

# Die Kardiometrie beim gesunden Warmblutpferd mit Hilfe der Schnittbildechographie im B-Mode

P. Stadler und F. Robine

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

Die Herzdimensionen von 46 herzgesunden Warmblutpferden, die im Reitsport (Dressur und Springen Klasse S) und in der Freizeitreiterei eingesetzt waren, wurden mit Hilfe der Schnittbildtechnik im B-mode ausgemessen. Die Herzen der Pferde wurden in sieben Anschallrichtungen, von dem rechten und linken echokardiographischen Fenster aus in der langen und kurzen Herzachse dargestellt. Neben den Innendurchmessern der Vorhöfe, Ventrikel, Herzostien und der Aorta und Pulmonalarterie wurde das Myokard im Bereich der rechten und linken Herzwand sowie des interventrikulären Septums vermessen. Außerdem wurde die Fläche des Schnittbildes der Aortenklappenebene und die linksventrikuläre Verkürzungsfraction bestimmt. Bei dem Vergleich von Spring- und Dressurpferden einerseits und Sportpferden und Freizeitpferden andererseits wurden keine signifikanten Unterschiede der Herzdimensionen festgestellt. Aufgrund der kardiologischen Diagnostik der letzten Jahre ergab sich zusätzlich die Notwendigkeit den Durchmesser der Aorta im Bereich des sinus valsalvae bei gesunden Pferden zu bestimmen. Deshalb wurde dieser Parameter bei weiteren 20 herzgesunden Warmblutpferden zu einem späteren Zeitpunkt untersucht und in die vorliegende Mitteilung einbezogen. Für die echokardiographische Routineuntersuchung werden bestimmte Anlotungspositionen vorgeschlagen. Weitere Anlotungspositionen werden nur für spezielle weitergehende Fragestellungen notwendig. Die hier erarbeiteten Normwerte bilden eine praktikable Grundlage für die Beurteilung von Herzdimensionen beim Warmblutpferd. Sie haben sich in den letzten Jahren bei 450 echokardiographisch untersuchten Herzpatienten bewährt.

**Schlüsselwörter:** B-mode-Echokardiographie, Warmblutpferd, Herzdimensionen, Normalwerte, Schallkopfpositionen

## B-mode echocardiographic measurement of heart dimensions in warm blooded horses without heart disease

Heart dimensions of 46 warmblooded horses (Dressage-, Show jumping horses and Pleasure horses) without heart disease were measured by real-time- echocardiography in B-mode. Hearts were monitored in seven transducer positions from right and left echocardiographic window. Internal diameters of atrials, ventricles, valves, aorta and pulmonary artery as well as myocardial dimensions of right and left ventricle wall and interventricular septum were determined. Additionally plane of aortic valve area and shortening fraction (FS%) of left ventricle were measured. Comparison between jumping and dressage horses on one hand and between these competition horses and pleasure horses on the other hand did not show significant differences of heart dimensions. Clinical and echocardiographical cardiology of the recent years revealed the diameter of aorta in the region of sinus valsalvae as a helpful parameter to answer several questions. On this account this parameter were evaluated subsequent in 20 additionally examined heart healthy warm blooded horses. Special transducer positions for routine echocardiographic diagnosis in the horse are proposed. Beyond that further transducer positions for selected diagnostic questions are available. The presented standards were useful in evaluation of heart dimension in 450 warm blooded horses with heart disease, which were examined echocardiographically.

**keywords:** B-mode echocardiography, warm blooded horses, heart dimensions, normal values, transducer positions

## Einleitung

Eine aussagefähige kardiologische Diagnostik ist heutzutage beim Pferd nur noch mit Hilfe der Sonographie möglich. Obwohl mit der gepulsten (Reef, 1989; Stadler et al., 1992) oder farbcodierten Dopplertechnik (Reef, 1990; Stadler et al., 1995) Regurgitationen im Rahmen von Herzklappenerkrankungen eindeutig erkannt werden können, muß häufig die hämodynamische Relevanz solcher Strömungen mit weiteren echographischen Techniken und gegebenenfalls mit Hilfe der Herzkatheterisierung (Muyllé et al., 1986, Muir und Mc Guirk, 1984, Stadler et al., 1994; Stadler et al., 1995) abgeklärt werden. Da der Herzmuskel des Pferdes ein großes Kompensationspotential hat, dauert es in der Regel sehr lange, bis Dekompensationserscheinungen bei myokardialen Schädigungen, wie z. B. beim Vorhofflimmern oder bei Erkrankungen der AV- oder Semilunarklappen klinisch manifest werden.

Deshalb ist die sonographische Morphometrie ein wichtiger Bestandteil der echokardiographischen Diagnostik. Für die M-mode Technik sind bereits von mehreren Autoren Normwerte erarbeitet worden (Lescure u. Tamzali, 1984, Long et al.,

1992, Stadler et al., 1993). Obwohl die Schnittbildtechnik im B-mode in den kardiologischen Untersuchungsstätten der Pferdemedizin international routine- mäßig angewendet wird, fehlen in der Literatur bis heute Untersuchungen zur Bestimmung von Normwerten der Herzdimensionen.

In der vorliegenden Arbeit sollen Normwerte für die Herzdimensionen beim Warmblutpferd in den klinisch wichtigsten Schnittebenen der B-mode Technik vorgestellt werden, die in den letzten Jahren erfolgreich in der Klinikroutine angewendet wurden.

## Material und Methode

Es wurden 46 Warmblutpferde in ihren Trainingsstätten untersucht und entsprechend ihres Trainingszustandes und ihrer Verwendung im Reitsport in drei Gruppen eingeteilt. Die Tabelle 1a gibt Auskunft über Rasse, Alter, Geschlecht, Gewicht und Gebäude der Pferde. In der Gruppe 1 befinden sich Dressurpferde mit dem Leistungsstand der Klasse

**Tab. 1a:** Rasse, Alter, Geschlecht, Gewicht und Gebäude der herzgesunden Dressur-, Spring- und Freizeitpferde.

Breed, age, sex, weight and body shape of dressage-, show jumping and pleasure horses without heart disease

