

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	1
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
1.1	Technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik	3
1.1.1	Grauwertbild (B-Bild)	3
1.1.1.1	Einleitung/Geschichte	3
1.1.1.2	Schallwelle	3
1.1.1.3	Ultraschallerzeugung	3
1.1.1.4	Physikalische Einflussfaktoren auf das Ultraschallschnittbild (B-Bild)	3
1.1.1.4.1	Reflexion und Brechung	4
1.1.1.4.2	Streuung, Dämpfung	5
1.1.1.4.3	Interferenz	5
1.1.1.4.4	Beugung	6
1.1.1.4.5	Absorption	6
1.1.1.5	Bildaufbauverfahren	6
1.1.1.5.1	Echo-Impuls-Verfahren	6
1.1.1.5.2	Time Gain Control	6
1.1.1.5.3	A-Mode	7
1.1.1.5.4	B-Mode	7
1.1.1.5.5	M-Mode	7
1.1.1.6	Auflösungsvermögen	7
1.1.1.7	Fokussierung	9
1.1.1.8	Scanverfahren	9
1.1.1.8.1	Funktionsprinzip	9
1.1.1.8.2	Linear Array	10
1.1.1.8.3	Curved oder Convex Array	10
1.1.1.8.4	Sektorscanner	10
1.1.1.8.5	Phased Array	10
1.1.1.8.6	Mechanische Sektorscanner	10
1.1.1.8.7	Annular-Phased-Array-Schallkopf	10
1.1.1.8.8	Nachteile mechanischer Scanner	11
1.1.1.9	Ultraschallartefakte	11
1.1.1.9.1	Distaler Schallschatten	11
1.1.1.9.2	Distale Schallverstärkung	11
1.1.1.9.3	Randschatten	11
1.1.1.9.4	Nebenkeulenartefakt	12
1.1.1.9.5	Reverberationsartefakt	12
1.1.1.9.6	Geometrische Verzeichnung	13
1.1.2	Physikalische Grundlagen der Dopplersonografie	13
1.1.2.1	Continuous-wave-Dopplersonografie	15
1.1.2.2	Gepulste Dopplersonografie/Duplexsonografie	15
1.1.2.3	Frequenzverarbeitung	16
1.1.2.4	Blutflussmessung, Messparameter	17
1.1.3	Physikalische Grundlagen der Farbduplexsonografie	20
1.1.3.1	Geschwindigkeits-(Velocity-)Mode	20
1.1.3.2	Power-(Angio-)Mode (Amplitudenkodierte Flussdarstellung)	23
1.1.3.3	B-Flow-Modus (brightness flow)	24
1.1.3.4	Intravaskulärer Ultraschall (IVUS)	25
1.1.3.5	3D-/4D-Sonografie	26
1.1.4	Einflussgrößen auf (farb-) duplexsonografische Befunderhebung – Messprobleme	26
1.1.4.1	Schallstreuung, Schallauslöschung	26
1.1.4.2	Spiegelartefakte	26
1.1.4.3	Pulsrepetitionsfrequenz – maximal detektierbare Strömungsgeschwindigkeit	27
1.1.4.4	Minimal detektierbare Geschwindigkeit – Wandfilter, Bildaufbaurrate	30

1.1.4.5	Sende- und Empfangsverstärkung (Gain)	31
1.1.4.6	Dopplereinschallwinkel	32
1.1.4.7	Physikalisch bedingte Limitierungen der farbduplexsonografischen Untersuchung	32
1.1.5	Ultraschallkontrastmittel	33
1.1.5.1	Zugelassene Kontrastmittelsubstanzen und Anwendung	33
1.1.5.2	Wirkungsmechanismus	34
1.1.5.3	Auf Kontrastmittelwirkung basierende Verstärkungseffekte	35
1.1.5.3.1	Signalverstärkte Duplexsonografie	35
1.1.5.3.2	Contrast Harmonic Imaging	35
1.1.5.3.3	Stimulated Acoustic Emission	35
1.1.5.4	Kontrastmittelbedingte Besonderheiten	36
1.1.6	Sicherheitsaspekte	36
1.1.6.1	Thermische Effekte	36
1.1.6.2	Mechanische Effekte	36
