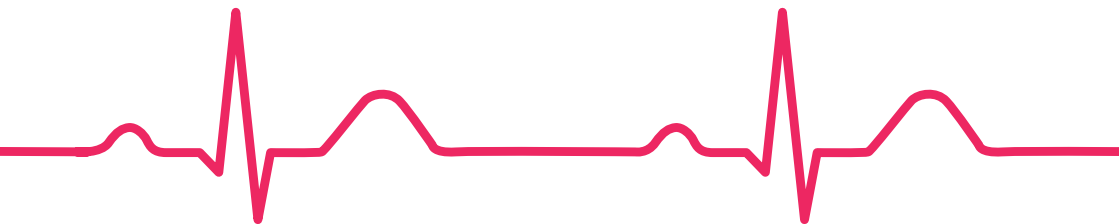


A series of 15 vertical grey bars of varying heights at the top of the page.

imPULSE der Anästhesiologie – Experten schulen Experten



Ein Service von AKRINOR®



Autor

Jan

Kahlenbach

Herr Kahlenbach ist Facharzt für Anästhesiologie am varisano Klinikum Frankfurt Höchst. Er verfügt über die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin und engagiert sich zudem am klinikeigenen Simulationszentrum varisano SimCenter.

Seinen persönlichen Schwerpunkt legt er auf Einarbeitung und Teaching neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und unterstützt alle interessierten Kolleginnen und Kollegen mit Weiterbildungsimpulsen bezogen auf Methoden, Teamkommunikation und Patientensicherheit. Im Rahmen dieser Informationsreihe gibt Herr Kahlenbach mit einem kleinen anästhesiologischen Potpourrie imPULSE für die eigene Weiterbildung, zu Teaching-Themen oder zum Nachschlagen von in Vergessenheit geratenen Zusammenhängen.



Vorwort/Einleitung

Liebe Kolleginnen, liebe Kollegen,

„steter Tropfen höhlt den Stein“. Dieses mehr als 2000 Jahre alte Sprichwort hat bis heute nicht an Relevanz verloren, sind doch Wissen und Können das Ergebnis stetiger Weiterbildung. Nun kann und will unser Kitteltaschenberater weder ein Taschenlehrbuch noch Formelsammlung ersetzen. Vielmehr haben wir Ihnen Themen aus den verschiedenen Bereichen der Anästhesiologie zusammengestellt, die Sie zum Wiederholen, Teaching oder auch zum Nachschlagen verwenden können. Diese Impulse zur Weiterbildung geben unserem Kitteltaschenberater seinen Namen. Auch ein kleiner Ausflug in die Hämodynamik findet sich im „Puls“ der Anästhesiologie wieder.

Jan Kahlenbach

Themengebiete

 Basics	Gewichte	7-8
	Der Druck und dessen Einheiten	9
 Blut/Gerinnung	Arterieller O ₂ -Gehalt (O ₂ -content, c _a O ₂)	10
	Medikamentendosierung PPSB	11
	Blutvolumen Erwachsene	12-13
 Hämodynamik	Venöse Sauerstoffsättigungen s _{(c)v} O ₂	14-15
	Schätzung der Linksventrikulären EF	16-17
	Therapeutischer Algorithmus	18-20
	Determinanten des Sauerstoffangebots	22-23
	Blutdruckmesstechniken	24-31



Themengebiete

 Kinder	Kinderanästhesie I	32
	Kinderanästhesie II	33
 Lunge/Atmung	Alveolargasgleichung	34
	Oxygenierungsindex (OI) nach HOROVITZ	35
	Lungenvolumina	36
	Doppellumentubus (DLT)	37
	Pleuraerguss im Ultraschall	38-39
 Medikamente	Medikamentendosierung Puffer	40
	Jeder Tropfen zählt	41
	Spritzenetikette	42-43
 Notfall	Hyperkaliämie	44-45
	HEART-Score	46-47

Themengebiete

Praxisimpulse	Herzfrequenz im EKG bestimmen	48
	Medikamentendosierung Ein-Drittel-Regel	49
	Einführtiefe Zentraler Venenkatheter	50
Schmerztherapie	Opioid-Umrechnungstabelle	52-53
Stoffwechsel	Blutglucosekonzentration (BZ)	54
	Anionenlücke bei metabolischer Azidose	55



Gewichte

ausgewählte häufig zitierte Schätzformeln

Lean Body Weight¹ (LBW, fettfreie Körpermasse)

$$LBW_{\text{male}} [\text{kg}] = \frac{9270 \cdot TBW [\text{kg}]}{6680 + 216 \cdot BMI}$$

$$LBW_{\text{female}} [\text{kg}] = \frac{9270 \cdot TBW [\text{kg}]}{8780 + 244 \cdot BMI}$$

TBW total body weight
BMI Body Mass Index
KH Körperhöhe

Ideal Body Weight² (IBW, Ideales Körpergewicht)

$$IBW [\text{kg}] = 22 \cdot (KH [\text{m}])^2$$

¹Janmahasatian S et al. Quantification of Lean Bodyweight. Clinical Pharmacokinetics. 2005. 44(10), 1051–1065.

²Lemmens HJ, Brodsky JB, Bernstein DP: Estimating ideal body weight--a new formula. Obes Surg. 2005 Aug;15(7):1082-3.

Adjusted Body Weight³ (ABW, Angepasstes Körpergewicht)

$$ABW = IBW [kg] + 0,4 \cdot (TBW [kg] - IBW [kg])$$

³Pari-operative management of the obese surgical patient 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia. Anaesthesia. 2015 Jul;70(7):859-76.



Der Druck und dessen Einheiten

1 mmHg $\approx$ 0,133 kPa $\approx$ 1,36 cmH₂O
1 kPa $\approx$ 7,5 mmHg
1 cmH₂O $\approx$ 1 mbar $\approx$ 0,736 mmHg
1 mbar = 1 hPa = 100 Pa

1 mmHg $\approx$ 1,36 cmH₂O
1 cmH₂O $\approx$ 0,736 mmHg

Luftdruck Meereshöhe 760 mmHg = 1013,25 hPa = 1,01325 bar = 101,325 kPa

Ausgewählte Werte

27 mmHg – 3,6 kPa

35-45 mmHg – 4,7-6,0 kPa

47 mmHg – 6,3 kPa

60 mmHg – 8,0 kPa

100 mmHg – 13,3 kPa

p_{50[%]} der O₂-Bindungskurve (Halbsättigungsdruck)

Normokapnie

Wasserdampfsättigungsdruck bei 37°C

p_{90[%]} der O₂-Bindungskurve

Normoxie

Arterieller O₂-Gehalt (O₂-content, c_aO₂)

$$c_a O_2 \text{ [ml/dl Blut]} = \underbrace{Hb \cdot 1,39 \cdot S_a O_2}_{O_2 \text{ chemisch gebunden}} + \underbrace{p_a O_2 \cdot 0,003}_{O_2 \text{ physikalisch gelöst}}$$

Hb [g/dl]	Hämoglobinkonzentration
1,39 ml(O ₂)/g(Hb)	Hüfner-Zahl (in einigen Publikationen auch 1,34)
S _a O ₂	Arterielle Sauerstoffsättigung
p _a O ₂ [mmHg]	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
0,003 ml/dl/mmHg	Löslichkeitskoeffizient für O ₂

Bei einem gesunden Patienten mit einem Hb von 15 g/dl und einer S_aO₂ von 97 % ergibt sich ein arterieller **Sauerstoffgehalt von etwa 20 ml/dl Blut (= Vol.%)**.

$$c_a O_2 \text{ [ml/dl Blut]} = 15 \cdot 1,39 \cdot 0,97 + 97 \cdot 0,003$$
$$c_a O_2 = 20,52 \text{ ml/dl Blut} = 20,52 \text{ Vol. \%}$$

nach Striebel H, Hrsg. Die Anästhesie. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2019.