Pferd Nr.	Rasse	Gruppe I: Dressurpferde				
		Alter (Jahre)	Geschlecht	Gewicht (Kg)	Rahmen	Herzfrequenz (min <sup>-1</sup> )
1	Hannover	13	S	610	m	32
2	Hannover	8	W	630	g	36
3	Hannover	7	W	590	g	32
4	Hannover	8	S	640	m	32
5	Westfalen	9	W	590	m	40
6	Hannover	20	W	630	m	36
7	Hannover	9	S	520	g	44
8	Westfalen	8	W	600	m	36
9	Schweden	8	H	620	g	32
10	Hannover	11	W	650	m	40
11	Holstein	11	W	630	m	48
12	Hannover	11	W	620	g	44
13	Hannover	9	W	600	g	36
14	Hannover	11	W	600	g	40
15	Hannover	6	S	650	m	36
$\bar{x} \pm s$		10 ± 3		612 ± 31		37 ± 5
Pferd Nr.	Gruppe II: Springpferde					
	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Gewicht (Kg)	Rahmen	Herzfrequenz (min <sup>-1</sup> )
1	Hannover	11	S	580	m	36
2	Hannover	8	W	620	g	36
3	Hannover	7	W	630	g	40
4	Hannover	8	S	600	m	48
5	Holstein	10	W	570	m	36
6	Hannover	8	W	580	m	36
7	Frankreich	8	W	600	g	44
8	Hannover	7	W	580	m	32
9	Westfalen	8	W	610	g	44
10	Hannover	7	W	560	m	44
11	Holstein	8	W	540	m	36
12	Hannover	8	W	600	g	44
13	Hannover	7	W	580	g	52
14	Hannover	8	W	600	g	36
15	Hannover	8	S	560	m	48
16	Trakehner	8	S	560	g	32
$\bar{x} \pm s$		8 ± 1		585 ± 8		40 ± 6
Pferd Nr.	Gruppe III: Freizeitpferde					
	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Gewicht (Kg)	Rahmen	Herzfrequenz (min <sup>-1</sup> )
1	Holstein	11	S	560	m	38
2	Irland	8	W	630	g	36
3	Hannover	7	W	640	g	42
4	Hannover	9	S	560	m	44
5	Hannover	9	W	580	m	38
6	Hannover	7	W	580	m	36
7	Westfalen	9	S	600	g	40
8	Trakehner	7	W	580	m	36
9	Hannover	8	H	620	g	40
10	Hannover	7	W	560	m	44
11	Holstein	9	W	550	m	40
12	Hannover	7	W	600	g	44
13	Hannover	7	W	580	g	48
14	Holstein	8	W	600	g	38
15	Trakehner	8	S	560	m	46
$\bar{x} \pm s$		8 ± 1		587 ± 27		41 ± 4

**Abkürzungen:**

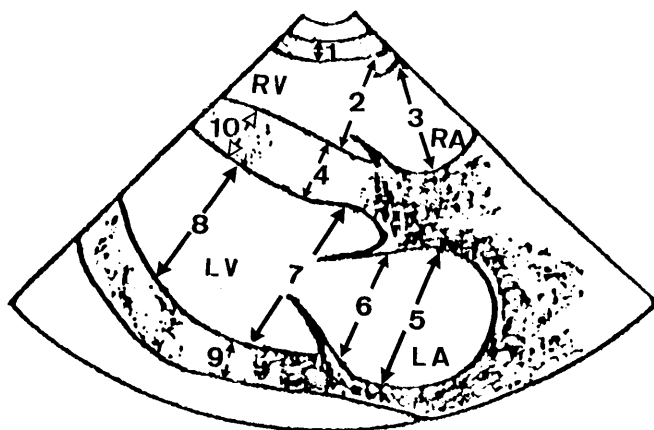
W: Wallach, gelding  
 S: Stute, mare  
 H: Hengst, stallion

g: groß, large  
 m: mittel, medium

**Tab. 1b:** Rasse, Alter, Geschlecht und Körpergewicht der Pferde, die zusätzlich zur Bestimmung des Durchmessers im Bereich der Sinus Valsalvae untersucht wurden. Die Größe wurde im Stockmaß ermittelt.  
Breed, age, sex and weight of the group of heart healthy horses additionally examined for determining dimension of sinus valsalvae.

Pferd Nr.	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Herzfrequenz (min <sup>-1</sup> )
1	Hannover	6	W	177	630	40
2	Hannover	12	S	155	460	36
3	Warmblut	6	S	158	490	32
4	Warmblut	14	W	170	590	36
5	Hannover	8	S	166	580	40
6	Hesse	6	W	170	570	42
7	Oldenburger	9	W	171	580	36
8	Holsteiner	8	W	170	580	40
9	Hannover	12	W	172	660	40
10	Hannover	9	S	172	580	42
11	Hannover	8	W	173	620	40
12	Hannover	6	W	179	680	36
13	Trakehner	5	S	166	520	40
14	Warmblut	8	W	159	490	36
15	Hannover	9	W	172	620	40
16	Warmblut	6	S	172	630	32
17	Warmblut	13	W	176	660	28
18	Oldenburger	9	W	163	565	34
19	Hannover	13	W	173	610	36
20	Warmblut	9	W	172	580	40
$\bar{x} \pm s$		9 ± 3		169 ± 6	584 ± 57	37 ± 4

S, in der Gruppe 2 Springpferde mit dem Leistungsstand derselben Klasse. Jedes dieser Pferde mußte mindestens eine Platzierung in Dressur- oder Springprüfung der Klasse S in der laufenden Saison erreicht haben. In einer weiteren Gruppe (Gruppe 3) befanden sich dagegen Pferde, die we-



**Abb. 1 :** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der langen Herzachse von rechts kaudal (RKDLA, Vierkammerblick; Meßstrecken 1 – 10 : s. Tabelle 2).  
RV: Rechter Ventrikel, RA: Rechtes Atrium,  
LV: Linker Ventrikel, LA: Linkes Atrium

Schematic illustration and measurements in long axis plane of the heart from right caudal transducer position (RKDLA, four chamber view; measurement 1 – 10 : s. Table 2).

RV: Right ventricle, RA: Right atrium,  
LV: Left Ventricle, LA: Left atrium.

**Tab. 2:** Im Vierkammerblick ermittelte systolische (S) und diastolische (D) Herzdimensionen (in mm) der drei untersuchten Pferdegruppen.

RWWD: Rechtsventrikuläre Hinterwand,  
RV: Rechter Ventrikel, RA: Rechtes Atrium,  
IVS: Interventrikuläres Septum,  
LA: Linkes Atrium, MV: Mitralklappe,  
PPM: Papillarmuskel, LVWD: Linksventrikuläre Wand,  
LV: Linker Ventrikel; Ø: Durchmesser.

In four chamber view determined systolic (S) and diastolic (D) heart dimensions (mm) of three groups of horses without heart disease.

