



Reinhard Larsen

Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege

Unter Mitarbeit
von T. Fink und T. Müller-Wolff

9. Auflage

 Springer

Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege

Reinhard Larsen

Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege

9., vollständig überarbeitete Auflage

Unter Mitarbeit

von Tobias Fink und Tilmann Müller-Wolff

Mit 274 Abbildungen

Reinhard Larsen
Homburg
Saarland
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 978-3-662-50443-7 ISBN 978-3-662-50444-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-50444-4

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

Springer

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984, 1987, 1992, 1994, 1999, 2004, 2007, 2012, 2016

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.

Fotos: Jürgen Drexler, Zweibrücken

Zeichnungen: Dr. Michael und Christiane von Solodkoff, Neckargemünd; Peter Lübcke, Wachenheim; Annette Gack, Neuendettelsau

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: © bvmed.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

Vorwort zur 9. Auflage

Für die Neuauflage wurden alle Kapitel des Buches gründlich überarbeitet und gestrafft. Entbehrlicher und überholter Lernstoff wurde gestrichen und durch neue Ergebnisse der nachweis- bzw. evidenz-gestützten Medizin und Pflegewissenschaft ersetzt. Bereits vorhandene Empfehlungen und Leitlinien zu verschiedenen Krankheitsbilder und Behandlungsmaßnahmen wurden aktualisiert, in der Zwischenzeit neu erstellte Handlungsempfehlungen und Leitlinien in das Buch aufgenommen. Hierzu gehören u. a.:

- Atemwegsmanagement, Airwaymanagement,
- Kardiopulmonale Reanimation (2015),
- Analgesie und Delirmanagement in der Intensivmedizin,
- Asthma, COPD, NIV, Sepsis und ARDS,
- Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen,
- Vermeidung von perioperative Hypothermie sowie
- Adipositas-Chirurgie.

Das vorliegende Buch ist seit mehr als 30 Jahren das Standardwerk für die Fachweiterbildung Anästhesie und Intensivmedizin. Es liegt daher nahe, die bereits in der Voraufgabe durch die Beteiligung pflegerischer Autoren begonnene Verjüngung und Erneuerung durch Hinzuziehung eines kompetenten ärztlichen Autors fortzusetzen. Ich freue mich, in Herrn Privatdozent Dr. Tobias Fink einen engagierten Mitarbeiter gefunden zu haben, der mit unverstelltem und frischem Blick nicht nur an die Tradition des Lehrbuches anknüpft, sondern auch neue Wege der Wissensvermittlung beschreitet.

Mein Dank gilt zahlreichen Lesern für ihre kritischen Hinweise, Fehlermeldungen und Verbesserungsvorschläge, weiterhin Frau Ulrike Hartmann vom Springer Verlag für ihre niemals nachlassende fachliche Beratung und Unterstützung sowie Frau Sirka Nitschmann für das stets kompetente Lektorat und die hervorragende Zusammenarbeit.

Prof. Dr. med. R. Larsen

Homburg, April 2016

Über die Autoren



■ ■ Der Autor

■ Prof. Dr. Reinhard Larsen

Ehemaliger Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie am Universitätsklinikum des Saarlandes sowie Autor zahlreicher Bücher im Bereich der Anästhesie und Intensivmedizin



■ ■ Unter Mitarbeit von

■ Priv. Doz. Dr. Tobias Fink

Oberarzt an der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie sowie stellvertretende ärztliche Leitung der Fachweiterbildung Intensivpflege und Anästhesie am Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg



■ Tilmann Müller-Wolff, M.A.

Akademieleitung der Regionalen Kliniken Holding, Ludwigsburg;
Fachkrankenschwester für Intensivpflege und Anästhesie, Pflege- und Gesundheitswissenschaftler

Inhaltsverzeichnis

Anästhesie

I Grundlagen und Verfahren in der Anästhesie und Anästhesiepflege

1	Einführung in die Anästhesie und Aufgaben der Fachpflege	5
2	Nervensystem	13
3	Präoperative Einschätzung und Prämedikation	26
4	Vorgehen bei Begleiterkrankungen	36
5	Arbeitsplatz und Patient: von der Vorbereitung bis zur Ausleitung..... <i>Unter Mitarbeit von C. Hermes, T. Müller-Wolff</i>	64
6	Narkosegeräte, Narkosesysteme, Narkosebeatmung	85
7	Überwachung des Patienten	93
8	Endotracheale Intubation, Larynxmaske und Larynxtubus	103
9	Inhalationsanästhesie	139
10	Intravenöse Anästhetika, Opioide, Sedativa, TIVA	152
11	Muskelrelaxanzien	170
12	Lokalanästhetika	186
13	Spinalanästhesie	197
14	Periduralanästhesie	218
15	Regionale Nervenblockaden	232
16	Intraoperative Flüssigkeitstherapie	251
17	Transfusionsmedizin	258
18	Blutgerinnung	276

II Spezielle Anästhesie

19	Kinderanästhesie	284
20	Geburtshilfe und Erstversorgung des Neugeborenen	319

21	Herzchirurgie	351
22	Thoraxchirurgie	371
23	Gefäßchirurgie	380
24	Neurochirurgie	387
25	Augenoperationen	407
26	HNO-Operationen und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie	411
27	Abdominalchirurgie	419
28	Orthopädie	428
29	Urologische Eingriffe	435
30	Ambulante Narkosen	443
31	Notfallbehandlung von Schwerverletzten	448
32	Komplikationen und Zwischenfälle	460

III Postoperative Versorgung

33	Aufwachraum	470
	<i>Unter Mitarbeit von M. Klein, T. Müller-Wolff</i>	
34	Postoperative Schmerztherapie	479

Intensivmedizin

IV Grundlagen der Intensivmedizin und Intensivpflege

35	Einführung in die Intensivmedizin	500
36	Ethik und Recht in der Intensivmedizin	506
37	Psychosoziale Situation von Patienten, Angehörigen und Behandlungsteam	515
38	Intensivpflege: Ziele und Strategien	528
	<i>Unter Mitarbeit von T. Müller-Wolff, S. Pfeffer</i>	
39	Körperpflege und Dienstübergabe	533
	<i>Unter Mitarbeit von A. Schäfer, T. Müller-Wolff, M. Grenner</i>	

40	Mobilisation, Präntion und Physiotherapie	556
	<i>Unter Mitarbeit von O. Rothaug, S. Müller</i>	
41	Hygiene, Infektionen und Antibiotikatherapie	561
42	Überwachung des Intensivpatienten	578
	<i>Unter Mitarbeit von C. Hermes, T. Müller-Wolff</i>	
43	Ernährung und Infusionstherapie	600
44	Analgesie, Sedierung, Muskelrelaxierung und Delirbehandlung	608
45	Kardiovaskuläre Medikamente	618
46	Kardiopulmonale Reanimation	627
V	Herz-Kreislauf-Funktion und ihre Störungen	
47	Physiologie des Herzens und des Kreislaufs	646
48	Herzrhythmusstörungen: Akutbehandlung	664
49	Herzinsuffizienz und kardiogener Schock	675
50	Akutes Koronarsyndrom (ACS) und akuter Myokardinfarkt	680
51	Lungenembolie und akutes Cor pulmonale	691
VI	Lunge, Atmung und Beatmung	
52	Physiologie der Atmung	696
53	Respiratorische Insuffizienz: Pathophysiologie und Zeichen	709
54	Atemtherapie	716
	<i>N. Schwabbauer</i>	
55	Intubation, Tracheotomie und Pflege des beatmeten Patienten	729
	<i>Unter Mitarbeit von R. Dubb, A. Kaltwasser, T. Müller-Wolff</i>	
56	Maschinelle Beatmung und NIV	745
	<i>Unter Mitarbeit von R. Dubb, A. Kaltwasser, T. Müller-Wolff</i>	
57	Akute Störungen der Atmung: spezielle Krankheitsbilder	796

VII Niere, Wasser-Elektrolyt- und Säure-Basen- Haushalt

58	Störungen des Säure-Basen-Haushalts	822
59	Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts	832
60	Akute Nierenschädigung und Nierenersatzverfahren	840

VIII Spezielle Intensivmedizin

61	Neurointensivmedizin	848
62	Herzchirurgische Intensivmedizin	890
63	Abdominalchirurgische Intensivmedizin	902
64	Pädiatrische Intensivmedizin	920
65	Intensivbehandlung von Schwerverletzten	950

IX Intensivpflichtige Krankheitsbilder

66	Sepsis und septischer Schock	958
67	Schock	964
68	Präeklampsie-Eklampsie und HELLP-Syndrom	971
69	Akute Vergiftungen	978
70	Verbrennungskrankheit	987
71	Hypothermie	994
72	Tetanus	998
	Serviceteil	1003
	Glossar und Abkürzungen	1004
	Maßeinheiten und klinische Normalwerte	1007
	Stichwortverzeichnis	1010

Mitarbeiterverzeichnis

Dubb, Rolf, B.Sc.

Bereich Weiterbildungen
Akademie der Kreiskliniken Reutlingen GmbH
Steinenbergstr. 31, 72764 Reutlingen

Filipovic (geb. Müller), Silke, B.Sc.

Physiotherapie, Standort Marburg
Universitätsklinikum Gießen und Marburg
Baldingerstraße 1, 35033 Marburg

Grenner, Martina

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und
Schmerztherapie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Gebäude 57, 66421 Homburg

Hermes, Carsten

Klinik für Anästhesiologie u. operative Intensivmedizin,
Pflegedienst Intensivstation
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Straße 25, 53105 Bonn

Kaltwasser, Arnold

Weiterbildungsstätte für Intensivpflege und Anästhesie
Akademie der Kreiskliniken Reutlingen GmbH
Steinenbergstraße 31, 72764 Reutlingen

Klein, Manuela

Klinikum am Steinenberg - Anästhesiepflege
Kreiskliniken Reutlingen GmbH
Steinenbergstraße 31, 72764 Reutlingen

Müller-Wolff, Tilmann, M.A.

