SPENCER 1987; STADLER et al 1995). Dies trat im eigenen Probandengut jedoch nur in einem Fall auf.

Sehr häufig waren klappenschlussassoziierte Regurgitationen feststellbar. Dies deckt sich mit den Angaben anderer Autoren (RADÜ 1995; BLISSIT und BONAGURA 1995 b; BLISSIT und BONAGURA 1995 c).

Im Rahmen der dopplerechokardiographischen Untersuchung konnte bei auffallend vielen Pferden der Gruppe 2 eine Schließunfähigkeit der Aortenklappe nachgewiesen werden, wobei die Insuffizienz in drei Fällen als hochgradig eingestuft werden konnte. In Gruppe 3 lagen mehr Mitralklappeninsuffizienzen als Aortenklappeninsuffizienzen vor. Als Einteilungskriterium in die Gruppen 2 und 3 diente der Durchmesser des linken Atriums. Im Verlauf einer Schließunfähigkeit der Mitralklappe vergrößert sich dieser (STADLER et al. 1992). Im Rahmen einer Aortenklappeninsuffizienz kommt es vorerst nur zu einer Vergößerung des Aortenwurzeldurchmessers. Erst bei länger bestehender Aortenklappeninsuffizienz ist eine Dilatation des linken Atriums messbar (STADLER et al. 1995). Die Häufung von Aortenklappeninsuffizienzen in der Gruppe 2 ist somit auf das Einteilungskriterium Größe des linken Vorhofs zurückzuführen.

Ein Pferd der Gruppe 2 wies eine gering- bis mittelgradige Schließunfähigkeit der Trikuspidalklappe auf. Neben dem auskultatorisch feststellbaren systolischen Herzgeräusch lagen keine klinischen Anzeichen einer Herzinsuffizienz, wie beispielsweise Leistungsinsuffizienz, vor. Die häufig am Punctum maximum der Trikuspidalklappe vorkommenden funktionellen Herzgeräusche mit den dazugehörigen klappenschlussassoziierten Regurgitationen sind von den tatsächlichen Insuffizienzen zu unterscheiden (REEF 1988 a; REEF 1990 b).

An der Pulmonalklappe konnte bei keinem der Probanden eine Schließunfähigkeit festgestellt werden, es traten lediglich klappenschlussassoziierte Regurgitationen auf. REEF (1990 a) ist der Auffassung, dass beim Pferd Insuffizienzen der Pulmonalklappe eine untergeordnete Rolle spielen.

5.3.3 Anatomisches M-Mode

Die im anatomischen M-Mode ermittelten Herzdimensionen unterschieden sich lediglich bei 3 Parametern von jenen, die im B-Mode und im konventionellen M-Mode gemessen wurden. In der Humanmedizin kamen BAUER et al. (1996) zu ähnlichen Ergebnissen, sie verglichen das anatomische mit dem konventionellen M-Mode.

Unterschiede zwischen den Messverfahren der drei Gruppen ergaben sich lediglich für folgende Dimensionen: IVSd, IVSs, LVWd (s. Tab. 4.2). Dabei unterschied sich das konventionelle M-Mode vom B-Mode und / oder vom anatomischen M-Mode signifikant. Aufgrund des frei beweglichen Cursors im anatomischen M-Mode konnten annähernd die Schnittebenen erreicht werden, in denen vorgenannte Parameter im B-Mode ermittelt wurden. Dabei war es möglich, die Strukturen orthogonal anzuschneiden. Im konventionellen M-Mode hingegen war ein klappenparalleles Anschallen in der langen Achse sowie ein den linken Ventrikel halbierendes Anschallen in der kurzen Achse nicht in jedem Fall durchzuführen. Der Cursor kam dabei nicht immer im rechten Winkel zu den betreffenden Strukturen zu liegen. Auf die Ventrikeldimensionen hatte dieser Umstand jedoch keinen signifikanten Einfluss. Ein großer Vorteil des anatomischen M-Modus ergibt sich aus der Besonderheit, dass es sich um ein Nachbearbeitungsverfahren handelt. Die aufgezeichneten B-Mode CineLoops dienen der Erstellung eines M-Mode. Dadurch verkürzt sich die Untersuchungsdauer am Patienten erheblich. Dieser Vorteil spielt in der Humanmedizin scheinbar nur eine untergeordnete Rolle, er wurde jedoch von MELE et al. (1998) hervorgehoben. In der Veterinärmedizin ist die Untersuchungsdauer jedoch von großer Bedeutung. Die echokardiographische Untersuchung erfordert von den Patienten ein gewisses Maß an Toleranz und Ruhe. Bei sehr nervösen Pferden oder Jungtieren liegen diese Voraussetzungen nicht immer vor. Die Echokardiographie kann in solchen Fällen nicht vollständig durchgeführt werden oder muss in mehreren Sitzungen erfolgen. Durch das anatomische M-Mode verkürzt sich die Untersuchungsdauer und die ermittelten linksventrikulären Dimensionen sind mit den Referenzwerten aus dem B-Mode und konventionellen M-Mode vergleichbar.