RWWD: right ventricle wall,  
RV: right ventricle, RA: right atrium,  
IVS: interventricular septum,  
LA: left atrium, MV: mitral valve,  
PPM: papillary muscle, LVWD: left ventricle wall,  
LV: left ventricle, Ø: diameter.

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm)
1) Myokarddicke RWWD	D	13 ± 1	14 ± 1	15 ± 2
	S	19 ± 1	20 ± 2	20 ± 2
2) Innen Ø d. RV's	D	65 ± 10	69 ± 5	66 ± 10
	S	51 ± 9	53 ± 10	56 ± 9
3) Innen Ø d. RA's	D	71 ± 7	79 ± 19	68 ± 14
	S	75 ± 12	72 ± 11	74 ± 14
4) Innen Ø d. IVS's	D	23 ± 4	23 ± 4	23 ± 3
	S	30 ± 3	29 ± 4	30 ± 3
5) Innen Ø d. LA's	D	108 ± 11	104 ± 14	109 ± 11
	S	104 ± 9	105 ± 13	109 ± 11
6) Innen Ø d. MV	D	93 ± 8	98 ± 7	101 ± 6
	S	90 ± 8	88 ± 9	93 ± 9
7) Innen Ø d. LV's und MV	D	129 ± 6	129 ± 6	125 ± 9
	S	91 ± 7	89 ± 11	97 ± 11
8) Innen Ø d. LV's auf PPM-Höhe	D	31 ± 4	29 ± 5	36 ± 6
	S	25 ± 5	51 ± 5	52 ± 5
9) Myokarddicke d. LVWD	D	21 ± 2	21 ± 2	22 ± 3
	S	31 ± 3	30 ± 4	29 ± 3
10) Myokarddicke d. IVS's auf PPM-Höhe	D	35 ± 5	33 ± 5	35 ± 4
	S	49 ± 5	47 ± 4	50 ± 5

**Abkürzungen:**

W: Wallach S:Stute

gen der Erkrankung eines anderen Organes als des Herz-Kreislauf-Systems in der Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover ein- oder vorgestellt wurden. Hierbei handelte es sich um Freizeitpferde, die vor der Erkrankung im Durchschnitt zwischen einer und zwei Stunden pro Tag bewegt wurden. Sie hatten krankheitsbedingt eine mehrwöchige Ruhepause vor der kardiologischen Untersuchung und wurden daher für diesen Zeitraum als untrainiert eingestuft. Die Sportpferde waren zum Zeitpunkt der Untersuchung klinisch gesund. Neben der klinischen Untersuchung

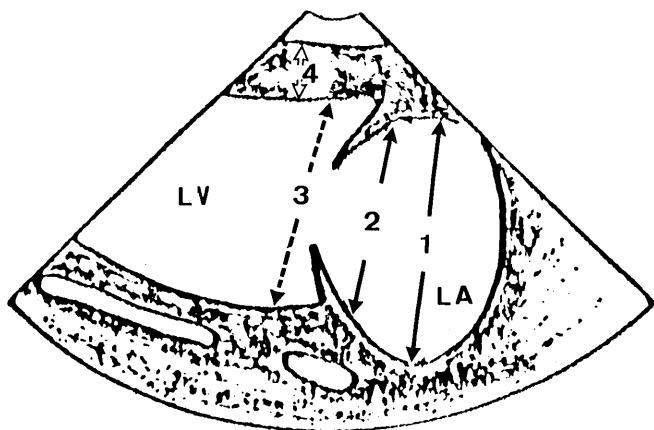
und der Einstufung des Ernährungszustandes als mäßig, gut, sehr gut oder adipös, wurde der Rahmen des Pferdes (klein, mittel, groß) und der Typ (leicht, mittelschwer, schwer) klassifiziert. Das Gewicht der Sportpferde wurde subjektiv durch Schätzung bestimmt. Die in der Klinik eingestellten Freizeitpferde wurden dagegen gewogen. Das kardiovaskuläre System wurde nach den Regeln der allgemeinen und speziellen Untersuchung des Herz-Kreislaufsystems klinisch überprüft. Pferde mit Herzgeräuschen oder Herzarrhythmien und Pferde mit klinisch apparenter Lungenerkrankung wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Die Untersuchungen erfolgten mit dem Sectorscanner „Micorimager 1000“ der Firma Ausonic. Für die Darstellung der schallkopffernen Strukturen wurde ein mechanischer 2,5 MHz-Schallkopf mit einem Abstrahlwinkel von 88° und einer Focussierung zwischen 6 und 18 cm mit einer Eindringtiefe von 27,5 cm eingesetzt. Die schallkopfnahen Strukturen, bis zu einem Abstand von ca. 15 cm vom Schallkopf wurden mit einem mechanischen 3,5 MHz-Schallkopf mit demselben Abstrahlwinkel und einer Eindringtiefe von 21 cm untersucht.

Das Fell wurde nur bei längerem Haarkleid geschoren. Bei keinem der Sportpferde mußten die Haare im Bereich des echokardiographischen Fensters geschoren werden. Das Untersuchungsfeld wurde mit Alkohol gereinigt und entfettet und mit Ultraschallkontaktgel versehen. Auf dem Monitor des Ultraschallgerätes wurde ein bipolar von der Brustwand abgeleitetes EKG synchron zu den Schnittbildern dargestellt.

Die Pferde wurden in sieben der von Stadler et al. (1988) standardisierten Anschallrichtungen im vierten und fünften Interkostalraum (ICR) rechts und links untersucht:

von rechts kaudal in der langen Herzachse (4. ICR):

1. im Vierkammerblick = RKDLA (LAMV, Abb. 1)



**Abb. 2:** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der langen Herzachse von links kaudal (LKDLA; Meßstrecken 1 – 4: s. Tabelle 3).

LV: Linker Ventrikel, LA: Linkes Atrium

Schematic illustration and measurements in long axis plane of the heart from left caudal transducer position (LKDLA, measurement 1 – 4: s. Table 3).

LV: Left Ventricle, LA: Left atrium.

