

# Dopplersonographie in Geburtshilfe und Gynäkologie

Horst Steiner  
Karl-Theo M. Schneider  
*Hrsg.*

# **Dopplersonographie in Geburtshilfe und Gynäkologie**

4., vollständig neu bearbeitete Auflage

Mit 315 Abbildungen

*Herausgeber*

**Horst Steiner**

Praxis für Frauenheilkunde und

Pränataldiagnostik

Salzburg

Österreich

**Karl-Theo M. Schneider**

emerit. Leiter der Abteilung für

Perinatalmedizin der TU München

München

Deutschland

Die Darstellung von manchen Formeln und Strukturelementen war in einigen elektronischen Ausgaben nicht korrekt, dies ist nun korrigiert. Wir bitten damit verbundene Unannehmlichkeiten zu entschuldigen und danken den Lesern für Hinweise.

ISBN 978-3-662-54965-0

ISBN 978-3-662-54966-7 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-54966-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2000, 2008, 2012, 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: Kapitel R. Chaoui, Farbdopplersonographie bei fetalen Herzfehlern

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort zur 4. Auflage

---

Die Dopplersonographie ist fester Bestandteil in der Betreuung von Risikoschwangerschaften und mittlerweile auch Screeningmethode in der Schwangerschaft. Seit der 3. Auflage hat sich die Dopplersonographie weiterentwickelt, dem wurde in vielen Kapiteln Rechnung getragen.

Vor allem im ersten Trimenon hat sich der Doppler als Screeningmethode für Präeklampsie, Herzfehler und chromosomale Aberrationen etabliert. Bei der Präeklampsie ist damit auch der Sprung von Diagnostik und Management zur Möglichkeit der Prävention gelungen, der Doppler ist hierbei ein wichtiger Baustein. Bei der Wachstumsretardierung sind die Unterschiede in der Pathophysiologie bei der frühen schweren und den häufigeren späten Formen klar geworden. Damit ergibt sich die Notwendigkeit zur differenzierten dopplersonographischen Überwachung. Hierbei wurde die Bedeutung des Brain sparing als Endphase bei der späten Wachstumsretardierung durch zahlreiche Studien belegt. Dagegen ist in der Endstrecke der schweren Wachstumsretardierung der Ductus venosus ein wichtiges Entscheidungskriterium; hierzu wurde nun die erste prospektive Studie, die TRUFFLE-Studie, publiziert, sie wird hier diskutiert.

Die Klassifizierung und Betreuung der Mehrlingsschwangerschaften, vor allem der monochorionalen, ist ohne Doppleranwendung nicht möglich. Auch hier hat sich das Verständnis über Oligohydramnie-Polyhydramnie-Sequenz (TOPS oder klassisches Zwillingstransfusionssyndrom), die Anämie-Polyzythämie-Sequenz (TAPS), die selektive Wachstumsrestriktion (sIUGR) sowie die TRAP-Sequenz (Acranius-Acardius) und deren Einteilung sowie das klinische Manage-

ment mittels Doppler etabliert. Vom TAPS ist der Übergang zur Betreuung Anämiegefährdeter Feten anderer Ursachen getan, es ist nunmehr gleichsam weltweit etabliert, mittels Dopplerüberwachung in hohem Prozentsatz nicht invasiv diese Risikoschwangerschaften zu überwachen und somit eher zu begleiten als zu therapieren, wo invasive Eingriffe nicht erforderlich sind. Die 3D/4D-Technik hat sich ebenfalls weiterentwickelt und dementsprechend wurde hier aktualisiert.

Daneben wurden auch alle anderen Kapitel betreffend beispielsweise das Herz oder die gynäkologischen Themen upgedatet. Diesen Inhalten entsprechend wurden auch unsere Kurse in München und Salzburg adaptiert und erfreuen sich weiterhin großer Zustimmung durch die zahlreichen Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Dieses Buch in der nunmehr 4. Auflage ist weiterhin Kursbuch und Nachschlagewerk für die praktische Tätigkeit in Klinik und Praxis.

Wir danken allen „alten“ und neu hinzugekommenen Kapitelautoren, allen Expertinnen und Experten im Bereich der Dopplersonographie, für die Gestaltung der Beiträge und die Bereitschaft, die Kapitel auch im interaktiven Diskurs zu verbessern. Darüber hinaus bedanken wir uns bei den bewährten Mitarbeiterinnen des Springer-Verlages, Frau Dr. Sabine Höschele und Ina Conrad ebenso wie bei der Lektorin Frau Ute Villwock für die professionelle Zusammenarbeit, um nun ein abgerundetes, gut lesbares Buch in der Neuauflage vorlegen zu können.

**Prof. Dr. med. Horst Steiner und  
Prof. Dr. med. KTM Schneider**

Salzburg und München im Juni 2017

## Vorwort zur 3. Auflage

---

Die Dopplersonographie als Überwachungsmethode des gefährdeten Feten in utero ist mittlerweile in den Mutterschaftsrichtlinien fest verankert und ein wesentlicher Baustein der klinischen Entscheidungsfindung. Gegenüber den bekannten Überwachungsverfahren, wie dem CTG, besitzt sie eine deutlich längere Vorwarnzeit von bis zu 3 Wochen, während das CTG nur eine Vorwarnzeit von 1–3 Tagen besitzt. Aus diesem Grunde ist nach den Daten der Perinatalen Arbeitsgemeinschaft für Qualitätssicherung die zweithäufigste Indikation zur Dopplersonographie nach der Überwachung der Wachstumsrestriktion der Einsatz bei vermeintlich pathologischem CTG. Ohne Erhöhung der operativen Interventionsrate lässt sich durch den Einsatz der Dopplersonographie bei präselektionierten Risiken sowohl die fetale Morbidität wie Mortalität signifikant reduzieren. Sowohl bei anamnestischen Risiken (interuterine Wachstumsrestriktion, interuteriner Fruchttod und andere), als auch bei Befundrisiken, wie z. B. Präeklampsie, ist der Einsatz der Dopplersonographie mittlerweile der Goldstandard zur Überwachung des Feten in utero weltweit geworden.

