

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Anästhesie</b>	<b>1</b>
1.1	Entwicklungsgeschichte	1
1.2	Begriffsdefinitionen	2
1.2.1	Eigenschaften der Allgemeinanästhesie	2
1.2.2	Narkosestadien	6
<b>2</b>	<b>Pharmakologie der Allgemeinanästhesie</b>	<b>8</b>
2.1	Inhalationsanästhetika	8
2.1.1	Volatile Anästhetika	12
2.1.2	Gasförmige Anästhetika	15
2.2	Intravenöse Anästhetika	17
2.2.1	Charakteristika einzelner Substanzen	19
2.3	Opioide	25
2.3.1	Charakteristika einzelner Substanzen	27
2.3.2	Antagonisierung von Opioiden	29
2.4	Muskelrelaxanzien	30
2.4.1	Depolarisierende Muskelrelaxanzien	31
2.4.2	Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien	32
2.4.3	Charakteristika einzelner Substanzen	33
2.4.4	Antagonisierung von Muskelrelaxanzien	36
<b>3</b>	<b>Präoperative Vorbereitung</b>	<b>39</b>
3.1	Prämedikationsvisite	39
3.1.1	Abschätzung des Narkoserisikos	40
3.1.2	Abschätzung der Intubationsbedingungen	43
3.1.3	Aufklärungsgespräch	45
3.1.4	Präoperative Nahrungskarenz	46
3.1.5	Präoperative Anpassung der Dauermedikation	46
3.2	Prämedikation	50
3.2.1	Benzodiazepine	50
3.2.2	Einzelne Substanzen	51
3.2.3	Weitere Substanzen	52
<b>4</b>	<b>Praxis der Allgemeinanästhesie</b>	<b>55</b>
4.1	Vorbereitung	55
4.2	Narkoseeinleitung	57
4.2.1	Narkoseeinleitung beim nüchternen Patienten	58
4.2.2	Narkoseeinleitung beim nicht nüchternen Patienten	60
4.3	Narkoseführung	64
4.3.1	Steuerung der Narkosetiefe	65
4.4	Narkoseausleitung	66
4.5	Aufwachraum (AWR)	68
<b>5</b>	<b>Monitoring</b>	<b>70</b>
5.1	Basismonitoring	70
5.1.1	EKG	70
5.1.2	Pulsoxymetrie	71
5.1.3	Nichtinvasive Blutdruckmessung	73



<b>5.2</b>	<b>Erweitertes hämodynamisches Monitoring</b>	<b>74</b>
5.2.1	Invasive Blutdruckmessung	74
5.2.2	Arterieller Zugang	78
5.2.3	Zentraler Venenkatheter (ZVK)	83
5.2.4	Pulmonalarterienkatheter (PAK)	93
5.2.5	Pulskonturanalyse und transösophageale Echokardiografie	98
<b>5.3</b>	<b>Kapnometrie</b>	<b>100</b>
<b>5.4</b>	<b>Neuromuskuläres Monitoring</b>	<b>103</b>
5.4.1	Relaxometrie	103
<b>5.5</b>	<b>Neuromonitoring</b>	<b>107</b>
<b>5.6</b>	<b>Weiteres Monitoring</b>	<b>108</b>
5.6.1	Nierenfunktion	108
5.6.2	Körpertemperatur	108
5.6.3	Laborkontrollen	108
<b>5.7</b>	<b>Klinische Überwachung</b>	<b>109</b>
<b>6</b>	<b>Lagerung</b>	<b>111</b>
6.1	Lagerungsschäden	111
6.2	Lagerungsarten	114
<b>7</b>	<b>Künstlicher Atemweg</b>	<b>121</b>
7.1	Maskenbeatmung	121
7.2	Larynxmaske	122
7.3	Endotracheale Intubation	125
7.3.1	Material	125
7.3.2	Technik der orotrachealen Intubation	129
7.3.3	Technik der nasotrachealen Intubation	130
7.3.4	Technik der fiberoptischen Intubation	131
7.4	Management des schwierigen Atemwegs	132
7.4.1	Definitionen	132
7.4.2	Klinische Warnhinweise	132
7.4.3	Klinische Screeningverfahren	133
7.4.4	Basismaßnahmen	133
7.4.5	Vorgehen beim schwierigen Atemweg	133
7.4.6	Vorgehen bei erwartet schwieriger Intubation	133
7.4.7	Vorgehen bei unerwartet schwieriger Intubation	135
7.4.8	Extubation nach schwieriger Intubation	136
<b>8</b>	<b>Narkosesysteme und Narkosebeatmung</b>	<b>138</b>
8.1	Einteilung Narkosesysteme	138
8.2	Narkoseapparate	140
8.2.1	Bestandteile von Narkoseapparaten	141
8.3	Narkosebeatmung	143
8.3.1	Veränderungen der Ventilation und Perfusion	143
8.3.2	Beatmungsformen	144
8.3.3	Praktische Aspekte der Beatmung	148
8.3.4	Nebenwirkungen der Beatmung	149
8.3.5	Atemfunktion in der postoperativen Phase	149



<b>9</b>	<b>Regionalanästhesie</b>	<b>151</b>
9.1	<b>Lokalanästhetika (LA)</b>	<b>151</b>
9.1.1	Nebenwirkungen von Lokalanästhetika	154
9.1.2	Charakteristika einzelner Substanzen	155
9.1.3	Adjuvantien	156
9.2	<b>Zentrale Regionalanästhesie</b>	<b>157</b>
9.2.1	Spinalanästhesie (SPA)	157
9.2.2	Periduralanästhesie (PDA)	170
9.2.3	Kombinierte Spinal-Epiduralanästhesie (CSE)	181
9.2.4	Zentrale Regionalanästhesie und Blutgerinnung	182
9.3	<b>Periphere Regionalanästhesie</b>	<b>183</b>
9.3.1	Methodische Grundlagen	184
9.3.2	Obere Extremität (axilläre Blockade)	188
9.3.3	Untere Extremität (Femoralsblockade)	193
9.4	<b>Intravenöse Regionalanästhesie</b>	<b>197</b>
<b>10</b>	<b>Anästhesierelevante Begleiterkrankungen</b>	<b>200</b>
10.1	<b>Anästhesie bei Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen</b>	<b>200</b>
10.1.1	Individuelles kardiovaskuläres Risiko	200
10.1.2	Eingriffsbezogenes kardiovaskuläres Risiko	201
10.1.3	Arterielle Hypertonie	201
10.1.4	Koronare Herzerkrankung (KHK)	202
10.1.5	Patienten nach Myokardinfarkt	204
10.1.6	Patienten mit Erkrankungen der Herzklappen	204
10.1.7	Patienten mit Herzrhythmusstörungen	206
10.1.8	Patienten mit Herzinsuffizienz	207
10.1.9	Anästhesieführung bei Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen	208
10.2	<b>Anästhesie bei Patienten mit respiratorischen Erkrankungen</b>	<b>209</b>
10.2.1	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD)	209
10.2.2	Asthma bronchiale	210
10.2.3	Narkoseführung bei Patienten mit COPD und Asthma bronchiale	210
10.2.4	Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom (OSAS)	211
10.3	<b>Endokrinologische Erkrankungen</b>	<b>212</b>
10.3.1	Diabetes mellitus	212
10.3.2	Erkrankungen der Schilddrüse	214
10.3.3	Anästhesie bei Patienten mit Nebenniereninsuffizienz	216
10.3.4	Anästhesie bei Patienten mit Phäochromozytom	218
10.4	<b>Adipositas</b>	<b>219</b>
10.5	<b>Neuromuskuläre Erkrankungen</b>	<b>220</b>
10.6	<b>Erkrankungen des ZNS</b>	<b>221</b>
10.6.1	Anästhesie bei Patienten mit Epilepsie	221
10.6.2	Anästhesie bei Patienten mit Multipler Sklerose	222
10.6.3	Anästhesie bei Patienten mit Morbus Parkinson	222
10.7	<b>Anästhesie bei Niereninsuffizienz</b>	<b>223</b>
10.8	<b>Anästhesie bei Lebererkrankungen</b>	<b>226</b>
<b>11</b>	<b>Anästhesiekomplikationen</b>	<b>230</b>
11.1	<b>Respiratorische Komplikationen</b>	<b>230</b>
11.1.1	Hypoxie	230
11.1.2	Laryngospasmus	232
11.1.3	Bronchospasmus	233



