

Aus dem Zentrum für Innere Medizin
der Universität Ulm
Klinik für Innere Medizin II
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. V. Hombach
in Zusammenarbeit mit der
Klinik für Innere Medizin III
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. H. Döhner

Evaluation eines tragbaren Echokardiographiegerätes zur Screeninguntersuchung bei Chemotherapiepatienten

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin, Dr. med.
der Medizinischen Fakultät
der Universität Ulm

Maria Stiegeler
Ichenhausen

2007

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Hartmut Hanke
2. Berichterstatter:	PD Dr. med. Mathias Schmid
Tag der Promotion:	23. Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1 Einleitung	2
1.1 SonoSite/SonoHeart	3
1.2 Kardiotoxizität bei Chemotherapie	3
1.3 Fragestellung und Zielsetzung der Studie	4
2 Patienten, Geräte und Methoden	5
2.1 Patientenkollektiv	5
2.2 Geräte	5
2.3 Methoden	6
2.3.1 Studienprotokoll	6
2.3.2 Untersuchungsablauf	8
2.3.3 Statistische Auswertung	9
3 Ergebnisse	10
3.1 Bildqualität	10
3.2 Beurteilung des linken Ventrikels	15
3.2.1 Größeneinschätzung	15
3.2.2 Funktion	16
3.2.3 Hypertrophie	18
3.3 Einschätzung der Größe des linken Vorhofs	19
3.4 Perikarderguss	21
3.5 Beurteilung der Aortenklappe	23
3.5.1 Aortenklappenmorphologie	23
3.5.2 Aortenklappeninsuffizienz	26
3.5.3 Aortenklappenstenose	28
3.6 Beurteilung der Mitralklappe	29
3.6.1 Mitralklappenmorphologie	29
3.6.2 Mitralklappeninsuffizienz	30
3.6.3 Mitralklappenstenose	31

3.7	Beurteilung von Aorten- und Mitralklappenmorphologie	32
3.8	Beurteilung von Aorten- und Mitralklappeninsuffizienz	33
3.9	Trikuspidalklappenmorphologie, rechtes Atrium, rechter Ventrikel . . .	36
4	Diskussion	37
4.1	Vergleich der technischen Gegebenheiten bei der Beurteilung der Bild- qualität	37
4.2	Interobservervariabilität	38
4.3	Linker Ventrikel	39
4.4	Linker Vorhof	42
4.5	Perikarderguss	43
4.6	Klappenmorphologie	44
4.7	Klappenstenose und Klappeninsuffizienz	45
4.8	Einsatz des tragbaren Echokardiographiegerätes	47
5	Zusammenfassung	49
	Literaturverzeichnis	51

Abkürzungsverzeichnis

A-Bild	Amplitudenmodulation-Bild
B-mode	Brightness-mode / Helligkeits-Modus
D-mode	Doppler-mode
2D-Echo	2-dimensionale Echokardiographie
F-mode	Frequency-mode / Frequenz-Modus
95%-KI	95%-Konfidenzintervall
LA	Linkes Atrium / linker Vorhof
LV	Linker Ventrikel
LAD	Left atrial diameter / Durchmesser des linken Vorhofes
M-mode	Motion-mode / Bewegungs-Modus
n	Anzahl der Patienten
PLX	Parasternal lange Achse
PSX	Parasternal kurze Achse
PVP	Positive Predictive Value / positiver Vorhersagewert
PVN	Negative Predictive Value / negativer Vorhersagewert
PW-Doppler	Pulsed Wave-Doppler / gepulster Doppler
SE	Standard-Echokardiographiegerät
SN	Sensitivität
SP	Spezifität
TE	Tragbares Echokardiographiegerät

1 Einleitung

Die erste Vorführung zur Anwendung von Ultraschallwellen zur Darstellung des Herzens wurde schon 1954 von Edler und Hertz an der Universität Lund in Schweden demonstriert. In der folgenden Zeit entwickelte sich dennoch der Einsatz dieser neuen Technik nur sehr langsam [37]. Zur echokardiographischen Diagnostik wurde ein A-Bild eingesetzt, in einer pulssynchronen Hin- und Herbewegung waren die akustischen Grenzflächen des Herzens zu erkennen. Der Einsatz des A-Bildes hat heute nur noch historische Bedeutung [20]. Ende der 60er Jahre und Anfang der 70er Jahre gelang der Echokardiographie durch das Einführen des M-mode-Verfahrens ein Durchbruch als wichtiges nicht invasives kardiologisches-diagnostisches Verfahren [20]. Während Mitte der 70er Jahre die 2-D Darstellung möglich war, der PW-Doppler als neues diagnostisches Hilfsmittel hinzukam, der Farbdoppler in den späten 70er und Anfang der 80er Jahre entwickelt wurde, ist nun die Darstellung des Herzens mittels Echokardiographie das auf der ganzen Welt am weitesten verbreitete bildgebende Verfahren des Herzens [37]. In neuerer Zeit gibt es die Möglichkeit dreidimensionale Echokardiogramme transthorakal oder transösophageal zu rekonstruieren, was eine bessere anatomische Beurteilung des Herzens zur Folge hat. Letztendlich lässt sich aus in unterschiedlichen Herzzeitzyklen aufgezeichneten dreidimensionalen Echoardiogrammen ein vierdimensionales Echokardiogramm, ein bewegtes dreidimensionales Bild, erzeugen [20]. Trotz dieser beschleunigten Entwicklung in der Darstellungsweise des Herzens blieben die Echokardiographiegeräte in ihrer Größe weitgehend unverändert, was natürlich auch durch die Hinzugewinnung weiterer Funktionen des Gerätes bedingt war. So ist dieses wichtige diagnostische Verfahren wenig flexibel einzusetzen und an bestimmte Räumlichkeiten gebunden. Seit einiger Zeit werden nun auf dem Markt der Echokardiographiegeräte kleine, handtragbare Geräte günstig angeboten, die wichtige Funktionen beinhalten und in diesen Funktionen durchaus vergleichbar mit einem Standard-Echokardiographiegerät sein sollen.

1.1 SonoSite/SonoHeart

Ein tragbares Gerät (SonoHeart) wird von der Firma SonoSite angeboten. Es ist seit dem Jahre 2000 auf dem Markt der Echokardiographiegeräte zu erwerben, dennoch gibt es nur wenige Studien, die dieses Gerät mit den herkömmlichen vergleichen. Nicht größer als ein Laptop, verspricht es eine leicht zu erlernende und benutzbare Anwendung. Durch die Tragbarkeit ist es im Gegensatz zum Standardgerät flexibel und in verschiedenen Situationen einsetzbar. Das ergibt wiederum kürzere Wartezeiten für Patienten, die sofortige Bereitstellung des Gerätes in Notfallsituationen und eine ressourcenschonende Anwendung bezüglich des Personals und des Kostenfaktors. Da aber durch die größere Flexibilität des Gerätes auch ein häufigerer Gebrauch zu erwarten ist, zum Beispiel beim sofortigen Einsatz von SonoSite bei der Anamnese des Patienten, wenn auskultatorisch ein pathologisches Herzgeräusch erkennbar wird, soll dieses Gerät nicht nur dem Patienten eine bessere Diagnostik, sondern auch dem Anwender einen besseren Lerneffekt bereiten. Weiterhin sollte mit dem Gerät eine schnelle Übersicht über die linksventrikuläre Funktion, die Klappenfunktion, einer Wandhypertrophie, die Größe von Vorhöfen und Kammern gewonnen werden und die Erkennung eines Perikardergusses möglich sein.

1.2 Kardiotoxizität bei Chemotherapie

Ein wichtiges Patientenkollektiv in der echokardiographischen Diagnostik stellen Patienten dar, welche eine Screeninguntersuchung vor einer Chemotherapie erhalten, um die Gefahren für den einzelnen Patienten der folgenden Volumenbelastung und der möglichen Kardiotoxizität mancher Chemotherapeutika einzuschätzen und ihnen vorzubeugen, ebenso um bei vor Chemotherapie herzgesunden Patienten eine Herzschädigung durch Chemotherapeutika nachzuweisen. Endokarditisprophylaxe und die Reduzierung anderer kardialen Risikofaktoren ist somit sinnvoll [4]. Zum Beispiel ist eine Kardiotoxizität von Anthrazyklinen im Sinne eines Sinkens der Ejektionsfraktion gut bekannt [5]. Das Vorkommen von Kardiotoxizität durch Anthrazykline betrug bei Endokardbiopsien bis zu 85% [16]. In einer anderen Studie wurden als pathologische

Korrelate eine dilatative kardiale Hypertrophie und Perikardergüsse festgestellt. Mikroskopisch stellten sich eine Myokardfibrose und geschädigte Myocyten dar [3]. Ebenfalls wurde bei einer Therapie mit 5-Fluorouracil über Angina pectoris, tödlich verlaufende Herzrhythmusstörungen und Myokardinfarkte berichtet, die Mechanismen, die zu solchen Schädigungen führen, sind aber noch nicht bekannt. Eine eventuelle Myocytenschädigung oder Vasospasmen werden diskutiert [36]. Weitere Beispiele von kardiotoxischen Chemotherapeutika sind unter anderem Cyclophosphamid, Ifosfamid und Mitomycin [10]. Postma schlug sogar in seiner Studie, in welcher er festgestellt hat, dass bei der Behandlung mit Doxorubicin nicht nur Herzrhythmusstörungen, sondern auch eine reduzierte Ejectionsfraktion und eine Dilatation des linken Ventrikels zu verzeichnen waren, vor, die Herzfrequenzvariabilität und die posteriore Wanddicke des linken Ventrikels als Index für die Kardiotoxizität zu verwenden [24].

1.3 Fragestellung und Zielsetzung der Studie

Nun stellen Patienten, die eine echokardiographische Screeninguntersuchung vor einer Chemotherapie erhalten eher ein Patientenkollektiv mit niedriger Prävalenz kardialer Erkrankungen dar. Ein Gerät zur Untersuchung dieser Patienten steht aber nicht permanent zur Verfügung, denn die Untersuchungen finden in einem speziellen Herzecholabor statt. Fragestellung der Studie war es, herauszufinden, ob die neuen tragbaren Echokardiographiegeräte valide und reproduzierbare Ergebnisse liefern, um somit als Screeninggerät bei der kardialen Voruntersuchung von Chemotherapiepatienten eingesetzt werden zu können. Damit wäre das Gerät auch auf Station einsetzbar, die Wartezeit der Patienten auf die Untersuchung würde sich verkürzen und das Echolabor würde entlastet werden.

2 Patienten, Geräte und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Für diese Studie wurden in der Klinik für Innere Medizin II (Kardiologie) in Zusammenarbeit mit der Klinik für Innere Medizin III (Haematologie) des Universitätsklinikums Ulm nach Genehmigung durch die Ethikkommission von Oktober 2000 bis Januar 2001 insgesamt 76 Patienten echokardiographisch untersucht. Es handelte sich um Patienten mit haematologischen Grunderkrankungen, die routinemäßig vor Chemotherapie eine echokardiographische Untersuchung erhielten. Von diesen 76 Patienten waren 29 Patienten weiblich und 47 männlich.

Der Median des Alters lag bei 50 Jahren (19-66 Jahre). 13 Patienten kamen im Laufe der Studie zu einer zweiten Kontrolluntersuchung. Diese Patienten wurden als Untergruppe in das Studienprotokoll aufgenommen. Acht der 13 Patienten waren weiblich, fünf männlich. Bei dieser Untergruppe lag der Median des Alters bei 53 Jahren (34-66 Jahre). Kardiologische Vorerkrankungen waren dem Untersucher nicht bekannt. Als einziges Einschlusskriterium galten nur Patienten, die aufgrund ihrer haematologischen Grunderkrankung vor der Chemotherapie eine echokardiographische Screeninguntersuchung erhielten.

2.2 Geräte

Als Studiengerät wurde ein tragbares Echokardiographiegerät (SonoSite, SonoHeart, Bothell, Washington) verwendet. Zum Vergleich wurde ein Standard-Echokardiographiegerät (Toshiba SSH 160 A, Zoetermeer, Niederlande) gewählt. Der Vergleich der technischen Daten ist in Tabelle 1 aufgelistet.

Tab. 1: Vergleich der technischen Daten zwischen Toshiba SSH 160 und Sonoheart

	Toshiba SSH 160	Sonoheart
Display Funktionen	B-mode M-mode D-mode BDF-mode MDF-mode	B-mode D-mode BDF-mode
B-mode	Cine retrieval Multi-image store: 63 frames	Cine retrieval Multi-image store: 18 frames
D-mode	Continuous Wave-Doppler Pulsed Wave-Doppler	Color Doppler Power-Doppler
Schallkopf	2,5 MHz	2,0 MHz
Größe	Diagonale: 28 cm	Diagonale: 13 cm
Gewicht	230,4 kg	2,5 kg

B=Brightness, M=Motion, D=Doppler, F=Frequency

2.3 Methoden

2.3.1 Studienprotokoll

Die Studie wurde als prospektive, klinische Studie angelegt. Jeder Patient wurde sowohl mit dem Standard-Echokardiographiergerät als auch mit dem tragbaren Echokardiographiergerät untersucht. Es standen drei erfahrene Ärzte zur Verfügung, welche über eine langjährige Echokardiographieerfahrung mindestens 2000 Untersuchungen vorweisen konnten. Ein Patient wurde folglich von 2 Ärzten untersucht; ein Arzt untersuchte ihn mit dem Standard-Echokardiographiergerät und der andere mit dem tragbaren Echokardiographiergerät. Die Untersuchungen verliefen unabhängig voneinander und jeder Arzt war verblindet gegenüber den Ergebnissen des anderen Gerätes.