10

Medikamentdosierung PPSB (Prothrombinkonzentrat)

$$\text{Dosis PPSB [I.E.]} \approx \Delta \text{ Quickwert} \cdot \text{kg KG}$$

1 I.E. PPSB/kg KG erhöht den Quickwert / die Thromboplastinzeit um ca. 1 %¹

Details²:

Vitamin K – abhängige Gerinnungsfaktoren „1972“
Faktor II (Prothrombin)
Faktor VII (Proconvertin)
Faktor X (Stuart-Prower-Faktor)
Faktor IX (antihämophiles Globulin B)
Protein C
Protein S

Der Mittelwert der in-vivo Recovery (IVR) [unter Therapie mit Vitamin K-Antagonisten] wurde in 43 Probanden, die Beriplex® zur Behandlung von Blutungen oder zur perioperativen Prophylaxe von Blutungen im Zuge einer Vitamin-K-Antagonist Behandlung erhalten haben, berechnet. Die intravenöse Gabe von 1 I.E./kg Beriplex® erhöhte die Plasmaspiegel der Vitamin-K abhängigen Gerinnungsfaktoren von 0,013 bis 0,023 I.E./ml.

¹BÄK, Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten, Gesamtnovelle 2020, p155.

²Fachinformation Beriplex® P/N 250/500/1000, CSL Behring, Stand: April 2022.

11

Blutvolumen Erwachsene

ausgewählte und häufig zitierte Schätzformeln

nach NADLER et al¹

$$BV_{\text{male}} \text{ [ml]} = (0,3669 \cdot (KH \text{ [m]})^3 + 0,03219 \cdot KG \text{ [kg]} + 0,6041) \cdot 1000$$
$$BV_{\text{female}} \text{ [ml]} = (0,3561 \cdot (KH \text{ [m]})^3 + 0,03308 \cdot KG \text{ [kg]} + 0,1833) \cdot 1000$$

nach SAMET et al²

$$BV_{\text{male}} \text{ [ml]} = KOF \text{ [m}^2\text{]} \cdot 2566 \text{ ml/m}^2$$
$$BV_{\text{female}} \text{ [ml]} = KOF \text{ [m}^2\text{]} \cdot 2245 \text{ ml/m}^2$$
$$KOF \text{ [m}^2\text{]} = \sqrt{\frac{KH \text{ [cm]} \cdot KG \text{ [kg]}}{3600}}$$

¹Nadler SB et al. The Tulane table of blood volume in normal men. Surgery (St. Louis) 1962; 51:224-232.
²Samet P et al. The blood volume in heart disease. Medicine (Baltimore). 1957 May;36(2):211-352.

Blutvolumen Erwachsene

ausgewählte und häufig zitierte Schätzformeln

Faustformel

$$BV \text{ [ml]} \approx KG \text{ [kg]} \cdot 70 \text{ ml/kg}$$

- BV

KG

KH

KOF
- Blutvolumen

Körpergewicht

Körperhöhe

Körperoberfläche³

³Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. In: N. Engl. J. Med. 317. Jahrgang, Nr. 17, Oktober 1987, S. 1098.

Venöse Sauerstoffsättigungen $s_{(c)v}O_2$

$$s_vO_2 = s_aO_2 - \frac{10 \cdot VO_2}{HZV \cdot 1,39 \cdot Hb}$$

Hb [g/dl]	Hämoglobinkonzentration
1,39 ml (O ₂)/g(Hb)	Hüfner-Zahl
s_aO_2	Arterielle Sauerstoffsättigung
s_vO_2	Gemischtvenöse Sauerstoffsättigung
HZV [l/min]	Herzeitvolumen
VO ₂ [ml/min]	Sauerstoffverbrauch

Die **gemischtvenöse Sättigung s_vO_2** ist mittels Pulmonalarterienkatheter zu bestimmen. Die **zentralvenöse Sättigung $s_{cv}O_2$** (Blutentnahme aus ZVK) verhält sich in vielen Fällen gleichsinnig zur s_vO_2 (Ausnahmen möglich*) und scheint zumindest ein wertvoller Verlaufsparemeter zu sein. Dies gilt umso mehr, wenn s_vO_2 und Hb zuverlässig bestimmt werden können und konstant bleiben, weil dann Änderungen der s_vO_2 auf Änderungen des HZV (bzw. der VO₂) hindeuten.

Takeshi O. Novel noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation [...] Am J Physiol Heart Circ Physiol 319: H1078–H1086, 2020.

Düick M/Trieschmann U. Venöse Sauerstoffsättigung. Intensivmedizin up2date 5, 2009.

Habicher M Zajonz T. S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten. AWMF Register 001/016. 2017.

14

Venöse Sauerstoffsättigungen $s_{(c)v}O_2$

Mögliche therapierbare Gründe für eine z.B. **fallende s_vO_2** gehen aus der Gleichung (s.o.) hervor:

Sauerstoffangebot erniedrigt

$s_aO_2 \downarrow$	(Ursache des Oxygenierungsproblems?)
Hb $\downarrow$	(EK-Gabe?)
HZV $\downarrow$	(Inotropika?)

Sauerstoffbedarf

VO ₂ $\uparrow$	(Fieber? Maligne Hyperthermie? Stress?)
----------------------------	---

*Cave: Eine normale und erst recht eine erhöhte s_vO_2 darf nicht automatisch als physiologisch eingestuft werden (z.B. bei Sepsis mit hyperdynamer Kreislauftsituation)

Schätzung der Linksventrikulären EF

Mitral valve E-Point Septal Separation¹ (EPSS) als Eyeballing tool in POCUS

Darstellung des Herzens in **parasternal langer Achse** (PLAX). Fokus auf Ventrikelseptum (IVS) und anteriorem Mitralsegel (AMV). **M-Mode** durch distale Spitze des AMV. Dort entsteht zweigipfelige Welle (hoher **E-Gipfel**: maximale Öffnung des AMV in früher LV-Diastole, niedriger A-Gipfel: Atriale Kontraktion in später LV-Diastole). Der E-Point ist der minimale Abstand zwischen AMV und IVS und sollte normalerweise nur wenige mm betragen. Schwächen des Verfahrens: z.B. bei Mitralkstenose, Aorteninsuffizienz, Vorhofflimmern. Scheint gut zur Unterstützung des Eyeballings geeignet.

EPSS [mm] > 7 mm

Dieser Wert scheint ziemlich sensitiv in der Vorhersage einer schweren **systolischen Funktionsstörung** zu sein¹.

¹McKaigney CJ et al. E-point septal separation: a bedside tool for emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction. Am J Emerg Med. 2014 Jun;32(6):493-7.

16

Schätzung der Linksventrikulären EF

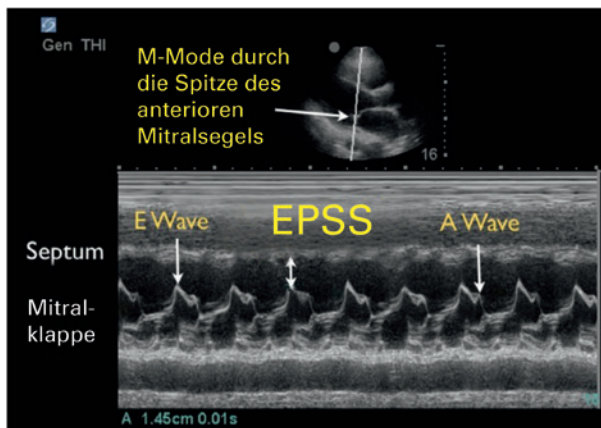
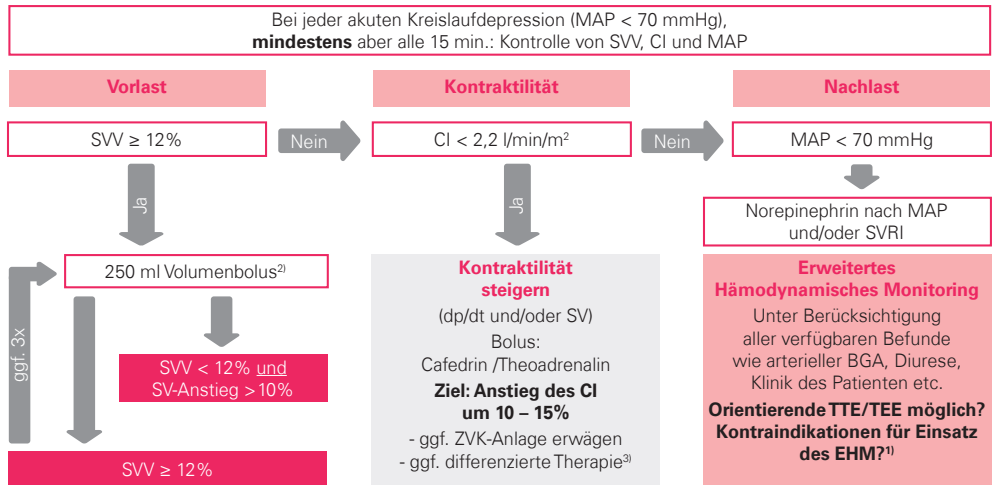


Abb. modifiziert nach: *Murray, Alexandra et al. Am J Emerg Med. 2014 Jun;32(6):493-7. The Use of Point-of-Care Ultrasound to Accurately Measure Cardiac Output in Flight. Air Medical Journal, Volume 39, Issue 3, 218 - 220.