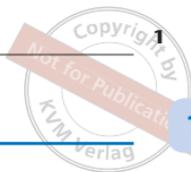
11.1.4	Aspiration	234
11.1.5	Pneumothorax	236
<b>11.2</b>	<b>Intraoperative Hypotension</b>	<b>242</b>
11.2.1	Ursachen	242
11.2.2	Praktisches Vorgehen bei intraoperativer Hypotension	243
<b>11.3</b>	<b>Intraoperative Hypertonie</b>	<b>244</b>
<b>11.4</b>	<b>Schock</b>	<b>245</b>
11.4.1	Grundlagen	245
11.4.2	Massive intraoperative Blutung und hypovolämischer Schock	246
11.4.3	Allergische Reaktion und anaphylaktischer Schock	248
<b>11.5</b>	<b>Herzrhythmusstörungen</b>	<b>250</b>
11.5.1	Tachykardie Herzrhythmusstörungen	252
11.5.2	Pharmakologisches Kurzprofil wichtiger Antiarrhythmika	258
11.5.3	Bradykardie Herzrhythmusstörungen	262
<b>11.6</b>	<b>Lungenarterienembolie</b>	<b>266</b>
11.6.1	Ursache	266
11.6.2	Pathophysiologie	266
11.6.3	Einteilung	266
11.6.4	Klinische Symptome	267
11.6.5	Diagnostik	267
11.6.6	Differenzialdiagnosen	268
11.6.7	Therapie	268
<b>11.7</b>	<b>Das akute Koronarsyndrom (ACS) in der perioperativen Phase</b>	<b>269</b>
11.7.1	Überblick	269
<b>11.8</b>	<b>Postoperative Übelkeit und Erbrechen</b>	<b>273</b>
11.8.1	Ursachen	273
11.8.2	Prophylaxe und Therapie	274
11.8.3	Einzelsubstanzen	275
<b>11.9</b>	<b>Intraoperative Wachheit (engl. awareness)</b>	<b>276</b>
11.9.1	Ursachen für Awareness	276
11.9.2	Risikofaktoren	277
11.9.3	Folgen von Awareness	277
11.9.4	Möglichkeiten zur Vermeidung von Awareness	277
<b>11.10</b>	<b>Postoperative Bewusstseinsstörungen</b>	<b>278</b>
11.10.1	Einschätzung der Bewusstseinslage	278
11.10.2	Ursachen postoperativer Bewusstseinsstörungen	279
11.10.3	Narkosemittelüberhang	280
11.10.4	Postoperative Erregungszustände	281
<b>11.11</b>	<b>Störung des Wärmehaushalts</b>	<b>283</b>
11.11.1	Hypothermie	283
11.11.2	Hyperthermie	284
<b>11.12</b>	<b>Maligne Hyperthermie (MH)</b>	<b>285</b>
<b>12</b>	<b>Volumen- und Flüssigkeitsersatz</b>	<b>289</b>
12.1	Grundlagen	289
12.2	Infusionslösungen für den Volumen- und Flüssigkeitsersatz	291
12.2.1	Kristalloide Lösungen	292
12.2.2	Kolloidale Lösungen	293
12.3	Perioperatives Volumen- und Flüssigkeitsmanagement	296



<b>13</b>	<b>Transfusion und Gerinnung</b>	<b>301</b>
13.1	<b>Blut</b>	<b>301</b>
13.1.1	Grundlagen	301
13.1.2	Praxis der Bluttransfusion	303
13.1.3	Nebenwirkungen bei der Übertragung von Blutprodukten	306
13.1.4	Notfall- und Massivtransfusion	308
13.2	<b>Blutgerinnung (Hämostase)</b>	<b>309</b>
13.2.1	Grundlagen	309
13.2.2	Gerinnungstests	310
13.2.3	Gerinnungstherapeutika	311
13.2.4	Störungen der Blutgerinnung	314
<b>14</b>	<b>Postoperative Schmerztherapie</b>	<b>316</b>
14.1	<b>Pathophysiologische und anatomische Grundlagen des Schmerzes</b>	<b>316</b>
14.1.1	Schmerzentstehung	316
14.1.2	Anatomische Grundlagen	316
14.2	<b>Auswirkungen postoperativer Schmerzen</b>	<b>317</b>
14.2.1	Atmung	317
14.2.2	Herz-Kreislauf-Funktionen	318
14.2.3	Gastrointestinaltrakt	318
14.2.4	Weitere Einflussfaktoren	318
14.3	<b>Diagnostik des postoperativen Schmerzes</b>	<b>319</b>
14.3.1	Schmerzerfassung	319
14.3.2	Schmerzdokumentation	319
14.4	<b>Medikamentöse Schmerztherapie</b>	<b>320</b>
14.4.1	Indikation für systemische Analgesie	320
14.4.2	Pharmakologisches Konzept	320
14.4.3	Grundsätze der Schmerztherapie	320
14.4.4	Patientenkontrollierte Verfahren	323
<b>15</b>	<b>Kardiopulmonale Reanimation (CPR)</b>	<b>325</b>
15.1	<b>Basismaßnahmen</b>	<b>325</b>
15.1.1	Kreislaufstillstand	325
15.1.2	Herzdruckmassage	327
15.1.3	Atemwege und Beatmung	327
15.2	<b>Erweiterte Maßnahmen</b>	<b>328</b>
15.2.1	Intubation und Beatmung	328
15.2.2	Defibrillation	329
15.2.3	Medikamente	331
15.2.4	Intraossärer Zugang	332
15.3	<b>Postreanimationsphase</b>	<b>335</b>
15.3.1	Therapeutische milde Hypothermie	335
15.3.2	Intensivmedizinische Maßnahmen	335
<b>Anhang</b>		<b>337</b>
	Abkürzungsverzeichnis	337
	Laborwerte mit Analytabelle	342
	Sachverzeichnis	352

# 1 Grundlagen der Anästhesie

Von Ulli Schilling



1

**Merke:** Der Begriff „Anästhesie“ entstammt dem Griechischen und kann mit „Empfindungslosigkeit“ übersetzt werden.

## 1.1 Entwicklungsgeschichte

Die Anästhesie, wie wir sie heute kennen, stellt eine relativ junge Fachdisziplin dar. Ihre Wurzeln lassen sich jedoch bis weit in die Antike zurückverfolgen. Mit dem Beginn der breiten klinischen Anwendung von Äther- und Lachgasinhalationsnarkosen vor ca. 150 Jahren wurde die moderne Anästhesie begründet. Ursprünglich ein Teilbereich der Chirurgie, emanzipierte sie sich als eigenständige Fachdisziplin und hat mit ihrer Weiterentwicklung den operativen Fortschritt überhaupt erst möglich gemacht.

- Seit der Antike werden Opium (Laudanum) und andere Substanzen wie Bilsenkraut, Alraune oder Cannabis zur Schmerzstillung eingesetzt.
- Im Mittelalter finden getränkte „Schlafschwämme“ Anwendung, deren betäubende Dämpfe eingeatmet werden.
- Seit dem 16. Jahrhundert sind die Synthese des Äthers und seine narkotische Wirkung bekannt.
- 1798 entdeckt Sir Humphrey Davy die analgetischen und berauschenden Eigenschaften des Lachgases (Stickoxydul).
- 1806 isoliert der Apotheker Friedrich Sertürner Morphin aus Opium.
- 1845 misslingt Horace Wells zunächst die öffentliche Demonstration einer Lachgasinhalationsnarkose.

**Merke:** 16. Oktober 1846: Der Zahnarzt William Morton demonstriert mit den Worten „Gentlemen, this is no humbug.“ am Massachusetts General Hospital in Boston die erste erfolgreiche öffentliche Äthernarkose. Der „Ether Day“ gilt als offizielle Geburtsstunde der modernen Anästhesie.

- 1847 etabliert der Geburtshelfer James Simpson das Chloroform, nach erfolgreichen Versuchen an seiner Familie, in der ärztlichen Praxis.
- 1853 führt John Snow, der erste Arzt, der sich ausschließlich der Anästhesie widmet, bei Königin Viktoria eine Chloroformnarkose bei der Entbindung durch.
- 1869 praktiziert Friedrich Trendelenburg erstmals eine Intubationsnarkose mittels einer temporären Tracheotomie.
- 1878 entwickelt der Chirurg Mc Ewen die orale Intubationstechnik, welche später durch Jackson, Magill und Macintosh entscheidende Verbesserungen erfährt.
- 1885 begründet William Halsted die Methode der Nervenblockade mit Kokain als erstem Lokalanästhetikum.
- 1893 Gründung der „Society of Anaesthetists“ in London.
- 1898 etabliert der Chirurg August Bier die Spinalanästhesie in der Klinik.
- 1903 entwickelt die Firma Dräger das erste maschinelle Narkosegerät, ein direkter Vorläufer der heute gebräuchlichen Apparate.
- 1923 Veröffentlichung der „Narkosestadien“ durch Arthur Guedel.
- 1932 Hellmut Weese führt mit dem Barbiturat Hexobarbital das erste intravenöse Hypnotikum in die klinische Praxis ein.