Es erfolgte die Einschätzung folgender Merkmale :

1. durch 2D-Echo:

- a) Die subjektive Beurteilung der Bildqualität in apikaler, parasternaler und subcostaler Schnittebene als gut, mittel oder schlecht.
- b) Die subjektive Einschätzung der linksventrikulären Funktion als normal, leicht reduziert, mittelgradig reduziert oder stark reduziert.
- c) Die Größe des linken Ventrikels als normal groß, leicht vergrößert, mittelgradig vergrößert, stark vergrößert.
- d) Die Beurteilung einer linksventrikulären Wandhypertrophie als keine, leicht, mittelgradig oder stark.
- e) Die visuelle Größe des linken Atriums als normal, leicht, mittel oder stark vergrößert.
- f) Die visuelle Größe des rechten Atriums und rechten Ventrikels als normal, leicht, mittel oder stark vergrößert.
- g) Die Beurteilung eines Perikardergusses als keiner, klein, mittel, groß.
- h) Die Beurteilung der Klappenmorphologie von Aortenklappe und Mitralklappe durch die Parameter Sklerose (keine, leicht, mittel, stark) und Öffnungsbewegung (normal, leicht, mittel, stark eingeschränkt).
- i) Das Vorhandensein von Aortenklappenstenose oder Mitralklappenstenose.
- j) Die Beurteilung der Trikuspidalklappenmorphologie.

2. durch Farbdoppler:

- a) Klappeninsuffizienz von Aortenklappe und Mitralklappe.

2.3.2 Untersuchungsablauf

Der Patient wurde mit 30° erhöhtem Oberkörper und dem linken Arm hinter dem Kopf verschränkt gelagert. Verwendet wurden das apikale Fenster in schräger Halbseitenlage und das parasternale Fenster in Linksseitenlage. Bei schlechter Schallqualität von parasternal wurde alternativ das subcostale Fenster in Rückenlage verwendet.

1. Schnittbilder des apikalen Fensters:

a) apikaler 4-Kammerblick

b) apikaler 5-Kammerblick

i. B-Mode: zur Untersuchung von linkem Ventrikel, linkem Atrium, rechten Ventrikel, rechtem Atrium, Klappenmorphologie von Aortenklappe, Mitralklappe, Trikuspidalklappe

c) apikaler 2-Kammerblick

d) apikaler 3-Kammerblick

i. B-Mode: zur Untersuchung von linkem Ventrikel, linkem Atrium, Klappenmorphologie von Aortenklappe und Mitralklappe

ii. Farbdoppler: zur Untersuchung von Mitrал- und Aortenklappenventilen

2. Schnittbilder der parasternalen Achse:

a) parasternal lange Achse (PLX)

i. B-Mode: zur Untersuchung von Aortenklappe, linkem Vorhof, Mitralklappe und Cavum des linken Ventrikels

b) parasternal kurze Achse (PSX)

i. B-Mode: in Höhe der Aortenklappe und Mitralklappe zur Beurteilung der Klappenmorphologie

ii. Farbdoppler: in Höhe der Aortenklappe und Mitralklappe zur Beurtei-

lung von Klappenvitien

3. Schnittbild der subcostalen Achse (bei schlechter Schallqualität von parasternal)

a) subcostale Achse

i. B-Mode: zur Beurteilung des linken Ventrikels

Ein Perikarderguss wurde in der parasternal langen und kurzen Achse oder gegebenenfalls in der subcostalen Achse diagnostiziert.

2.3.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurden aufgrund der niedrigen Prävalenz der pathologischen Merkmale die pathologischen Schweregrade, die als leicht, mittel oder schwer beschrieben wurden, in einer Kategorie zusammengefasst. Somit ergab sich eine Einteilung in pathologisch und nicht-pathologisch. Die verschiedenen Schweregrade der pathologischen Merkmale wurden deskriptiv ausgewertet. Um die Validität des tragbaren Echokardiographiegerätes zu berechnen, wurden die Sensitivität (SN) als der Anteil richtig positiver Befunde bei den Kranken und die Spezifität (SP) als der Anteil richtig negativer Befunde bei den Gesunden berechnet [12]. Zusätzlich wurden positiver Vorhersagewert (PVP) und negativer Vorhersagewert (PVN) als Maßzahlen für den diagnostischen Wert des diagnostischen Tests bestimmt. Der PVP sagt aus, wie hoch der Anteil der tatsächlich kranken Patienten bei Patienten mit positivem Befund ist, wohingegen der PVN angibt, wie hoch der Anteil der tatsächlich gesunden Patienten bei Patienten mit negativem Befund ist [13]. Für die Parameter SN, SP, PVP und PVN wurden die 95%-Konfidenzintervalle angegeben [9], um zu zeigen, welches Vertrauen in die Berechnung gelegt werden kann. Das 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) sagt aus, in welchem Intervall der für die Grundgesamtheit zu erwartende Parameter mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit liegt [14].

3 Ergebnisse

3.1 Bildqualität

Beurteilt wurde die Bildqualität der apikalen, parasternalen und subcostalen Schnittbilder. Die Bewertung erfolgte subjektiv in gute, mittlere und schlechte Bildqualität.

Apikal war ein Patientenkollektiv von 68 Patienten vergleichbar. Davon wurde bei 29 Patienten mit dem Standard-Echokardiographiergerät die Bildqualität als gut, bei 35 Patienten als mittel und bei 4 Patienten als schlecht bezeichnet. Beim tragbaren Echokardiographiergerät war die Bildqualität bei 32 Patienten gut, bei 32 mittel und bei 4 Patienten schlecht. Im Vergleich erhielt man eine Übereinstimmung in der Beurteilung bei 38 Patienten. Von den 29 Schnittbildern, die mit dem SE als gut beurteilt wurden, wurden mit dem TE 18 als gut, 10 als mittel und 1 als schlecht gewertet. Von insgesamt 35 mit dem SE als mittelwertig beschriebene Schnittbilder wurden mit dem TE 14 als gut, 19 als mittel und 2 als schlecht beurteilt. Von den 4 Schnittbilder die mit dem SE die Bewertung schlecht erhielten, waren 3 mit dem TE mittelwertig und 1 schlecht (vgl. Tabelle 2).



Abb. 1: Tragbares Echokardiographiergerät, apikaler 4-Kammerblick, Normalbefund

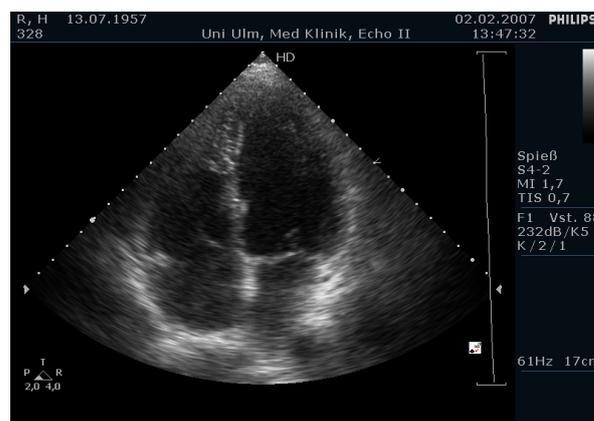


Abb. 2: Standard-Echokardiographiergerät, apikaler 4-Kammerblick, Normalbefund

In den parasternalen Schnittebenen wurde ebenfalls die Bildqualität bei 68 Patienten beurteilt. Davon wurden 27 gut, 24 mittel und 7 schlecht bewertet. Mit dem TE waren

40 gut, 24 mittel und 4 schlecht beurteilt worden.

Tab. 2: Vergleich der Bildqualität im apikalen Schnittbild zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard- Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	18	14	0	32
	mittel	10	19	3	32
	schlecht	1	2	1	4
	insgesamt	29	35	4	68

Tab. 3: Vergleich der Bildqualität im parasternalen Schnittbild zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard- Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	20	17	3	40
	mittel	7	14	3	24
	schlecht	0	3	1	4
	insgesamt	27	34	7	68

Der Vergleich ergab, dass bei 27 Schnittbildern, die mit dem SE die Bewertung gut erhielten, 20 mit dem TE als gut und 7 als mittelwertig bewertet wurden. Bei 34 Schnitt-

bildern, die mit dem SE als mittelwertig beschrieben wurden, waren mit dem TE 17 gut, 14 mittelwertig und 3 schlecht. Von 7 mit dem SE als schlecht gewertete Schnittebenen, waren mit dem TE 3 gut, 3 mittelwertig und 1 schlecht (vgl. Tabelle 3).

Bei 61 Patienten konnte die Bildqualität in den subcostalen Schnittebenen verglichen werden. Mit dem SE erhielten 13 Patienten die Bewertung gut, 33 mittel und 15 schlecht. Die Bildqualität beim TE war bei 19 Patienten gut, bei 26 mittel und bei 16 Patienten schlecht. Verglichen gab es 28 Übereinstimmungen in der Bewertung der Bildqualität. Von den 13 subcostalen Schnittbildern, die mit dem SE die Bewertung gut erhielten, wurden mit dem TE 6 als gut, 6 als mittelwertig und 1 als schlecht bezeichnet. Bei 33 mit dem SE als mittelwertig bezeichneten Schnittbildern, waren mit dem TE 12 gut, 14 mittelwertig und 7 schlecht. Von den insgesamt 13 mit dem SE als schlecht gewerteten Schnittbildern, wurden mit dem TE 1 als gut, 6 als mittel und 8 als schlecht beurteilt (vgl. Tabelle 4).

Tab. 4: Vergleich der Bildqualität im subcostalen Schnittbild zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard- Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	6	12	1	19
	mittel	6	14	6	26
	schlecht	1	7	8	16
	insgesamt	13	33	15	61

In der Untergruppe, d.h. bei Patienten, die ein zweites Mal zur echokardiographischen Untersuchung kamen, konnten apikal 11 Patienten verglichen werden. Davon wurde die Bildqualität mit dem SE bei 3 Patienten als gut, bei 6 Patienten als mittel und bei 2 als schlecht bezeichnet. Mit dem TE war die Bildqualität bei 6 Patienten gut, bei 4

mittel und bei 1 schlecht. Miteinander verglichen wurden von den 3 mit dem SE als gut bezeichneten Schnittbildern mit dem TE 2 als gut und 1 als schlecht gewertet. Bei den 6 mit dem SE als mittelwertig beurteilten Schnittbildern waren mit dem TE 3 gut, 2 mittel und 1 schlecht. Von den 2 mit dem SE als schlecht gewerteten Schnittbildern wurde mit dem TE eines als gut und eines als mittelwertig beschrieben (vgl. Tabelle 5)

Parasternal wurden in der Untergruppe ebenfalls 11 Patienten ausgewertet. Mit dem SE erhielt die Bildqualität bei 2 Patienten die Bewertung gut und bei 9 Patienten die Bewertung mittel. Die Bildqualität des TE war bei 5 Patienten gut und bei 6 mittel. Im Vergleich war die Beurteilung bei 6 Patienten übereinstimmend. Bei den 2 mit dem SE als gut beurteilten Schnittbildern wurde mit dem TE eines als gut und eines als mittelwertig beurteilt. Von den 9 mit dem SE als mittelwertig beschriebenen Schnittbildern waren mit dem TE 4 gut und 5 mittelwertig (vgl. Tabelle 6).

Tab. 5: Vergleich der Bildqualität im apikalen Schnittbild der Untergruppe zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard-Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	2	3	1	6
	mittel	1	2	1	4
	schlecht	0	1	0	1
	insgesamt	3	6	2	11

Subcostal wurde in der Untergruppe insgesamt die Bildqualität bei 10 Patienten beurteilt, davon erhielten mit dem SE 2 die Bewertung gut, 5 mittel und 3 schlecht. Mit dem TE war die Bildqualität bei 4 Patienten gut, bei 3 Patienten mittel und bei 3 Patienten schlecht. Eine Übereinstimmung in der Bewertung gab es bei 3 Patienten. Die 2 mit dem SE als gut beurteilten Schnittbilder wurden auch mit dem TE als gut bewertet.

Tab. 6: Vergleich der Bildqualität im parasternalen Schnittbild der Untergruppe zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard- Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	1	4	0	5
	mittel	1	5	0	6
	schlecht	0	0	0	0
	insgesamt	2	9	0	11

Von den 5 mit dem SE als mittelwertig bezeichneten Schnittbildern wurden mit dem TE eines als gut, eines als mittelwertig und 3 als schlecht beschrieben. Bei den 3 mit dem SE als schlecht gewerteten Schnittbildern wurde 1 mit dem TE als gut, 2 als mittelwertig und keines als schlecht beurteilt (siehe Tabelle 7).