1.1.6.3	Risiken der einzelnen Ultraschallverfahren	37
1.1.6.3.1	B-Bild	37
1.1.6.3.2	M-Mode	37
1.1.6.3.3	cw-Doppler	37
1.1.6.3.4	pw-Doppler	37
1.1.6.3.5	Farbkodierte Dopplersonografie	37
1.1.6.4	Fazit	37
1.2	Hämodynamische Grundlagen	37
1.2.1	Physikalische Grundlagen bei kontinuierlichem Strömungsverhalten	37
1.2.2	Flussprofil und Durchblutungsregulation	41
1.2.2.1	Niedrigwiderstandsfluss (low resistance flow)	41
1.2.2.2	Hochwiderstandsfluss (high resistance flow)	41
1.2.2.3	Durchblutungsregulation	41
1.2.3	Stenosegradbestimmung/Blutflussmessung	42
1.2.3.1	Poststenotische Parameter	47
1.2.3.1.1	Akzeleration – Widerstandsindex	47
1.3	Geräteinstellung	47
2	Extremitätenarterien	51
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
2.1	Becken- und Beinarterien	53
2.1.1	Gefäßanatomie	53
2.1.1.1	Beckenarterien	53
2.1.1.2	Beinarterien	53
2.1.2	Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik	55
2.1.2.1	Beckenarterien	55
2.1.2.2	Beinarterien	56
2.1.3	Spezielle untersuchungstechnische Aspekte aus angiologisch-gefäßchirurgischer Sicht	61
2.1.4	Befundung und Dokumentation	64
2.1.5	Normalbefund bei duplexsonografischer Untersuchung der Becken-Bein-Arterien	64
2.1.6	Pathologische Befunde	66
2.1.6.1	Arteriosklerotische Verschlusskrankheit	66
2.1.6.1.1	Beckenarterien	66
2.1.6.1.2	Zeiteffizientes Vorgehen durch Spektralanalyse	68
2.1.6.1.3	Stenosegraduierung	70
2.1.6.1.4	Beinarterien	71
2.1.6.1.5	Stenosegraduierung: Sonografie versus Angiografie	77
2.1.6.1.6	Bedeutung von Kollateralen für die Stenosegraduierung	78
2.1.6.1.7	Kollateralfunktion: Einfluss auf das prä- und postokklusive Dopplerfrequenzspektrum:	79
2.1.6.1.8	Plauekonfiguration und Stenosegrad	80
2.1.6.1.9	A. profunda femoris	82
2.1.6.1.10	Spektralanalyse in der Untersuchung der Unterschenkelarterien	83
2.1.6.1.12	Ultraschallkontrastmittel (CEUS)	84

2.1.6.1.13	Mehretagenobstruktion	85
2.1.6.1.14	Gefäßverschluss	86
2.1.6.2	Arterielle Embolie	87
2.1.6.3	Aneurysma	88
2.1.6.3.1	Aneurysma verum	88
2.1.6.3.2	Aneurysma spurium	91
2.1.6.4	Seltene, stenosierende, nichtarteriosklerotische Arterienerkrankungen	93
2.1.6.4.1	Zystische Adventitiadegeneration	93
2.1.6.4.2	Entrapment-Syndrom	96
2.1.6.4.3	Morbus Raynaud	98
2.1.6.4.4	Paraneoplastische akrale Durchblutungsstörungen	99
2.1.6.4.5	Thrombangiitis obliterans (Morbus Winiwarter-Buerger)	99
2.1.6.4.6	Vaskulitiden	99
2.1.6.4.7	Dissektion	101
2.1.6.4.8	Arteriovenöse Fisteln	102
2.1.6.4.9	Chronisch rezidivierendes Kompartmentsyndrom am Unterschenkel	102
2.1.7	Gefäßrekonstruktionen – Verlaufskontrolle	102
2.1.7.1	Thrombendarteriektomie (TEA)	102
2.1.7.2	Perkutane transluminale Angioplastie und Stentimplantation	103
2.1.7.3	Bypassverlaufskontrolle	104
2.1.7.3.1	Messmethodische Überlegungen und Stenosekriterien	105