### 1.2.2 Narkosestadien

Bevor moderne Monitorsysteme wie EKG, Blutdruckmessung oder Pulsoxymetrie zur Verfügung standen, erfolgte die Steuerung der Narkostiefe ausschließlich durch die Beobachtung des Patienten. Hierbei kam der Überwachung der Spontanatmung aufgrund einer fehlenden Sicherung der Atemwege die größte Bedeutung zu. 1923 veröffentlichte Arthur Guedel anhand klinischer Beobachtungen bei Äthernarkosen das sogenannte „Guedel-Schema“. Es teilt die Allgemeinanästhesie mit zunehmender Narkostiefe in vier Stadien ein.

Stadien	Bewusstsein	Atmung		Augen				Husten	Schlucken	Erbrechen	Sekretionsreflex	Muskeltonus						
		Thorax	Zwerchfell	Augenbewegungen	Pupillengröße	Reflexe						Skelett	Abdominal	Glatte				
						LID	Bindehaut								Hornhaut	Licht		
Analgesie	↓	↑	↑	↑	○	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Exzitation		↑	↑	↑	●	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Toleranz	1. Stufe		↑	↑	○		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	2. Stufe		↑	↑	○		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	3. Stufe		↑	↑	○		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Intoxikation	4. Stufe		↑	↑	●						↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Abb. 1.2 Einteilung der Narkosestadien nach dem Guedel-Schema

**Tipp:** Nach dem Verlust des Bewusstseins sollte das Stadium der Exzitation möglichst rasch durchlaufen werden, da hier durch gesteigerte Reflexaktivität und motorische Unruhe eine Gefährdung des Patienten bestehen kann (z. B. Erbrechen und Aspiration vor erfolgter Intubation). Das Toleranzstadium stellt das angestrebte Niveau der Narkostiefe mit einer suffizienten Analgesie und Reflexdämpfung für einen operativen Eingriff dar.

Die fließenden Übergänge der Stadien sind nur bei der Monoinhalationsnarkose voneinander zu unterscheiden (z. B. Maskeneinleitung in der Kinderanästhesie). Bei intravenöser Einleitung einer Allgemeinanästhesie werden sie so rasch hintereinander durchlaufen, dass eine Differenzierung in der Regel nicht möglich ist.



## Narkotikaeffekte auf das ZNS

Das zentrale Nervensystem ist das primäre Erfolgsorgan der Narkosewirkung. Es weist in seinen einzelnen Teilen eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Narkotika auf. Als Erstes werden Areale mit hoher metabolischer Aktivität und damit hohem  $O_2$ -Verbrauch, wie der Kortex cerebri, inhibiert. Erst mit zunehmender Tiefe der Allgemeinanästhesie breitet sich die Hemmung auch auf subkortikale Strukturen aus. Zuletzt werden Hirnstamm und Rückenmark als Bereiche niedriger Stoffwechselleistung inaktiviert.

**Merke:** Die lebenswichtigen, vegetativen Zentren der Atem- und Kreislaufregulation bleiben bis in tiefe Narkosestadien funktionsfähig.

Obwohl zu seiner Zeit noch unbekannt, kann dies anhand Guedels klinischer Betrachtungen nachvollzogen werden.

Heute werden intraoperativ zunehmend sogenannte „Narkosetiefemonitore“ eingesetzt, um mittels EEG-Überwachungen die Effekte von Narkotika auf das ZNS zu quantifizieren und die Steuerung der Allgemeinanästhesie zu erleichtern.

## Literatur und Links

### Literatur

Brandt, L: Illustrierte Geschichte der Anästhesie. 1. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 1997.

Ridder, P: Chirurgie und Anästhesie: Vom Handwerk zur Wissenschaft. 1. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 1993.

Roewer, N, Thiel, H: Anästhesie compact. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2007.

### Fachgesellschaften

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI)

➔ [www.dgai.de](http://www.dgai.de)

Österreichische Gesellschaft für Anästhesiologie, Reanimation und Intensivtherapie (ÖGARI)

➔ [www.oegari.at](http://www.oegari.at)

Schweizerische Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation (SSAR/SGAR)

➔ [www.sgar-ssar.ch](http://www.sgar-ssar.ch)

European Society of Anaesthesiologists (ESA)

➔ [www.euroanesthesia.org](http://www.euroanesthesia.org)

### Webseiten

Berufsverband Deutscher Anästhesisten

➔ [www.bda.de](http://www.bda.de)

Online Museum Anaesthesia Antiques Bochum

➔ [www.anaesthesia.de/museum\\_neu/museum\\_start.htm](http://www.anaesthesia.de/museum_neu/museum_start.htm)

Universität Bremen: Die Geschichte der Anästhesie

➔ [www.user.uni-bremen.de/](http://www.user.uni-bremen.de/)



## 4 Praxis der Allgemeinanästhesie

Von Ulli Schilling

### 4.1 Vorbereitung

#### ■ Anästhesiearbeitsplatz

Der Arbeitsplatz des Anästhesie-Teams besteht in der Regel aus:

- Narkosegerät mit Monitoreinheit.
- Narkosewagen zur Aufbewahrung von Medikamenten und Materialien für die Atemwegssicherung und Infusionstherapie.

Die Ausstattung kann variieren, ein bestimmtes Standardzubehör muss jedoch zur Verfügung stehen.

Beatmung	Monitoring/Zubehör	Medikamente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Narkosegerät mit Gasversorgung und Monitoring der Narkosegase</li> <li>• Sekretabsaugung, Absaugkatheter</li> <li>• Beatmungsbeutel (Ambu®-Beutel)</li> <li>• Laryngoskop (verschiedene Spatelblätter)</li> <li>• Magill-Zange</li> <li>• Führungsstab</li> <li>• Gleitmittel</li> <li>• Blockerspritze</li> <li>• Beatmungsfilter</li> </ul> <p><b>In unterschiedlichen Größen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beatmungsmasken</li> <li>• Guedel-Tuben</li> <li>• Wendl-Tuben</li> <li>• Larynxmasken</li> <li>• Endotrachealtuben</li> </ul> <p><b>Kurzfristig verfügbar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notfall-Koniotomieset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EKG-Monitor</li> <li>• Nichtinvasive Blutdruckmessung (verschiedene Manschetten)</li> <li>• Pulsoxymetrie</li> <li>• Kapnometrie</li> <li>• Temperatursonde</li> <li>• Cuffdruckmesser</li> <li>• Stethoskop</li> <li>• Magensonden</li> <li>• Pflaster, Tupfer</li> <li>• Desinfektionsmittel</li> <li>• Infusions- und Transfusionszubehör</li> <li>• Spritzenpumpen</li> </ul> <p><b>In unterschiedlichen Größen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venenkanülen</li> <li>• Aufziehkanülen</li> <li>• Spritzen</li> </ul> <p><b>Kurzfristig verfügbar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relaxometrie</li> <li>• Invasive arterielle Blutdruckmessung</li> <li>• ZVD-Messung</li> <li>• EKG-Registrierung</li> <li>• Defibrillator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opiode</li> <li>• Intravenöse Hypnotika</li> <li>• Muskelrelaxanzien</li> <li>• Inhalationsanästhetika</li> <li>• Lokalanästhetika</li> <li>• Periphere Analgetika</li> </ul> <p><b>Infusionslösungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristalloid</li> <li>• Kolloidal</li> <li>• Glukosehaltig</li> </ul> <p><b>Weitere Medikamente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adrenalin</li> <li>• Atropin</li> <li>• Vasopressor</li> <li>• Betablocker</li> <li>• Amiodaron</li> <li>• Antihypertensiva</li> <li>• Beta-2-Sympathomimetika</li> <li>• Kortikoide</li> <li>• Antihistaminika</li> <li>• Antiemetika</li> </ul>

**Tab. 4.1** Standardausrüstung am Anästhesiearbeitsplatz

Das **Medizinproduktegesetz (MPG)** regelt den Umgang mit medizinischen Geräten. Meist wird von der Anästhesiepflege ein interner Selbsttest des Narkosegeräts zu Beginn des OP-Tages durchgeführt.



**Merke:** Vor jeder Narkoseeinleitung müssen Narkosegerät, Absaugvorrichtung und Anästhesiezubehör kurz auf Funktionsfähigkeit und Vollständigkeit überprüft werden.

## ■ Patientenvorbereitung

Für die meisten Patienten ist eine Operation mit Angst und Aufregung verbunden. Die routinemäßige Patientenvorbereitung und die Narkoseeinleitung sollten daher in ruhiger, einfühlsamer Atmosphäre stattfinden. In den meisten OP-Bereichen stehen dafür Einleitungsräume zur Verfügung.