2. Mit Darstellung des linksseitigen Ausflußtraktes = RKDLA AO (Abb. 5)

von rechts kaudal in der kurzen Herzachse (4. ICR = RKDKA):

3. im Querschnitt auf Höhe der linken Papillarmuskeln (KAPPM, Abb. 6)
4. im Querschnitt auf Höhe der Mitralklappenebene (KAMV) (Abb. 3) (zur Ermittlung der FS(%) unterhalb der Mitralklappenebene)

von rechts kranial in der langen Herzachse (3. ICR = RKRLA):

5. mit Darstellung des rechten Ausflußtraktes und der Pulmonalklappe (PV) und -arterie (LAPV) (Abb. 4)

von rechts kranial in der kurzen Herzachse (3. ICR = RKRKA):

6. im Querschnitt der Aortenklappenebene (KAAV) (Abb. 7)

von links kaudal in der langen Herzachse (4. ICR = LKDLA):

7. mit Darstellung der linken Einströmungsbahn und der Mitralklappe (LAMV) (Abb. 2)

Die Abbildungen 1 bis 7 zeigen die Schemata der Herzschnittbilder und die Meßstrecken im Bereich des Myo-

**Tab. 3:** Echographisch ermittelte systolische (S) und diastolische (D) Herzdimensionen (in mm) der drei untersuchten Pferdeguppen in der Anschallposition der langen Herzachse von links kaudal (LKDLA) mit Darstellung der linken Einströmungsbahn.

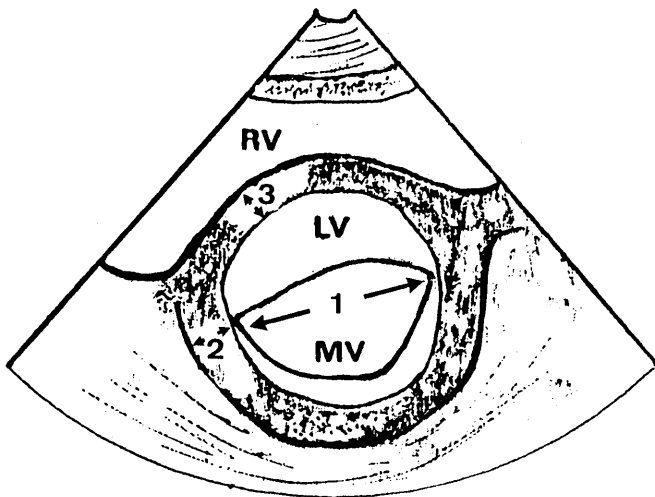
LA: Linkes Atrium, LV: Linker Ventrikel, LWWD: Linksventrikuläre Wand; Ø: Durchmesser

In left caudal long axis plane with view to left heart inflow tract determined systolic (S) and diastolic (D) heart dimensions (mm) of three groups of horses without heart disease.

LA: left atrium, LV: left ventricle, LWWD: left ventricle wall, Ø: diameter.

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm)
1) Innen Ø d. LA's	D	118 ± 6	114 ± 7	117 ± 6
	S	110 ± 10	105 ± 12	118 ± 11
2) Innen Ø auf Mitralklappenebene	D	103 ± 9	105 ± 10	107 ± 8
	S	92 ± 58	91 ± 11	91 ± 13
3) Innen Ø d. LV's	D	118 ± 9	121 ± 8	119 ± 12
	S	86 ± 8	88 ± 12	89 ± 15
4) Myokarddicke d. LWWD	D	23 ± 3	24 ± 4	25 ± 2
	S	31 ± 6	31 ± 3	32 ± 4

kards, der Vorhöfe, Klappenebenen und Ventrikel. In der kurzen Herzachse von rechts kaudal auf Höhe der Mitralklappenebene wurden für den Innendurchmesser des linken Ventrikels sowie den Durchmesser der linken Ventrikelwand und des interventrikulären Septums nur die diastolischen Werte, für alle anderen Parameter dagegen auch die systolischen Werte erfasst.



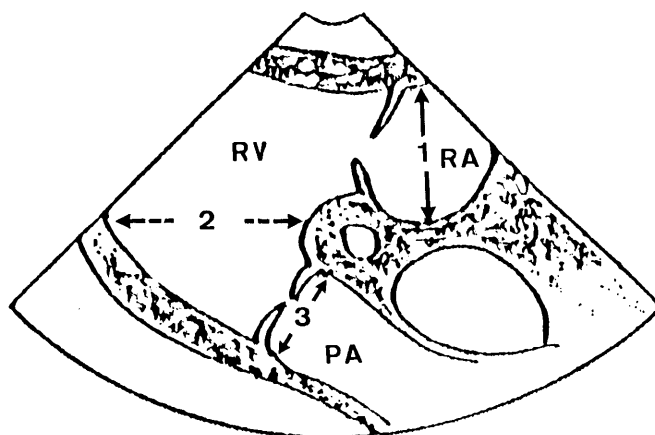
**Abb. 3:** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der kurzen Herzachse von rechts kaudal (RKDKA; Meßstrecken 1 – 3: s. Tabelle 4) auf Höhe der Mitralklappenebene.

LV: Linker Ventrikel, MV: Mitralklappe, RV: Rechter Ventrikel.

Schematic illustration and measurements in short axis plane of the heart from right caudal transducer position (RKDKA, measurement 1 – 3: s. Table 4).

RV: Right ventricle, LV: Left Ventricle, MV: Mitral Valve.

Außerdem wurde der prozentuale Anteil der Verkürzung (FS%) des enddiastolischen Innendurchmessers des linken Ventrikels während der Systole sowohl in der langen Herzachse von rechts kaudal unterhalb der Mitralklappe als auch in der kurzen Herzachse von rechts kaudal und zwar unterhalb der Mitralklappe zwischen den Papillarmuskeln



**Abb. 4:** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der langen Herzachse von rechts kranial (RKRLA, Meßstrecken 1 – 3: s. Tabelle 5) mit Darstellung des rechten Ausflußtraktes mit der Pulmonalklappe und der Pulmonalarterie.

RV: Rechter Ventrikel, RA: Rechtes Atrium, PA: Pulmonalarterie.

Schematic illustration and measurements in long axis plane of the heart from right cranial transducer position (RKRLA, measurement 1 – 3: s. Table 5) with right outflow tract, pulmonic valve and pulmonary artery.

RV: Right ventricle, RA: Right atrium, PA: Pulmonary arterie.

**Tab. 4:** Echographisch ermittelte diastolische (D) Herzdimensionen (in mm) der drei untersuchten Pferdeguppen in der Anschalposition der kurzen Herzachse auf Mitralklappenebene von rechts kaudal (RKDKA).

RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel  
MV: Mitralklappe; Ø: Durchmesser  
LVWD: IVS:

In right caudal short axis plane on mitral valve level determined systolic (S) and diastolic (D) heart dimensions (mm) of three groups of horses without heart disease.