Die dopplersonographisch gemessene Flussgeschwindigkeit in der Arteria cerebri media korreliert mit dem fetalen Hämoglobinwert und lässt hierdurch die Risiken durch eine Nabelschnurpunktion in den meisten Fällen entbehrlich werden. Auch bei Einsatz der Methode bei Herzfehlbildungen und der damit verbundenen Veränderung der Blutströmungsverhältnisse leistet die Dopplersonographie extrem wertvolle Hilfe, ebenso wie bei der Diagnostik und der Verfolgung des fetofetalen Transfusionsyndroms bei monochorialis, diamnionen Zwillingschwangerschaften.

In der Gynäkologie kann die Dopplersonographie bei Adnex- und Uterustumoren sowie in der Mammadiagnostik eingesetzt werden, wobei hierbei der Sonomorphologie die überlegene Rolle zuzuschreiben ist.

In der vorliegenden 3. Auflage haben die auf dem Gebiet der Dopplersonographie im deutschen Sprachraum tätigen Experten das internationale Wissen anschaulich und kliniknah auf den aktuellsten Stand gebracht. Neben klaren Hinweisen auf die klinische Anwendung wird der Nutzer auch auf die möglichen Fallstricke aufmerksam gemacht. Viele praktische Hinweise und Richtlinien helfen, die Dopplersonographie adäquat und effizient anzuwenden.

Das vorliegende Dopplerbuch ist in seiner 3. Auflage das Ergebnis einer 20-jährigen Zusammenarbeit zwischen der Technischen Universität München rechts der Isar und der Frauenklinik der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg. Die schriftliche Darstellung der Literatur auf dem Gebiet der Dopplersonographie in Form eines Buches soll zudem Kurzauszüge der Vorträge, die erfahrungsgemäß kaum gelesen werden, entbehrlich machen.

Die Autoren der einzelnen Kapitel sind überwiegend Referenten der gemeinsam zwischen München und Salzburg stattfindenden Kurse. Darüber hinaus haben weitere namhafte Experten auf dem Gebiet der Dopplersonographie wichtige Beiträge beigesteuert.

Die gemeinsam durchgeführten Kurse werden jeweils im Frühjahr und im Herbst angeboten. Es werden dabei theoretische und praktische Kenntnisse vermittelt, die zur Anwendung der Methode nach den Richtlinien der kassenärztlichen Vereinigung Deutschlands erforderlich sind. Diese Kurse werden auch von der deutschen und österreichischen Ultraschallgesellschaft DEGUM und ÖGUM anerkannt.

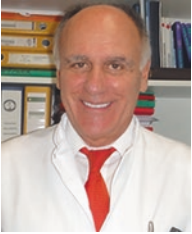
Zur Erleichterung der klinischen Anwendung sind Normkurven und Dokumentationsblätter beigefügt. Zusätzlich wurde ein Prüfungskatalog für die Prüfung bei der KV bereitgestellt.

Der besondere Dank der Herausgeber geht an alle Kapitelautoren sowie an die Mitarbeiter des Springer-Verlages Frau Dr. Sabine Höschel, Frau Ute Meyer-Krauss und vor allem Herrn Dr. Klaus Tschirner, die es trotz der Autorenviefalt verstanden haben, dieses Buch in ein gut lesbares Werk „aus einem Guss“ zu verwandeln.

**Univ. Prof. Dr. KTM Schneider**

## Herausgeberbiografien

---



### Herr Prof. Dr. med. KTM Schneider

emer. Direktor der Abteilung für Perinatalmedizin der TU München, beschäftigt sich seit vielen Jahren intensiv mit der antepartualen Überwachung und hier speziell mit der Methode der Dopplersonographie. Er hat die diesbezügliche Leitlinie zur Dopplersonographie erstellt und wesentlich dazu beigetragen, dass in der BRD die Dopplersonographie in den Mutterschaftsrichtlinien verankert wurde. Das vorliegende Buch ist auf der Grundlage einer über 25-jährigen Kooperation mit Prof. H. Steiner mit jährlich nach den KV-Richtlinien stattfindenden Kursen in München und Salzburg und unter Mitwirkung zahlreicher renommierter Experten auf diesem Gebiet entstanden.



### Herr Univ. Prof. Dr. Horst Steiner

hat sich seit rund 3 Jahrzehnten an der Universitätsfrauenklinik in Salzburg und jetzt an der Schwerpunktpraxis Praenamed in Salzburg mit der Dopplersonographie in Geburtshilfe und Gynäkologie wissenschaftlich und klinisch beschäftigt. Die Translation der Forschungsergebnisse in die klinische Anwendung erfolgte durch Publikationen, Kurse und Leitlinien, vielfach in enger Kooperation mit Prof. KTM Schneider und seinem Team in München. Das vorliegende Buch entstand aus diesen Aktivitäten und hat sich in den ersten drei Auflagen in der Ausbildungsfunktion sehr bewährt.