Akademieleitung, Leitung der Fachweiterbildungen
Regionale Kliniken Holding RKH GmbH
Posilipostraße 4, 71640 Ludwigsburg

Pfeffer, Sabine

Sana Herzchirurgie Stuttgart GmbH,
Intensivstation
Herdweg 2, 70174 Stuttgart

Rothaug, Oliver

Geschäftseinheit Pflegedienst
Universitätsmedizin Göttingen
Robert-Koch-Straße 40
37075 Göttingen

Schäfer, Andreas, B.Sc. ICP

Funktionsleitung interdisziplinäre Intensivstation
ASKLEPIOS-Klinik Schwalmstadt
Krankenhausstr. 27, 34613 Schwalmstadt

Schwabbauer, Norbert

Atmungstherapie, Pulmonologie
Universitätsklinikum Tübingen
Otfried-Müller-Straße 10, 72076 Tübingen

Anästhesie

Grundlagen und Verfahren in der Anästhesie und Anästhesiepflege

- Kapitel 1 Einführung in die Anästhesie und Aufgaben der Fachpflege – 5
- Kapitel 2 Nervensystem – 13
- Kapitel 3 Präoperative Einschätzung und Prämedikation – 26
- Kapitel 4 Vorgehen bei Begleiterkrankungen – 36
- Kapitel 5 Arbeitsplatz und Patient: von der Vorbereitung bis zur Ausleitung – 64
Unter Mitarbeit von C. Hermes, T. Müller-Wolff
- Kapitel 6 Narkosegeräte, Narkosesysteme, Narkosebeatmung – 85
- Kapitel 7 Überwachung des Patienten – 93
- Kapitel 8 Endotracheale Intubation, Larynxmaske und Larynxtubus – 103
- Kapitel 9 Inhalationsanästhesie – 139
- Kapitel 10 Intravenöse Anästhetika, Opioide, Sedativa, TIVA – 152
- Kapitel 11 Muskelrelaxanzien – 170
- Kapitel 12 Lokalanästhetika – 186

Kapitel 13	Spinalanästhesie – 197
Kapitel 14	Periduralanästhesie – 218
Kapitel 15	Regionale Nervenblockaden – 232
Kapitel 16	Intraoperative Flüssigkeitstherapie – 251
Kapitel 17	Transfusionsmedizin – 258
Kapitel 18	Blutgerinnung – 276

Einführung in die Anästhesie und Aufgaben der Fachpflege

- 1.1 Anästhetika – 6**
- 1.2 Komponenten der Anästhesie – 6**
- 1.3 Phasen der Allgemeinanästhesie – 6**
- 1.4 Regionalanästhesie – 6**
- 1.5 Wer führt die Anästhesien durch? – 7**
 - 1.5.1 Zusammenarbeit bei der operativen Patientenversorgung – 7
 - 1.5.2 Tätigkeiten des Fachpflegepersonals – 9
 - 1.5.3 Delegation ärztlicher Leistungen an nichtärztliches Personal – 9
- 1.6 Haftung für Behandlungsfehler – 10**
 - 1.6.1 Definition des Behandlungsfehlers – 11
 - 1.6.2 Arten medizinischer Fahrlässigkeit – 11
- 1.7 Verhaltensempfehlungen nach einem Narkosezwischenfall – 11**
 - Nachschlagen und Weiterlesen – 12

Anästhesiologie ist die Lehre von der Narkose. Eine Narkose ist ein Zustand der Bewusstlosigkeit und Schmerzlosigkeit, in dem chirurgische, diagnostische und therapeutische Eingriffe ohne Schmerzempfindungen und Abwehrreaktionen durchführbar sind. Alle Allgemeinanästhesien und alle rückenmarknahen Anästhesieverfahren werden von Anästhesisten durchgeführt, assistiert von Anästhesie-Fachpflegepersonal.

Die Anästhesie (*altgriechisch*: ohne Empfindung, Wahrnehmung) ist gekennzeichnet durch Bewusstlosigkeit, Schmerzlosigkeit und fehlende motorische Abwehrbewegungen auf chirurgische Stimulation oder andere starke Reize. Bewusstlosigkeit allein reicht für chirurgische Eingriffe nicht aus, da die Schmerzimpulse dennoch zum Gehirn weitergeleitet werden und körperliche Reaktionen wie Abwehrbewegungen oder Anstieg von Blutdruck- und Herzfrequenz auslösen können.

1.1 Anästhetika

Der Zustand der Anästhesie wird durch Substanzen erreicht, die zu einer reversiblen absteigenden Dämpfung des zentralen Nervensystems (Gehirn und Rückenmark) führen. Diese Substanzen heißen Anästhetika oder Narkotika; sie werden dem Körper auf unterschiedlichen Wegen zugeführt:

- über die Lungen: *Inhalationsanästhetika*: Isofluran, Desfluran, Sevofluran, Lachgas,
- durch intravenöse Injektion (i.v.-Injektion): *i.v.-Anästhetika*: Propofol, Thiopental, Etomidat, Ketamin.

Die Anästhetika wirken nicht nur auf Regionen des Gehirns und des Rückenmarks, sondern auch auf andere Organfunktionen, v. a. auf Atmung, Herz und Kreislauf.

1.2 Komponenten der Anästhesie

Eine Allgemeinnarkose besteht klinisch aus folgenden Komponenten:

- Bewusstlosigkeit (Hypnose) und Amnesie (Verlust der Erinnerung),
- Schmerzlosigkeit (Analgesie),
- Reflexdämpfung,
- Muskeler schlaffung (Relaxierung).

Um den Zustand der Anästhesie zu erreichen, werden spezifische Medikamente miteinander kombiniert:

- i.v.-Anästhetika oder Inhalationsanästhetika für Bewusstlosigkeit und Amnesie, in höheren Konzentrationen zur Ausschaltung oder Abschwächung

somatischer, viszerosomatischer und autonomer Reaktionen auf schädigende Reize,

b. B. ergänzt durch Parasympathikolytika, β -Blocker, Vasodilatoren,

- stark wirkende Opioide für die Analgesie (Schmerzlosigkeit),
- Muskelrelaxanzien für die Lähmung der Skelettmuskulatur.

Durch die Kombination verschiedener Substanzen, auch als **Kombinationsnarkose** bezeichnet, kann die chirurgische Anästhesie mit *geringeren* Dosen der einzelnen Substanzen erreicht und dadurch die Sicherheit für den Patienten erhöht werden.

1.3 Phasen der Allgemeinanästhesie

Bei der Allgemeinanästhesie werden 3 Phasen unterschieden:

- Einleitung,
- Aufrechterhaltung,
- Ausleitung.

Die Narkose wird in der Regel mit i.v.-Anästhetika eingeleitet, bei Kindern manchmal auch per Inhalation. Die i.v.-Anästhetika, mit Ausnahme von Ketamin, haben keine analgetischen Eigenschaften, sodass mit ihnen allein keine Operationen möglich sind. Für die Aufrechterhaltung der Narkose werden daher Opioide und/oder Inhalationsanästhetika eingesetzt, b. B. ergänzt durch Muskelrelaxanzien. Am Ende der Operation wird die Zufuhr der Anästhetika unterbrochen und die Narkose ausgeleitet. Der Patient sollte wenige Minuten später erwachen und erweckbar bleiben. In jeder Phase der Narkose ist eine kontinuierliche Überwachung der Vitalparameter erforderlich. Besonders kritische Zeitpunkte sind dabei die Narkoseeinleitung und die Narkoseausleitung. Im Anschluss an die Allgemeinanästhesie muss der Patient noch im Aufwachraum überwacht werden, bis seine Verlegungsfähigkeit erreicht worden ist.

1.4 Regionalanästhesie

Neben der Allgemeinanästhesie wird auch die Regional- oder Lokalanästhesie angewandt. Bei dieser Anästhesie werden **Lokalanästhetika** in die Nähe von Nerven oder Nervenwurzeln injiziert. Die Lokalanästhetika dringen vorübergehend in die Nervensubstanz ein und unterbrechen an dieser Stelle die Nervenleitung, sodass Schmerzimpulse nicht mehr zum zentralen Nervensystem gelangen können. Im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie ist bei der Regionalanästhesie das *Bewusstsein* erhalten. Beispiele für Regionalanästhesieverfahren sind:

- Spinal- und Periduralanästhesie,
- Plexusanästhesie des Armes oder des Beines,
- periphere Nervenblockaden.

1.5 Wer führt die Anästhesien durch?

Alle Allgemeinanästhesien und alle rückenmarknahen Leitungsanästhesien (Spinalanästhesie, Periduralanästhesie) werden von einem Anästhesisten durchgeführt. Dagegen können regionale Anästhesieverfahren, bei denen die Vitalfunktionen nicht beeinträchtigt werden, z. B. Infiltrationsanästhesien und Oberflächenanästhesien durch den Operateur vorgenommen werden.

■ ■ Einsatz von Fachärzten

Chefarzt und Oberarzt dürfen einem Facharzt, dessen medizinische und persönliche Zuverlässigkeit sie kennen, alle zum Fachgebiet gehörenden Aufgaben zur *selbstständigen* Erledigung anvertrauen. Eine Kontrolle im Einzelnen ist hierbei nicht erforderlich.

■ ■ Einsatz unerfahrener Assistenzärzte

Assistenzärzten bzw. Nichtfachärzten dürfen nur solche Tätigkeiten eigenverantwortlich übertragen werden, denen sie nach ihrem Kenntnis- und Erfahrungsstand gewachsen sind.

Wird bei Parallelnarkosen (► unten) ein Arzt eingesetzt, der noch keine ausreichende anästhesiologische Erfahrung besitzt, muss der erfahrene Anästhesist am anderen Tisch auf Zuruf erreichbar sein, um sofort eingreifen zu können.

Um selbstständig eine Narkose durchführen zu können, ist *keine* Facharztanerkennung erforderlich. Vielmehr wird der Arzt in Weiterbildung schrittweise an die fachspezifischen Leistungen herangeführt und übernimmt stufenweise die Eigenverantwortung.

■ ■ Einsatz von PJ-Studenten

Der Student im Praktischen Jahr ist noch kein Arzt, daher darf er eine Narkose nur zu Lernzwecken unter Anleitung, Aufsicht und Verantwortung eines Facharztes durchführen. Ein Chefarzt, der einem PJ-Studenten die eigenverantwortliche und selbstständige Durchführung einer Narkose überträgt, begeht ein Delegationsverschulden.

■ ■ Einsatz von Pflegepersonal

Das Anästhesie-Fachpflegepersonal assistiert dem Anästhesisten bei der Anästhesie. Dabei ist folgender Grundsatz zu beachten:

- **Fachpflegepersonal darf keine Narkosen selbstständig und eigenverantwortlich durchführen**

und auch nicht übernehmen. Möglich ist die Mitarbeit bei der Narkose unter unmittelbarer Anleitung und Überwachung des Anästhesisten.

1.5.1 Zusammenarbeit bei der operativen Patientenversorgung

Für die Zusammenarbeit zwischen Anästhesist und Operateur gilt das Prinzip der Einzel- und Eigenverantwortlichkeit, d. h. der strikten **horizontalen Arbeitsteilung**. Der Anästhesist trägt die volle ärztliche und rechtliche Verantwortung für die Aufgaben seines Fachgebiets; hierbei besteht kein Weisungsrecht des Operators. Der Operateur entscheidet aber über die Indikation und den Zeitpunkt des Eingriffs. Die Verantwortung für die Lagerung des Patienten auf dem OP-Tisch tragen beide. Postoperativ ist der Anästhesist für den Aufwachraum zuständig.

- **Anästhesist und Operateur erledigen ihre Aufgaben nach dem Grundsatz der horizontalen Arbeitsteilung und nach dem Vertrauensgrundsatz. Weisungsrechte und wechselseitige Überwachungspflichten zwischen Operateur und Anästhesist gibt es nicht!**

Der **Vertrauensgrundsatz** besagt, „dass im Interesse eines geordneten Ablaufs der Operation sich die dabei beteiligten Fachärzte grundsätzlich auf die fehlerfreie Mitwirkung des Kollegen aus der anderen Fachrichtung verlassen können“.

