

Diagnostik und Überwachung in der Notfallmedizin

T. Ziegenfuß

- 2.1 Ziel der notfallmedizinischen Diagnostik – 22
- 2.2 Anamnestische Angaben und Unfallsituation – 22
- 2.3 Notfallmedizinische Untersuchungsmethoden – 23
- 2.4 Kreislaufmonitoring – 28
- 2.5 Respiratorisches Monitoring – 34
- 2.6 Blutzuckeruntersuchung – 42
- 2.7 Neurologische Untersuchung am Notfallort – 44
- 2.8 Notfallmedizinische Erstuntersuchung – die ABCDE-Methode – 45
- 2.9 Leichenschau – 47

Die notfallmedizinische Diagnostik dient vor allem dem raschen Erkennen lebensbedrohlicher Situationen. Hierzu kommen neben Anamnese und orientierender klinischer Untersuchung (Inspektion, Palpation, Auskultation und grob-neurologischer Untersuchung) auch apparative Maßnahmen zum Einsatz. Gängig sind vor allem die Messung des arteriellen Blutdrucks, die Ableitung eines EKGs und die pulsoximetrische Messung der Sauerstoffsättigung. Ein EKG soll heute bei kardialen Notfällen bereits präklinisch als 12-Kanal-EKG angefertigt werden. Die Pulsoximetrie erlaubt die Messung der partiellen arteriellen Sauerstoffsättigung und ist besser als andere Verfahren geeignet, eine bedrohliche Hypoxie zu erkennen. Bei beatmeten und reanimierten Patienten sollte auch ein kapnometrisches Monitoring eingesetzt werden. Besonders bei bewusstlosen oder agitierten Patienten ist zudem eine präklinische Blutzuckermessung indiziert. Die Diagnostik in Notfallsituationen sollte standardisiert nach der ABCDE-Methode erfolgen. Oft ist der Notarzt auch mit der Todesfeststellung konfrontiert, dabei ist insbesondere die Kenntnis der unsicheren (Atemstillstand, Kreislaufstillstand, Herzstillstand, Hautblässe) und sicheren Todeszeichen (Totenflecken, Totenstarre, Leichenfäulnis) unabdingbar.

2.1 Ziel der notfallmedizinischen Diagnostik

Oberstes Ziel der Diagnostik unter Notfallbedingungen ist das rasche Erkennen lebensbedrohlicher Situationen.

Im Mittelpunkt steht daher die **Überprüfung der wichtigsten Vitalfunktionen**:

- Kreislauf,
- Atmung,
- Bewusstsein.

Darüber hinaus muss je nach Art des Notfalls auf Anzeichen für Verletzungen oder Blutungen nach innen oder außen, auf Schmerzen oder neurologische Ausfallerscheinungen sowie spezielle krankheits- oder unfallspezifische Aspekte geachtet werden.

2.2 Anamnestische Angaben und Unfallsituation

Unfallsituation Bei traumatologischen Notfällen geben Unfallsituation und Schilderung des Unfallhergangs wertvolle Hinweise auf die möglichen Verletzungen. Offensichtlich schwere Unfälle (Sturz aus größerer Höhe, Autounfall mit hoher Geschwindigkeit) sollten zu großer Aufmerksamkeit, besonders sorgfältiger Untersuchung und längerer Überwachung der Patienten führen, auch wenn zunächst keine gravierenden Symptome zu erkennen sind.

2.3 · Notfallmedizinische Untersuchungsmethoden

Anamnese Bei nichttraumatologischen Notfällen sind anamnestische Angaben des Patienten – sofern noch ansprechbar – oder seiner Angehörigen oft richtungweisend für die zugrunde liegende Störung. Insbesondere muss nach früheren Notfällen ähnlicher Art und Medikamenteneinnahme gezielt gefragt werden. Gelegentlich führen allerdings anamnestische Angaben auch in die falsche Richtung (► Aus der Notfallpraxis). Im traumatologischen Bereich können analog scheinbar offensichtliche Unfallursachen und Verletzungen dazu führen, dass zugrunde liegende lebensbedrohliche nichttraumatische Erkrankungen übersehen werden.

Anamnestische Angaben können manchmal nicht nur versehentlich in die Irre leiten, sondern auch bewusst falsch sein, z. B. bei Mord, Mordversuch, Suizidversuch oder Genuss verbotener Drogen (besonders wenn die Eltern beim Gespräch anwesend sind).

Aus der Notfallpraxis

Ein Patient mit langjähriger Hypopharynx tumor-Anamnese entwickelt eine akute Atemstörung. Er wird mit dem Verdacht auf tumorbedingte Verlegung der oberen Atemwege unter Begleitung des Notarztes in die HNO-Klinik eingewiesen. Hier wird er in Erwartung einer schweren Verlegung der oberen Atemwege gar nicht erst laryngoskopiert, sondern notfallmäßig tracheotomiert. Es stellt sich jedoch später heraus, dass die oberen Atemwege völlig frei sind. Der Patient hat eine Hirnstammeinblutung.

2.3 Notfallmedizinische Untersuchungsmethoden

Für die **klinische Untersuchung** stehen grundsätzlich die aus der Klinik bekannten Methoden zur Verfügung, nämlich das Gespräch mit dem Patienten (also die Anamnese), Inspektion, Palpation, Perkussion und Auskultation. Der Notarzt muss also vor allem seine Sinne gezielt einsetzen: **Sehen** (Inspektion), **Hören** (Auskultation) und **Fühlen** (Palpation). Gelegentlich ist auch der Geruchssinn zur Diagnosestellung hilfreich (auf den Geschmackssinn ist man heutzutage erfreulicherweise nicht mehr angewiesen). Zur adäquaten Untersuchung und Versorgung des Patienten ist meist dessen wenigstens teilweise Entkleidung erforderlich. Es müssen i. d. R. zumindest der Brustkorb (zur Auskultation der Lunge und zum Aufkleben der EKG-Elektroden) und ein Arm (zur Blutdruckmessung und zum Anlegen einer Infusion) freigemacht werden, im Bedarfsfall natürlich auch mehr. Nicht immer können die Kleidungsstücke auf normalem Weg ausgezogen werden – in dem Fall muss mit einer speziellen **Kleiderschere** die Kleidung aufgetrennt werden (unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit der Mittel). An besonderen Hilfsmitteln sind ein **Stethoskop** zur Auskultation sowie aus hygienischen Gründen **Einmalhandschuhe** zur Palpation und körperlichen Untersuchung erforderlich.

- **Die Untersuchungsmethoden müssen grundsätzlich der Notfallsituation angepasst sein und können durch apparative Diagnoseverfahren (EKG, Blutdruckmessung, Pulsoximetrie) ergänzt werden.**

Aus der Notfallpraxis

Wie unterschiedlich ausgeprägt die präklinisch erforderlichen diagnostischen Maßnahmen sein müssen, zeigen folgende 2 Situationen, die ein Hubschrauber-Notarzt am selben Tag hintereinander erlebte: Zunächst flog er mit der Einsatzindikation »schwerer Arbeitsunfall mit Amputation« zu einer großen Möbelfabrik; hier erwartete der Patient den Hubschrauber im Kreise einiger Arbeitskollegen stehend bereits auf der Grünfläche vor dem Gebäude; er hatte sich den linken Daumen mit einer Säge abgetrennt, hatte die Wunde mit sauberen Tüchern verbunden und trug seinen Daumen in einer Zipper-Plastiktüte bei sich. Der Notarzt verzichtete bei dem offensichtlich völlig vital stabilen Patienten auf jegliche Diagnostik, vielmehr ließ er ihn unverzüglich in den RTH einsteigen und war 7 min später mit ihm im Klinikum, wo eine Replantation erfolgte. Beim nächsten Einsatz (»mein Mann bekommt keine Luft mehr«) fand der Notarzt einen schwer krank aussehenden Patienten mit grauer Gesichtsfarbe stöhnend in dessen Schlafzimmer auf der Bettkante sitzend vor; hier musste das gesamte Spektrum der Notfalldiagnostik incl. Anamnese, Auskultation, Blutdruckmessung, EKG und Pulsoximetrie eingesetzt werden.

2.3.1 Gespräch mit dem Patienten

Das Gespräch mit dem Patienten ist eine entscheidende Maßnahme mit folgenden Aufgaben:

- Es dient der Untersuchung des Bewusstseins.
- Es ist Teil der notfallmedizinischen neurologisch-psychiatrischen Diagnostik.
- Es dient der Anamneseerhebung.
- Es hat therapeutische Bedeutung, wenn es mit beruhigendem Zureden verbunden ist.

Ist der Patient wach oder durch Ansprache aufweckbar, so versucht man durch gezielte Fragen (Wie heißen Sie? Was für einen Tag haben wir heute?) zu eruieren, ob der Patient orientiert oder verwirrt ist, ob er überhaupt sprechen kann, und ob die Sprache verwaschen oder gestört ist. Wichtig ist die Frage nach Schmerzen, Schmerzintensität und Schmerzlokalisation. Der Patient wird weiterhin aufgefordert, seine Arme und Beine zu bewegen, um gröbere motorisch-neurologische Defekte zu erkennen. Ist der Patient kommunikationsfähig, so wird eine kurze aktuelle Anamnese erhoben.

