

HZV-Monitoring



Ltd. OA Dr. med. univ.

Matthias Neuner

DESA, EDIC

ANÄSTHESIE FORUM



ALPBACH

REPETITORIUM

Ziele der Herz-Kreislauf Therapie



✓ **ausreichende DO₂**

✓ **Vermeidung Gewebehypoxie**

✓ **Optimierung der kardialen Funktion**

Vorlast, Kontraktilität, Nachlast

Adaptierte Flüssigkeits- und/oder Katecholamintherapie

✓ **Verbesserung des Outcomes**

$$DO_2 = HZV \times (Hb \times SaO_2 \times 1.39 + paO_2 \times 0.0031)$$



Variablen zur Therapiesteuerung						
Sauerstoffangebot						
DO ₂						
Herzzeitvolumen				Transportkapazität	Oxygenierung	
HZV/Hi				Schläge/min	Hb/Hkt	SaO ₂ p _a O ₂
Schlagvolumen			Herzfrequenz			
SV/SVI						
Vorlast		Kontraktilität	Nachlast			
Vorlast	Volumen-reagibilität					
GEDVI	SVV	dP/dt _{max}	SVR/SVRI			
LVEDV	PPV	CPI				
FTc	SPV	CFI/GEF				
ZVD*	GEDVI	LVEF				
PAOP*	ΔVpeak	LVSWI				

*Grau unterlegte Variablen sind eher nicht geeignet, die entsprechende Stellgröße abzubilden.

Messmethoden: BGA = Blutgasanalyse; Doppler = aortale Dopplermessung; Echo = Echokardiografie; PAK = Pulmonalarterienkatheter; PK = Pulskontur-analyse; PO = Pulsoximetrie; TD = Thermodilution; ZVK = zentraler Venenkatheter

Outcomeverbesserung durch HZV Monitoring?



- Kein Messwert/Monitoring per se kann im Stande sein das Outcome zu verbessern
- Das Outcome wird durch das Setzen (oder Unterlassen) therapeutischer Schritte beeinflusst

→ **Integration der Messwerte in therapeutisches Konzept bzw. „Handlungsalgorithmen“**

EJAIC

Eur J Anaesthesiol Intensive Care Med 2023; **2**:1(e0017)

OPEN

ORIGINAL ARTICLE

Haemodynamic monitoring and management in patients having noncardiac surgery

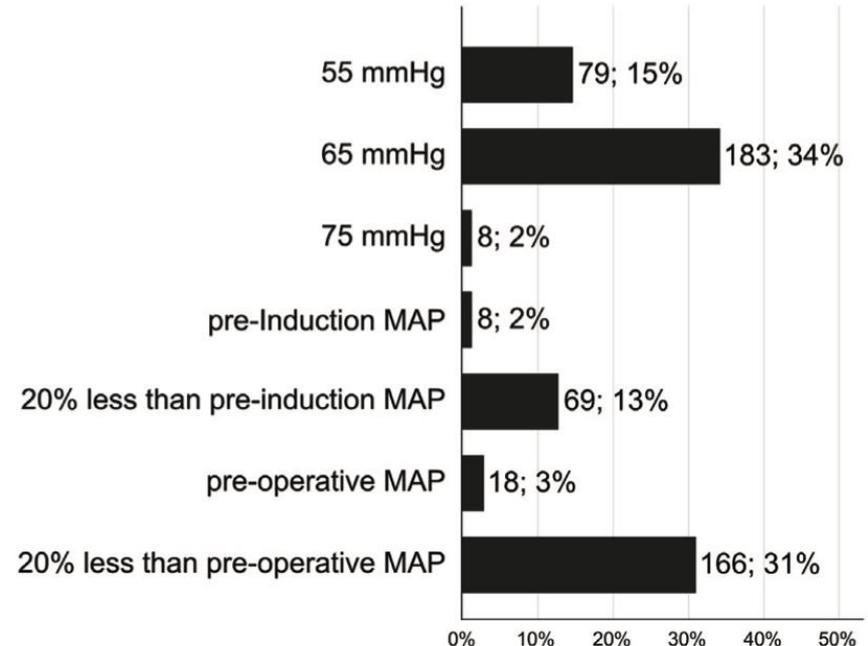
A survey among members of the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care

Moritz Flick, Alexandre Joosten, Thomas W.L. Scheeren, Jacques Duranteau and Bernd Saugel

RR Management



- Arterien Katheter werden zu 61% erst nach Narkoseeinleitung gelegt
- MAP zu 87% als primärer Parameter beim RR Management
- MAP < 65 mmHg oder 20% Abfall zur Baseline als Interventionsgrenze



HZV Monitoring



- Die am meisten präferierte Methode zum HZV Monitoring ist die Pulskonturanalyse

Table 2 Which of the following cardiac output monitoring methods would you use in this patient in your institution?

	(Almost) always	sometimes	(Almost) never
Pulse wave analysis (<i>n</i> = 597)	372 (62%)	176 (29%)	49 (8%)
Transthoracic echocardiography (<i>n</i> = 540)	37 (7%)	170 (31%)	333 (62%)
Pulse wave transit time (<i>n</i> = 540)	34 (6%)	98 (18%)	408 (76%)
Oesophageal Doppler (<i>n</i> = 539)	23 (4%)	87 (16%)	429 (80%)
Finger cuff method (<i>n</i> = 536)	21 (4%)	83 (15%)	432 (81%)
Transpulmonary thermodilution (<i>n</i> = 558)	19 (3%)	150 (27%)	386 (70%)
Transoesophageal echocardiography (<i>n</i> = 547)	15 (3%)	201 (37%)	331 (61%)
Pulmonary artery thermodilution (<i>n</i> = 558)	12 (2%)	76 (14%)	470 (84%)
Bioimpedance/bioreactance (<i>n</i> = 532)	11 (2%)	53 (10%)	468 (88%)
Lithium dilution (<i>n</i> = 533)	5 (1%)	49 (9%)	479 (90%)

HZV Monitoring



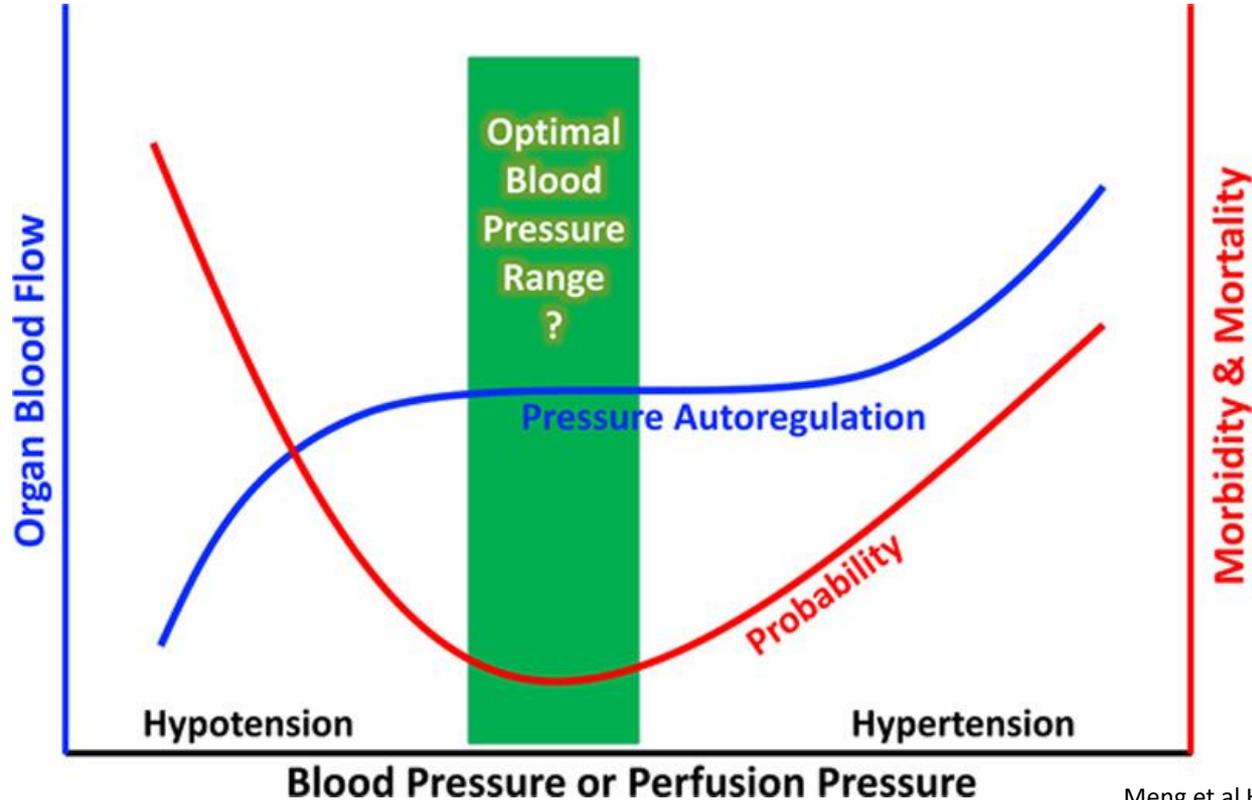
- Dynamische Preload Parameter (PPV, SVV) werden häufiger als CO Messungen zum hämodynamischen Management herangezogen

Table 3 Which of the following advanced haemodynamic variables would you use to guide haemodynamic management in this patient in your institution?

	(Almost) always	Sometimes	(Almost) never
Pulse pressure variation (<i>n</i> = 589)	318 (54%)	213 (36%)	58 (10%)
Cardiac output (<i>n</i> = 582)	225 (39%)	236 (41%)	121 (21%)
Stroke volume variation (<i>n</i> = 576)	225 (39%)	204 (35%)	150 (27%)
Central venous pressure (<i>n</i> = 575)	224 (39%)	224 (39%)	143 (25%)
Systolic pressure variation (<i>n</i> = 560)	206 (37%)	206 (37%)	150 (27%)
Central/mixed venous oxygen saturation (<i>n</i> = 580)	158 (27%)	275 (47%)	147 (25%)
Systemic vascular resistance (<i>n</i> = 559)	134 (24%)	241 (43%)	184 (33%)
Plethysmographic waveform variation (<i>n</i> = 549)	127 (23%)	219 (40%)	203 (37%)
Ejection fraction (<i>n</i> = 548)	95 (17%)	219 (40%)	234 (43%)
Venous to arterial carbon dioxide Partial pressure ratio (<i>n</i> = 547)	71 (13%)	195 (35%)	290 (52%)
Global end diastolic volume (<i>n</i> = 579)	37 (7%)	167 (30%)	353 (63%)
Oxygen delivery (<i>n</i> = 562)	38 (7%)	169 (30%)	355 (63%)
Extravascular lung water (<i>n</i> = 558)	41 (7%)	187 (34%)	330 (59%)
Regional tissue oxygenation (<i>n</i> = 556)	30 (5%)	125 (22%)	402 (72%)
Pulmonary capillary wedge pressure (<i>n</i> = 556)	12 (2%)	79 (14%)	465 (84%)