Die strikte Arbeitsteilung und der Vertrauensgrundsatz gelten auch dann, wenn an der Zusammenarbeit nachgeordnete Ärzte beteiligt sind, d. h. Ärzte, die noch nicht die Facharztanerkennung für Anästhesiologie und Chirurgie besitzen.

Abgrenzung der ärztlichen Aufgaben

Nach dem **Prinzip der strikten Arbeitsteilung** ist der Operateur für die Planung und die Durchführung des operativen Eingriffs zuständig und verantwortlich, der Anästhesist für die Planung und Durchführung des Betäubungsverfahrens und für die Überwachung und Aufrechterhaltung der vitalen Funktionen.

■ ■ Präoperative Phase

Der Anästhesist ist zuständig und verantwortlich für die fachspezifischen Voruntersuchungen, die der Beurteilung der Narkosefähigkeit dienen, weiterhin für die Vorbehandlung zur Reduzierung des Anästhesierisikos. Das Untersuchungsprogramm sollte, wenn nötig, mit dem Operateur abgestimmt werden, da sich Operations- und Anästhesierisiko häufig überschneiden.

■ ■ Aufklärung des Patienten

Anästhesist und Operateur klären den Patienten jeweils nur über den Teil des Operationsvorgangs auf, der ihr *eigenes* Fachgebiet betrifft. Der Anästhesist sollte mit dem Patienten konkrete Gefahren besprechen, die sich für die Narkose und die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen aus den Vor- und Begleiterkrankungen, einem reduzierten Allgemeinzustand und/oder hohem Lebensalter ergeben.

■ ■ Indikation und Zeitpunkt des Eingriffs

Die Indikation für den Eingriff stellt der Operateur. Er entscheidet auch über den Zeitpunkt des Eingriffs und die Art des operativen Vorgehens. Hat der Anästhesist aus der Sicht seines Fachgebiets Bedenken gegen die Operation oder den vorgesehenen Eingriff, z. B. wegen eines schlechten Allgemeinzustands oder wegen erhöhter Aspirationsgefahr bei fehlender Nüchternheit des Patienten, muss er den Operateur darauf hinweisen. Entscheidet der Operateur sich gegen die Bedenken des Anästhesisten für den Eingriff, so trägt er dafür die volle ärztliche und rechtliche Verantwortung. Der Anästhesist kann sich nach dem Vertrauensgrundsatz darauf verlassen, dass der Operateur die Entscheidung mit der gebotenen Sorgfalt getroffen hat und darf seine Mitwirkung bei der Operation nicht verweigern.

➤ **Ein Anästhesist darf seine Mitwirkung bei der Operation nur dann verweigern, wenn das Narkoserisiko offensichtlich höher als das Operationsrisiko einzuschätzen ist oder aber der Operateur erkennbar seinen Aufgaben nicht gewachsen ist.**

■ ■ Wahl des Anästhesieverfahrens

Die ärztliche und rechtliche Verantwortung für das Anästhesieverfahren trägt der Anästhesist, nicht der Operateur. Der Anästhesist entscheidet damit auch über die Wahl des jeweiligen Anästhesieverfahrens und die Narkosemittel. Sind mehrere Anästhesieverfahren möglich, kann der Anästhesist aufgrund der Methodenfreiheit sein individuell bevorzugtes Verfahren anwenden, jedoch muss sich das gewählte Verfahren voll für den Eingriff und das vom Operateur geplante Vorgehen eignen.

■ ■ Lagerung auf dem Operationstisch

Die Lagerung des Patienten ist eine *gemeinsame* Aufgabe von Operateur, Anästhesist und Pflegepersonal. Sie richtet sich primär nach den Erfordernissen des geplanten operativen Vorgehens; hierbei ist aber das Anästhesierisiko zu berücksichtigen. Für die Lagerung zur Einleitung der Narkose bis zum Zeitpunkt der Operationslagerung ist der Anästhesist verantwortlich, für die Lagerung zur Operation prinzipiell der Operateur (► Kap. 5)

➤ **Der Operateur muss die Anweisungen für die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch erteilen und die Lagerung vor Beginn der Operation kontrollieren. Erkennt der Anästhesist oder das Anästhesiepflegepersonal Fehler bei der Lagerung, muss er den Operateur darauf hinweisen.**

Weiterhin muss der Anästhesist spezielle Sicherheitsvorkehrungen treffen, die sich aus der Operationslagerung für die Überwachung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen ergeben. Nach Beendigung der Operation trägt der Anästhesist die Verantwortung für die Lagerung bis zum Ende der postanästhesiologischen Überwachung.

■ ■ Intraoperative Zuständigkeit

Intraoperativ ist der Anästhesist nach dem Grundsatz der strikten Arbeitsteilung für das Anästhesieverfahren und die Überwachung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen zuständig, ebenso für die Wiederherstellung gestörter Vitalfunktionen.

■ ■ Postoperative Zuständigkeit

Postoperativ ist der Anästhesist für die Behandlung von Störungen zuständig, die durch das Narkoseverfahren bedingt sind, der Operateur hingegen für chirurgische Komplikationen. Beide Ärzte müssen bei Komplikationen unverzüglich den jeweils fachlich zuständigen Facharzt zur Mitbehandlung hinzuziehen.

Der Patient bleibt postoperativ unter der unmittelbaren Überwachung des Anästhesisten, bis die Wirkungen des Narkoseverfahrens abgeklungen und das Bewusstsein und die Schutzreflexe zurückgekehrt sind und außerdem keine unmittelbare Bedrohung der Vitalfunktionen mehr gegeben ist. Die Berufsverbände sprechen nachdrücklich folgende Empfehlung aus:

➤ **Die postoperative Überwachung des Patienten sollte bis zum Ende der Aufwachphase in speziellen Aufwachräumen erfolgen, die unter der Leitung des Anästhesisten stehen. Sind keine Aufwachräume vorhanden, muss die kontinuierliche Überwachung des Patienten auf andere Weise gewährleistet sein. Die Rückverlegung auf die Allgemeinstation in der Aufwachphase und dortige Überwachung kann aber nur eine Notlösung sein!**

Mit der Rückverlegung des Patienten auf die chirurgische Krankenstation geht die gesamte ärztliche und rechtliche Verantwortung für die Überwachung bzw. weitere Patientenversorgung auf den *Operateur* über. Dies gilt auch für die vom Anästhesisten eingeführten Venen- und Arterienkanülen und zentralen Venenkatheter.

1.5.2 Tätigkeiten des Fachpflegepersonals

Zu den grundlegenden Tätigkeiten der Fachpflege gehören die Vor- und Nachbereitung des Anästhesiearbeitsplatzes, die Assistenz bei der Einleitung, Aufrechterhaltung und Ausleitung der Anästhesie sowie die Überwachung des Patienten im Aufwachraum.

Hierbei gelten das Prinzip der vertikalen Arbeitsteilung („von oben nach unten“) und der Vertrauensgrundsatz. Der Chefarzt bzw. der Arzt ist gegenüber seinen nicht-ärztlichen Mitarbeitern fachlich weisungsberechtigt und weisungspflichtig.

Jedoch sind die nachgeordneten Mitarbeiter nicht lediglich erfüllungshalber beauftragt, sie müssen vielmehr die ihnen übertragenen Aufgaben nach dem Delegationsprinzip als *eigene* durchführen. Auch hier gilt der Vertrauensgrundsatz: jeder Beteiligte kann davon ausgehen, dass der Mitarbeiter die ihm übertragenen Aufgaben mit der nötigen Sorgfalt erfüllt.

- **Das nachgeordnete Pflegepersonal haftet in seinem Arbeitsbereich für die ihm übertragene Arbeit primär selbst, allerdings sind die Grenzen erheblich enger gesetzt als bei der horizontalen bzw. interdisziplinären Arbeitsteilung.**

Der Einsatz von nichtärztlichen Mitarbeitern

Auch hier gelten der Vertrauensgrundsatz und das Prinzip der vertikalen Arbeitsteilung.

- **Der Chefarzt ist gegenüber seinen nichtärztlichen Mitarbeitern, d. h. Pflegepersonal und Assistenzpersonal fachlich weisungsberechtigt und weisungspflichtig.**

Der Arzt darf sich nach dem Vertrauensgrundsatz auf die eigene unmittelbare Primärverantwortlichkeit des Pflegepersonals verlassen, besonders wenn es seine Kenntnisse und Erfahrungen durch Prüfungszeugnisse, wie der Fachweiterbildung, nachgewiesen hat.

Der Arzt haftet für die **Prüfung der fachlichen und persönlichen Qualifikation** des nichtärztlichen Mitarbeiters und die Erteilung der fachlichen Weisungen, außerdem für die ordnungsgemäße Überwachung.

- **Ist das Pflegepersonal „geschult, erprobt, erfahren und zuverlässig“, haftet der Arzt nicht für dessen Versagen, wenn der „von ihm begangene Fehler außerhalb des Rahmens gewöhnlicher Erfahrung und der besonderen Wissensmöglichkeit des Arztes liegt“.**

Hat sich somit ein nichtärztlicher Mitarbeiter in der langjährigen Mitarbeit als fachlich qualifiziert und zuverlässig erwiesen, so genügt eine regelmäßige stichprobenartige Überwachung durch den Arzt. Allerdings gilt der Vertrauensgrundsatz hierbei nicht unbegrenzt: beginnt der Mitarbeiter seine Arbeit zu vernachlässigen oder ist das Vertrauen in ihn aus anderen Gründen erschüttert, muss die Überwachung verstärkt und der Mitarbeiter angewiesen werden, die Mängel zu beseitigen, z. B. durch Fortbildungskurse.

1.5.3 Delegation ärztlicher Leistungen an nichtärztliches Personal

Der Anästhesist darf Teile seiner für eine Anästhesie notwendigen Tätigkeiten an nichtärztliches Personal delegieren. Hierdurch darf jedoch nicht das Risiko für den Patienten ansteigen.