2.1.7.3.2	Kontroverse Studienergebnisse über Sinn der routinemäßigen duplexsonografischen Verlaufskontrolle	110
2.1.7.4	Sonografisches Venenmapping vor peripherer Bypasschirurgie	111
2.1.8	Wertigkeit der (Farb-) Duplexsonografie im Methodenvergleich – Probleme und Fehlermöglichkeiten	111
2.1.8.1	Vergleich mit Hämodynamik – Morphologie	115
2.2	Armarterien	117
2.2.1	Anatomie	117
2.2.2	Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik	118
2.2.3	Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung	118
2.2.3.1	Arteriosklerotische Gefäßveränderungen	118
2.2.3.2	Kompressionssyndrome	119
2.2.4	Dokumentation	119
2.2.5	Normalbefund	119
2.2.6	Pathologische Befunde, duplexsonografische Messergebnisse und ihre Wertigkeit	120
2.2.6.1	Arteriosklerotische Gefäßveränderungen	120
2.2.6.2	Kompressionssyndrome	120
2.2.6.3	Entzündliche Gefäßerkrankungen	122
2.2.6.4	Thrombangiitis obliterans (Morbus Winiwarter-Buerger)	122
2.2.6.5	Morbus Raynaud	122
2.3	Atlas: Extremitätenarterien	124
3	Periphere Venen	165
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
3.1	Becken- und Beinvenen	167
3.1.1	Anatomie	167
3.1.2	Untersuchungsablauf	169
3.1.2.1	Thrombose	169
3.1.2.1.1	Apparative Ausstattung	169
3.1.2.1.2	Patientenlagerung	169
3.1.2.1.3	Untersuchungstechnik	170
3.1.2.2	Chronisch-venöse Insuffizienz und Varikose	172
3.1.3	Normalbefund	175
3.1.4	Dokumentation	175
3.1.4.1	Tiefe Beinvenenthrombose	175
3.1.4.2	Chronisch-venöse Insuffizienz und Varikose	176
3.1.5	Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung	176
3.1.5.1	Thrombose und postthrombotisches Syndrom	176

3.1.5.1.1	Beinvenenthrombose	176
3.1.5.1.2	Chronisch-venöse Insuffizienz/postthrombotisches Syndrom.....	179
3.1.5.2	Varikose	180
3.1.6	Diagnosekriterien der Duplexsonografie – Indikation und Wertigkeit	182
3.1.6.1	Thrombose	182
3.1.6.1.1	Kontroverse Untersuchungsumfang	189
3.1.6.1.2	Zusätzliche Untersuchung des asymptomatischen Beins	192
3.1.6.1.3	Lungenembolie	192
3.1.6.1.4	Ergänzende diagnostische Methoden zur Kompressionssonografie	193
3.1.6.1.5	Thrombosealter	196
3.1.6.2	Chronisch-venöse Insuffizienz	196
3.1.6.3	Varikose	202
3.1.6.3.1	Therapieoptionen.....	205
3.1.6.4	Varikophlebitis.....	205
3.1.7	Seltene pathologische Venenveränderungen	207
3.1.7.1	Venenaneurysma	207
3.1.7.1.1	Sonografische Diagnostik	207
3.1.7.1.2	Prävalenz von Venenaneurysmen in Ultraschallstudien	209
3.1.7.1.3	Therapeutische Relevanz der speziellen sonografischen Befunderhebung.....	209
3.1.7.2	Gefäßwandtumor	210
3.1.7.3	Venenkompression	211
3.1.7.4	Zystische Adventitiadegeneration der Venen	211
3.1.7.5	Differenzialdiagnose Lymphödem, Lipödem.....	212
3.1.8	Venenmapping	213
3.1.9	Wertung der Methode	213
3.1.9.1	Thrombose	213
3.1.9.1.1	Sonografie versus Phlebografie	215