Tab. 7: Vergleich der Bildqualität im subcostalen Schnittbild der Untergruppe zwischen Standard-Echokardiographiegerät und tragbarem Echokardiographiegerät

		Standard- Echokardiographiegerät			
		gut	mittel	schlecht	insgesamt
tragbares Echokardiographiegerät	gut	2	1	1	4
	mittel	0	1	2	3
	schlecht	0	3	0	3
	insgesamt	2	5	3	10

3.2 Beurteilung des linken Ventrikels

3.2.1 Größeneinschätzung

Es wurde bei insgesamt 76 Patienten die Größe des LV beurteilt. Mit dem SE wurden 66 von 76 normal große LV gemessen und 10 leicht vergrößerte. Die Prävalenz der tatsächlich pathologischen Merkmale betrug somit 13,2%. Mit dem TE waren es 72 normal grosse LV und 4 leicht vergrößerte LV.

Tab. 8: Vierfeldertafel für die Größeneinschätzung des linken Ventrikels

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	2	2	4
	negativ	8	64	72
		10	66	76

Bei der Gegenüberstellung führte dies zu 2 von 10 pathologischen LV, die mit dem TE als pathologisch erkannt wurden. Das entsprach einer Sensitivität (SN) von 20%. Das 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) für die Sensitivität lag bei [2,5; 55,6]%. 64 von 66 nicht-pathologischen LV wurden mit dem TE als gesund gewertet. Daraus ergab sich

eine Spezifität (SP) von 97%. Hier betrug das 95%-KI [89,5; 99,6]%. Bei 2 Patienten war die Bewertung mit dem TE falsch pathologisch. 8 Patienten erhielten mit dem TE eine falsch negative Beurteilung. Der positive Vorhersagewert betrug 50% mit einem 95%-KI von [6,8; 93,2]% und der negative Vorhersagewert war 88,9% mit einem 95%-KI von [79,3; 95,1]% (vgl. Tabelle 8).

In der Untergruppe wurden 13 Patienten gemessen. Hier gab es sowohl mit dem SE als auch mit dem TE nur Normalbefunde bei der Größeneinschätzung des LV.

3.2.2 Funktion

Tab. 9: Vierfeldertafel für die Beurteilung der linksventrikulären Funktion

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	0	2	2
	negativ	1	73	74
		1	75	76

Das Gesamtkollektiv betrug 76 Patienten. Mit dem SE wurde die Funktion des LV bei 75 Patienten als normal gewertet und bei 1 Patient als leicht reduziert. Die Prävalenz der pathologischen Merkmale war 1,32%. Die Beurteilung der Funktion mit dem TE ergab bei 74 Patienten einen Normalbefund und bei 2 Patienten eine leicht reduzierte

Funktion. Da mit dem TE keine richtig positiven Befunde gemessen wurden, führte dies zu einer SN von 0%. Der Anteil der richtig gesund gemessenen Patienten mit dem TE lag bei 73. Die Spezifität betrug 97,33% mit einem 95%-KI von [90,7; 99,7]%. Bei 2 Patienten wurde die linksventrikuläre Funktion mit dem TE falsch positiv beurteilt. Einmal gab es mit dem TE einen falsch negativen Befund. Der PVP lag bei 0% mit einem 95%-KI von [0,0; 84,2]% und der PVN bei 98,65% mit einem 95%-KI von [92,7; 100,0]% (Tabelle 9).

In der Untergruppe wurde bei allen 13 Patienten die Funktion des LV mit dem TE als normal eingestuft. Mit dem SE wurde bei einem Patienten die Funktion als leicht reduziert beurteilt, bei den restlichen 12 Patienten wurde ebenfalls die Funktion als normal eingestuft.

3.2.3 Hypertrophie

Es wurden 76 Patienten ausgewertet. Mit dem SE wurde bei 68 Patienten keine, bei 7 Patienten eine leichtgradige und bei einem Patienten eine mittelgradige Wandhypertrophie festgestellt. Das entsprach einer Prävalenz der pathologischen Merkmale von 10,5%. Mit dem TE wurde bei 72 Patienten keine, bei 2 Patienten eine leichtgradige und bei 2 Patienten eine mittelgradige Hypertrophie diagnostiziert.

Tab. 10: Vierfeldertafel für die Beurteilung einer linksventrikulären Hypertrophie

		Goldstandard Standard- Echokardiographiergerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiergerät	positiv	3	1	4
	negativ	5	67	72
		8	68	76

Mit dem TE wurden 3 von 8 Wandhypertrophien erkannt, wobei eine Hypertrophie mit dem TE als mittelgradig, mit dem SE aber als leichtgradig eingestuft wurde. Die SN betrug 37,5% mit einem 95%-KI von [8,5; 75,5]%. 67 von 68 Patienten wurden als gesund erkannt, was einer SP von 98,5% entsprach. Das 95%-KI lag bei [92,1; 100,0]%. 1 Patient wurde falsch pathologisch als mittelgradige Wandhypertrophie eingestuft, 5 Patienten wurden als falsch gesund gewertet, davon wurde bei einem Patienten mit dem SE die Wandhypertrophie als mittelgradig beurteilt. Der PVP lag bei 75% mit einem 95%-KI

von [19,4; 99,4]% und der PVN lag bei 93,06% mit einem 95%-KI von [84,5; 97,7]% (vgl. Tabelle 10).

In der Untergruppe wurde mit beiden Geräten bei keinem der Patienten eine linksventrikuläre Wandhypertrophie diagnostiziert.

3.3 Einschätzung der Größe des linken Vorhofs

Hier konnten 66 Patienten miteinander verglichen werden. Bei der visuellen Auswertung wurden mit dem SE bei 26 Patienten ein leicht vergrößerter und bei einem Patienten ein mittel vergrößerter LA festgestellt. Das entsprach demnach bei 27 pathologischen Fällen einer Prävalenz von 40,9%. Mit dem TE wurde bei 16 Patienten der LA als leicht vergrößert eingestuft.

Tab. 11: Vierfeldertafel für die Größeneinschätzung des linken Vorhofs

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	11	5	16
	negativ	16	34	50
		27	39	66

Richtig erkannt wurde mit dem TE ein vergrößerter Vorhof bei 11 Patienten, wobei es bei einem Patient ein Abweichen in der Bewertungsstufe gab (mit dem SE ein mittel vergrößerter Vorhof, mit dem TE ein leicht vergrößerter Vorhof). Die SN lag bei 40,7%, das 95%-KI bei [22,4; 61,2]%. Als richtig gesund wurden mit dem TE 34 von 39 tatsächlich gesunden Patienten erkannt. Die SP betrug 87,2 % mit einem 95%-KI von [72,6; 95,7]%. Falsch positiv wurden 5 Patienten gewertet. Falsch negativ waren 16 Patienten. Der PVP betrug somit 68,75% mit einem 95%-KI von [41,3; 89,0]% und der PVN 40,9% mit einem 95%-KI von [53,3; 80,5]% (Tabelle 11).

Mit dem TE wurde in der Untergruppe bei allen 8 gemessenen Patienten ein normal großer LA beschrieben. Mit dem SE war bei 5 Patienten der LA als normal groß gewertet, bei 3 Patienten als leicht vergrößert. Das führte zu einer Übereinstimmung bei 5 Patienten. Bei 3 Patienten wurde die Größe des LA unterschätzt.

3.4 Perikarderguss

Von 76 Patienten wurde mit dem SE bei 7 Patienten ein Perikarderguss diagnostiziert. 69 Patienten hatten keinen Erguss. Die Prävalenz ergab 9,2%. Mit dem TE wurde bei 9 Patienten ein Erguss festgestellt.

Tab. 12: Vierfeldertafel für die Diagnose eines Perikardergusses

		Goldstandard Standard- Echokardiographiergerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiergerät	positiv	7	2	9
	negativ	0	67	67
		7	69	76

Im Vergleich wurden mit dem TE alle 7 Patienten mit einem Perikarderguss erkannt. Die Sensitivität betrug somit 100% bei einem 95%-KI von [59,0; 100,0]%. Bei 67 von 69 gesunden Patienten wurde auch mit dem TE kein Perikarderguss festgestellt, was einer Spezifität von 97,1% entsprach. Das 95%-KI für die SP war [89,9; 99,7]%.

Es gab 2 falsch pathologische Befunde, aber keine falsch negativen Befunde. Der PVP lag bei 77,8% mit einem 95%-KI von [40,0; 97,2]% und der PVN bei 100% mit einem 95%-KI von [94,6; 100,0]% (Tabelle 12).

In der Untergruppe wurden bei 13 untersuchten Patienten 4 Perikardergüsse mit dem SE diagnostiziert. 3 davon konnten auch mit dem TE nachgewiesen werden. Ein Perikarderguss wurde mit dem TE nicht erkannt und bei einem Patienten wurde mit dem TE fälschlicherweise ein Perikarderguss festgestellt.



Abb. 3: Tragbares Echokardiographiegerät, parasternal kurze Achse, Perikarderguss



Abb. 4: Standard-Echokardiographiegerät, parasternal kurze Achse, Perikarderguss

3.5 Beurteilung der Aortenklappe

3.5.1 Aortenklappenmorphologie

Aortenklappensklerose Von 76 Patienten war ein Patient mit dem SE nicht beurteilbar, deshalb konnten nur 75 Patienten miteinander verglichen werden. Mit dem SE zeigte sich bei 11 Patienten eine sklerosierte Aortenklappe, bei 64 Patienten war sie normal. Die Prävalenz betrug hier 14,7%. Mit dem TE wurde bei 16 Patienten eine sklerosierte Aortenklappe und bei 59 Patienten eine normale Aortenklappe beschrieben.

Tab. 13: Vierfeldertafel für die Beurteilung einer Aortenklappensklerose

		Goldstandard Standard- Echokardiographierät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphierät	positiv	9	7	16
	negativ	2	57	59
		11	64	75

Im Vergleich wurden mit dem TE 9 von 11 pathologischen Aortenklappen als richtig positiv erkannt, was zu einer SN von 81,8% mit einem 95%-KI von [48,2; 97,7]% führte. Als richtig gesund wurden mit dem TE 57 von 64 tatsächlich gesunden Aortenklappen diagnostiziert. Die SP betrug 89,1% mit einem 95%-KI von [78,8; 95,5]%.

Der Anteil der falsch positiven Aortenklappen durch das TE lag bei 7, und der Anteil der falsch negativen Befunde bei 2. Es errechnete sich ein PVP von 56,3% mit einem 95%-KI von [29,9; 80,3]% und ein PVN von 96,6% mit einem 95%-KI von [88,3; 99,6]% (Tabelle 13).

Beim Vergleich der Untergruppe mit einem Kollektiv von 13 Patienten gab es keinen Unterschied in der Beurteilung einer Aortenklappensklerose. Sowohl mit dem SE als auch mit dem TE wurden 3 Aortenklappensklerosen bei den selben Patienten diagnostiziert.

Aortenklappenöffnungsbewegung Bei der Beurteilung der Öffnungsbewegung der Aortenklappe waren 75 Patienten wertbar. Ein Patient war mit dem SE nicht beurteilbar. Mit dem SE wurde davon bei 2 Patienten die Öffnungsbewegung als leicht reduziert beschrieben. Die Prävalenz war 2,7%. Übereinstimmend wurde mit dem TE bei den gleichen 2 Patienten eine leicht reduzierte Öffnungsbewegung festgestellt.

Tab. 14: Vierfeldertafel für die Beurteilung der Aortenklappenöffnungsbewegung

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	2	0	2
	negativ	0	73	73
		2	73	75

Somit wurden 2 von 2 pathologischen Öffnungsbewegungen mit dem TE erkannt (SN 100%) und bei 73 Patienten die Öffnungsbewegung mit dem TE als gesund erkannt (SP 100%). Das 95%-KI für die SN ist [15,8; 100,0]% und für die SP [95,1; 100,0]%.

Es gab bei keinem der Patienten einen falsch positiven oder falsch negativen Befund. Der PVP entsprach 100% mit einem 95%-KI von [15,8; 100,0]% und der PVN ebenfalls 100% mit einem 95%-KI von [95,1; 100,0]% (Tabelle 14).

In der Untergruppe wurde übereinstimmend bei 1 von 13 Patienten mit beiden Geräten eine leicht reduzierte Öffnungsbewegung beobachtet.