4



**Tipp:** Der Erfolg der anxiolytischen Prämedikation sollte grob eingeschätzt werden, da dieser den Narkosemittelbedarf bei der Einleitung erheblich beeinflussen kann.

Nach Umlagerung des Patienten auf einen für den Eingriff geeigneten OP-Tisch werden überprüft:

- Identität des Patienten.
- Art und ggf. Seite des Eingriffs.
- Vorhandensein der Einwilligungserklärung für Operation und Anästhesie.
- Anamnese und für die Anästhesie relevante Befunde auf dem Prämedikationsprotokoll.
- Präoperative Diagnostik (z. B. EKG, aktuelle Laborwerte, Röntgenthorax).
- Falls erforderlich, Vorhandensein von Blutgruppe und Blutkonserven.

Der Patient wird kurz befragt zu:

- Nüchternheit.
- Allergien.
- Einnahme von Prä- und Dauermedikation.
- Probleme bei vorausgegangenen Narkosen.
- Entfernung von Schmuck oder Piercings.
- Zahnstatus und ggf. Herausnahme der Zahnprothese.

**Merke:** Die Einführung von Checklisten analog zur Luftfahrt konnte in Studien die perioperative Fehlerquote (z. B. Verwechslung des Patienten) erheblich senken.

Durch kurze Überprüfung der Mundöffnung anhand der Mallampati-Klassifikation (☛ siehe Kap. 3, S. 39 ff.) können die Intubationsbedingungen grob abgeschätzt werden. Anschließend wird das **Basismonitoring** (EKG, Pulsoxymetrie und nichtinvasive Blutdruckmessung) angeschlossen. Beim kardiovaskulär instabilen Patienten kann zusätzlich die Anlage einer arteriellen Blutdruckmessung erforderlich sein (\* siehe Kap. 5, S. 70 ff.). Alle initialen Messwerte werden dokumentiert.

## ■ Venöser Zugang

Vor Beginn jeder Narkose ist die Anlage eines sicheren peripheren Venenzugangs obligatorisch. Die einzige Ausnahme stellt die inhalative Einleitung in der Kinderanästhesie dar.

- Die Seite des Venenzugangs richtet sich nach den operativen Anforderungen, bei Lymphabflussstörungen (z. B. nach Mamma-OP) erfolgt die Anlage auf der Gegenseite.
- Unterarm oder Handrücken sollten bevorzugt punktiert werden, in der Ellenbeuge muss eine versehentliche Kanülierung der A. brachialis ausgeschlossen werden.



**Tipp:** Eine ungenügende Venenfüllung lässt sich durch Stauung mittels Blutdruckmanschette (50–80 mmHg), Tieflagerung der Extremität, Beklopfen oder der lokalen Anwendung feuchter Wärme entscheidend verbessern.

- Bestehen sehr schlechte periphere Venenverhältnisse, kann die V. jugularis externa in Kopftiefelage punktiert werden. Die Anlage eines zentralen Venenkatheters (ZVK) wird in Kap. 5 (☛ siehe S. 70 ff.) besprochen.

Bei zu erwartenden hohen Volumenumsätzen (z. B. bei Polytrauma oder großem Baucheingriff) muss auf die Auswahl eines ausreichend großen Kanüldurchmessers geachtet werden, um eine adäquate **Flussrate** zu gewährleisten. Als Standardgröße für Erwachsene sollte bei allen Operationen die Größe 18 G (grün) angestrebt werden.

Kanülengröße (Gauge)	Blau (22 G)	Rosa (20 G)	Grün (18 G)	Grau (16 G)	Orange (14 G)
Durchmesser (mm)	0,9	1,1	1,3	1,7	2,2
Flussrate (ml/min)	36	61	96	196	330

**Tab. 4.2** Flussraten peripherer Venenverweilkanülen



**Tipp:** Mit zunehmender Länge nimmt die Flussrate eines Venenkatheters ab („Hagen-Poiseuille-Gesetz“). Daher lässt sich mit einer großen peripheren Kanüle wesentlich schneller Volumen infundieren, als über einen ZVK.

## 4.2 Narkoseeinleitung

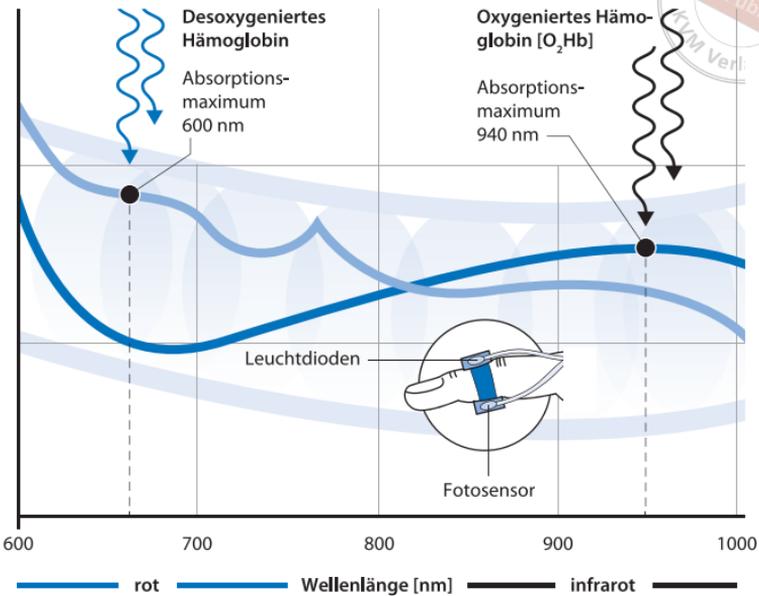
### ■ Präoxygenierung

Die zur Einleitung der Narkose verwendeten Anästhetika führen in der Regel zum Atemstillstand des Patienten. Durch vorherige Präoxygenierung kann der Stickstoffanteil (ca. 78 %) der Atemluft in den Alveolen „ausgewaschen“ und durch Sauerstoff ersetzt werden. Dies schafft eine O<sub>2</sub>-Reserve, welche bei offenen Atemwegen durch „**apnoische Oxygenierung**“ (Diffusionsatmung) eine Hypoxie während der Einleitungsphase verhindern soll. Der Anstieg des CO<sub>2</sub>-Partialdrucks im Blut während des Atemstillstands ist bei normalen Ausgangswerten klinisch ohne Bedeutung.



**Merke:** Entscheidende Größe bei der Präoxygenierung ist die funktionelle Residualkapazität (FRC). Dieses Restvolumen der Lunge nach normaler Expiration dient als „O<sub>2</sub>-Reservoir“. Normalwert beim Erwachsenen sind ca. 3.000 ml.

Von den gesamten Sauerstoffspeichern (Myo- und Hämoglobin, physikalisch gelöster O<sub>2</sub>, FRC) lässt sich unmittelbar vor der Narkoseinduktion nur der intrapulmonale Sauerstoffvorrat durch Präoxygenierung erhöhen. Bei einem **minimalen O<sub>2</sub>-Grundbedarf** von ca. 300–400 ml/min beim Erwachsenen kann die theoretische Apnoedauer bis zur Entstehung einer Hypoxie (Abfall der pSaO<sub>2</sub> < 60 %) errechnet werden.



**Abb. 5.1** Messmethode der Pulsoxymetrie

Die meisten Pulsoxymeter können **Dyshämoglobine** nicht differenzieren. Carboxyhämoglobin (CO-Hb) weist ein ähnliches Absorptionsverhalten wie O<sub>2</sub>Hb auf. So wird bei Kohlenmonoxid-Vergiftungen oder starken Rauchern eine falsch hohe pSaO<sub>2</sub> gemessen. Auch eine Methämoglobinämie (Meth-Hb) führt fälschlicherweise zur Bestimmung überhöhter Sättigungswerte. In diesen Fällen gelingt eine exakte Messung nur mit speziellen Oxy-metern.

### ■ Klinische Anwendung

Mithilfe der Pulsoxymetrie lässt sich eine **arterielle Hypoxämie** rasch erkennen (Ansprechzeit 5–15 s). Außerdem wird die periphere Pulsfrequenz bestimmt und kann mit dem EKG-Rhythmus abgeglichen werden (Detektion eines Pulsdefizits). In eingeschränktem Maße erlaubt die grafische Darstellung der **Volumenpulscurve (Plethysmografie)** auch eine Aussage zur peripheren Durchblutung. Bei schlechter Perfusion (z. B. durch Hypothermie, Hypotension oder Vasokonstriktion) können nur niedrige Amplituden oder gar keine Kurve abgeleitet werden.