17

Therapeutischer Algorithmus



¹⁾Voraussetzung: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhythmien, Vitien, Thorax ist geschlossen; vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung; kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8 ml/kg KG). Diese Angabe ersetzt nicht die Lektüre der jeweiligen Produktinformation. ²⁾Zu beachten: Risikobewertungsverfahren für Hydroxyethylstärke (HES) des BfArM und Querschnittsleitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten ³⁾ siehe auch ^{12, 31}.

18

Therapeutischer Algorithmus

Therapeutischer Algorithmus

Ein therapeutischer Algorithmus kann als erste orientierende Hilfe dienen, um die wichtigsten hämodynamischen Parameter im jeweiligen Zielbereich zu halten.¹ Die Interpretation klinischer Zeichen sollte einem Algorithmus immer vorangehen und zusätzlich erhobene Befunde stets in die Behandlungsentscheidung einfließen.²

Start: MAP < 70 mmHg

Ein MAP-Einstiegswert von 70 mmHg bietet einen Sicherheitspuffer, der auch bei rasch sinkendem Blutdruck ermöglicht, noch vor Erreichen einer kritischen Untergrenze (65 mmHg) einen geeigneten Therapieansatz einzuleiten.

Volumengabe

Bevor vasoaktive Substanzen oder Katecholamine verabreicht werden, sollte eine Hypovolämie ausgeschlossen werden. Bei SVV-Werten ≥ 12 % ist ein definierter Volumenbolus zu erwägen.¹

BGA = Blutgasanalyse
CI = Cardiac Index
EHM = erweitertes hämodynamisches Monitoring
MAP = mittlerer arterieller Blutdruck
SV = Schlagvolumen
SVRI = systemischer vaskulärer Widerstandsindex
SVV = Schlagvolumenvarianz
TTE/TEE = transthorakale/transösophageale Echokardiographie
ZVK = zentraler Venenkatheter, mod. nach^{12, 31}

¹⁾Vojnar, B.: Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

²⁾Habicher M, et al: 2018;67:375 – 379.

³⁾Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129 – 2200.

19

Positiv inotrope Substanzen

Der CI sollte einen Wert von $< 2,2 \text{ l/min/m}^2$ nicht unterschreiten. Zur Kontrolle einer Therapie mit positiv inotrop wirkenden Medikamenten kann das SV oder der Parameter dP/dt max im Trendverlauf beurteilt werden. Ein Anstieg des SV und/oder von dP/dt max um 10 – 15 % sollte das erste Therapieziel darstellen.¹

Vasopressoren/Katecholamine

Wenn kein ZVK etabliert ist, lässt sich der SVRI nicht exakt ermitteln. Im Trendverlauf kann er jedoch zur Therapieentscheidung mit herangezogen werden. Mit Hilfe des SVRI lässt sich die Therapie mit vasoaktiven Katecholaminen steuern. Angesichts des ungünstigen Nebenwirkungsprofils „so wenig wie möglich und nur so lang wie nötig“.¹

Der Therapiealgorithmus zur zielgerichteten Kreislauftherapie im OP wurde von Dr. Benjamin Vojnar, Oberarzt der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie am Universitätsklinikum Marburg, erstellt und beruht auf aktuellen Leitlinienempfehlungen.

¹ Vojnar, B.: Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
² Habicher M, et al: 2018;67:375 –379.
³ Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129 –2200.



Erweitertes hämodynamisches Monitoring (EHM) mittels Pulskonturanalyse

- **kalibriert:** Transkardiopulmonaler Thermodilution (z.B. PiCCO), Pulmonalarterieller Thermodilution (Pulmonalarterienkatheter [PAK]), Lithiumdilution (z.B. LiDCO)
- **unkalibriert** (z.B. FlowTrac, MostCareUp)

Voraussetzungen für EHM

- Sinusrhythmus
- kontrollierte Beatmung mit AZV > 8mL/kg KG
- keine höhergradigen Rhythmusstörungen, Vtiten
- Thorax geschlossen
- Muskelrelaxierung oder tiefe Sedierung

$$DO_2 \text{ [ml/min]} = \text{HZV} \cdot c_a O_2$$

$$DO_2 \text{ [ml/min]} = SV \cdot Hf \cdot (1,39 \cdot Hb \cdot S_a O_2 + p_a O_2 \cdot 0,003)$$

Volumen, Vasopressoren,
Inodilatoren, Vasodilatoren

Transfusion

Beatmung

Schlagvolumen

Vorlast

Kontraktilität

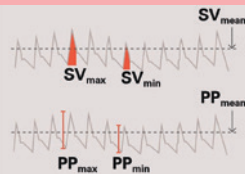
Nachlast

SVV = Schlagvolumenvariation

$$SSV [\%] = \frac{SV_{\max} - SV_{\min}}{SV_{\text{mean}}} \cdot 100$$

PPV = Pulsdruckvariation

$$PPV [\%] = \frac{PP_{\max} - PP_{\min}}{PP_{\text{mean}}} \cdot 100$$



Normbereich ≤ 10-12 %

PCWP = Pulmonalkapillärer Wedge Druck (nur mit PAK), Surrogatparameter für LVEDP

Normbereich: 6-12 mmHg

GEDI = Globaler Enddiastolischer Volumenindex

Normbereich: 680-800 mL/m²

SV = Schlagvolumen

Normbereich: 60 – 100 ml

Berechnet als Fläche unter der arteriellen Pulsdruckkurve bis zur dikroten Welle (nach Wesseling).

HZV = Herzzeitvolumen

HI = **Herzindex** (= HZV/Körperoberfläche),

Normbereich: 2,5-4 l/min/m²

dP/dt max = maximaler Druckanstiegsgeschwindigkeit der arteriellen Pulsdruckkurve. **Normbereich: 0,9-1,3 mmHg/msek**



HZV mittels indirekter Kalorimetrie (Fick'sches Prinzip) $\dot{V}O_2$

$$HZV \text{ [ml/min]} = \frac{c_a O_2 - c_v O_2}{c_a O_2 - c_v O_2}$$

MAD = Mittlerer arterieller Druck (Nicht-invasiver arterieller Blutdruck, >65 mmHg)

SVRI = systemischer vaskulärer Widerstandsindex

Normbereich:

