

# Inhaltsverzeichnis

## Grundlagen

### 1 Physikalische und technische Grundlagen

F. A. Flachskampf

Schall .....	3	Kontinuierlicher Doppler .....	14
Echokardiographie .....	4	Gepulster Doppler .....	14
Prinzip der Methode .....	4	Farbdoppler .....	16
Gewinnung morphologischer Daten .....	5	Strömungsdynamische Grundbegriffe .....	17
Darstellungsweisen .....	6	Anwendungen des Satzes von der Erhaltung der Masse auf Strömungsquerschnitts- verengungen .....	17
Schallfeld .....	8	Anwendung des Satzes von der Erhaltung der Energie: Berechnung von Gradienten aus Strömungsgeschwindigkeiten .....	18
Räumliche und zeitliche Auflösung .....	9	Laminare und turbulente Strömung .....	19
Harmonische Bildgebung .....	9	Andere Ansätze zur Quantifizierung von Fluss und Strömungsverengungen .....	20
Kompression („dynamic range“) .....	9		
Dokumentation .....	11	Bioeffekte von Ultraschall .....	21
Analoge Speicherung .....	11		
Digitale Bildspeicherung und -übermittlung .....	11		
Dopplerechokardiographie .....	12		
Prinzip .....	12		

### 2 Digitale Verarbeitung und Speicherung echokardiographischer Daten

W. Fehske, H.-J. Goldschmidt und R. Rabahieh

Hintergrund .....	23	Weitere DICOM-Applikationen .....	28
Digitale Aufzeichnung von echokardiographischen Untersuchungen .....	23	Konformität mit dem DICOM 3.0-Standard .....	29
Postprocessing echokardiographischer Signale ...	23	Web-basierte Formate .....	29
Die Schritte im Einzelnen .....	24	Bedeutung des DICOM-Standards für die medizinischen Anwender .....	29
Digitale Aufzeichnung von Bildschirm- informationen .....	26		
Speicherbedarf .....	26	Grundelemente eines digitalen Echokardiographielabors .....	30
Speichermedien .....	26	Basisausstattung und Arbeitsablauf .....	30
Datenkompression .....	27	Erweiterung der Grundfunktionen .....	30
Standardisierung .....	27		
DICOM-kompatible Speichermedien und Bildformate .....	28	Derzeitiger Entwicklungsstand und Perspektiven für das digitale Echolabor .....	32
		Qualitätssicherung .....	32

## Neuere Techniken

### 3 Transösophageale Echokardiographie

H. Lethen

<b>Technische Voraussetzungen</b> .....	35	<b>Systematik der Schnittebenen</b> .....	43
Entwicklung der transösophagealen Echokardiographie .....	35	Transgastrische Schnittebene .....	43
Charakteristischer Sondenaufbau und Schallkopftechnologie .....	36	Linker und rechter Ventrikel .....	43
Dreidimensionale Rekonstruktion .....	38	Linksventrikulärer Ausflusstrakt und Aortenklappe .....	44
Sicherheitsbestimmungen .....	38	Schnitfführung aus dem unteren Ösophagus .....	44
Reinigung und Gerätekontrolle .....	38	Koronarvenensinus und Trikuspidalklappe ....	44
<b>Indikationen, Kontraindikationen und Komplikationen</b> .....	39	Kurzachsendarstellung der Mitralklappe und linksventrikulärer Ausflusstrakt .....	45
Indikationen der TEE .....	39	Vier- und Zweikammerblick, linksventrikulärer Ausflusstrakt und Mitralklappe .....	46
Kontraindikationen der TEE .....	40	Schnitfführung aus dem mittleren Ösophagus .....	46
Nebenwirkungen und Komplikationen .....	40	Linker und rechter Vorhof, Vorhofseptum.....	48
<b>Vorbereitung, Nachbetreuung und Dokumentation</b> .....	40	Schnitfführung aus dem oberen Ösophagus .....	50
Anforderungen an den Untersucher .....	40	Rechtsventrikulärer Ausflusstrakt und Aortenklappe (kurze Achse) .....	50
Aufklärung, Medikation und Nachbetreuung .....	41	Aortenklappe (Längsachse) und Aorta ascendens .....	51
Dokumentation und Archivierung .....	41	Linkes Herzohr .....	51
<b>Systematische Untersuchung</b> .....	42	Obere Hohlvene und rechtes Herzohr .....	51
Ösophagusintubation .....	42	Pulmonalarterie und Pulmonalklappe .....	52
Schnittebenen bei der TEE-Standarduntersuchung .....	42	Lungenvenen .....	52
		Koronararterien .....	53
		Thorakale Aorta .....	54

