

Weiterbildungswoche

April 2021

Zeitplan

Uhrzeit	Aktivität
7:30-7:35	Schnelltest Covid; Unterschrift Covid
7:35-7:50	Begrüßung
7:50-7:55	Reanimation
7:55-8:30	Simulation 1
8:30-9:05	Simulation 2
9:05-9:20	Kaffeepause
9:20-9:40	Gerätekunde
9:40-10:10	Simulation 3
10:10-10:20	Kaffeepause
10:20-10:45	Non-technical skills
10:45-10:50	Reanimation
10:50-11:00	Kursabschluss

Zeitplan

Uhrzeit	Aktivität
12:30-12:35	Schnelltest Covid; Unterschrift Covid
12:35-12:50	Begrüßung
12:50-12:55	Reanimation
12:55-13:30	Simulation 1
13:30-14:05	Simulation 2
14:05-14:20	Kaffeepause
14:20-14:40	Gerätekunde
14:40-15:10	Simulation 3
15:10-15:20	Kaffeepause
15:20-15:45	Non-technical skills
15:45-15:50	Reanimation
15:50-16:00	Kursabschluss

Simulation

- Geschützter Raum
- Wertschätzung & Respekt
- Momentaufnahme
- Aus Fehlern lernen
- Spaß

Reanimation

Was zeichnet eine qualitativ hochwertige Herzdruckmassage aus?

Weiterbildungswoche

April 2021



Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin

Leitlinien und Empfehlungen

Guidelines and Recommendations

Functional check of the anaesthesia work station for enforcement of patient safety

Recommendation of the DGAI's Commission for
Standardization and Technical Safety

T. Prien¹ · H. Bürkle² · M. Czaplik³ · M. Hölzl⁴ · Ch. Hönemann⁵ · J. Gensemann⁶ ·
Th. Muders⁷ · R. Sattler⁸ · D. Schädler⁹ · T. Krauß¹⁰

► **Zitierweise:** Prien T, Bürkle H, Czaplik M, Hölzl M, Hönemann C, Gensemann J et al: Funktionsprüfung des Narkosegerätes zur Gewährleistung der Patientensicherheit. Anästh Intensivmed 2019;60:75–83.
DOI: 10.19224/ai2019.075

Sonderbeiträge

Special Articles

Funktionsprüfung des Narkosegerätes zur Gewährleistung der Patientensicherheit

Empfehlung der Kommission
für Normung und technische
Sicherheit der DGAI*

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^a)
UND
ungewöhnlich hoher Beatmungsdruck unter manueller oder kontrollierter Beatmung mit Narkosegerät

1. mit separatem Handbeatmungsbeutel^b ohne Atemsystemfilter beatmen

- **leicht möglich**

Stenose im Bereich „Atemsystemfilter, Schläuche oder Gerät“

prüfe: Y-Stück und Atemsystemfilter durchgängig?
Atemschläuche richtig montiert, abgeknickt?
Wasserfallen korrekt integriert, nicht kurzgeschlossen?
Ventildysfunktion?

- **erschwert oder nicht möglich** → Schritt 2

2. Absaugkatheter bis (LM) / über Tubusspitze vorschieben

- **möglich**

Ursache lungenseits der Tubusspitze (z. B. Bronchospasmus)

- **erschwert oder nicht möglich**

Stenose im Bereich des „Tubus“

prüfe: mobilisiere Atemweg: abgeknickt?
distales Ende des Tubus anliegend? Cuffhernie?
andere Okklusion von außen oder innen?
(z. B. Schleim- oder Blutkoagel, Inkrustierung einer Trachealkanüle)

– Ende der Checkliste –

^a Bei schwieriger Maskenbeatmung aufgrund hoher Widerstände liegen die Ursachen meist beim Patienten – ABER an Verlegungen im Bereich des Atemsystems muss auch gedacht werden.

^b Die Kommission empfiehlt dringend, an jedem Anästhesiearbeitsplatz einen separaten, selbstfüllenden Handbeatmungsbeutel mit Sauerstoffreservoir oder Demand-Sauerstoffquelle vorzuhalten.

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^a)

UND

ungewöhnlich hoher Beatmungsdruck unter manueller oder kontrollierter Beatmung mit Narkosegerät

^a Bei schwieriger Maskenbeatmung aufgrund hoher Widerstände liegen die Ursachen meist beim Patienten – ABER an Verlegungen im Bereich des Atemsystems muss auch gedacht werden.

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^{a)})

UND

ungewöhnlich hoher Beatmungsdruck unter manueller oder kontrollierter Beatmung mit Narkosegerät

1. mit separatem Handbeatmungsbeutel^b ohne Atemsystemfilter beatmen

- **leicht möglich**

Stenose im Bereich „Atemsystemfilter, Schläuche oder Gerät“

prüfe: Y-Stück und Atemsystemfilter durchgängig?

Atemschläuche richtig montiert, abgeknickt?

Wasserfallen korrekt integriert, nicht kurzgeschlossen?

Ventildysfunktion?

- **erschwert oder nicht möglich** → Schritt 2

^b Die Kommission empfiehlt dringend, an jedem Anästhesiearbeitsplatz einen separaten, selbstfüllenden Handbeatmungsbeutel mit Sauerstoffreservoir oder Demand-Sauerstoffquelle vorzuhalten.

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

2. Absaugkatheter bis (LM) / über Tubusspitze vorschieben

- **möglich**

Ursache lungenseits der Tubusspitze (z. B. Bronchospasmus)

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

2. Absaugkatheter bis (LM) / über Tubusspitze vorschieben

- **möglich**

Ursache lungenseits der Tubusspitze (z. B. Bronchospasmus)

- **erschwert oder nicht möglich**

Stenose im Bereich des „Tubus“

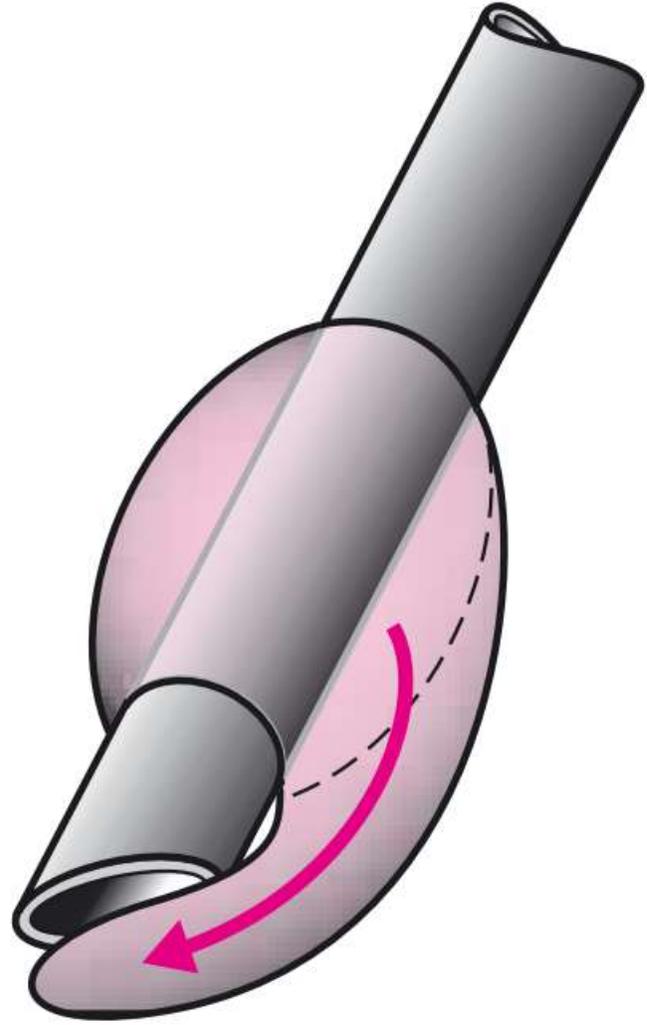
prüfe: mobilisiere Atemweg: abgeknickt?

distales Ende des Tubus anliegend? Cuffhernie?

andere Okklusion von außen oder innen?

(z. B. Schleim- oder Blutkoagel, Inkrustierung einer Trachealkanüle)

– Ende der Checkliste –



Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

2. Absaugkatheter bis (LM) / über Tubusspitze vorschieben

- **möglich**

Ursache lungenseits der Tubusspitze (z. B. Bronchospasmus)

- **erschwert oder nicht möglich**

Stenose im Bereich des „Tubus“

prüfe: mobilisiere Atemweg: abgeknickt?

distales Ende des Tubus anliegend? Cuffhernie?

andere Okklusion von außen oder innen?