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Grundlagen

<b>1</b>	<b>Morphologie, Physiologie und Pathologie des maternoplazentaren, fetoplazentaren und fetalen Kreislaufs</b> .....	<b>3</b>
	<i>A.-H. Graf</i>	
1.1	<b>Einleitung</b> .....	4
1.2	<b>Morphologie</b> .....	4
1.2.1	Anatomie und Histologie der Plazenta .....	4
1.2.2	Maternoplazentarer Kreislauf .....	6
1.2.3	Fetoplazentarer Kreislauf .....	6
1.2.4	Fetaler Kreislauf .....	7
1.3	<b>Physiologie und Pathologie</b> .....	9
1.3.1	Maternoplazentare, fetoplazentare und fetale Durchblutung .....	9
1.3.2	Bedeutung des Blutflusses .....	9
1.3.3	Parameter der Plazentafunktion .....	10
1.3.4	Morphologie der Plazentainsuffizienz .....	10
	<b>Literatur</b> .....	11
<b>2</b>	<b>Physikalische und technische Grundlagen der Dopplersonographie</b> .....	<b>13</b>
	<i>M. Schelling</i>	
2.1	<b>Erzeugung und Empfang von Ultraschallwellen</b> .....	14
2.2	<b>Prinzip der Dopplersonographie</b> .....	15
2.3	<b>Dopplerverfahren</b> .....	17
2.3.1	Kontinuierlicher Doppler (CW-Doppler) .....	17
2.3.2	Gepulster Doppler (PW-Doppler) .....	17
2.3.3	Farbdoppler .....	19
2.3.4	Powerdoppler .....	20
	<b>Literatur</b> .....	21
<b>3</b>	<b>Analyse des Blutflussmusters</b> .....	<b>23</b>
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
3.1	<b>Grundlagen</b> .....	24
3.2	<b>Quantitative Signalanalyse</b> .....	25
3.3	<b>Qualitative Signalanalyse</b> .....	26
3.3.1	Resistance-Index .....	26
3.3.2	A/B-Ratio .....	27
3.3.3	Pulsatility-Index .....	27
3.3.4	Vergleich von A/B-Ratio, RI und PI .....	27
3.3.5	Weitere Indizes .....	28
3.3.6	Blutflussklassen .....	28
3.3.7	Qualitative Signalanalyse des venösen Dopplersignals .....	29
3.3.8	Vergleich arterieller und venöser Indizes .....	29
	<b>Literatur</b> .....	30



<b>4</b>	<b>Technik der Blutflussmessung in der Geburtshilfe</b> .....	31
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
4.1	<b>Einleitung</b> .....	32
4.2	<b>A. umbilicalis</b> .....	32
4.2.1	Technik .....	33
4.3	<b>A. uterina bzw. A. arcuata</b> .....	33
4.3.1	Technik .....	33
4.4	<b>Fetale Aorta</b> .....	33
4.4.1	Technik .....	33
4.5	<b>Fetale A. cerebri media</b> .....	34
4.5.1	Technik .....	35
4.6	<b>Ductus venosus</b> .....	35
4.6.1	Technik .....	36
4.7	<b>Fetale V. cava inferior</b> .....	37
4.7.1	Technik .....	38
4.8	<b>Vv. hepaticae</b> .....	38
4.8.1	Technik .....	38
4.9	<b>V. umbilicalis</b> .....	38
4.9.1	Technik .....	38
4.10	<b>Aa. und Vv. pulmonales</b> .....	38
4.10.1	Technik .....	38
	<b>Literatur</b> .....	41
<b>5</b>	<b>Normale Flussmuster in den uteroplazentaren und fetalen Gefäßen</b> .....	43
	<i>G. Hasenöhr</i>	
5.1	<b>Grundlagen</b> .....	44
5.2	<b>Arterielle Gefäße</b> .....	45
5.2.1	A. umbilicalis .....	45
5.2.2	A. cerebri media .....	46
5.2.3	A. uterina .....	47
5.2.4	Aorta .....	48
5.3	<b>Venöse Gefäße</b> .....	48
5.3.1	V. umbilicalis .....	49
5.3.2	Ductus venosus .....	49
5.3.3	V. cava inferior .....	51
	<b>Literatur</b> .....	51
<b>6</b>	<b>Fehlerquellen und Reproduzierbarkeit</b> .....	53
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
6.1	<b>Einleitung</b> .....	55
6.2	<b>Reproduzierbarkeit des Dopplersignals</b> .....	55
6.3	<b>Einfallswinkel des Dopplerschalls (Schallwinkel)</b> .....	55
6.3.1	Einfluss des Schallwinkels auf die quantitative Signalanalyse .....	55
6.3.2	Einfluss des Schallwinkels auf die qualitative Signalanalyse .....	55
6.4	<b>Empfangsverstärkung („receiver gain“)</b> .....	57
6.5	<b>Wallmotion-Filter (Wandfilter, High-Pass-Filter)</b> .....	58
6.6	<b>Fetale Atembewegungen</b> .....	59
6.7	<b>Fetale Herzfrequenz</b> .....	60
6.8	<b>Einfluss des Dopplerfensters („Gate“, Sample-Volumen)</b> .....	60
6.9	<b>Einfluss des Dopplerfensters auf die qualitative Signalanalyse</b> .....	60
6.10	<b>Maximal messbare Geschwindigkeit und Pulsrepetitionsfrequenz</b> .....	60