In der Anästhesie delegierbare ärztliche Leistungen (DAGI/BDA)

1. **Anästhesievorbereitung:** Beschaffen erforderlicher Formulare und Befunde, Datenerfassung, venöse Blutentnahmen für Laboruntersuchungen, technische Untersuchungen wie EKG, Lungenfunktion Pulsoxymetrie
2. **Anästhesieeinleitung** (Fachpflegestandard): Die Narkoseeinleitung ist nicht delegierbar. Delegierbar sind aber:
 - Vorbereitung und Überprüfung von Medikamenten und der erforderlichen Medizingeräte
 - Gerätecheck nach den Empfehlungen der DGAI
 - Anlage peripher Venenkanülen
 - Injektionen und Infusionen, jedoch nur unter direkter Aufsicht des Anästhesisten
3. **Anästhesieführung** (Fachpflegestandard): Nur reine Überwachungsmaßnahmen (siehe hierzu „Parallelnarkose“)
4. **Anästhesieausleitung** (Fachpflegestandard): Erfordert die Anwesenheit des Anästhesisten und ist nicht delegierbar. Delegierbar sind:
 - Einzelne Maßnahmen wie Injektion/Infusion von Medikamenten unter direkter ärztlicher Aufsicht
5. **Aufwachraum** (Fachpflegestandard): Delegierbar ist die Überwachung im Aufwachraum. Hierbei müssen die Empfehlungen der Fachgesellschaften zur Organisation und Einrichtung von Aufwacheinheiten in Krankenhäusern beachtet werden

■ ■ Injektionen, Infusionen und Blutentnahme durch Pflegepersonal

Beauftragt der Arzt Pflegepersonal mit der Durchführung von Injektionen, Infusionen und Blutentnahmen, trägt er für die Anordnung, d. h. Art, Dosis und Konzentration des Medikaments sowie Zeitpunkt und Art der Zufuhr die rechtliche Verantwortung.

Die Verantwortung für die *Durchführung* liegt primär bei der Pflegeperson, der diese Aufgabe übertragen wurde. Sie haftet strafrechtlich und zivilrechtlich für schuldhafte Fehler, die zu Schädigungen des Patienten führen.

Nach einer weit verbreiteten Ansicht darf das Pflegepersonal diese Aufgabe nicht verweigern, wenn es über eine entsprechende Fachausbildung verfügt. Das Einführen von zentralen Venenkathetern ist aber immer eine ärztliche Aufgabe, die nicht an Pflegepersonen delegiert werden kann. Zulässig ist aber das spätere Ziehen des Katheters durch ausreichend erfahrenes Pflegepersonal.

■ ■ Anästhesievorbereitung

Die medizinische Einschätzung des Patienten einschließlich Anamneseerhebung und körperlicher Untersuchung sind nicht an nichtärztliches Personal delegierbar. Nicht delegierbar sind weiterhin die Aufklärung des Patienten über die Narkose und die damit verbundenen Maßnahmen.

■ ■ Narkose durch Pflegepersonal

Die Narkose ist eine ärztliche Tätigkeit, die juristisch einen schwerwiegenden Eingriff in die Integrität des Körpers darstellt. Originär (= grundlegend) ärztliche Leistungen dürfen aber nicht an Pflegepersonal oder Assistenzpersonen delegiert werden, selbst wenn es sich dabei um gründlich ausgebildete und langjährig in der Anästhesie tätige Pflegepersonen mit großer Erfahrung handelt. Darum gilt:

➤ **Der Arzt darf dem Pflegepersonal eine Narkose nicht zur selbstständigen und eigenverantwortlichen Durchführung übertragen! Entsprechend dürfen Pflegekräfte solche Tätigkeiten auch nicht übernehmen.**

Möglich ist lediglich eine *Mitarbeit* bei der Narkose unter unmittelbarer Anleitung und Überwachung durch den leitenden Anästhesisten oder seine ärztlichen Mitarbeiter.

In *Notfällen* wird die sog. **Parallelnarkose** allgemein für vertretbar gehalten, bei der ein Anästhesist mit Hilfe von 2 ausgebildeten, in der Narkoseüberwachung erfahrenen Pflegefachkräften in einem Operationssaal an benachbarten Operationstischen oder in unmittelbar verbundenen Räumen gleichzeitig (maximal) 2 Narkosen übernimmt und dabei die schwierigen Verrichtungen (z. B. Intubation, Extubation) an beiden Tischen selbstständig durchführt und außerdem die Tätigkeit der nichtärztlichen Mitarbeiter in kurzen Abständen überprüft. Voraussetzung ist aber

weiterhin, dass der narkoseführende Arzt am anderen Tisch auf Zuruf erreichbar ist, um sofort eingreifen zu können, wenn Unregelmäßigkeiten erkennbar sind. Eine Delegation der Überwachungsaufgaben ist aber nur bei unkomplizierten Fällen möglich. *Risikopatienten* sind hingegen *grundsätzlich* von Parallelnarkosen auszuschließen!

Zu beachten ist weiterhin, dass eine *generelle* Anordnung paralleler Narkosen nicht zulässig ist, sondern nur unmittelbar in der *aktuellen Einzelsituation*. Entsprechend darf auch das tägliche Operationsprogramm nicht von vornherein so gestaltet werden, dass wegen der unzureichenden Personalsituation von Parallelnarkosen ausgegangen wird.

In diesem Zusammenhang sei auch auf eine Entscheidung des Bundesgerichtshofs zum **Delegationsverbot** hingewiesen:

➤ **Werden einer nach ihrem Ausbildungs- und Erfahrungsstand zur Vornahme bestimmter Eingriffe in die körperliche Integrität eines Patienten nicht befugten Person solche Eingriffe dennoch übertragen und von ihr ausgeführt, liegt ein Behandlungsfehler vor.**

■ ■ Überprüfung von Geräten durch den Arzt

Der Arzt ist nach Auffassung des Bundesgerichtshofs nicht verpflichtet, komplizierte technische Geräte vor jedem Eingriff *persönlich* zu überprüfen und ihre Anwendung laufend zu überwachen, selbst wenn sich schwerwiegende Gefahren aus deren unsachgemäßer Handhabung ergeben können. Der Anästhesist muss aber Funktionsstörungen des Narkosegerätes (z. B. Unterbrechung der Atemgaszufuhr durch abgeknickte Schläuche usw.) rechtzeitig erkennen, d. h. bevor eine irreversible hypoxische Schädigung des Patienten eingetreten ist.

➤ **Deuten die Überwachungsinstrumente oder klinische Zeichen auf eine O₂-Unterversorgung hin und ist keine Funktionsstörung des Narkosegerätes erkennbar, muss nach bekannt gewordenen Gerichtsentscheidungen vorrangig an eine Tubusobstruktion gedacht werden, erst in zweiter Linie an unwahrscheinlichere Ursachen wie Bronchospasmus oder anaphylaktischer Schock.**

1.6 Haftung für Behandlungsfehler

Das juristische Risiko in der Anästhesie ist groß: Anästhesisten sind neben Chirurgen und Gynäkologen am häufigsten in Schadenersatz- und Kunstfehlerprozesse verwickelt. Der Schadenumfang ist ebenfalls beträchtlich, denn oft hat der vor Gerichten verhandelte Narkosezwischenfall zu irreversiblen Gehirnschäden mit ständiger Pflegebedürftigkeit oder gar zum Tod des Patienten geführt.

Häufigste Behandlungsfehler

- Mangelhafte oder fehlende Aufklärung
- Unzulängliche oder fehlende Erhebung der Vorgeschichte
- Falsche Prämedikation
- Verwendung eines falschen Tubus
- Fehlintubation bzw. fehlerhafte Beatmung
- Verletzungen bei der Intubation
- Mangelhafte Überwachung der Narkose und der Vitalfunktionen
- Falscher Gebrauch der Anästhetika und Relaxanzien
- Medikamentenirrtümer
- Fehler bei der Patientenlagerung
- Fehlerhafte Reanimation
- Postoperative Überwachungsmängel außerhalb der Intensivstation, v. a. nach dem Einsatz von Opioiden
- Organisationsfehler, wie ungenügende Anweisungen, fehlerhafte Übertragung von Aufgaben sowie unzulängliche Kontrolle des Personals, der Patientendokumentation und der Patientenaufklärung

■ ■ Narkoseprotokoll

Für Haftungsfälle ist das Narkoseprotokoll oft von herausragender Bedeutung, weil sich hieraus, bei korrektem Ausfüllen, genaue Daten über die Narkoseführung und die Vitalfunktionen ergeben. Tritt ein Zwischenfall ein, kann naturgemäß kein Protokoll geführt werden, da der Anästhesist und seine Mitarbeiter sich vollständig auf die Lebenserhaltung des Patienten konzentrieren müssen. Daher wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- **Unmittelbar nach dem Zwischenfall sollte aus frischer Erinnerung, möglichst noch im Operationssaal und unter Mitwirkung aller Beteiligten, das Narkoseprotokoll nachgetragen und vervollständigt werden.**

Ergänzungen sollten nicht erst vorgenommen werden, nachdem die Komplikationen offenkundig sind und womöglich ein Strafverfahren eingeleitet worden ist oder ein Zivilprozess droht, zumal bei langem zeitlichen Abstand der Verlauf des Geschehens meist ungenau und widersprüchlich dargestellt wird.

1.6.1 Definition des Behandlungsfehlers

Der Arzt ist verpflichtet, den Patienten nach den Regeln der medizinischen Wissenschaft, den sog. Kunstregeln, zu behandeln. Die Abweichung von diesen Regeln wird als „Kunstfehler“ oder Behandlungsfehler bezeichnet. Dieser Begriff beschränkt

sich jedoch nicht auf die Behandlung allein, sondern umfasst auch Mängel in Diagnose, Prophylaxe und Nachsorge. Maßgeblich sind hierbei die Leistungsstandards des Fachgebiets und die innerhalb dieses Gebiets oder von der Ärzteschaft allgemein anerkannten Sorgfalts- bzw. Kunstregeln.

Ein Behandlungsfehler darf nicht mit Fahrlässigkeit gleichgesetzt werden. Fahrlässigkeit liegt dann vor, wenn der Arzt „durch sein pflichtwidriges Tun oder Unterlassen“ den Tod bzw. die Körperverletzung des Patienten *verursacht* hat.

1.6.2 Arten medizinischer Fahrlässigkeit

Übernahmeverschulden

- ❗ **Wer eine Tätigkeit übernimmt, deren ordnungsgemäße Ausführung er nicht garantieren kann, handelt fahrlässig und haftet für daraus entstehende Schäden, sobald das weitere Verhalten fehlerhaft war.**

Somit haftet auch der Anfänger in ärztlicher oder pflegerischer Fachweiterbildung aus Übernahmeverschulden, wenn er seinem Einsatz bei Tätigkeiten, denen er nicht gewachsen ist, *nicht widerspricht*.

Organisationsverschulden

Zwar haftet jeder Mitarbeiter für die Durchführung der ihm übertragenen Aufgaben nach den Regeln der ärztlichen Kunst, jedoch kann der leitende Arzt für Fehler seiner Mitarbeiter zur Verantwortung gezogen werden, wenn er diese Fehler durch Organisationsverschulden ermöglicht oder erleichtert hat.

- **Krankenhausträger, die ohne die erforderliche personelle und apparative Ausstattung ein Krankenhaus betreiben, begehen ein Organisationsverschulden, für das sie haftbar sind, wenn hierdurch folgenschwere Zwischenfälle verursacht werden.**

Krankenhausträger und Ärzte sichern sich gegen zivilrechtliche Schadenersatzansprüche durch eine **Haftpflichtversicherung** ab.