### 4 Gewebedoppler

J.-U. Voigt

<b>Entwicklung der Methode</b> .....	57	<b>Belastungsuntersuchung bei ischämischer Herzerkrankung</b> .....	71
<b>Technische Grundlagen</b> .....	57	<b>Hypertrophie und hypertrophe Kardiomyopathie</b> .....	71
Dopplerverfahren .....	58	<b>Restriktive und konstriktive Kardiomyopathie, Amyloidose</b> .....	71
Gepulster Spektraldoppler .....	58	<b>Klappenvitien</b> .....	72
Farbdoppler .....	60	<b>Herztransplantation</b> .....	72
Wahl des Dopplerverfahrens .....	62	<b>Erregungsleitungstörungen</b> .....	73
Korrekte Geräteneinstellung und mögliche Fehlerquellen .....	62	<b>Störung der diastolischen Herzfunktion</b> .....	73
<b>Bewegung des Herzmuskel</b> .....	64	<b>Kontrastmittel und Gewebedoppler</b> .....	73
Bezugssysteme, Bewegung und dreidimensionale Verformung .....	64	<b>Zusammenfassung</b> .....	73
Bezugssysteme .....	64	<b>Messung der Myokardverformung</b> .....	74
Physikalische Größen der Myokardbewegung und -verformung .....	64	Prinzip von Strain- und Strain-Rate-Messungen ..	74
Messen von Myokardbewegung und -verformung mit Ultraschall .....	65	Unterschiede zwischen Geschwindigkeits- und Verformungsmessung .....	74
Faserarchitektur und räumliche Bewegung des Herzens .....	67	Strain-Rate-Berechnung .....	74
<b>Messung der Myokardgeschwindigkeit</b> .....	68	Datenanalyse .....	75
Kurvenformanalyse und typische Messwerte .....	68	Strain und Strain Rate im gesunden Myokard .....	76
Normwerte und altersabhängige Veränderungen .....	70	Interpretation von Strain- und Strain-Rate-Daten .....	76
Gewebedoppler bei Erkrankungen .....	70	Normalbefunde .....	76
Ischämische Herzerkrankung .....	70	Herzmuskelverformung bei Erkrankung .....	77

Koronare Herzkrankheit, Ischämie .....	77	Konstriktive und restriktive Veränderungen ...	80
Belastungsuntersuchungen .....	79	Störungen der Erregungsleitung .....	80
Hypertrophe Herzmuskelerkrankungen .....	79	Zusammenfassung .....	80

## 5 Kontrastechokardiographie

*H. von Bibra*

Einsatzgebiete im Überblick .....	84	Verbesserte Endokarderkennung .....	92
Ultraschallkontrastmittel .....	84	Bestimmung der globalen linksventrikulären Funktion .....	92
Intraarterielle Kontrastmittel .....	85	Bestimmung der regionalen linksventrikulären Funktion .....	93
Intravenöse Linksherzkontrastmittel .....	85		
Shuntdiagnostik .....	86	<b>Myokardiale Kontrastechokardiographie .....</b>	93
Vorhofseptumdefekt .....	86	Klinisches Potenzial .....	93
Persistierendes Foramen ovale .....	88	Physikalische Effekte von Mikrobläschen im akustischen Feld .....	94
Pulmonale AV-Fistel .....	88	Aufnahmetechniken .....	94
Persistierende linke obere Hohlvene .....	89	Limitationen für die Abbildung von Mikrobläschen .....	97
<b>Kontrastverstärkung von Farb- und Spektraldoppler .....</b>	90	<b>Ausblick .....</b>	98
Unzureichende Flussdetektion durch Sensitivitätsprobleme .....	90		
Klinische Anwendungsbereiche .....	90		

## 6 Harmonische Bildgebung und Power Doppler

*H. Becher, S. Kuntz-Hehner und K. Tiemann*

<b>Prinzip .....</b>	101	Untersuchungstechnik und Indikationen für kontrastverstärktes Harmonic B-Mode/ Pulsinversion .....	106
<b>Harmonic Imaging ohne Kontrastmittel: Tissue Harmonic Imaging/Pulsinversionsverfahren .....</b>	101	Limitationen durch Schallabschwächung und Auflösung der Mikrobläschen .....	108
Entstehung harmonischer Frequenzen durch nichtlineare Ausbreitung des Schalls im Gewebe ..	101		
Verbesserung der Bildqualität durch Registrierung der zweiten harmonischen Schwingung .....	102	<b>Harmonic Imaging mit Kontrastmittel II: Power-Doppler/Power-Pulsinversion/ Power-Modulation .....</b>	108
Untersuchungstechnik und Indikationen für Tissue Harmonic Imaging und Pulsinversion .....	105	Bedeutung der Power .....	108
Limitationen im Nah- und Fernfeld .....	105	Entstehung von Dopplersignalen durch Änderungen/Auflösung der Mikrobläschen .....	108
<b>Harmonic Imaging mit Kontrastmittel I:</b>		Selektive Abbildung und Quantifizierung von Kontrastmittel im Gewebe .....	109
<b>Harmonic B-Mode/Pulsinversionsverfahren .....</b>	105	Indikationen und Untersuchungstechnik .....	110
Entstehung harmonischer Frequenzen durch asymmetrische Schwingungen der Kontrastbläschen .....	105	Limitationen .....	111