Nur 23% verwenden ein standardisiertes Therapieprotokoll

Blutdruck, Organperfusion & Outcome



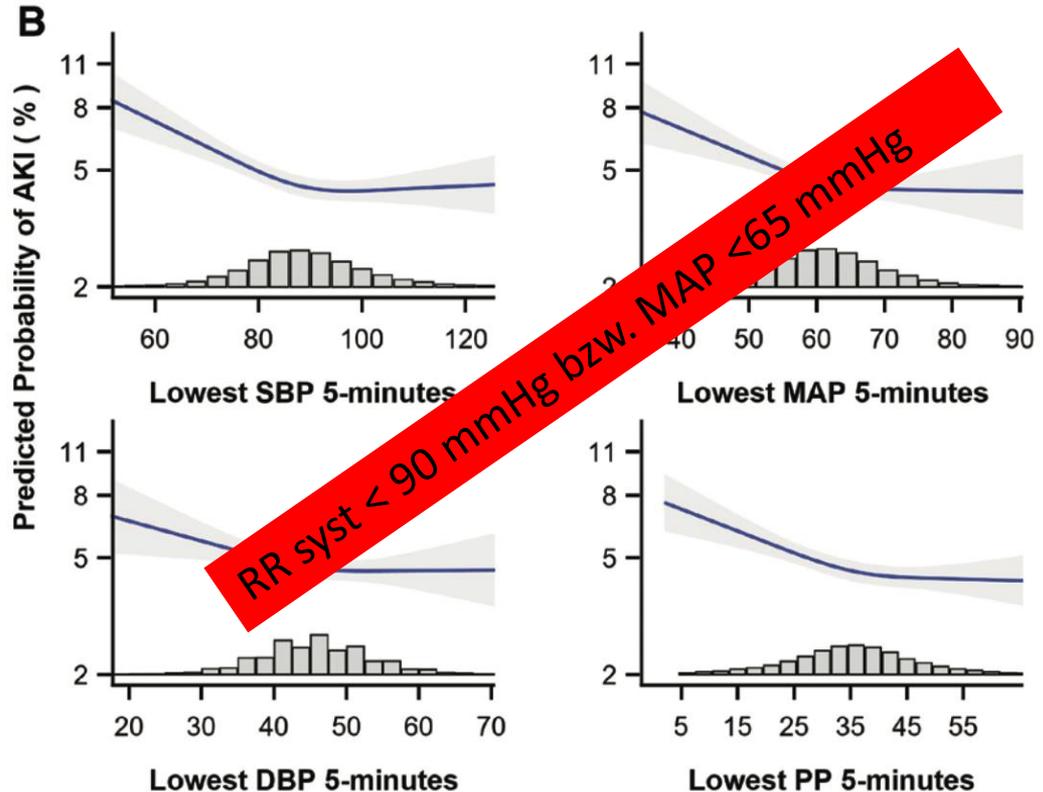
ANESTHESIOLOGY

Associations of Intraoperative Radial Arterial Systolic, Diastolic, Mean, and Pulse Pressures with Myocardial and Acute Kidney Injury after Noncardiac Surgery

A Retrospective Cohort Analysis

Sanchit Ahuja, M.D., Edward J. Mascha, Ph.D.,
Dongsheng Yang, M.S., Kamal Maheshwari, M.D, M.P.H.,
Barak Cohen, M.D., Ashish K. Khanna, M.D., F.C.C.P., F.C.C.M.,
Kurt Ruetzler, M.D., Alparslan Turan, M.D., Daniel I. Sessler, M.D.

ANESTHESIOLOGY 2020; 132:291–306



1. Ohmsches Gesetz

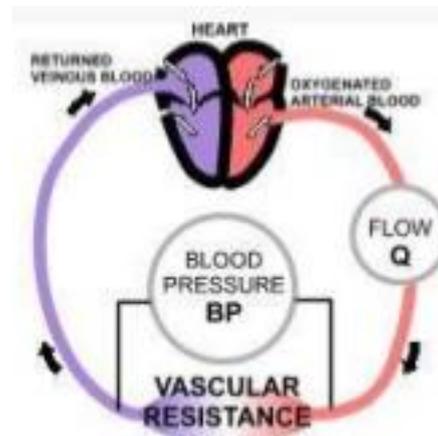
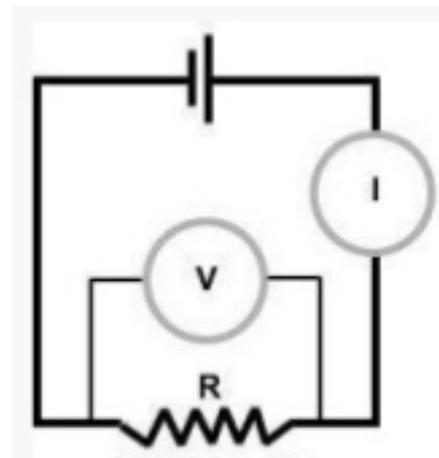


- **$V = I \times R$**

- V = elektrische Spannung
- I = Stromfluss
- R = Widerstand

- **$BP = HZV \times SVR$**

- BP = Blutdruck
- HZV = Blutfluss
- SVR = Systemischer Gefäßwiderstand



$$BP = HZV \times SVR$$



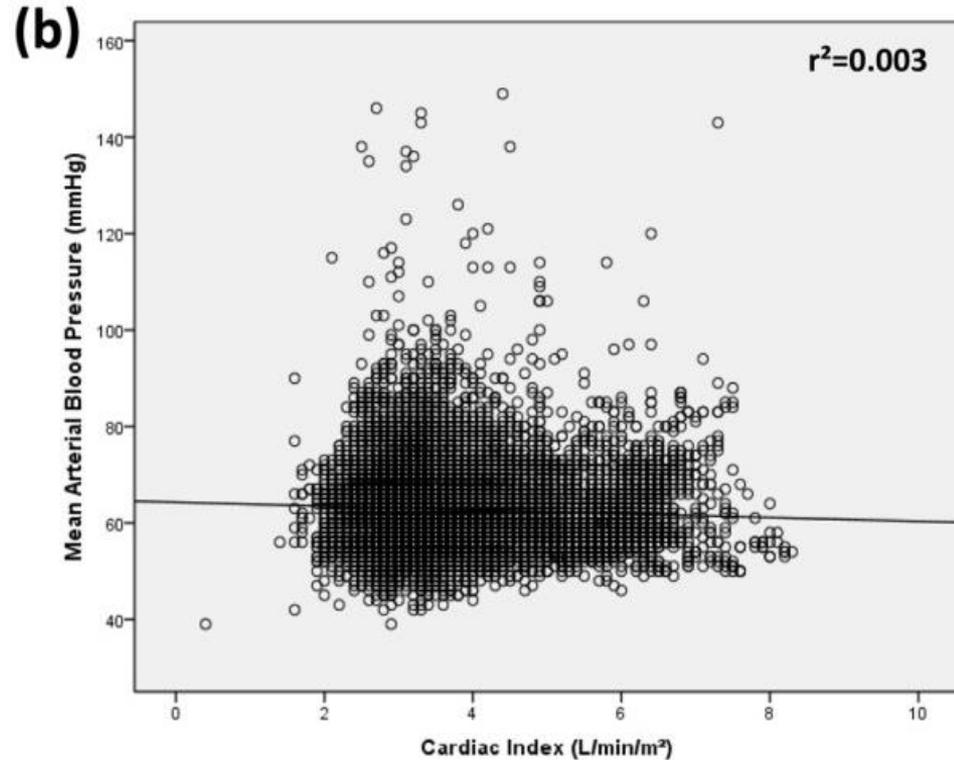
Kardial
(low output)
Fluss

Vaskulär
(Vasodilatation)
Widerstand

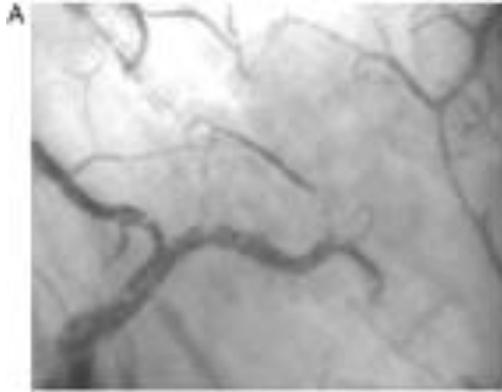
Druck \neq Fluss



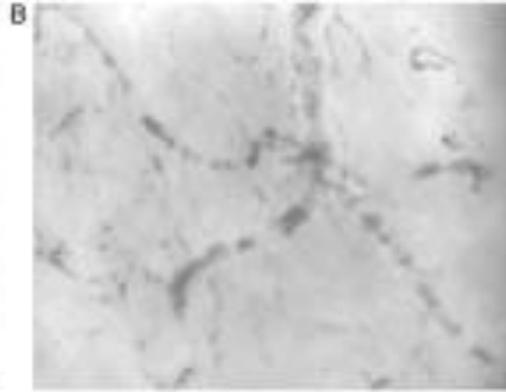
- Druck = Wandspannung auf Gefäße
- Fluss = Volumen pro Zeit



Druck \neq Gewebepерfusion



MAP = 47 mmHG



Phenylephrin
MAP = 68 mmHG



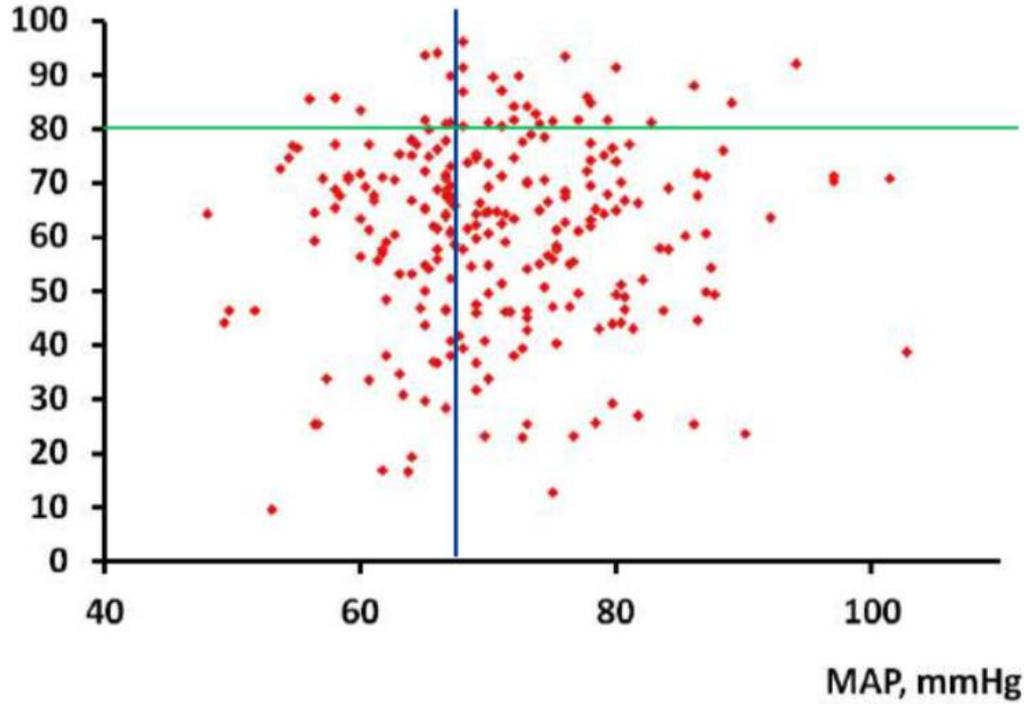
MAP = 48 mmHG

Druck \neq Gewebepерfusion



PPV, %

Spearman Rho 0.009, p=0.89



Druck oder Fluss?



- Wir sind „druckverliebt“ – weil einfach zu messen, aber:
- Keine Aussage über den Volumenstatus/die Gewebepfusion über den Druck
- Bei der Beurteilung von Blutdruckwerten perioperativer Hochrisikopatienten und kritisch kranker Intensivpatienten ist die gleichzeitige Abschätzung des Herzzeitvolumens unerlässlich!