RV: Right ventricle, LV: left ventricle, Ø: diameter  
LVWD: IVS:

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm)
1) Innen Ø d. LV's	D	101 ± 10	101 ± 9	104 ± 8
2) Durchmesser d. LVWD	D	26 ± 3	25 ± 3	28 ± 7
3) Durchmesser d. IVS's	D	29 ± 5	29 ± 4	32 ± 4

**Tab. 5:** Echographisch ermittelte diastolische (D) und z. T. systolische (S) Herzdimensionen (in mm) der drei untersuchten Pferdeguppen in der Anschalposition der langen Herzachse von rechts kranial (RKRLA) mit Darstellung des rechten Ausflußtraktes und der Pulmonalarterie.

RV: Rechter Ventrikel, RA: Rechtes Atrium, PA: Pulmonalarterie; Ø: Durchmesser

In right cranial long axis plane with view to right outflow tract determined systolic (S) and diastolic (D) heart dimensions (mm) of three groups of horses without heart disease.

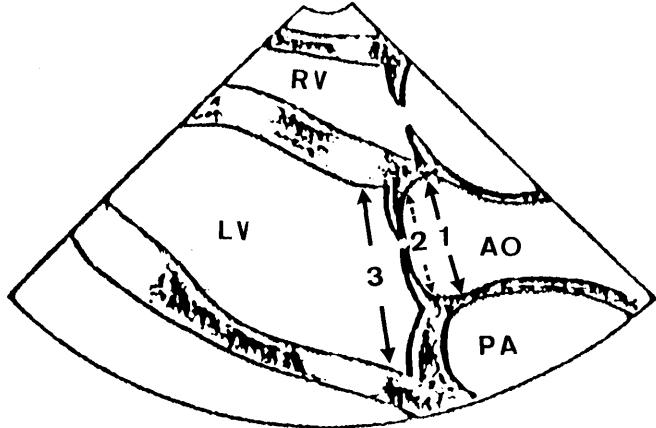
RA: right atrium, RV: right ventricle, PA: pulmonary artery, Ø: diameter.

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm)
1) Innen Ø d. RA's	D	69 ± 8	68 ± 9	71 ± 11
2) Innen Ø d. RV's	D	71 ± 3	73 ± 11	77 ± 13
3) Ø der Pulmonalklappe	D	49 ± 6	51 ± 11	56 ± 7
	S	41 ± 5	44 ± 8	48 ± 7

bestimmt. Es handelt sich hierbei um die Meßstrecke, die im M-mode zur Ermittlung der (FS %) angestrebt wird.

Im Verlauf der klinischen Diagnostik mit Hilfe der erarbeiteten Normwerte erschien es sinnvoll, besonders bei Erkrankungen der Aortenklappen, zusätzlich den Innendurchmesser der Aorta ascendens im Bereich der sinus valsalvae (Stadler, 1992; Stadler et al., 1995) zu bestimmen. Dieser wurde deshalb zusätzlich in einer Studie an 20 herzgesunden Pferden (Tab. 1b) ermittelt.

Die Schnittbilder des Herzens wurden auf Videoband aufgezeichnet und anschließend mit Hilfe der Meßeinrichtung des Ultraschallgerätes ausgewertet. Dazu wurde das Monitorbild für die enddiastolische Messung am Ende der P-Welle und für die endsystolische Messung am Ende der T-Welle „eingefroren“. Je nach Qualität der gewonnenen Ultraschallbilder wurde die Schallbarkeit eines Pferdeherzens mit gut, ausreichend oder schlecht beurteilt.



**Abb. 5 :** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der langen Herzachse von rechts kaudal (RKDLA AO, Meßstrecke 1 : s. Tabelle 6; Meßstrecken 2 u. 3: s. Tab. 7) mit Darstellung des linken Ausflußtraktes und der Aorta ascendens.  
 RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel,  
 AO: Aorta, PA: Pulmonalarterie

Schematic illustration and measurements in long axis plane of the heart from right caudal transducer position (RKDLA AO, measurement 1 : s. Table 6, Measurement 2 u.3, s. Table 7) with left outflow tract and aorta ascendens  
 RV: right ventricle, LV: left ventricle,  
 PA: pulmonary artery, AO: Aorta

**Statistik**

Die Mittelwerte der einzelnen Parameter der drei Gruppen wurden zunächst in einer einfaktoriellen Varianzanalyse und dann mit dem multiplen Mittelwertvergleich nach Tukey (Hochberg u. Tamhane, 1987) verglichen.

**Ergebnisse**

Die Tabellen 2 bis 8 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Parameter der drei Gruppen. Die Tabellen 9 und 10 zeigen die Werte der prozentualen Verkürzungsfraktion des linken Ventrikels aus zwei verschiedenen Anlotungspositionen. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Gruppen ( $p > 0.05$ ).

**Diskussion**

Bei allen Sportpferden konnte eine gute Qualität der Ultraschallbilder ohne das Scheren der Haare erreicht werden. Bei einigen Pferden der Kontrollgruppe, die im Winterhalbjahr untersucht wurden, mußte allerdings das Haarkleid geschoren

**Tab. 6:** Echographisch ermittelter Aortendurchmesser (in mm) auf Höhe der Sinus Valvulae bei 20 herzgesunden Pferden.  
 AO Ø: Aortendurchmesser

In level of sinus valsalvae determined aortic diameter in 20 heart healthy horses,  
 AO Ø: aortic diameter.

20 herzgesunde Pferde		
1) AO Ø im	D	79 ± 4
Sinus Valsalve	S	76 ± 4

**Tab. 7:** Echographisch ermittelter systolischer (S) und diastolischer (D) Innendurchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Mitralklappenebene so wie der Durchmesser der Aorta auf Höhe der Aortenklappe in der Anschallposition der langen Herzachse von rechts kaudal (RKDLA AO).

RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel,  
 AO: Aorta, PA: Pulmonalarterie;  
 Ø: Durchmesser.

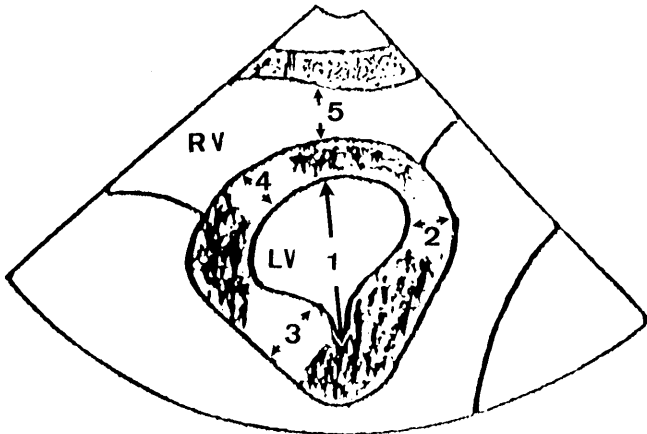
In right caudal long axis plane with view to left heart outflow tract determined systolic (S) and diastolic (D) dimensions of left ventricle (mm) and diameter of aortic valve of three groups of horses without heart disease.  
 RV: right ventricle, LV: left ventricle,  
 AO: aorta, PA: pulmonary artery,  
 Ø: diameter.