2.3.2 Inspektion

Allgemeine Inspektion Die Inspektion des Patienten ergibt wichtige Anhaltspunkte für die Gesamteinschätzung und die Schwere der Erkrankung. Vor allem folgende Aspekte müssen beurteilt werden:

- Farbe und Zustand der Haut: Zyanotisch? Blass? Kaltschweißig?
- Thoraxbewegung: Atmung vorhanden? Hebung seitengleich? Atemfrequenz?
- Körperhaltung: Liegend? Sitzend? Einsatz der Atemhilfsmuskulatur?
- Motorik: Agitiert? Krämpfe? Minderbewegung einer Körperregion?
- Ausscheidungen: Eingenässt? Erbrochen?
- Blutung nach außen?

Spezielle Inspektion Daneben müssen je nach Notfall spezielle Körperregionen durch Inspektion beurteilt werden:

- Zustand der Pupillen: Eng? Weit? Entrundet? Reaktion auf Lichteinfall? Isokor?
- Verletzungen am Kopf: Austritt von Blut oder Liquor aus Nase oder Ohren?, Monokelhämatom (periorbitales Hämatom, d. h. »blaues Auge«) oder Brillenhämatom (beidseits periorbitale Hämatome)?
- Verletzungen der Extremitäten: Fehlstellung? Luxation? Offene Fraktur? Hämatome?

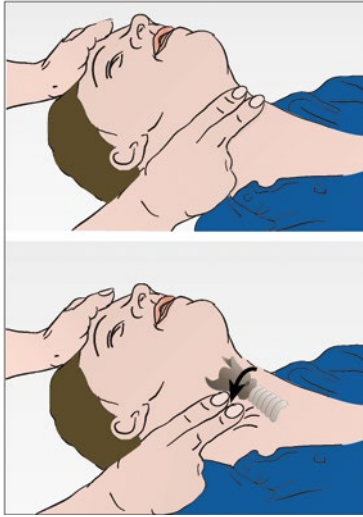
2.3.3 Palpation

Palpation des Pulses Eine wichtige palpatorische Maßnahme im Notarztdienst ist das Fühlen des Pulses. Folgende Stellen eignen sich dazu besonders:

- Handgelenk (A. radialis: Radialispuls)
- Hals (A. carotis: Karotispuls)

Außerdem kann der Puls oft gut in der Leiste (A. femoralis) oder Armbeuge (A. brachialis) getastet werden. Meist wird zunächst der **Radialispuls** gefühlt. Ist dieser – etwa im Schock – nicht zu tasten, so sollte unverzüglich die Palpation der A. carotis erfolgen. Bei dringendem Verdacht auf einen Herzkreislaufstillstand kann vom Geübten sofort der **Karotispuls** getastet werden (■ Abb. 2.1); allerdings darf dadurch der Beginn der Reanimation nicht verzögert werden:

- **Ein fehlender Karotispuls ist nicht mehr (wie früher gefordert) Bedingung für den Beginn der Herzdruckmassage (► Kap. 7)!**



■ **Abb. 2.1** Fühlen des Karotispulses: 2 Finger werden auf die Kehlkopfregion gelegt. Seitlich davon befindet sich die A. carotis

Praktisches Vorgehen

Aufsuchen der A. carotis

- Mit Mittel- und Zeigefinger den Schildknorpel (»Adamsapfel«) tasten.
- Von dort mit den Fingern seitwärts neben den Kehlkopf abgleiten.
- Hier verläuft die A. carotis etwa 1 cm unter der Haut.

Beurteilung des Pulses

Folgende Aspekte werden beurteilt:

- Qualität: Vorhanden? Gut tastbar? Kräftig? Schwach?
- Frequenz: Normal? Schnell? Langsam?
- Rhythmus: Regelmäßig? Unregelmäßig? Extrasystolen?

Beim Erwachsenen gilt eine Pulsfrequenz zwischen 60–90/min als normal; eine höhere Frequenz (mehr als 90/min) wird als Tachykardie, eine niedrigere (weniger als 60/min) als Bradykardie bezeichnet. Erfahrene Ärzte können zudem über die Palpation des Pulses ungefähr die Höhe des arteriellen Blutdrucks abschätzen. Andererseits besteht gerade in aufregenden Situationen und niedrigem Blutdruck des Patienten die Gefahr, dass der Untersucher seinen eigenen Puls fälschlich für

den des Patienten hält. Besteht dieser Verdacht, soll zur Kontrolle abwechselnd der Patientenpuls und der eigene Puls (am anderen Handgelenk) gefühlt werden.

- **Eine Faustregel lautet: Ist der Radialispuls noch tastbar, so spricht dies für einen systolischen Blutdruck über 80–90 mmHg.**

Weitere palpatorische Diagnostik Neben der Beurteilung des Pulses wird die Palpation vor allen Dingen zur Diagnose von Frakturen (abnorme Beweglichkeit? »Zusätzliches Gelenk«? ▶ Kap. 18.2.1) und zur Beurteilung des Abdomens (Abwehrspannung? Druckschmerzhaftigkeit? ▶ Kap. 12.2 und ▶ Kap. 18.6) herangezogen.

- ❗ **Die Palpation bekannter oder offensichtlicher Frakturen darf nicht unnötig erfolgen! Sie tut weh, führt evtl. zu zusätzlicher Schädigung der Knochen und Gefäße und verursacht eine zusätzliche Gewebetraumatisierung. Sinngemäß gilt dies auch für unnötig wiederholte Palpationen der Bauchdecke bei akutem Abdomen.**

2.3.4 Auskultation

Auskultation der Lunge Im Notarztdienst ist die Auskultation der Lunge von besonderer Bedeutung, da der Auskultationsbefund diagnostisch wegweisend für eine Reihe notfallmedizinisch wichtiger Erkrankungen ist wie z. B. Herzversagen und Lungenödem, Asthmaanfall und Pneumothorax. Auch nach einer Intubation ist die pulmonale Auskultation wichtig (▶ Kap. 4.2). Auskultatorisch wird vor allem Folgendes beurteilt:

- Atemgeräusche: vorhanden? abgeschwächt? seitengleich?
 - Atemnebengeräusche: Rasselgeräusche? inspiratorisches Giemen? expiratorisches Giemen?
- **Die sorgfältige Auskultation beider Lungenflügel ist eine wichtige Maßnahme zur Diagnose eines (Spannungs)Pneumothorax und zur Sicherstellung einer korrekten Tubuslage.**

Auskultation des Herzens Bei der Auskultation des Herzens achtet man auf **Herztöne** (Lautstärke? Überzählige Herztöne?) und **Herzgeräusche** (Systolisch? Diastolisch?). Die Beurteilung kardialer Auskultationsphänomene verlangt allerdings viel Erfahrung, Zeit und eine ruhige Umgebung; sie ist im Notarztdienst nur in Ausnahmefällen von Bedeutung.

2.3.5 Perkussion und Geruch

Die Perkussion spielt eine untergeordnete Rolle. Sie kann ergänzend zur Beurteilung von Thorax und Abdomen eingesetzt werden.

Gelegentlich ist der **Fötor des Patienten** wegweisend für die Diagnose, z. B.:

- Foetor alcoholicus → Alkoholintoxikation oder alkoholisierter Patient (▶ Kap. 20.2.1),
- Obstgeruch → diabetisches ketoazidotisches Koma (▶ Kap. 13.1.2),
- Bittermandelgeruch → Zyanidintoxikation (▶ Kap. 20.2.13).

2.4 Kreislaufmonitoring

Die kardiozirkulatorische Untersuchung und das entsprechende Monitoring beim Notfallpatienten umfassen:

- Blutdruckmessung
- EKG-Ableitung
- Beurteilung der kapillaren Reperfusionzeit

2.4.1 Blutdruck

Blutdruckmessung Der arterielle Blutdruck ist nach wie vor einer der wichtigsten Parameter zur Diagnose und Beurteilung kardiozirkulatorischer Störungen. Die Aufrechterhaltung eines angemessenen arteriellen Blutdrucks gehört zu den Basismaßnahmen der Notfalltherapie. Normalerweise liegt der Blutdruck im Bereich von 120–130 mmHg systolisch zu 70–80 mmHg diastolisch mit einem Mittelwert um 90 mmHg. Kinder haben normalerweise einen niedrigeren Blutdruck. Der Blutdruck wird präklinisch entweder manuell (mit oder ohne Stethoskop) oder automatisch (oszillometrisch) gemessen. Für die **automatische Blutdruckmessung** sind spezielle Geräte erforderlich, die aufgrund fortschreitender Miniaturisierung mittlerweile praktisch in allen Rettungsfahrzeugen mitgeführt werden. Die Geräte können so eingestellt werden, dass sie regelmäßig alle 1–5 min den Blutdruck ermitteln (zu häufige Messungen können aber Durchblutungsstörungen oder Nervenschädigungen hervorrufen). Die Methode funktioniert allerdings gelegentlich nicht, etwa bei unregelmäßigem Herzrhythmus (v. a. Arrhythmia absoluta) oder äußeren Störfaktoren (z. B. Transporterschütterungen). Die Blutdruckmanschette wird für alle Verfahren normalerweise am Oberarm angelegt und sollte etwa 2/3 des Oberarms bedecken.

Praktisches Vorgehen**Manuelle Blutdruckmessung ohne Stethoskop (palpatorische Blutdruckmessung)**

- Die Blutdruckmanschette wird bei gleichzeitigem Fühlen des Radialis-pulses aufgeblasen, bis der Puls verschwindet.
- Anschließend wird der Druck aus der Manschette langsam abgelassen, bis der Puls wieder tastbar wird. Der dabei auf dem Manometer abgelesene Wert entspricht dem systolischen Blutdruck. Der diastolische Druck kann so nicht ermittelt werden.
- Die palpatorische Methode eignet sich besonders, um sich einen schnellen Überblick zu verschaffen.