1.7 Verhaltensempfehlungen nach einem Narkosezwischenfall

Nach einem Narkosezwischenfall sollten der Anästhesist und evtl. auch das Pflegepersonal mit der Möglichkeit einer zivil- und/oder strafrechtlichen Auseinandersetzung rechnen und ihr weiteres Vorgehen darauf abstellen, zumal die entsprechenden, sich oft viele Jahre hinziehenden

Prozesse einen die berufliche Existenz gefährdenden Verlauf nehmen können, selbst wenn sich am Schluss der Schuldvorwurf nicht aufrechterhalten lässt.

Der Jurist Ulsenheimer hat folgende Grundsätze für das Verhalten nach einem Narkosezwischenfall aufgestellt.

■ ■ Praktische Hinweise

- Kein Schuldeingeständnis und keine Offenlegung eines Fehlers im Interesse des Patienten.
- Beschränkte, d. h. nicht selbstbelastende Mitwirkung bei der Suche nach der Ursache des Misserfolgs.
- Unverzügliche Benachrichtigung des Vorgesetzten, der Krankenhausverwaltung und der Haftpflicht- evtl. auch Rechtsschutzversicherung, unabhängig davon, ob die Möglichkeit eines zivilrechtlichen Verfahrens oder eines Strafverfahrens besteht.
- Kann bei einer tödlich verlaufenen Operation nicht von vornherein ein strafbares Verhalten als Todesursache sicher ausgeschlossen werden, sollte die Todesursache als „ungeklärt“ bezeichnet und die endgültige Feststellung dem Obduzenten überlassen werden.
- Äußerste Zurückhaltung desjenigen, gegen den möglicherweise ermittelt wird, im Gespräch mit Kollegen und bei Zwischenfallkonferenzen sowie bei der Unterzeichnung von Gemeinschaftsprotokollen.
- Keine Beeinflussung von Zeugen durch den potenziell Beschuldigten, keine Einwirkung auf die Zeugen zur eigenen Entlastung, keine nachträglichen Änderungen der Krankenunterlagen, keine Vernichtung oder Unterdrückung von Beweismitteln.
- Anfertigung von persönlichen Aufzeichnungen durch den Betroffenen über Ablauf, wesentliche Zeitpunkte, Länge bestimmter Zeitphasen, die beteiligten Personen, Besonderheiten des Patienten, Auffälligkeiten im Umfeld usw. Die Aufzeichnungen können von den Strafverfolgungsbehörden beschlagnahmt werden und sind daher vor dem Zugriff sicher aufzubewahren.
- Sofortiges Anfertigen von Fotokopien der Krankenunterlagen und Duplikaten der Röntgenaufnahmen, da der Beschuldigte beim staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsverfahren keine Akteneinsicht erhält, sondern nur über seinen Verteidiger Zugang hat.
- Bei grundlosen Vorwürfen von Angehörigen nach einem tödlichen Zwischenfall sollte die Obduktion des Patienten beantragt werden.
- Bei informatorischen Befragungen durch Polizei oder Staatsanwaltschaft nach einem Zwischenfall sind der in den Vorfall verwickelte Arzt oder die Pflegeperson zunächst *Zeuge*, solange nicht feststeht, ob eine strafbare Handlung vorliegt bzw. gegen wen sich der Tatverdacht richten könnte. In diesem Fall müssen die

Betreffenden wahrheitsgemäß aussagen. Sie können aber die Antwort auf Fragen verweigern, deren Beantwortung sie der Verfolgung wegen einer Straftat aussetzen würde.

- Im Frühstadium der Ermittlungen sollten die möglicherweise wegen eines Behandlungsfehlers beschuldigten Anästhesisten oder Pflegekräfte das Recht auf Verweigerung der Aussage großzügig auslegen und evtl. die Aussage gänzlich verweigern.
- Können Arzt oder Pflegekraft hingegen durch ihre Aussage sofort und eindeutig ihre Unschuld beweisen, sollten sie sich zur Sache äußern.
- Werden Anästhesist und/oder Pflegekraft formell beschuldigt, sollten sie vor der Polizei oder Staatsanwaltschaft *keine* mündlichen Erklärungen zur Sache abgeben.
- Sie sollten vielmehr nur schriftlich, nach vorheriger rechtlicher Prüfung, eine Stellungnahme abgeben. Spätestens in diesem Stadium sollten Arzt und/oder Pflegekraft entscheiden, ob sie einen Anwalt hinzuziehen.

Nachschlagen und Weiterlesen

- [1] DGAI und BDA (2011) Entschließungen, Empfehlungen, Vereinbarungen, Leitlinien. Ein Beitrag zur Qualitätssicherung in der Anästhesiologie. 5. Aufl. Aktiv Druck, Ebelsbach
- [2] DGAI und BDA (2007) Ärztliche Kernkompetenz und Delegation in der Anästhesie. *Anästh Intensivmed* 48: 712–714, online unter www.bda.de/docman
- [3] Dettmeyer R (2006) Medizin & Recht. Rechtliche Sicherheit für den Arzt. Grundlagen, Fallbeispiel und Lösungen, medizinrechtliche Antworten. 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg
- [4] Deutsch E, Spickhoff A (2014) Medizinrecht, Arztrecht, Arzneimittelrecht, Medizinprodukterecht und Transfusionsrecht. 5. Aufl. Springer, Berlin; auch als E-Book
- [5] Ulsenheimer K, Biermann E (2007) Zur Problematik der Parallelnarkose. *Anaesthesist* 56: 313–321, online unter www.springerlink.com/content

Internet

- [6] Arge Medizinrecht im DAV. www.arge-medizinrecht-dav.de
- [7] Medizinrecht im Internet. www.docslaw.de
- [8] MedizinRecht. Unabhängige Urteilsdatenbank. www.medizinrecht.de
- [9] Medknowledge. Suchkatalog für Medizin. www.medknowledge.de

Nervensystem

2.1 Neurophysiologische Grundlagen – 14

- 2.1.1 Allgemeiner Aufbau – 14
- 2.1.2 Das Neuron – 14
- 2.1.3 Die Synapse – 15
- 2.1.4 Transmitter – 15
- 2.1.5 Rückenmark – 17
- 2.1.6 Physiologie des Neurons – 17
- 2.1.7 Rezeptoren – 17

2.2 Aufbau und Funktion des autonomen Nervensystems – 17

- 2.2.1 Aufbau des peripheren autonomen Nervensystems – 18

2.3 Pharmakologie des autonomen Nervensystems – 19

- 2.3.1 Pharmakologie des parasympathischen Nervensystems – 20
- 2.3.2 Physiologie des sympathoadrenergen Systems – 21
- 2.3.3 Pharmakologie des sympathischen Nervensystems – 22

Nachschlagen und Weiterlesen – 25

2.1 Neurophysiologische Grundlagen

Das Nervensystem steht im Mittelpunkt jeder Narkose. Alle Anästhetika, aber auch viele andere bei einer Narkose eingesetzte Pharmaka, wirken primär auf das Nervensystem bzw. Gehirn und Rückenmark ein. Um die Wirkungsweise und die klinische Anwendung dieser Substanzen zu verstehen, sind bestimmte Grundkenntnisse über den allgemeinen Aufbau und die Physiologie des Nervensystems erforderlich, die nachfolgend dargestellt werden.

2.1.1 Allgemeiner Aufbau

Die Grundbausteine des Nervensystems sind die Nervenzellen mit ihren Nervenfasern sowie das Stütz- und Ernährungsgewebe. Zum besseren Verständnis wird das Nervensystem in 2 Komponenten unterteilt, die jedoch anatomisch und funktionell untrennbar miteinander verbunden sind:

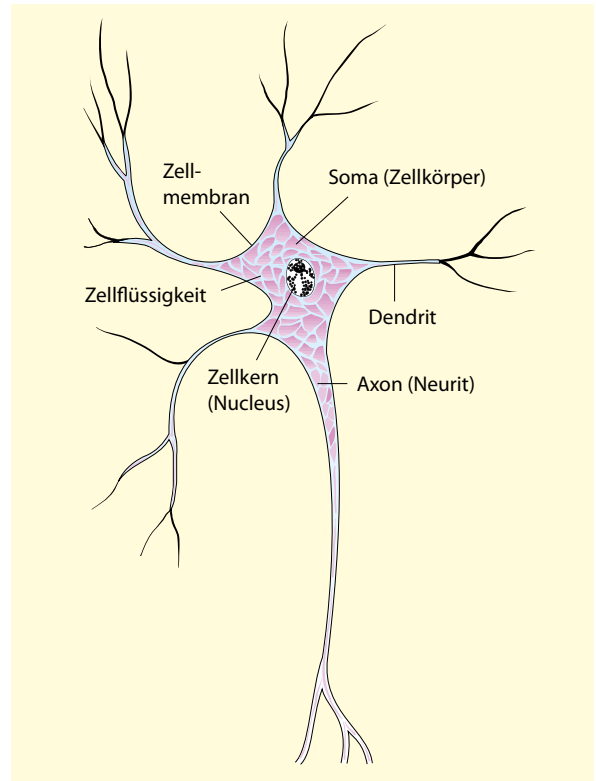
- **zentrales Nervensystem (ZNS)** und
- **peripheres Nervensystem.**

Das *zentrale* Nervensystem umfasst die innerhalb des Schädels und der Wirbelsäule eingeschlossenen Anteile, also das Gehirn und das Rückenmark. Das *periphere* Nervensystem besteht aus Nervenzellen und Nervenfaserbündeln, die das zentrale Nervensystem mit den Sinnesorganen (wie Auge, Ohr usw.) und den Erfolgsorganen (wie Muskeln, Sinnesrezeptoren usw.) verbinden. Diese peripheren Anteile sind die Gehirnnerven und die Spinalnerven. Die Spinalnerven sind mit dem Rückenmark über eine vordere und hintere Wurzel verbunden; die Hirnnerven haben hingegen wechselnde Verbindungen. Die Nerven sind Faserbündel, wobei jede Faser mit dem Körper einer einzelnen Nervenzelle verbunden ist.

Weiterhin wird noch ein **autonomes Nervensystem** unterschieden, das ebenfalls einen zentralen und einen peripheren Anteil besitzt. Es besteht aus einer Ansammlung von Nerven und Ganglien (Ansammlung von Nervenzellen) durch die das Herz, die Blutgefäße, Eingeweide, Drüsen usw. mit Nerven versorgt werden (Innervation). Diese Organe funktionieren autonom, d. h. unabhängig vom Willen des Menschen und sind doppelt mit Nerven versorgt: durch das *sympathische* Nervensystem und durch das *parasympathische* Nervensystem.

2.1.2 Das Neuron

Als Neuron bezeichnet man eine Nervenzelle mit all ihren Fortsätzen. Es ist die anatomische und funktionelle Grundstruktur des Nervensystems. Die Leistungsfähigkeit des Nervensystems wird von der Zahl der Neurone bestimmt. Das menschliche Nervensystem enthält etwa 10–15 Mrd. Neurone.