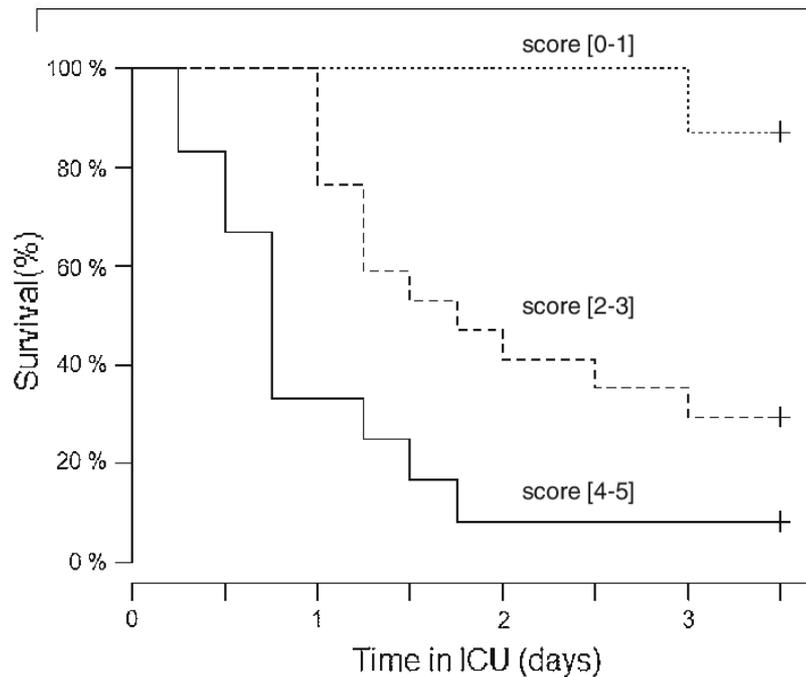
Zentrale Fragestellung: ist der Patient adäquat perfundiert?

Klinische Untersuchung



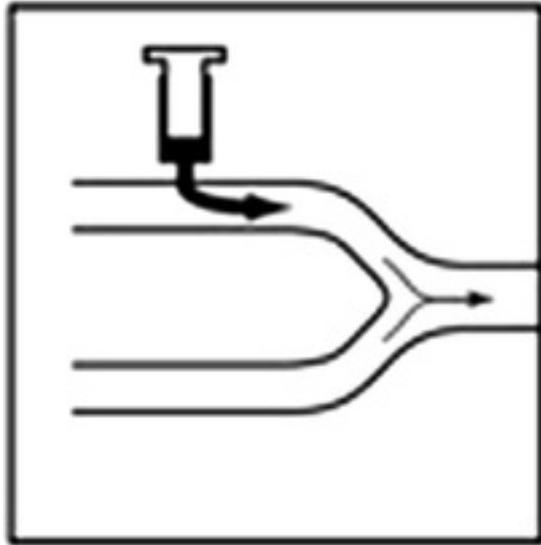
Haut als „Fenster“ zur Mikrozyrkulation

Mottling Score

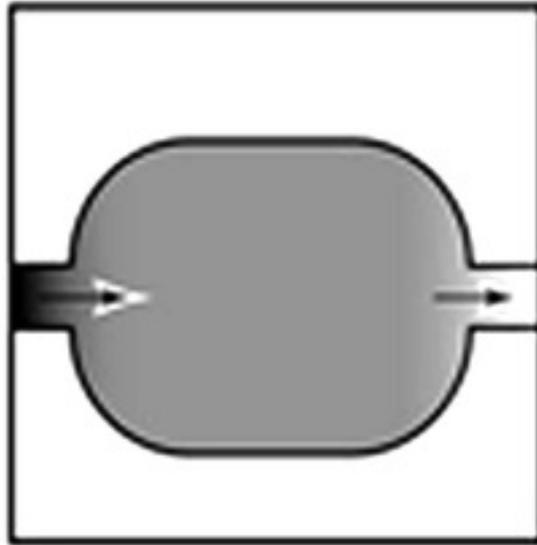


Factor	Univariate analysis OR (95% CI)	Analysis <i>p</i> value
MAP (mmHg)		
>65	1	
<65	1.9 (0.4, 10.5)	0.43
Heart rate (beats/min)		
>120	1.6 (0.4, 6.1)	
(90–120)	1	
<90	1.1 (0.3, 4.0)	0.80
Central venous pressure (mmHg)		
>12	1 (0.3, 3.3)	
(8–12)	1	
<8	0.3 (0.1, 1.3)	0.21
Cardiac index (l/min/m²)		
>3	1	
<3	1.4 (0.5, 4.1)	0.53
Urinary output (ml/kg/h)		
>0.5	1	
<0.5	10.8 (2.9, 52.8)	0.001
Arterial lactate (mmol/l)		
<1.5	1	
(1.5–3)	3.8 (0.7, 29.5)	
>3	26 (2.1, 70.6)	0.01
Mottling score		
0–1	1	
2–3	16 (4, 81)	
4–5	74 (11, 1,568)	<0.0001

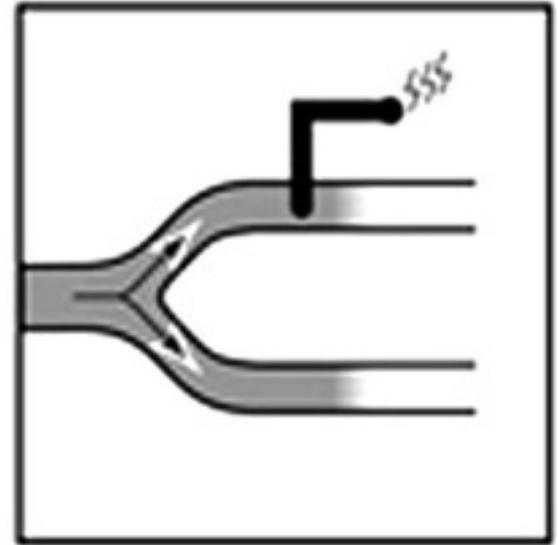
Indikatordilution



a

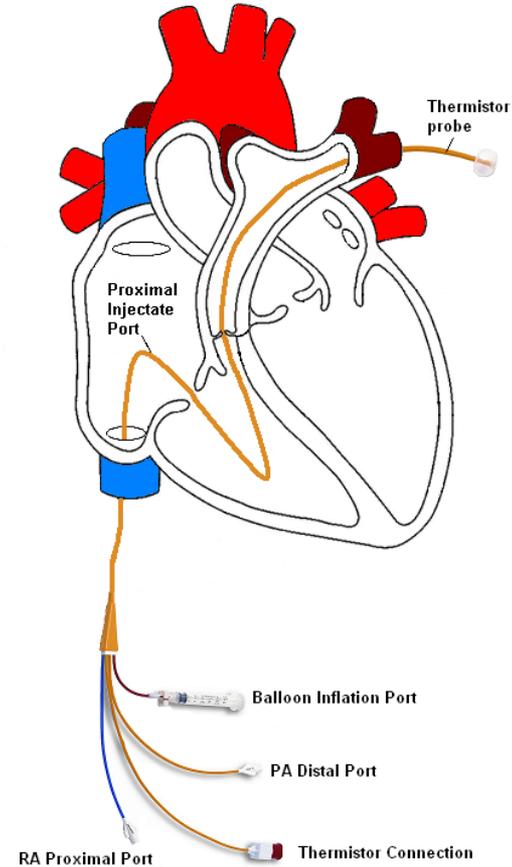
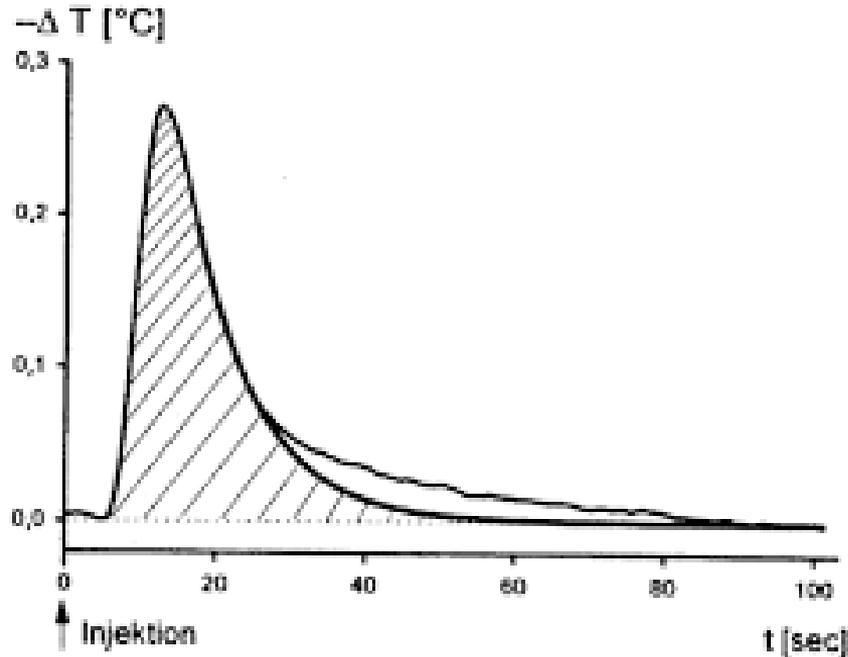


b



c

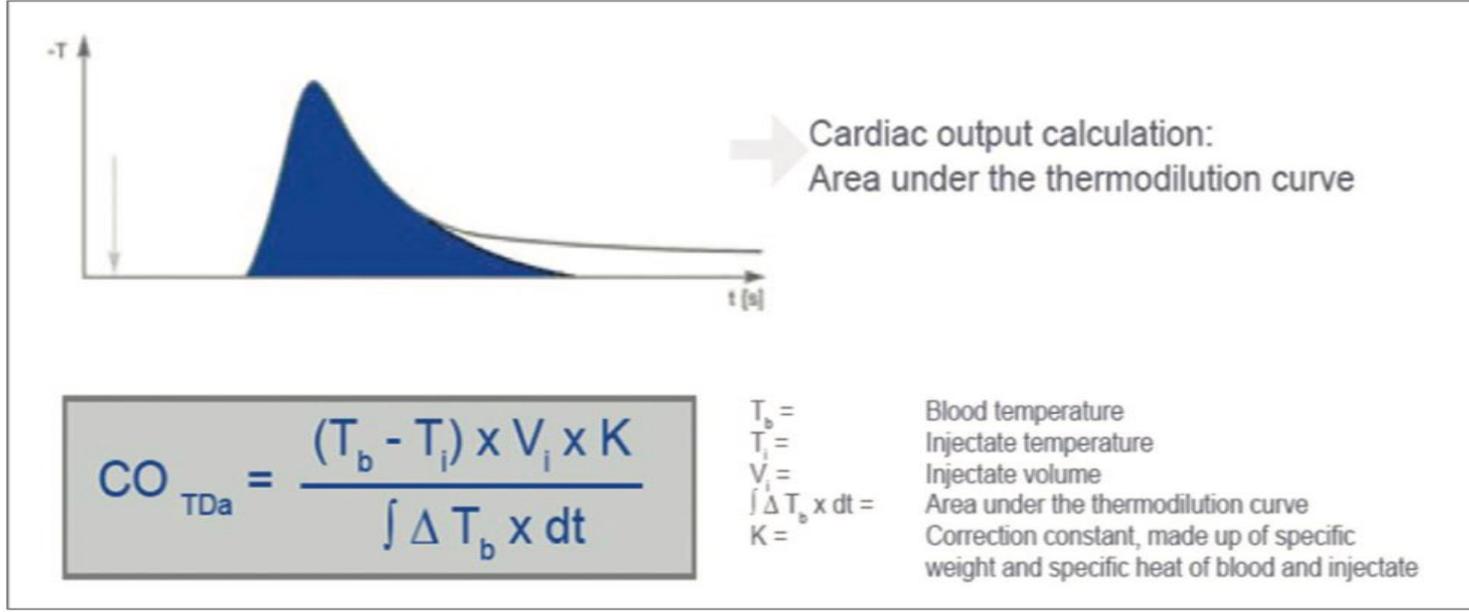
Pulmonal-arterielle Thermodilution



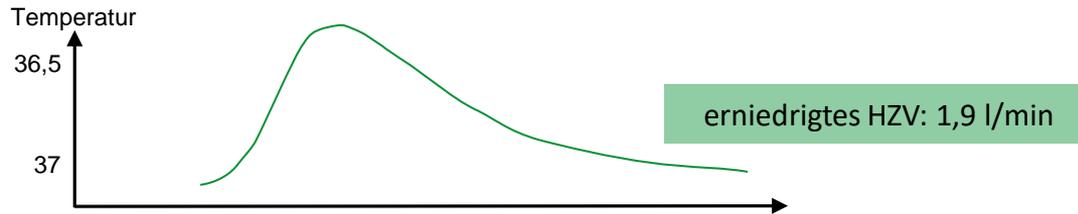
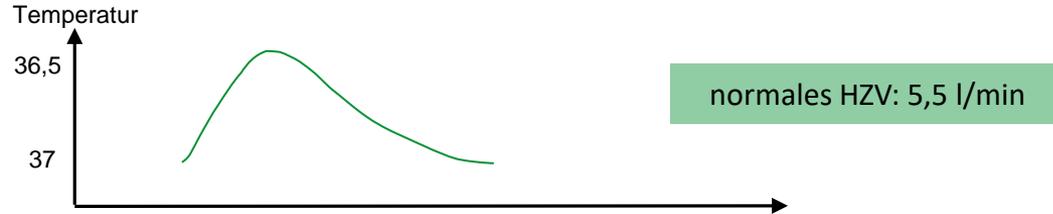
HZV Messung mittels Thermodilution