Aortenklappenmorphologie Um die Aortenklappenmorphologie als Gesamtes zu beurteilen, wurden die Parameter der Aortenklappensklerose und Aortenklappenöffnungsbewegung gemeinsam ausgewertet. War keine Aortenklappensklerose vorhanden und die Öffnungsbewegung normal, dann war die Morphologie ohne pathologischen Befund. Zeigte einer dieser Parameter einen auffälligen Befund, galt die Morphologie als pathologisch. Waren beide Merkmale auffällig, wurde die Morphologie noch eine Stufe stärker beeinträchtigt. Da es nur eine Einschränkung der Öffnungsbewegung um eine Stufe gab, wurde die Morphologie daher in der Bewertung nicht noch weiter abgestuft. Es wurde eine Anzahl von 75 Patienten untersucht. Davon war mit dem SE bei 11 Patienten die Morphologie auffällig, was einer Prävalenz von 14,7% entsprach. Mit dem TE wurden 16 Beeinträchtigungen der Morphologie beschrieben. Bei 2 Patienten waren mit dem SE sowohl die Aortenklappe sklerosiert, als auch die Öffnungsbewegung leicht reduziert, dies wurde auch mit dem TE erkannt. Bei 9 von 11 Patienten wurde mit dem TE die Morphologie als richtig pathologisch beurteilt. Die SN betrug 81,8% mit einem 95%-KI von [48,2; 97,7]%. Von 64 tatsächlich unauffälligen Aortenklappen wurden 57 erkannt. Die SP ist 89,1%, das 95%-KI von [78,8; 95,5]%. Falsch negativ waren 2 Aortenklappen, falsch positiv 7. Der PVP lag bei 56,3% mit einem 95%-KI von [29,9; 80,3]%, der PVN bei 96,6% mit einem 95%-KI von [88,3; 99,6]% (Tabelle 15).

In der Untergruppe (13 Patienten) wurden sowohl mit dem SE als auch mit dem TE übereinstimmend bei den gleichen Patienten 3 auffällige Morphologien erkannt. Bei einem Patienten hatten beide Geräte eine Aortenklappensklerose und eine leicht redu-

zierte Öffnungsbewegung diagnostiziert.

Tab. 15: Vierfeldertafel für die Beurteilung der Aortenklappenmorphologie

		Goldstandard Standard- Echokardiographierät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphierät	positiv	9	7	16
	negativ	2	57	59
		11	64	75

3.5.2 Aortenklappeninsuffizienz

Die Untersuchung einer Aortenklappeninsuffizienz konnte von 65 Patienten verglichen werden, da mit dem TE bei 11 Patienten die Beurteilung einer Aortenklappeninsuffizienz nicht möglich war. Bei 2 dieser 11 Patienten wurde mit dem SE eine leichtgradige Insuffizienz beobachtet, die restlichen 9 Patienten hatten einen normalen Befund. Von den 65 Patienten hatten mit dem SE 3 Patienten eine leichte Aortenklappeninsuffizienz und 62 keine Insuffizienz. Die Prävalenz lag bei 4,6%. Mit dem TE wurde bei keinem der 65 Patienten eine Aortenklappeninsuffizienz diagnostiziert.

Tab. 16: Vierfeldertafel für die Beurteilung einer Aortenklappeninsuffizienz

		Goldstandard Standardechokardio- graphiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	0	0	0
	negativ	3	62	65
		3	62	65

Keine der 3 pathologischen Klappen wurde mit dem TE als insuffizient erkannt, von den 62 als normal bewerteten Klappen wurden alle als normal erkannt. Die SN beträgt 0% mit einem 95%-KI von [0,0; 70,8]% und die SP liegt bei 100% mit einem 95%-KI von [94,2; 100,0]%. Falsch negativ waren mit dem TE 3 Patienten. Der PVN betrug 95,4% mit einem 95%-KI von [87,1; 100,0]% (Tabelle 16).

In der Untergruppe konnten 10 von 13 Patienten ausgewertet werden, da 3 Patienten mit dem TE nicht beurteilbar waren. Die nicht beurteilbaren Patienten hatten mit dem SE keine Aortenklappeninsuffizienz. Mit dem TE wurde 1 von 2 Aortenklappeninsuffizienzen erkannt. 8 Patienten galten mit beiden Geräten als normal. Bei einem Patienten wurde die Aortenklappe als falsch gesund bewertet.



Abb. 5: Tragbares Echokardiographiergerät, apikaler 3-Kammerblick, Aortenklappeninsuffizienz



Abb. 6: Standard-Echokardiographiergerät, apikaler 3-Kammerblick, Aortenklappeninsuffizienz

3.5.3 Aortenklappenstenose

Von insgesamt 76 Patienten in der Hauptgruppe waren 11 Patienten mit dem TE nicht beurteilbar. Einer dieser 11 Patienten hatte bei der Beurteilung mit dem SE eine Aortenklappenstenose. Von den 65 Patienten, welche vergleichbar waren, wurde weder mit dem SE noch mit dem TE eine Aortenklappenstenose diagnostiziert. Die Prävalenz ist 0,0%. Alle gesunden Aortenklappen wurden als gesund erkannt, was einer SP von 100% mit einem 95%-KI von [94,5; 100,0]% entsprach. Der PVN lag bei 100% mit einem 95%-KI von [94,5; 100,0]%.

In der Untergruppe waren 3 von 13 Patienten mit dem TE nicht beurteilbar. Bei diesen 3 Patienten war mit dem SE keine Aortenklappenstenose erkennbar. Von den 10 Patienten, die verglichen werden konnten, hatte ein Patient sowohl mit dem SE als auch mit dem TE eine Aortenklappenstenose. Bei den restlichen 9 Patienten wurde mit keinem Gerät eine Aortenklappenstenose diagnostiziert.

3.6 Beurteilung der Mitralklappe

3.6.1 Mitralklappenmorphologie

Mitralklappensklerose Bei der Untersuchung der Mitralklappensklerose wurden alle 76 Patienten beurteilt. Mit dem SE wurden 2 Mitralklappensklerosen diagnostiziert und bei 74 keine Mitralklappensklerose festgestellt. Das entsprach einer Prävalenz von 2,6%. Mit dem TE wurden ebenfalls 2 Mitralklappen als sklerosiert bezeichnet und 74 als nicht sklerosiert.

Tab. 17: Vierfeldertafel für die Beurteilung einer Mitralklappensklerose

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	1	1	2
	negativ	1	73	74
		2	74	76

Von den 2 pathologischen Mitralklappen wurde mit dem TE eine als richtig pathologisch erkannt. Die SN lag bei 50% mit einem 95%-KI von [1,3; 98,7]%. Bei 74 nicht sklerosierten Mitralklappen galten mit dem TE 73 als nicht sklerosiert. Das entsprach einer SP von 98,7% mit einem 95%-KI von [92,7; 100,0]%. Eine Klappe wurde mit dem

TE als falsch pathologisch und eine als falsch gesund bewertet. Der PVP betrug 50% mit einem 95%-KI von [1,3; 98,7]% und der PVN 98,65% mit einem 95%-KI von [95,1; 100,0]% (Tabelle 17).

Mitralklappenöffnungsbewegung Sowohl in der Hauptgruppe mit 76 Patienten als auch in der Untergruppe mit 13 Patienten wurde weder mit dem SE noch mit dem TE eine pathologische Öffnungsbewegung festgestellt.

Mitralklappenmorphologie Da es bei der Beurteilung der Mitralklappenöffnungsbewegung weder in der Hauptgruppe noch in der Untergruppe einen pathologischen Befund gab, entspricht die Bewertung der Mitralklappenmorphologie der Bewertung der Mitralklappensklerose (vgl. Tabelle 17). Das bedeutet, dass es mit dem SE 2 von 76 auffällige Morphologien gab. Die Prävalenz lag bei 2,6%.

3.6.2 Mitralklappeninsuffizienz

Bei der Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz waren 68 Patienten vergleichbar. 8 von 76 Patienten konnten mit dem TE nicht beurteilt werden. Diese 8 Patienten hatten mit dem SE keine Mitralklappeninsuffizienz. Mit dem SE wurde bei 14 von 68 Patienten eine Mitralklappeninsuffizienz festgestellt, wobei 13 als leicht insuffizient und eine als mittel insuffizient eingestuft wurde. Die Prävalenz betrug 20,6%. Mit dem TE wurden 9 von 68 Mitralklappen als leicht insuffizient bezeichnet. Die mit dem SE als mittel insuffizient eingestufte Mitralklappe wurde mit dem TE als leicht insuffizient eingestuft.

7 von 14 pathologischen Klappen wurden mit dem TE als pathologisch erkannt. Die SN entspricht 50% mit einem 95%-KI von [23,0; 77,0]%. Von 54 nicht insuffizienten Klappen wurden mit dem TE 52 als gesund diagnostiziert. Die SP lag bei 96,3% mit einem 95%-KI von [93,4; 100,0]%.

Als falsch positiv wurden die Mitralklappen bei 2 Patienten beurteilt. Falsch negativ waren 7 Mitralklappen. Der PVP lag bei 77,7% mit einem 95%-KI von [40,0; 97,1]% und der PVN bei 88,1% mit einem 95%-KI von [77,1; 95,1]% (Tabelle 18).

Tab. 18: Vierfeldertafel für die Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	7	2	9
	negativ	7	52	59
		14	54	68

In der Untergruppe konnte eine Mitralklappe bei insgesamt 13 Patienten mit dem TE nicht beurteilt werden. Die mit dem TE nicht beurteilbare Mitralklappe wurde mit dem SE als leicht insuffizient gewertet. 12 Patienten waren vergleichbar. Von diesen 12 Patienten hatten 3 Patienten übereinstimmend mit dem SE und dem TE eine Mitralklappeninsuffizienz. Bei einem Patienten wurde mit dem TE die Insuffizienz nicht erkannt. Sie wurde als falsch gesund diagnostiziert.

3.6.3 Mitralklappenstenose

Mit dem SE wurde bei den 76 untersuchten Patienten keine Mitralklappenstenose festgestellt. Von diesen 76 Patienten waren 8 mit dem TE nicht beurteilbar, die restlichen 68 Patienten hatten ebenfalls einen unauffälligen Befund.

Von den 13 Patienten in der Untergruppe wurde mit dem SE bei keinem eine Mitralklappenstenose festgestellt.

klappenstenose diagnostiziert. Mit dem TE wurde bei 12 Patienten keine Stenose festgestellt, bei einem Patienten war die Mitralklappe nicht beurteilbar.

3.7 Beurteilung von Aorten- und Mitralklappenmorphologie

Um die Morphologie als Untersuchungskriterium zu beurteilen, wurden die Untersuchungsergebnisse von Aorten- und Mitralklappenmorphologie als ein Merkmal zusammengefasst. Somit kam man zu einer auswertbaren Fallzahl von 75. Von diesen 75 Personen hatten mit dem SE 10 eine pathologische Morphologie, d.h. bei 8 war eine der beiden Klappen pathologisch und bei 2 waren beide Klappen betroffen. Die Prävalenz betrug 13,3 %. Mit dem TE wurden 59 als gesund eingestuft und 16 als pathologisch beurteilt, wobei bei 2 Personen sowohl Aorten- als auch Mitralklappe als pathologisch eingestuft wurden.

Tab. 19: Vierfeldertafel für die gemeinsame Beurteilung von Aortenklappen- und Mitralklappenmorphologie

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	8	8	16
	negativ	2	57	59
		10	65	75

Beim Vergleich der Ergebnisse gab es 8 von 10 pathologischen Morphologien, die mit dem TE als pathologisch erkannt wurden. Dies entsprach einer SN von 80,0 % mit einem 95%-KI von [44,4; 97,5]. Von den 8 erkannten pathologischen Morphologien wurde 1 unterschätzt (mit dem SE waren beide Klappen pathologisch, mit dem TE nur eine) und eine überschätzt (mit dem SE war eine Klappe pathologisch, mit dem TE beide). 57 von 65 gesunden Morphologien wurden als gesund erkannt, was einer SP von 87,7 % mit einem 95%-KI von [77,2; 94,5] entsprach. Bei 8 Patienten wurde die Klappenmorphologie mit dem TE als falsch positiv eingeschätzt und bei 2 falsch negativ. Der PVP betrug 50,0% mit einem 95%-KI von [24,7; 75,4] und der PVN 96,6% mit einem 95%-KI von [88,3; 100,0](Tabelle 19).

In der Untergruppe konnten bei 13 Patienten mit dem SE 3 auffällige Morphologien festgestellt werden, wobei immer nur die Aortenklappe betroffen war. Mit dem TE wurde bei den selben Personen eine pathologische Morphologie festgestellt, wobei bei einem Patienten beide Klappen als morphologisch auffällig beurteilt wurden.

3.8 Beurteilung von Aorten- und Mitralklappeninsuffizienz

Bei der Beurteilung des zu untersuchenden Merkmals Insuffizienz wurde die Beurteilung von Aorten- und Mitralklappeninsuffizienz zusammengefasst. Es konnten 63 Patienten miteinander verglichen werden. Bei 13 Patienten war die Beurteilung mit dem TE nicht möglich. Davon waren bei 1 Patienten mit dem SE die Mitralklappe leicht insuffizient und bei 2 Patienten die Aortenklappe.

Im Vergleich wurden mit dem SE 15 als insuffizient bezeichnet, woraus eine Prävalenz von 23,8% resultierte. Mit dem TE wurden 6 von 15 Insuffizienzen erkannt, was einer SN von 40% mit einem 95%-KI von [16,3; 67,7]% entsprach. 45 von 48 nicht insuffizienten Klappen wurden mit dem TE als gesund gewertet. Die SP betrug 93,8% und das 95%-KI [82,8; 98,7]%.