Manuelle Blutdruckmessung mit Stethoskop (nach Riva Rocci)

- Das Stethoskop wird über der A. brachialis platziert, und die Blutdruckmanschette bis etwa 200 mmHg aufgeblasen (bei Hypertonikern höher).
- Beim Ablassen des Drucks aus der Manschette hört man den Korotkow-Ton. Sein Auftreten zeigt den systolischen, sein Verschwinden den diastolischen Blutdruck an.
- Für diese Methode der Blutdruckmessung wird mehr Zeit und Ruhe benötigt als für die palpatorische Methode. Bei niedrigem Blutdruck im Schockzustand sind Auftreten und Verschwinden des Korotkow-Tons unter präklinischen Notfallbedingungen nur schwierig zu hören.
- Durch zeitaufwendiges Blutdruckmessen nach Riva Rocci dürfen wichtige therapeutische Maßnahmen nicht verzögert werden!

Interpretation des Blutdrucks Ein niedriger Blutdruck beim Notfallpatienten deutet auf Schock oder vasovagale Fehlregulation hin und kann die Patienten durch Mangel durchblutung des Gehirns, des Myokards und anderer wichtiger Organe gefährden. Ein sehr hoher Blutdruck kann zum hypertensiven Notfall mit Hirnblutung, Herzversagen und Lungenödem führen. In Zweifelsfällen muss der Druck an beiden Armen gemessen werden, da bei einigen Gefäßerkrankungen (z. B. Aortenisthmusstenose, dissezierendes Aortenaneurysma) deutlich seitendifferente Werte vorliegen können. Der »wirkliche Blutdruck« ist stets der höhere Wert. Ein normaler Blutdruck ist zunächst einmal beruhigend, darf den Notfallmediziner aber nicht zu sehr in Sicherheit wiegen: Auch ein – zunächst noch durch Vasokonstriktion kompensierter – Schockzustand kann über längere Zeit mit einem normalen oder sogar erhöhten Blutdruck einhergehen. Andererseits kann in anderen Situationen (wie einem Hirnödem) ein »normaler Blutdruck« für den Patienten bzw. die zerebrale Perfusion nicht ausreichend sein.

Der Blutdruck ist stets in der Zusammenschau mit anderen klinischen Zeichen oder Messparametern zu sehen, vor allem mit Bewusstseinszustand, Herzfrequenz und kapillarer Reperfusionzeit.

2.4.2 Elektrokardiogramm

Ableitung des Elektrokardiogramms (EKG) Das EKG gehört heute zum Standardmonitoring jedes Notfallpatienten und dient sowohl der Diagnosestellung bei kardialen Notfällen als auch der Überwachung während der präklinischen Therapie. Ein EKG-Monitor – heute häufig in Form eines **Multifunktionsmonitors**, der auch andere Parameter wie die Sauerstoffsättigung darstellen kann – ist meist in einen transportablen Defibrillator integriert, so dass bei entsprechendem EKG-Befund sofort eine elektrische Therapie (Defibrillation, Kardioversion oder Schrittmacherstimulation) erfolgen kann.

Ziel des EKG-Monitorings im Notarztwagen ist vor allem die Diagnose bedeutsamer **ischämischer Schädigungen des Herzmuskels**, erkennbar an Veränderungen der ST-Strecke, T-Welle und Q-Zacke, sowie wichtiger **Störungen der Herzfrequenz und des Herzrhythmus**, also zu schneller, zu langsamer, unregelmäßiger oder pathologischer Abfolge der Herzaktionen.

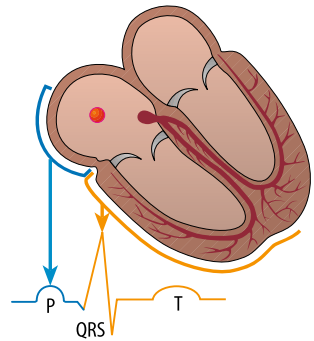
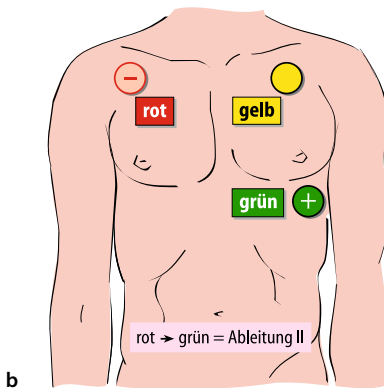
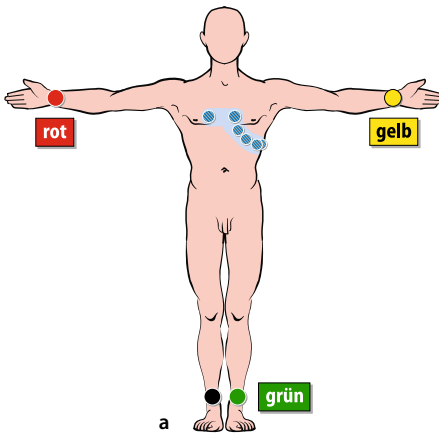
■ **Abb. 2.2a-c** EKG-Ableitungswahl und normaler Erregungsverlauf. **a** Traditionelle Elektrodenanordnung zur Ableitung eines 12-Kanal-EKG: es werden 4 Extremitäten- und 6 Brustwandelektroden angebracht. Über die 4 Extremitätenelektroden können folgende Ableitungen durchgeführt werden: Die 3 sog. Einthoven-Ableitungen (I zwischen rechtem und linkem Arm; II zwischen rechtem Arm und linkem Bein; III zwischen linkem Arm und linkem Bein) sowie die 3 Goldberger-Ableitungen (aVR zwischen rechtem Arm und linkem Arm + linkem Bein; aVL zwischen linkem Arm und rechtem Arm + linkem Bein; aVF zwischen linkem Bein und linkem Arm + rechtem Arm); Anbringen der Elektroden für ein einfaches EKG-Monitoring bei einem 3-adrigen EKG-Kabel. Beachte, dass die Elektrodenanordnung auf dem Thorax möglichst analog zu den Extremitätenableitungen erfolgt. Wenn ein 4-adriges Kabel verwendet wird, wird die vierte, schwarze Elektrode dementsprechend unterhalb der rechten Mamille angeklebt; alternativ können jedoch die grüne und schwarze Elektrode auch tiefer abdominal (oberhalb des Beckens) angebracht werden, um die traditionellen Extremitätenableitungen modifiziert vornehmen zu können. **c** Wichtige Strukturen im EKG und ihr Bezug zum Erregungsablauf. P-Welle: entspricht der Depolarisation (Erregungsbildung normalerweise im Sinusknoten) und Kontraktion der Vorhöfe; PQ-Zeit: Überleitung der Erregung durch den AV-Knoten; QRS-Komplex: besteht aus einer nicht immer vorhandenen negativen Q-Zacke, einer positiven R-Zacke und einer negativen S-Zacke; er entspricht der Depolarisation und Kontraktion der Kammern (daher auch: Kammerkomplex); ST-Strecke: in dieser Zeit sind die Kammern vollständig erregt; T-Welle: entspricht der Repolarisation (Erregungsrückbildung) der Kammern

2.4 · Kreislaufmonitoring

Daneben ergeben sich manchmal Hinweise auf **Elektrolytstörungen**:




- **Hyperkaliämie** geht mit hohen und Hypokaliämie mit flachen T-Wellen einher.
- **Hyperkaliämie** äußert sich oft in einer ST-Strecken-Verkürzung.
- **Hypokaliämie** zeigt sich in einer ST-Strecken-Verlängerung.

Die Diagnose einer Elektrolytstörung aus dem EKG ist jedoch unzuverlässig. Ein Verdacht auf eine Elektrolytstörung muss in der Klinik durch Laboruntersuchungen überprüft werden.






	Sinusknoten
P	Vorhofkontraktion
QRS	Kammerkontraktion
T	ventrikuläre Repolarisation