6.11	<b>Gefäßtiefe, maximal messbare Geschwindigkeit und Pulsrepetitionsfrequenz</b> .....	60
6.12	<b>Informationsverlust bei hohen Geschwindigkeiten durch Aliasing</b> .....	62
6.13	<b>Pitfalls</b> .....	62
6.13.1	Nullfluss der A. umbilicalis durch kleineres Lumen der 2. Arterie. ....	62
6.13.2	Reverse-Flow der A. cerebri media durch erhöhten Schallkopfdruck .....	63
6.13.3	Extrasystolen und fetaler Singultus .....	65
	<b>Literatur</b> .....	66
<b>7</b>	<b>Sicherheitsaspekte</b> .....	<b>67</b>
	<i>K.T.M. Schneider</i>	
7.1	<b>Einführung</b> .....	68
7.2	<b>Messparameter für die Ultraschallexposition</b> .....	68
7.2.1	Schalldruck .....	68
7.2.2	Schallwellengeschwindigkeit .....	68
7.2.3	Wellenlänge .....	68
7.2.4	Abschwächung der Schallausbreitung .....	68
7.2.5	Schallfenster .....	69
7.2.6	„Pulsed-Mode“ .....	69
7.2.7	Ausgangsleistung und Intensität .....	70
7.3	<b>Messung von Bioeffekten</b> .....	70
7.3.1	Intensitätsgrößen .....	70
7.3.2	Thermische Messgrößen .....	71
7.3.3	Mechanische Messgrößen .....	71
7.4	<b>Akustischer Output moderner Ultraschallverfahren</b> .....	72
7.5	<b>Bioeffekte und mögliche Auswirkungen auf den Feten</b> .....	73
7.5.1	Thermische Beeinflussung .....	74
7.5.2	Kavitationswirkung .....	75
7.5.3	Teratogenität und Mutagenität .....	75
7.6	<b>Beeinträchtigung der fetalen Entwicklung nach Ultraschallexposition</b> .....	75
7.7	<b>Sicherheitsempfehlungen</b> .....	77
7.7.1	Gerätetechnik .....	77
7.7.2	Anwenderempfehlungen .....	77
7.7.3	Geräteeinstellung und Reduktion applizierter Ultraschallenergie .....	78
7.8	<b>Schlussfolgerung</b> .....	78
	<b>Literatur</b> .....	79
<b>II</b>	<b>Diagnostischer und klinischer Einsatz der Dopplersonographie in der Geburtsmedizin</b>	
<b>8</b>	<b>Der SGA-Fetus – die intrauterine Wachstumsrestriktion</b> .....	<b>83</b>
	<i>K.T.M. Schneider und H. Steiner</i>	
8.1	<b>Einleitung</b> .....	84
8.2	<b>Definition von SGA und IUGR</b> .....	84
8.3	<b>Ätiologie</b> .....	84
8.4	<b>Diagnostik des SGA-Feten</b> .....	85
8.5	<b>Prävention und Management des IUGR-Feten</b> .....	87
8.6	<b>Späte Wachstumsretardierung</b> .....	92
8.7	<b>Zusammenfassung</b> .....	92
	<b>Literatur</b> .....	93

<b>9</b>	<b>Plazentationsstörungen und feto-maternale Erkrankungen</b> .....	97
	<i>C.S. von Kaisenberg und H. Steiner</i>	
9.1	<b>Einleitung</b> .....	98
9.2	<b>Morphologie, Physiologie und Pathophysiologie</b> .....	98
9.3	<b>Indikationen und Gefäßauswahl</b> .....	99
9.3.1	Screening für Plazentationsstörungen im 1. Trimenon .....	99
9.3.2	Screening für Plazentationsstörungen im 2. Trimenon .....	107
9.3.3	Symptomatische Patientinnen – bestehende SIH bzw. Präeklampsie .....	108
9.3.4	Prädiktion schwerer Verlaufsformen der SIH und Präeklampsie .....	110
	<b>Literatur</b> .....	111
<b>10</b>	<b>Zerebrale Durchblutung und dopplersonographische Befunde</b> .....	115
	<i>D. Wertaschnigg und H. Steiner</i>	
10.1	<b>Einleitung</b> .....	116
10.2	<b>Indikationen</b> .....	116
10.3	<b>Einflussfaktoren auf die zerebralen Flussmuster</b> .....	116
10.4	<b>Termineffekt</b> .....	117
10.5	<b>Blutumverteilung – „Brain sparing“</b> .....	119
10.6	<b>„Brain sparing“ und „fetal outcome“</b> .....	120
10.7	<b>„Brain sparing“ und kongenitale Herzfehler</b> .....	122
10.8	<b>Dezentralisation – Reredistribution</b> .....	122
10.9	<b>Wertigkeit von Doppleruntersuchungen um den Geburtstermin</b> .....	123
10.10	<b>Weitere Indikationen und Krankheitsbilder</b> .....	123
	<b>Literatur</b> .....	124
<b>11</b>	<b>Mehrlingsschwangerschaften und Dopplersonographie</b> .....	127
	<i>P. Klaritsch</i>	
11.1	<b>Einleitung</b> .....	128
11.2	<b>Formen der Zwillingschwangerschaften</b> .....	128
11.3	<b>Spezifische Komplikationen monochorialer Schwangerschaften</b> .....	129
11.3.1	Singulärer intrauteriner Fruchttod (sIUFT) .....	131
11.3.2	Feto-fetales Transfusionssyndrom (FFTS) .....	131
11.3.3	Twin Anemia Polycythemia Sequence (TAPS) .....	134
11.3.4	Twin Reversed Arterial Perfusion (TRAP) .....	135
11.4	<b>Selektive fetale Wachstumsrestriktion (sFGR)</b> .....	135
11.4.1	sFGR bei dichorialen Mehrlingen .....	136
11.4.2	sFGR bei monochorialen Mehrlingen .....	136
11.5	<b>Monoamniote Zwillinge</b> .....	138
	<b>Literatur</b> .....	139
<b>12</b>	<b>Dopplersonographie im 1. Trimenon</b> .....	143
	<i>E. Ostermayer und C.S. von Kaisenberg</i>	
12.1	<b>Physiologische Implantation – Trophoblastzellinvasion – intervillöse Zirkulation</b> .....	144
12.2	<b>Doppler im frühen 1. Trimenon</b> .....	145
12.2.1	Intervillöser Raum .....	145
12.2.2	Dottersack .....	145
12.2.3	Embryo .....	145
12.3	<b>Doppler- und Ultraschalluntersuchung zwischen 11–13<sup>+6</sup> Schwangerschaftswochen</b> .....	147
12.4	<b>Bedeutung der dopplersonographischen Marker zwischen 11–13<sup>+6</sup> Schwangerschaftswochen</b> .....	155