**Tipp:** Nur bei Detektion und Darstellung eines pulsatilen Signals kann der pSaO<sub>2</sub>-Wert als verwertbar angesehen werden. Bei ungenügender Signalaufnahme muss als Erstes der Messort gewechselt werden.

Folgende weitere Faktoren können die Messgenauigkeit der Pulsoxymetrie stören:

- Dyshämoglobinämie (CO-Hb, Meth-Hb).
- Ausgeprägte Anämie.
- Bewegungsartefakte.



- Nagellack (blau, grün oder schwarz).

Normalerweise wird zur Messung ein Fingerclip eingesetzt. Bei einer Ableitung am Ohrfläppchen lassen sich schnellere Reaktionszeiten erzielen als an den Fingern oder Zehen. Eine Signalaufnahme an Zunge oder Nase ist ebenfalls möglich.

### 5.1.3 Nichtinvasive Blutdruckmessung

Die diskontinuierliche, nichtinvasive Messung des Blutdrucks (engl. noninvasive blood pressure measurement, NIBP) ist wegen der einfachen und komplikationsarmen Anwendung unverzichtbarer Bestandteil des Basismonitorings.

5

#### ■ Messmethode

Die Messung erfolgt mittels Blutdruckautomaten nach dem **oszillometrischen Prinzip**. Schwingungen (Oszillationen) der arteriellen Gefäßwand werden über eine pneumatische Blutdruckmanschette und einen Druckschlauch auf einen Druckwandler im Monitor übertragen. Dieser übersetzt die mechanischen Schwingungen in elektronische Signale und zeigt den arteriellen Gefäßwanddruck in mmHg an.

- **Systolischer Blutdruck:** Aufblasen der Manschette auf Druckwerte deutlich oberhalb des Blutdrucks und damit Verschluss der Arterie. Das erste Auftreten von Oszillationen beim stufenförmigen Ablassen des Manschettendrucks wird als systolischer Wert (Beginn des arteriellen Blutflusses) definiert.
- **Arterieller Mitteldruck:** Der Punkt, an dem die Oszillationen bei weiterer Entlastung der Manschette ihr Maximum erreichen, entspricht dem mittleren arteriellen Druck (exaktester Wert der **oszillometrischen Messmethode**). Peripher ermittelte Werte stimmen in der Regel gut mit dem aortalen Mitteldruck überein.

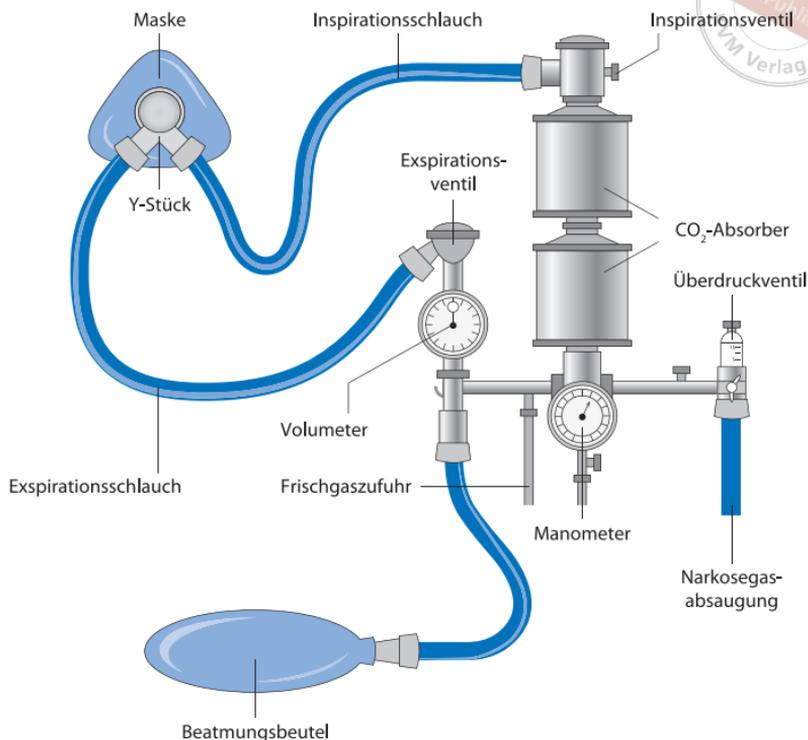
**Merke:** Der arterielle Mitteldruck (engl. mean arterial pressure, MAP) wird vom Herzzeitvolumen (HZV) und dem totalen peripheren Widerstand (TPR) bestimmt:  $MAP = HZV \times TPR$ . Er gilt als Indikator für die Organperfusion. Viele Organe, z. B. das Gehirn, verfügen jedoch zusätzlich über eine Autoregulation ihrer Durchblutung.

- **Diastolischer Blutdruck:** Sobald die Amplitude der Oszillationen bei fortlaufender Manschettentlastung nicht weiter abnimmt, wird der diastolische Druck gemessen. Dieser Wert ist oszillometrisch nur ungenau zu bestimmen.

#### ■ Klinische Anwendung

Für die meisten Eingriffe ist eine nichtinvasive Blutdruckmessung ausreichend.

- Normales Messintervall: 5 min. Die Messabstände sollten dauerhaft 2,5 min nicht unterschreiten, um Ischämien und Druckschäden an der Extremität zu vermeiden.
- Wache Patienten empfinden die erste Messung wegen des initial hohen Manschettendrucks häufig als unangenehm.
- Messort ist in der Regel der Oberarm auf der Gegenseite des venösen Zugangs (keine Flussbehinderung der Infusion). Bei Patienten mit Lymphabflussstörungen (z. B. nach Mammaablatio) sollte die Manschette am kontralateralen Arm angelegt werden. In Sonderfällen ist auch eine Messung am Bein möglich (spezielle Manschette, ungenauere Messwerte).
- Bei Anzeige unplausibler Werte durch den Blutdruckautomaten sollte eine Messung an der kontralateralen Extremität oder eine manuelle Nachmessung erfolgen.



**Abb. 8.1** Schematische Darstellung und Funktionsweise eines Kreissystems

### Funktionsweise

Die Ausatemluft wird über den Expirationsschlauch zum Expirationsventil geleitet und durchläuft ein Volumeter (misst das Ausatemvolumen) sowie ein Manometer (misst die entsprechenden Atemdrücke). Ein Teil der Luft wird durch das Überdruckventil mit nachfolgender Absaugvorrichtung abgeleitet. Der andere Teil sammelt sich im Beatmungsbeutel. Nach Beimischung von Frischgas durchläuft das Luftgemisch den CO<sub>2</sub>-Absorber und wird über das Inspirationsventil durch den Inspirationssschlauch zum Patienten zurückgeleitet. Inspirations- und Expirationsventile gewährleisten einen vorgeschriebenen Gasfluss.

## 8.2 Narkoseapparate

Narkoseapparate ermöglichen eine Beatmung des Patienten. Neben der Zufuhr von Narkosegasen vom Gerät zum Patienten wird das abgeatmete Kohlendioxid eliminiert. Von einfachen mechanischen Geräten in den Anfangsjahren der klinischen Anästhesie (z. B. Doppelapparat 240 N<sup>o</sup>, Fa. Dräger, Baujahr 1903) wurden die Systeme kontinuierlich weiterentwickelt und stellen heute komplexe, computergesteuerte Apparaturen dar.



**Tipp:** Eine Vielzahl vermeidbarer Anästhesiekomplikationen beruht auf Fehlfunktionen von Narkosegeräten. Daher ist vor jeder Inbetriebnahme ein standardisierter Sicherheitsscheck obligat.

## 8.2.1 Bestandteile von Narkoseapparaten

Narkoseapparate bestehen aus:

- Gasquelle.
- Rotameter.
- Verdampfer (Vapor)).
- Atembeutel.
- Atemschläuchen.
- Nichtrückatmungsventilen.
- CO<sub>2</sub>-Absorber.

### Gasquellen

Für den Betrieb von Narkoseapparaten sind Sauerstoff und Druckluft erforderlich. Häufig wird auch noch Lachgas (N<sub>2</sub>O) verwendet. Die Zufuhr dieser Gase erfolgt entweder über eine zentrale Gasversorgung oder aus Gaszylindern.

### Zentrale Gasversorgung

Die meisten Krankenhäuser besitzen eine zentrale Gasversorgung. Dabei gelangt das Atemgasgemisch aus einer zentralen Gasversorgung über spezielle, meist in der Wand befestigte Ventile in den Operationssaal. Um Verwechslungen zu vermeiden, existieren für jedes Gas unterschiedlich genommene Kupplungsstücke, mit denen das entsprechende Gas aus der Wandentnahmestelle entnommen werden kann. Weiterhin sind die Schläuche und Ventile einheitlich farblich gekennzeichnet:

- Sauerstoff = blau, sechseckige Form.
- Lachgas = grau, runde Form.
- Druckluft = gelb, viereckige Form.