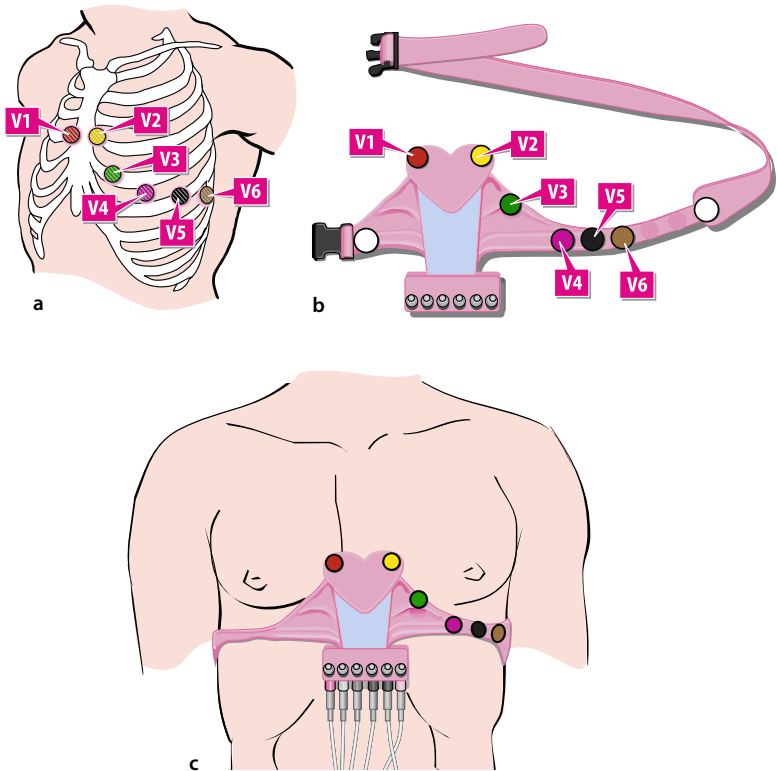
c

Möglichkeiten der EKG-Ableitung Zur kardiologischen Basisdiagnostik erfolgt eine EKG-Ableitung über 4 Extremitäten- und 6 Brustwandelektroden. Damit kann ein 12-Kanal-EKG durchgeführt werden, bestehend aus den bekannten 6 Extremitätenableitungen nach Einthoven und Goldberger (I, II, III, aVR, aVL, aVF) und den 6 Brustwandableitungen nach Wilson (V1–V6,  Abb. 2.2a). Allerdings ist diese Art der EKG-Ableitung relativ zeitaufwendig und damit für das präklinische Routinemonitoring (bei jedem Patienten) nicht geeignet; oft wird nur eine einzige Ableitung über 3 Elektroden vorgenommen ( Abb. 2.2b, c). Wichtige Ausnahme: Besteht der Verdacht auf ein **akutes Koronarsyndrom** ( Kap. 11.1), so muss entsprechend den aktuellen Leitlinien auch bereits präklinisch ein 12-Kanal-EKG abgeleitet werden.

Präklinische Routine-EKG-Ableitung Die Ableitung über 3 Elektroden sollte zunächst zwischen rechter Schulter und linker unterer Thoraxhälfte gewählt werden; dies entspricht ungefähr der **Ableitung II nach Einthoven**. Da in dieser Richtung bei den meisten Patienten die elektrische Herzachse verläuft, sind P-Wellen und R-Zacken hier oft gut zu erkennen. Zum Teil werden jedoch auch bereits in der Routine mehrere Ableitungen über 4- bis 6-polige Kabel vorgenommen. Bei Verwendung eines 4-adrigen Kabels können die Elektroden auf Thorax und Abdomen so aufgeklebt werden, dass darüber im Rahmen einer evtl. notwendigen 12-Kanalableitung auch modifizierte Extremitätenableitungen vorgenommen werden können (rechts und links jeweils lateral unterhalb der Klavikula und lateral oberhalb des Beckens).

EKG-Ableitung bei kardialen Notfällen Bei Verdacht auf ein akutes Koronarsyndrom soll bereits präklinisch ein 12-Kanal-EKG abgeleitet werden (nach den aktuellen ESC/DGK-Leitlinien: so früh wie möglich und spätestens 10 min nach dem »ersten medizinischen Kontakt«). Hierzu müssen die 6 Brustwand- und 4 Extremitäten-Elektroden korrekt angebracht werden ( Abb. 2.3). Um den präklinischen Bedingungen Rechnung zu tragen, können die Extremitätenableitungen in modifizierter Form über thorakal und abdominal aufgeklebte Elektroden angefertigt werden, und die Brustwandableitungen (V1–V6) mit Hilfe eines um den Thorax gelegten **Elektroden gürtels** ( Abb. 2.3c). Mit einem 12-Kanal-EKGs können Rhythmusstörungen zuverlässiger erkannt und interpretiert werden als bei einer Routine-EKG-Ableitung. Vor allem aber kann bei einem akuten Koronarsyndrom die für das weitere Vorgehen und ggf. die Auswahl der Zielklinik wichtige Frage nach dem Vorliegen von ST-Hebungen nur mit dem 12-Kanal-EKG zuverlässig beantwortet werden ( Kap. 11.1.2).

EKG-Ableitung unter Reanimationsbedingungen Ein notdürftiges EKG kann auch über die Elektroden eines Defibrillators abgeleitet werden. Da die schnellst-



■ **Abb. 2.3a-c** Brustwandableitungen. **a** Anordnung der Brustwandelektroden V1–V6 zur Ableitung der sog. unipolaren Brustwandableitungen nach Wilson. Die Elektroden sind zwischen dem 4. und 5. Zwischenrippenraum (Interkostalraum: ICR) folgendermaßen anzubringen: V1 im 4. ICR am rechten Sternalrand; V2 im 4. ICR am linken Sternalrand; V3 auf der 5. Rippe zwischen V2 und V4; V4 im 5. ICR auf der Medioklavikularlinie; V5 im 5. ICR auf der vorderen Axillarlinie; V6 im 5. ICR auf der mittleren Axillarlinie; **b** Elektrodengürtel mit integrierten Brustwandelektroden zur schnellen und vereinfachten Anfertigungen der Ableitungen V1–V6; **c** angelegter Elektrodengürtel

mögliche Defibrillation im Falle von Kammerflimmern von entscheidender Bedeutung ist, sollte diese zeitsparende Ableitungsmöglichkeit in Reanimationssituationen auch in Anspruch genommen werden: Eine Elektrode wird rechts parasternal und die andere in der linken Axillarlinie unterhalb der Mamille aufgelegt (bei Verwendung von Pads) oder aufgedrückt (bei Verwendung von Paddles)

(► Abb. 7.18b). Der **Defibrillator** wird auf »EKG-Ableitung über Defi-Elektroden« eingestellt. Wenn Kammerflimmern oder pulslose ventrikuläre Tachykardie (VF/pVT) diagnostiziert wird, kann sofort defibrilliert werden (► Kap. 7.3.6). Automatische Defibrillatoren unterscheiden anhand eines eingebauten Erkennungsalgorithmus und das über die aufgeklebten Elektroden eingehende Signal sehr zuverlässig zwischen Kammerflimmern und einem anderen Rhythmus und empfehlen im Falle von Kammerflimmern die Defibrillation.

2.4.3 Kapillare Reperfusion

Die Beurteilung der kapillaren Reperfusion erlaubt einen zwar groben, aber sehr schnellen qualitativen Überblick über die Zirkulation des Patienten.

Praktisches Vorgehen

Kapillarer Reperfusionstest

Der Fingernagel des Patienten wird kurz komprimiert, bis die normalerweise rosige Farbe des Nagelbetts darunter verschwindet. Wird das Nagelbett nach dem Loslassen:

- Sofort (< 2 s) wieder rosig, ist die periphere Mikrozirkulation (zumindest hier) intakt
- Verzögert rosig (2–4 s), so liegt eine periphere Mikrozirkulationsstörung vor (z. B. periphere Vasokonstriktion bei Schock oder Kälte, Volumenmangel bzw. Dehydratation)
- Überhaupt nicht rosig oder erst nach > 4 s, so deutet das auf eine schwere Mikrozirkulationsstörung hin (z. B. ausgeprägte Vasokonstriktion, schwerer Schock, erhebliches Flüssigkeitsdefizit)

2.5 Respiratorisches Monitoring

Das respiratorische Monitoring im NAW beinhaltet die Bestimmung der Atemfrequenz, die Pulsoximetrie und die Kapnographie.

2.5.1 Atemfrequenz

Viele ernsthafte Akuterkrankungen respiratorischer und auch nicht-respiratorischer Genese gehen mit Störungen der Atemfrequenz einher. Die Atemfrequenz-

veränderung ist dabei häufig ein relativ frühes Symptom – und sie ist einfach durch klinische Beobachtung zu ermitteln: Auszählen der Atemzüge (Thoraxexkursionen) pro 15 Sekunden mal 4 gleich Atemfrequenz pro Minute. Daneben kann die Atemfrequenz von einigen Monitoren auch durch Änderungen der Thoraximpedanz via EKG-Kabel angezeigt werden, und bei kapnographisch überwachten Patienten wird sie am Kapnometer angezeigt (► Abschn. 2.4). Die **Normwerte für die Atemfrequenz** sind altersabhängig:

- Erwachsene: 12–15/min
- Jugendliche: 15–20/min
- Kinder: 20–25/min
- Säuglinge: 25–40/min
- Neugeborene: 40–50/min

Eine sehr **niedrige Atemfrequenz** ($< 10/\text{min}$ beim Erwachsenen) kann hinweisen auf:

- Medikamentenüberdosierung (Opioide, Benzodiazepine, Barbiturate)
- zentrale Atemregulationsstörungen bei neurologisch-neurotraumatologischen Erkrankungen oder Hypothermie.

Eine **hohe Atemfrequenz** ($> 20\text{--}30/\text{min}$ beim Erwachsenen in Ruhe) kann viele Ursachen haben und ist oft ein Zeichen dafür, dass eine Vitalbedrohung vorliegt, z. B.:

- Erschöpfung der Atemmuskulatur,
- Asthma, Lungenödem und andere respiratorische Erkrankungen,
- Sepsis, Hypoxie, Azidose (kompensatorische Hyperventilation),
- Anstrengung, Aufregung, Fieber, neurologische Erkrankungen.

Im Rahmen der Frühevaluation eines Patienten mit **Sepsis** ist die Atemfrequenz eines der drei qSOFA-Kriterien (► Kap. 9.7): Ein Atemfrequenz $\geq 22/\text{min}$, zusammen mit Bewusstseinsstörung oder Hypotension, deutet an, dass der Patient besonders gefährdet ist. Das kontinuierliche Monitoring oder die wiederholte Auszählung der Atemfrequenz ist wichtiger Bestandteil der Therapieerfolgskontrolle vieler respiratorischer Erkrankungen und der Therapieüberwachung bei Analgesie mit Opioiden, bei Sedierung und Narkose.