(z. B. Schleim- oder Blutkoagel, Inkrustierung einer Trachealkanüle)

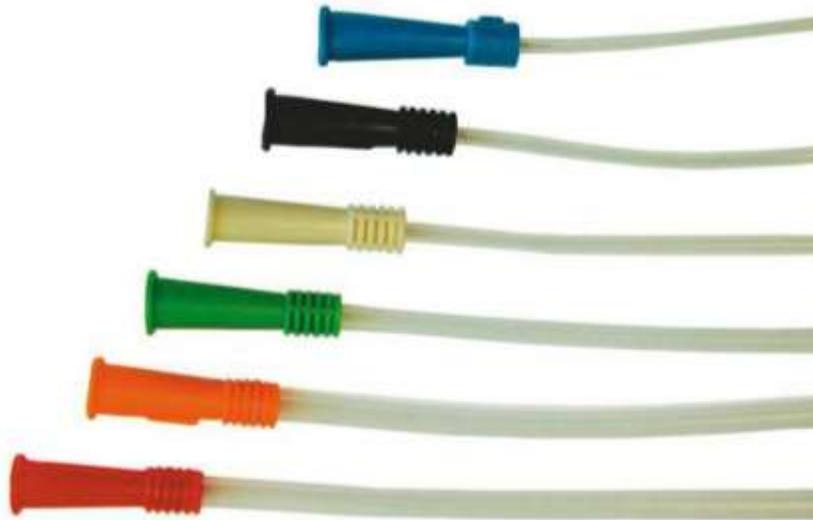
– Ende der Checkliste –

Systematik der Fehlersuche – Stenose im Atemsystem

1.



2.



Weiterbildungswoche

April 2021



Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin

Leitlinien und Empfehlungen

Guidelines and Recommendations

Functional check of the anaesthesia work station for enforcement of patient safety

Recommendation of the DGAI's Commission for
Standardization and Technical Safety

T. Prien¹ · H. Bürkle² · M. Czaplik³ · M. Hölzl⁴ · Ch. Hönemann⁵ · J. Gensemann⁶ ·
Th. Muders⁷ · R. Sattler⁸ · D. Schädler⁹ · T. Krauß¹⁰

► **Zitierweise:** Prien T, Bürkle H, Czaplik M, Hölzl M, Hönemann C, Gensemann J et al: Funktionsprüfung des Narkosegerätes zur Gewährleistung der Patientensicherheit. Anästh Intensivmed 2019;60:75–83.
DOI: 10.19224/ai2019.075

Sonderbeiträge

Special Articles

Funktionsprüfung des Narkosegerätes zur Gewährleistung der Patientensicherheit

Empfehlung der Kommission
für Normung und technische
Sicherheit der DGAI*

Geräte-KURZcheck

IMMER, wenn ein Patient an ein Anästhesiegerät angeschlossen wird.

Separater Handbeatmungsbeutel vorhanden?

1. Funktion des Atemsystems

- PaF-Test **vor** Anschluss des Patienten
- einige manuelle Atemhübe **vor** Beginn der maschinellen Beatmung

2. fließt O₂? (FiO₂?)

3. kommt CO₂? (etCO₂/Kapnographie)

Der KURZcheck gehört zu den genuinen Aufgaben des Anästhesisten und ist **nicht** delegierbar.

Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^c)
UND
ungenügender Druckaufbau unter manueller oder kontrollierter Beatmung

1. Frischgasfluss auf 12–15 l/min einstellen

Cave: Bei Verwendung des Sauerstoff-Flushs (geräteabhängig 25–75 l/min) zur Auffüllung des Atemsystems besteht für den am Narkosegerät angeschlossenen Patienten die Gefahr der Entwicklung ungewollt hoher Drücke und Tidalvolumina mit möglichem Baro- und/oder Volutrauma, vor allem bei Geräten ohne Frischgasflussentkopplung.

- **expiratorisches Tidalvolumen ausreichend**
Systematische Leckagesuche (vgl. Schritt 2)
- **expiratorisches Tidalvolumen nicht ausreichend** → Schritt 2

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**
Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“
prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?
Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?
Atemsystemfilter defekt?
Y-Stück: Probengas-Port offen?
Atemschläuche korrekt montiert?
Atemschläuche defekt?
bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?
Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)
CO₂-Absorber verkantet/defekt?
Vapor verkantet/defekt?
Probengaswasserfalle verkantet/defekt?
- **nicht möglich**
Leckage im Bereich des Atemweges
prüfe: Tubus/Cuff undicht/defekt?
ggf. supraglottischer Atemweg undicht

– Ende der Checkliste –

^c Bei schwieriger Maskenbeatmung aufgrund ungenügenden Druckaufbaus ist die Ursache meist eine ungenügend abdichtende Maske – ABER an Leckagen im Bereich des Atemsystems muss auch gedacht werden.

Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^{c)})

UND

ungenügender Druckaufbau unter manueller oder kontrollierter Beatmung

Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^{c)}
UND
ungenügender Druckaufbau unter manueller oder kontrollierter Beatmung

1. Frischgasfluss auf 12–15 l/min einstellen

Cave: Bei Verwendung des Sauerstoff-Flushs (geräteabhängig 25–75 L/min) zur Auffüllung des Atemsystems besteht für den am Narkosegerät angeschlossenen Patienten die Gefahr der Entwicklung ungewollt hoher Drücke und Tidalvolumina mit möglichem Baro- und/oder Volutrauma, vor allem bei Geräten ohne Frischgasflussentkopplung.

- **expiratorisches Tidalvolumen ausreichend**
Systematische Leckagesuche (vgl. Schritt 2)
- **expiratorisches Tidalvolumen nicht ausreichend** → Schritt 2



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

Patient mit künstlichem Luftweg (Trachealkanüle, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Gesichtsmaske^c)
UND
ungenügender Druckaufbau unter manueller oder kontrollierter Beatmung

1. Frischgasfluss auf 12–15 l/min einstellen

Cave: Bei Verwendung des Sauerstoff-Flushs (geräteabhängig 25–75 L/min) zur Auffüllung des Atemsystems besteht für den am Narkosegerät angeschlossenen Patienten die Gefahr der Entwicklung ungewollt hoher Drücke und Tidalvolumina mit möglichem Baro- und/oder Volutrauma, vor allem bei Geräten ohne Frischgasflussentkopplung.

- **expiratorisches Tidalvolumen ausreichend**
Systematische Leckagesuche (vgl. Schritt 2)
- **expiratorisches Tidalvolumen nicht ausreichend** → Schritt 2

^c Bei schwieriger Maskenbeatmung aufgrund ungenügenden Druckaufbaus ist die Ursache meist eine ungenügend abdichtende Maske – ABER an Leckagen im Bereich des Atemsystems muss auch gedacht werden.

Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**
Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“
- **nicht möglich**
Leckage im Bereich des Atemweges

Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

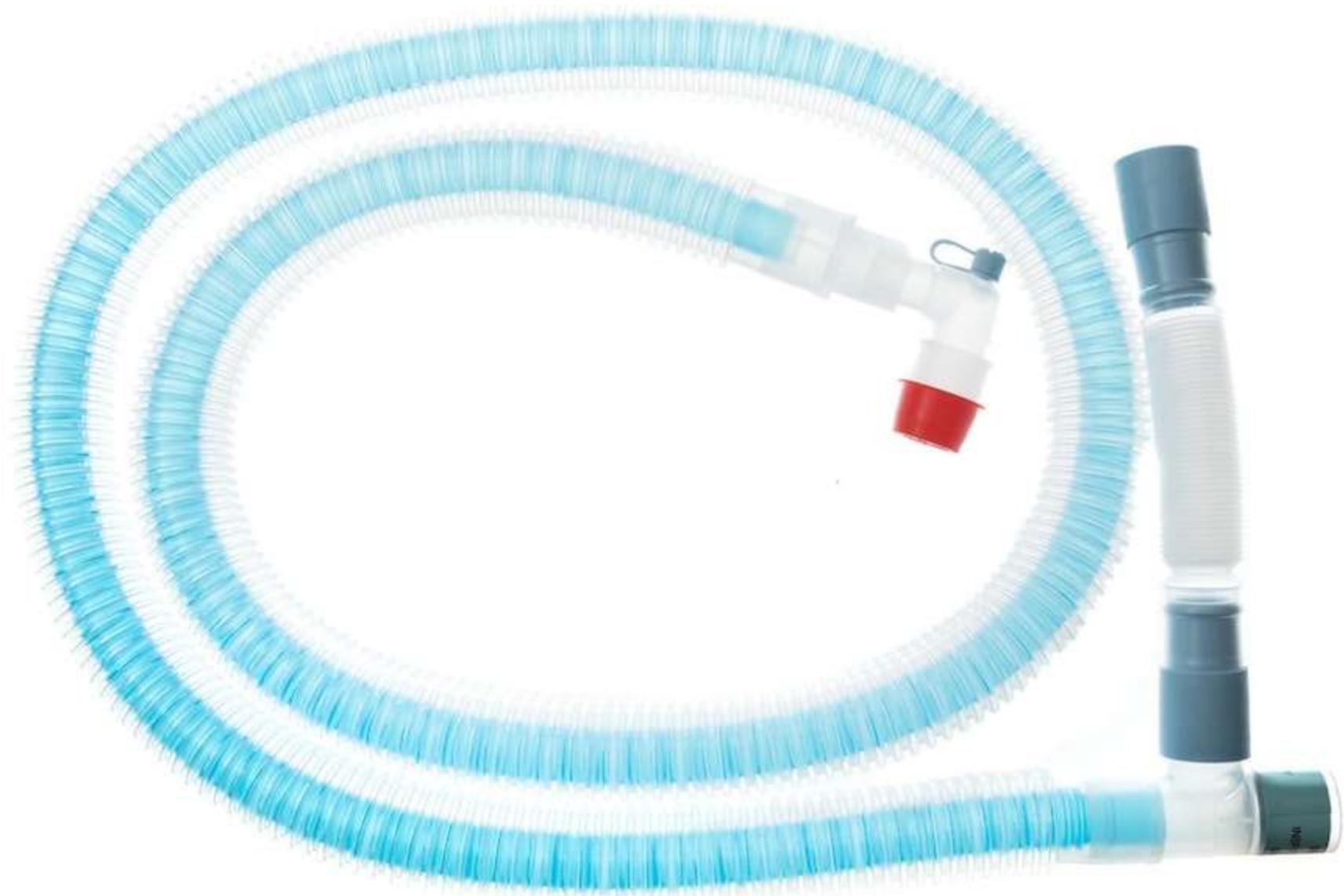
Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?





Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **möglich**

Leckage im Bereich „Schläuche oder Gerät“

prüfe: APL-Ventil korrekt eingestellt (z. B. 30 mbar)?

Atemsystemfilter: Probengas-Port offen?

Atemsystemfilter defekt?

Y-Stück: Probengas-Port offen?

Atemschläuche korrekt montiert?

Atemschläuche defekt?

bei Koaxialschläuchen: „Shunt“ zwischen In- und Expirationsteil?

Ventildysfunktion (z. B. fehlendes Ventilplättchen)

CO₂-Absorber verkantet/defekt?

Vapor verkantet/defekt?

Probengaswasserfalle verkantet/defekt?



Systematik der Fehlersuche – Leckage im Atemsystem

2. mit separatem Handbeatmungsbeutel ohne Filter beatmen

- **nicht möglich**

Leckage im Bereich des Atemweges

prüfe: Tubus/Cuff undicht/defekt?

ggf. supraglottischer Atemweg undicht

– Ende der Checkliste –

1.



2.



Weiterbildungswoche

April 2021

Narkosegerät = Narkoserespirator
= Anästhesiegerät

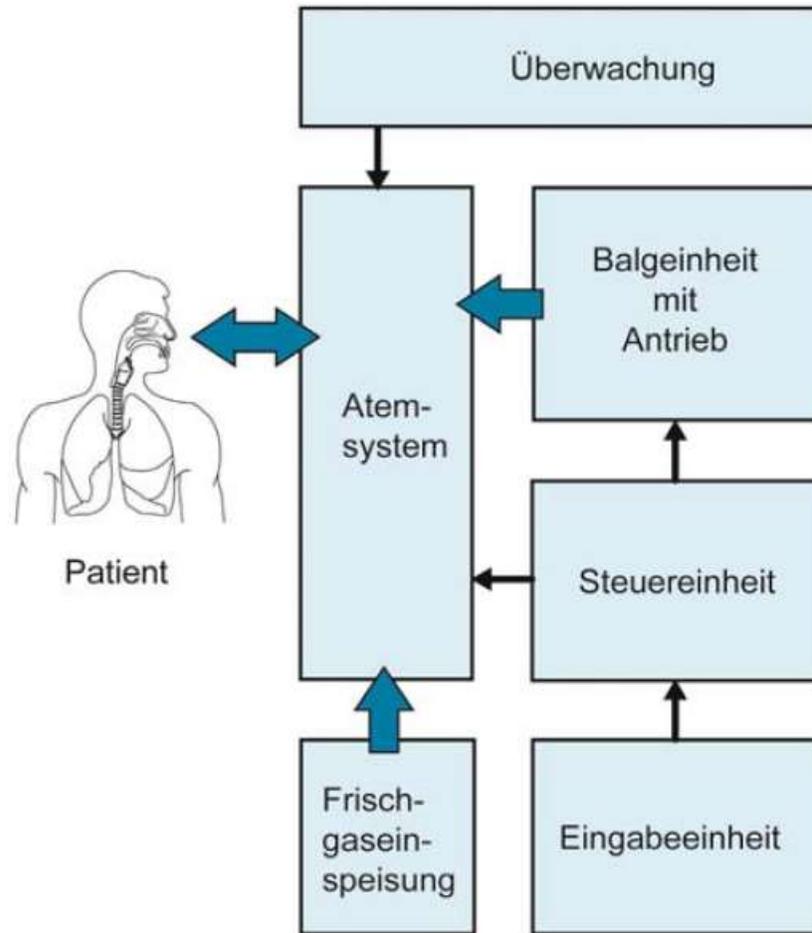