1400 – 2500 dyn*s/cm⁵/m²

$$SVRI \text{ [dyn x s x cm}^5 \text{ x m}^2 \text{]} = \frac{MAD - ZVD}{HI} \cdot 80$$

$$Ea_{\text{dyn}} = \text{Dynamische arterielle Elastanz (=PPV/SVV)}.$$

Normbereich: 1,1-1,4 mmHg/ml

Hb = Hämoglobin

s_aO₂ = arterielle Sauerstoffsättigung

p_aO₂ = Sauerstoffpartialdruck (arteriell)

c_aO₂ = arterieller Sauerstoffgehalt

DO₂ = Sauerstoffangebot

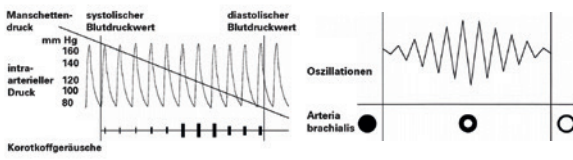
HZV = Herzzeitvolumen

Hf = Herzfrequenz

HZV = Herzzeitvolumen

1,39 = Hüfner-Zahl

Intermittierend nichtinvasiv

Messprinzip	S. Riva-Rocci 1896 Oberarmmanschette (damals 5 cm Fahrradschlauch, seit 1901 durch von Recklinghausen 12 cm breite Manschette) wird aufgepumpt und der Puls der A. radialis getastet bis dieser verschwindet. Wiederauftreten des Pulses beim Ablassen des Drucks ergibt den systolischen Wert der Pulsdruckkurve.	N. Korotkoff 1905 Auskultation distal des Riva-Rocci-Cuffs über der A. brachialis in der Ellenbeuge. Aufpumpen der Manschette bis Puls der A. radialis verschwindet. Auskultation der Strömungsgeräusche beim Ablassen des Drucks. Geräusche Beginnen mit Unterschreiten des systolischen Wertes der Druckkurve und enden mit unterschreiten des diastolischen Wertes. 	Oszillometrisch Posey 1969 Registrierung der durch die Pulsdruckschwankungen ausgelösten Oszillationen in der Manschette. Der Manschettendruck bei registrierter maximaler Oszillationsamplitude korreliert sehr gut mit dem MAD.
Messwerte	SYS	SYS / DIA Abschätzung des MAD $MAD \approx DIA + \frac{1}{3} \cdot (SYS - DIA)$	MAD (Berechnung von SYS / DIA nach populationsbasierten Algorithmen)
Fehlerquellen/Limitationen	Manschettenbreite 37 bis 50 % des Oberarmumfangs Manschette zu schmal → Blutdruckwerte werden falsch hoch gemessen Manschette zu breit → Blutdruckwerte werden falsch niedrig gemessen		
	Laute Umgebung erschwert Erfassung der Korotkoff-Geräusche		Erschütterungen, Muskelkontraktionen, Zittern Extremwerte werden tendenziell normalisiert (sehr hohe Werte werden falsch niedrig und sehr niedrige Werte falsch hoch berechnet)

SYS – systolischer Blutdruckwert DIA – diastolischer Blutdruckwert MAD – mittlerer arterieller Druck
PWV – pulse wave velocity (Pulswellengeschwindigkeit)

Kontinuierlich nichtinvasiv

Messprinzip

Pulswellengeschwindigkeit

Geddes 1981, Pollak 1983

Messung der Zeit von der R-Zacke im EKG (Beginn der Systole) bis zur plethysmografischen Registrierung der Pulswelle am Finger. Pulslaufzeit (pulse transit time PTT) geteilt durch Abstand der Messorte ergibt die mittlere Pulswellengeschwindigkeit.

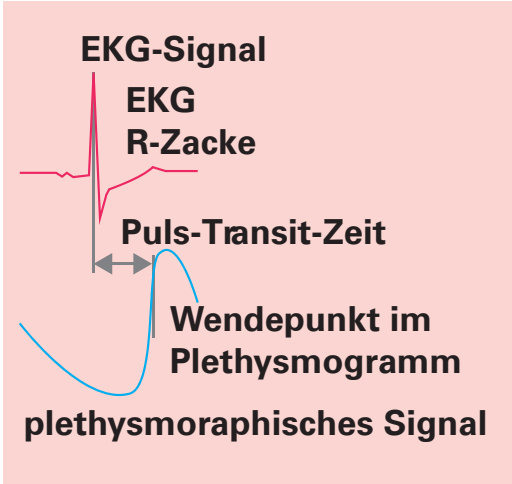


Abb. modifiziert nach: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2022/daz-7-2022/digitale-blutdruckkontrolle>

26

Messwerte

$$\text{MAD} \sim (\text{PWV})^2$$

Fehlerquellen/Limitationen

Kalibrierung mittels oszillometrischer Messung erforderlich, da die Compliance des Gefäßsystems erheblichen Einfluss auf die Berechnung hat (individuelle Beziehung zwischen Pulswellengeschwindigkeit und Blutdruck). Bewegungsanfällig.
Neukalibrierungen bei Änderung einer Vasopressorendosierung erforderlich. Störung der EKG-Ableitung durch Elektrokauter.

SYs – systolischer Blutdruckwert **DIA** – diastolischer Blutdruckwert **MAD** – mittlerer arterieller Druck
PWV – pulse wave velocity (Pulswellengeschwindigkeit)

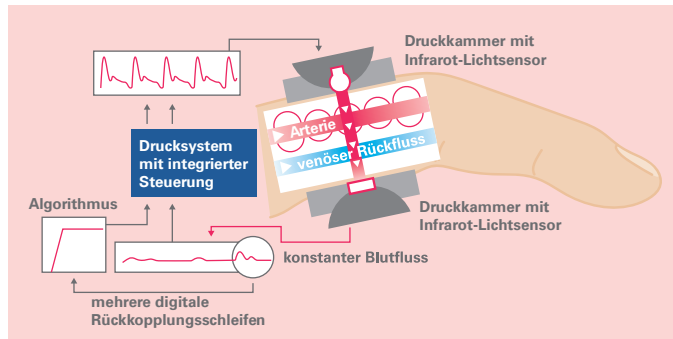
27

Kontinuierlich nichtinvasiv

Fingerfotothymografie

Ein aufblasbarer Finger cuff mit einer Infrarotquelle und einem Sensor wird am Mittelglied eines Fingers befestigt. Der Finger cuff wird daraufhin aufgeblasen bis sich ein vordefiniertes Volumen in der Fingerarterie befindet, was mit Hilfe des Infrarotlichtes kontrolliert wird. Durch kontinuierliches, schnelles Anpassen des Cuffdrucks wird die Arterie in einem halboffenen Zustand gehalten, sodass das Volumen innerhalb der Arterie konstant bleibt. (sog. Vascular Unloading-Technologie nach J Peñáz, 1973)

Messprinzip



28

Messwerte

Pulsdruckkurve (SYS / DIA)

Berechnung des MAD = area under the curve / Herzzyklusdauer

Fehlerquellen/Limitationen

Bewegungsanfällig, korrekter Sitz der Fingermanschette wichtig.
Stark eingeschränkte Beurteilbarkeit bei starker Vasokonstriktion (Schock).

SYS – systolischer Blutdruckwert **DIA** – diastolischer Blutdruckwert **MAD** – mittlerer arterieller Druck
PWW – pulse wave velocity (Pulswellengeschwindigkeit)

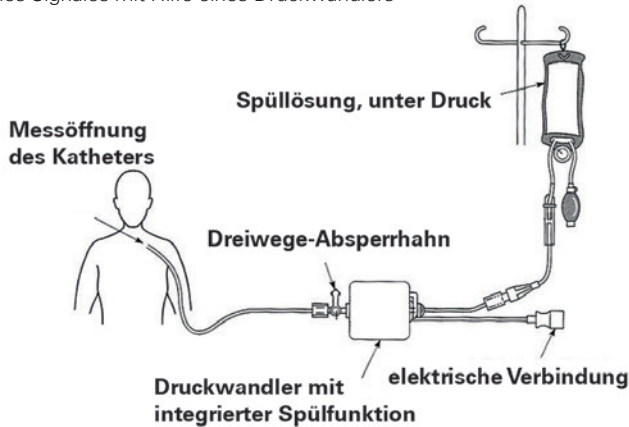
29

Kontinuierlich invasiv

Arterielle Druckmessung

Kanülierung einer i.d.R. peripheren Arterie (A. radialis, A. brachialis, A. femoralis) und Ableiten des Signales mit Hilfe eines Druckwandlers

Messprinzip



30

Messwerte

Pulsdruckkurve (SYS / DIA)

Berechnung des MAD = area under the curve / Herzzyklusdauer

Fehlerquellen/Limitationen

Druckwandler muss auf Höhe des äußeren Gehörgangs sein,
um den zerebralen Druck sinnvoll abschätzen zu können.