- **Sehr niedrige (unter 8/min) und sehr hohe Atemfrequenzen (über 25/min) deuten oft auf eine respiratorische Insuffizienz hin.**

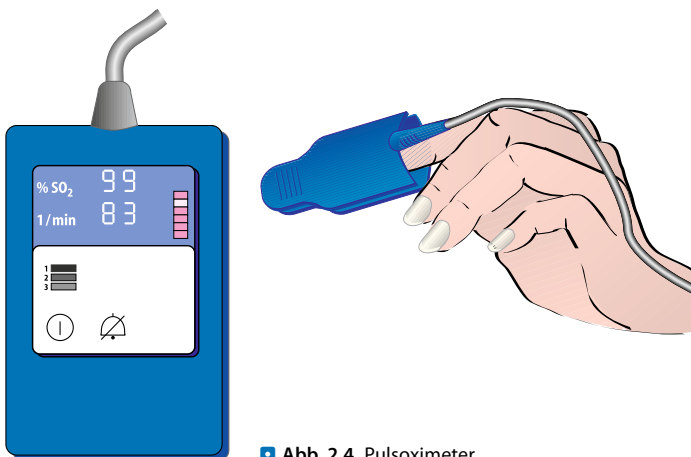
2.5.2 Pulsoximetrie

Messmethode und Geräte

Zur **Messung** macht sich die Pulsoximetrie das unterschiedliche Extinktionsverhalten oxygenierten und desoxygenierten Hämoglobins zunutze. Der Sensor des Pulsoximeters wird meist an einem Finger angebracht (■ Abb. 2.4). Voraussetzung für eine zuverlässige Messung ist eine ausreichende Durchblutung, die mindestens etwa 10% der Norm betragen muss. Bei ausgeprägter Zentralisation (Schock, Kälte) können daher keine zuverlässigen Werte ermittelt werden.

Die **Pulsoximeter** erlauben eine kontinuierliche noninvasive Messung der **partiellen Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes ($psaO_2$)** sowie als Nebeneffekt der **Pulsfrequenz**. Sie sind heute in verschiedenen Varianten erhältlich und im Rettungsdienst verbreitet:

- In den EKG- bzw. Multifunktionsmonitor des Defibrillators integrierte Pulsoximeter oder im RTW/NAW fest installierte Einzelgeräte, die über ein Kabel mit dem Sensor verbunden sind. Hier zeigt das Display neben den quantitativen Werten von Sättigung und Puls meist auch eine Pulskurve (virtuelle Plethysmographiekurve) an und gibt somit auch eine gewisse Auskunft über die Pulsqualität.
- Tragbare Pulsoximeter von der Größe einer Zigarettschachtel, die ebenfalls über ein Kabel mit dem Sensor verbunden sind (■ Abb. 2.4); diese können leicht auch zu abgelegenen Notfallorten mitgenommen werden und zeigen neben der quantitativen Höhe von Sättigung und Puls meist auch die Signalstärke an.



■ Abb. 2.4 Pulsoximeter

- Kabellose miniaturisierte Pulsoximeter von der Größe einer Streichholzschachtel, bei denen das Display direkt in die Sensoreinheit integriert ist; das Gerät wird direkt an den Finger geklippt. Auch hierbei gibt es Modelle, die neben Sättigung und Puls die Signalstärke anzeigen. Diese Geräte haben den Vorteil, dass der Notarzt sie wie einen Kugelschreiber um den Hals tragen kann und so immer verfügbar hat (andererseits gehen sie natürlich auch schnell verloren).

Interpretation der Messwerte

Die Pulsoximetrie macht eine Aussage über die arterielle Sauerstoffsättigung des funktionell intakten Hämoglobins (partielle Sauerstoffsättigung: $psaO_2$). Nichtfunktionelle, pathologische Hämoglobinfraktionen wie COHb oder MetHb bei Dyshämoglobinämien können durch die herkömmlichen Pulsoximeter nicht erfasst werden. Normalerweise sind diese Hämoglobinfraktionen nur in so kleinen Anteilen ($< 2\%$) vorhanden, dass sie praktisch vernachlässigt werden können. Die wirkliche Sauerstoffsättigung (saO_2) ist somit nur geringfügig niedriger als die $psaO_2$. In folgenden Situationen ist die wirkliche saO_2 jedoch erheblich niedriger als die $psaO_2$:

- Methämoglobinbildnervergiftungen: hohe MetHb-Konzentrationen,
- Kohlenmonoxidvergiftung und bei starken Rauchern: hohe COHb-Konzentrationen.

Pulsoximeter neuester Generation können durch messtechnische Verwendung von Licht mehrerer Wellenlängen jedoch auch solche Dyshämoglobinämien erkennen (sog. Rainbow-Technology).

Die **Sauerstoffsättigung** hängt mit dem **Sauerstoffpartialdruck** über die Sauerstoffbindungskurve (► Abb. 8.3) zusammen. Normalerweise korreliert die Sauerstoffsättigung mit dem Sauerstoffpartialdruck wie in ■ Tab. 2.1 angegeben.

■ **Tab. 2.1** Korrelation von Sauerstoffsättigung und Sauerstoffpartialdruck bei normaler Sauerstoffbindungskurve

Sauerstoffsättigung (%)	Sauerstoffpartialdruck (mmHg)
95	ca. 80
90	ca. 60
80	ca. 50
70	ca. 35

Bestimmte auch notfallmedizinisch bedeutsame Faktoren beeinflussen allerdings das Bindungsverhalten:

- Azidose, Hyperkapnie und Fieber führen zu einer **Rechtsverschiebung** der Sauerstoffbindungskurve, d. h. bei gleichem paO_2 nimmt die Sauerstoffsättigung ab (dadurch wird jedoch die Sauerstoffabgabe im Gewebe erleichtert),
- Alkalose, Hypokapnie und Hypothermie bewirken eine **Linksverschiebung** der Sauerstoffbindungskurve, d. h. bei gleichem paO_2 nimmt die Sauerstoffsättigung zu (dadurch wird allerdings die Sauerstoffabgabe im Gewebe erschwert).

Der **Normalwert** für die psaO_2 liegt bei ca. 96%. Bei Werten unter 90% spricht man i. d. R. von Hypoxie. Aus praktischer Sicht können grob folgende Faustregeln gelten:

- **$\text{psaO}_2 \geq 90\%$ (»grüner Bereich«).** Werte von 90% oder höher gelten in den meisten Fällen als sicher und werden daher im Rahmen einer Notfallversorgung praktisch immer therapeutisch angestrebt. Sie schließen allerdings eine Störung der Sauerstoffaufnahme nicht aus, wenn sie unter Sauerstoffzufuhr gemessen werden.
 - **$\text{psaO}_2 \geq 80\%$, aber $< 90\%$ (»gelber Bereich«).** Werte unter 90% sind kritisch und müssen zu raschen differenzialdiagnostischen und therapeutischen Überlegungen Anlass geben. Unter besonderen Bedingungen (z. B. bekannter COPD-Patient) können Werte in diesem Bereich toleriert werden. Allerdings führt eine $\text{psaO}_2 < 90\%$ bei anämischen Patienten (Blutung, Trauma) bereits zu einer gefährlichen Abnahme des arteriellen Sauerstoffgehalts und muss hier konsequent therapiert werden.
 - **$\text{psaO}_2 < 80\%$ (»roter Bereich«).** Hier drohen Organschädigungen durch Hypoxie; es muss dringend eine angemessene Therapie (Sauerstoffzufuhr, Beatmung) erfolgen.
- **Bei der Behandlung des Notfallpatienten wird meist eine Sauerstoffsättigung von 90% oder höher angestrebt. Das korreliert in etwa mit einem paO_2 von über 60 mmHg.**

Probleme und Grenzen der Pulsoximetrie

Änderungen des Sauerstoffpartialdruckes unter 100 mmHg gehen normalerweise auch mit einer Änderung der Sättigung einher und können somit pulsoximetrisch erfasst werden. Bei Sauerstoffpartialdrücken über 100 mmHg ist das Hämoglobin dagegen praktisch maximal gesättigt. Ein höherer Sauerstoffpartialdruck (**Hyperoxie**) kann daher pulsoximetrisch nicht nachgewiesen werden. Mit Hilfe der Pulsoximetrie können außerdem grundsätzlich keine Aussagen über den arteriellen Sauerstoffgehalt (der neben der Sättigung ganz entscheidend vom Hämoglobinge-

2.5 · Respiratorisches Monitoring

halt abhängt) und erst recht nicht über den Kohlendioxidpartialdruck getroffen werden. Störungen der Messgenauigkeit ergeben sich in folgenden Situationen:

- periphere Durchblutungsstörungen (Zentralisation),
- Dyshämoglobinämien, starke Hautpigmentierung, Nagellack (besonders blau, grün und schwarz),
- extreme Unruhe des Patienten und partielle Dislokation des Sensors,
- extrem niedrige Sättigungswerte (unter 70%) und extreme Anämie (Hb unter 5 g%); hier ist das Pulsoximeter meist nicht mehr geeicht.