= Beatmungsgerät

+ Narkosemitteldosierung

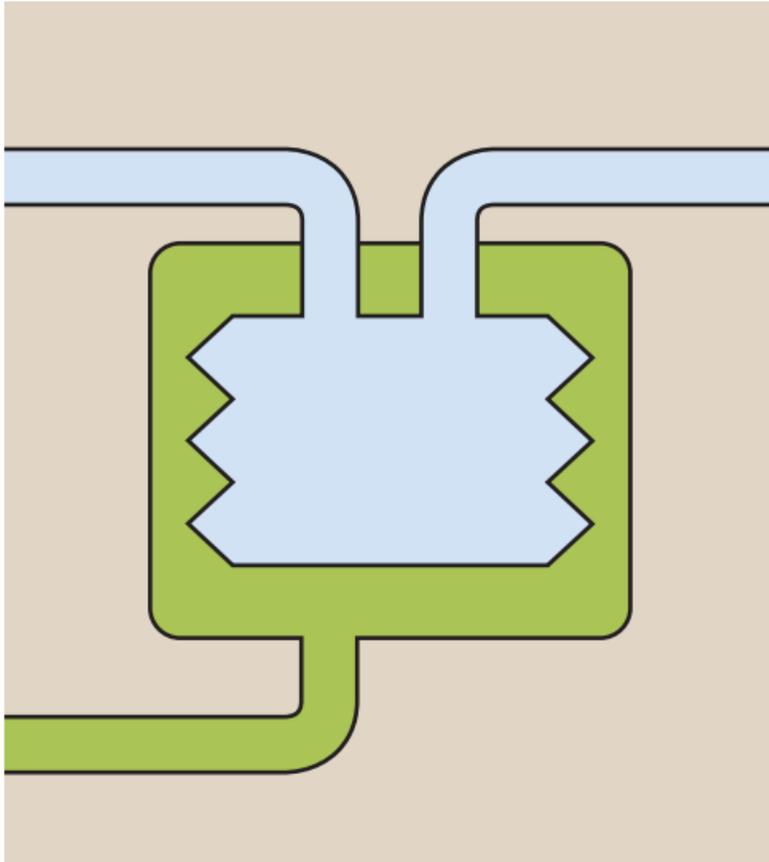
+ Gerätemonitoring

Narkosegerät: Komponenten

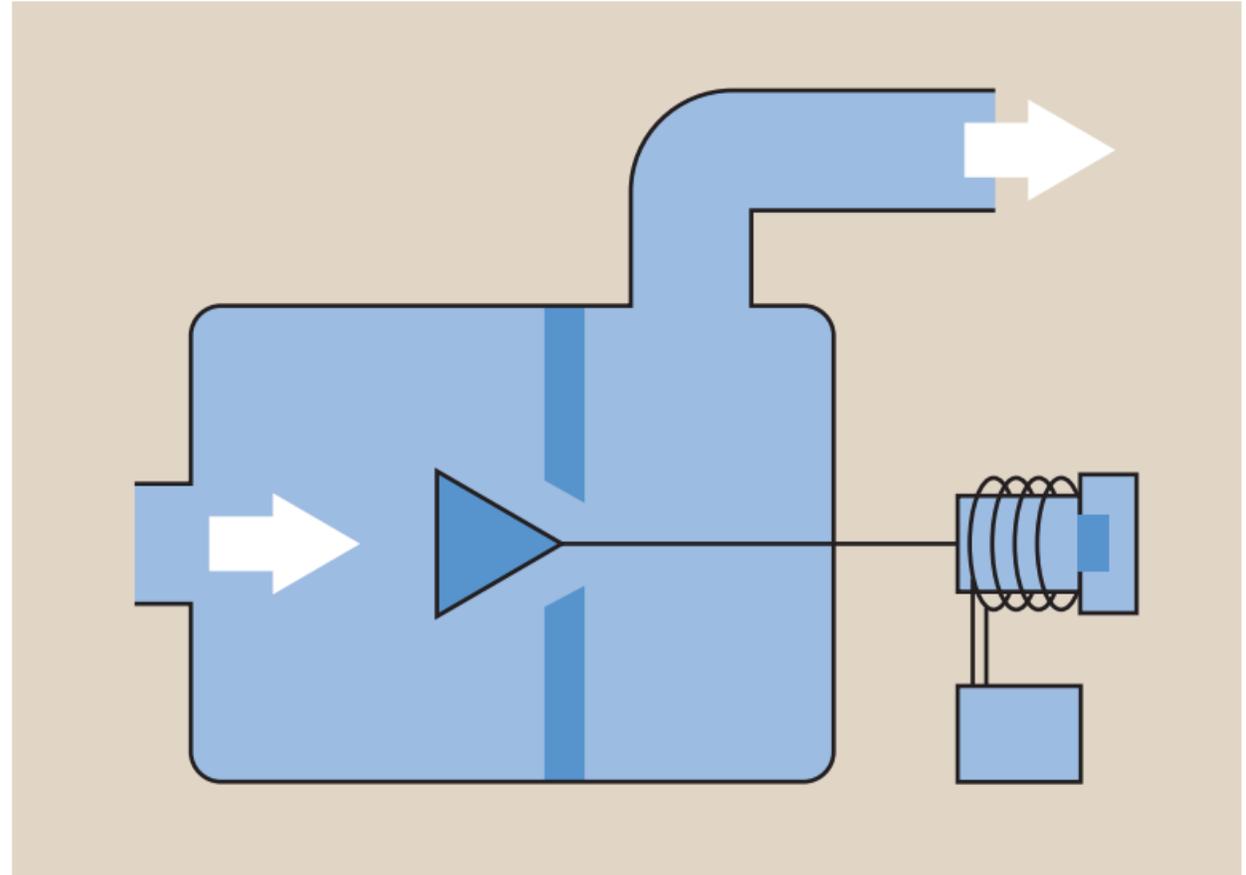
- Eingabeeinheit
- Beatmungseinheit
 - Antrieb
 - Steuerung
 - Volumendosiereinheit (Atemgasdosierprinzip)
 - Atemsystem mit Frischgaszufuhr
- Medikamentendosiereinheit
- Überwachungseinheit



Balgeinheit



Pneumatisch



Elektrisch

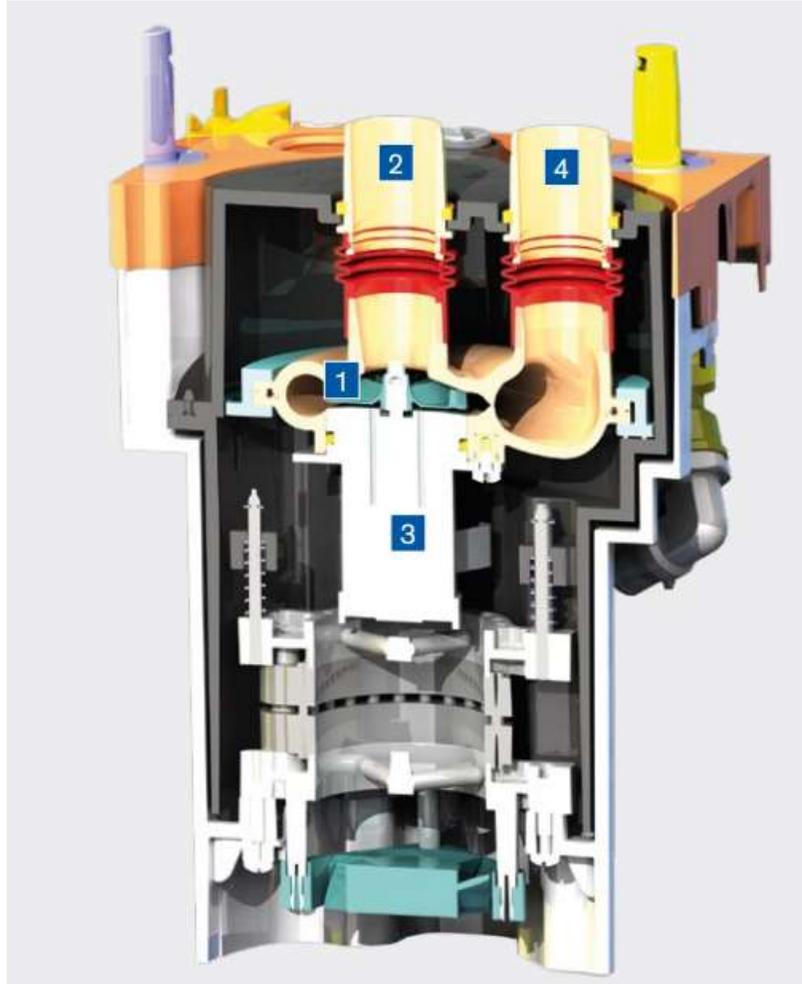
Turbineneinheit = Blower Unit



Turbineneinheit = Blower Unit



TurboVent 2



bis 85.000 Umdrehungen/Minute

innerhalb 100 Millisekunden

von 0 auf 20.000 Umdrehungen/Minute

TurboVent 2



2009:

Zeus IE with *TurboVent 2*

the world's smallest and most powerful anesthesia ventilator.



TurboVent 2

Was ist möglich?

Atemzugvolumen: 3 – 2.500ml (druckkontrolliert)

Inspirationsdruck: 3 – 80 mbar/cmH₂O

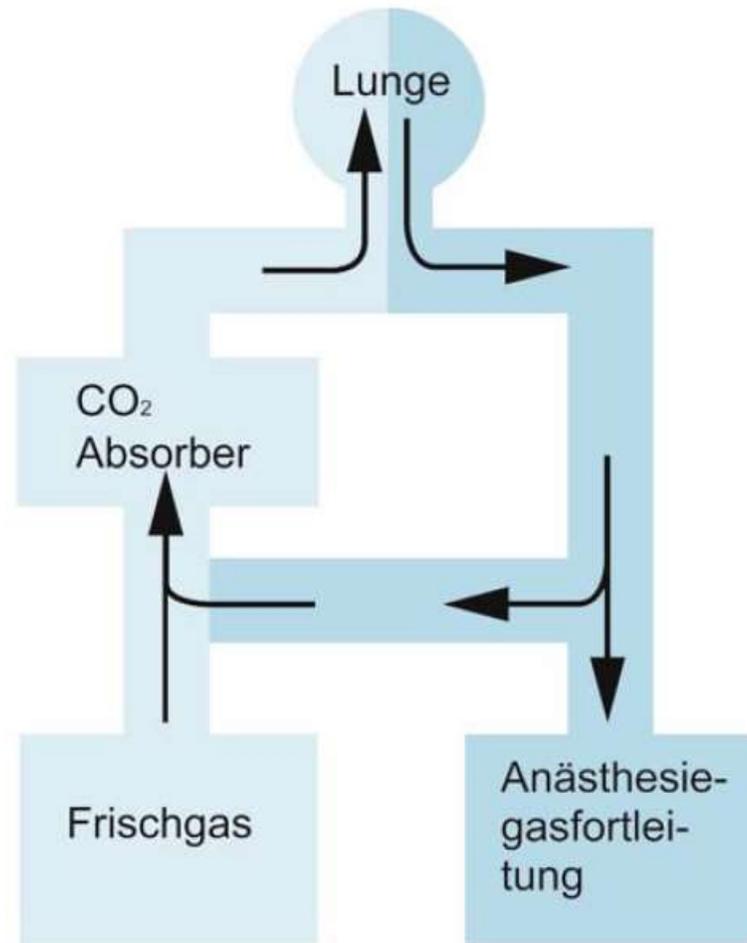
Druckunterstützung über PEEP: 0 – 78 mbar/cmH₂O