Das HZV wird nach dem modifizierten Stuart – Hamilton – Algorithmus aus der Fläche unter der Thermodilutionskurve ermittelt



HZV Messung mittels Thermodilution



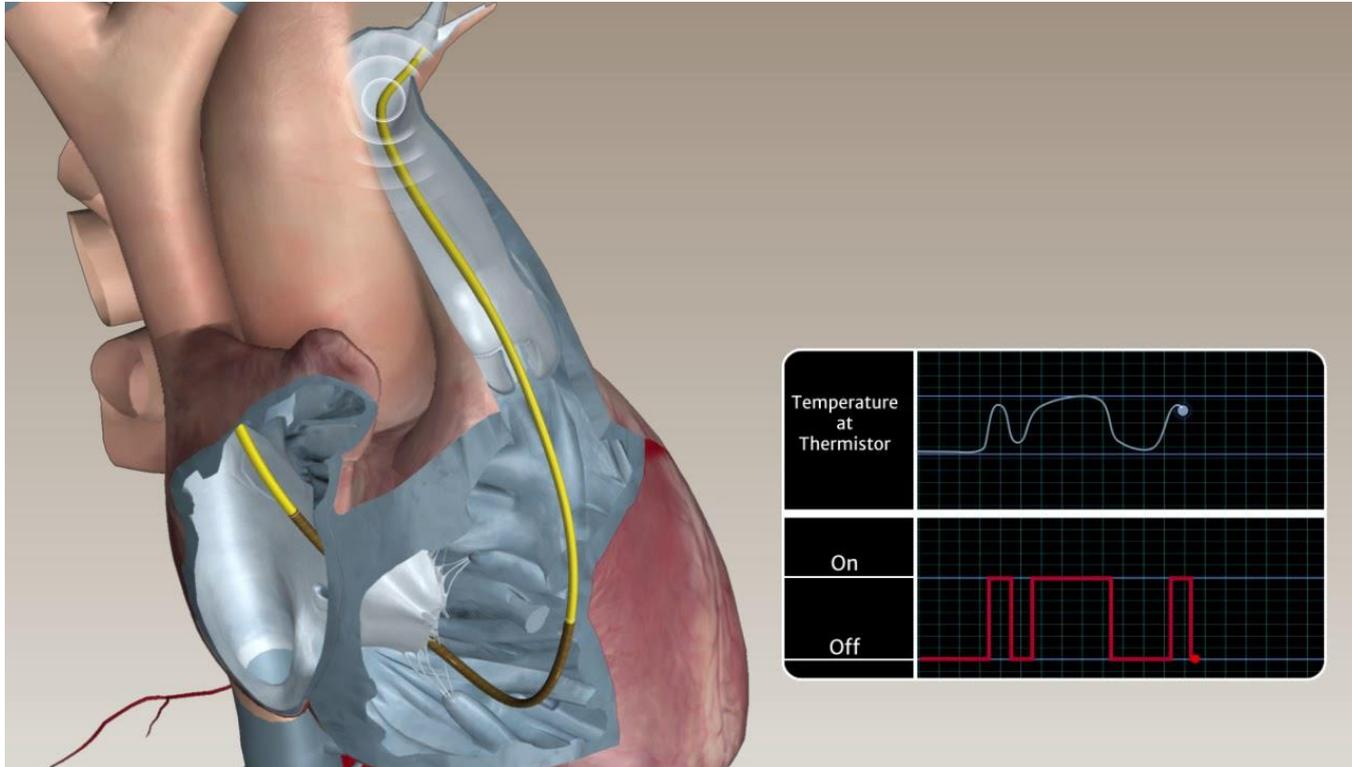
NB: Die Fläche unter der Thermodilutionskurve ist umgekehrt proportional zum HZV

Indikatorindilution: Fehlerquellen



- Indikatorinjektion
 - Verlust von Indikator
 - Variation Temperatur Injektat, Injektionsgeschwindigkeit
- Patientenspezifisch
 - Intrakardiale Shunts
 - TRINS
- Atemzyklus
- Mathematisch/Algorithmus bedingt
- Missinterpretation der Messergebnisse

Kontinuierliches HZV Monitoring



Kontinuierliches HZV Monitoring



- Geringerer Zeitaufwand
 - Geringeres Kontaminationsrisiko
 - Eliminiert typ. Fehler der Bolusmethode
 - Kontinuierlicher Trend
 - Geringere Schwankungen
-
- CAVE: keine beat to beat Analyse - zeitverzögert; abrupte CO Änderungen – bis zu 10 (-15) Minuten!

Kontinuierlich vs. Intermittierend

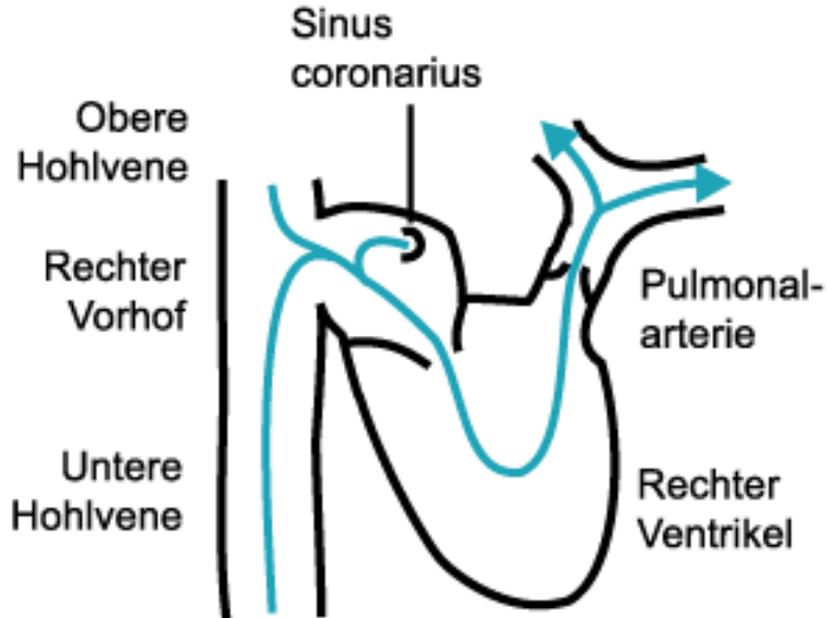


Table 1. Comparisons of Continuous Pulmonary Artery Thermodilution Versus Intermittent Bolus Pulmonary Artery Thermodilution Cardiac Output

Investigators (y)	Study variables				Measures of agreement		
	Population	Ages	N	n	r	Bias	Precision
Yeldermann 1990 ⁶¹	Intensive care unit	ni	54	222	0.94	0.3%	11.5%
Boldt et al. 1994 ¹³¹	Intensive care unit	ni	35	404	ni	0.03 L · min ⁻¹	0.52 L · min ⁻¹
Haller et al. 1995 ⁷⁶	Intensive care unit	24–79	14	163	0.91	0.35 L · min ⁻¹	1.01 L · min ⁻¹
Böttiger et al. 1995 ⁷⁵	Liver transplant	48 ± 11	20	192	0.89	0.240 L · min ⁻¹	1.79 L · min ⁻¹
Burchell et al. 1997 ¹³²	Intensive care unit	ni	21	202		0.49 L · min ⁻¹	1.01 L · min ⁻¹
Mihm et al. 1998 ⁶²	Intensive care unit	ni	47	372	0.92	0.12 L · min ⁻¹	0.84 L · min ⁻¹
Medin et al. 1998 ⁶³	Intensive care unit	17–77	20	306	0.87	ni	ni
Zöllner et al. 1999 ⁶⁷	Cardiac surgery	29–86	20	240	0.89	0.52 L · min ⁻¹	1.29 L · min ⁻¹
Schmid et al. 1999 ⁶⁶	Intensive care unit	15–81	56	167	0.85	0.052 L · min ⁻¹	0.9 L · min ⁻¹
Singh et al. 2002 ⁶⁸	Cardiac surgery	57.1 ± 11.6	20	400	0.78	-0.095 L · min ⁻¹	0.729 L · min ⁻¹

N = number of individuals; n = number of measurements; Precision = SD of differences, if not otherwise noted; ni = not indicated.

Kontinuierliche SvO₂ Messung



PAK - Bewertung

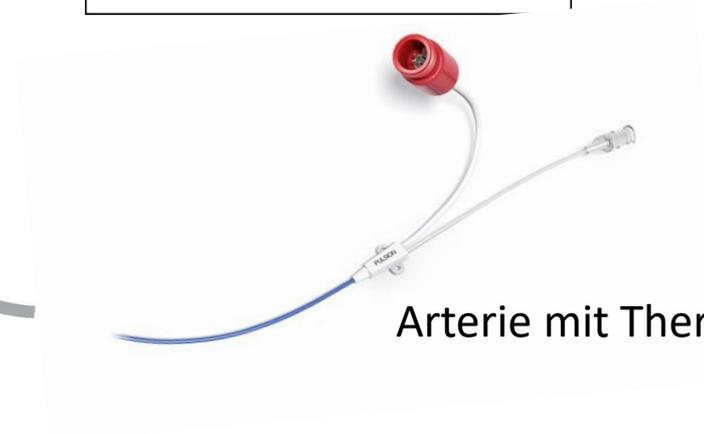
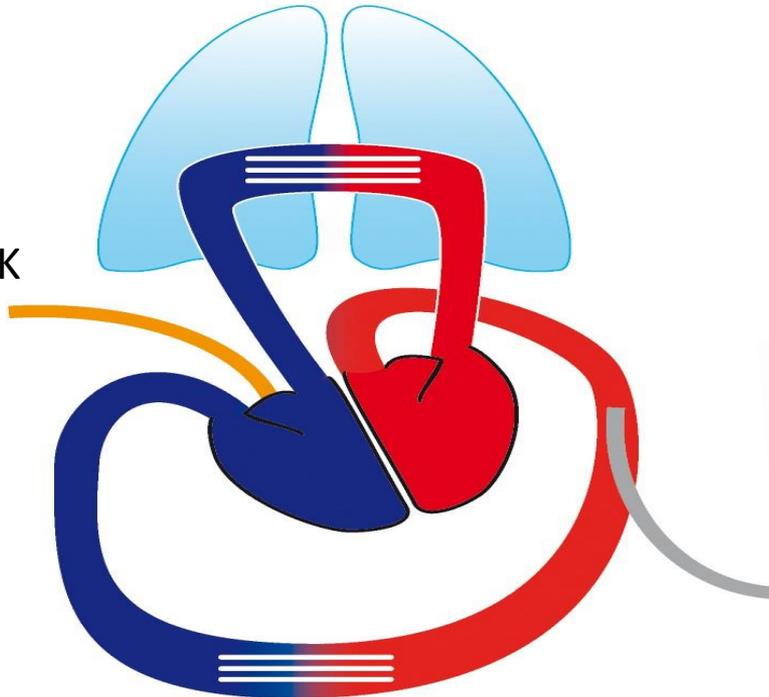