Bewertung der Pulsoximetrie

Mittels Pulsoximetrie kann eine erheblich zuverlässigere Aussage über Vorliegen und Schwere einer Hypoxie gemacht werden als durch klinische Untersuchung allein (z. B. Zyanose, ► Kap. 8.1.1). Allerdings sind auch pulsoximetrisch erhobene Werte nur in Zusammenschau mit anderen Patientendaten vernünftig zu interpretieren. So kann beispielsweise eine »grenzwertige« Sättigung von 85% von einem Patienten mit normaler Hämoglobinkonzentration, normalem Blutvolumen und guter kardialer Funktion ohne Folgeschäden toleriert werden, aber bei einem anämischen und hypovolämischen Patienten mit schlechter Ventrikelfunktion und koronarer Herzerkrankung deletär sein. Trotz der Grenzen des Verfahrens trägt die Pulsoximetrie jedoch erheblich zur Patientensicherheit bei und gehört wie EKG und Blutdruckmessung zum Notfallmedizinischen Standardmonitoring.

Grundsätzlich ist folgendes zu beachten: Durch die Pulsoximetrie wird entgegen dem weit verbreiteten fehlerhaften Sprachgebrauch nicht eine wie auch immer definierte »periphere Sättigung« gemessen, sondern an einer peripheren Stelle des Körpers die **partielle arterielle Sauerstoffsättigung**, die unter ordnungsgemäßen Messbedingungen auch der partiellen arteriellen Sättigung an jeder anderen Stelle des arteriellen Schenkels des großen Kreislaufs entspricht. Eine Unterscheidung zwischen »peripherer« und »zentraler« arterieller Sättigung ist unsinnig (demgegenüber ist jedoch die Unterscheidung zwischen »peripherer« und »zentraler« Zyanose durchaus sinnvoll, ► Kap. 8.1.1).

2.5.3 Kapnometrie

Definition Unter **Kapnometrie** versteht man die Messung des **endexpiratorischen Kohlendioxidpartialdrucks** ($p\text{ETCO}_2$; Normalwert 33–43 mmHg) oder der endexpiratorischen Kohlendioxidkonzentration (Normwert 4,3–5,7%). Partialdruck und Konzentration lassen sich in Kenntnis des Atmosphärendrucks ineinander umrechnen. Unter normobaren Bedingungen gilt: 5% CO_2 entsprechen 38 mmHg (= 5% von 760 mmHg). Die kapnometrische Messung ergibt nur dann zuverlässige Werte, wenn sie aus einem nach außen hin abgedichteten Atemsystem

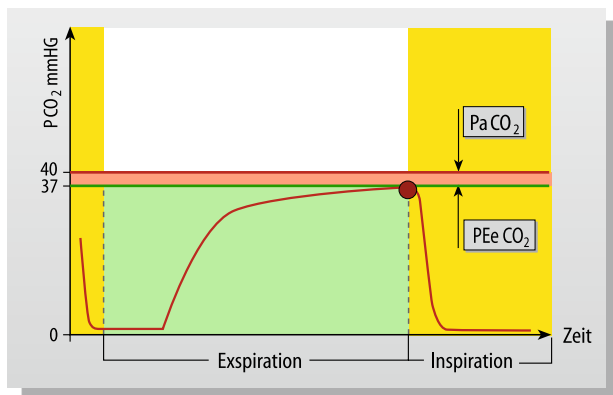
abgeleitet wird, also bei Patienten, die über einen Endotrachealtubus oder eine Tubusalternative (Larynxmaske, Larynxtubus) oder aber eine dicht sitzende Maske atmen oder beatmet werden. Die **Kapnographie** ist eine Sonderform der Kapnometrie und beinhaltet zusätzlich die graphische Darstellung des expiratorischen CO_2 -Verlaufs; sie erlaubt eine weitergehende Interpretation als die Messung des endexpiratorischen CO_2 -Wertes allein (■ Abb. 2.5a).

Messprinzip Die größte Verbreitung haben sog. **Infrarotabsorptionskapnometer**. Als Nebeneffekt wird die Atemfrequenz angezeigt. Zur Messung muss der Sensor zwischen Beatmungsgerät/-beutel und Tubus/Maske geschaltet werden. Solche Kapnometer sind in Anästhesie und Intensivmedizin seit vielen Jahren weit verbreitet und seit einigen Jahren aufgrund fortschreitender Miniaturisierung auch in der präklinischen Notfallmedizin. Kapnometer sind entweder in den Multifunktionsmonitor des Defibrillators integriert, oder in das Beatmungsgerät, oder aber als eigenständige Geräte verfügbar (■ Abb. 2.5b). Neben den Infrarotabsorptionskapnometern gibt es zudem noch stromunabhängige **kalorimetrische CO_2 -Detektoren** (■ Abb. 2.5c), die semiquantitativ die Anwesenheit von CO_2 durch eine Farbänderung in der Indikatorzone anzeigen.

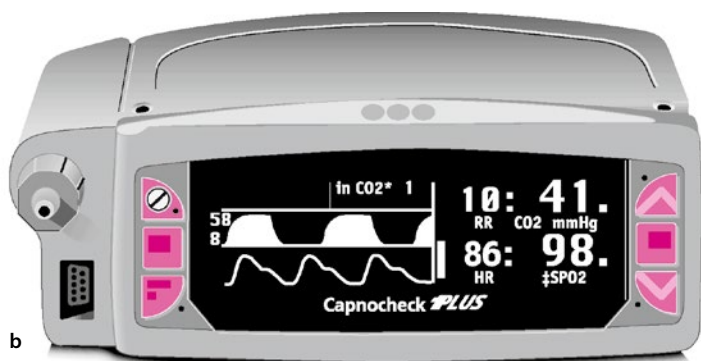
Bedeutung der pETCO_2 Der CO_2 -Partialdruck in der Inspirationsphase ist normalerweise praktisch Null (0,3 mmHg in der Umgebungsluft); er steigt in der Expiration nach Ausatmung des Totraumvolumens rasch an und nähert sich am Ende dem arteriellen Kohlendioxidpartialdruck (paCO_2) an (■ Abb. 2.5a). Der pETCO_2 liegt bei normaler Lungenfunktion nur etwa 2–4 mmHg niedriger als der paCO_2 . Veränderungen der endexpiratorischen Kohlendioxidkonzentration können respiratorische, zirkulatorische oder metabolische Ursachen haben:

- Änderungen der alveolären Ventilation: Hypoventilation führt zur Zunahme und Hyperventilation zur Abnahme des pETCO_2 .
- Änderungen des Kohlendioxidtransports: Die Zunahme des Herzzeitvolumens und der Lungendurchblutung führt zur Zunahme des pETCO_2 . Abnahme des Herzzeitvolumens und der Lungendurchblutung (z. B. Lungenembolie) führt zur Abnahme des pETCO_2 (bei gleichzeitiger Zunahme des paCO_2 !).
- Änderungen der metabolischen Kohlendioxidproduktion: Hyperthermie, Angst und Schmerz führen (bei gleichbleibender Ventilation) zur Zunahme des pETCO_2 ; Hypothermie, Sedativa und Analgetika zur Abnahme. Tote

■ **Abb. 2.5a-c** Kapnographie und Kapnometrie. **a** Kapnographie eines normalen Atemzyklus. Am Ende der Expiration liegt der pETCO_2 nur 3 mmHg unterhalb des paCO_2 . **b** Kapnograph für den Einsatz im Notarztwagen (incl. Pulsoximeter). **c** Kalorimetrischer CO_2 -Detector. In Anwesenheit von CO_2 ändert er seine Farbe von Gelb nach Violett ▶



a



b



c

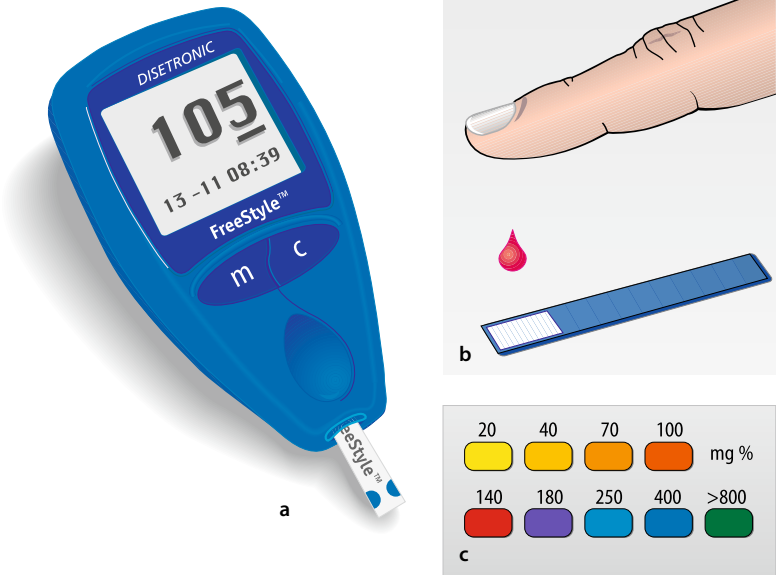
produzieren kein CO_2 mehr. Tritt der Kreislaufstillstand unter Beatmung ein, so nimmt der pETCO_2 kontinuierlich bis auf Null ab (Auswaschphänomen). Fällt der pETCO_2 jedoch schlagartig bis auf Null ab (plötzlich kein CO_2 mehr), so deutet dies auf Diskonnektion hin, nicht auf einen Kreislaufstillstand.