Atemfrequenz: 3 – 100/min

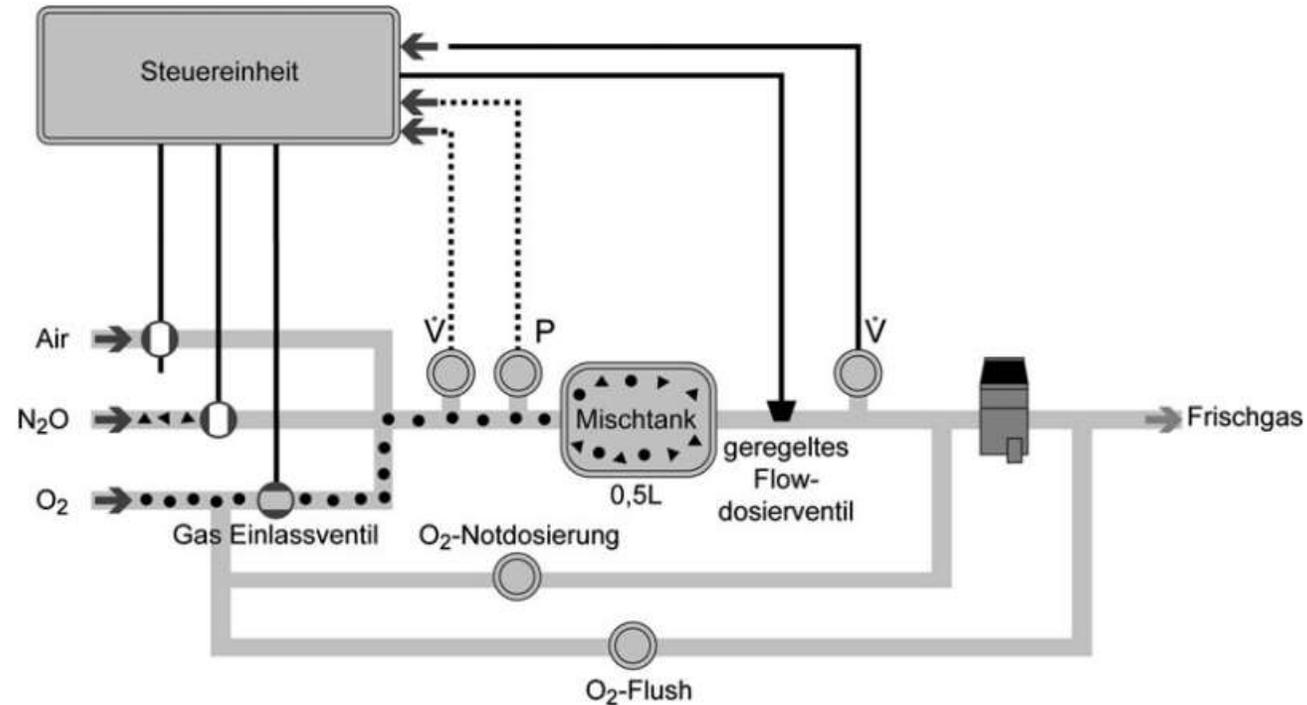
Atemsystem

- Nicht-Rückatemsystem
- Rückatemsysteme
 - Halboffenen
 - Halbgeschlossenen
 - Geschlossenen

Rückatemsystem



Frischgas: Dosierung O₂ & Luft



Elektronische Gasdosierung

Frischgaseinspeisung

- Kontinuierlich
- Diskontinuierlich
= Frischgasentkoppeltes System

Frischgaseinspeisung

- Kontinuierlich
 - Inspiration: Volumen aus Balg + Frischgas
 - Atemminutenvolumen ist abhängig vom Frischgasflow
 - Großer Flow → kontinuierlicher Anstieg der Druckkurve in Plateauphase (2. Druckpeak)
 - Sehr kleiner Flow → zu Beginn der Expiration: negative Druckphase, da kein Reservoir

Frischgaseinspeisung

- Diskontinuierlich

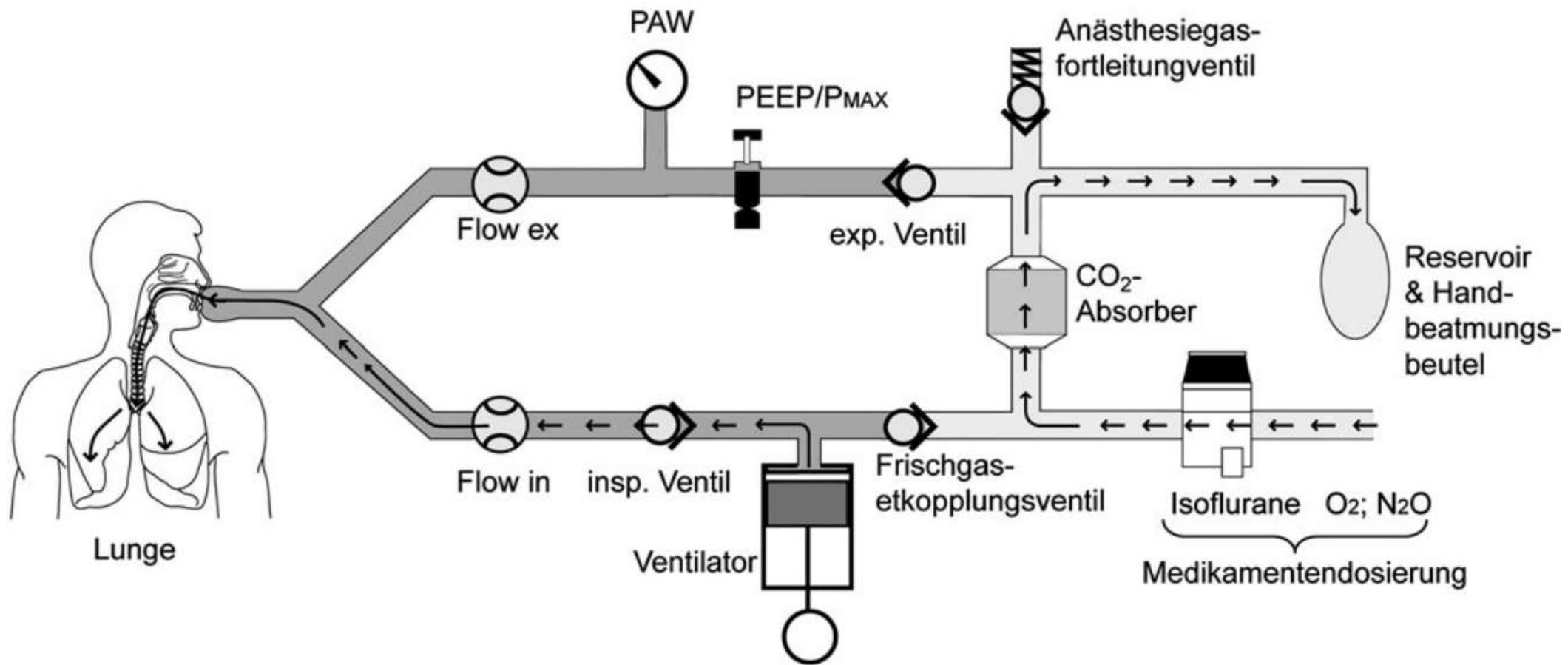
- Expiration → FG in Balg

- Inspiration → FG in Reservoirbeutel

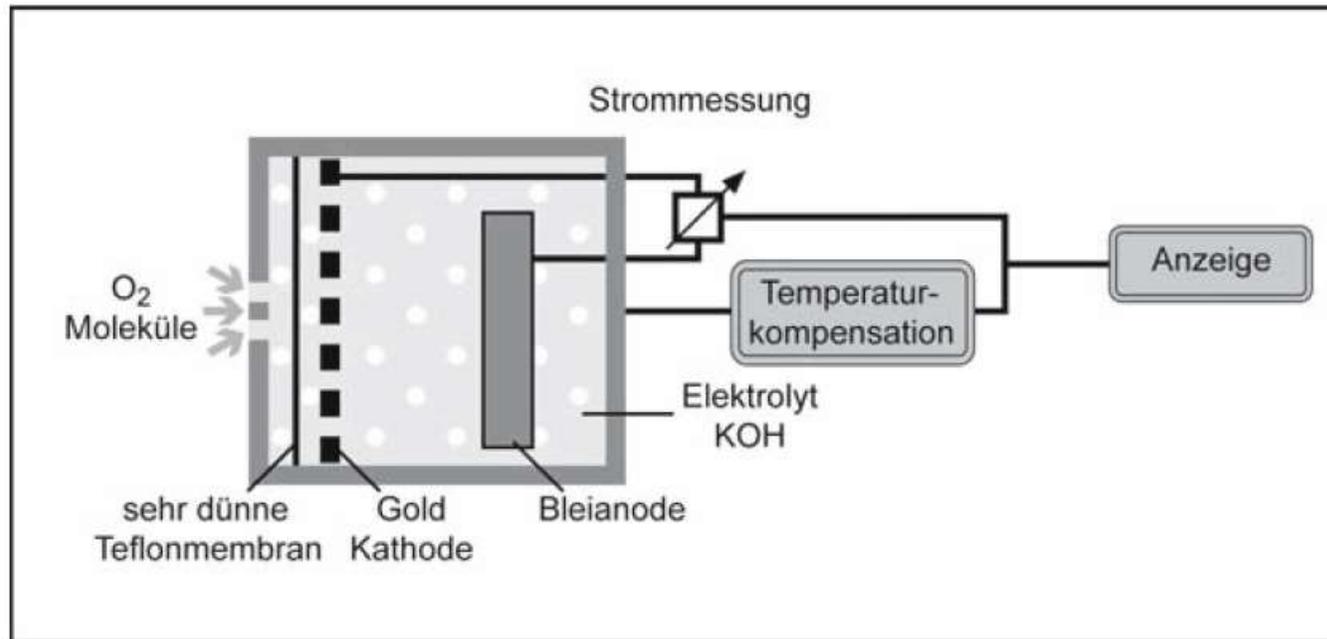
- Atemminutenvolumen ist **unabhängig** vom Frischgasflow