12.5	<b>Farbdopplersonographie beim frühen Fehlbildungsschall</b> .....	156
	<b>Literatur</b> .....	157
<b>13</b>	<b>Dopplersonographie am Termin und bei Übertragung</b> .....	161
	<i>C.S. von Kaisenberg und K.T.M. Schneider</i>	
13.1	<b>Fetale Risiken um den Termin und bei Übertragung</b> .....	162
13.1.1	Physiologische und pathophysiologische Veränderungen .....	162
13.1.2	Termineffekt .....	163
13.2	<b>Dopplersonographie am Termin</b> .....	164
13.3	<b>Dopplersonographie sub partu</b> .....	164
13.4	<b>Dopplersonographie nach dem Termin und in der Übertragung (13.–17. Tag)</b> .....	165
13.5	<b>Dopplersonographie als Vorhersagemöglichkeit einer Spontangeburt</b> .....	165
13.6	<b>Geburtshilfliches Management um den Termin und bei Übertragung</b> .....	165
13.7	<b>Zusammenfassung</b> .....	166
	<b>Literatur</b> .....	166
<b>14</b>	<b>Anämie – Blutgruppensensibilisierung</b> .....	169
	<i>H. Steiner und G. Hasenöhr</i>	
14.1	<b>Kurzüberblick</b> .....	170
14.2	<b>Physiologie und Pathophysiologie</b> .....	170
14.3	<b>Indikationen</b> .....	170
14.4	<b>Untersuchungstechnik und Gefäßauswahl</b> .....	171
14.5	<b>Diagnostische Wertigkeit und Konsequenzen</b> .....	173
14.5.1	Diagnostische Wertigkeit der Messungen an verschiedenen Gefäßen .....	173
14.5.2	Hydrops .....	174
14.5.3	Intrauterine Transfusion .....	175
14.5.4	Praktische Anwendung .....	175
14.6	<b>Zusammenfassung – Schlussfolgerungen</b> .....	176
	<b>Literatur</b> .....	176
<b>15</b>	<b>Dopplersonographie des venösen fetalen Kreislaufsystems</b> .....	179
	<i>K. Hecher und W. Diehl</i>	
15.1	<b>Anatomie und Physiologie</b> .....	180
15.2	<b>Pathologie</b> .....	183
15.3	<b>Klinischer Einsatz bei intrauteriner Wachstumsretardierung</b> .....	185
15.4	<b>Hydrops fetalis und Herzerkrankungen</b> .....	186
15.5	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	187
	<b>Literatur</b> .....	187
<b>16</b>	<b>Farbdopplersonographie in der Diagnostik von fetalen Fehlbildungen</b> .....	191
	<i>R. Chaoui</i>	
16.1	<b>Einleitung</b> .....	192
16.2	<b>Gepulste Dopplersonographie bei fetalen Fehlbildungen</b> .....	192
16.2.1	Differenzialdiagnose des Oligohydramnions .....	192
16.2.2	Chromosomenanomalien .....	193
16.2.3	Differenzialdiagnose des immunologischen und nichtimmunologischen Hydrops fetalis (NIHF) .....	193
16.3	<b>Farbdopplersonographie bei fetalen Fehlbildungen</b> .....	193
16.3.1	Nabelschnur und Plazenta .....	194
16.3.2	Nieren .....	196
16.3.3	Gehirn .....	196