■ Abb. 2.1 Nervenzelle mit Fortsätzen (Neuron)

Aufbau und Funktion

Die Nervenzellen unterscheiden sich von den übrigen Zellen des Körpers nicht nur durch ihren komplizierten Aufbau, sondern auch noch durch zwei besondere Eigenschaften:

- Erregbarkeit und
- Erregungsleitungsvermögen.

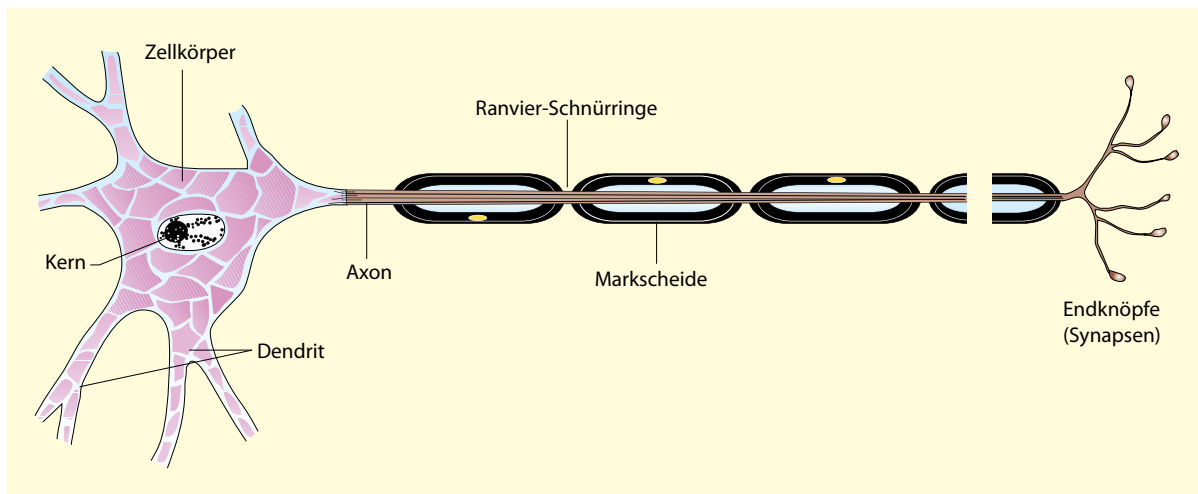
Diese beiden Eigenschaften, Erregbarkeit und Erregungsleitungsvermögen, besitzen neben den Neuronen auch noch die Muskeln und die Sinnesorgane.

Erregungen sind gewisse Zustandsänderungen des Neurons, die für den Körper die Bedeutung von Nachrichten besitzen. Zur Verarbeitung von Erregungen sind die Nervenzellen mit zwei Arten von Fortsätzen versehen:

- Dendriten und
- Neuriten (■ Abb. 2.1).

Dendriten sind kleine, meist stark verästelte Fortsätze, die Erregungen empfangen. Nervenzellen besitzen zahlreiche Dendriten.

Neuriten, auch Axone genannt, übermitteln Erregungen. Die Erregungen werden entweder an eine andere Nervenzelle oder an ein bestimmtes Erfolgsorgan, z. B. Muskel, Drüse usw. übermittelt. Jedes Neuron besitzt nur einen Neuriten.



■ Abb. 2.2 Neurit mit Markscheide, Ranvier-Schnürringen und Endknöpfen (Synapsen)

Arten von Neuronen

Folgende Neurone werden unterschieden:

- sensorische Neurone,
- motorische Neurone,
- sympathische Neurone,
- parasympathische Neurone.

Die Fortsätze der Neurone, die Neuriten und Dendriten, sind – wie die Zelle selbst – von einer *Membran* umgeben. Viele Neuriten besitzen sogar einen besonderen Mantel, der sie umhüllt. Dieser Mantel wird als *Markscheide* bezeichnet (■ Abb. 2.2). Die Markscheide umhüllt den Neuriten nicht durchgängig, sondern wird von sog. Schnürringen (Ranvier-Schnürring, ■ Abb. 2.2) unterbrochen. Die Schnürringe treten etwa im Abstand von jeweils 1 mm auf und dienen der schnellen Weiterleitung von elektrischen Signalen. Diese Aktionspotenziale wandern entlang der Zellmembran an das Axonende, wo sie die Endknöpfchen (Synapse) erreichen.

2.1.3 Die Synapse

Die Synapse (■ Abb. 2.3) ist eine *Schaltstelle* im Nervensystem: hier wird die Erregung von einem Neuron auf ein anderes übertragen. Der Neurit hat im peripheren und zentralen Nervensystem nur die Funktion, Erregungen zu leiten. Die über den Neuriten geleitete Erregung kann nur von einem spezialisierten Teil der Nervenzelle aufgenommen werden, nämlich der Synapse. An der Verbindungsstelle berühren sich die beiden Neuronen nicht; sie sind vielmehr durch einen Spalt, den *synaptischen Spalt*, voneinander getrennt. Hierbei wird der die Erregung heranzuführende Teil als *präsynaptisches* (vor der Synapse liegendes) Element bezeichnet, der die Erregung empfangende Teil hingegen als *postsynaptisches* Element (hinter der Synapse befindliches).

Die Synapse ist somit die **Schaltstelle** im Nervensystem, während die Neuriten die **Leitungsdrähte** darstellen. In der Synapse werden Erregungen nicht nur übertragen, sondern auch *integriert*. Ein Signal kann an der Synapse verstärkt oder abgeschwächt oder von hier auf einen anderen Weg umgeschaltet werden.

2.1.4 Transmitter

Eine Erregung wird gewöhnlich nur in *einer* Richtung übertragen: vom präsynaptischen zum postsynaptischen Element, nur ausnahmsweise in beide Richtungen, nämlich in sog. reziproken Synapsen. Im präsynaptischen Element (und nur dort) befindet sich eine Anzahl gleichartiger *Bläschen* (*Vesikel*). Diese Bläschen (■ Abb. 2.3) enthalten einen bestimmten Stoff, der als *Überträgersubstanz* oder Transmitter bezeichnet wird. Dieser Botenstoff vermittelt die Übertragung einer Erregung zwischen den einzelnen Nervenzellen. Bläschen mit Transmittersubstanz finden sich auch an den Kontaktstellen zwischen Nerv und Muskel, den *motorischen Endplatten*. Hier ist der Transmitter in die Übertragung einer Erregung vom Nerv auf den Muskel eingebunden. Die Wirkung eines Transmitters kann durch folgende 3 Mechanismen rasch beendet werden:

- Der Transmitter diffundiert in das umgebende Gewebe und wird dadurch so verdünnt, dass er nicht mehr wirken kann.
- Der Transmitter wird im synaptischen Spalt enzymatisch abgebaut, z. B. Acetylcholin.
- Der Transmitter wird mit spezifischen Transportern in Zellen aufgenommen (sog. Wiederaufnahmeträger) und gespeichert. Von dort kann er wieder freigesetzt werden und erneut an einer Erregungsübertragung teilnehmen (Recycling). Beispiele: Katecholamine, Serotonin, Aminosäuren).

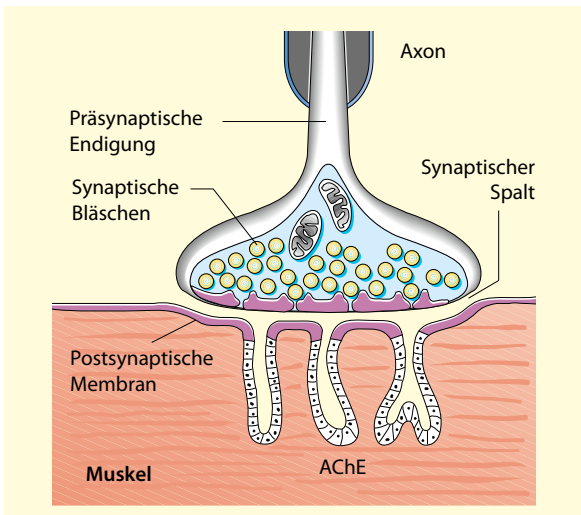


Abb. 2.3 Chemische Synapse zwischen Nerv und Muskel (motorische Endplatte). In den synaptischen Bläschen befindet sich der Überträgerstoff (Transmitter), mit dem die Erregung vom Nerven auf den Muskel übertragen wird. Die über das Axon eintreffenden Erregungen setzen den Transmitter (hier: Acetylcholin) aus den Bläschen frei. Der Transmitter diffundiert durch den synaptischen Spalt zur postsynaptischen Membran und löst dort eine Erregung aus, die zur Kontraktion des Muskels führt (► Kap. 12); AChE = Acetylcholinesterase

Zu den wichtigsten Neurotransmittern gehören folgende Substanzen:

- Acetylcholin
- Katecholamine: Dopamin, Adrenalin, Noradrenalin
- Serotonin und Histamin
- Aminosäuren wie GABA (γ-Aminobuttersäure), Aspartat, Glutamat, Glycin
- Adenosintriphosphat (ATP)
- Neurokinine (Tachykinine) A und B, Substanz P
- Oxytocin, Somatostatin, Vasopressin, Neuropeptid S
- Endorphine, Enkephaline, Dynorphin

Acetylcholin

Acetylcholin ist einer der wichtigsten Transmitter und an einer Vielzahl von Funktionen beteiligt, so z. B. an Muskelbewegungen (Motorik) und vegetativen Regulationen, aber auch an Lernen und Gedächtnis. Vorkommen:

- verschiedene Hirnareale, motorische Hirnnervenkerne,
- α- und γ-Motoneurone im Vorderhorn des Rückenmarks,
- alle präganglionären sympathischen und parasympathischen Neurone,

- alle postganglionären parasympathischen Neurone,
- motorische Endplatten.

Katecholamine

Die Katecholamine spielen eine besondere Rolle im sympathischen Nervensystem und bei der (extrapyramidalen) Motorik.

■ ■ Adrenalin

Als Neurotransmitter beeinflusst Adrenalin den Blutdruck und die Atmung (Freisetzung in den Vaguskernen des Gehirns), außerdem die Sekretion von Oxytocin und Vasopressin (Freisetzung im Hypothalamus). Weiterhin ist Adrenalin an der zentralen Regulation der Nahrungsaufnahme beteiligt.

■ ■ Noradrenalin

Dieser Transmitter befindet sich in postganglionär-sympathischen, aber auch in zentralen Neuronen. Das zentrale noradrenerge System ist an der Kontrolle der Herz-Kreislauf-Funktion und an der Steuerung der Atmung beteiligt. Außerdem werden die neuroendokrinen Funktionen des Hypothalamus-Hypophysen-Systems beeinflusst und das Aufmerksamkeitsniveau gesteigert („Weckreaktion“). Das noradrenerge System kann durch sensorische Reize aktiviert werden.