- **Keine** Beeinflussung der Druckkurve

- Reservoirbeutel füllt & entleert sich im Rhythmus der Beatmung

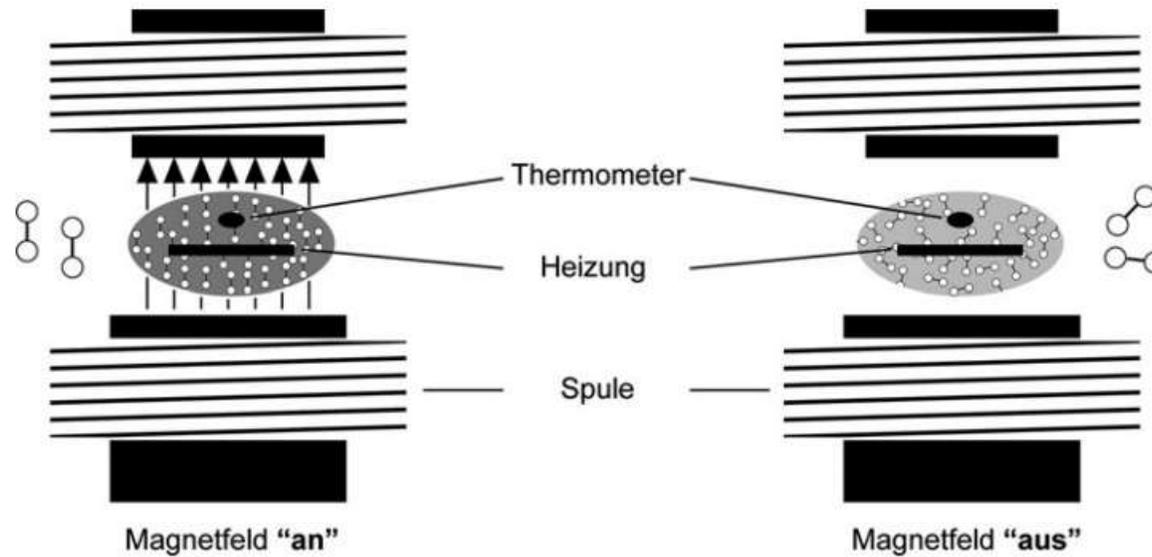


Messung Sauerstoffkonzentration



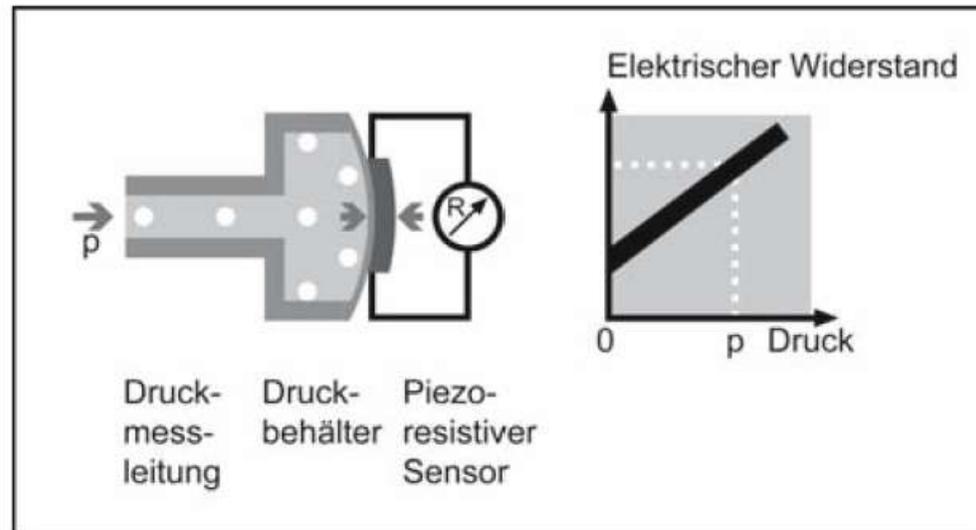
Brennstoffzelle

Messung Sauerstoffkonzentration



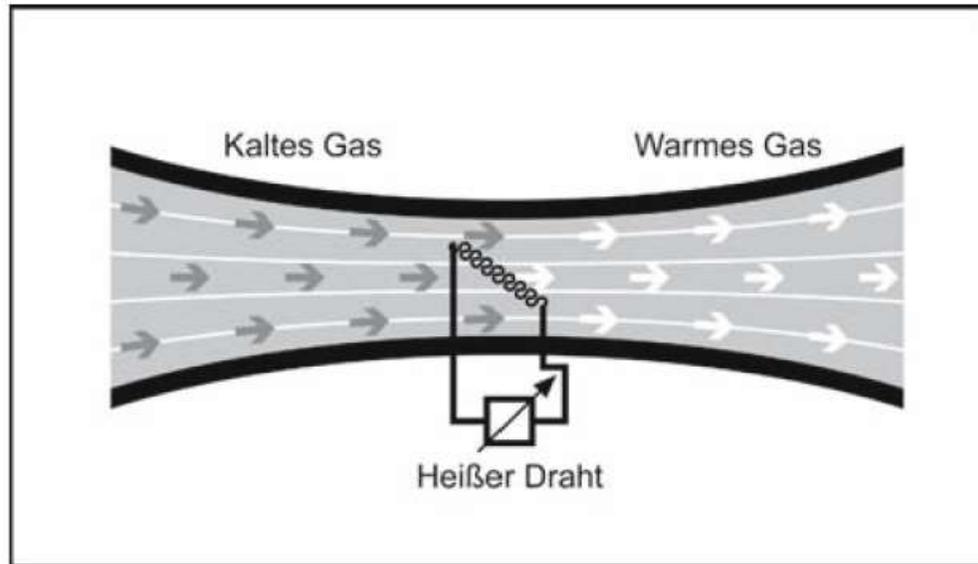
Paramagnetischer Sensor

Druckmessung



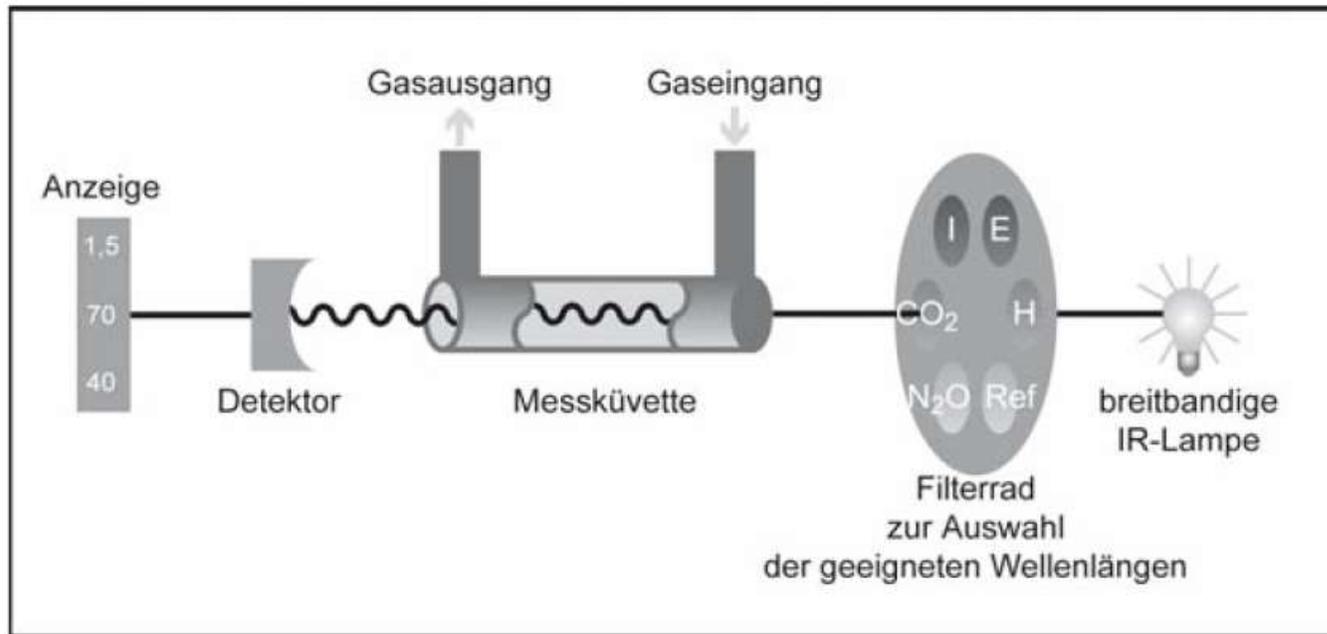
Piezoresistiver Wandler

Volumenmessung



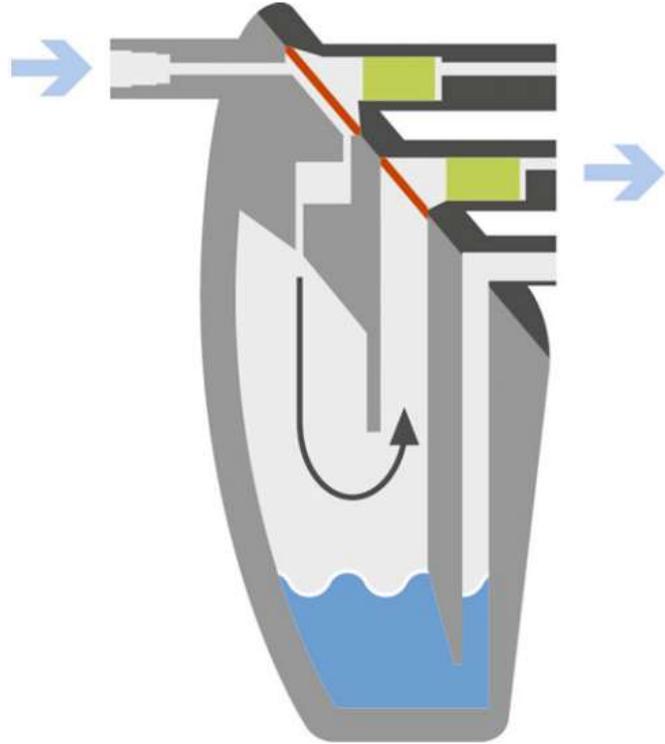
Hitzedrahtanemometer

Messung CO₂ & N₂O & Narkosemittel



Infrarotabsorption

Messung CO_2 & N_2O & Narkosemittel