Druckwandler zu tief → MAD falsch hoch,
Druckwandler zu hoch → MAD falsch niedrig

Dämpfung (MAD bleibt i.d.R. korrekt): Überdämpfte Kurve durch Luftblasen, Thromben, Knicke im System, Vasospasmus (SYS falsch niedrig, DIA falsch hoch).

Unterdämpfte Kurve durch Fehler des Monitorfilters (SYS falsch hoch, DIA falsch niedrig)

Mikrospülssystem mit Druckbeutel (300mmHg) muss angeschlossen und geöffnet sein.

SYS – systolischer Blutdruckwert **DIA** – diastolischer Blutdruckwert **MAD** – mittlerer arterieller Druck
PWV – pulse wave velocity (Pulswellengeschwindigkeit)

31

Kinderanästhesie I

Gewicht (Faustregeln)

Reifes Neugeborenes	ca. 3,5 kg
Säugling 5 Monate	Geburtsgewicht verdoppelt
Säugling 12 Monate	Geburtsgewicht verdreifacht/ca. 10 kg
	$KG [kg] = \frac{(\text{Alter in Monaten} + 9)}{2}$
> 1 Jahr bis 7 Jahre	jährliche Gewichtszunahme ca. 2 kg
	$KG [kg] = (\text{Alter in Jahren} + 4) \cdot 2$

Tubus (Schätzformeln)

Größe ohne Cuff	$ID [mm] = 4,5 + \frac{\text{Alter (Jahre)}}{4}$	mit Cuff $ID [mm] = 3,5 + \frac{\text{Alter (Jahre)}}{4}$
Einführtiefe oral	$\text{Tiefe [cm]} = 12 + \frac{\text{Alter (Jahre)}}{2}$	$\text{nasal Tiefe [cm]} = \text{Tiefe oral} + 20 \%$

Blutvolumina

Neugeborenes 90 ml/kg	Säugling 85 ml/kg	Kleinkind 80 ml/kg
-----------------------	-------------------	--------------------

Sauerstoffverbrauch

7-8 ml/kg KG/min

Striebel H, Hrsg. Anästhesie bei Kindern. 2. Auflage. Mainz: Böhmer & Mundloch Verlag; 2022.

32



Kinderanästhesie II

Basisbedarf an Flüssigkeit (4-2-1-Regel)

3 – 10 kg	4 ml/kg KG/h
11 – 20 kg	2 ml/kg KG/h
> 20kg	1 ml/kg KG/h

z.B. 3-jähriges Kind (14 kg): 40 ml für die ersten 10 kg + 8 ml für kg 11 bis 14 ($4 \cdot 2 \text{ ml/kg}$) = 48 ml/kg/h

Präoperative Nüchternheit für Kinder 0-18 Jahre (6-4-3-1-Schema)

6 Stunden	Karenz nach fester Nahrung (= vollwertige Mahlzeit)
4 Stunden	Karenz nach Fertigmilch/Milch, nicht klaren Flüssigkeiten, kleinen Mahlzeiten
3 Stunden	Karenz nach Muttermilch (auch angereicherte Muttermilch) [≤ 1 Jahr]
1 Stunde	Karenz nach klaren Flüssigkeiten (Wasser, Tee $\pm$ Zucker, Säfte ohne Fruchtfleisch)

Transfusion von Erythrozytenkonzentraten

3 ml/kg KG Erythrozytenkonzentrat erhöht Hämoglobinwert (Hb) um ca. 1 g/dl

Hämoglobinwert (Hb)[g/dl] $\cdot 3 =$ Hämatokrit (Hkt)[%]

Striebel H, Hrsg. Anästhesie bei Kindern. 2. Auflage. Mainz: Böhmer & Mundloch Verlag; 2022.
S1-Leitlinie Perioperative Nüchternzeiten bei Kindern und Jugendlichen, AWMF Registernummer 001- 047,
Gültigkeit bis 28.2.2027.

33

Alveolargasgleichung

$$p_A O_2 \text{ [mmHg]} = (p_{\text{atm}} - p_{\text{Wasserdampf}}) \cdot F_i O_2 - \frac{p_a CO_2}{RQ}$$

$$p_A O_2 \text{ [mmHg]} = (760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg}) \cdot 0,21 - \frac{40 \text{ mmHg}}{0,85}$$

$$p_A O_2 \text{ [mmHg]} = 103 \text{ mmHg}$$

$p_A O_2$	Alveolärer Sauerstoffpartialdruck
p_{atm}	Luftdruck auf Meereshöhe (760 mmHg)
$p_{\text{Wasserdampf}}$	Wasserdampfdruck bei 37°C (47 mmHg)
$F_i O_2$	inspiratorische Sauerstofffraktion
$p_a CO_2$	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
RQ	Respiratorischer Quotient

Bei Raumluft beträgt demnach der erwartete Sauerstoffpartialdruck in der Alveole des Lungengesunden etwa 103 mmHg.

Striebel H, Hrsg. Die Anästhesie. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2019.

34



Oxygenierungsindex¹ (OI) nach HOROVITZ

$$OI \text{ [mmHg]} = \frac{p_a O_2}{F_i O_2}$$

$p_a O_2$	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
$F_i O_2$	inspiratorische Sauerstofffraktion

Beispiel: Bei Raumluft mit 21 % Sauerstoff ($F_i O_2 = 0,21$) beträgt der $p_a O_2$ eines jungen gesunden Erwachsenen etwa 96 mmHg. Der Oxygenierungsindex dieses Erwachsenen ist demnach etwa 450 mmHg ($OI = 96 \text{ mmHg} / 0,21 = 457 \text{ mmHg}$)

Und in der Praxis ...

Schweregradeinteilung des ARDS (acute respiratory distress syndrome) nach **Berlin-Definition**² bei einem PEEP von jeweils $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$

mildes ARDS $OI \leq 300 \text{ mmHg}$ moderates ARDS $OI \leq 200 \text{ mmHg}$ schweres ARDS $OI \leq 100 \text{ mmHg}$

¹ Joel H. Horowitz et al., Pulmonary Response to Major Injury, Arch Surg / Vol 108, March 1974.

² The ARDS Definition Task Force. Acute Respiratory Distress Syndrome. The Berlin Definition. JAMA 2012.

Striebel H, Hrsg. Die Anästhesie. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2019.

35

Lungenvolumina

FRC = RV + IRV = 30 ml/kg KG
Totraumvolumen = 2 ml/kg KG

- AZV Atemzugvolumen
- IRV Inspiratorisches Reservevolumen
- ERV Expiratorisches Reservevolumen
- RV Residualvolumen
- FRC Funktionelle Residualkapazität
- IC Inspiratorische Kapazität
- VC Vitalkapazität
- TLC Totale Lungenkapazität
- FEV₁ Forciertes Expiratorisches Volumen in einer Sekunde

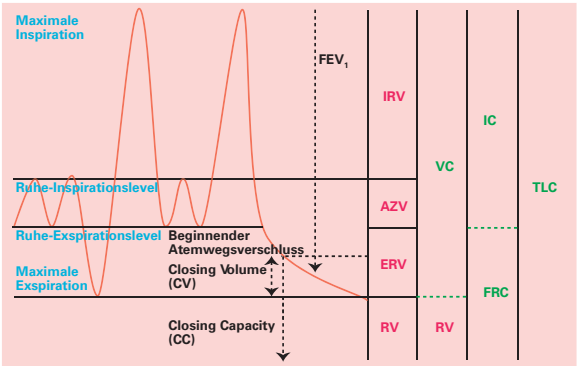


Abb. modifiziert nach: Wilhelm W, Hrsg. Praxis der Anästhesie. 1. Auflage. Berlin: Springer; 2018, p. 786.