■ ■ Dopamin

Dopamin ist die Vorstufe von Noradrenalin. Dopaminerge Nervenzellkörper befinden sich v. a. im Mittel- und im Zwischenhirn, weiterhin in einigen peripheren postganglionär-sympathischen Neuronen (z. B. in der Niere). Die Substanz spielt eine wichtige Rolle bei der Willkürmotorik; ein Mangel an Dopamin führt zu Bewegungsarmut (Akinesie), Starre der Muskulatur (Rigor) und Tremor (Parkinson-Erkrankung). Dopaminerge Neurone vermitteln die Empfindung von Lust und Freude (mesolimbische, dopaminerge Belohnungsbahn).

Serotonin

Serotonin ist an der Regulation von Blutdruck, Körpertemperatur und endokriner Aktivität beteiligt und beeinflusst außerdem das Ess- und Sexualverhalten sowie Motorik, Schmerzempfindung, Erbrechen und den Schlaf. Bei endogener Depression ist die Konzentration von Serotonin im Gehirn erniedrigt.

Glutamat und GABA

Glutamat ist der wichtigste erregende (exzitatorische) Transmitter des Zentralnervensystems, GABA hingegen der wichtigste hemmende (inhibitorische).

2.1.5 Rückenmark

Das Rückenmark befindet sich im Wirbelkanal. Jedem Wirbel entspricht ein Abschnitt des Rückenmarks, der als *Rückenmarksegment* bezeichnet wird. Beim Erwachsenen endet das Rückenmark im Bereich der oberen Lendenwirbelsäule. Betrachtet man das Rückenmark im Querschnitt, so ist bereits mit bloßem Auge eine graue, schmetterlingsförmige Struktur, die *graue Substanz* zu erkennen. Hier befinden sich die Zellkörper von Neuronen. Die graue Substanz wird von *weißer Substanz* umgeben; sie besteht aus Nervenfasern, die zum Gehirn aufsteigen oder vom Gehirn in die Peripherie ziehen.

Vorder- und Hinterwurzeln

In jedem Rückenmarksegment treten hinten (dorsal) Nervenfasern in das Rückenmark ein und vorne (ventral) aus dem Rückenmark heraus. Alle *afferenten* (die Erregung zum Gehirn leitenden) Nervenfasern verlaufen über die *Hinterwurzeln* in das Rückenmark, während alle *efferenten* (die Erregung vom Gehirn zur Peripherie leitenden) bzw. motorischen und vegetativen Fasern das Rückenmark über die *Vorderwurzeln* verlassen und zu ihren Erfolgsorganen in der Peripherie ziehen. Die Zellkörper der efferenten Nervenfasern liegen alle in der grauen Substanz. Hingegen befinden sich die Zellkörper der afferenten Nervenfasern alle *außerhalb* des Rückenmarks und zwar nahe den Durchtrittsstellen der Wurzeln aus dem Wirbelkanal. Diese lokale Anhäufung von vielen Nervenzellen außerhalb des zentralen Nervensystems wird als *Ganglion* bezeichnet (hier genauer als Spinalganglion). Im Übrigen bilden auf jeder Seite die Vorder- und Hinterwurzeln einen gemeinsamen Nerv, den *Spinalnerv*, der durch eine Lücke zwischen zwei Wirbelbögen (Zwischenwirbelloch) aus dem Wirbelkanal austritt. Die aus dem Rückenmark austretenden Nerven versorgen den ganzen Körper – mit Ausnahme des Kopfes, der von 12 paarigen Kopfnerven innerviert wird.

2.1.6 Physiologie des Neurons

■ ■ Wie leitet die Nervenzelle Informationen weiter?

Dies geschieht mit Hilfe von elektrischen und chemischen Signalen, die in 2 Gruppen eingeteilt werden:

- Aktionspotenziale und
- synaptische Potenziale.

Aktionspotenziale leiten die elektrische Erregung am Neuron entlang, vergleichbar der Stromleitung im Haushalt. Hierbei fließt der Strom immer einem Spannungsgefälle entlang, d. h. vom Ort hoher Spannung zum Ort mit niedrigerer Spannung.

Synaptische Potenziale bewirken mit Hilfe von Transmittieren eine chemische Erregungsübertragung zwischen Nervenzelle und Sinneszelle, Nervenzelle und Nervenzelle, Nervenzelle und Muskelfaser, Nervenzelle und Drüse usw.

2.1.7 Rezeptoren

Rezeptoren sind Sinneszellen, die auf verschiedene Reize ansprechen, z. B. für das Sinnesorgan Auge ist das Licht der zugehörige Reiz. Alle Sinneszellen sind normalerweise für eine bestimmte Energieform besonders empfindlich, für andere Energieformen nur in geringerem Maße oder gar nicht. So ist z. B. der Schlag auf das Auge kein adäquater Sinnesreiz, um einen Sehvorgang („Sterne“) auszulösen.

Die von außen auf eine Sinneszelle eintreffende Energie (z. B. das ins Auge fallende Licht) muss vor der Weiterleitung in das Gehirn, wo der eigentliche Sehvorgang stattfindet, in Erregung umgewandelt werden. Diese Erregung wird von den sensiblen Nervenzellen dem zentralen Nervensystem als elektrisches Signal zugeleitet.

Beispiel

Das auf die Netzhaut des Auges einfallende Licht wird nicht als Lichtstrahl zur Sehrinde geleitet, sondern vorher in eine Erregung umgewandelt, die dann als elektrisches Signal zum Sehzentrum gelangt.

2.2 Aufbau und Funktion des autonomen Nervensystems

Das autonome oder vegetative Nervensystem innerviert das Herz und die Gefäße sowie die Drüsen und die glatte Muskulatur aller Organe, nicht jedoch die quergestreifte Muskulatur. Es besteht aus einem *afferenten*, den Reiz zum ZNS hintragenden Anteil und einem *efferenten* (motorischen) Teil, der die Impulse vom ZNS zu den Organen leitet. Der efferente Teil des sympathischen und parasympathischen Leitungsbogens besteht aus 2 Neuronen, den prä- und den postganglionären Neuronen. Die Zellkörper des afferenten (viszerosensiblen) Neurons befinden sich in den Spinalganglien und in den sensiblen Ganglien. Die übergeordneten Integrationszentren liegen im verlängerten Rückenmark (Medulla oblongata) und im Hypothalamus. Diese Zentren regeln Atmung und Herz-Kreislauf-Funktion, Stoffwechsel, Temperatur, Schlaf, Drüsensekretion, Gefühle (Emotionen) usw. Da diese Funktionen nicht direkt dem Willen des Menschen unterworfen sind und auch nicht bewusst erlebt werden, wird das vegetative Nervensystem auch als unwillkürliches (autonomes, selbstregulierendes) Nervensystem bezeichnet. Für die Anästhesie spielt das autonome

Nervensystem eine wichtige Rolle, weil seine Funktionen durch die meisten Anästhetika und viele andere bei einer Narkose zugeführte Substanzen beeinflusst werden.

2.2.1 Aufbau des peripheren autonomen Nervensystems

Das periphere autonome Nervensystem (▣ Abb. 2.4) besteht aus zwei Komponenten, die überwiegend einander entgegen gerichtete Wirkungen besitzen:

- Sympathikus und
- Parasympathikus.

Sympathisches Nervensystem

Die Zellkörper der präganglionären sympathischen Neurone liegen in den Seitenhörnern des Rückenmarks, und zwar im gesamten Brust- und im oberen Lendenmarksbereich (C_8 – L_2 oder L_3), also *thorakolumbal* (▣ Abb. 2.4). Ihre Neuriten verlassen das Rückenmark durch die Vorderwurzeln und ziehen von dort zu den sympathischen Ganglien. Hier verbinden sie sich über Synapsen mit den dort befindlichen Neuronen. Von den Ganglien aus verlaufen die *postganglionären* (nachganglionären) Nervenfasern zu den verschiedenen Organen, Blutgefäßen, Drüsen usw. Die *Ganglien* sind rechts und links der Wirbelsäule von oben nach unten durch Nervenstränge miteinander verbunden; diese Ganglienkette bildet den rechten und linken **Grenzstrang** (▣ Abb. 2.4). Sympathische Ganglien gibt es außerdem noch im Bauch und im Becken. Das sympathische Nervensystem wirkt u. a. erregend auf das Herz und die Gefäßmuskulatur sowie die Pupillen, hingegen hemmend auf die Darm- und Bronchialmuskulatur.

Der Überträgerstoff von den postganglionären Neuronen auf die Effektoren, z. B. das Herz oder die Gefäßmuskeln, ist das **Noradrenalin** (▣ Abb. 2.5).

Darum werden die postganglionären Neurone auch als *adrenerg* bezeichnet.

➤ **Im sympathischen Nervensystem gibt es keine afferenten Fasern!**

Zum sympathischen Nervensystem gehört auch das **Nebennierenmark**. Dieses Organ ist ein sympathisches Ganglion, das aus postganglionären Neuronen besteht. Diese postganglionären Neurone werden durch präganglionäre Neuriten aktiviert. Werden die präganglionären Neurone erregt, so setzt das Nebennierenmark *Hormone* frei, die **Katecholamine**:

- Adrenalin und
- Noradrenalin.

Diese Substanzen gelangen in den Kreislauf und wirken v. a. auf den Stoffwechsel, sodass vermehrt Brennstoffe wie Glukose und freie Fettsäuren für „Stressreaktionen“ („Kampf- oder Fluchtreaktion“) bereitgestellt werden. Hierbei überwiegt Adrenalin mit einem Anteil von 80%.

Parasympathisches Nervensystem

Die Zellkörper der präganglionären Neurone des parasympathischen Nervensystems liegen im Hirnstamm und im sakralen Teil des Rückenmarks (S_2 – S_4 , ▣ Abb. 2.4). Wichtigster parasympathischer Nerv ist der X. Hirnnerv, der **N. vagus**; daneben verlaufen präganglionäre Axone auch in den Hirnnerven III, VII und IX.

Die Ganglien des parasympathischen Nervensystems liegen dicht bei den versorgten Organen, also nicht, wie die des Sympathikus, neben der Wirbelsäule. Der periphere Anteil besteht immer aus 2 Nervenzellen, die miteinander über Synapsen in den Ganglien verbunden sind. Das erste Neuron läuft zum Ganglion hin; der entsprechende Neurit ist eine präganglionäre Nervenfasern. Das zweite Neuron liegt im Ganglion; der zugehörige Neurit wird als postganglionäre Nervenfasern bezeichnet.

Die präganglionären Nervenfasern sind lang, die postganglionären Fasern hingegen kurz. Die meisten Organe des Körpers sind parasympathisch *und* sympathisch innerviert.