Interpretation Aufgrund der Vielfalt der Einflussfaktoren ist die Interpretation eines veränderten pETCO_2 besonders in der Notfallmedizin schwierig. Es gibt jedoch zwei Bereiche, in denen die pETCO_2 -Messung von besonderer Bedeutung ist:

- **Endotracheale Intubation:** Nur über die Lunge werden nennenswerte Mengen an CO_2 abgegeben, nicht jedoch über Magen oder Ösophagus. Der CO_2 -Nachweis in der Ausatemluft (über mindestens 6 Atemhübe) gilt daher als sicherster Beweis einer endotrachealen Tubuslage. Lediglich nach vorhergegangener Einnahme CO_2 -produzierender Medikamente (Antazida) oder Genuss großer Mengen CO_2 -haltiger Getränke (sog. »Cola-Complication«) kann für einige Atemzüge auch bei ösophagealer Intubation CO_2 nachgewiesen werden.
- **Kardiopulmonale Reanimation:** Bei einem Kreislaufstillstand wird kein CO_2 mehr über die Lungen abgegeben. Unter Herzdruckmassage (plus Beatmung) wird jedoch eine Minimalzirkulation aufgebaut, die wieder zu messbaren, aber erniedrigten pETCO_2 -Werten führt. Mit zunehmender metabolischer Aktivität und mit zunehmendem Herzzeitvolumen steigt der pETCO_2 wieder an. Die Höhe des pETCO_2 korreliert somit positiv mit der Höhe des durch die Herzdruckmassage und/oder die kardiozirkulatorische Eigenaktivität des Patienten aufgebauten Herzzeitvolumens, mit der Effektivität der Reanimationsmaßnahmen und mit dem Reanimationserfolg. Ein unter HDM gemessener $\text{pETCO}_2 > 20$ mmHg ist mit einer hohen Überlebenschance assoziiert, ein $\text{pETCO}_2 < 10$ mmHg mit einer extrem geringen. Die Kapnographie dient zudem als früher Indikator für den »return of spontaneous circulation« (ROSC). In den aktuellen Leitlinien zur Reanimation des ERC wird der Einsatz der Kapnometrie – möglichst als Kapnographie – während der Reanimation dringend gefordert.

2.6 Blutzuckeruntersuchung

Die Blutzuckeruntersuchung mit **Blutzuckerteststreifen** ist normalerweise die einzige präklinisch durchgeführte laborchemische Maßnahme. In den letzten Jahren hat sich hierfür folgende einfache, schnelle und genaue Methode durchgesetzt, für die allerdings ein spezielles **Analysegerät** erforderlich ist:



■ **Abb. 2.6a-c** Blutzuckermessung. **a** Elektronisches Blutzuckeranalysegerät mit digitalem Display; **b** Teststreifen; **c** Farbvergleichsskala

- Das Analysegerät wird durch Einführen eines Teststreifens vorbereitet.
- Auf das Ende des Teststreifens wird ein Tropfen Blut gegeben.
- Auf dem Display erscheint nach wenigen Sekunden der Blutzuckerwert (■ Abb. 2.6a).

Wenn kein Blutzuckermessgerät zur Verfügung steht, kann der Blutzucker auch mit einem Farbindikator-Teststreifen gemessen werden:

- Ein Tropfen Blut aus der Vene oder Fingerbeere des Patienten wird auf einen Teststreifen gegeben.
- Durch die Verfärbung des Teststreifens kann nach einer definierten Zeit (z. B. 1 min) der Blutglukosegehalt anhand einer Farbvergleichsskala (die auf der Teststreifenverpackung abgebildet ist) abgelesen werden (■ Abb. 2.6b, c).

Der Normalwert der Blutzuckerkonzentration beträgt 60–90 mg% (bzw. 3,9–5 mmol/l). Sowohl Hyper- als auch Hypoglykämien können zu Bewusstseinsveränderungen und -trübungen führen.

- Die Hypoglykämie gehört zu den häufigsten Ursachen einer akuten Bewusstlosigkeit. Daher gilt: Bei jeder unklaren Bewusstseinstörung und jeder unklaren Agitiertheit muss so rasch wie möglich eine Blutzuckerbestimmung erfolgen.

2.7 Neurologische Untersuchung am Notfallort

Der **Umfang** der neurologischen Untersuchung am Notfallort kann sich i. d. R. auf die orientierende Untersuchung von **Bewusstsein und Sprache, Motorik, Sensibilität und Pupillen** beschränken (■ Tab. 2.2). Bei jedem Notarzteeinsatz soll der

■ Tab. 2.2 Orientierende neurologische Untersuchung am Notfallort

Untersuchung von Bewusstsein und Sprache	Patient wach? Orientiert? Verwirrt? Patient erweckbar? Auf Ansprache? Durch Rütteln an der Schulter? Durch Schmerzreize? Augenöffnen? Sprache deutlich? Verwaschen? Unverständlich?
Untersuchung der Motorik	Mimik unauffällig? Seitendifferent? Spontanbewegungen? Alle Extremitäten? Nur eine Seite (Hemiparese)? Nur Arme (Paraplegie)? Gezielte Bewegungen auf Aufforderung: alle Extremitäten? Arme? Beine? Nur eine Seite (Hemiparese)? Nur Arme (Paraplegie)? Reaktion auf Schmerzreize bei bewusstlosen Patienten (gezielte Abwehr? Beugen? Strecken? Keine Reaktion?)
Untersuchung der Sensibilität	Störungen des Sehens? Plötzliche Blindheit auf einem Auge? Auf beiden Augen? Gesichtsfeldausfälle? Flimmern vor den Augen? Störungen der Körperwahrnehmung? Gefühl überall vorhanden? Normale Wahrnehmung einer Berührung der Arme oder Beine?
Untersuchung der Pupillen	Pupillengröße weit? Eng? Pupillensymmetrie beidseits gleich groß (isokor)? Ungleich große Pupillen (anisor)? Direkte Lichtreaktion Verkleinerung der Pupille auf Lichteinfall ins Auge prompt? Verzögert? Nicht vorhanden? Indirekte Lichtreaktion Verkleinerung der Pupille auf Lichteinfall ins andere Auge prompt? Verzögert? Nicht vorhanden?

Bewusstseinszustand nach der sog. **Glasgow-Coma-Scale** dokumentiert werden, in die die Fähigkeit zum Augenöffnen, zum Sprechen und zur motorischen Reaktion einfließen (► Kap. 8.33). Bei Verdacht auf einen Schlaganfall wird eine einfache und strukturierte Untersuchung der Motorik von Gesicht und Armen sowie der Sprache empfohlen, der »**Face-Arm-Speech-Test**« (FAST; ► Kap. 14.1.1). Differenziertere Untersuchungen der verschiedenen Eigen- und Fremdreﬂexe (Patellarsehenreflex, Babinski-Reflex) sowie der Koordinationsfähigkeit (Gangsicherheit, Finger-Nase-Versuch) sind zumeist unnötig und würden zu einem ungegerechtfertigten Zeitverlust vor dem Transport in die Klinik führen. Entschließt man sich jedoch, den Patienten nicht in die Klinik einzuweisen, so kann die Untersuchung und Dokumentation zusätzlicher neurologischer Funktionen wichtig sein.

2.8 Notfallmedizinische Erstuntersuchung – die ABCDE-Methode

Die Untersuchung des Notfallpatienten muss zügig und strukturiert erfolgen, damit keine wesentlichen Aspekte übersehen werden. Eine international gängige Empfehlung zum sinnvollen Ablauf einer notfallmedizinischen Erstuntersuchung ist die ABCDE-Methode (■ Abb. 2.7):

- **A** – Airway – Atemwege überprüfen
- **B** – Breathing – Atmung überprüfen
- **C** – Circulation – Kreislauf überprüfen
- **D** – Disability – Bewusstsein überprüfen, orientierende neurologische Untersuchung durchführen
- **E** – Exposure – Patient entkleiden und orientierend untersuchen (Verletzungen? Blutungen? Hautreaktionen? Nadeleinstiche?)

Diese Vorgehensweise der Vitalfunktionsdiagnostik stellt eine Weiterentwicklung und Modifikation des in den 1960er Jahren entwickelten »ABC-Schemas« der Reanimation dar (► Kap. 7.1.3) und lässt sich auf Notfälle aller Art (traumatologisch oder nichttraumatologisch) und in allen Altersgruppen anwenden und wird dementsprechend in vielen Leitlinien für praktisch alle Notfallsituationen empfohlen (► Kap. 18.9) Die Beachtung der ABCDE-Methode stellt sicher, dass die 3 wichtigsten Vitalfunktionen **Atmung**, **Kreislauf** und **Bewusstsein** systematisch und schnell untersucht und dann auch behandelt werden können. Ein modifiziertes und beschleunigtes Vorgehen ist allerdings in einer Reanimationssituation erforderlich: Bei **Patienten, die nicht reagieren und keine normale Atmung** aufweisen, muss unverzüglich mit **Reanimationsmaßnahmen** begonnen werden; wenn dann wieder ein ausreichender Spontankreislauf wiederhergestellt ist, soll weiter nach ABCDE-Methode vorgegangen werden (► Kap. 7).

A Airway (Atemwege)

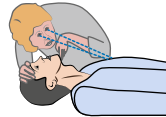
- Atemwege überprüfen
- Ggf. Atemwege freimachen
- Ggf. Kopf überstrecken



Atemwege verlegt?
Fremdkörper im Mund?

B Breathing (Atmung, Beatmung)

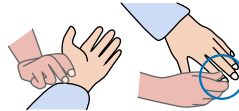
- Atmung überprüfen
- Ggf. O₂-Gabe
- Ggf. Beatmung



Normale, ausreichende Atmung?
Atemfrequenz?