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$	Gruppe II $\bar{x} \pm s$	Gruppe III $\bar{x} \pm s$
2) Innen Ø AO auf Klappenhöhe	D	69 ± 8	62 ± 6	64 ± 9
	S	58 ± 4	55 ± 4	58 ± 7
3) Innen Ø d. LV's u. Klappenebene	D	118 ± 10	118 ± 11	121 ± 6
	S	93 ± 13	97 ± 11	97 ± 14

werden. Eine Rasur oder Depilierung war dagegen bei keinem Pferd erforderlich. Die Orientierung zur größtmöglichen Darstellung der Herzstruktur in einer bestimmten Schnittebene erfolgt stets in der Diastole, da diese Herzphase im Vergleich zur Systole länger dauert. In der Systole erfährt das Herz sowohl eine Verkürzung in den Längsachsen als auch eine geringfügige Drehbewegung. Deshalb kann die bildliche Darstellung und die anschließende Messung nicht immer genau in derselben Ebene wie in der Diastole erfolgen. Wir sind jedoch der Ansicht, daß diese geringgradige Verschiebung der Schnittebene für die klinische Diagnostik sowohl im inter- als auch im intraindividuellen (z.B. Nachuntersuchungen) Vergleich der systolischen Werte in Kauf genommen werden kann.

Bei unseren Untersuchungen von 1993 (Stadler et al., 1993) im M-Mode lagen signifikante Unterschiede des Durchmessers des linken Ventrikels sowie des interventrikulären Septums und der linksventrikulären Hinterwand sowohl auf Papillarmuskelebene als auch unterhalb der Mitralklappe gemessen, zwischen Springpferden und Dressurpferden auf der einen Seite und Springpferden und Freizeit-

pferden auf der anderen Seite vor. In der vorliegenden Arbeit war dagegen bei keinem der gemessenen Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Probandengruppen vorhanden. Da die Absolutwerte der Herzwanddimensionen als auch des Innendurchmessers des linken Ventrikels bei der B-Mode-Untersuchung insgesamt höhere Werte aufweisen, könnte neben einem unterschiedlichen Untersuchungsgut auch eine exaktere Bestimmung der jeweils größten diastolischen Ausdehnung der Herzstrukturen im zweidimensionalen Schnittbild die Ursache sein. Die M-



**Abb. 6 :** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der kurzen Herzachse von rechts kaudal (RKDKA), Meßstrecken 1 – 5: s. Tabelle 8) auf Höhe der Papillarmuskeln.

RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel.

Schematic illustration and measurements in short axis plane of the heart from right caudal transducer position (RKDLA, measurement 1 – 5 s. Table 8) on papillary muscle level.

RV: Right ventricle, LV: Left ventricle.

Mode-Untersuchung wird zwar auf Grundlage der Positionierungen des M-Mode-Strahls im B-Mode-Bild durchgeführt, durch Bewegungen des Pferdes während der Untersuchung kann jedoch eine geringgradige Verschiebung der Meßebene nach dem Umschalten auf das M-Mode-Bild eintreten, besonders wenn bei Einsatz älterer Geräte keine simultane Darstellung des Schnittbildes bei der M-Mode-Untersuchung möglich ist.

In der Humanmedizin (Gilbert et al., 1977; Parker et al., 1978; Hauser et al., 1985) wurde eine signifikante Vergrößerung der Herzdimensionen, besonders der linksventrikulären und rechtsventrikulären Wand sowie des interventrikulären Septums, aber auch der Innendurchmesser des linken und rechten Ventrikels von Ausdauersportlern im Vergleich zu untrainierten Probanden festgestellt. Paull et al. (1987) wiesen mit der M-mode-Technik signifikante Unterschiede des Innendurchmessers der Aorta, des systolischen Innendurchmessers des linken Ventrikels und des systolischen Durchmesser der linken Ventrikelwand sowie des diastolischen Durchmesser der linken Ventrikelwand zwischen trainierten und untrainierten Distanzpferden nach. Bei den eigenen Untersuchungen traten keine signifikanten

**Tab. 8:** Echographisch systolische (S) und diastolische (D) Herzdimensionen ermittelt in der kurzen Herzachse von rechts kaudal (RKDKA) auf Papillarmuskelhöhe.

RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel,  
LVWD: Linksventrikuläre Wand,  
PPM: Auf Papillarmuskelhöhe, Ø: Durchmesser.

In right caudal short axis plane on papillary muscle level determined systolic (S) and diastolic (D) heart dimensions (mm) three groups of horses without heart disease.

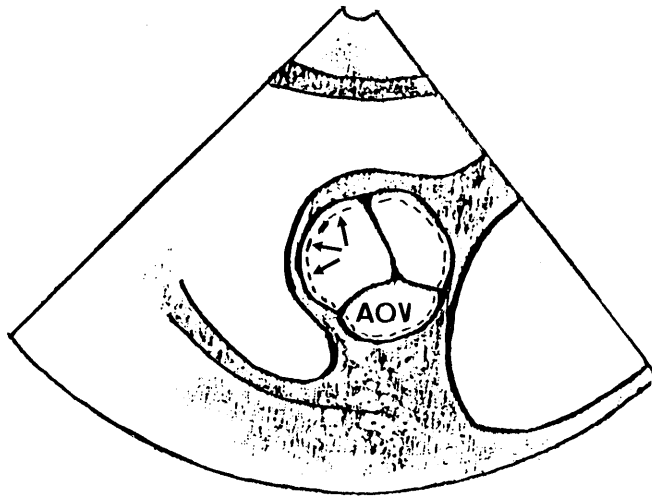
RV: Right ventricle, LV: left ventricle,  
LVWD: left ventricle wall,  
PPM: Level of papillary muscle, Ø: diameter.

		Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm)
1) Innen Ø d. LA's PPM	S	67 ± 11	68 ± 12	62 ± 16
2) Myokarddicke d.LVWD	S	31 ± 5	35 ± 4	33 ± 5
3) Myokarddicke LVWD, PPM	D	38 ± 6	36 ± 6	39 ± 6
	S	53 ± 6	51 ± 6	55 ± 5
4) Innen Ø d. IV's	D	28 ± 4	28 ± 4	29 ± 5
	S	43 ± 4	41 ± 4	32 ± 4
5) Innen Ø d. RV's	D	41 ± 8	44 ± 6	51 ± 7
	S	34 ± 8	35 ± 7	42 ± 7

Unterschiede der Herzdimensionen zwischen den Dressur- und Springpferden einerseits und den Freizeitpferden andererseits auf. Die „Freizeitreiterei“ hat somit offensichtlich eine ähnliche Auswirkung auf die Ausbildung der Herzmuskelmasse wie die Ausbildung zum Dressur- und Springpferd. Dieses ist verständlich, weil Freizeitpferde nicht selten mehrmals wöchentlich zwischen zwei und vier Stunden am Tag im Gelände geritten werden. Aus diesem Grunde können die erarbeiteten Normwerte durchaus zur Differenzierung von physiologischen und pathologischen Herzdimensionen von Dressur-, Springpferden und Freizeitpferden herangezogen werden.

Zur Beurteilung der Kinetik des linken Ventrikels wird beim Menschen und beim Tier die prozentuale Verkürzungsfraktion (FS%) herangezogen. Bisher ist dieser Parameter meistens mit Hilfe der M-Mode-Technik bestimmt worden. Dabei fällt sowohl in der Humanmedizin (Bogunovic et al., 1982; Hauser et al., 1985; Dickhut et al., 1985) als auch im Vergleich der verschiedenen Autoren in der Pferdemedizin (Pipers und Hamlin, 1977; Paull et al., 1987; Lescure und Tamzali, 1984; Stadler et al., 1993) eine nicht unbeträchtliche Schwankungsbreite dieser Werte auf, welche auch in der vorliegenden Arbeit deutlich erkennbar ist. Im Gegensatz zu Stadler et al. (1993) liegt der Mittelwert allerdings in dem Bereich um 40%. Die eigenen echokardiographischen Untersuchungen von inzwischen ca. 450 Pferden anlässlich der kardiologischen Diagnostik bestätigt auch bei uns für die M-mode-Untersuchung einen Normalwert um ca. 40% für das Warmblutpferd.

Die B-Mode-Technik erlaubt eine genaue Positionierung des M-Mode-Strahles unterhalb der Mitralklappe zwischen den beiden Papillarmuskeln in der kurzen Herzachse. Auch für die Berechnung der FS% wirkt sich in der M-Mode-Untersuchung die systolische Herzmuskelrotation und somit das Heraustreten des M-Mode-Strahles aus der gewünschten Anschallposition erschwerend aus. Es kann dabei sehr leicht zu einer ungewollten Überlagerung des M-Mode-



**Abb. 7:** Schema und Meßstrecken des Herzschnittbildes bei Anlotung in der kurzen Herzachse von rechts kranial (RKRKA) zur Ermittlung der Fläche der Aortenklappe. AOV: Aortenklappe

Schematic illustration and measurement of aortic area in short axis plane of the heart from right cranial transducer position (RKRLA). AOV: aortic valve.

Strahles mit einem der beiden Papillarmuskeln kommen. Deshalb empfehlen wir bei widersprüchlichen Ergebnissen der M-Mode-Technik und dem Verdacht einer unphysiologischen Herzkinetik im bewegten Schnittbild, die fraktionelle Verkürzung mit Hilfe der B-Mode-Technik in der kurzen Herzachse von rechts-kaudal unterhalb der Mitralklappe zwischen den beiden Papillarmuskeln (s. Abb.6) zu bestimmen.

Auch für den Durchmesser des linken Atriums, von links kaudal in der langen Herzachse (LKDLA) ergibt sich als Folge der klinischen Diagnostik bei einem großen Untersuchungsgut (ca. 450 Pferde) eine geringgradige Korrektur des hier erarbeiteten oberen Normwertes beim Warmblutpferd auf 130 mm.

Die klinischen Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß für eine Vereinfachung der konventionellen echokardiographischen Untersuchung im B-Mode der Vierkammerblick von rechts die Grundlage der Herzuntersuchung bildet. Bei dieser Untersuchung sollten alle in der Abbildung 1 aufgezeigten Herzdimensionen ausgemessen werden. Für die Untersuchung der Aorta reicht dagegen die Bestimmung des Durchmessers in der langen Herzachse im Bereich der Sinus-Valsalvae (Abb.5) aus. Zur Untersuchung des linken Atriums sollten die in Abbildung 2 mit 1 und 2 bezeichneten Meßstrecken untersucht werden. Die Darstel-

**Tab. 9:** Fläche der Aortenklappe der drei Probandengruppen (in mm<sup>2</sup>) ermittelt in der Anschallposition der kurzen Herzachse von rechts kranial (RKRKA, s. Abb. 7).

Area of aortic valve (mm<sup>2</sup>) of three groups of horses without heart disease determined in right cranial short axis plane (RKRKA s. fig. 7).

	Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (mm <sup>2</sup> )	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (mm <sup>2</sup> )	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (mm <sup>2</sup> )
D	6267 ± 665	5375 ± 748	5627 ± 1108
S	5727 ± 620	5206 ± 695	

**Tab. 10:** Die prozentuale Verkürzungsfraction des linken Ventrikels (FS%) der drei Probandengruppen, ermittelt von rechts kaudal in der langen (RKDLA, Abb. 1) und in der kurzen Herzachse (RKDKA).

In right caudal long and short axis planes determined shortening fraction (FS%) of left ventricle (fig. 1).

	Gruppe I $\bar{x} \pm s$ (%)	Gruppe II $\bar{x} \pm s$ (%)	Gruppe III $\bar{x} \pm s$ (%)
RKDLA	29 ± 6	29 ± 7	22 ± 8
RKDKA	39 ± 10	41 ± 9	42 ± 11

lung der Mitralklappenebene in der kurzen Herzachse von rechts kaudal wird in der Regel nur zur Bestimmung der FS% unter der Mitralklappenebene als Orientierungshilfe angelotet.