Tab. 20: Vierfeldertafel für die gemeinsame Beurteilung von Aortenklappen- und Mitralklappeninsuffizienz

		Goldstandard Standard- Echokardiographiegerät		Gesamtzahl
		pathologisch	gesund	
tragbares Echokardio- graphiegerät	positiv	6	3	9
	negativ	9	45	54
		15	48	63

9 Patienten wurden mit dem TE als falsch gesund gewertet, wovon bei einem Patienten mit dem SE beide Klappen als leicht insuffizient und bei einem die Aortenklappe als mittelgradig insuffizient bezeichnet wurde. 3 Patienten wurden mit dem TE als falsch pathologisch eingestuft. Der PVP war 66,7% mit einem 95%-KI von [29,9; 92,5] und der PVN 83,3% mit einem 95%-KI von [70,7; 92,1] (Tabelle 20).

In der Untergruppe konnten 10 von 13 Patienten miteinander verglichen werden. Bei 3 Patienten war eine Beurteilung mit dem TE nicht möglich. Bei den 10 vergleichbaren Patienten wurden mit dem SE 5 Insuffizienzen festgestellt. Davon wurden mit dem TE 2 erkannt, wobei bei einem Patienten mit dem TE beide Klappen als insuffizient bezeichnet wurden (Tabelle 21).

Tab. 21: Maßzahlen für die Validität und den diagnostischen Wert des tragbaren Echokardiographiegerätes mit Sensitivität (SN), Spezifität (SP), Prävalenz, positiver Vorhersagewert (PVP), negativer Vorhersagewert (PVN), 95%-Konfidenzintervall (95%-KI)

untersuchtes Merkmal	SN in % 95%-KI	SP in % 95%-KI	Prävalenz in %	PVP in % 95%-KI	PVN in % 95%-KI
Größe linker Ventrikel	20,0 [2,5; 55,6]	97,0 [89,5; 99,6]	13,2	50,0 [6,8; 93,2]	88,9 [79,3; 95,1]
Funktion linker Ventrikel	0,0 -	97,3 [90,7; 99,7]	1,3	0,0 [0; 84,2]	98,7 [92,7; 100,0]
Hypertrophie linker Ventrikel	37,5 [8,5; 75,5]	98,5 [92,1; 100,0]	10,5	75,0 [19,4; 99,4]	93,06 [84,5; 97,7]
Größe linker Vorhof	40,7 [22,4; 61,2]	87,2 [72,6; 95,7]	40,9	68,8 [41,3; 89,0]	68,0 [53,3; 80,5]
Perikarderguss	100,0 [59,0; 100,0]	97,1 [89,9; 99,7]	9,2	77,9 [40,0; 97,2]	100,0 [94,6; 100,0]
Sklerose Aortenklappe	81,8 [48,2; 97,7]	89,1 [78,8; 95,5]	14,7	56,3 [29,9; 80,3]	96,6 [88,3; 99,6]
Öffnungsbewegung Aortenklappe	100,0 [15,8; 100,0]	100,0 [95,1; 100,0]	2,7	100,0 [15,8; 100,0]	100,0 [95,1; 100,0]
Morphologie Aortenklappe	81,8 [48,2; 97,7]	89,1 [78,8; 95,5]	14,7	56,3 [29,9; 80,3]	96,6 [88,3; 99,6]
Insuffizienz Aortenklappe	0 [0; 70,8]	100,0 [94,2; 100,0]	4,6	- -	95,4 [87,1; 99,0]
Stenose Aortenklappe	- -	100,0 [94,5; 100,0]	0,0	- -	100,0 [94,5; 100,0]

Tabelle wird auf nächster Seite fortgesetzt

Sklerose Mitralklappe	50,0 [1,3; 98,7]	98,6 [92,7; 100,0]	2,6	50,0 [1,3; 98,7]	98,6 [95,1; 100,0]
Öffnungsbe- wegung Mitralklappe	-	100,0 [95,3; 100,0]	0	-	100,0 [95,3; 100,0]
Morphologie Mitralklappe	50,0 [1,3; 98,7]	98,6 [92,7; 100,0]	2,6	50,0 [1,3; 98,7]	98,6 [95,1; 100,0]
Insuffizienz Mitralklappe	50,0 [23,0; 77,0]	96,3 [93,4; 100,0]	20,6	77,8 [40,0; 97,1]	88,1 [77,1; 95,1]
Stenose Mitralklappe	-	100,0 [94,7; 100,0]	0	-	100,0 [94,7; 100,0]
Morphologie Aorten- und Mitralklappe	80 [44,4; 97,5]	87,7 [77,2; 94,5]	13,3	50 [24,7; 75,4]	96,6 [88,3; 100,0]
Insuffizienz Aorten- und Mitralklappe	40 [16,3; 67,7]	93,8 [82,8; 98,7]	23,8	66,7 [29,9; 92,5]	83,3 [70,7; 92,1]

3.9 Trikuspidalklappenmorphologie, rechtes Atrium, rechter Ventrikel

Die Trikuspidalklappenmorphologie, das rechte Atrium und der rechte Ventrikel konnten sowohl mit dem SE als auch mit dem TE bei allen 76 Patienten beurteilt werden. Die Trikuspidalklappenmorphologie wurde mit dem SE und mit dem TE durchgehend als normal eingestuft. Das rechte Atrium wurde bei 5 Patienten mit dem SE visuell als leicht vergrößert eingestuft, davon wurden mit dem TE ebenfalls 2 als leicht vergrößert eingestuft. Bei 2 Patienten wurde hingegen mit dem TE das rechte Atrium als leicht vergrößert beurteilt, mit dem SE aber als normal bezeichnet. Der rechte Ventrikel wurde mit dem SE 4 mal als leicht vergrößert gesehen, davon ebenfalls mit dem TE einmal als solcher erkannt. Bei 2 Patienten wurde mit dem TE der rechte Ventrikel als leicht vergrößert bezeichnet, im SE aber als normal eingestuft.

4 Diskussion

4.1 Vergleich der technischen Gegebenheiten bei der Beurteilung der Bildqualität

Im apikalen Schnittbild wurde bei 13 Patienten mit dem SE eine bessere Beurteilung gegeben, davon einmal ein Unterschied von zwei Bewertungspunkten. Mit dem TE wurde bei 17 Personen eine bessere Bildqualität erreicht, übereinstimmend war die Beurteilung bei 38 Patienten. Im parasternalen Schnittbild wurde bei 10 Patienten mit dem SE die Bildqualität besser als im TE eingestuft, hingegen wurde bei 23 Patienten die Bildqualität mit dem TE besser eingestuft, davon bekamen 3 Patienten eine um 2 Stufen bessere Bewertung. 35 Patienten wurden gleich beurteilt. Subcostal waren mit dem SE 14 Patienten besser darzustellen als mit dem TE, mit dem TE 19 Patienten besser als mit dem SE. Bei 28 Patienten bekam die Bildqualität der beiden Geräte die selbe Bewertung. Insgesamt folgt daraus, dass trotz der kleineren Bildschirmgröße des TE, die dem Untersucher das Erkennen einzelner kardialen Strukturen erschwert, die Bildqualität des TE besser beurteilt wurde als mit dem SE. Bei Lee et al. wurde die Bildqualität zwischen SE und TE vergleichbar eingestuft [21]. Auch Kawai et al. kamen bei ihrem Vergleich der Bildqualitäten zwischen SE und TE zu einer Übereinstimmung von 77,3% [17]. Rugolotto et al. bewerteten die Bildqualität des TE ebenfalls dem SE ähnlich [27]. Vignon et al. bezeichneten in ihrer Studie die Bildqualität des TE vergleichbar der des SE [33]. Dennoch hängt die Bildgüte nicht nur allein von der Größe des Bildschirms oder der Größe des Sektorbildes, sondern auch von der örtlichen Auflösung, zeitlichen Auflösung und der Möglichkeit zur Grauwertabstufung und der entstehenden Artefakte ab. Durch die fortgeschrittene Technik wird im TE eine sehr gute Auflösung und ein guter Kontrast erzeugt, was subjektiv zu einer besseren Bewertung der Bildqualität führt [28]. Während die zeitliche Auflösung physikalischen Gegebenheiten unterliegt, ist in Bezug auf die örtliche Auflösung eine technische Verbesserung möglich [1]. Da Toshiba SSH 160 noch einen Röhrenbildschirm besitzt, das TE aber mit einem „Liquid Crystal Display“ (LCD) ausgestattet ist, könnte subjektiv ebenfalls der Eindruck einer besseren Bildqualität entstehen. Zudem besitzt der Schallkopf des TE eine halbrunde

Auflagefläche (30x12 mm), der Schallkopf des SE aber eine flache Auflagefläche (20x9 mm), somit wird die Positionierung des Schallkopfes mit dem TE erleichtert und dadurch auch ein besseres Bild erreicht. Letztendlich sind auch neuere rechengeschützte Verfahren daran beteiligt, einen besseren Bildeindruck zu vermitteln [1]. So könnte der Untersucher subjektiv zu einer besseren Bewertung der Bildqualität kommen, was aber im Hinblick auf die diagnostische Überlegenheit durch die geringere Bildschirmgröße und eine fehlende tiefenselektive Verstärkung mit dem TE relativiert wird.

4.2 Interobservervariabilität

Da drei Untersucher alle Untersuchungen der Studie vornahmen, besteht die Annahme, dass Unterschiede in den Ergebnissen auf einer Interobservervariabilität beruhen. Um eine Interobservervariabilität möglichst gering zu halten, musste jeder Untersucher einen Teil der Patienten mit dem SE beurteilen und einen anderen Teil der Patienten mit dem TE. Dadurch hoben sich mögliche Unterschiede in der Ergebnisbeurteilung aufgrund eines systematischen Fehlers eines Untersuchers zugunsten eines der beiden Geräte auf. Ebenfalls konnte jeder Untersucher mehr als 2000 echokardiographische Untersuchungen vorweisen, so daß es keine Unterschiede im Ausbildungsgrad der Untersucher gab. Valdez et al. untersuchten schon 1979 eine mögliche Interobservervariabilität echokardiographischer Daten und kamen zu dem Entschluss, dass eine mögliche Interobservervariabilität statistisch, aber nicht klinisch relevant ist [32]. Spencer et al. hatten in ihrer Studie über ein TE die Interobservervariabilität gesondert untersucht und fanden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchern [31]. Dennoch kommt es bei der Echokardiographie systembedingt zu Problemen bei der Reproduzierung definierter Schnittebenen, so dass vor allem Schwierigkeiten in der Darstellung von Volumina bestehen [1]. Hier werden Schwankungen bei Verlaufsuntersuchungen von Atemlage, Schallfenster, Körperlage, Medikation, Herzfrequenz, Blutdruck und Geräteeinstellung beeinflusst [6]. Bei Otterstad et al. wurden von zwei Untersuchern 12 Patienten dreimal in wöchentlichem Abstand echokardiographisch untersucht und die Untersuchung aufgezeichnet, um die Reproduzierbarkeit von linksventrikulärer Funktion und linksventrikulären Dimensionen herauszufinden.

Sie stellten fest, dass vor allem wiederholte Aufzeichnungen zu Unterschieden in den Messungen führen und nicht die Messung von verschiedenen Untersuchern bei der gleichen Videoaufzeichnung [22].

4.3 Linker Ventrikel

Die Größe des linken Ventrikels wurde bei insgesamt 76 Patienten beurteilt. Die Prävalenz der mit dem SE als leicht vergrößert gemessenen Ventrikel betrug 13,2%. Mit dem TE wurden nur 2 von 10 vergrößerte Ventrikel als vergrößert erkannt. Dies führte zu einer Sensitivität von 20%. Die Spezifität des TE liegt bei 97,0%; 64 von 66 normalen Ventrikelgrößen wurden erkannt. 8 mit dem SE als leicht vergrößert beurteilte linke Ventrikel wurden mit dem TE nicht als pathologisch erkannt. Bei solch geringer Sensitivität scheint das TE nicht das geeignete Gerät zu sein, Aussagen über die Größe des linken Ventrikels zu treffen. Aber wie schon erwähnt ist es mit der echokardiographischen Untersuchung schwierig, in Verlaufsuntersuchungen Größenverhältnisse zu reproduzieren, da viele Störfaktoren Einfluss auf die Darstellung der Größe haben [6]. Harrison et al. belegten in ihrer Studie, dass in 50% der Fälle keine ideale Schallkopfposition von den Untersuchern gewählt wurde, davon betrafen 36% die Positionierung in der parasternalen Achse. Das führte beim Vermessen der Dimensionen des linken Vorhofes und des linken Ventrikels zu einer signifikanten Interobservervariabilität [15]. Auch King et al. bestärkten in ihrer Untersuchung die Annahme, dass schon kleine Drehbewegungen des Schallkopfes und Bewegungen in mediolateraler Richtung zu signifikanten Unterschieden in der Einschätzung linksatrialer oder linksventrikulärer Dimensionen führen [18]. So kann der große Unterschied bei der Einschätzung der Größe des linken Ventrikels zwischen den beiden Geräten nicht allein in einer schlechteren Darstellbarkeit durch das TE verursacht sein, sondern ist auch durch die Tatsache bedingt, dass echokardiographisch Größenverhältnisse des Herzens einer schwierigen Reproduzierbarkeit unterliegen. Eine weitere Diskrepanz zwischen TE und SE kommt dadurch zustande, dass eine Größeneinschätzung des Ventrikels durch das SE mittels M-mode möglich ist, diese Funktion aber beim TE nicht besteht. Rugolotto et al. kamen bei einer Fallzahl von 55 Patienten zu einer Fehleinschätzung der Größe bei 11 Ventri-

kel mit dem TE im Vergleich zum SE [26]. Dass bei Rugolotto et al. eine größere Anzahl von Fehlmessungen stattfand, könnte an der geringeren Erfahrung der Untersucher liegen. Die Untersucher in Rugolottos Studie hatten in der echokardiographischen Ausbildung den Level 2 erreicht, was einem Minimum von 300 echokardiographischen Untersuchungen entspricht [31]. Letztendlich kann der Unterschied auch darin bestehen, dass nicht ein identisches tragbares Echokardiographiegerät verwendet wurde. Überraschend hingegen ist das Ergebnis bei Vourvouri et al., die in der Größeneinschätzung des linken Ventrikels zu einer Übereinstimmung von 99% zwischen TE und SE kamen [34].