### Gaszylinder

Gaszylinder werden als Reserveflaschen an Narkosegeräten oder an Außenarbeitsplätzen eingesetzt. Um den hohen Druck (O<sub>2</sub> ca. 200 bar, N<sub>2</sub>O ca. 50 bar) zu mindern, sind beim Einsatz von Gaszylindern Reduzierventile erforderlich.

### Sauerstoffzylinder

Sauerstoffzylinder sind mit der Farbe **Blau** gekennzeichnet. Der Gasdruck im Zylinder kann über das Kontrollmanometer abgelesen werden und beträgt für eine volle Flasche Sauerstoff 200 bar. Anhand des ablesbaren Flaschendruckes kann nach dem Boyle-Mariotte-Gesetz (das Produkt aus Druck und Volumen ist bei gleichbleibender Temperatur konstant) der verfügbare Inhalt der Flasche berechnet werden. Eine 10 l O<sub>2</sub>-Flasche enthält bei einem Druck 200 bar etwa 2.000 l Sauerstoff.

### Lachgaszylinder

Lachgaszylinder sind mit der Farbe **Grau** gekennzeichnet. Da Lachgas im Zylinder in flüssiger Form vorliegt und bei Öffnung des Ventils sofort in den gasförmigen Zustand übergeht, bleibt der Flaschendruck so lange konstant, bis kein flüssiges Lachgas mehr vorhanden ist. Das Boyle-Mariotte-Gesetz erlaubt demnach nur eine Berechnung des gasförmigen Anteils im Zylinder.



## ■ Prävention

### Präoperative Nahrungskarenz einhalten

- 2 Stunden für klare Flüssigkeiten, 4 Stunden für Muttermilch, 6 Stunden für feste Nahrung).

### Erhöhung des Magensaft-pH-Wertes

- Präoperative Gabe von  $H_2$ -Antagonisten oder Protonenpumpenhemmern bei Patienten mit chronischem gastroösophagealen Reflux.
- Orale Gabe von Natriumzitrat vor Sectio caesarea in Allgemeinanästhesie.

### Ileuseinleitung

- Bei Patienten mit hohem Aspirationsrisiko.

### Reduktion des intragastralen Volumens

- Besonders bei Patienten mit einem Ileus (Dünndarmileus!) sollte vor der Narkoseeinleitung eine Magensonde gelegt und der Mageninhalt abgesaugt werden.

Alle supraglottischen Atemhilfen bieten keinen zuverlässigen Schutz vor Aspiration, **Goldstandard = endotracheale Intubation**.

**Extubation** von aspirationsgefährdeten Patienten erst nach vollständigem Wiedererlangen der Schutzreflexe.

## 11.1.5 Pneumothorax

### ■ Definition

11

Ein Pneumothorax ist eine Ansammlung von Luft im Pleuraspalt (Raum zwischen Pleura visceralis und parietalis). Unter normalen Bedingungen erfolgt die Inspiration passiv durch einen negativen intrapulmonalen Druck. Dieser negative Druck entsteht durch eine Kontraktion (Abflachung) des Zwerchfells und einer Hebung des Brustkorbs (durch Anspannung der Atemhilfsmuskulatur). Dadurch vergrößert sich das Lungenvolumen und die Luft strömt in die Lunge. Bei der Ausatmung kommt es durch eine Verlagerung des Zwerchfells nach kranial, durch Anspannung der Atemhilfsmuskulatur (Mm. Intercostales interni) und aufgrund der Eigenelastizität zu einer Volumenverkleinerung der Lunge. Infolge dessen übersteigt der intrapulmonale Druck den atmosphärischen Druck und die Luft strömt passiv aus der Lunge. Um dieser Bewegung von Zwerchfell und Brustkorb zu folgen, ist die Lunge durch einen negativen Druck im Pleuraspalt (Spalt zwischen Pleura visceralis und Pleura parietalis) an die Brustwand fixiert. Kommt es z. B. durch eine Verletzung des Brustkorbs zu einem Eindringen von Luft in den Pleuraspalt, wird der physiologisch negative Druck aufgehoben. Es resultiert ein Pneumothorax. Folgende Formen werden unterschieden:

- Geschlossener Pneumothorax.
- Offener Pneumothorax.
- Spannungspneumothorax.

[☛ Siehe Abb. 11.1, S. 237]

- Bei einem geschlossenen Pneumothorax ist Luft im Pleuraspalt vorhanden. Mit steigender Luftmenge im Pleuraspalt kollabiert die Lunge auf der betroffenen Seite. Ein offener Pneumothorax entsteht häufig durch eine penetrierende Verletzung der Brustwand, die eine Verbindung zur Atmosphäre herstellt. Die Luft von außen kann mit jedem Atemzug in den Pleuraspalt eindringen und wieder austreten. Ein Spannungs-

pneumothorax ist ein akut lebensbedrohlicher Notfall. Hierbei dringt die Luft stetig in den Pleuraspalt ein, ohne wieder entweichen zu können. Dieser Ventilmechanismus führt zu einem Druckanstieg im Pleuraspalt mit Verdrängung der Mediastinalorgane nach kontralateral und nachfolgender Beeinträchtigung der Kreislauffunktionen.

**Achtung:** Ein Spannungspneumothorax ist eine lebensbedrohliche Notfallsituation.

## ■ Ursache

Je nach Entstehung kann folgende Gliederung vorgenommen werden:

### Spontan

- Spontanruptur einer Emphysemblase.
- Idiopathischer Spontanpneumothorax bei jungen Männern.

### Traumatisch

- Penetrierende Thoraxverletzung.
- Thoraxtrauma mit Rippenserienfrakturen.
- Beatmungstrauma nach Beatmung mit hohem Beatmungsdruck (Barotrauma).

### Iatrogen

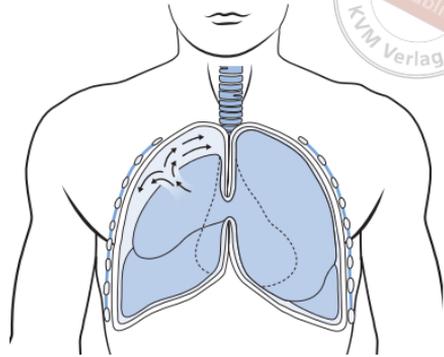
- Verletzung der Pleura bei ZVK-Anlage (v. a. bei V. subclavia-Punktion).
- Regionalanästhesieverfahren (v. a. interskalenäre, supraklavikuläre und infraklavikuläre Plexusblockade).

## ■ Diagnose

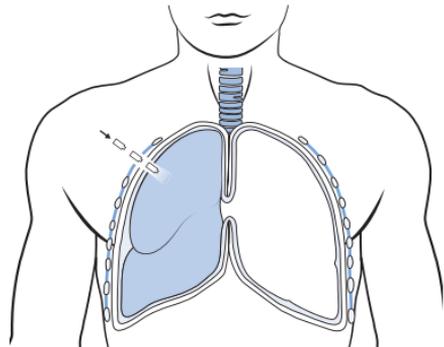
### Klinische Zeichen

#### Wacher Patient

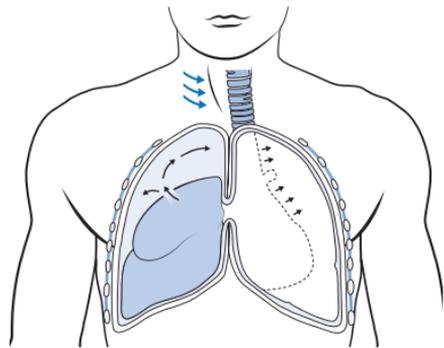
Bei wachen Patienten werden häufig Thoraxschmerzen mit Tachypnoe und Hustenreiz beobachtet. Auskultatorisch ist das Atemgeräusch auf der betroffenen Seite abgeschwächt,