## 7 Echokardiographische Gewebecharakterisierung

*C. E. Angermann*

<b>Prinzip und Entwicklung .....</b>	113	Qualitative Gewebebeurteilung .....	120
<b>Physikalischer Hintergrund .....</b>	116	Quantitative Methoden .....	120
Akustische Grundlagen .....	116		
Determinanten der myokardialen akustischen Eigenschaften .....	116	<b>Echokardiographische Gewebecharakterisierung bei normalem Myokard und bei kardiovaskulären Erkrankungen .....</b>	123
Zyklusabhängige Veränderungen der myokardialen akustischen Eigenschaften .....	117	Untersuchung der Schallabschwächung und des myokardialen Backscatter <i>in vitro</i> .....	123
<b>Methodische Ansätze .....</b>	120	Untersuchung des myokardialen Backscatter <i>in vivo</i> .....	123

## Inhaltsverzeichnis

Ischämische Herzerkrankungen .....	124
Kardiomyopathien .....	128
Myokarditis, akute Abstoßungsreaktion .....	131
Intrakardiale Raumforderungen .....	132
Ulltraschallbasierte Gewebecharakterisierung an arteriellen Gefäßen .....	133
Zusammenfassung .....	134

## 8 3D-Echokardiographie

A. Franke

Technik .....	137
Aufnahmetechniken .....	137
3D-Rekonstruktion .....	137
Echtzeit-3D-Echokardiographie .....	138
Auswertung der 3D-echokardiographischen Daten .....	138
Qualitative, morphologische Beurteilung .....	139
Quantitative Auswertung .....	139
Klinische Einsatzgebiete .....	141
Klappenvitien .....	141
Mitralklappeninsuffizienz .....	141
Mitral- und Aortenklappenstenosen .....	142
Angeborene Herzfehler .....	143
Linksventrikuläre Volumina und Massen .....	144
Erfolgskontrolle interventioneller und medikamentöser Therapieformen .....	145
Mitralklappenrekonstruktion und -ersatz .....	145
Katheterverschluss von Vorhofseptumdefekten .....	146
Myektomie bei hypertroph-obstruktiver Kardiomyopathie .....	147
Limitationen .....	148
Zusammenfassung .....	148

## Kardiovaskuläre Strukturen

## 9 Regionale und globale Funktion des linken Ventrikels bei koronarer Herzkrankheit

Th. Bartel und R. Erbel

Einsatz der Echokardiographie bei KHK .....	153
Globale linksventrikuläre Funktion .....	154
Echoventrikulographie .....	154
Mathematische Grundlagen der echo-ventrikulographischen Volumenbestimmung ..	154
Fehlerquellen, Limitationen der 2D-Volumenbestimmungen .....	157
Volumetrie mittels 3D-Echokardiographie .....	158
Harmonic Imaging bei der Volumetrie .....	161
Einsatz der PW-Doppler-Echokardiographie ..	162
Hilfsmittel bei der Volumetrie .....	162
Aussagekraft der linksventrikulären Volumenparameter .....	162
Wandgeschwindigkeitsparameter und Gewebedoppler .....	163
Kombinierte globale systolische und diastolische Funktionsbeurteilung .....	163
Maximaler systolischer Druckanstieg .....	163
Isovolumetrische Kontraktionszeit .....	164
Tei-Index .....	164
Diastolische linksventrikuläre Funktion .....	165
Der akute Myokardinfarkt und seine Komplikationen .....	169
Regionale systolische linksventrikuläre Funktion .....	170
Qualitative Beurteilung .....	170
Quantitative regionale Wandbewegungsanalyse ..	174
Harmonic Imaging .....	174
Colour-Kinesis-Technik .....	174
Gewebedoppler-Echokardiographie .....	175
3D-Echokardiographie .....	177
Funktionsbeurteilung mittels transösophagealer Anlotung .....	177
Erschwernisse und Differenzialdiagnose bei der linksventrikulären Funktionsanalyse .....	179

## 10 Stressechokardiographie zur Ischämiediagnostik

R. Hoffmann

Stellenwert in der Ischämiediagnostik .....	183
Indikationen .....	184
Verschiedene Belastungsverfahren .....	184
Physikalische Belastungsechokardiographie .....	184
Pharmakologische Belastungsverfahren .....	185
Dobutamin-Belastungsechokardiographie .....	186
Dipyridamol-Belastungsechokardiographie .....	187