5.3.4 Myokardiale Verkürzungsfraktion

Mittelwerte und Standardabweichung der myokardialen Verkürzungsfraktion wurden für alle drei Gruppen in den drei verwendeten Ultraschallmodi in jeweils vier unterschiedlichen Achsen bestimmt. Wie schon in 5.2.3 ausgeführt, ist die exakte Ermittlung der myokardialen Verkürzungsfraktion von der Erkennung und Verfolgung der intrakardialen Orientierungsstrukturen abhängig. Dieser Umstand verursacht die interindividuellen Unterschiede, die bei einzelnen Autoren auftreten (ROBINE 1990; REWEL 1991; PATTESON et

al. 1995 a). In der vorliegenden Untersuchung konnten Übereinstimmungen mit den Messwerten von KROKER (1994) beobachtet werden, die sich ebenfalls an den genannten intrakardialen Orientierungsstrukturen orientierte.

In der Gruppe 2 traten in der Schnittebene RKDLA Ppm signifikante Unterschiede zwischen B-Mode, konventionellem M-Mode und anatomischem M-Mode auf (s. Tab. 4.6). Aufgrund des Auftretens in nur einer Gruppe sowie der kleinen Gruppengröße ist dieser Unterschied als zufällig zu beurteilen.

Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Achsen waren die Standardabweichungen der FS% für die RKDLA uMV sowie für die RKDKA uMV in allen Gruppen deutlich niedriger als in den übrigen Schnittebenen (s. Tab. 4.5-4.7). Dies hängt offensichtlich mit der schon beschriebenen reproduzierbareren Auffindung dieser Achsen zusammen. Im anatomischen M-Mode ergeben sich in der RKDLA uMV für alle drei Gruppen die niedrigsten Standardabweichungen. Die Unterschiede zeigen auf, dass mit Hilfe des anatomischen M-Mode die Streuung verringert werden kann. Dieses Nachbearbeitungsverfahren eignet sich somit neben der Ermittlung von Herzdimensionen auch zur Messung des Funktionsparameters FS%.

Die Standardabweichungen für die RKDLA Ppm und für die RKDKA Ppm waren aufgrund der schwer reproduzierbaren Bestimmung dieser Schnittebenen hoch, wobei die langen Achsen eine geringere Standardabweichung als die kurzen Achsen zeigten. Der linke Ventrikel war in der kurzen Achse nicht in jedem Fall symmetrisch und in der Mitte des Bildes darstellbar, da die Lage des Herzens bei Warmblutpferden nicht einheitlich ist. Diese unterliegt zum Teil deutlichen, sonographisch erkennbaren, interindividuellen Unterschieden. Daraus begründen sich möglicherweise die unterschiedlichen Standardabweichungen in den verwendeten Schnittebenen sowie die höhere Standardabweichung im konventionellen M-Mode. In diesem Verfahren ist die korrekte Messung von einem orthogonalen Anschallen abhängig (HOENECKE et al. 1982).

In den kurzen Achsen fiel die ermittelte myokardiale Verkürzungsfraktion geringer als in den dazugehörigen langen Achsen aus. Dies stellten auch O'GRADY et al. (1986) fest. In der kurzen Achse waren die Messwerte für den Wert des LVD in der Systole größer als in der langen Achse. In der Diastole konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Daraus begründet sich die niedrigere myokardiale Verkürzungsfraktion in den kurzen Achsen (s. Tab. 4.5-4.7). Zu anderen Ergebnissen kamen D'ARBELA et al. (1986), die ebenfalls Messwerte aus beiden Achsen verglichen. Sie stellten keinen Unterschied bezüglich der LVDs und somit der FS% fest.