Doppellumentubus (DLT)

Größe²

Frauen		Männer		Gemessener Trachea Ø	
KH in cm	DLT (Fr)	KH in cm	DLT (Fr)	Ø in mm	DLT (Fr)
<150	32	<160	35-37	12,5	32
150-160	35	160-170	37	14	35
>160	35-37	>170	37-39	15	35
>180	39	>180	41	16	37-39
				18	39-41

Ø linker Hauptbronchus = Ø Trachea (CT) · 0,75 ♂ bzw. 0,77 ♀

Tiefe (linksläufiger DLT, fiberoptische Lagekontrolle obligat)

¹Tiefe (KH = 170 cm) ≈ 29 cm ± 1 cm pro ± 10 cm KH
³Tiefe = 12,5 cm + 0,1 · KH [cm]

KH Körperhöhe
Fr French (=Charrière)
Ø Durchmesser

¹Brodsky et al. Depth of Placement of Left Double-Lumen Endobronchial Tubes. Anesth Analg 1991;73:570-2.
²Loop T, Spaeth J. Atemwegsmanagement in der Thoraxanästhesie mit dem Doppellumentubus. AINS 2018; 53: 174–185.
³Takita K et al. The height-based formula for prediction of left-sided double-lumen tracheal tube depth. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2003 Jun;17(3):412-3.

Pleuraerguss im Ultraschall

Ausgewählte Schätzformeln zur Volumenbestimmung

Sitzend nach HASSAN et al¹

Modifiziert nach Goecke W, Schwerk W, et al. 1990

$$V \text{ [ml]} = 100 \cdot H \text{ [ml]}$$

Studie: Untersuchung im Sitzen in hinterer Axillarlinie (HAL) mit Konvexschallkopf. Bewegung in oberste und unterste Interkostalräume, wo der Erguss noch erkennbar ist. Höhe (H) zwischen den beiden Punkten wurde gemessen.

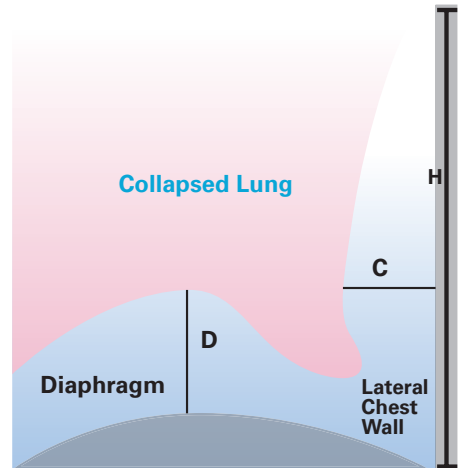


Abb. modifiziert nach: ¹Hassan M et al. Validation of equations for pleural effusion volume estimation by ultrasonography. J Ultrasound. 2017 Oct 27;20(4):267-271.

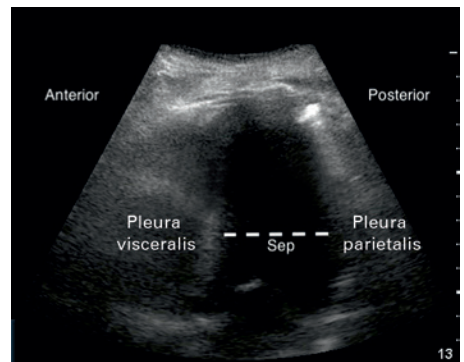
38

Pleuraerguss im Ultraschall

Rückenlage nach BALIK et al²

$$V \text{ [ml]} = 20 \cdot \text{Sep} \text{ [mm]}$$

Studie: Untersuchung in Rückenlage mit Sektorschallkopf am beatmeten Patienten mit 15° Oberkörperhochlagerung. Transversale Schnittebene rechtwinklig zur Körperachse in HAL zur Darstellung des Ergusses. Freeze in End-Exspiration. Messung des maximalen Abstandes zwischen Pleura parietalis und Pleura visceralis (Sep) in mm.



²Balik M et al. Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. Intensive Care Med. 2006;32:318-321.

Abb. modifiziert nach: <https://www.acep.org/sonoguide/basic/lung> (abgerufen am 17.07.2023, 22:18 Uhr)

39

Medikamentendosierung Puffer

Empfehlung: Zunächst die Hälfte der jeweils so berechneten Menge Natriumhydrogencarbonat bzw. Tris-Puffer zuführen. Weitere Gaben nach BGA titrieren.

Natriumhydrogencarbonat¹ (Natriumbikarbonat, NaBic, NaHCO₃)

$$\text{Dosis}_{\text{NaBic } 8,4 \%} [\text{ml}] = (-\text{BE}) \cdot \text{kg KG} \cdot 0,3$$

Zentralvenös (Osmolarität: 2000 mOsm/l) oder verdünnt (< 800 m Osm/l) periphervenös applizieren. Eine ungestörte Ventilation muss zur Abatmung von entstehendem CO₂ gegeben sein.

Tris-Puffer² (Trometamol, Tris-hydroxymethyl-aminomethan, THAM)

$$\text{Dosis}_{\text{Tris } 36,34 \%} [\text{ml}] = \frac{(-\text{BE}) \cdot \text{kg KG}}{10}$$

Nur verdünnt (in G5 %, NaCl 0,9 % oder Ringer) anwenden. Zur periphervenösen Verabreichung wenigstens 1:10 verdünnen (→ 0,3 mmol/l). **Abfall des pCO₂** kann zu Atemdepression mit Notwendigkeit der künstlichen Beatmung führen.

¹Fachinformation Natriumhydrogencarbonat 8,4% B. Braun Infusionslösung, Stand: 07.2014.

²Fachinformation Tris 36,34% Braun Konzentrat zur Herstellung einer Infusionslösung, Stand: 07.2014.



Jeder Tropfen zählt

Voraussetzung

20 Tropfen pro 1 ml Infusionslösung (bei kristalloiden Lösungen zumeist der Fall)

Mögliche Berechnung durch Zählen der Tropfen in 15 Sekunden:

$$\text{Infusionsrate } [\text{ml/h}] = 12 \cdot \text{Tropfen/15 s}$$

Werden 15 Tropfen in 15 Sekunden gezählt, so entspricht das einer Infusionsgeschwindigkeit von $12 \cdot 15 \text{ Tropfen/15 s} = 180 \text{ ml/h}$.

Wird alle 3 Sekunden 1 Tropfen (= 5 Tropfen in 15 s) gezählt, so entspricht das einer Infusionsgeschwindigkeit von $12 \cdot 5 \text{ Tropfen/15 s} = 60 \text{ ml/h}$.

Spritzenetikette

Einheitliche Spritzenetiketten nach DGAI-/ DIVI-Standards helfen Verwechslungen zwischen verschiedenen Wirkstoffgruppen / Wirkstoffen zu verhindern.

Wirkstoffgruppe (Beispiele)

Hypnotikum
10 mg/ml

Opioid
5 µg/ml

Muskelrelaxans
10 mg/ml

Benzodiazepin
1 mg/ml

Vasopressor
0,1 mg/ml

Antiemetikum
1 mg/ml

Atropin
0,5 mg/ml

Heparin
500 I.E./ml

NaCl 0,9%

Ausnahmewirkstoff
innerhalb der Gruppe

PIRItramid
1 mg/ml

Succinylcholin
10 mg/ml

Midazolam
1 mg/ml

EPINEPHrin
10 mg/ml

Antagonisten

Nalxon
0,04 mg/ml

Neostigmin
0,5 mg/ml

Flumazenil
0,1 mg/ml

5-R-Regel

richtiges Medikament
richtiger Verabreichungsweg
richtige Dosis
(richtiger Patient)
richtiger Zeitpunkt

Quelle: Empfehlung zur Kennzeichnung von Spritzen in der Intensiv- und Notfallmedizin, Anästh Intensivmed 2012; 53:506-512 Aktiv Druck & Verlag GmbH.

42

Closed-Loop-Communication in Routine- und Notfallsituationen

100 Milligramm Propofol i.v. bitte!

Ich gebe 100 Milligramm (10 Milliliter) Propofol i.v.

(Gegebenenfalls: 100mg Propofol sind verabreicht.)



Infusionsleitungen
an patientennaher
Verbindungsstelle
etikettieren.



Zusatzmedikation in
Infusionslösungen **auf**
Seite des Infusions-
etiketts kennzeichnen.