3.1.9.1.2	Sonografie zur Verlaufskontrolle und Therapiewahl	216
3.1.9.2	Chronisch-venöse Insuffizienz	217
3.1.9.3	Varikose	218
3.2	Venen der oberen Extremität und V. jugularis	219
3.2.1	Gefäßanatomie	219
3.2.2	Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik	219
3.2.3	Normalbefund.....	219
3.2.4	Dokumentation.....	219
3.2.5	Klinische Wertigkeit.....	219
3.2.6	Duplexsonografische Untersuchungsergebnisse und diagnostische Wertigkeit	220
3.2.7	Wertigkeit der Untersuchung im Methodenvergleich	221
3.3	Atlas: Periphere Venen	222
4	Shunt	259
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
4.1	Klinische Relevanz der Shuntdiagnostik	260
4.1.1	Vorbemerkungen	260
4.1.2	Fragestellungen bei spontanen und bei therapeutisch angelegten Fisteln.....	260
4.1.2.1	Ursachen von AV-Fisteln.....	260
4.1.2.2	Anlage eines Shunts	260
4.1.2.3	Aufgaben der Farbduplexsonografie bei Shunts	261
4.2	Untersuchungsablauf, Untersuchungstechnik und diagnostische Wertigkeit	262
4.2.1	Angeborene und erworbene nichttherapeutische Fisteln	262
4.2.2	Therapeutisch angelegte arteriovenöse Fisteln zur Hämodialyse.....	263
4.2.2.1	Zeiteffiziente Untersuchung	264
4.3	Typische shuntbedingte Veränderung des Dopplerfrequenzspektrums	265
4.4	Shuntreifung und Bestimmung des Flussvolumens	265
4.5	Dokumentation	266

4.6	Gefäßmapping vor Shuntanlage	267
4.7	Pathologische Befunde (Dialyseprobleme)	267
4.7.1	Shuntstenose	268
4.7.1.1	Ursachen einer Shuntstenose	268
4.7.1.2	Untersuchung der Stenose und Beurteilung des Schweregrades	268
4.7.1.3	Arterielle Stenose im proximalen Abschnitt shuntspeisender Arterien	270
4.7.2	Shuntproblembezogene Diagnostik	270
4.7.2.1	Periphere Ischämie	270
4.7.2.2	Shuntaneurysma	271
4.7.2.3	Shuntvolumen (pathologisch)/Problem unzureichender Shuntdurchfluss	272
4.7.2.4	Problem Armschwellung	273
4.8	Wertigkeit der Duplexsonografie im Methodenvergleich – therapieorientierte Diagnostik	273
4.8.1	Therapiewahl	274
4.8.2	Surveillance-Programme?	274
4.9	Atlas: Shunt	275
5	Extrakranielle hirnversorgende Arterien	287
	<i>Wilhelm Schüberle</i>	
5.1	Einführung	289
5.2	Normale Gefäßanatomie und wichtige Varianten	289
5.2.1	A. carotis	289
5.2.2	A. vertebralis	291
5.3	Untersuchungstechnik und Untersuchungsablauf	292
5.3.1	A. carotis	293
5.3.2	A. vertebralis	295
5.4	Dokumentation	297
5.5	Normalbefund	297
5.5.1	A. carotis	297
5.5.2	A. vertebralis	298
5.6	Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung	298
5.6.1	A. carotis	298
5.6.1.1	Beurteilung des Stenosegrades	302
5.6.1.2	Plaquemorphologie	303
5.6.2	A. vertebralis	305
5.7	Sonografische Beurteilungskriterien, Messparameter und diagnostische Wertigkeit	305
5.7.1	A. carotis	305
5.7.1.1	Plaquerbeurteilung, Plaquemorphologie	305
5.7.1.1.1	Intima-Media-Dicke	305