- Goldstandard in der HZV Bestimmung
- Kontinuierliches Monitoring CO & SvO₂
- Kardioanästhesie
- Pulmonal-arterielle Hypertonie
 - Titration von pulm. Vasodilatoren
- Rechtsherzversagen
- Invasiv, schwere Komplikationen bis Tod
- → strenge Indikation, therapeutische Konsequenz

Transpulmonale Thermodilution PiCCO

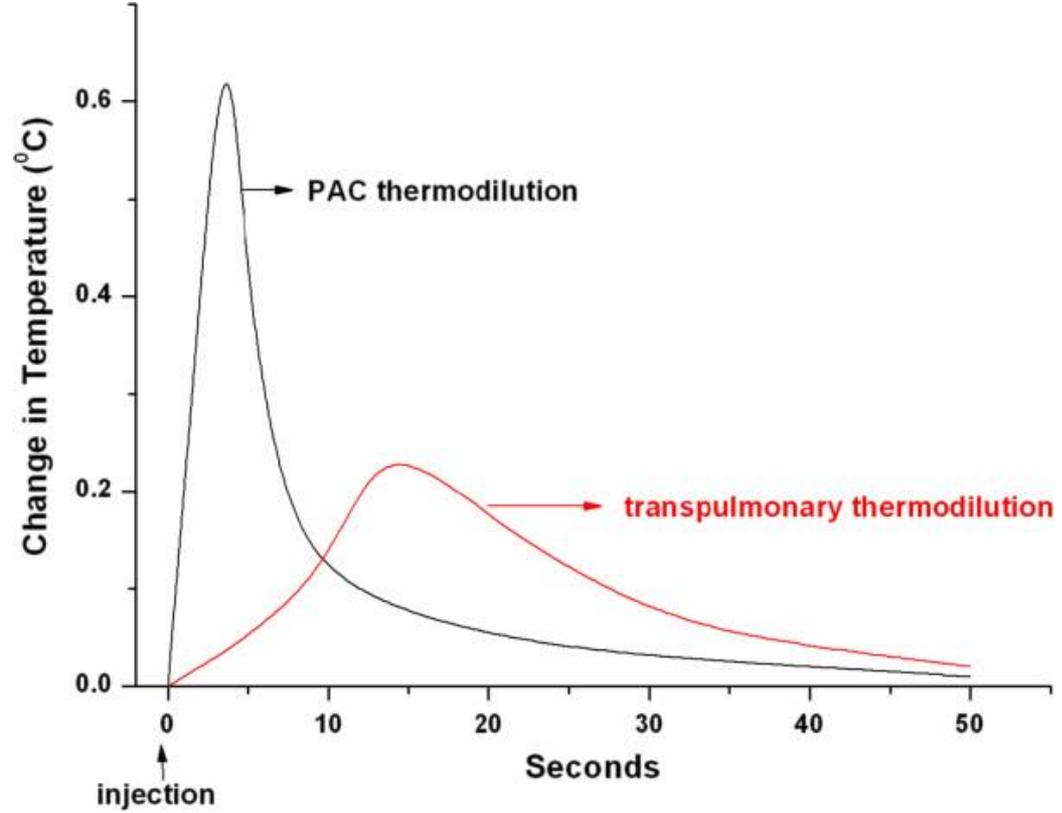


Standard ZVK



Arterie mit Thermistor

Transpulmonale Thermodilution



Transpulmonal vs. Pulmonal-arteriell

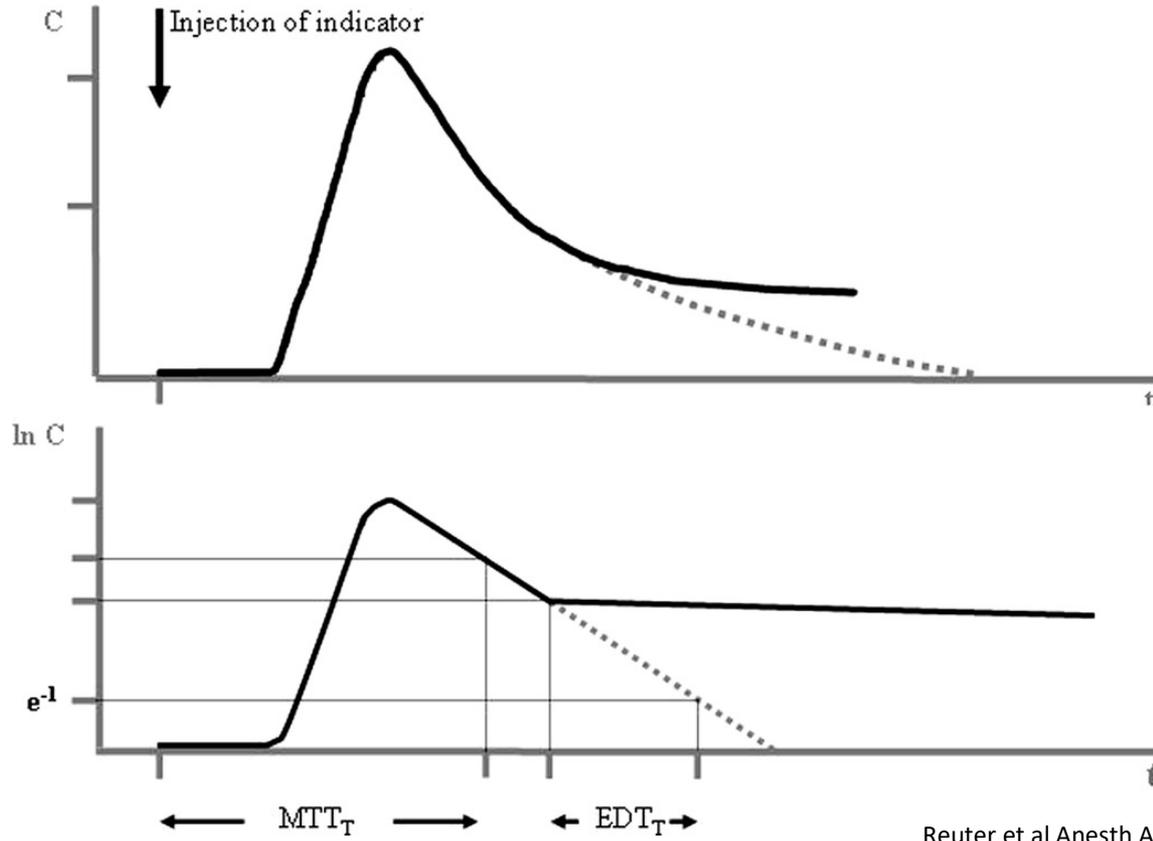


Table 2. Comparisons of Transcardiopulmonary Thermodilution Versus Pulmonary Artery Thermodilution Cardiac Output

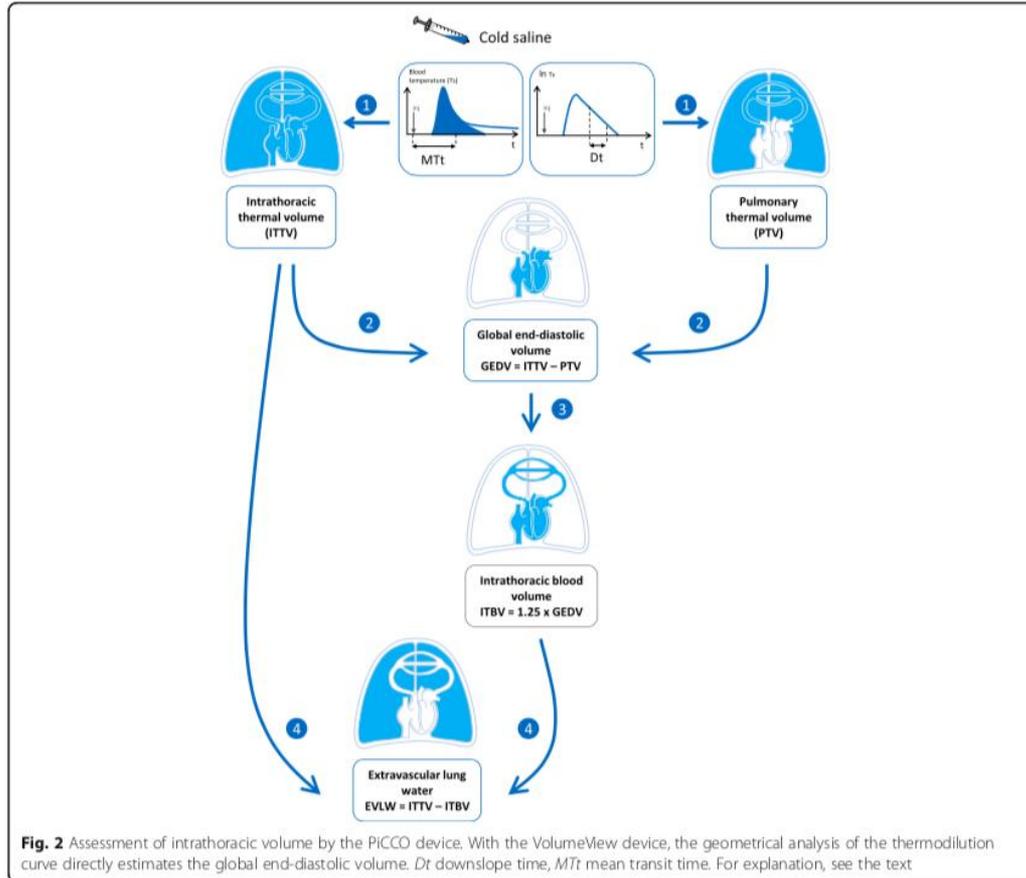
Investigators (y)	Study variables				Measures of agreement		
	Patient population	Ages	N	n	r	Bias	Precision
Della Rocca et al. 2002 ¹²⁸	Liver transplant	24–66	62	186	0.93	+1.9%	11%
Friesecke et al. 2009 ¹²⁹	Severe heart failure	ni	29	325	ni	10.3%	27.3%
Goedje et al. 1999 ⁸⁷	Cardiac surgery	41–81	24	216	0.93	+4.9%	11%
Holm et al. 2001 ⁸⁵	Burns	19–78	23	109	0.97	+8.0%	7.3%
Kuntscher 2002 ⁸⁶	Burns	21–61	14	113	0.81	ni	ni
McLuckie et al. 1996 ⁸⁴	Pediatrics	1–8	10	60	ni	+4.3%	4.8%
Segal 2002 ⁸¹	Intensive care unit	27–79	20	190	0.91	+4.1%	10%
von Spiegel et al. 1996 ⁸⁰	Cardiology	0.5–25	21	48	0.97	–4.7%	12%
Wiesenack et al. 2001 ¹³⁰	Cardiac surgery	43–73	18	36	0.96	+7.4%	7.6%
Zöllner et al. 1999 ⁶⁷	ARDS	19–75	18	160	0.91	–0.33%	12%

N = number of patients; n = number of measurements; Precision = so of differences, if not otherwise noted; ni = not indicated.