Spritzen LÄNGSPARALLEL
zur Skalierung beschriften

Quelle: Empfehlung zur Kennzeichnung von Spritzen in der Intensiv- und Notfallmedizin, Anästh Intensivmed 2012; 53:506-512 Aktiv Druck & Verlag GmbH.

43

Hyperkaliämie

Schweregrad	Herz-/Kreislaufstillstand	Schwere K ⁺ -Erhöhung (≥ 6,5 mmol/L)		Moderate K ⁺ -Erhöhung (6,0 – 6,4 mmol/L)	
Erst- maßnahmen	Leitliniengerechte CPR	ABCDE; i.v. Zugang; evtl. K ⁺ -Zufuhr beenden; 12-Kanal-EKG; Ausschluss Pseudohyperkaliämie, Therapie bedrohlicher Rhythmusstörungen, ggf. frühzeitig Dialysezentrum kontaktie- ren			
	EKG-Monitoring! (Überwachungs-/Intensivstation), Notfalltherapie erforderlich! Expertenrat einholen!			Monitoring und Therapie abhängig von Patientenzustand, 12-Kanal-EKG und Geschwindigkeit des K ⁺ -Anstiegs (schneller = gefährlicher)	
Toxische EKG- Veränderung		NEIN	JA	JA	NEIN
1. Strategie: Kardio- protektion	Calciumchlorid 10 % Calciumgluconat 10 % (siehe rechts)		Calciumchlorid 10 % (5-) 10ml oder Calciumgluconat 10 % (15-) 30 ml über 2-5-10 min i.v. (wdh. nach 5 min erwägen, falls EKG-Veränderungen weiterhin vorhanden)		
					
2. Strategie: Kalium- verschiebung nach intrazellulär	Therapie indiziert:				Erwäge:
	Glukose (25 g) + Normalinsulin (10 IE) als Kurzinfusion über 15 (-30 min) i.v. 25 g Glukose = 62,5 ml G40 % = 125 ml G20 % gefolgt von 25 g Glukose (G10 % 50 ml/h) über 5 h, wenn initialer BZ <126 mg/dl um Hypoglykämien zu vermeiden				
	Natrium- hydrogenkarbonat (50 mmol = 50 ml einer 8,4 %-igen Lösung) zügig i.v.	± Salbutamol inhalativ (10-20 mg vernebelt über ca. 15 min) Salbutamol nicht als alleinige Therapie, da in Kombination effektiver			
3. Strategie: Kalium- elimination	Expertenrat einholen! Erwäge Hämodialyse (ggf. unter Reanimation) evtl. Furosemid (40-80 mg i.v.)			Optionen (abhängig von initialem Therapieerfolg und aktuellem Zustand des Patienten)	
Nach erfolg- reicher Initialtherapie	Post ROSC-Therapie	Regelmäßige Kalium- und Blutzuckerkontrollen und Prävention des Wiederauftretens (nephrotoxische und Kalium-retinierende Medikamente pausieren, Kaliumzufuhr über Infusionen/Nahrungsmittel begrenzen)			
Leichte K ⁺ -Erhöhung (5,5-5,9 mmol/L)		Ursachen identifizieren und möglichst beseitigen		Falls Therapie indiziert, erwäge Ionenaustauscherharze (z. B. Resonium®)	

HEART-Score

History (= Anamnese)	Typische Beschwerden	2
	Mäßig typisch	1
	Atypische Beschwerden	0
EKG	Signifikante ST-Streckenabweichung	2
	Unspezifische Repolarisationsstörungen, LSB / Schrittmacher	1
	Normal	0
Alter	>65 Jahre	2
	45-65 Jahre	1
	<45 Jahre	0
Risiko-faktoren	≥ 3 oder bekannte atherosklerotische Vorerkrankung	2
	1 oder 2 Risikofaktoren	1
	Keine bekannten Risikofaktoren	0
Troponin	≥ 3 facher oberer Normwert	2
	1-2 facher oberer Normwert	1
	Im Normalbereich	0

Backus BE et al. A prospective validation of the HEART score for chest pain patients at the emergency department. International Journal of Cardiology 168 (2013) 2153–2158.



HEART-Score

Zur Risikostratifizierung von **Brustschmerz-Patienten in der Notaufnahme** hinsichtlich major adverse cardiac events (MACE: Myokardinfarkt, PCI/ACB-OP, Tod).

Score 0-3 (MACE Risiko 1,9%) **Frühzeitige Entlassung**

Score 4-6 (MACE Risiko 13%) **Noninvasiver Stresstest oder Bildgebung**

Score 7-10 (MACE Risiko 50%) **Frühzeitige invasive Diagnostik und Therapie**

Risikofaktoren: Hypercholesterinämie, Art. Hypertonie, Diabetes mellitus, Rauchen, Atherosklerotische Krankheiten in Familienanamnese, Adipositas (BMI > 30)

Backus BE et al. A prospective validation of the HEART score for chest pain patients at the emergency department. International Journal of Cardiology 168 (2013) 2153–2158.

Herzfrequenz (HF) im EKG bestimmen

Papiervorschubgeschwindigkeiten

50 mm/s → 1 mm entspricht 0,02 s bzw. 20 ms

25 mm/s → 1 mm entspricht 0,04 s bzw. 40 ms

300-150-100-75-60-50-43-38-33-30-27 Methode

Bei Vorschub von 50 mm/s ergibt sich für jedes zusätzliche 1 cm-Kästchen zur nächsten R-Zacke die nächste Frequenz aus der Zahlenfolge (1 cm = 300/min, 2 cm = 150/min, 3 cm = 100/min, usw.)

Berechnung bei Vorschub 50 mm/s und regelmäßigem Rhythmus¹

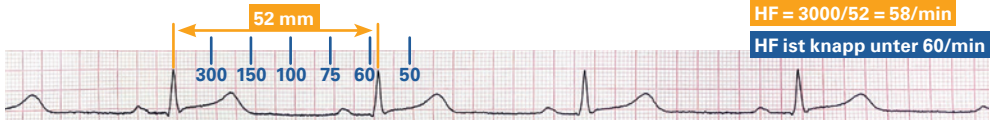
$HF = 600 / (\text{Anzahl der 5 mm Kästchen von R-Zacke zu R-Zacke})$

$HF = 3000 / (RR - \text{Abstand in mm})$

Berechnung bei Vorschub 25 mm/s und regelmäßigem Rhythmus¹

$HF = 300 / (\text{Anzahl der 5 mm Kästchen von R-Zacke zu R-Zacke})$

$HF = 10 \cdot \text{Anzahl der QRS Komplexe in 6 s [=15 cm bei 25 mm/s]}$



¹Böhmer Schneider Wolcke. Taschenatlas Rettungsdienst. 11., aktualisierte Auflage. Böhmer & Mundloch Verlag, Mainz 2020.

48

Medikamentendosierung Ein-Drittel-Regel

$$LR_{(0,1 \mu\text{g/kg KG/min})} [\text{ml/h}] = \frac{3 \cdot \text{KG} [\text{kg}]}{10} \approx \frac{\text{KG} [\text{kg}]}{3}$$

Bei einer 1 mg Wirkstoff auf 50 ml Lösungsmittel (= 20 µg/ml) verdünnten Lösung ergibt sich die ungefähre Laufrate (LR) für eine Dosierung von 0,1 µg/kg KG/min in [ml/h], indem man das Körpergewicht durch 3 dividiert.