Transösophageale Vorhofstimulation .....	189
Transösophageale Belastungsechokardiographie ..	189
Wahl des optimalen Belastungsverfahrens .....	190
<b>Interpretation von Belastungsechokardiogrammen .....</b>	<b>191</b>
Beurteilung von regionalen Wandbewegungsstörungen .....	192
Ursachen für eine falsche Beurteilung eines Belastungsechokardiogramms .....	193
<b>Diagnostische Genauigkeit .....</b>	<b>194</b>
Belastungsechokardiographie bei koronaren Interventionen .....	197
<b>Prognostische Genauigkeit .....</b>	<b>197</b>
Prognostischer Wert vor gefäßchirurgischer Operation .....	198
Prognostischer Wert nach Myokardinfarkt .....	198
Prognostischer Wert bei chronischer stabiler koronarer Herzkrankheit .....	199
<b>Neue Entwicklungen .....</b>	<b>200</b>
Einsatz des Harmonic Imaging und der Kontrastechokardiographie .....	200
Quantifizierung von belastungsechokardiographischen Befunden .....	200

## 11 Vitalitätsdiagnostik

*U. Nixdorff*

<b>Entwicklung und Bedeutung .....</b>	<b>204</b>
<b>Pathophysiologische Grundlagen .....</b>	<b>204</b>
<b>Klinischer Nutzen und Indikationen .....</b>	<b>206</b>
<b>Verschiedene Verfahren .....</b>	<b>207</b>
Ein- und zweidimensionale Echokardiographie ..	207
Dobutamin-Echokardiographie .....	208
Entwicklung der Methode .....	208
Prädiktion der LV-Funktionserholung nach Revaskularisation .....	208
Differenzierung von Stunned und Hibernating Myocardium .....	209
Vergleich zu nichtechokardiographischen Methoden .....	211
Enoximon-Echokardiographie .....	212
Limitationen .....	212
Dipyridamol-Echokardiographie .....	213
Nitrat-Echokardiographie .....	213
Gewebedoppler-Echokardiographie .....	213
Myokard-Kontrastechokardiographie .....	213
<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>214</b>

## 12 Dilatative Kardiomyopathie

*R. Engberding*

<b>Definition .....</b>	<b>217</b>
<b>Klinik, Diagnostik, Differenzialdiagnosen .....</b>	<b>217</b>
Klinische Befunde .....	217
Diagnostik .....	217
Differenzialdiagnosen .....	218
<b>Echokardiographische Befunde .....</b>	<b>219</b>
M-Mode-Echokardiographie .....	219
2D-Echokardiographie .....	221
Dopplerechokardiographie .....	224
Systolische Flussprofile .....	224
Diastolische Flussprofile .....	226
Transösophageale Echokardiographie .....	227
<b>Komplikationen .....</b>	<b>227</b>
Mitral- und Trikuspidalinsuffizienz .....	227
Thromben .....	228
<b>Prognoseparameter .....</b>	<b>229</b>
<b>Myokardiale Dysplasie .....</b>	<b>231</b>
Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie (früher Dysplasie) .....	231
Persistierende isolierte myokardiale Sinusoide, „Isolated Noncompaction of Ventricular Myocardium (INVM)“ .....	231

## 13 Hypertrophe Kardiomyopathie

*S. Reith und H. G. Klues*

<b>Pathophysiologie .....</b>	<b>234</b>
<b>Echokardiographische Befunde .....</b>	<b>239</b>
2D-Echokardiographie bei HCM .....	239
M-Mode-Echokardiographie bei HCM .....	242
SAM-Phänomen .....	243
Dopplerechokardiographie bei HCM .....	249
Transösophageale Echokardiographie bei HCM .....	252
Echokardiographie nach Myektomie/ Myotomie bei HCM .....	252
Kontrastmittelechokardiographie bei HCM .....	253

## 14 Restriktive Kardiomyopathien

F. A. Flachskampf

Pathophysiologie und Ätiologie .....	256
Echokardiographisches Bild .....	257
Amyloidose .....	257
Hämochromatose und Sarkoidose .....	259
Idiopathische restriktive Kardiomyopathie,	
Endomyokardfibrose (Endokardfibroelastose), Löffler-Endokarditis, eosinophile Endokarditis ...	259
Differenzierung restriktive Kardiomyopathie – konstriktive Perikarditis .....	260