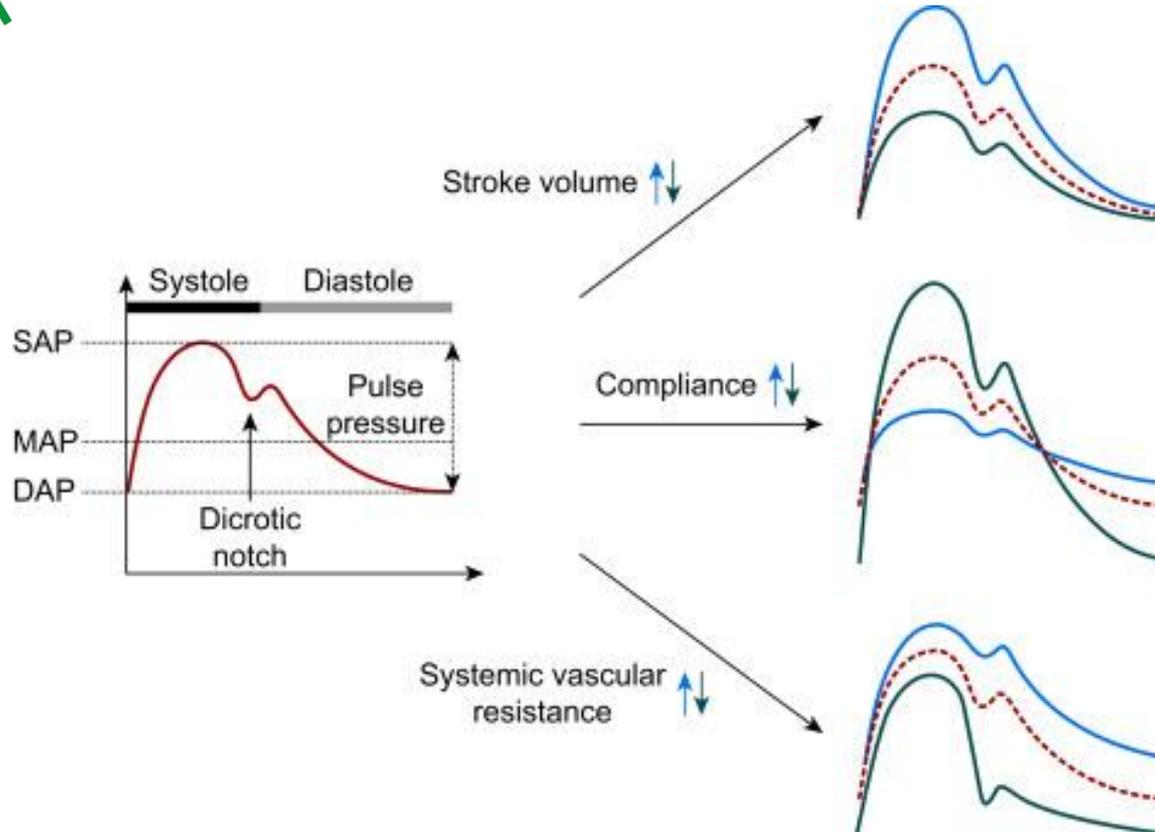
Transpulmonale Thermodilution



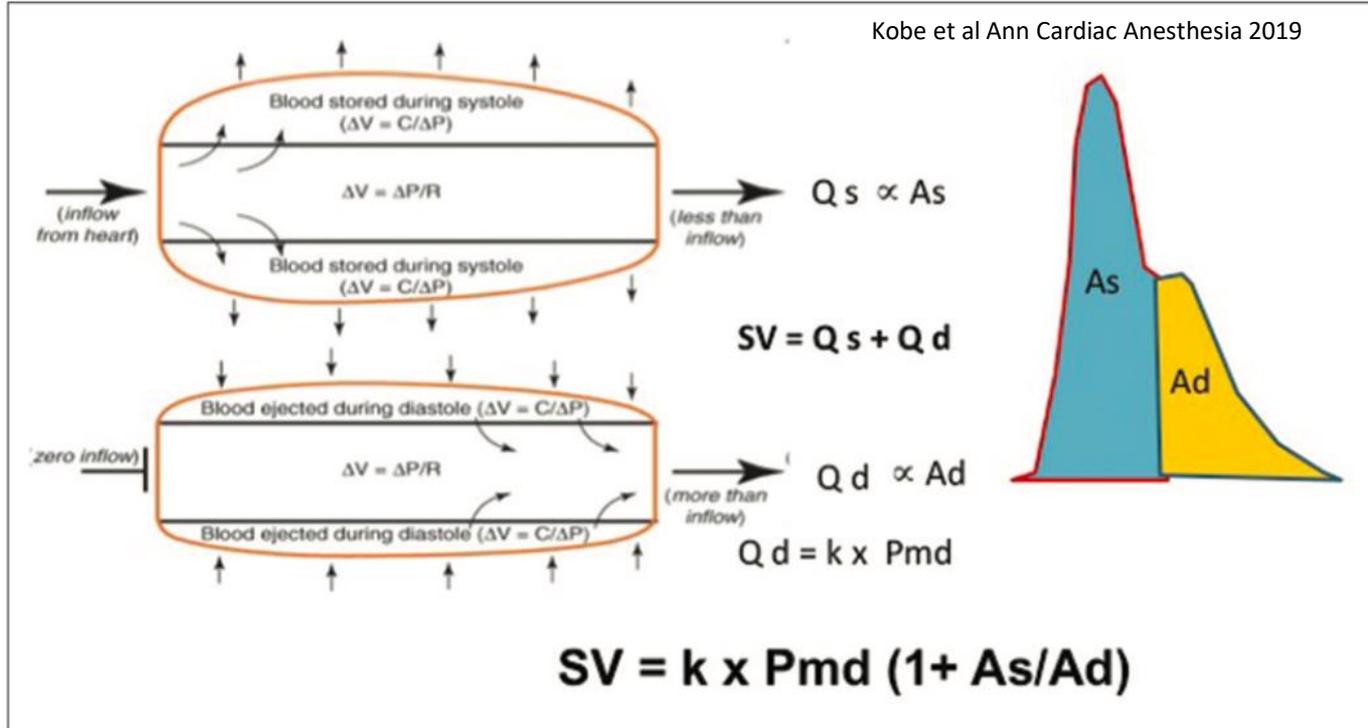
Transpulmonale Thermodilution



Arterielle Pulskonturanalyse



Arterielle Pulskonturanalyse



- k** = Konstante (abhängig von Compliance/Resistance)
Pmd = end systolic mean distending pressure (Druck in der Aorta – peripherer arterieller Druck)

Arterielle Pulskonturanalyse



$$SV = k \times P_{md} (1 + A_s/A_d)$$

Kalibration durch externe
Messung des SV (Echo,
Indikatordilution)

Schätzung/„Autokalibration“
durch nomogrammbasierte Daten
(Alter, Gewicht, Geschlecht,
Größe,...) und Kurvenform

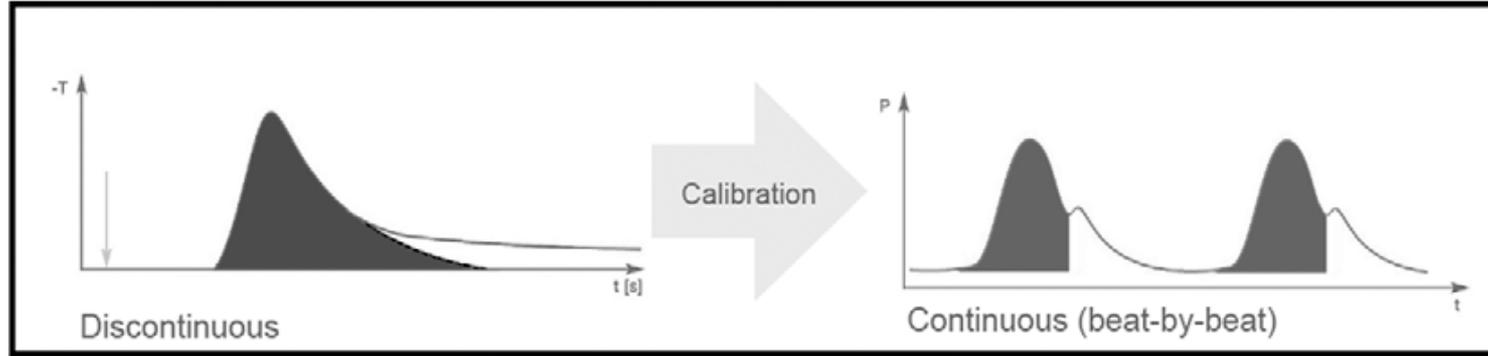
„Kalibrierte PKA“

PiCCO Plus (Pulsion)
LidCO Plus (LidCO Ltd.)
EV1000/Volume View (Edwards)

„Nicht Kalibrierte PKA“

FloTrac/Vigileo (Edwards)
LidCO rapid (LidCO Ltd.)
Nexfin Monitor (BMEYE)
esCCO (Nihon Koden)

Kalibration - PCCO



$$PCCO = \text{cal} \times HR \times \int_{\text{Systole}} \left(\frac{P(t)}{SVR} + C(p) \times \frac{dP}{dt} \right) dt$$


 Patient-specific
 calibration factor
 (determined with
 thermodilution)


 Heart
 rate


 Area of
 pressure
 curve


 Aortic
 compliance


 Shape of
 pressure
 curve

Kalibration - PCCO



- Kalibration zumindest alle 8 Stunden
- Wert „valide“, solange letzte Kalibration < 1 Stunde
- In Phasen schwankender Hämodynamik Kalibration alle 15 Minuten

Arterielle Pulskonturanalyse



$$SV = k \times P_{md} (1 + A_s/A_d)$$

Kalibration durch externe
Messung des SV (Echo,
Indikatordilution)

Schätzung/„Autokalibration“
durch nomogrammbasierte Daten
(Alter, Gewicht, Geschlecht,
Größe,...)

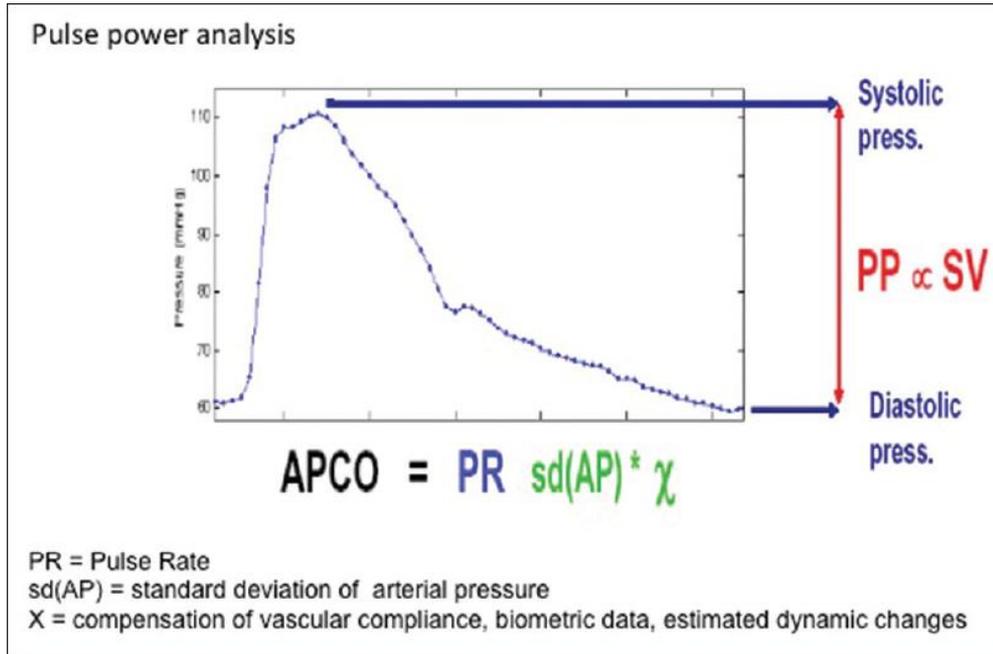
„Kalibrierte PKA“

PiCCO Plus (Pulsion)
LidCO Plus (LidCO Ltd.)
EV1000/Volume View (Edwards)

„Nicht Kalibrierte PKA“

FloTrac/Vigileo (Edwards)
LidCO rapid (LidCO Ltd.)
Nexfin Monitor (BMEYE)
esCCO (Nihon Koden)

Nicht kalibrierte PKA - FloTrac/Vigileo



- Analyse des arteriellen Signals mit 100 Hz, Analyse alle 20 Sekunden
- 2000 Datenpunkte (20 sec. x 100 Hz)
- Analysiert wird die Standardabweichung des arteriellen Druckes: $sd(AP)$
- Annahme: $sd(AP) \propto PP \propto SV$