Bei der Beurteilung der linksventrikulären Funktion wird durch die sehr niedrige Prävalenz der pathologischen Merkmale (1,32%) eine Aussage über die tatsächliche Sensitivität des TE schwierig. Die einzige mit dem SE diagnostizierte leicht reduzierte linksventrikuläre Funktion wurde mit dem TE nicht erkannt, was somit zu einer Sensitivität von 0% führt. Im Gegensatz dazu ist bei nur 2 falsch positiven Bewertungen die Spezifität mit 97,33% sehr hoch. In der Studie von Spencer et al. wurde bei einer Gesamtzahl von 36 Patienten durch eine konsekutive Untersuchung durch 4 Ärzte insgesamt 144 Untersuchungen durchgeführt. Davon wurden 5 von 21 linksventrikulären Dysfunktionen mit dem TE nicht erkannt [31]. In dieser Studie wurden die Untersuchungen mit dem TE von Ärzten mit 3-jähriger kardiologischer Ausbildung vorgenommen, die Untersuchungen mit dem SE aber von einem Arzt mit 5-jähriger kardiologischer Erfahrung angefertigt. So ist es fraglich, welchen Einfluss das TE im Übersehen der linksventrikulären Dysfunktion und welchen Einfluss der unterschiedliche Ausbildungsstandard der Untersucher hat. Goodkin et al. untersuchten bei 38 Patienten die linksventrikuläre Funktion. Davon wurde bei 2 Patienten eine linksventrikuläre Dysfunktion mit dem TE übersehen [11]. Aus dieser Studie geht nicht hervor, bei wievielen Patienten mit dem SE eine linksventrikuläre Dysfunktion diagnostiziert wurde. Goodkin et al. stellten nur einen Vergleich bezüglich Fehldiagnosen zwischen TE und SE auf. Im Vergleich dazu wurde in einer Studie von Firstenberg et al. bei 10 vor allem schwer herzkranken Patienten mit dem TE 3 von 4 linksventrikulären Dysfunktionen entdeckt [8]. Auch bei Natesa G. Pandian et al. wurde mit dem TE eine globale linksventrikuläre Dysfunktion bei 12 von 35 Patienten festgestellt [23]. Jedoch wurden in dieser Studie nur bei 15 von 35

Patienten ein SE angefertigt und da sich keine Unterschiede zwischen SE und TE zeigten, bei allen weiteren Patienten auf ein SE verzichtet. Da somit nicht alle Ergebnisse mit dem Goldstandard überprüft wurden, kann über die tatsächlich vorhandene linksventrikuläre Dysfunktion keine Aussage gemacht werden. In der Studie von Rugolotto et al. wurde bei 55 Patienten bei der Beurteilung der linksventrikulären Funktion nur 2 Patienten mit dem TE im Vergleich zum SE unterschiedlich beurteilt [26]. Vourvouri et al. kommen in ihrer Studie zu einer Übereinstimmung von 93% bei der Beurteilung der globalen linksventrikulären Funktion, jedoch nur zu einer Übereinstimmung von 89% bei der Beurteilung der regionalen linksventrikulären Funktion. Hier gilt zu bedenken, dass die Fallzahl mit 34 Patienten zur Beurteilung der regionalen Funktion sehr gering war [34].

Eine linksventrikuläre Hypertrophie wurde mit dem SE bei 8 von 76 Patienten diagnostiziert. Davon wurden mit dem TE 3 als linksventrikuläre Hypertrophie erkannt. Von diesen 3 wurde 1 fälschlicherweise als mittelgradig hypertrophiert eingestuft, vom SE aber nur als leichtgradig bezeichnet. Im Gegensatz dazu wurden mit dem TE 5 Patienten trotz bestehender linksventrikulärer Hypertrophie als gesund gewertet, wobei ein mit dem SE als mittelgradige Hypertrophie bezeichneter Befund nicht erkannt wurde. Das führt wiederum zu einer niedrigen Sensitivität (37,5%) und einer hohen Spezifität (98,5%). Hier kamen Rugolotto et al. zu einem ähnlichen Ergebnis. Sie untersuchten 54 Patienten mit dem TE bezüglich einer linksventrikulären Hypertrophie und fanden im Vergleich zum SE bei 5 Patienten eine unterschiedliche Bewertung, dabei erhielt 1 Patient eine unterschiedliche Bewertung um mehr als einen Grad [26]. Natesa G. Pandian et al. haben in ihrer Untersuchung mit dem TE von 35 Patienten bei 2 Patienten eine linksventrikuläre Hypertrophie diagnostiziert [23]. Hier bleibt aber auch fraglich, ob mit dem Goldstandard ein gleiches Ergebnis erzielt wurde, da nur 15 Patienten eine Untersuchung mit dem Goldstandard erhielten. Vourvouri et al. untersuchten die linksventrikuläre Hypertrophie bei Patienten mit langjähriger Hypertonie und kamen mit 93% zu einer relativ guten Übereinstimmung zwischen SE und TE [35]. Durch das Fehlen einer M-mode-Funktion, die als die wichtigste Funktion zur Bestimmung einer linksventrikulären Hypertrophie gewertet wird [2, 7], wurde bei der Bestimmung einer linksventrikulären Hypertrophie nur mittels 2-D Darstellung eine diagnostische Aussage

ge erschwert, was sich auch in den Ergebnissen widerspiegelte. Dennoch hat diese Art der Darstellung ihre Berechtigung, da sie wichtige Informationen vor allem über das Verteilungsmuster, die Ausbreitung und Ausdehnung der Hypertrophie liefern kann [29]. Da diese Auswertung in der Studie vor allem subjektiv vorgenommen wurde, blieb die Diagnose einer linksventrikulären Hypertrophie dem Ermessen des Untersuchers vorbehalten und damit sind vor allem Unterschiede in der Beurteilung von bis zu einem Grad erklärbar.

4.4 Linker Vorhof

Die Prävalenz der pathologischen Fälle war mit 40,9% sehr hoch. Bei 26 von 66 Patienten wurde mit dem Goldstandard ein leicht vergrößerter Vorhof und bei 1 Patient ein mittel vergrößerter linker Vorhof festgestellt. Davon wurden mit dem TE 11 Vorhöfe als vergrößert erkannt, wobei der im SE als mittel vergrößerter Vorhof mit dem TE als leicht vergrößert bezeichnet wurde. Das führte sowohl zu einer niedrigen Sensitivität (40,7%), als auch zu einer relativ niedrigen Spezifität (87,2%). Auch in der Untergruppe von insgesamt 8 Patienten wurden die 3 mit dem SE als leicht vergrößert bezeichnete Vorhöfe mit dem TE nicht erkannt. Hier erscheint das TE ungeeignet zum Erkennen eines vergrößerten linken Vorhofes. Beim genauen Vermessen kamen Allison M. Pritchett et al. in ihrer Studie zu dem Entschluss, dass das TE beim Vermessen volumetrischer Daten seine Grenzen hat [25]. Der Pearson-Korrelationsindex zwischen SE und TE beim Messen des left atrial diameter (LAD) betrug in dieser Studie 0,76. Bei Rugulotto M. et al. zeigte sich ebenfalls bei der Bestimmung der Größe des linken Vorhofs der größte Unterschied zwischen TE und SE im Vergleich zu den anderen gemessenen Parametern [26]. Von insgesamt 54 untersuchten Patienten wurde bei 18 Patienten ein Unterschied in der Einschätzung des linken Vorhofes zwischen TE und SE festgestellt. Es ist fraglich, ob dieser Unterschied an einer schlechteren Bildqualität oder an der Einstellung mit dem TE liegt. Eher scheint das schlechte Ergebnis daher zu kommen, dass es gerade bei der Größeneinschätzung des linken Vorhofes generell auch mit dem Goldstandard eine große Interobservervariabilität gibt (14,6%), wie King et al. festgestellt haben, da gerade hier schon bei einer kleinen Abweichung des Schallkopfes in Positi-

on und Winkel die Größeneinschätzung beeinflusst wird [18]. Harrison et al. belegten in ihrer Studie, dass 50% der Untersucher keine optimale Schallkopfposition wählten und dass gerade Unterschiede in der Einstellung der PLX zu signifikanten Differenzen im Vermessen des linken Vorhofes führten [15]. Auch kam das Fehlen einer M-mode Funktion, wie beim Vermessen anderer Größenverhältnisse, hier zum Tragen.

4.5 Perikarderguss

Bei einer Prävalenz von 9,2% (7 von 76 Patienten) wurden mit dem TE alle Perikardergüsse erkannt, was einer Sensitivität von 100% entspricht. Da bei dieser Untersuchung mit dem TE fälschlicherweise 2 Perikardergüsse mehr diagnostiziert wurden, liegt hier die Spezifität mit 97,1% niedriger als die Sensitivität, aber dennoch in sehr gutem Bereich. In der Untergruppe wurden mit dem TE 3 von 4 Perikardergüssen beschrieben, folglich einer nicht erkannt. Bei Goodkin et al. wurde bei 16 Fragestellungen nach Perikarderguss oder Perikardtamponade eine Perikardtamponade nicht erkannt [11]. Auch bei Firstenberg et al. wurde bei der Untersuchung an 10 Patienten, die mit dem SE diagnostizierte Perikardtamponade mit dem TE richtig erkannt [8]. Pandian et al. diagnostizierten mit dem TE bei insgesamt 35 untersuchten Patienten 4 Perikardergüsse [23]. Aus dieser Studie geht aber nicht hervor, wie viele Patienten mit dem SE einen Perikarderguss hatten, da nur 15 von 35 Patienten mit dem Goldstandard untersucht wurden. Rugolotto et al. stellten ebenfalls nur einmal einen Unterschied in der Bewertung eines Perikardergusses fest [26]. Vourvouri et al. unterstützten in ihrer Studie dieses Ergebnis. Hier wurden mit dem TE alle Perikardergüsse korrekt erkannt [34]. Das TE im Vergleich zum transösophagealen Herzecho ergab bei Vignon et al. ebenfalls eine Übereinstimmung von 100% [33]. Gerade der sichere Ausschluss eines Perikardergusses ist für Patienten, die eine Chemotherapie erhalten sollen, was zu einer zusätzlichen Flüssigkeits- und Volumenbelastung führt, sehr wichtig. Schon Shah et al. bemerkten 1976, dass die klinischen Symptome von Patienten mit Perikarderguss stark variieren, dass es Patienten gibt, die trotz großem Erguss relativ asymptomatisch sind und im Gegensatz dazu ein geringerer Erguss mit starker kardialer Restriktion und einem low output einhergehen kann. Schon eine weitere geringe Flüssigkeitszufuhr

kann lebensbedrohlich sein [30]. Wilkes et al. untersuchten an 127 Patienten mit malignen Grunderkrankungen die Diagnose und Behandlung eines Perikardergusses. Sie stellten fest, dass mehr als 50% der Perikardergüsse eine nicht-maligne Ätiologie, wie Bestrahlung, medikamenten induzierte Pericarditis, Infektionen, Hypothyreoidismus, Autoimmunerkrankungen, idiopathische Perikarditis, Mangelernährung und Hypoalbuminämie aufwiesen. Auch sie kamen zu dem Entschluss, dass die Echokardiographie der einfachste und sicherste diagnostische Weg ist, wann immer ein Verdacht auf einen Perikarderguss besteht, da sie schon eine Ansammlung von 15 ml Flüssigkeit im Herzbeutel mit 100%-iger Genauigkeit erkennen kann [38]. In der durchgeführten Studie erkannte das TE ebenfalls einen Perikarderguss mit einer Sensitivität von 100%, somit ist der Einsatz des TE bei Chemotherapiepatienten, die mit einer höheren Prävalenz Perikardergüsse aufweisen, im Hinblick auf diese Fragestellung empfehlenswert.