16.3.4	Thorax.....	199
16.3.5	Abdomen.....	200
16.3.6	Tumore.....	202
16.3.7	Flüssigkeitsbewegungen im Farbdoppler.....	203
16.4	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	203
	<b>Literatur</b> .....	204
<b>17</b>	<b>Intrapartale Dopplersonographie</b> .....	205
	<i>J. Gnirs und K.T.M. Schneider</i>	
17.1	<b>Einleitung</b> .....	206
17.2	<b>Pathophysiologische Grundlagen</b> .....	207
17.3	<b>Diagnostischer Wert dopplersonographischer Befunde sub partu</b> .....	207
17.4	<b>Treffsicherheit der Überwachungsmethoden (CTG, FBA, Dopplersonographie)</b> .....	209
17.5	<b>Methodenvergleich</b> .....	210
17.6	<b>Stellenwert intrapartaler Dopplerbefunde</b> .....	211
17.7	<b>Farbdopplersonographie</b> .....	213
	<b>Literatur</b> .....	213
<b>18</b>	<b>Wertigkeit der Dopplersonographie im Vergleich zu anderen Überwachungsverfahren</b> .....	217
	<i>J. Gnirs</i>	
18.1	<b>Einleitung</b> .....	218
18.2	<b>Zielsetzung der antepartalen Überwachung</b> .....	218
18.3	<b>Pathophysiologie</b> .....	219
18.4	<b>Biophysikalische Überwachungsmethoden</b> .....	219
18.4.1	Kardiotokographie.....	219
18.4.2	Fetale Bewegungsaktivität und Verhaltenszustände.....	221
18.5	<b>Fetale Belastungstests</b> .....	221
18.5.1	Non-Stress-Test (NST).....	223
18.5.2	Vibroakustischer Stimulationstest.....	224
18.5.3	Fetales Bewegungsprofil.....	225
18.5.4	Computerisierte CTG-Überwachung.....	229
18.5.5	Ultraschalldiagnostik.....	230
18.5.6	Dopplersonographie.....	236
18.5.7	Hormonelle Schwangerschaftsüberwachung.....	238
18.6	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	239
	<b>Literatur</b> .....	240
<b>19</b>	<b>Integration der Dopplersonographie in das klinische Management</b> .....	245
	<i>K.T.M. Schneider</i>	
19.1	<b>Einführung</b> .....	246
19.2	<b>Historie der Einführung der Dopplersonographie in die Klinik</b> .....	246
19.3	<b>Indikationen der Dopplersonographie</b> .....	246
19.3.1	Screening im Niedrigrisikokollektiv.....	246
19.3.2	Screening im Hochrisikokollektiv.....	247
19.4	<b>Für die Dopplersonographie geeignete Gefäße</b> .....	248
19.5	<b>Bedeutung pathologischer Blutströmungsmuster</b> .....	249
19.6	<b>Überwachungsintervalle der Dopplersonographie</b> .....	251
19.7	<b>Rolle der Dopplersonographie bei exspektativem Vorgehen</b> .....	252
19.8	<b>Rolle der Dopplersonographie bei der Optimierung des Entbindungszeitpunktes</b> .....	253
19.9	<b>Zusammenfassung</b> .....	255
	<b>Literatur</b> .....	256

### III Dopplersonographie am fetalen Herzen

<b>20</b>	<b>Normale Flussmuster am fetalen Herzen</b> .....	261
	<i>G. Tulzer</i>	
20.1	<b>Einleitung</b> .....	262
20.2	<b>Grundlagen</b> .....	262
20.2.1	Untersuchungszeitpunkt .....	262
20.2.2	Geräteeinstellung .....	262
20.3	<b>Doppleruntersuchung des fetalen Herzens</b> .....	263
20.3.1	Präkordiale Venen .....	264
20.3.2	Foramen ovale .....	264
20.3.3	Atrioventrikular-Klappen (Mitral- und Trikuspidalklappe) .....	265
20.3.4	Semilunarklappen (Aorten- und Pulmonalklappe) .....	268
20.3.5	Ductus Botalli/Aortenbogen .....	269
20.4	<b>Zusammenfassung</b> .....	271
	<b>Literatur</b> .....	271
<b>21</b>	<b>Evaluierung des Cardiac Outputs und der kardialen Dekompensation</b> .....	273
	<i>G. Tulzer und J.C. Huhta</i>	
21.1	<b>Einleitung</b> .....	274
21.2	<b>Ursachen einer fetalen Herzinsuffizienz</b> .....	274
21.3	<b>Besonderheiten des fetalen Herzens</b> .....	274
21.4	<b>Cardiac Output: Physiologie</b> .....	274
21.5	<b>Diagnostik der Herzinsuffizienz</b> .....	275
21.5.1	Definition der Herzinsuffizienz beim Feten .....	275
21.5.2	Direkte Bestimmung des Cardiac Outputs mittels Doppler-Echokardiographie .....	275
21.5.3	Diagnose der fetalen Herzinsuffizienz .....	275
21.5.4	Herzinsuffizienz-Score .....	276
21.5.5	Limitierungen des Herzinsuffizienz-Scores .....	280
21.5.6	Tissue Doppler .....	280
21.6	<b>Zusammenfassung</b> .....	280
	<b>Literatur</b> .....	281
<b>22</b>	<b>Dopplerechokardiographie bei fetalen Arrhythmien</b> .....	283
	<i>U. Gembruch</i>	
22.1	<b>Einleitung</b> .....	284
22.2	<b>Differenzierung fetaler Arrhythmien</b> .....	284
22.3	<b>Dopplerechokardiographische Befunde im Rahmen fetaler Arrhythmien</b> .....	286
22.3.1	Extrasystolie .....	286
22.3.2	Bradyarrhythmie .....	288
22.3.3	Tachyarrhythmie .....	291
22.4	<b>Zusammenfassung</b> .....	297
	<b>Literatur</b> .....	297
<b>23</b>	<b>Farbdopplersonographie bei fetalen Herzfehlern</b> .....	303
	<i>R. Chaoui</i>	
23.1	<b>Technische Voraussetzungen</b> .....	304
23.1.1	Fetale Dopplerechokardiographie: Spektral- und Farbdoppler .....	304
23.1.2	Optimale Einstellung: erst B-Bild, dann Farbdoppler .....	304
23.2	<b>Das normale fetale Herz in der Farbdopplersonographie</b> .....	305
23.3	<b>Dopplerechokardiographische Befunde bei ausgesuchten fetalen Herzfehlern</b> .....	306
23.3.1	Ventrikelseptumdefekt (VSD) .....	306