Kalibrationsfaktor χ („KHI“)



χ = insgesamt 12 Variablen

$$\chi = M (HF, BSA, MAP, C(P), \sigma_{AP}, \mu_{3AP}, \mu_{4AP}, \mu_{1T}, \mu_{2T}, \mu_{3T}, \mu_{4T})$$

M	=	multivariate polynomale Variable
HF	=	Herzfrequenz
BSA	=	Körperoberfläche
C(P)	=	Compliance nach Langewouters
σ_{AP}	=	Standardabweichung des arteriellen Pulsdruckes (mmHg)
μ_{3AP}	=	„Skewness“: Kurvenform (Schiefe)
μ_{4AP}	=	„Kortosis“: Kurvenform (Wölbung)
$\mu_{1T}, \mu_{2T}, \mu_{3T}, \mu_{4T}$	=	Druck-gewichtete Kurvenformen

Nicht kalibrierte PKA - Limitationen



- Trends > Absolutwerte
- Qualität der Arterienkurve (Dämpfung)
- Aorteninsuffizienz
- Nicht validiert bei LVAD, IABP,...
- Nur für Erwachsene Patienten
- Rhythmusstörungen (VHF, gehäufte ES)
- Im Schock/bei Vasokonstriktion Art. Radialis nicht geeignet/PAK empfohlen

REVIEW ARTICLE

Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring devices: a systematic meta-analysis†

Pooled weighted percentage error = 41%
Nicht kalibrierte Pulskonturanalyse vs. Thermodilution

A. Joosten†

B. Alexander

D. Mauco

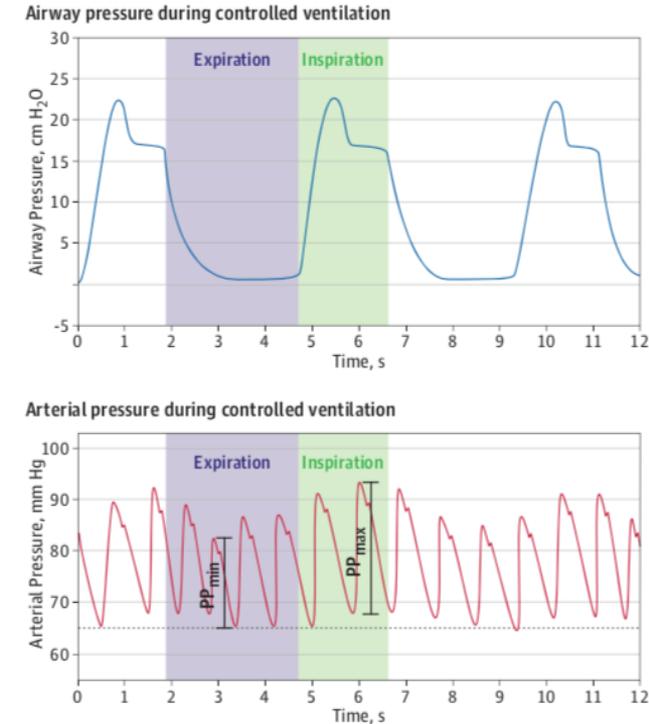
Y. Suehiro³, L. S.-L. Murphy⁴, M. Essiet⁵,
C. J. G. J. van den Broek^{7,8}, L. Barvais¹, L. Van Obbergh¹,
and M. Cannesson¹⁰

PPV



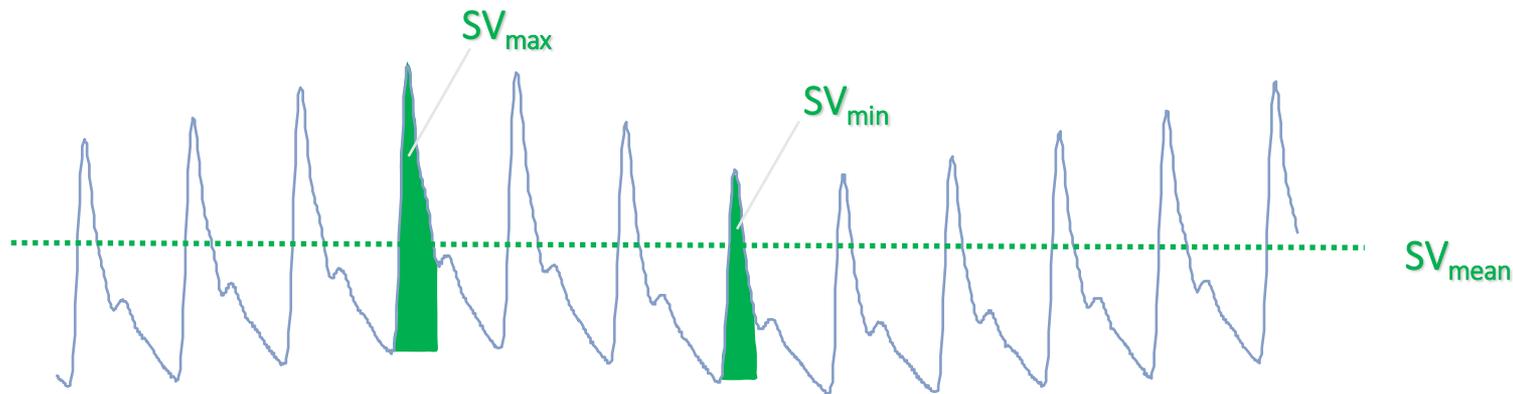
- Arterieller Pulsdruck (und Schlagvolumen) unterliegen während kontrollierter Beatmung zyklischen Schwankungen
- Inspiration: Anstieg
- Expiration: Abfall

Figure 3. Airway Pressure and Arterial Pressure During Controlled Ventilation



Airway pressure and blood pressure tracings illustrating variations in pulse pressure (PP) during pulse pressure variation (PPV).

SVV



$$SVV = \frac{SV_{\max} - SV_{\min}}{SV_{\text{mean}}}$$

Schlagvolumenvariation (SVV) = Variation der Schlagvolumina während der Beatmungszyklen (30 sec.)

SVV/PPV



- Norm: <10%
- Volumenreagibel: >12-13%
- Sensitivität 79-84%, Spezifität 84%

- Voraussetzung:
 - Kontrollierte Beatmung (Vt 8 – 10 ml/kgKG)
 - Hf/Af >3.6
 - Keine Arrhythmien (VHF, ES)
 - Keine spontanen Atemanstrengungen
 - Thorax geschlossen

Echokardiographie

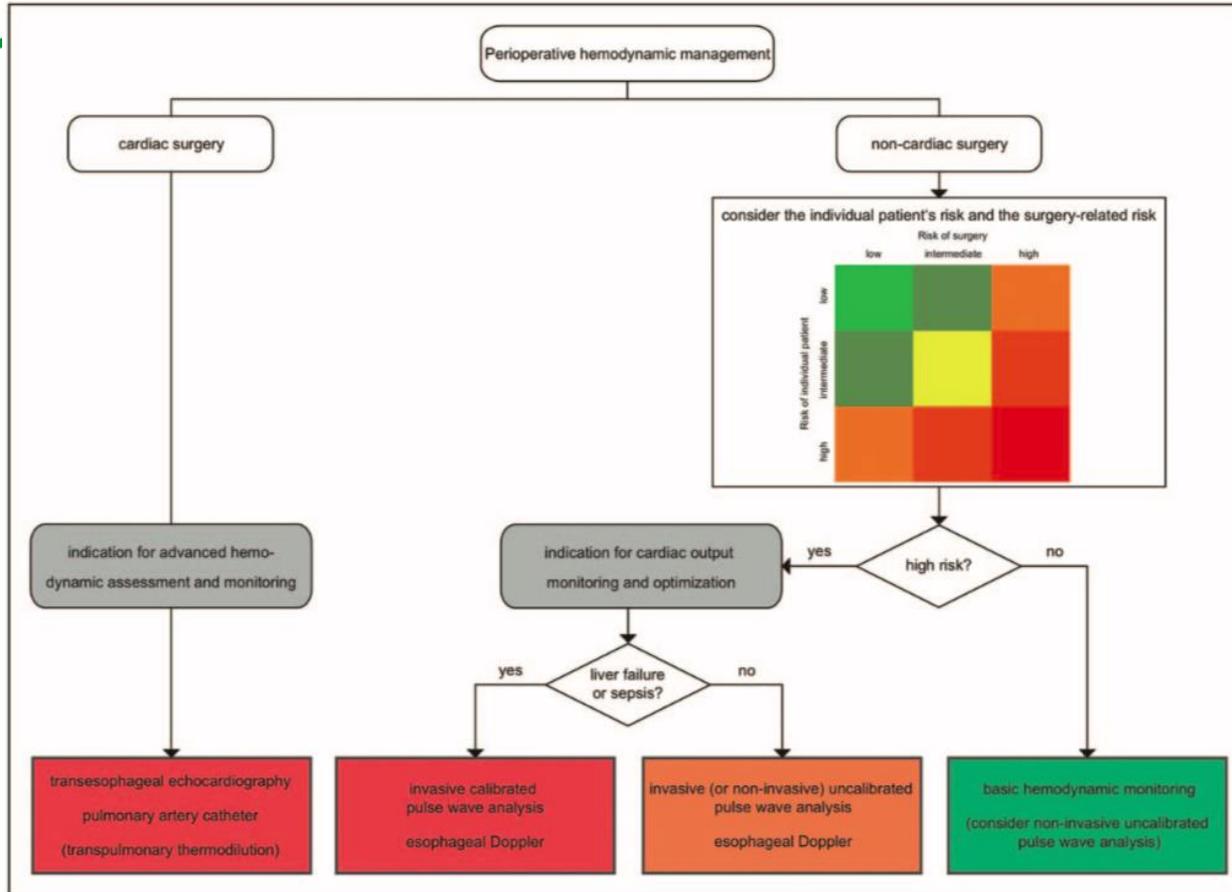


- rasch verfügbar
- Visualisierung der Strukturen
- Bestimmung vieler Parameter möglich
 - SV, LVEF, TAPSE/FAC, Volumenreagibilität, diastolische Funktion, Klappenstatus
 - Regionale Wandbewegungstörungen



- kein online Monitoring
- keine Aussagen über O₂ Angebot/Verbrauch
- Inter/Intra Observer Variabilität
- Ausbildungsaufwand
- Anschaffungskosten

Monitoring Auswahl: Operationssaal



Monitoring Auswahl: Intensivstation

Intensive Care Med (2014) 40:1795–1815
DOI 10.1007/s00134-014-3525-z

CONFERENCE REPORTS AND EXPERT PANEL

Maurizio Cecconi
Daniel De Backer
Massimo Antonelli
Richard Beale
Jan Bakker
Christoph Hofer
Roman Jaeschke
Alexandre Mebazaa
Michael R. Pinsky
Jean Louis Teboul
Jean Louis Vincent
Andrew Rhodes

Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine

Akutes Kreislaufversagen

Klinische Bewertung

Arterieller Zugang

Zentraler Venenkatheter

Laktat, ScvO₂

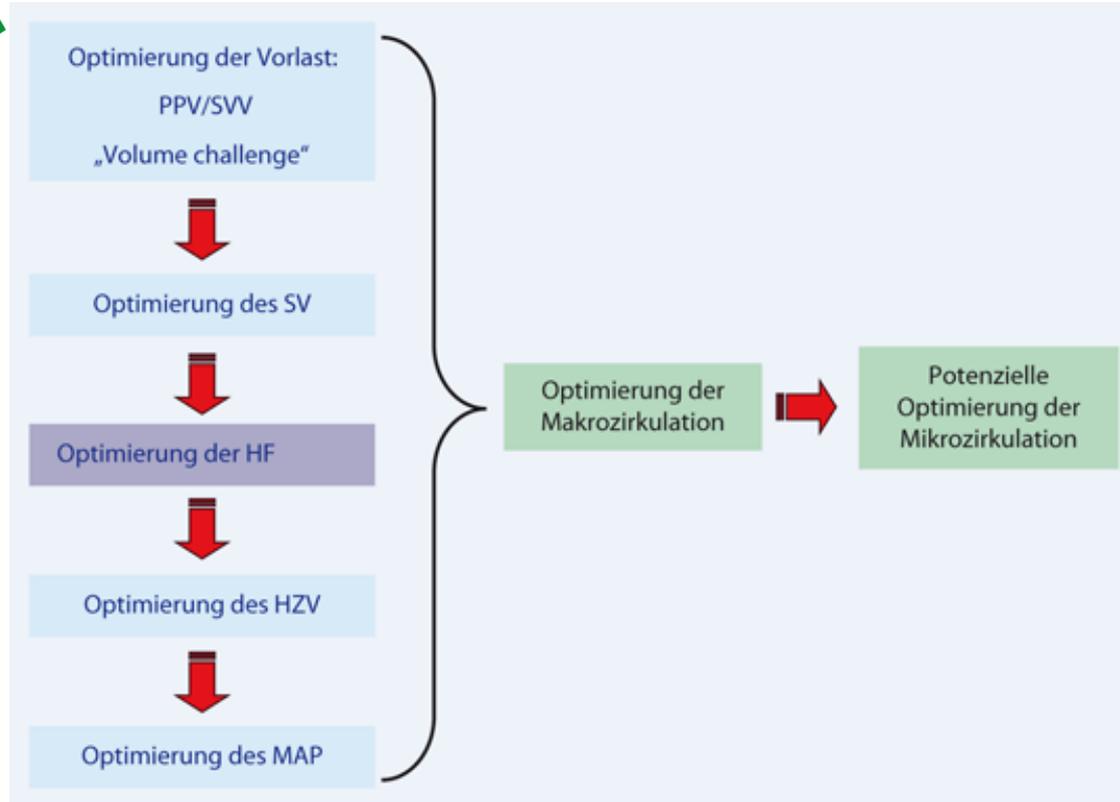
Echokardiographie

Positive Reaktion auf die initiale Therapie

Unzureichende Reaktion auf die initiale
Therapie, komplexe Patienten

Erweitertes hämodynamisches Monitoring
(PAK, PICCO)

Hämodynamische Optimierung



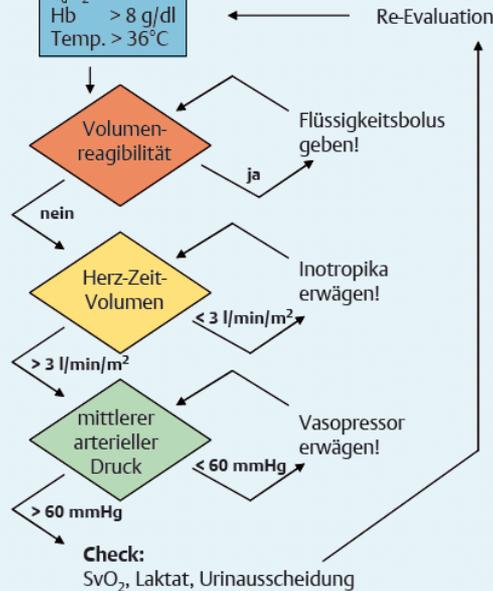
Hämodynamische Optimierung



Therapieschema zur zielgerichteten hämodynamischen Optimierung

Identifiziere:
Hochrisikoeingriff
Hochrisikopatient

$S_aO_2 > 94\%$
Hb > 8 g/dl
Temp. $> 36^\circ\text{C}$



- 1. Frage: Ist mein Patient adäquat perfundiert?
- 2. Frage: Benötigt mein Patient Volumen? Reagiert er auf Volumen?
- 3. Frage: Wie ist das HZV nach Volumenoptimierung? Benötigt er Inotropika?
- 4. Frage: Wie ist der Blutdruck nach Volumen- und HZV Optimierung? Benötigt er Vasopressoren?
- 5. Frage: ist meine Therapie korrekt?

Phasen der Schocktherapie



	Salvage	Optimization	Stabilization	De-escalation
Phase Focus	Obtain a minimal acceptable blood pressure	Provide adequate oxygen availability	Provide organ support	Wean from vasoactive agents
	Perform lifesaving measures	Optimize cardiac output, SvO ₂ , lactate	Minimize complications	Achieve a negative fluid balance

1. Frage



Ist mein Patient adäquat perfundiert?

- Klinische Untersuchung
 - Hauttemperatur
 - Rekapillarisation
 - Peripherer Puls
 - Schwitzen
 - Harnausscheidung
 - Mottling
 - Bewusstsein
- BGA (SvO₂/ScvO₂, Laktat, Hb, Oxygenierung)

2. Frage



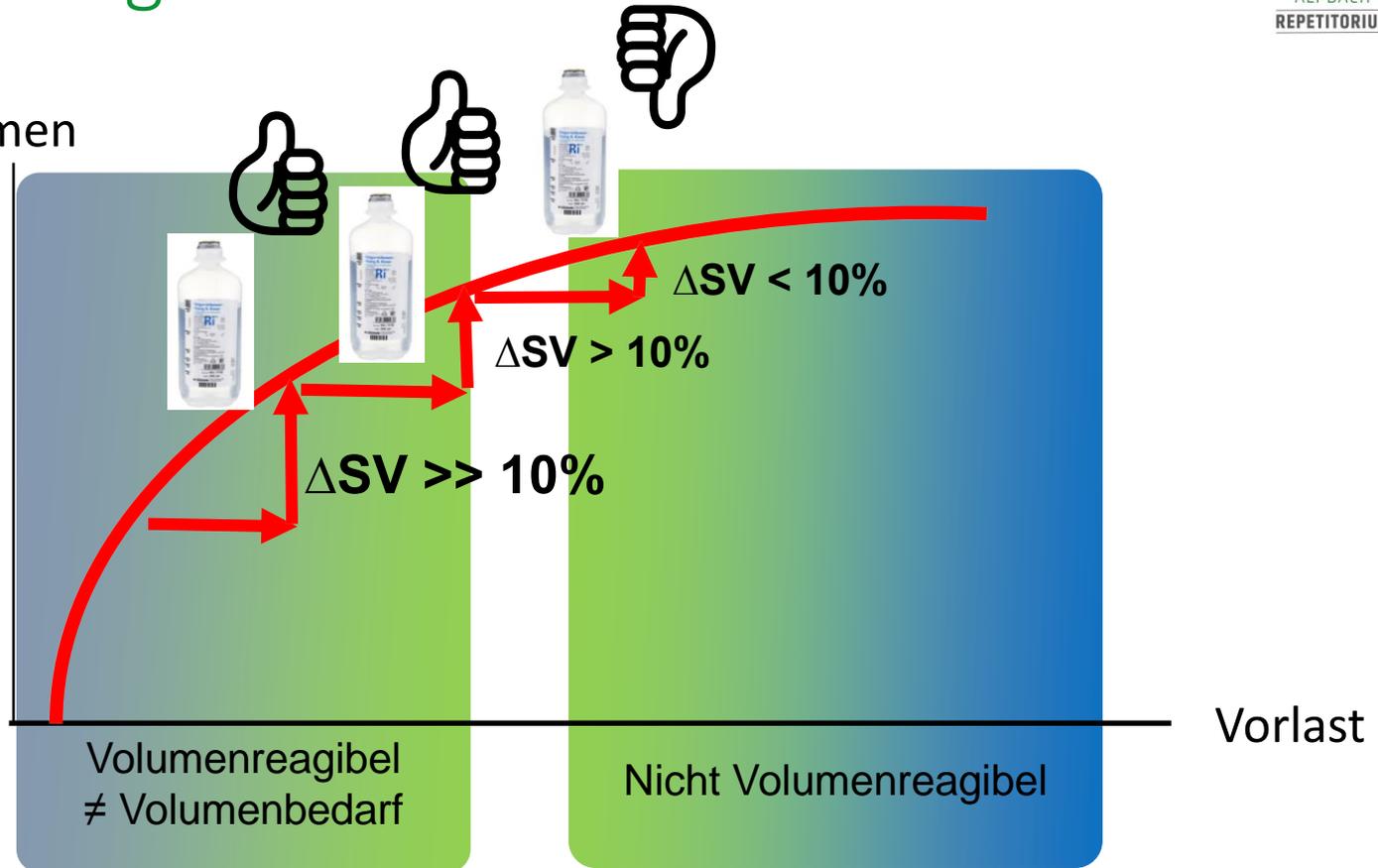
Reagiert mein Patient auf Volumen?

- 50% der hämodynamisch instabilen Patienten sind nach der initialen fluid resuscitation noch volumenreagibel
- Echo: LVEDV, Vena Cava collapsibility index, LV+RV Fkt, SVV
- Erweitertes hämodynamisches Monitoring (Pulskonturanalyse: SVV/PPV; Ösophagus Doppler: Ftc)
- Fluid challenge/Passive leg raise

Volumenreagibilität



Schlagvolumen



Passive Leg Raise



A Semirecumbent bed position



B Passive leg raising



Passive Leg Raise



Nicht: Anstieg des MAP!

- **Anstieg des Schlagvolumens >10%** (TTE/TEE, PICCO, Vigileo, LiDCO, CardioQ,...) innerhalb einer Minute
- **Anstieg des endexp. CO₂** (Kapnographie)
- Sensitivität 88-92%, Spezifität 92%



Die Optimierung der Gewebedurchblutung und Stabilisierung der kardialen Vorlast soll konsequent und zeitgerecht erfolgen.

Hinweise auf Volumenbedarf können beim kritisch kranken Patienten die klinische Beobachtung (z.B. Hautkolorit, Hauttemperatur, Rekapillarierungszeit), Laktatspiegel, zentralvenöse Sauerstoffsättigung, Laktatclearance und bedingt konventionelle makrohämodynamische Parameter (z.B. Herzfrequenz, arterieller Blutdruck) liefern.

Wenn durch blind-pauschale Volumentherapie eine hämodynamisch instabile Situation nicht innerhalb von 1–2 Stunden in eine stabile überführt werden kann, sollte das Monitoring in Richtung der Messung dynamischer, flussbezogener Parameter erweitert werden (transösophagealem Doppler oder Pulsokturanalyse, PPV, SVV). Bei großen Operationen und/oder schwerwiegenden Komorbiditäten sollte die Indikation für dieses erweiterte Monitoring bereits zu Eingriffsbeginn gestellt werden.

3. Frage



Benötigt mein Patient Inotropika ?

- **Echokardiographie**

- SV, LV und RV Funktion, diastolische Funktion, reg. WBST, Füllung, Klappenapparat, Tamponade,....
- keine „blinde“ Inotropika Gabe ohne Echo!

- PAK (CO, SvO₂)

- kalibrierte PKA (CO, ScvO₂, Kontraktilitätsparameter)
- Ösophagus Doppler (CO, peak velocity, mean acceleration)
- (nicht kalibrierte PKA)

4. Frage



Benötigt mein Patient Vasopressoren ?

- Ausreichender Volumenstatus & ausreichendes HZV !
- Keine „Monitorkosmetik“
- Kein „blindes“ Eskalieren von Vasopressoren

„Arterenol ist kein Volumenersatzmittel“

5. Frage



Ist meine Therapie korrekt?

- Patient wird warm
- Marmorierung geht zurück
- HZV/SV steigt
- SvO₂/ScvO₂ steigt
- Diurese wird besser
- Laktat geht zurück
- Inotropika/Vasopressoren können reduziert werden

Zusammenfassung



- Ziel der Kreislauftherapie
 - DO₂, Mikrozirkulation
- Druck ≠ Fluss
- klinische Zeichen inadäquater Perfusion
- Thermodilution: Pulmonalarteriell, Transpulmonal
- Pulskonturanalyse: Kalibriert, Nicht Kalibriert, SVV/PPV
- Praktische Anwendung, Volumenreagibilität