4.6 Klappenmorphologie

Bei der Beurteilung der Aortenklappensklerose fiel ein relativ hoher Anteil mit dem TE falsch positiver sklerosierter Aortenklappen (7) auf. Der Anteil der falsch negativen Befunde lag bei 2. Die SN beträgt 81,8%, die SP 89,1%. Bei Bewertung der Aortenklappenöffnungsbewegung gab es mit 2 pathologischen Befunden eine sehr niedrige Prävalenz. Dennoch wurden diese 2 pathologischen Befunde ebenfalls auch mit dem TE erkannt, was sowohl zu einer SN als auch SP von 100% führte, wobei das 95%-KI für die SN sehr weit gefasst ist. Im Vergleich dazu war bei der Untersuchung der Mitralklappensklerose ebenfalls mit 2 pathologischen Befunden eine sehr niedrige Prävalenz zu verzeichnen. Dadurch, dass nur eine Mitralklappe mit dem TE als pathologisch erkannt wurde, wurde hier eine SN von 50% und eine SP von 98,7% erreicht. In der Untergruppe wurde mit dem TE eine Mitralklappe fälschlich als sklerosiert bezeichnet. Die Mitralklappenöffnungsbewegung war sowohl mit dem SE als auch mit dem TE bei keinem Patienten pathologisch. Trotz der teilweise niedrigen Prävalenzen zeigte sich dennoch, dass bei der Beurteilung von Mitralklappen- oder Aortenklappenöffnungsbewegungen zwischen den Geräten große Übereinstimmung herrschte, hingegen bei der Beurteilung sklerosierter Klappen Schwierigkeiten auftraten. Es schien ebenfalls der Anteil der falsch patholo-

gischen Bewertungen zu überwiegen. Beim Vergleich zwischen TE und SE schien das TE noch artefaktreicher zu sein und somit noch mehr fälschlicherweise positive Befunde zu diagnostizieren. Hier kam die fehlende tiefenselektive Verstärkung des TE zum Tragen. Mit dem TE war nur eine Verstärkung im Gesamten oder als Verstärkung im Fern- oder Nahfeld möglich, im Gegensatz zum SE, mit welchem eine tiefenselektive Verstärkung möglich war. Auch die komprimiertere Darstellung mit dem TE trug zu falsch positiven Befunden bei. Bekannt ist außerdem, dass die Echokardiographie im Vergleich zur Radiographie eine Sensitivität von nahezu 100% beim Erkennen relevanter Klappenverkalkungen besitzt, aber wegen häufiger falsch positiver Befunde nur eine Spezifität von ca. 70% [19].

4.7 Klappenstenose und Klappeninsuffizienz

Bei der Beurteilung der Aortenklappenstenose wurde in der Hauptgruppe zwischen den vergleichbaren Patienten keine Aortenklappenstenose diagnostiziert, was zu einer Prävalenz von 0% führt und somit keine Aussage über Sensitivität gemacht werden konnte. Die Spezifität zeigte dennoch ein gutes Ergebnis, da keiner der gesunden Patienten als krank eingestuft wurde. Auch in der Untergruppe spiegelte sich dieses Ergebnis wider. Von den 10 Patienten die vergleichbar waren, wurden alle übereinstimmend beurteilt, auch die vom SE diagnostizierte Aortenstenose wurde mit dem TE richtig erkannt, was aber bei so geringer Fallzahl und Prävalenz noch keine sinnvolle Aussage über die SN zuließ. Auffallend ist aber dennoch, dass in der Hauptgruppe von 76 Patienten 11 Patienten mit dem TE nicht zu beurteilen waren und in der Untergruppe von 13 Patienten 3 Patienten nicht beurteilt werden konnten. Das spricht für Schwierigkeiten mit dem TE bei der Diagnose oder dem Ausschluss von einer Aortenklappenstenose. Dies spiegelte sich auch bei der Beurteilung der Mitralklappenstenose wider. Hier gab es bei den vergleichbaren Patienten weder in der Hauptgruppe noch in der Untergruppe die Diagnose einer Mitralklappenstenose, was auch mit dem TE richtig erkannt wurde. Aber dennoch konnten in der Hauptgruppe 8 von 76 Patienten und in der Untergruppe 1 von 13 Patienten mit dem TE nicht diagnostiziert werden. Möglicherweise kommt hier bei mangelnder Bildqualität die fehlende tiefenselektive

Verstärkung zum Tragen. Bei Spencer et al. wurden unter den klinisch nicht relevanten Aortenklappenstenosen 4 von 9 richtig diagnostiziert und unter den klinisch relevanten Aortenklappenstenosen 6 von 7 richtig erkannt. Bei der Beurteilung der nicht relevanten Mitralklappenstenosen wurden 2 von 4 mit dem TE diagnostiziert und unter den bedeutenden Mitralklappenstenosen alle 6 richtig beurteilt [31]. Auch hier ist die tatsächliche Sensitivität fraglich, da Spencer die Stenosen bei 36 Patienten aber 144 Untersuchungen wertete. Bei Rugolotto et al. zeigte sich sowohl bei der Beurteilung einer Aortenklappenstenose als auch bei der Beurteilung einer Mitralklappenstenose keine Unterschiede zwischen SE und TE [26]. Da Rugolotto nur die Unterschiede in den Diagnosen zwischen TE und SE auswertete, blieb die Prävalenz der Klappenstenosen verborgen.

Bei der Diagnose einer Aortenklappeninsuffizienz konnten mit dem TE in der Hauptgruppe 11 Patienten von 76 Patienten und in der Untergruppe 3 von 13 Patienten nicht beurteilt werden. In der Hauptgruppe wurden mit dem TE keine der 3 diagnostizierten Aortenklappeninsuffizienzen erkannt. In der Untergruppe wurde 1 von 2 Insuffizienzen erkannt. Die Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz gelang mit dem TE bei 8 von 76 Patienten nicht. Von insgesamt 14 insuffizienten Mitralklappen wurden mit dem TE 7 erkannt. In der Untergruppe hingegen konnte mit dem TE eine Klappe nicht beurteilt werden. Alle 3 mit dem SE diagnostizierten insuffizienten Mitralklappen wurden auch mit dem TE als insuffizient erkannt. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Aussage von Nelson, der beim Einsatz des TE keine fundierte Aussage über Klappenregurgitationen oder hämodynamische Dopplerfunktion erwartete [28]. Spencer et al. teilten ihre Befunde in klinisch relevant und nicht relevant ein. Unter den klinisch relevanten Befunden lag bei Spencer et al. die Prävalenz der Aortenklappeninsuffizienzen höher. Bei insgesamt 144 Untersuchungen wurden mit dem TE unter den klinisch nicht relevanten Aortenklappenregurgitationen 4 von 15 nicht erkannt; unter den klinisch relevanten Aortenklappenregurgitationen wurde eine von 8 mit dem TE übersehen. Die Anzahl der klinisch nicht relevanten Mitralklappenregurgitationen lag bei Spencer et al. bei 58, 42 konnten davon mit dem TE diagnostiziert werden. Die Anzahl der klinisch relevanten Mitralklappenregurgitationen war bei Spencer et al. 21, 19 wurden auch mit dem TE erkannt [31]. In der Studie von Spencer wurden bei 36 Patienten insgesamt 144 Un-

tersuchungen gemacht, da jeder Patient von 4 verschiedenen Untersucher mit dem TE untersucht wurde. Würde man die Klappenregurgitationen nur pro Patient betrachten, käme man ebenfalls auf eine geringe Prävalenz und eine fragliche Aussagekraft bezüglich der Sensitivität. In der Studie von Goodkin et al. wurde mit dem TE bei einem Patienten eine moderate Aortenklappenregurgitation, bei 3 Patienten eine schwere, bei 2 Patienten eine moderate bis schwere und bei 4 Patienten eine moderate Mitalklappenregurgitation übersehen [11]. Lee et al. diagnostizierten insgesamt 17 Klappenfehler mit dem SE bei 12 Patienten mit angeborenen und erworbenen Herzerkrankungen. Davon konnten 3 milde Klappenregurgitationen mit dem TE nicht gut dargestellt werden, da den Jets nach Lee das typische Mosaikmuster fehlte. Er resümierte, dass das TE gut für diagnostische Zwecke eingesetzt werden kann, welche keinen Spectraldoppler erfordern [21]. Bei Rugulotto et al. wurde beim Vergleich der Aortenklappeninsuffizienzen zwischen SE und TE bei einer Fallzahl von 51 Patienten 9 unterschiedliche und bei der Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz 4 unterschiedliche Diagnosen gestellt [26]. Sowohl die Diagnose einer Mitralklappeninsuffizienz als auch die Diagnose einer Aortenklappeninsuffizienz erfordert den Einsatz der Dopplerfunktion. Nun unterscheiden sich SE und TE gerade in der Dopplerfunktion. Das SE besitzt einen standard color-Doppler und einen Spectraldoppler. Das TE besitzt einen color-power Doppler. Hierin lag das hauptsächliche Problem in der Anwendung der Dopplerfunktion des TE und liefert somit die Erklärung für die Schwierigkeit bei der Bewertung der Klappeninsuffizienzen mit dem TE.

4.8 Einsatz des tragbaren Echokardiographiegerätes

Die Untersuchungen zeigen, dass das TE als Screeninggerät, trotz begrenzter Funktionen, bei Chemotherapiepatienten eingesetzt werden kann. Durch das Fehlen einer M-mode Funktion ist die Größeneinschätzung und die Einschätzung linksventrikulärer Hypertrophie erschwert. Die Einschätzung mittels 2D-Darstellung liefert hier aber dennoch ein orientierendes Ergebnis. Ebenfalls ist die Diagnose einer Klappensklerose erschwert, die Anzahl der Sklerosen werden überschätzt. Hier kommt die fehlende tiefenselektive Verstärkung zum Tragen. Eine nur mangelnde Aussagekraft ist bezüg-

lich Klappenregurgitationen möglich. Eine unterschiedliche Farbdopplerfunktion erschwert die Diagnostik durch das TE. Das Erkennen eines Perikardergusses hingegen ist mit dem tragbaren Echokardiographiegerät sehr gut möglich. Bei Chemotherapiepatienten, bei welchen pathologische kardiologische Merkmale eher in niedriger Prävalenz vorherrschen, wäre die orientierend kardiologische Untersuchung mit dem TE gut einzusetzen. Wichtig ist hierbei dennoch, dass die Untersuchung mit dem TE von einem mit Echokardiographie erfahrenen Untersucher durchgeführt wird. Die Qualität der Untersuchung mit dem Echokardiographiegerät hängt nicht unwesentlich mit der Erfahrung des Untersuchers diesbezüglich zusammen. Somit wird die Screeninguntersuchung durch einen Nicht-Kardiologen problematisch. Trotzdem kommt es durch Einsatz des TE zur Entlastung des Echolabors und Verkürzung von Wartezeiten. Sollten mit dem TE pathologische Merkmale diagnostiziert werden, ist eine weiterführende Untersuchung mittels SE zu empfehlen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde die diagnostische Sicherheit des tragbaren Echokardiographiegerätes mit dem Standard-Echokardiographiegerät als Goldstandard bei der Screeninguntersuchung von Chemotherapiepatienten verglichen. Verwendet wurde als tragbares Echokardiographiegerät SonoHeart der Firma SonoSite, Bothell, Washington mit 2D Darstellung und einem Farben-„power“-Doppler. Als Standardgerät diente Toshiba SSH 160 A, Zoetermeer, Niederlande mit 2D-Darstellung, Standard-Farben-Doppler, Spektraldoppler und M-Modus. Insgesamt wurden 76 Patienten jeweils mit dem Standard-Echokardiographiegerät als auch mit dem tragbaren Echokardiographiegerät von 3 verschiedenen und dem Ergebnis des anderen Gerätes verblindeten Untersucher untersucht. Verglichen wurden Bildqualität, Größe und Funktion des linken Ventrikels, linksventrikuläre Hypertrophie, Größe des linken Vorhofs, die Diagnose eines Perikardergusses, Aorten- und Mitralklappenmorphologie mit den Parametern Öffnungsbewegung und Sklerose, Aorten- und Mitralklappeninsuffizienz und Aorten- und Mitralklappenstenose. Mittels Vierfeldertafel wurde die Prävalenz, Sensitivität, Spezifität, positiver Vorhersagewert und negativer Vorhersagewert mit den jeweiligen 95%-Konfidenzintervallen ermittelt. Ebenfalls wurde die visuelle Einschätzung der Größe von rechtem Atrium, rechtem Ventrikel und Trikuspidalklappenmorphologie verglichen und deskriptiv ausgewertet. Die Bildqualität wurde beim tragbaren Echokardiographiegerät trotz der kleineren Bildschirmgröße als besser eingestuft. Diese subjektiv bessere Beurteilung ist durch den „Liquid Crystal Display“, durch eine gute Auflösung und Kontrastierung bei neuerer Technik der bildgebenden Verfahren erklärbar. Bei der Untersuchung der Größenverhältnisse von rechtem und linken Vorhof, rechtem und linken Ventrikel ergab sich eine niedrige Sensitivität. Insgesamt ist die Reproduzierbarkeit von Größenverhältnissen schon durch kleine Veränderungen der Schallkopfposition störanfällig und muss somit mit jedem Gerät kritisch betrachtet werden. Auch das Fehlen einer M-Modus-Funktion erschwert die Größeneinschätzung. Eine sichere Aussage über das Erkennen einer linksventrikulären Dysfunktion mit dem tragbaren Echokardiographiegerät war bei niedriger Prävalenz der pathologischen Merkmale nicht möglich. Insgesamt wird durch das Fehlen der M-Modus-