Verschiedene Autoren beschrieben im Verlauf von Herzkrankheiten von der Norm abweichende Messwerte für die myokardiale Verkürzungsfraktion (BONAGURA 1983; BONAGURA 1985 a; REEF und SPENCER 1987; MARR 1994; PATTESON 1994; REEF 1995; STADLER, HÖCH et al. 1995; BLISSIT und PATTESON 1996). Untersuchungen von REEF et al. (1998) konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der FS% zwischen gesunden Pferden und Pferden mit Mitralklappeninsuffizienz und Kongestion aufzeigen. GUGLIELMINI et al. (2002) ermittelten für Pferde mit kongestiver Herzerkrankung zwar eine erhöhte FS%, der Unterschied zur Kontrollgruppe war aber ebenfalls nicht signifikant.

Die vorliegende Arbeit wies ähnliche Messwerte der myokardialen Verkürzungsfraktion bei herzkranken Pferden (Gruppe 2 und 3) und der Kontrollgruppe auf (s. Tab. 4.5-4.7).

Im Verlauf einer Herzerkrankung kommt es zuerst im Rahmen der Kompensation zu einer Erhöhung der myokardialen Verkürzungsfraktion. Die folgende Dekompensation führt wieder zur Senkung der FS% mit Messwerten im Normbereich. Erst danach können deutlich gesenkte Werte ermittelt werden (BONAGURA 1983; BONAGURA 1985 a; REEF 1995; STADLER, HÖCH et al. 1995; BLISSIT und PATTESON 1996). Somit sind somit regelmäßige Kontrolluntersuchungen nötig, um den Übergang von Kompensation zu Dekompensation verfolgen zu können.

In dieser patientenorientierten Arbeit wurden Momentaufnahmen im Verlauf einer Herzerkrankung dargestellt. Der Beginn der Herzerkrankung konnte bei den Patienten dieser Studie nicht bestimmt werden.

5.3.5 Einzelfalldarstellungen

Bei der echokardiographischen Untersuchung von 4 Pferden mit normokardem Vorhofflimmern wiesen die Hälfte der Patienten (2/4) nur in einer Achse eine Abweichung der FS% von der Kontrollgruppe auf. STADLER et al. (1994) untersuchten 44 Pferde mit Vorhofflimmern und fanden bei 44% der Tiere eine unveränderte FS% vor. In diesen Fällen war es noch zu keiner Kompensation in Form von Frequenzerhöhung und verstärkter Arbeit der linksventrikulären Muskulatur gekommen. Nur in diesem Stadium ist eine antiarrhythmische Therapie mit Chinidinsulfat oder -gluconat möglich (GRABNER 1990; MUIR et al. 1990; BLISSIT 1999). Um eine langfristig erfolgreiche Kardioversion zu erreichen, ist eine strenge Selektion der Patienten notwendig (REEF et al. 1988; HAMANN 2001).

Bei dem Patienten mit tachykardem Vorhofflimmern sowie hochgradiger Mitralklappeninsuffizienz war die FS% in zwei Messungen erniedrigt: B-Mode RKDLA uMV 30,23%; anatomisches M-Mode RKDLA uMV 29,17%. Im konventionellen M-Mode betrug die FS% in der RKDLA uMV 35,12%. Dieser im Normbereich liegende Wert ergab sich aus dem nicht klappenparallelen Anschallen dieser Ebene. Der Schallstrahl verlief im Bereich

des interventrikulären Septums papillarmuskelnah, so dass die Werte aus dem B-Mode und anatomischen M-Mode als korrekt angesehen werden müssen.

Im Falle der akuten Herzinsuffizienz im Rahmen einer dilatativen kongestiven Kardiopathie konnte neben dem Vorhofflimmern eine Dilatation des Herzens, hochgradige atrioventrikuläre Insuffizienzen und eine deutlich gesenkte FS% in allen Achsen festgestellt werden. Bei diesem Patienten konnte somit das terminale Stadium einer Herzerkrankung beobachtet werden. Die akute Herzinsuffizienz mit massivem Lungenödem trat im Rahmen der völligen Dekompensation der dilatativen Kardiopathie auf (BONAGURA 1985 a; BELGAVE 1990; DAVIS et al. 2002). Der akut lebensbedrohliche Zustand konnte mittels medikamentöser Behandlung durch Digoxin und Furosemid behoben werden (BRUMBAUGH, et al. 1982; MC GUIRK und MUIR 1985; MUIR und MC GUIRK 1985; HINCHCLIFF und MUIR 1991; MOGG 1999).

5.3.6 Schlussbetrachtung

In der vorliegenden Studie wird die myokardiale Verkürzungsfraction insgesamt aus 4 verschiedenen Schnittebenen im B-Mode, konventionellen M-Mode sowie anatomischen M-Mode ermittelt. Die Unterschiede zwischen konventionellem und anatomischem M-Mode sind nicht signifikant.