23.3.2	Atrioventrikulärer Septumdefekt (AVSD)	307
23.3.3	Hypoplastisches Linksherzsyndrom (HLHS) und kritische Aortenstenose	307
23.3.4	Hypoplastischer rechter Ventrikel	308
23.3.5	Ebstein-Anomalie	308
23.3.6	Aorten- (AS) und Pulmonalstenose (PS)	309
23.3.7	Fallot-Tetralogie	309
23.3.8	Double-Outlet-Right-Ventricle (DORV)	310
23.3.9	Truncus arteriosus communis	310
23.3.10	Komplette Transposition der großen Gefäße (d-TGA)	310
23.3.11	Obstruktionen des Aortenbogens	310
23.3.12	Rechter und doppelter Aortenbogen	310
23.3.13	Anomalien des Körper- und Lungenvenerückflusses	311
23.4	<b>Fetale Dopplerechokardiographie zwischen 11 und 14 SSW</b>	312
23.5	<b>Schlussfolgerungen</b>	314
	<b>Literatur</b>	314

## IV Dopplersonographie in der Gynäkologie

<b>24</b>	<b>Blutversorgung, Physiologie und Neoangiogenese des inneren Genitales</b>	317
	<i>R. Gruber</i>	
24.1	<b>Kurzüberblick</b>	318
24.2	<b>Blutversorgung des Uterus und der Adnexe</b>	318
24.2.1	Uterus	318
24.2.2	Tuben und Ovarien	318
24.3	<b>Physiologischer Zyklus des inneren weiblichen Genitales</b>	318
24.4	<b>Neoangiogenese im Bereich des inneren weiblichen Genitale</b>	321
24.4.1	Definition	321
24.4.2	Historischer Rückblick	321
24.4.3	Formen der Neoangiogenese	322
24.4.4	Pathophysiologie der (Neo-)Angiogenese	322
24.4.5	Auswirkungen der Angiogenese auf Gefäßmorphologie und Funktion	325
24.4.6	Therapeutische Ansatzpunkte	327
	<b>Literatur</b>	327
<b>25</b>	<b>Untersuchungsgang, Normalbefunde und Fehlerquellen in der gynäkologischen Dopplersonographie</b>	329
	<i>G. Bogner</i>	
25.1	<b>Einleitung</b>	331
25.2	<b>Grundlagen</b>	331
25.2.1	Einstellung des Ultraschallgeräts	331
25.2.2	Möglichkeiten der Darstellung	331
25.2.3	Fehlerquellen	332
25.3	<b>Anwendungsgebiete</b>	332
25.4	<b>Uterusdurchblutung</b>	333
25.4.1	Arteria uterina	333
25.4.2	Color-Flow-Mapping des Uterus	335
25.5	<b>Ovarielle Durchblutung</b>	335
25.5.1	Arteria ovarica	335

25.5.2	Color-Flow-Mapping des Ovars und dessen zyklische Veränderungen des Blutflusses	336
25.5.3	Corpus luteum	337
25.6	<b>Dopplersonographische Befunde in der Frühschwangerschaft</b>	338
25.6.1	Normalbefund	338
25.6.2	Anwendungsmöglichkeiten bei Schwangerschaftspathologie	339
25.7	<b>Postmenopause</b>	340
25.8	<b>Perspektiven für die zukünftige Entwicklung</b>	341
	<b>Literatur</b>	341
<b>26</b>	<b>Diagnostischer Einsatz bei Adnextumoren</b>	343
	<i>G. Bogner</i>	
26.1	<b>Einleitung</b>	344
26.2	<b>Grundlagen</b>	344
26.2.1	Pathophysiologie	344
26.2.2	Untersuchung und Doppler – Eigenschaften von Ovarialtumoren	345
26.2.3	Fehlerquellen	346
26.3	<b>Auswertung</b>	346
26.3.1	Farbdoppler	346
26.3.2	Abhängigkeit von der Sonomorphologie	349
26.3.3	Klinische Anwendung der Dopplersonographie	350
26.3.4	Analyse des Malignitätsrisikos von Adnextumoren mit Hilfe von Algorithmen	352
26.4	<b>Fallbeispiele</b>	353
26.5	<b>Praktische Hinweise</b>	354
26.6	<b>Powerdoppler und 3D-Doppler</b>	355
26.7	<b>Andere Adnexerkrankungen</b>	355
26.7.1	Entzündliche Prozesse	356
26.7.2	Ovarialtorsion	356
	<b>Literatur</b>	357
<b>27</b>	<b>Diagnostischer Einsatz bei anderen gynäkologischen Erkrankungen</b>	361
	<i>G. Bogner und R. Gruber</i>	
27.1	<b>Pathologie in der Schwangerschaften, I. Trimenon</b>	362
27.1.1	Extrauterin gravidität	362
27.1.2	Abortus	367
27.1.3	Trophoblasttumoren, Gestational Trophoblastic Neoplasia (GTN)	370
27.2	<b>Einsatzmöglichkeiten der transvaginalen Farbdopplersonographie bei Pathologien des Uterus</b>	370
27.2.1	Gutartige Endometriumsveränderungen	371
27.2.2	Leiomyom – Adenomyom	372
27.2.3	Malignome des Uterus	373
	<b>Literatur</b>	378
<b>V</b>	<b>Dopplersonographie in der Reproduktionsmedizin</b>	
<b>28</b>	<b>Dopplersonographie in der Reproduktionsmedizin</b>	385
	<i>D. Grab</i>	
28.1	<b>Einleitung</b>	386
28.2	<b>Tubenfaktor</b>	386
28.3	<b>Ovarielle Perfusion</b>	387



28.4 **Uterine Perfusion** .....390  
28.5 **Dopplersonographie zur Optimierung der assistierten Reproduktion** .....396  
**Literatur** .....397