## 15 Erkrankungen der Mitralklappe

E. Schwammthal

Funktionelle Anatomie des Mitralklappen- apparates .....	263
Mitralanulus .....	263
Mitalsegel .....	265
Papillarmuskeln und Chordae .....	265
Untersuchung der Mitralklappe .....	266
Mitralstenose .....	267
Rheumatische Mitralstenose .....	267
Quantifizierung der Mitralstenose .....	267
Gradientenbestimmung .....	267
Planimetrie .....	268
Druckhalbwertszeitmethode .....	269
Kontinuitätsgleichung .....	271
Flussfläche .....	272
Proximale Flusskonvergenzmethode .....	273
Wertung .....	274
Hämodynamische Auswirkungen der Mitralstenose .....	274
Echokardiographie und Valvuloplastie .....	274
Mitralklappeninsuffizienz .....	275
Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz ...	275
Regurgitations-Jet und Jet-Fläche .....	275
Proximaler Jet-Durchmesser .....	275
Proximale Flusskonvergenzmethode .....	276
Konventionelle Dopplerechokardiographie .....	277
CW-Doppler .....	278
Pulmonalvenöser Fluss .....	278
Automatische Quantifizierung des Farbdopplersignals .....	278
Wertung .....	278
Hämodynamische Auswirkungen der Mitralsuffizienz .....	281
Mechanismen der Mitralklappeninsuffizienz (Prinzip) .....	281
Rheumatische Mitralklappeninsuffizienz .....	282
Mitralklappenprolaps – myxomatöse Mitralklappenerkrankung .....	282
Diagnostische Kriterien .....	282
Papillarmuskelzug .....	285
Mechanismus von Prolaps und Mitralklapperegurgitation .....	285
Prolaps versus Flail .....	286
Anatomisch exakte Diagnose des prolabierenden Mitalsegelteils .....	287
Rolle der Echokardiographie bei Mitralklappen- chirurgie .....	289
Mitralklappenregurgitation bei hypertropher Kardiomyopathie .....	289
Mitralklappenapparat bei dilatativer Kardiomyo- pathie – funktionelle Mitralklappenregurgitation .	290
Linksventrikuläre Dilatation versus Dysfunktion .....	293
Ventrikuläre versus anuläre Dilatation .....	294
Konstante versus dynamische Regurgitations- öffnung .....	295
Mitralklappeninsuffizienz bei koronarer Herzkrankheit .....	296
Funktionelle Mitralklappeninsuffizienz bei regionaler Wandbewegungstörung – „Papillarmuskelsyndrom“ .....	296
Papillarmuskelruptur .....	298
Mitralklappeninsuffizienz bei infektiöser Endokarditis .....	299
Mitralklappengelenkaffektion .....	299
Angeborene Mitralklappenerkrankungen .....	300

## 16 Erkrankungen der Aortenklappe

W. Voelker

Aortenstenose .....	302
Prävalenz und Ätiologie .....	302
Klinische Fragestellung .....	302
Klappenmorphologie .....	303
Bikuspide versus trikuspidale Klappe .....	303
Sklerose versus Stenose einer Aortenklappe ...	304
Verkalkungsgrad .....	305
Quantifizierung des Stenosegrades .....	305
Separation der Klappensegel .....	305
Maximale Flussgeschwindigkeit .....	306

Maximaler und mittlerer Druckgradient .....	307
Ursachen für Diskrepanzen zwischen Doppler- und Kathetergradienten .....	308
Aortenklappenöffnungsfläche .....	310
Zusätzliche Dopplerparameter .....	314
Zusammenfassung – Stellenwert der Dopplerechokardiographie .....	315
Prognose der Aortenstenose – Stellenwert der Echokardiographie .....	316
Bedeutung des initialen Stenosegrades .....	316
Bedeutung der Progressionsgeschwindigkeit ..	317
LV-Remodeling bei Aortenstenosen .....	318
Pathomechanismus .....	318
Stellenwert der Echokardiographie .....	318
Belastungs-/Stressechokardiographie bei Aortenstenosen .....	318
Körperliche Belastung .....	318
Stressechokardiographie mit Dobutamin .....	319
Einfluss des transvalvulären Flusses auf die Aortenklappenöffnungsfläche .....	319
Rationale der Stressechokardiographie bei Patienten mit Aortenstenose .....	320
Therapieentscheidung bei Aortenstenosen – Bedeutung der Echokardiographie .....	321
Normale LV-Funktion .....	321
Eingeschränkte LV-Funktion .....	322
<b>Aorteninsuffizienz .....</b>	<b>322</b>
Klinische Fragestellung .....	322
„Primärdiagnostik“ .....	322
Ätiologie der Insuffizienz .....	323
Akute versus chronische Aorteninsuffizienz ..	323
Echokardiographische Untersuchungsparameter ..	323
Quantifizierung der Aorteninsuffizienz .....	324
Methoden und Geräteeinstellungen .....	324
Farbfläche .....	324
Druckhalbwertszeit .....	325
Proximale Konvergenzzone .....	325
Fluss in der Aorta thoracalis .....	326
Vena contracta .....	327
Direkte Darstellung der Regurgitationsfläche ..	328
Quantitativer Doppler .....	328
Zusammenfassung .....	329
Therapieentscheidung bei Aorteninsuffizienz – Bedeutung der Echokardiographie .....	331