Das anatomische M-Mode ist somit im Bereich Echokardiographie des Pferdes einsetzbar und bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Es handelt sich um ein Nachbearbeitungsverfahren, bei dem das M-Mode aus digital gespeicherten B-Mode-Sequenzen erstellt wird. Durch den frei beweglichen artifiziellen Cursor ist ein orthogonales Anloten der Zielstrukturen in jedem Fall möglich. Diesen Vorteil benennen auch PICANO et al. (2001). Im konventionellen M-Mode ist aufgrund der individuell unterschiedlichen anatomischen Herzachse der Patienten dieses Vorgehen nicht in jedem Fall möglich. Des Weiteren können aus einer gespeicherten B-Mode Sequenz mehrere anatomische M-Mode erstellt werden. Das Nachbearbeitungsverfahren wird nicht im Rahmen der echokardiographischen Untersuchung am Patienten angewendet, sondern kann zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Dadurch verkürzt sich die Untersuchungsdauer für das Pferd sehr deutlich.

Nachteilig ist die im Gegensatz zum konventionellen M-Mode geringere zeitliche Auflösung, da das anatomische M-Mode an die Auflösung des B-Mode gebunden ist.

Die Bestimmung der Schnittebene unterhalb der Mitralklappe ist sowohl in der langen Achse als auch in der kurzen Achse sicher möglich. Allerdings liegt in unmittelbarer Nähe der Mitralklappenebene der fibrinöse Klappenring. Diese Struktur des Herzskeletts wird aus

einem bindegewebigen Fasernetz gebildet. Bei der Bewertung der FS% als Maß für die Kontraktion der Ventrikelmuskulatur muss diese anatomische Gegebenheit beachtet werden. Im Bereich der Papillarmuskeln liegen keinerlei bindegewebige Strukturen vor. Bei der eindeutigen Identifizierung der Papillarmuskelebenen treten jedoch Schwierigkeiten auf. So befinden sich die Orientierungsstrukturen (Ansatzpunkte der Chordae tendineae bzw. Trabeculae carneae) offensichtlich nicht bei jedem Pferd in gleicher Höhe des Ventrikels. Auch sind sie in den von STADLER et al. (1988) vorgeschlagenen Standardpositionen nicht immer als echogene Strukturen sichtbar. Im Bereich der Papillarmuskeln können die vorgeschlagenen Orientierungsstrukturen also nicht in jedem Fall herangezogen werden. Probleme dieser Art beschrieben auch PATTESON et al. (1995). Die Standardabweichungen für die RKDLA Ppm sowie für die RKDKA Ppm sind aufgrund der schwer reproduzierbaren Position der Ebenen entsprechend hoch.

Die langen Achsen zeigen wiederum eine geringere Standardabweichung als die kurzen Achsen. Ursächlich dafür könnte die Tatsache sein, dass der linke Ventrikel in der kurzen Achse nicht in jedem Fall symmetrisch und in der Mitte des Bildes darstellbar ist. Daraus begründet sich auch die höhere Standardabweichung des konventionellen M-Mode gegenüber dem anatomischen M-Mode. In diesem Verfahren ist die korrekte Messung von einem orthogonalen Anschallen abhängig (HOENECKE, et al. 1982).

Veränderungen der myokardialen Verkürzungsfraktion können im Sinne einer Hyper- bzw. Hypokinese im Verlauf von Herzkrankheiten nachgewiesen werden (STADLER et al. 1995; BLISSIT und PATTESON 1996). Diese besonderen Situationen der Kompensation und Dekompensation treten nur in spezifischen Stadien der Kardiopathie auf und sind deshalb auch bei erheblichen Klappeninsuffizienzen nicht regelmäßig nachweisbar (REEF et al. 1998). Die myokardiale Verkürzungsfraktion kann nach einer Kompensationsphase infolge einer kardialen Dekompensation Werte im Normbereich aufweisen, bevor deutlich gesenkte Werte ermittelt werden können (STADLER et al. 1995; BLISSIT und PATTESON 1996). Dieser Vorgang erklärt das Vorkommen von „normalen“ Messwerten der FS% in den Gruppen 2 und 3 des eigenen Patientenguts.

Mit Hilfe der vorliegenden Studie konnte aufgezeigt werden, dass die Anwendung des anatomischen M-Mode eine Bereicherung der echokardiographischen Möglichkeiten beim Pferd darstellt.