## **VI Dopplersonographie in der Mammadiagnostik**

**29 Dopplersonographie in der Mammadiagnostik** .....403  
*M. Braun und M. Schelling*  
29.1 **Einleitung** .....404  
29.2 **Pathophysiologischer Hintergrund** .....404  
29.3 **Apparative Voraussetzungen, Messtechnik, diagnostische Kriterien, Kontrastmittel** ...405  
29.4 **Sonographische und dopplersonographische Dignitätsbeurteilung** .....407  
29.5 **Ausblick** .....412  
29.6 **Zusammenfassung** .....415  
**Literatur** .....416

**30 Erratum** ..... E1

**Serviceteil** .....419  
Anhang .....420  
Stichwortverzeichnis .....428

## Autorenverzeichnis

---

### Dr. med. Gerhard Bogner

Universitätsklinik für Frauenheilkunde und  
Geburtshilfe der Paracelsus Medizinische  
Universität  
Müllner Str. 48  
A-5020 Salzburg

### Prof. Dr. med. Michael Braun

Rotkreuzklinikum München  
Frauenklinik, Hauptabteilung Gynäkologie  
Taxisstraße 3  
D-80637 München

### Prof. Dr. med. Rabih Chaoui

Praxis für Pränataldiagnostik und Humangenetik  
Friedrichstraße 147  
D-10117 Berlin

### Dr. med. Werner Diehl

Geburtshilfe u. Pränatalmedizin  
Uni-Kl. Hamburg-Eppendorf  
Martinistraße 52  
D-20246 Hamburg

### Prof. Dr. med. Ulrich Gembruch

Geburtshilfe u. Pränatalmedizin  
Universitätsklinikum Bonn  
Sigmund-Freud-Straße 25  
D-53105 Bonn

### Prof. Dr. med. habil. Joachim Gnirs

Clinica Ginecologia y Obstetricia Bendinat  
C/ Arquitecto Francisco Casas, 17 - Loc. B12  
07181 Bendinat, Calvia  
E-Islas Baleares

### Prof. Dr. med. Dieter Grab

Frauenklinik Klinikum Harlaching  
Sanatoriumsplatz 2  
D-81545 München

### Univ.-Doz. Dr. med. univ. Dr. phil. Anton-H. Graf

Ordination für Frauenheilkunde & Geburtshilfe,  
Schrannengasse 8  
Zytodiagnostisches Laboratorium  
Strubergasse 20  
A-5020 Salzburg

### Dr. med. Robert Gruber

Universitätsklinik für Frauenheilkunde und  
Geburtshilfe der Paracelsus Medizinische  
Universität  
Müllner Str. 48  
A-5020 Salzburg

### Prim. Dr. med. Gottfried Hasenöhrl

A.Ö. Krankenhaus St. Josef Braunau  
Ringstraße 60  
A-5280 Braunau am Inn

### Prof. Dr. med. Kurt Hecher

Geburtshilfe u. Pränatalmedizin  
Uni-Kl. Hamburg-Eppendorf  
Martinistraße 52  
D-20246 Hamburg

### MD James C. Huhta

Pediatric Cardiology  
Tampa Medical Tower  
STE 800 2727 W. Martin L. King, Jr BLVD  
USA-Tampa, Florida

### Dr. med. Tobias Jäger

Praenamed  
Nonntaler Hauptstraße 55  
A-5020 Salzburg

### Univ.-Prof. Dr. med C. S. von Kaisenberg

Bereichsleiter Geburtshilfe und Pränatalmedizin  
Klinik für Frauenheilkunde, Geburtshilfe und  
Reproduktionsmedizin Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

### Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Philipp Klaritsch

Klinische Abteilung für Geburtshilfe  
Medizinische Universität Graz  
Auenbruggerplatz 14/1  
A-8036 Graz

### Kilavuz Ömer

Praxis für Pränatalmedizin  
Eichkampstraße 10  
D-14055 Berlin

**Dr. med. Eva Ostermayer**

Frauenklinik und Poliklinik Klinikum rechts der Isar  
Ismaninger Straße 22  
D-81675 München

**Dr. med. Heinz Schaffer**

Facharzt für Frauenheilkunde und Geburtshilfe  
Neutorstraße 61  
A-5020 Salzburg

**Prof. Dr. med. Marcus Schelling**

praenatschall.de  
Praxis für pränatale Diagnostik München  
Tegernseer Landstraße 64  
D-81541 München

**Prof. Dr. med. Karl-Theo M. Schneider**

emerit. Leiter der Abteilung für  
Perinatalmedizin der TU München  
Hermann-Gmeiner-Weg 16  
D-81929 München

**Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Schramm**

DEGUM-Stufe III  
Pränatal-Medizin München Frauenärzte und  
Humangenetiker MVZ  
Lachnerstraße 20  
D-80639 München

**Univ. Prof. Dr. Horst Steiner**

Praenamed  
Nonntaler Hauptstraße 55  
A-5020 Salzburg

**Prof. Dr. med. Gerald Tulzer**

Klinik für Kinderkardiologie  
MedCampus 4 Kepler Universitätsklinikum  
Krankenhausstraße 26-30  
A-4020 Linz

**Prof. Dr. med. Klaus Vetter**

Klinik für Geburtsmedizin  
Vivantes Klinikum Neukölln  
Rudower Straße 48  
D-12351 Berlin

**Priv.-Doz. Dr. med. Dagmar Wertaschnigg**

Universitätsklinik für Frauenheilkunde und  
Geburtshilfe der Paracelsus Medizinische  
Universität  
Müllner Str. 48  
A-5020 Salzburg