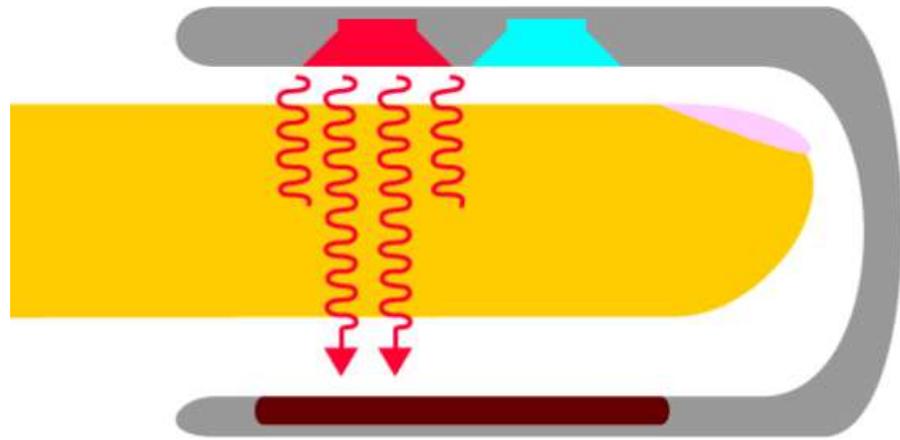
Wasserfalle



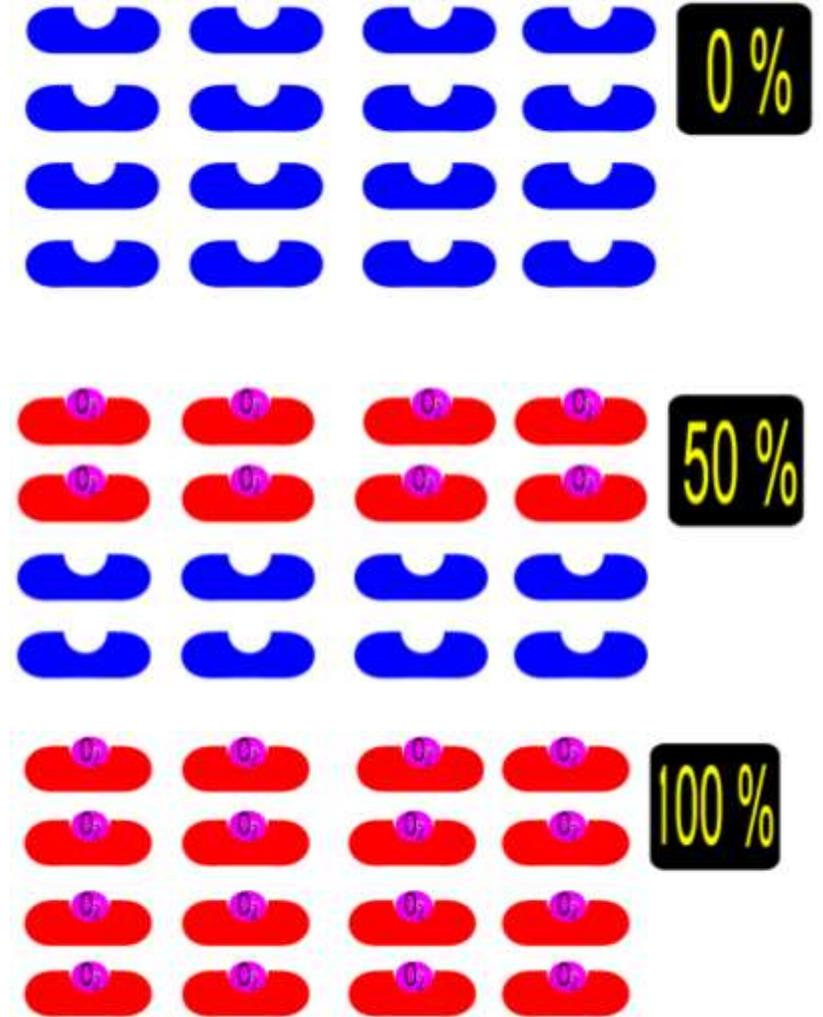
Weiterbildungswoche

April 2021

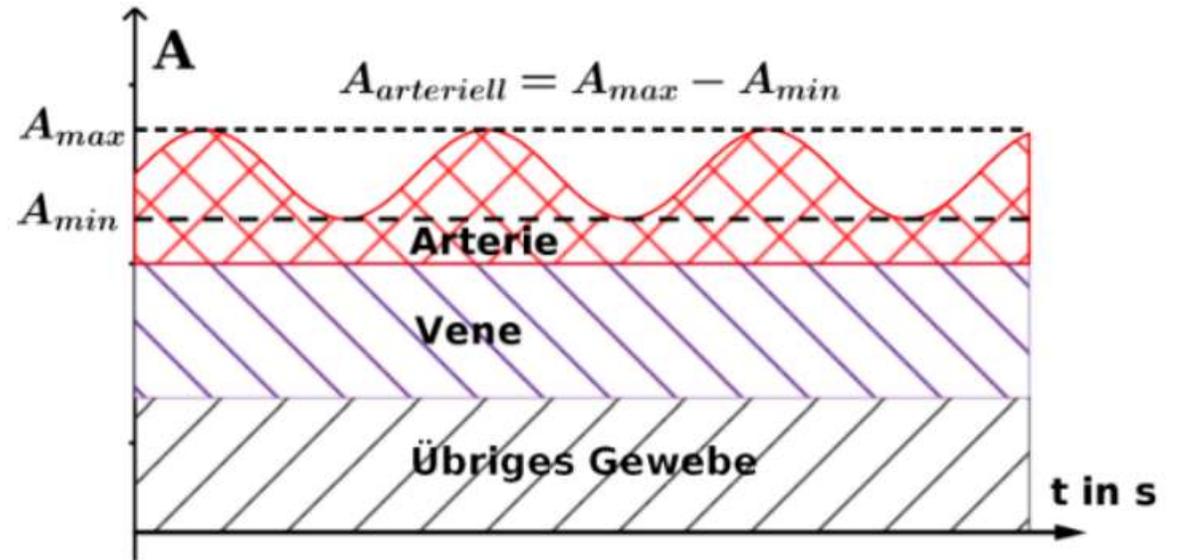
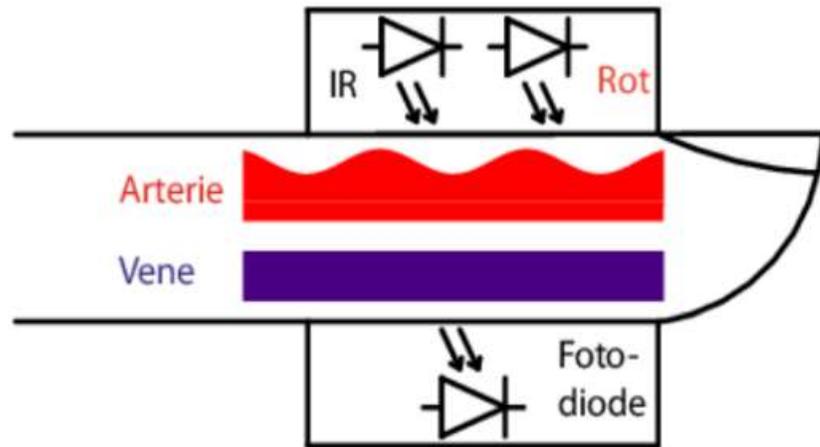
Pulsoxymetrie



$$SpO_2 = \frac{c(\underline{HbO_2})}{c(\underline{HbO_2}) + c(\underline{Hb})}$$



Pulsoxymetrie



Pulsoxymetrie

- Lambert-Beer-Gesetz

$$I_1 = I_0 \cdot e^{-\varepsilon(\lambda) \cdot c \cdot d}$$

I_1 Intensität des ausgestrahlten Lichts

I_0 Intensität des einfallenden Lichts

e Euler Zahl

$\varepsilon(\lambda)$ Extinktionskoeffizient bei der Wellenlänge λ