Beispiel:

Noradrenalin (20 µg/ml) 0,1 µg/kg KG/min für einen Patienten mit 75 kg KG $\approx \frac{75}{3} \approx 25 \text{ ml/h}$

$75 \text{ kg} \cdot 0,1 \mu\text{g/kg KG/min} = 7,5 \mu\text{g/min}$

$7,5 \mu\text{g/min} \cdot 60 \text{ min} = 450 \mu\text{g/h}$

$450 \mu\text{g/h} / 20 \mu\text{g/ml} = 22,5 \text{ ml/h} = 3 \cdot 75/10$

49

Einführtiefe Zentraler Venenkatheter

Nach jeder zentralvenösen Punktion im Kopf- Hals- Bereich muss die Katheterlage [Einführtiefe] kontrolliert werden, entweder mittels **Thoraxröntgenaufnahme oder intraatrialer EKG-Ableitung**.¹

Mit folgenden Formeln² kann die Einführtiefe zumindest abgeschätzt werden. Die Formeln konnten in den allermeisten Publikationen kein Sicherheitslevel erreichen, um auf Röntgen/EKG verzichten zu können und werden von einigen Autoren sogar abgelehnt.

$$\text{Tiefe}_{\text{V. jug. int. rechts}} [\text{cm}] = \frac{\text{KH} [\text{cm}]}{10} - 1$$
$$\text{Tiefe}_{\text{V. jug. int. links}} [\text{cm}] = \frac{\text{KH} [\text{cm}]}{10} + 4$$
$$\text{Tiefe}_{\text{V. subcl. rechts}} [\text{cm}] = \frac{\text{KH} [\text{cm}]}{10} - 2$$
$$\text{Tiefe}_{\text{V. subcl. links}} [\text{cm}] = \frac{\text{KH} [\text{cm}]}{10} + 2$$

¹Wilhelm W, Hrsg. Praxis der Anästhesie. 1. Auflage. Berlin: Springer; 2018.
²Czepizak CA.Evaluation of Formulas for Optimal Positioning of Central Venous Catheters. Chest. 1995. 107:1662-64.



Opioide-Umrechnungstabelle

		Äquivalenzfaktor													
Wirkstoff	Applikationsform	Morphin p.o.	Morphin i.v.												
p.o./s.l./ (rect.)															
Codein	p.o.	10	30	300	600	900	1200								
Tramadol	p.o./rect.	5	15	150	300	450	600								
Tilidin/Naloxon	p.o.	5	15	150	300	450	600								
Dihydrocodein	p.o.	4	12	120	240	360									
Tapentadol	p.o.	2,5	7,5	ca. 100	150	250	300	400	500						
Morphin	p.o./rect.	1	3	30	60	90	120	150	180	210	240	300	600	900	
Oxycodon	p.o.	0,66	2	20	40	60	80	100	120	140	160	200			
Hydromorphon	p.o.	0,133	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	40	80	120	
Buprenorphin	s.l.	0,011	0,033	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0		
t.d. (TTS)															
Fentanyl TTS	t.d. [mg/24h]	0,01	0,03		0,6		1,2		1,8		2,4	3,0			
Fentanyl TTS	t.d. [µg/h]	0,4	1,25		25		50		75		100	125		375	
Buprenorphin TTS	t.d. [mg/24h]	0,0133	0,04		0,84		1,68								
Buprenorphin TTS	t.d. [µg/h]	0,555	1,665		35		70								

Opioide-Umrechnungstabelle

		Äquivalenzfaktor													
Wirkstoff	Applikationsform	Morphin p.o.	Morphin i.v.												
i.v. / s.c. / (i.m.)															
Tramadol	s.c./i.m./i.v.	3,3	10	100	200	300	400								
Pethidin	i.v.	2,5	7,5	75	150	225	300	375	450						
Morphin	s.c.	0,5	1,5	15	30	45	60	75							
Piritramid	i.v.	0,4733	1,43	14	28	43	57	72							
Nalbuphin	i.v.	0,37	1,1	11	22	33	44	55	67	78	89	111	220		
Morphin	i.m./i.v.	0,333	1	10	20	30	40	50	60	70	80	100	200	300	
Oxycodon	s.c./i.v.	0,233	0,7	7	14	21	28								
Hydromorphon	i.v.	0,066	0,2	2	4	6	8								
Buprenorphin	s.c./i.m./i.v.	0,01	0,03	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0			
Alfentanil	i.v.	0,01	0,03	0,3											
Fentanyl	i.v.	0,0033	0,01	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60						
Remifentanyl	i.v.	0,0033	0,01	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60						
Sufentanil	i.v.	0,00033	0,0013	0,105	0,030										

https://kkimk.de/wp-content/uploads/2014/09/opioid_vergleichstabelle.pdf
https://register.awmf.org/assets/guidelines/145_Schmerzgesellschaft/145-003pw10_S3_LONTS_2020-04.pdf
https://www.spitalpharmazie-basel.ch/pdf/Aequivalenz_Opioide.pdf#page=7
Liebhauser M, Morphinäquivalenz in der Schmerztherapie: eine Evidenz-basierte Betrachtung, Diplomarbeit, Graz 2009.

Blutglucosekonzentration (BZ)

$$1 \text{ mmol/l} \hat{=} 18 \text{ mg/dl} \quad 1 \text{ mg/dl} \hat{=} 0,05 \text{ mmol/l}$$

Normwert Nüchtern-BZ: 65 -100 mg/dl

Perioperative Zielbereiche für elektive Eingriffe

Diabetes mellitus Typ I 110–180 mg/dl ¹

Diabetes mellitus Typ II 140–180 mg/dl ²

1 I.E. Alt-Insulin senkt BZ meist um etwa 30 mg/dl

1 Berechnungseinheit (10-12 g Kohlehydrate bzw. Glucose) erhöhen BZ um etwa 30 mg/dl

1500-Regel³

Der patienteneigene Korrekturfaktor beschreibt denjenigen Wert in mg/dl, um den aller Voraussicht nach eine subkutan applizierte Einheit Insulin den BZ senkt.

$$\text{Korrekturfaktor [I.E.]} = \frac{1500}{\text{Insulin} - \text{Gesamttagedosis}}$$

Striebel H, Hrsg. *Die Anästhesie*. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2019.

¹S3-Leitlinie Therapie des Typ-1-Diabetes, 2. Auflage, DDG 2018.

²Nationale Versorgungsleitlinie Therapie des Typ-2-Diabetes, 1. Auflage, BÄK 2014.

³Alscher F et al. *Diabetes mellitus in der Anästhesie*, AINS 2021; 56: 125–134, Thieme 2021.

54

Anionenlücke bei Metabolischer Azidose

$$\text{Anionenlücke [mmol/l]} = c(\text{Na}^+) - c(\text{Cl}^-) - c(\text{HCO}_3^-)$$

Normwert: $12 \pm 2 \text{ mmol/l}$ (meist unter Vernachlässigung von $c(\text{K}^+)$)

Bei Hypalbuminämie Korrektur des Normwertes um +2,5 mmol/l je Abfall des Albumin um 1 g/dl

Azidosen mit erhöhter Anionenlücke sprechen für eine Überproduktion (-zufuhr) von sauren Valenzen. Mögliche Ursachen lassen sich mit dem Akronym KUSSMAUL erinnern

(K)etoazidose (Kußmaul-Atmung [n. Adolf Kußmaul 1822-1902] kann ein Hinweis sein)

(U)rämie

(S)alicylatintoxikation

(S) -

(M)ethanolintoxikation

(A)ethylenglykol, Aethylalkoholintoxikation

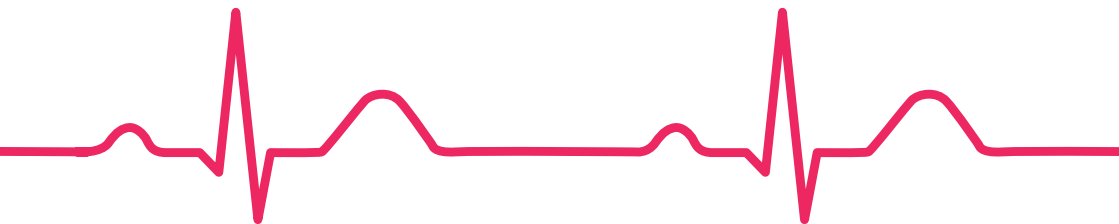
(U) -

(L)aktatazidose

Schricker S et al. *Metabolische Azidose – Diagnostik und Therapie*. Med Klin Intensivmed Notfallmed. Springer Nature 2019.

55

Die Angaben in diesem Kitteltaschenberater dienen der Fortbildung. Für den klinischen Gebrauch kann keine Haftung übernommen werden. Stand 09/2023



Ein Service von **AKRINOR®**

366904 AKR-DE-00204

ratiopharm

eine Marke von
teva