## 17 Klappenprothesen

H. Baumgartner

<b>Stellenwert der Echokardiographie .....</b>	<b>337</b>
<b>Klappentypen und operative Techniken des Klappenersatzes .....</b>	<b>338</b>
Mechanische Prothesen .....	338
Kugelprothese .....	338
Doppelflügelprothese .....	338
Kippscheibenprothesen .....	339
Biologische Prothesen .....	339
Schweineklappen .....	339
Perikardprothesen .....	340
Homograft .....	340
Autograft .....	341
<b>Methodische Grundlagen zur Beurteilung von Klappenprothesen .....</b>	<b>341</b>
Bildgebende Methoden .....	341
2D-Echokardiographie .....	341
M-Mode-Echokardiographie .....	342
Dopplersonographische Funktionsbeurteilung von Klappenprothesen .....	343
Transvalvuläre Flussgeschwindigkeiten und Druckgradienten .....	343
Berechnung der Klappenöffnungsfläche .....	353
Druckhalbwertszeit .....	355
Insuffizienz von Klappenprothesen .....	355
Transösophageale Echokardiographie – Rolle bei Herzklappenersatz .....	359
Belastungsechokardiographie .....	360
<b>Echokardiographische Beurteilung der verschiedenen Typen von Klappenersatz .....</b>	<b>361</b>
Homograft und Autograft („Ross-Operation“) .....	361
Gerüsttragende Bioprothesen .....	361
Gerüstfreie Bioprothesen .....	362
Doppelflügelklappen .....	362
Kippscheibenprothesen .....	363
Kugelprothesen .....	365
<b>Aspekte der Klappenposition .....</b>	<b>367</b>
Aortenposition .....	367
Mitralposition .....	367
Trikuspidalposition .....	368
Pulmonalposition .....	368
Klappentragendes Conduit .....	368
<b>Echokardiographie bei klappenassoziierten Komplikationen .....</b>	<b>369</b>
Klappenfunktionsstörung durch Thrombose oder Pannusbildung .....	369
Klappenthrombose ohne Funktionsstörung .....	370
Prothesenendokarditis .....	371
Paravalvuläre Insuffizienz .....	372
Prothesenversagen .....	372
Bioprosthesendegeneration .....	372
Versagen von mechanischen Prothesen .....	373
Operationstechnische Probleme .....	374
<b>Echokardiographie nach Klappenersatz – klinische Aspekte .....</b>	<b>374</b>
Übersicht über die möglichen Probleme .....	374
Problembezogene Echokardiographie .....	374
Wann und wie oft Echokontrollen nach Klappenersatz .....	375

## 18 Rechtsherzerkrankungen

H. Lambertz und O. Ekinci

Trikuspidalklappe .....	379
Echokardiographische Darstellbarkeit .....	379
Trikuspidalstenose .....	379
Trikuspidalinsuffizienz .....	379
Trikuspidalprolaps .....	381
Trikuspidalendokarditis .....	381
<b>Pulmonalklappe .....</b>	<b>382</b>
Echokardiographische Darstellung .....	382
Pulmonalstenose .....	382
Pulmonalisinsuffizienz .....	383
Pulmonalklappenendokarditis .....	384
<b>Abschätzung einer pulmonalen Hypertonie .....</b>	<b>385</b>
Trikuspidalinsuffizienzmethode .....	385
Pulmonalklappe und Pulmonalisflussprofil .....	386
<b>Akutes und chronisches Cor pulmonale .....</b>	<b>387</b>
Akute Lungenembolie .....	387
Chronisches Cor pulmonale .....	387
<b>Primäre pulmonale Hypertonie .....</b>	<b>389</b>
Kongenitale und erworbene Shuntvitien mit rechtsventrikulärer Volumenbelastung .....	390
Vorhofseptumdefekt .....	390
<b>Angeborene Fehlbildungen des rechten Ventrikels .....</b>	<b>391</b>
Dysplasie des rechten Ventrikels .....	391
Morbus Ebstein .....	391
<b>Rechtsherzinfarkt .....</b>	<b>393</b>
<b>Hypereosinophilie-Syndrom .....</b>	<b>393</b>

## 19 Erkrankungen der Aorta

S. Mohr-Kahaly

<b>Echokardiographische Beurteilung der Aorta ...</b>	<b>396</b>
Anlotmethoden .....	396
Normwerte .....	396
<b>Kongenitale Fehlbildungen der Aorta .....</b>	<b>399</b>
Fehlbildungen des Aortenbogens .....	399
Aortenisthmusstenose .....	399
Aorta bei Marfan-Syndrom .....	400
<b>Sinus-Valsalvae-Aneurysmen .....</b>	<b>400</b>
<b>Erworbene Aortenerkrankungen .....</b>	<b>401</b>
Dissektionen der Aorta .....	401
Traumatische Aortenrupturen .....	406
Thorakale Aortenaneurysmen .....	406
Atherosklerose der Aorta .....	407
Entzündliche Aortenerkrankungen .....	409