5.7.1.1.2	Plaquesbeschreibung	307
5.7.1.1.3	Plaquedifferenzierung	308
5.7.1.1.4	Plaquedicke	310
5.7.1.1.5	Plaquemorphologie – Plaqueeoberfläche	310
5.7.1.1.6	Plaqueechogenität – Einflussfaktoren	311
5.7.1.1.7	Grauwertanalyse – Möglichkeiten und Grenzen	312
5.7.1.1.8	Ultraschallkontrastmitteluntersuchung (CEUS) zur Plaquescharakterisierung	314
5.7.1.2	Stenosequantifizierung/Stenosegrad	315
5.7.1.2.1	Messparameter/Kriterien zur Stenosegraduierung	317
5.7.1.3	Verschlüsse	328
5.7.1.3.1	Persistierende primitive hypoglossale Verbindungsarterien	329
5.7.1.4	Postoperative Verlaufskontrolle	330
5.7.1.4.1	Thrombendarteriektomie	330
5.7.1.4.2	Karotisstenting (CAS)	333
5.7.1.4.3	Diskrepanzen in der Graduierung von Rezidivstenosen, Studienlage	333
5.7.1.4.4	Stenosegraduierung nach dem Kontinuitätsgesetz	335
5.7.1.4.5	Stentdislokation	336

5.7.2	A. vertebralis	337
5.7.2.1	Stenose	337
5.7.2.2	Verschluss	338
5.7.2.3	Dissektion	339
5.7.2.4	Subclavian-Steal-Syndrom	339
5.8	Hirntoddiagnostik	340
5.9	Seltene (nichtarteriosklerotische) Gefäßerkrankungen der Karotisstrombahn	341
5.9.1	Dissektion	341
5.9.2	Vaskulitis	343
5.9.2.1	Sonografischer Befund bei Takayasu-Arteriitis	343
5.9.2.2	Sonografischer Befund bei Arteriitis Typ Horton	344
5.9.3	Fibromuskuläre Dysplasie	344
5.9.4	Aneurysma	345
5.9.5	Arteriovenöse Fistel	346
5.9.6	Idiopathische Karotidynie	346
5.9.7	Vasospasmus	346
5.9.8	Tumorbedingte Gefäßkompression, Glomustumor	346
5.10	Bewertung der duplexsonografischen Diagnostik der hirnversorgenden Arterien im Methodenvergleich	347
5.11	Atlas: Extrakranielle hirnversorgende Arterien	351
6	Viszerale und retroperitoneale Gefäße	383
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
6.1	Bauchaorta, Viszeralarterien und Nierenarterien	385
6.1.1	Gefäßanatomie	385
6.1.1.1	Aorta	385
6.1.1.2	Viszeralarterien	385
6.1.1.3	Nierenarterien	385
6.1.2	Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik	385
6.1.2.1	Aorta	386
6.1.2.1.1	Untersuchungsablauf und spezielle Aspekte in der sonografischen Diagnostik des Aortenaneurysma	386
6.1.2.1.2	Untersuchung bei Verlaufskontrolle nach Aortenstent	387
6.1.2.2	Viszeralarterien	387
6.1.2.3	Nierenarterien	388
6.1.2.3.1	Messmethodik	389
6.1.3	Normalbefunde	390
6.1.3.1	Aorta	390
6.1.3.2	Viszeralarterien	391
6.1.3.3	Nierenarterien	392
6.1.4	Dokumentation und Befundung	392
6.1.5	Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung	392
6.1.5.1	Aorta	392
6.1.5.1.1	Aortenaneurysma	392
6.1.5.1.2	Entzündliche und arteriosklerotische Pathologien	394
6.1.5.2	Viszeralarterien	394
6.1.5.3	Nierenarterien	395
6.1.6	Messparameter, diagnostische Kriterien und Wertigkeit der Methode	397
6.1.6.1	Nierenarterien	397
6.1.6.1.1	Wertigkeit der FKDS in der Detektion von Nierenarterienstenosen	398