Funktion auch das Erkennen einer linksventrikulären Hypertrophie erschwert. Klinisch wurde aber nicht mehr als ein Schweregrad unterschiedlich beurteilt, somit hat die Bewertung mittels tragbarem Echokardiographiegerät dennoch ihre Berechtigung. Beim Erkennen eines Perikardergusses bietet das tragbare Echokardiographiegerät eine vergleichbare diagnostische Sicherheit wie das Standard-Echokardiographiegerät, welches in anderen Studien ebenfalls belegt wurde. Das Vorkommen einer Aortenklappensklerose wurde mit dem tragbaren Echokardiographiegerät überschätzt. Hier kam die fehlende tiefenselektive Verstärkung und der kleine Bildschirm des tragbaren Echokardiographiegerätes zum Tragen. Die Prävalenz pathologischer Öffnungsbewegung von Aortenklappe und Mitralklappe war sehr niedrig. Dennoch wurden vom tragbaren Echokardiographiegerät keine falsch positiven Ergebnisse diagnostiziert. Das Erkennen von Aortenklappeninsuffizienzen und Mitralklappeninsuffizienzen gestaltete sich mit dem tragbaren Echokardiographiegerät schwierig, was vor allem an der unterschiedlichen Dopplerfunktion lag. Das Standard-Echokardiographiegerät besitzt einen Standard-Farben-Doppler und Spektraldoppler, das tragbare Echokardiographiegerät einen Farben-“power“-Doppler. Sowohl Aortenklappenstenose als auch Mitralklappenstenose hatten eine Prävalenz von 0,0%. Das tragbare Echokardiographiegerät lieferte dasselbe Ergebnis und damit eine Spezifität von 100%. Die Trikuspidalklappenmorphologie ergab sowohl mit dem Standard-Echokardiographiegerät als auch mit dem tragbaren Gerät keine pathologischen Ergebnisse. Insgesamt zeigte das tragbare Echokardiographiegerät eine gute Übereinstimmung mit dem Standard-Echokardiographiegerät und ist als Screeninggerät bei Chemotherapiepatienten, bei welchen eine niedrige Prävalenz pathologischer Merkmale vorherrschten, geeignet. Schwierigkeiten bereitete die Gewöhnung an die kleinere Bildschirmgröße, fehlende tiefenselektive Verstärkung, Fehlen der M-Modus-Funktion und aufgrund verschiedener Dopplerfunktion eine niedrige Sensitivität bei der Beurteilung von Klappeninsuffizienzen. Die Qualität der durchgeführten Untersuchung hängt insbesondere auch mit der Erfahrung des Untersuchers zusammen. Somit sollte die Untersuchung durch einen diesbezüglich erfahrenen Kardiologen durchgeführt werden. Mit dem tragbaren Echokardiographiegerät diagnostizierte pathologische Merkmale sollten zu einer intensiven mit dem Standard-Echokardiographiegerät durchgeführten Untersuchung führen.

Literatur

- [1] Brennecke R, Erbel R: Stand der echokardiographischen Bildgebung. *Z Kardiol* 78: 75-80 (1989)
- [2] Daniel WG, Mugge A, Wagenbreth I, Frombach R: Stellenwert der Echokardiographie im Rahmen der kardiologischen Routinediagnostik. *Münch Med Wochenschr* 78: 107-15 (1998)
- [3] Dazzi H, Kaufmann K, Follath F: Anthracycline-induced acute cardiotoxicity in adults treated for leukaemia. Analysis of the clinic-pathological aspects of documented acute anthracycline-induced cardiotoxicity in patients treated for acute leukaemia at the University Hospital of Zurich, Switzerland, between 1990 and 1996. *Ann Oncol* 12: 963-966 (2001)
- [4] Dietz B, van der Hem KG: Late-onset cardiotoxicity of chemotherapy and radiotherapy. *Neth J Med* 61: 228-231 (2003)
- [5] Dunst J: Subklinische Herzschiidigung durch adjuvante Anthrazyklin-Chemotherapie. *Strahlenther Onkol* 2: 110-111 (2002)
- [6] Erbel R, Brennecke R, Goerge G, Mohr-Kahaly S, Wittlich N, Zotz R, Meyer J: M6glichkeiten und Grenzen der zweidimensionalen Echokardiographie in der quantitativen Bildanalyse. *Z Kardiol* 78:131-142 (1989)
- [7] Erbel R, Zschiedrich H, Drexler M, Henrichs KJ, Wittlich N, Braun C, Meyer J: Wertigkeit der Echokardiographie bei der Beurteilung der Linksherzhypertrophie. *Münch Med Wochenschr* 130: 26-37 (1988)
- [8] Firstenberg MS, Cardon L, Jones P, Quinn MJ, Greenberg NL, Isada L, Polk JD, Garcia MJ, Thomas JD: Initial clinical experience with an ultra-portable echocardiograph for the rapid diagnosis and evaluation of critically ill patients (Abstract). *J Am Soc Echocardiogr* 13: 489 (2000)

- [9] Geigy AG: Exakte Vertrauensgrenzen. In: Geigy JR (Hrsg) Wissenschaftliche Tabellen, 7. Aufl., Pharma, Basel, S. 85-96 (1969)
- [10] Gharib MI, Burnett AK: Chemotherapy-induced cardiotoxicity: current practice and prospects of prophylaxis. *Eur J Heart Fail* 4: 235-245 (2002)
- [11] Goodkin GM, Spevack DM, Tunick PA, Kronzon I: How useful is hand-carried bedside echocardiography in critically ill patients. *J Am Coll Cardiol* 37: 2019-2022 (2001)
- [12] Guggenmoos-Holzmann I, Wernecke KD: Maßzahlen für die Validität eines diagnostischen Verfahrens. In: Guggenmoos-Holzmann I (Hrsg) Medizinische Statistik, 1. Aufl, Blackwell Wissenschafts-Verlag, S. 148-150 (1995)
- [13] Guggenmoos-Holzmann I, Wernecke KD: Maßzahlen für den diagnostischen Wert eines diagnostischen Tests. In: Guggenmoos-Holzmann I (Hrsg) Medizinische Statistik, 1. Aufl, Blackwell Wissenschafts-Verlag, S. 156-160 (1995)
- [14] Guggenmoos-Holzmann I, Wernecke KD: Konfidenzintervalle. In: Guggenmoos-Holzmann I (Hrsg) Medizinische Statistik, 1. Aufl, Blackwell Wissenschafts-Verlag, S. 77-78 (1995)
- [15] Harrison MR, King DL, King DL Jr, Smith MD, Kwan OL, DeMaria AN: Ultrasound beam orientation during standardized imaging: assessment by three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 3: 228 (1990)
- [16] Kapusta L, Thijssen JM, Groot-Loonen J, van Druten JA, Daniels O: Discriminative ability of conventional echocardiography and tissue doppler imaging techniques for the detection of subclinical cardiotoxic effects of treatment with anthracyclines. *Ultrasound in Med. & Biol.*: 1605-1614 (2001)
- [17] Kawai J, Tanabe K, Yagi T, Fujii Y, Konda T, Sumida T, Okada M, Yamaguchi K, Tani T, Yamabe K, Morioka S: Assessment of the clinical feasibility of OptiGo for hand-held echocardiography (abstr). *J Cardiol* 41: 81-89 (2003)

- [18] King DL, Harrison MR, King DL Jr, Gopal AS, Randolph PM, DeMaria AN: Improved reproducibility of left atrial and left ventricular measurements by guided three-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 20: 1238-1245 (1992)
- [19] Köhler E, Tataru MC: Zweidimensionales Echokardiogramm. In: Köhler E, Tataru MC (Hrsg) *Klinische Echokardiographie*, 5. Aufl, Georg Thieme Verlag Stuttgart, S. 426-434 (2001)
- [20] Köhler E, Tataru MC: Ultraschall-Bildverfahren. In: Köhler E, Tataru MC (Hrsg) *Klinische Echokardiographie*, 5. Aufl, Georg Thieme Verlag Stuttgart, S. 5-16 (2001)
- [21] Lee JS, Mori Y, Rusk R, Martin P, Marcella C, Sullivan S, Shively BK, Sahn DJ: Performance of a new handheld cardiac ultrasound system: comparative imaging and color doppler studies in unselected patients (Abstract). *J Am Soc Echocardiogr* 13: 492 (2000)
- [22] Otterstad JE, Froeland G, Sutton MJ, Holme I: Accuracy and reproducibility of biplane two-dimensional echocardiographic measurements of left ventricular dimensions and function. *Eur Heart J* 18: 507-513 (1997)
- [23] Pandian NG, Ramasamy S, Martin P, Banerjee A: Ultrasound stethoscopy as an extension of clinical examination during hospital patient rounds: preliminary experience with a hand-held miniaturized echocardiography instrument. *Anesthesiology* 95: 1313-1314 (2001)
- [24] Postma A, Bink-Boelkens MT, Beaufort-Krol GC, Kengen RA, Elzenga NJ, Schasfoort-van Leeuwen MJ, Schraffordt koops H, Kamps WA: Late cardiotoxicity after treatment for a malignant bone tumor. *Med Pediatr Oncol* 26: 230-237 (1996)
- [25] Pritchett AM, Bruce CJ, Bailey KR, Tajik AJ, Seward JB: Personal ultrasound imager: extension of the cardiovascular physical examination (abstr). *J Am Soc Echocardiogr* 13: 485 (2000)

- [26] Rugolotto M, Chang CP, Hu B, Schnittger I, Liang DH: Clinical use of cardiac ultrasound performed with a hand-carried device in patients admitted for acute cardiac care. *Am J Cardiol* 90: 1040-1042 (2002)
- [27] Rugolotto M, Hu BS, Liang DH, Schnittger I: Rapid assessment of cardiac anatomy and function with a new hand-carried ultrasound device (OptiGo): a comparison with standard echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2: 262-269 (2001)
- [28] Schiller BN: Hand-held echocardiography: Revolution or hassle? *J Am Coll Cardiol* 37: 2023-2024 (2001)
- [29] Schwammenthal E, Block M, Schwartzkopff B, Lösse B, Breithardt G: Hypertrophe Kardiomyopathie: Morphologie und Hämodynamik. In: Curtis JM (Hrsg) *Diagnostische Sicherheit der Echokardiographie*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, S.121 (1990)
- [30] Shah PM, Nanda NC: Echocardiography in the diagnosis of pericardial effusion. *Cardiovascular clinics* 7: 125-130 (1976)
- [31] Spencer KT, Anderson AS, Bhargava A, Bales AC, Sorrentino M, Furlong K, Lang RM: Physician-performed point-of-care echocardiography using a laptop platform compared with physical examination in the cardiovascular patient. *J Am Coll Cardiol* 37: 2013-2018 (2001)
- [32] Valdez RS, Motta AJ, London E, Martin RP, Haskell WL, Farquhar JW, Popp RL, Horlick L: Evaluation of the echocardiogram as an epidemiologic tool in an asymptomatic population. *Circulation* 60: 921-929 (1979)
- [33] Vignon P, Chastagner C, Francois B, Martaille JF, Normand S, Bonnivard M, Gastinne H: Diagnostic ability of hand-held echocardiography in ventilated critically ill patients. *Critical Care* 7: 84-91 (2003)
- [34] Vourvouri EC, Poldermans D, De Sutter J, Sozzi FB, Izzo P, Roelandt JRTC: Experience with an ultrasound stethoscope. *J Am Soc Echocardiogr* 15: 80-85 (2002)

- [35] Vourvouri EC, Poldermans D, Schinkel AF, Koroleva LY, Sozzi FB, Parharidis GE, Bax JJ, Roelandt JRTC: Left ventricular hypertrophy screening using a hand-held ultrasound device. *Eur Heart J* 23: 1516-1521 (2002)
- [36] Wacker A, Lersch C, Scherpinski U, Reindl L, Seyfarth M: High incidence of angina pectoris in patients treated with 5-Fluorouracil. *Oncology* 65: 108-112 (2003)
- [37] Weyman AE, Butler A, Subhiyah R, Appleton C, Geiser E, Goldstein SA, King ME, Kaul S, Labovitz A, Picard M, Ryan T, Shanewise J: Concept, development, administration, and analysis of a certifying examination in echocardiography for physicians. *J Am Soc Echocardiogr* 14: 158-168 (2001)
- [38] Wilkes JD, Fidias P, Vaickus L, Perez RP: Malignancy-related pericardial effusion. *Cancer* 76: 1377-1387 (1995)