## 20 Perikarderkrankungen

H. Völler

<b>Perikardagenesie .....</b>	<b>412</b>
<b>Perikardzyste .....</b>	<b>413</b>
<b>Perikarderguss/Tamponade .....</b>	<b>414</b>
Differenzierung von Perikard- und Pleuraerguss ..	417
Perikardpunktion .....	419
<b>Pericarditis constrictiva .....</b>	<b>419</b>
Hämodynamik .....	420
Echokardiographie .....	422
Lebervenenfluss .....	422
Transmitraler Fluss .....	422
Konstriktion versus Restriktion .....	424

## 21 Herztumoren und kardiale Zusatzstrukturen

R. Engberding

<b>Herztumoren .....</b>	<b>427</b>
Inzidenz und Klassifikation .....	427
Klinische Befunde .....	427
Gutartige Herztumoren .....	427
Myxome .....	427
Papilläre Fibroelastome .....	433
Andere gutartige Herztumoren .....	433
Bösartige Herztumoren .....	436
Primäre kardiale Sarkome .....	436
Primäre kardiale Lymphome .....	437
Tumormetastasen des Herzens .....	437
Karzinoid .....	438
Stellenwert der transösophagealen Echokardiographie .....	438
<b>Kardiale Zusatzstrukturen .....</b>	<b>440</b>
Infiltration .....	440
Hypereosinophiles Syndrom .....	440
Zusatzstrukturen im rechten Herzen .....	440
Zusatzstrukturen im linken Herzen .....	442
Vorhofseptumaneurysmen .....	444

## Übergeordnete klinische Fragestellungen

### 22 Echokardiographische Emboliequellensuche

F. A. Flachskampf und W. G. Daniel

<b>Problematik kardialer Emboliequellen .....</b>	449	<b>Emboliequellen der Aorta .....</b>	454
<b>Potenzielle kardiale Emboliequellen .....</b>	449	Mitralprolaps und degenerative Veränderungen der Mitral- und Aortenklappe .....	454
Vorhofflimmern und Thromben im linken Vorhof .....	450	Tumoren .....	455
Transösophageale Echokardiographie vor Kardioversion .....	452	<b>Paradoxe Embolien .....</b>	456
Koronare Herzkrankheit .....	452	Vorhofseptumdefekte .....	456
Kardiomyopathien .....	453	Echokardiographischer Nachweis des offenen Foramen ovale .....	456
Endokarditis .....	453	Vorhofseptumaneurysma .....	458
Klappenprothesen .....	453	<b>Praktische Aspekte .....</b>	459
Mitralvitien im Sinusrhythmus .....	454		

### 23 Infektiöse Endokarditis

A. Mügge

<b>Pathogenese .....</b>	461	<b>Trikuspidalklappenendokarditis .....</b>	466
<b>Diagnostik .....</b>	462	Pulmonalklappenendokarditis .....	467
Diagnostische Strategie .....	462	Prothesenendokarditis .....	467
Echokardiographische Diagnostik .....	462	Sensitivität/Spezifität im Vegetationsnachweis ..	468
Vegetationsnachweis .....	462	Abszesse .....	470
Aortenklappendokarditis .....	464	Prognostische Implikationen/Operations- entscheidungen .....	471
Mitralklappenendokarditis .....	465	Indikationen zur TEE .....	472

### 24 Echokardiographie auf der Intensivstation

W. Bocksch und R. Bartels

<b>Voraussetzungen .....</b>	475	Kardiopulmonale Reanimation .....	486
Technische Voraussetzungen .....	475	Differenzialdiagnose des akuten Thorax- schmerzes in der internistischen Notaufnahme ..	486
Personelle Voraussetzungen .....	475	<b>Nichtkardiologische internistische Intensivstation .....</b>	487
Logistische Voraussetzungen .....	475	Temperaturen unklarer Genese .....	487
Sicherheit .....	476	<b>Stroke Unit .....</b>	488
<b>Kardiologische internistische Intensivstation .....</b>	476	Kardiale und aortale Emboliequellen .....	488
Koronare Herzerkrankung – akuter Myokardinfarkt .....	476	Linksatriale Emboliequelle .....	488
Kreislaufstabilier Infarktpatient .....	476	Linksventrikuläre Emboliequelle .....	489
Kreislaufinstabilier Infarktpatient .....	476	Valvuläre Emboliequelle .....	489
Rechtsherzinfarkt .....	477	Aortale Emboliequelle .....	490
Mechanische Infarktkomplikationen .....	477	<b>Kinderkardiologische Intensivstation .....</b>	491
Linksventrikuläre Thrombenbildung bei Infarkt .....	479	<b>Allgemeinchirurgische anästhesiologische Intensivstation .....</b>	492
Koronargefäßdiagnostik (Hauptstammstenose) ..	480	<b>Kardiochirurgische Intensivstation .....</b>	492
Therapierefraktäre Herzinsuffizienz .....	480	<b>Chirurgische Rettungsstelle – traumatologische Intensivstation .....</b>	493
Systolische und diastolische linksventrikuläre Dysfunktion .....	480		
Valvuläre Dysfunktion .....	483		
Akutes Cor pulmonale – fulminante Lungenarterienembolie .....	485		