Geschlossener Pneumothorax



Offener Pneumothorax



Spannungspneumothorax

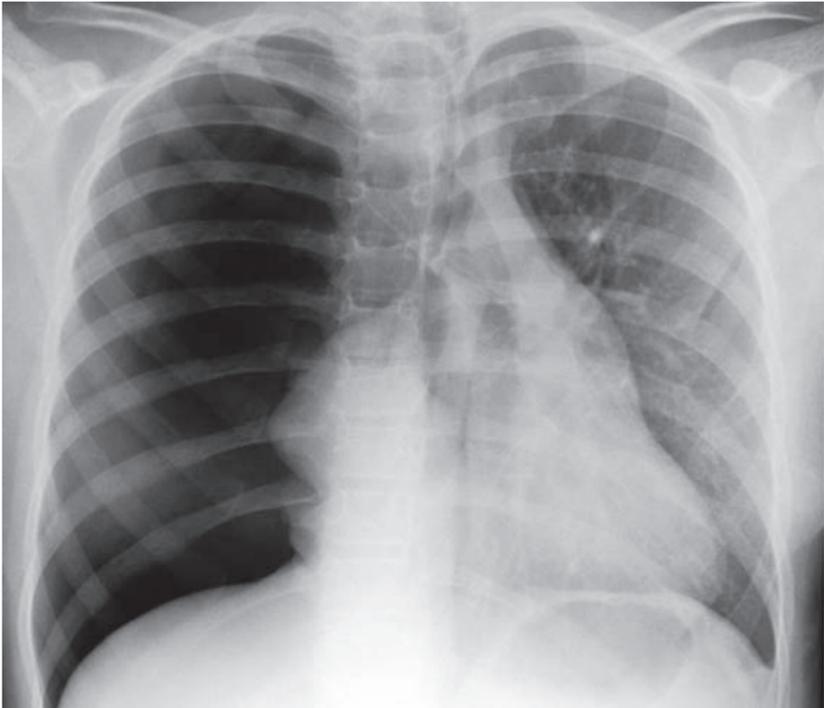
**Abb. 11.1** Geschlossener und offener Pneumothorax, Spannungspneumothorax

der Klopfeschall ist hypersonor. Zur Sicherung der Diagnose erfolgt eine Röntgenaufnahme des Thorax).

### **Beatmeter Patient**

Bei beatmeten Patienten wird ein Pneumothorax häufig durch einen Anstieg des Beatmungsdruckes bei gleichzeitiger Abnahme der Compliance (Dehnbarkeit der Lunge) und Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung bemerkt. Die Auskultation ergibt ein abgeschwächtes Atemgeräusch auf der betroffenen Seite mit hypersonorem Klopfeschall. Vor allem bei beatmeten Patienten kann sich zu jeder Zeit ein Spannungspneumothorax mit rasanter Verschlechterung des klinischen Bildes entwickeln. Ursächlich hierfür ist eine Mediastinalverlagerung zur kontralateralen Seite mit massiver Füllungsbehinderung des Herzens. Unbehandelt führt diese Situation rasch zur Hypotension, zum Schock und Herz-Kreislauf-Stillstand und bedarf daher einer umgehenden Therapie. Weitere klinische Zeichen eines Spannungspneumothorax können sein:

- Obere Einflusstauung.
- Zyanose.
- Hypotension und Tachykardie.
- Verlagerung der Trachea.



**Abb. 11.2** Röntgenbild eines Spannungspneumothorax (Beachte: keine Lungenstruktur rechts erkennbar, Mediastinalverlagerung nach links)

## ■ Therapie

Ein Spannungspneumothorax oder ein Pneumothorax bei beatmeten Patienten muss unverzüglich drainiert werden. Bei ausreichendem Verdacht kann eine Entlastungspunktion mit einer großlumigen Kanüle (z. B. Braunüle 14 G) in der Medioklavikularlinie des 2. Interkostalraums durchgeführt werden. Das Entweichen von Luft oder Luftblasen in die aufgesetzte Spritze sichert die Diagnose. Danach erfolgt eine definitive Versorgung mittels Thoraxdrainage. Bei nicht beatmeten Patienten und kleinerem, geschlossenem Pneumothorax kann dagegen zunächst abgewartet werden, da die eingedrungene Luft meist spontan resorbiert wird.

### Anlage einer Thoraxdrainage

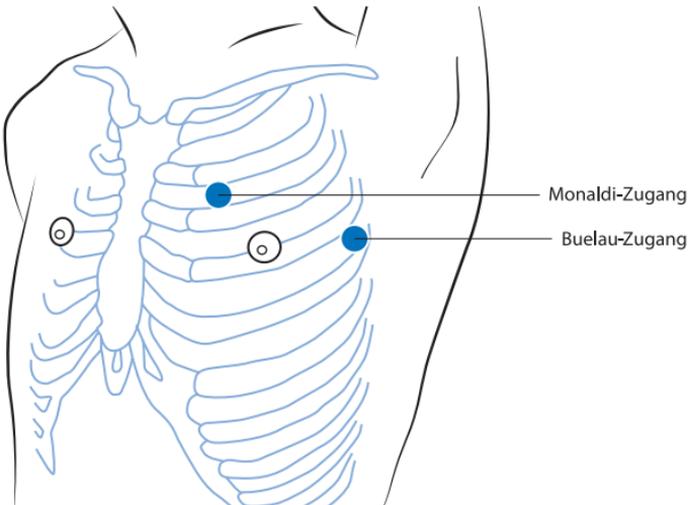
#### Indikation

- Spannungspneumothorax.
- Pneumothorax unter maschineller Beatmung.
- Pneumothorax mit Dyspnoe.
- Beidseitiger Pneumothorax.
- Penetrierendes Thoraxtrauma.
- Hämatothorax.
- Pleuraerguss.

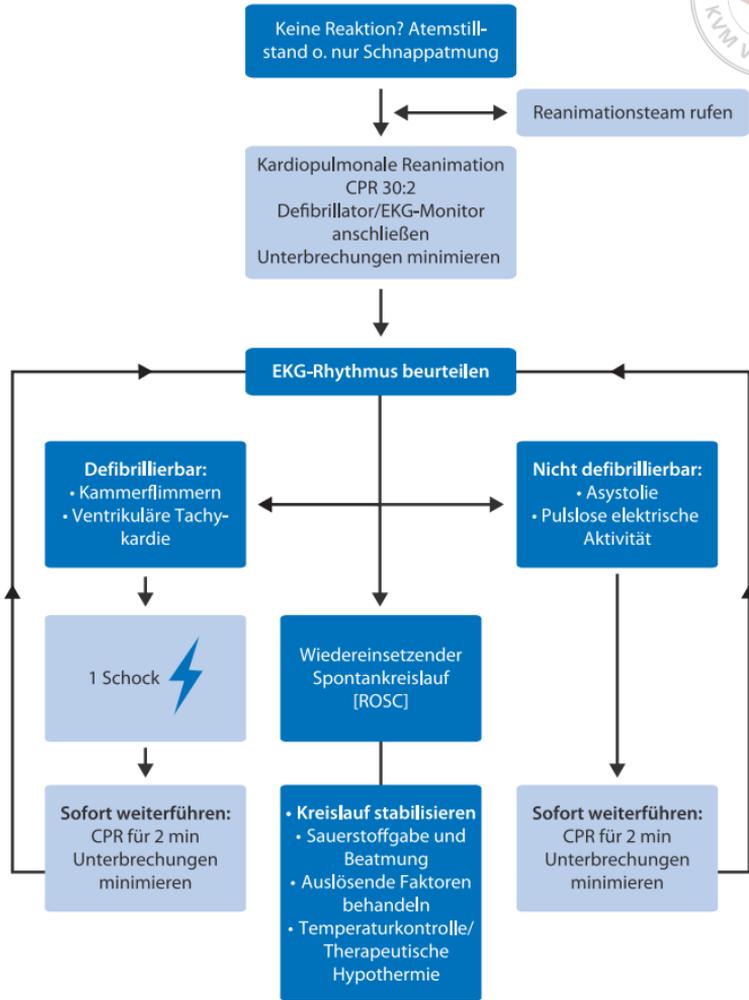
#### Zugangswege

Die Anlage einer Thoraxdrainage kann auf zwei unterschiedlichen Zugangswegen erfolgen:

- Lateraler Zugangsweg: 4.–6. ICR, mittlere Axillarlinie im „sicheren Dreieck“ zwischen mittlerer Axillarlinie, Rand des Musculus pectoralis major in Höhe der Brustwarze (ICR 4–5).
- Anteriorer Zugangsweg: 2.–3. Interkostalraum in Medioklavikularlinie (Monaldi-Position).