6.1.6.1.2	Therapieorientierte Stenosegraduierung	401
6.1.6.1.3	Kontrastmittelunterstützte Sonografie (CEUS)	402
6.1.6.1.4	Sonografische Verlaufskontrolle nach Stent	403
6.1.6.1.5	Diagnosealgorithmus	404
6.1.6.1.6	Nierenarterienverschluss	404
6.1.6.1.7	Transplantatniere	405
6.1.6.2	Viszeralarterien	407
6.1.6.2.1	Truncus coeliacus	407

6.1.6.2.2	Viszerale Aneurysmen	408
6.1.6.2.3	Dissektion	408
6.1.6.2.4	A. mesenterica superior	408
6.1.6.2.5	Akuter Mesenterialarterienverschluss	411
6.1.6.3	Aorta	415
6.1.6.3.1	Aortenstenose und -thrombose	415
6.1.6.3.2	Aortenaneurysma	416
6.1.6.3.3	Messmethodische Besonderheiten beim Aortenaneurysma	416
6.1.6.3.4	Methodenvergleich von Sonografie und Computertomografie	418
6.1.6.3.5	Screening – Rupturgefahr	419
6.1.6.3.6	Aortendissektion	419
6.1.6.3.7	Verlaufskontrolle nach offen chirurgischer Aneurysmaresektion und EVAR	420
6.1.6.3.8	Aortenwandverdickung – retroperitoneale Prozesse	425
6.2	Viszerale und retroperitoneale Venen	427
6.2.1	Gefäßanatomie	427
6.2.1.1	V. cava	427
6.2.1.2	V. renalis	427
6.2.1.3	Portales System und Lebervenen	427
6.2.2	Untersuchungstechnik	428
6.2.2.1	V. cava	428
6.2.2.2	Nierenvenen	428
6.2.2.3	V. portae und V. mesenterica superior	428
6.2.3	Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung	430
6.2.3.1	Nierenvenen	430
6.2.3.2	Portales Venensystem	430
6.2.4	Normalbefunde	431
6.2.4.1	V. cava und Nierenvenen	431
6.2.4.2	Portales Venensystem	431
6.2.5	Dokumentation	431
6.2.6	Pathologische Befunde im sonografischen Bild, Messparameter und diagnostische Wertigkeit	431
6.2.6.1	V. cava	431
6.2.6.1.1	Membranöse Kavastenose	432
6.2.6.2	V. renalis	433
6.2.6.3	V. mesenterica superior und V. lienalis	433
6.2.6.3.1	Milzvenenthrombose	434
6.2.6.4	Portalvene und Lebervene	434
6.2.6.4.1	Portalvenenthrombose	434
6.2.6.4.2	Portale Hypertension	435
6.2.6.4.3	Lebervenen	439
6.3	Atlas: Viszerale und retroperitoneale GefäÙe	440
7	Skrotal- und PenisgefäÙe	485
	<i>Wilhelm Schäberle</i>	
7.1	Gefäßanatomie	486
7.1.1	Penis	486
7.1.2	GefäÙe des Skrotalinhalts	486
7.2	Untersuchungstechnik	486
7.2.1	Erektile Dysfunktion	486
7.2.1.1	Sonografische Untersuchung	486
7.2.2	GefäÙe des Skrotalinhalts	487
7.3	Normalbefund	488
7.3.1	PenisgefäÙe	488
7.3.2	GefäÙe des Skrotalinhalts	488
7.4	Dokumentation	488
7.5	Klinische Wertigkeit der duplexsonografischen Untersuchung	488
7.5.1	Erektile Dysfunktion	488
7.5.1.1	Pathophysiologie	489

7.5.2	Akutes Skrotum.....	489
7.5.3	Varikozele	489
7.6	Pathologische Befunde: duplexsonografische Messparameter und ihre Wertigkeit	490
7.6.1	Erektile Dysfunktion.....	490
7.6.2	Akutes Skrotum.....	491
7.6.3	Varikozele	492
7.7	Atlas: Skrotal- und PenisgefäÙe	493
	Serviceteil	497
	Literatur.....	498
	Stichwortverzeichnis.....	528