## Inhaltsverzeichnis

Herzverletzungen .....	493
Perikard .....	493
Myokard .....	493
Herzklappen .....	493
Koronararterien .....	493
Traumatische Aortenverletzung .....	494
Aortenwandverletzungen .....	494
Aortenthromben .....	495
Aortale Fistelbildung .....	496
Zusammenfassung .....	497

## 25 Echokardiographie nach Herztransplantation

C. E. Angermann und C. H. Spes

Kardiale Anatomie und Funktion nach orthotoper Herztransplantation .....	499
Linksventrikuläre Größe und Pumpfunktion .....	499
Linksventrikuläre diastolische Funktion .....	500
Rechtsventrikuläre Größe und Funktion .....	501
Vorhöfe, Mitralklappen- und Trikuspidalklappenapparat und Pulmonalvenenfluss .....	501
Adaptationsmechanismen an körperliche Belastung .....	504
<b>Komplikationen nach orthotoper Herztransplantation</b> .....	507
Perikarderguss .....	507
Arterielle Hypertonie .....	507
Akute Abstoßungsreaktion .....	508

M-Mode- und 2D-Echokardiographie bei akuter Abstoßung .....	508
Doppleruntersuchung des Blutflusses bei akuter Abstoßung .....	509
Echokardiographische Gewebecharakterisierung bei akuter Abstoßung .....	510
Gewebedoppler-Echokardiographie bei akuter Abstoßung .....	512
Transplantatvaskulopathie .....	513
Ruheechokardiographie bei Transplantatvaskulopathie .....	513
Dobutamin-Stressechokardiographie zur Beurteilung der Transplantatvaskulopathie .....	515
<b>Zusammenfassung und Limitationen</b> .....	518

## 26 Echokardiographie von angeborenen Herzfehlern im Erwachsenenalter

D. A. Redel

<b>Kongenitale Herzklappenerkrankungen und Gefäßstenosen</b> .....	521
Angeborene Erkrankungen der Semilunarklappen .....	521
Angeborene valvuläre Aortenstenose – bikuspide Aortenklappe .....	522
Angeborene Aorteninsuffizienz .....	523
Pulmonalklappenstenose .....	524
Pulmonalklappeninsuffizienz .....	526
Angeborene Erkrankungen der Atrioventrikularklappen .....	527
Kongenitale Mitralklappenstenose .....	527
Kongenitale Mitralsuffizienz .....	528
Trikuspidalinsuffizienz .....	529
Ebstein-Anomalie .....	530
Obstruktionen der ventrikulären Ausflussbahnen (subvalvuläre Stenosen) .....	531
Subvalvuläre Aortenstenose .....	531
Infundibuläre Pulmonalstenose .....	532
Periphere Gefäßstenosen .....	534
Aortenisthmusstenose .....	534
<b>Angeborene Shuntvitien</b> .....	535
Vorhofseptumdefekte .....	535
Vorhofseptumdefekt vom Ostium-secundum-Typ (ASD II) .....	536

Variante des ASD II: offenes Foramen ovale .....	538
Vorhofseptumdefekt vom Ostium-primum-Typ (ASD I) .....	539
Vorhofseptumdefekt vom Sinus-venosus-Typ ..	539
Ventrikelseptumdefekt (VSD) .....	540
Persistierender Ductus arteriosus (PDA) .....	541
<b>Komplexe angeborene Herzfehler</b> .....	544
Atrioseptale Defekte .....	544
Partieller atrioseptaler Defekt .....	544
Kompletter atrioseptaler Defekt .....	545
Konotrunkale Fehlbildungen .....	546
Fallot-Tetralogie .....	547
Ursprung beider großer Arterien aus dem rechten Ventrikel (Double Outlet right Ventricle – DORV) .....	548
Komplette Transposition der großen Arterien ..	549
Kongenital korrigierte Transposition der großen Arterien .....	551
Singulärer Ventrikel .....	552
<b>Befunde nach rekonstruktiver Herzchirurgie</b> .....	553
Endgültige Palliation nach Fontan .....	553
Korrekturoperation nach Rastelli .....	554

<b>Sachregister</b> .....	557
---------------------------	-----