**Abb. 11.3** Zugangswege für Anlage einer Thoraxdrainage



15

- Während CPR**
- Hochqualifizierte CPR sicherstellen: Frequenz, Tiefe, Entlastung
  - Handlungen planen vor CPR-Unterbrechung
  - Sauerstoff geben
  - Atemwegsmanagement u. Kapnographie anwenden
  - Herzdruckmassage ohne Unterbrechung, wenn Atemweg gesichert
  - Gefäßzugang: Intravenös, ggf. intraossär
  - Adrenalin alle 3–5 min injizieren
  - Reversible Ursachen behandeln

- Reversible Ursachen**
- Hypoxie
  - Hypovolämie
  - Hypo-/Hyperkaliämie/metabolische Störung
  - Hypothermie
  - Herzbeuteltamponade
  - Intoxikation
  - Myokardinfarkt/Lungenembolie
  - Spannungspneumothorax

Abb. 15.1 Reanimationsschema (Advanced Life Support)

Eine weitere perioperativ häufig vorkommende Ursache für den Kreislaufstillstand ist die **fulminante Lungenembolie**. Sie führt über eine thrombembolische Verlegung der pulmonalen Hauptstrombahn zum akuten Rechtsherzversagen.

## ■ Respiratorische Ursachen

Bei respiratorischen Störungen kommt es über eine **Hypoxie** sekundär zum Pumpversagen des Herzens. Dies ist bei Neugeborenen und Kleinkindern die häufigste Ursache für einen Kreislaufstillstand.

### 15.1.2 Herzdruckmassage

**Merke:** Die Herzdruckmassage ist die wichtigste Maßnahme der CPR. Nur durch eine effektive mechanische Kompression des Herzens zwischen Sternum und Wirbelsäule kann ein Minimalkreislauf zur O<sub>2</sub>-Versorgung von Gehirn und Herz aufrechterhalten werden. Die Herzdruckmassage wird möglichst ohne Unterbrechungen durchgeführt. Das Verhältnis von Kompression zu Ventilation beträgt beim Erwachsenen 30:2.

Für eine effektive Thoraxkompression ist zu beachten:

- Druckpunkt: mittleres Sternumdrittel.
- Kompressionsfrequenz: 100/min.
- Kompressionstiefe: mindestens 5 cm.
- Vollständige Entlastung zwischen den einzelnen Kompressionen.
- Feste Körperunterlage.

Eine wirkungsvolle Herzdruckmassage ist körperlich sehr anstrengend. Es kommt daher rasch zur Ermüdung und nachlassender Effektivität. Die durchführende Person muss deshalb regelmäßig abgelöst werden. In vielen Kliniken stehen mittlerweile auch automatische Reanimationshilfen für eine maschinelle Thoraxkompression zur Verfügung (z. B. Auto-Pulse®).

### 15.1.3 Atemwege und Beatmung

Generell tritt bei der kardiopulmonalen Reanimation mittlerweile die Beatmung gegenüber der effektiv durchgeführten Herzdruckmassage in den Hintergrund. Dennoch muss auch auf eine Sicherstellung der **Oxygenierung** geachtet werden, insbesondere bei einer respiratorischen Ursache des Kreislaufstillstands.

[➡ Siehe Abb. 15.3, S. 328]



Abb. 15.2 Herzdruckmassage

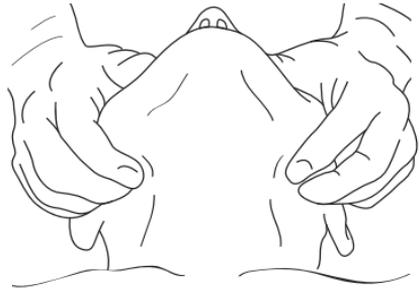


Zu den Basismaßnahmen gehören:

- Freimachung der Atemwege durch vorsichtige Reklination des Kopfes und Anheben des Unterkiefers (Esmarch-Handgriff).
- Entfernung von Fremdkörpern aus der Mundhöhle.
- Maskenbeatmung mit 100 % O<sub>2</sub> über einen Reservoirbeutel (bei schwieriger Maskenbeatmung Guedel-Tubus einlegen)



**Achtung:** Viele Helfer neigen dazu, den Patienten bei der CPR übermäßig zu beatmen. Diese Hyperventilation kann durch einen erhöhten intrathorakalen Druck und den damit verbundenen reduzierten venösen Rückstrom zum Herzen die Effektivität der Thoraxkompression beeinträchtigen (Maskenbeatmung ▶ siehe Kap. 7, S. 121 ff.).



**Abb. 15.3** Esmarch-Handgriff

Aufgrund der höheren physiologischen Atemfrequenz und der oft respiratorischen Genese eines Kreislaufstillstands wird die **Kinderreanimation** mit fünf Beatmungen begonnen. Danach ist das Verhältnis von Kompression zu Ventilation altersabhängig:

- Neugeborene 3:1.
- Säuglinge und Kinder bis zur Pubertät 15:2.
- Kinder ab der Pubertät 30:2.

## 15.2 Erweiterte Maßnahmen

15

Zu den erweiterten Maßnahmen der Reanimation (engl. Advanced Life Support, ALS) zählen:

- Intubation und maschinelle Beatmung.
- Defibrillation.
- Medikamente.

Vom professionellen medizinischen Personal wird der Advanced Life Support zusammen mit den Basismaßnahmen durchgeführt.

### 15.2.1 Intubation und Beatmung

Die **endotracheale Intubation** ist das Standardverfahren zur Atemwegssicherung (Aspirationsschutz). Sie soll jedoch nur von geübten Helfern durchgeführt werden. Eine dafür notwendige Unterbrechung der Thoraxkompression sollte nicht mehr als 10 s betragen. Bei unerfahrenem Personal oder schwierigem Atemweg wird mit der Maske beatmet oder

eine alternative Atemwegshilfe eingesetzt (z. B. eine Larynxmaske oder ein Larynxstübchen, siehe Kap. 7, S. 121 ff.).

Nach der Intubation ist der Einsatz einer **Kapnografie** obligatorisch. Diese wird herangezogen zur:

- Sicherung der korrekten Tubuslage.
- Effektivitätskontrolle der Herzdruckmassage.
- Erkennung der Wiederkehr eines Spontankreislaufs (engl. return of spontaneous circulation, ROSC).

**Merke:** Beim intubierten Patienten wird die Herzdruckmassage ohne Ventilationspausen kontinuierlich durchgeführt. Die maschinelle Beatmung erfolgt mit 100 % O<sub>2</sub> und beim Erwachsenen mit einer Frequenz von 10/min.

## 15.2.2 Defibrillation

Bei der **Defibrillation** werden durch einen kurzen Stromstoß mit hoher Amplitude sämtliche Herzmuskelzellen depolarisiert und damit elektrisch synchronisiert. Idealerweise ist der darauf folgende Herzrhythmus ein Sinusrhythmus.

### ■ Gerätetypen

Außerhalb der Klinik werden oft Systeme mit automatischer Herzrhythmusanalyse (engl. automated external defibrillator, AED) eingesetzt. Im professionellen medizinischen Bereich finden jedoch meistens manuelle Defibrillatoren mit EKG-Monitor Anwendung. Die Rhythmusanalyse wird bei diesen Geräten dem Anwender überlassen. Nach Art der Energieabgabe werden zwei Gerätetypen unterschieden:

- Monophasische Defibrillatoren (nur positiver Stromimpuls).
- Biphasische Defibrillatoren (positiver und nachfolgender negativer Stromimpuls mit entgegengesetzter Richtung).

Durch den zusätzlichen negativen Impuls ist bei den modernen, biphasischen Geräten eine geringere Energiemenge zur Defibrillation notwendig.

### ■ Elektroden und Energiemenge

Defibrillatoren sind entweder mit festen Paddles oder Klebeelektroden (Pads) ausgestattet. Die großflächigen, jedoch relativ teuren Klebepads haben den Vorteil einer effektiven Energieabgabe durch Herabsetzen des transthorakalen Widerstands. Sie bieten gleichzeitig die Möglichkeit einer schnellen und sicheren EKG-Ableitung und sollten daher bevorzugt eingesetzt werden. Wichtig bei der Platzierung der Elektroden ist, dass diese so weit voneinander entfernt angebracht werden, dass eine möglichst große Energiemenge das Myokard durchfließt (siehe Abb. 15.4 u. Tab. 15.1, S. 330).

Nasse Haut muss vor dem Aufbringen abgetrocknet werden, da sonst ein Kurzschluss entstehen kann. Die Elektroden sollten mit mindestens 10 cm Abstand von einem Herzschrittmacher angebracht werden, um dessen Beschädigung zu vermeiden.

Die einzustellende **Energieladung** richtet sich nach dem Gerätetyp. Beim monophasischen Defibrillator wird der erste Schock mit 200 J abgegeben, alle weiteren mit 360 J. Beim biphasischen Gerät wird initial mit 150–200 J defibrilliert. Abhängig vom Hersteller sind jedoch auch höhere Energiemengen möglich (bis 360 J). Bei Kindern erfolgt die Defibrillation generell mit einer Energiemenge von 4 J/kg KG.