Wenn sich spezielle Fragestellungen in Bezug auf das rechte Herz ergeben (z.B. Trikuspidalklappeninsuffizienz), dann sollte über die obligatorische Bestimmung des Durchmessers der Pulmonalarterie in der Anschallposition der langen Herzachse von rechts kranial mit Darstellung des rechten Ausflußtraktes und der Pulmonalarterie (Stadler et al. 1988) hinaus der Durchmesser des rechten Atriums und des rechten Ventrikels in dieser Schnittbilddarstellung vorgenommen werden. Die Messung der Fläche der Aortenklappe in der Anschallposition der kurzen Herzachse von rechts kranial (Abb.7) ist nur zur Bestimmung des Herzzeitvolumens (Stadler et al.,1994) sinnvoll.

Eine weitere klinische Vereinfachung sehen wir darin, zunächst nur die diastolischen Werte der Herzdimensionen zu messen. Wenn sich allerdings für den geübten Untersucher im bewegten Schnittbild der Verdacht auf eine konzentrische oder exzentrische Hypertrophie des Herzens oder eine veränderte Herzkinetik ergibt, dann sollte aufgrund der besseren axialen Auflösung sowohl die Amplitude der Herzwandbewegung als auch der Durchmesser der betreffenden Herzwand nach Positionierung des M-Mode-Strahls im Schnittbild genau analysiert werden. Diese schließt dann automatisch die Bestimmung der systolischen Werte ein. Es wird darauf hingewiesen, daß eine veränderte Herzkinetik in Einzelfällen übersehen werden kann, wenn die abnorm beweglichen, erkrankten Herzmuskel-



wandabschnitte (IVS, LVPW) nämlich außerhalb der standardisierten Schnittebenen zur Ermittlung der FS% liegen. Die echokardiographische Routinediagnostik der letzten Jahre hat gezeigt, daß trotz des Einsatzes der konventionellen (CW-, PW-Technik) und der farbkodierten Dopplertechnik die Schnittbilduntersuchung des Herzens im B-Mode, insbesondere die hier erarbeiteten Normwerte, für die Herzdimensionen von Warmblutpferden weiterhin die Grundlage für die Diagnostik von Herzklappen- sowie Myokarderkrankungen ist. Insbesondere sind die Auswirkungen von hämodynamischen Veränderungen, z.B. linksventrikuläre Dilatationen bei Aorteninsuffizienzen (Stadler et al., 1995) oder z.B. Vorhof- und Ventrikeldilatationen nach AV-Klappeninsuffizienzen oder nach Reizbildungsstörungen wie Vorhofflimmern mit Hilfe der B-Mode-Technik erfaßbar.

## Literatur

- Bogunovic, N., H. Mannebach und H. Ohlmeier (1982): Kardiologische Diagnostik: Atlas der Echokardiographie. Boehringer, Mannheim
- Dickhut, H.H., Reindell, H. und J. Keul (1985): Rückbildungsfähigkeit des Sportherzens. Z. Kardiol. 74, Suppl. 7, 135-143.
- Gilbert, C.A., D.O. Nutter, J.N. Felner, J.V. Perkins, S.B. Heymsfield und R.C. Schlunt (1977): Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athlete. Am. Cardiol. 40, 528-533.
- Hauser, A.M., R.H. Dressendorfer, M. Vos, T. Hashimoto, S. Gordon, S. Timmis und G.C. Timmis (1985): Symmetric cardiac enlargement in highly trained endurance athletes: A two-dimensional echocardiographic study. American Heart Journal. 109 (5), 1038-1044.
- Lescure, F. and J. Tamzali (1984): Valeurs de reference en echocardiographie TM chez le cheval de sport. Rev. Med. Vet., 135, 405-418
- Long, K.J., J.D. Bonagura und G.P. Darke (1992): Standardised imaging technique for guided M-mode and Doppler echocardiography in the horse. Equine Vet. J. 24, 226-235
- Muir, W.W. und S.M. Mc Guirk (1984): Hemodynamics before and after conversion of atrial fibrillation to normal sinus rhythm in horses. J. Am. Vet. Assoc. 184, 965-970.
- Parker B.M., B. R. Londeree, J. V. Cupp und J.P. Dubiel (1978): The non invasive cardiac evaluation of long-distance runners. Chest, 73, 376-381.
- Paull, K. S., W. E. Wingfield, J. J. Bertone und J. A. Boon (1987): Echocardiographic changes with endurance training. Aus: Equine Exercise Physiology, 2. Aufl. Hrsg.: Gillespie u. Robinson, ICEEP Publications, Davis, California: 34-40
- Pipers, F.S. and R.L. Hamlin (1977): Echocardiography in the Horse. J. Am. Vet. Med. Assoc., 170, 815-822
- Reef Virginia B., K. Lalezari, J. Deboo, A. van der Belt, Pamela A. Spencer and J.K. Dik (1989): Pulsed Doppler evaluation of intracardial blood flow in 30 clinically normal standardbred horses. Am J. Vet. Res. 50, 75-83.
- Reef, Virginia B. (1990): Colour flow Doppler mapping of horses with valvular insufficiency. Proc. 8th ACVIM Forum, Washington D.C., 483-486
- Stadler, P. U. D'Agostino und E. Deegen (1988): Methodik der Schnittbildechocardiographie beim Pferd. Pferdeheilkunde 4, 161-174
- Stadler, P., Anke Rewel und E. Deegen (1993): Die M-Mode-Echokardiographie bei S-Dressur-; S-Springpferden und bei untrainierten Pferden. J. Vet. Med., A 40, 292-306.
- Stadler, P., N. Kinkel und E. Deegen (1994): Ein Vergleich der Herzzeitvolumenbestimmung zwischen der Thermodilutionsmethode und der PW-Dopplerechokardiographie zur Beurteilung der systolischen Herzfunktion beim Pferd. Dtsch. tierärztl. Wschr. 101, 312-315.
- Stadler, P., Maïke Höch und Ingke Radü (1995): Die Echokardiographie beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der farbkodierten Dopplertechnik. Prakt. Tierarzt 76, 1015-1023.
- Stadler, P., T. Weinberger und E. Deegen (1992): Die Anwendung der Dopplerechokardiographie bei Aorten- und Mitralklappeninsuffizienzen und Defekten der Herzmuskelwände. 12. Tagung der Fachgruppe „Pferdekrankheiten“/ Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V., DVG. – Wiesbaden: DVG.
- Stadler, P., Birgit Frühauf und E. Deegen (1995): Die echokardiographische Bestimmung der diastolischen Herzfunktion und die Ermittlung des Lungenkapillardruckes beim Pferd. Pferdeheilkunde 11, 109-120

Dr. Peter Stadler  
Dr. Frank Robine

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover  
Bischofsholer Damm 15, Nr. 118  
30173 Hannover

Tel. (0511) 856-7233  
Fax (0511) 856-7688