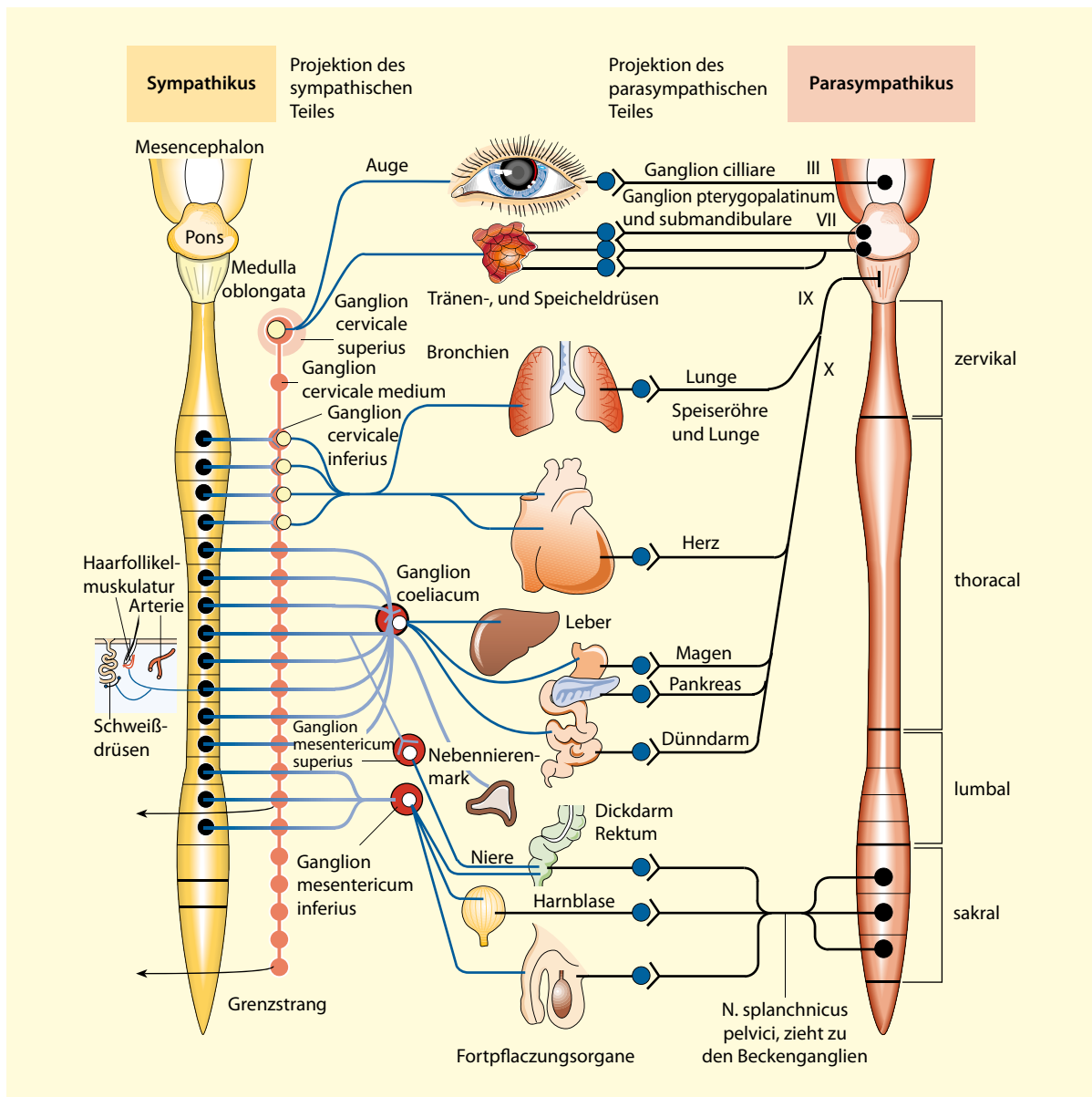
Der Überträgerstoff im parasympathischen Nervensystem ist prä- und postganglionär das **Acetylcholin** (▣ Abb. 2.5).

Wegen ihres Überträgerstoffs werden die parasympathischen Neurone auch als *cholinerg* bezeichnet. Statt parasympathischer Innervation wird auch der Begriff *vagale Innervation* verwendet, wenn Vagusfasern das entsprechende Organ versorgen.

Unterschied zwischen Sympathikus und Parasympathikus

Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Systemen besteht in ihrer Wirkung auf die Organe und in den jeweiligen Überträgerstoffen. Der Sympathikus wirkt meist erregend auf die Organfunktion, der Parasympathikus hemmend.

Der Sympathikus wird auch als **Notfallsystem** betrachtet, das unter „Stress“ maximal aktiviert werden kann. Der Parasympathikus hingegen ist der Nerv des Schutzes und Ausgleichs. Er dient der Erhaltung und Neugewinnung von Energien und dominiert im Stadium der Ruhe und Entspannung.



■ **Abb. 2.4** Aufbau des autonomen Nervensystems. Der Sympathikus entspringt im thorakolumbalen Bereich des Rückenmarks, der Parasympathikus hingegen im Hirnstamm und im sakralen Teil des Rückenmarks. (Nach Kandell: Neurowissenschaften, Spektrum 1996; mit freundl. Genehmigung von McGraw-Hill Companies, Inc.)

2.3 Pharmakologie des autonomen Nervensystems

Bei einer Narkose, aber auch bei Patienten auf der Intensivstation, werden häufig Medikamente eingesetzt, die auf das autonome Nervensystem einwirken. Hierbei können Substanzen unterschieden werden, die wie ein Überträgerstoff (Transmitter) des autonomen Nervensystems wirken; sie werden wegen der imitierenden Wirkung als *Mimetika* bezeichnet.

Daneben gibt es Substanzen, die den Überträgerstoff bzw. seine Wirkung blockieren; sie werden als *Lytika* bezeichnet.

Je nach Wirkmechanismus können diese Substanzen direkt oder indirekt auf das autonome Nervensystem einwirken:

- **Direkt wirkende Medikamente** reagieren mit dem Rezeptor des autonomen Nervensystems. Entweder erregen sie ihn, dann sind sie *Agonisten*, oder sie besetzen und blockieren ihn, dann sind sie *Antagonisten*.

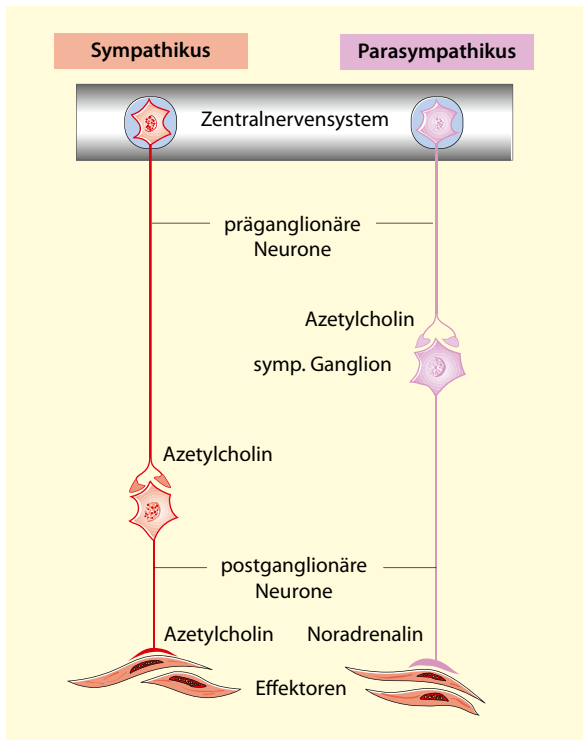


Abb. 2.5 Überträgerstoffe im autonomen Nervensystem

- Indirekt wirkende Medikamente greifen in den Stoffwechsel der Überträgerstoffe ein. Auch sie können erregend oder hemmend wirken. *Acetylcholin* spielt als Überträgerstoff eine zentrale Rolle im autonomen Nervensystem. Die Substanz befindet sich
 - in allen präganglionären Fasern des Parasympathikus und Sympathikus,
 - in allen postganglionären parasympathischen Fasern,
 - in einigen postsynaptischen Sympathikusfasern (z. B. Schweißdrüsen).

Außerhalb des autonomen Nervensystems vermittelt Acetylcholin die Erregungsübertragung an allen motorischen Endplatten der Skelettmuskulatur.

2.3.1 Pharmakologie des parasympathischen Nervensystems

Parasympathikomimetika

Diese Substanzen wirken wie eine *Acetylcholin*-freisetzung im postganglionären Parasympathikus; sie *erregen* also den Parasympathikus. Zwei Gruppen von Parasympathikomimetika können unterschieden werden:

- direkte Parasympathikomimetika**, z. B. Acetylcholin, Pilocarpin, Muskarin, Arecholin, und

- indirekte Parasympathikomimetika**, z. B. Cholinesterasehemmer wie Physostigmin, Neostigmin, Pyridostigmin.

Acetylcholin

Acetylcholin wird wegen seiner diffusen Wirkung und raschen Spaltung in unwirksame Metabolite nicht als Medikament eingesetzt. Körpereigenes Acetylcholin hat folgende Wirkungen:

- Herz-Kreislauf:** Erweiterung der Blutgefäße (Vasodilatation) mit Blutdrucksenkung, Abnahme der Herzfrequenz (negativ chronotrop), Verminderung der Kontraktionskraft der Vorhöfe (negativ inotrop),
- Auge:** Pupillenverengung (Miose),
- Magen-Darm-Trakt:** Tonuserhöhung, Zunahme von Kontraktion und Peristaltik, Steigerung der Drüsensekretion, Übelkeit, Erbrechen, Krämpfe,
- Harnblase:** Kontraktion des parasympathischen Blasenmuskels, Abnahme der Blasenkapazität, Entleerung der Blase.

Cholinesterasehemmer

Diese Substanzen sind Anticholinesterasen, d. h. indirekte Parasympathikomimetika (die aber auch noch an der motorischen Endplatte wirken). Sie hemmen die Cholinesterasen, das sind Enzyme, die das Acetylcholin abbauen (► Kap. 11). Hierdurch wird Acetylcholin verzögert abgebaut; die Acetylcholin-Konzentration am Rezeptor steigt an, der Tonus des Parasympathikus nimmt zu.

Cholinesterasehemmer, wie *Neostigmin* (*Prostigmin*) und *Pyridostigmin* (*Mestinon*), erregen den Darm und die motorische Endplatte, kontrahieren die Bronchien und verlangsamen die Herzfrequenz. Lokal am Auge angewandt, wirken sie pupillenverengend.

Die Substanzen werden z. B. angewandt bei:

- Darm- oder Blasenatonie,
- Antagonisierung von nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien,
- Myasthenia gravis,
- Glaukom.

Parasympathikolytika

Diese Substanzen *hemmen* die Wirkung von Acetylcholin in Organen, die durch postganglionäre cholinerge Fasern innerviert werden. In der Anästhesie werden sie eingesetzt zur

- Hemmung der Drüsensekretion und
- Blockierung vagaler Herz-Kreislauf-Reaktionen.

Atropin

Atropin ist der Prototyp eines Parasympathikolytikums. Die Substanz gehört zu den Belladonna-Alkaloiden, die in früheren Zeiten gern von schönen Frauen (*bella donna*)