C Circulation (Kreislauf)

- Kreislauf überprüfen
- Ggf. Schocklagerung
(Beine ca. 60° anheben)



Puls? Nagelbettfarbe?
Kapillare Reperfusion?

D Disability (neurologisches Defizit)

- Bewusstsein überprüfen
- Orientierende neurologische Untersuchung durchführen



Wach? Reaktion auf Ansprache?
Pupillen? Bewegt Arme und Beine?

E Exposure (weitere Untersuchung)

- Patient entkleiden und orientierend untersuchen



Verletzungen? Blutungen?
Hautreaktionen? Nadeleinstiche?

■ **Abb. 2.7** ABCDE-Methode zur strukturierten Untersuchung eines Notfallpatienten

2.9 Leichenschau

2.9.1 Situationen der Todesfeststellung

Jede Todesfeststellung ist eine **ärztliche Aufgabe**, jedoch keine genuine Aufgabe des Notarztes. In vielen Bundesländern ist es nicht klar geregelt, ob der Notarzt zur Leichenschau verpflichtet werden kann oder nicht. Praktisch kommt es aber immer wieder vor, dass der Notarzt in folgenden Situationen mit der Todesfeststellung konfrontiert wird:

- Der Patient ist bei Eintreffen des Notarztes offensichtlich tot. Der Notarzt ergreift keine therapeutischen Maßnahmen.
- Der Patient ist bei Eintreffen des Notarztes leblos und wird erfolgreich reanimiert.
- Der Patient stirbt während des Einsatzes.

Nachdem der Notarzt den Tod festgestellt hat, muss er auf dem Totenschein Todeszeitpunkt, Todesursache und Todesart vermerken. Dabei gelten in verschiedenen Bundesländern z. T. abweichende Regelungen (und es gibt auch unterschiedliche Formulare).

2.9.2 Feststellung des Todes

Präklinisch wird der Tod festgestellt, wenn ein irreversibles Aussetzen von Kreislauf, Atmung und Hirnfunktion vorliegt. Der isolierte **Hirntod** kann dagegen **nie präklinisch**, sondern nur in der Klinik unter intensivstationären Bedingungen festgestellt werden. Man unterscheidet unsichere und sichere Todeszeichen (■ Tab. 2.3). **Unsichere Todeszeichen** sind Zeichen des »klinischen Todes«. Sie reichen allein nicht aus, um sicher eine fehlerhafte Todesfeststellung auszuschließen. Auch heute noch wird immer wieder über »scheintote« Patienten und Wiederauftreten von Lebenszeichen im Bestattungsinstitut berichtet. Besondere Vorsicht mit der Todesfeststellung ist geboten bei unterkühlten, exsikkierten und intoxikierten Patienten.

Sind **sichere Todeszeichen** erkennbar, so ist die Todesfeststellung – wie der Name schon sagt – meist kein Problem. Nach erfolgloser Reanimation oder Versterben des Patienten während des Notarzteinsatzes steht der Notarzt jedoch vor dem Problem, dass er noch geraume Zeit bei dem Toten verbringen müsste, um auf das Auftreten sicherer Todeszeichen zu warten. Dies ist praktisch nicht möglich, da der Notarzt für weitere Einsätze verfügbar sein muss. Der Tod wird dann bei Vorliegen der **klinischen Todeszeichen und einer sicher nachgewiesenen Asystolie über 5–10 min** festgestellt. Alternativ kann der Notarzt auch einen

■ Tab. 2.3 Todeszeichen

Unsichere Todeszeichen	Keine sichtbare Atemtätigkeit (Atemstillstand) Pulslosigkeit (Kreislaufstillstand) Fehlen von Herztönen (Herzstillstand) Reflexlosigkeit »Totenblässe« der Haut
Sichere Todeszeichen	Totenflecken treten nach 30–60 min auf und sind bis zu 36 h wegdrückbar Totenstarre tritt nach 1–2 h meist am Kniegelenk auf, ist nach etwa 6–12 h voll ausgeprägt und löst sich nach 36–48 h Leichenfäulnis tritt je nach äußeren Umständen (Wärme, Feuchtigkeit) nach Stunden oder Tagen auf und bleibt manchmal auch aus (Mumifizierung) Nicht mit dem Leben zu vereinbarende Verletzungen (z. B. Dekapitation, Zerstückelung)

anderen Arzt, etwa den Hausarzt, bitten, den Tod festzustellen und den Totenschein auszufüllen.

2.9.3 Feststellung des Todeszeitpunkts

Bei EKG-Ableitung wird der Beginn der Asystolie als Todeszeitpunkt gewählt. Wird während einer Reanimation noch einmal eine Herzaktion erzielt, so wird ebenfalls der Beginn der definitiven Asystolie als Todeszeitpunkt gewählt. Wird keine Herzaktion mehr erzielt, so liegt der Todeszeitpunkt vor dem Beginn der Reanimation. Bei nicht beobachtetem Todeseintritt ist die Todeszeitfestlegung schwierig. Hinweise geben die Körpertemperatur (je nach Umgebungstemperatur Abfall der Rektaltemperatur um etwa 1°C/h), die Konstellation der sicheren Todeszeichen und die Befragung von Angehörigen oder Augenzeugen. Im Zweifel muss ein Rechtsmediziner zu Rate gezogen werden.

Aus der Notfallpraxis

Der Notarzt wird zu einem 43-jährigen Patienten gerufen, der nach einem Wannenbad noch im Badezimmer zusammengebrochen sei. Der adipöse Patient liegt regungslos mit grau-zyanotischer Hautfarbe neben der Wanne. Der Notarzt diagnostiziert Atemstillstand, Kreislaufstillstand und im EKG eine Nulllinie. Wiederbelebungsversuche bleiben erfolglos. Der Notarzt ist sich über die Todesursache nicht im

Klaren. Die Angehörigen sagen, der Patient sei nie richtig krank gewesen und habe keine Medikamente genommen; er habe jedoch vor 1 Woche wegen »des Herzens« den Arzt aufgesucht, es sei aber nichts Ernstes gewesen. Der Notarzt erwägt eine Benachrichtigung der Polizei, entschließt sich jedoch, zunächst den Hausarzt anzurufen. Der Anruf erbringt folgende Informationen: Der Patient war von Beruf Vertreter, starker Raucher, Hypertoniker und wies in der letzten Blutuntersuchung eine deutliche Hypercholesterinämie auf. Der Patient hatte mit Brustschmerzen den Arzt aufgesucht, jedoch eine von diesem vorgeschlagene eingehende Untersuchung in der Klinik »aus beruflichen Gründen« abgelehnt, da die Schmerzen auch schon wieder weg seien. Der Notarzt vermutet daher im Einklang mit dem Hausarzt einen akuten, schweren Myokardinfarkt als Todesursache. Er vermerkt einen »natürlichen Tod«. Von einer Polizeibenachrichtigung wird abgesehen.

2.9.4 Feststellung der Todesursache

Der Notarzt kennt den Patienten und seine genaue Vorgeschichte meist nicht. Er muss sich auf Angaben der Angehörigen, Schilderungen der Symptome vor Todeintritt, die Umstände des Todes und indirekte Schlussfolgerungen aus eingenommenen Medikamenten verlassen. Er sollte, wenn irgend möglich, versuchen, mit dem Hausarzt des Verstorbenen zu sprechen (► Aus der Notfallpraxis). Dennoch bleibt die genaue Todesursache bei nichttraumatologischen Notfällen und oft auch bei Traumata ohne Obduktion letztlich spekulativ. Vor der Feststellung der Todesursache muss der Patient in entkleidetem Zustand von oben bis unten und von vorn und hinten inspiziert werden. Nur so lässt sich sicher verhindern, dass ein Herzinfarkt als Todesursache diagnostiziert wird, während im Rücken ein Messer steckt.

2.9.5 Feststellung der Todesart

Der Arzt hat auf den meisten Formularen die Wahl zwischen folgenden Möglichkeiten:

- **Nichtnatürlicher Tod:** Dieser liegt immer dann vor, wenn er auf eine äußere (Gewalt-)Einwirkung zurückzuführen ist (Unfall, Vergiftung, Suizid, Mord u. ä.) Der Zeitraum zwischen Gewalteinwirkung und Tod spielt keine Rolle (er kann Sekunden bis Jahre betragen).
- **Natürlicher Tod:** Ein natürlicher Tod liegt vor, wenn er auf eine natürliche Erkrankung zurückzuführen ist, oder, negativ definiert, wenn kein nichtnatürlicher Tod vorliegt.

- 2
- **Nichtaufgeklärter Tod:** Häufig kann der Notarzt auf der Basis der ihm vorliegenden Informationen nicht sicher entscheiden, ob ein nichtnatürlicher oder natürlicher Tod vorliegt. Dann wird auf dem Totenschein diese 3. Kategorie angekreuzt.
 - **Bei jedem »nicht natürlichen Tod« oder »nicht aufgeklärten Tod« und bei jeder unidentifizierten Leiche muss die Polizei oder die Staatsanwaltschaft informiert werden. Der Staatsanwalt entscheidet dann, ob eine rechtsmedizinische Untersuchung und Obduktion erfolgt.**



<http://www.springer.com/978-3-662-52774-0>

Notfallmedizin

Ziegenfuß, Th.

2017, XX, 572 S., Softcover

ISBN: 978-3-662-52774-0