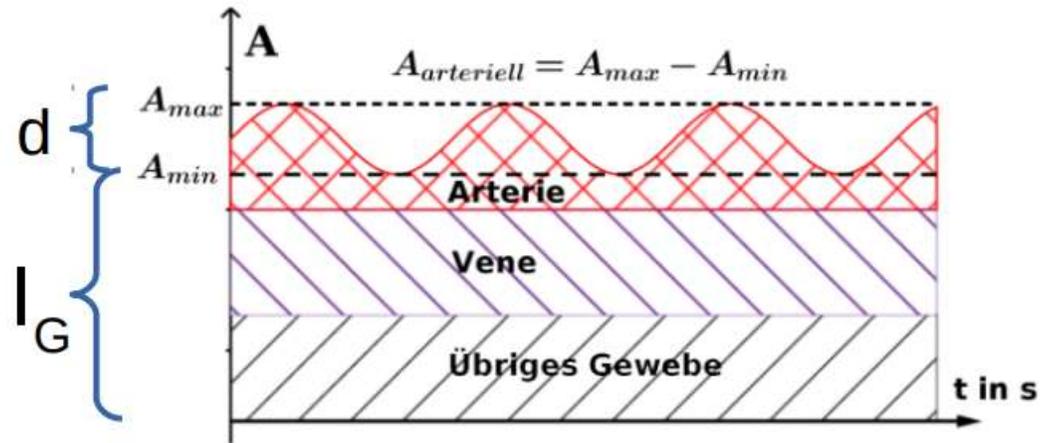
c Konzentration des Stoffs

d Schichtdicke des durchstrahlten Gewebes

Pulsoxymetrie

- Lambert-Beer-Gesetz

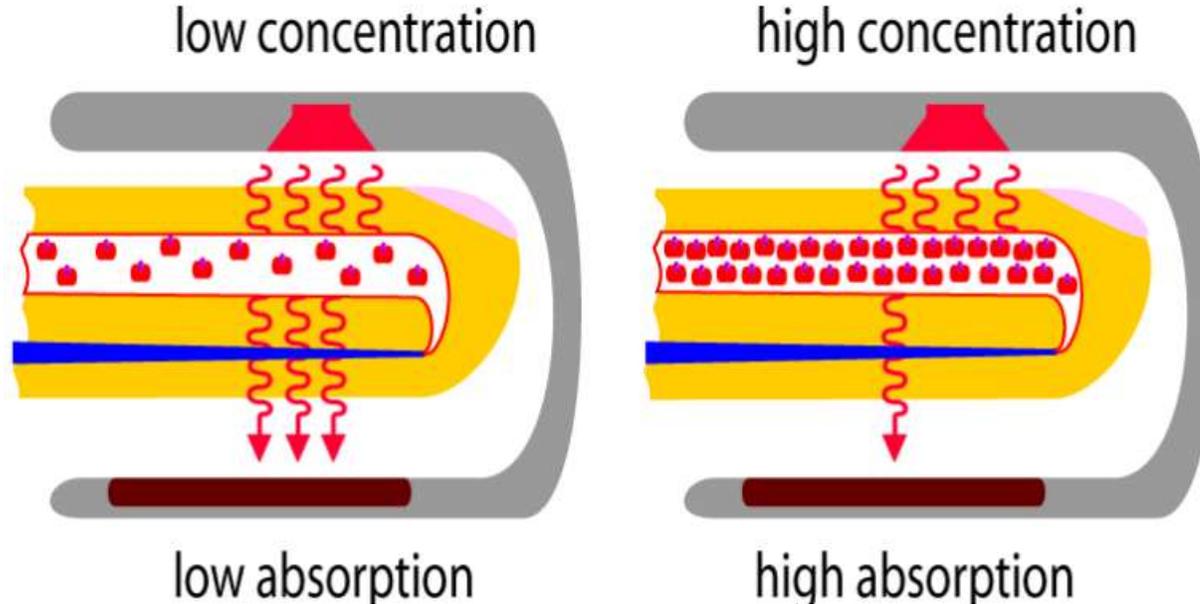
$$I_1 = I_0 \cdot e^{-\varepsilon(\lambda) \cdot c \cdot d}$$



$$I = I_G \cdot e^{-\left(\underbrace{\varepsilon_1(\lambda) \cdot c_1}_{\text{HbO}_2} + \underbrace{\varepsilon_2(\lambda) \cdot c_2}_{\text{Hb}} \right) \cdot d}$$

Pulsoxymetrie

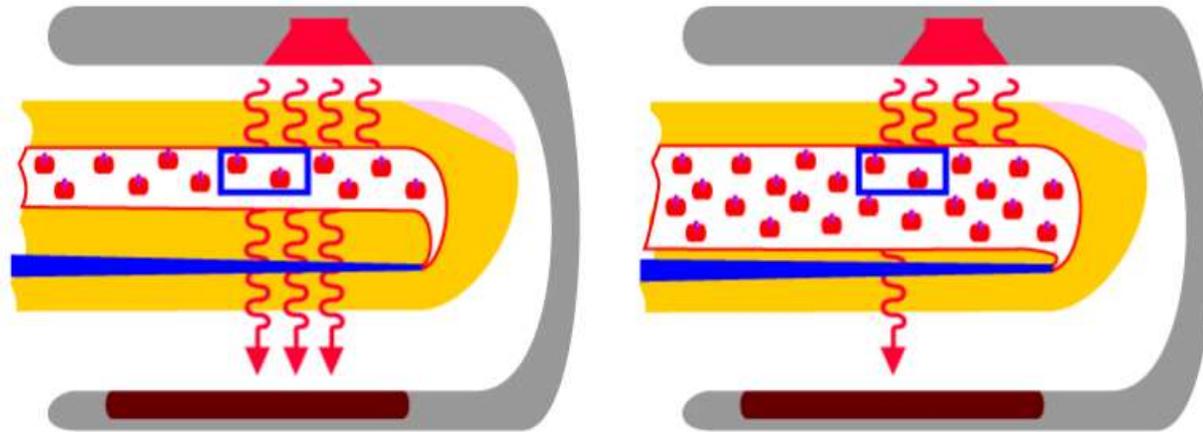
- Lambert-Beer-Gesetz



Beer: Je höher die Konzentration, desto mehr wird absorbiert.

Pulsoxymetrie

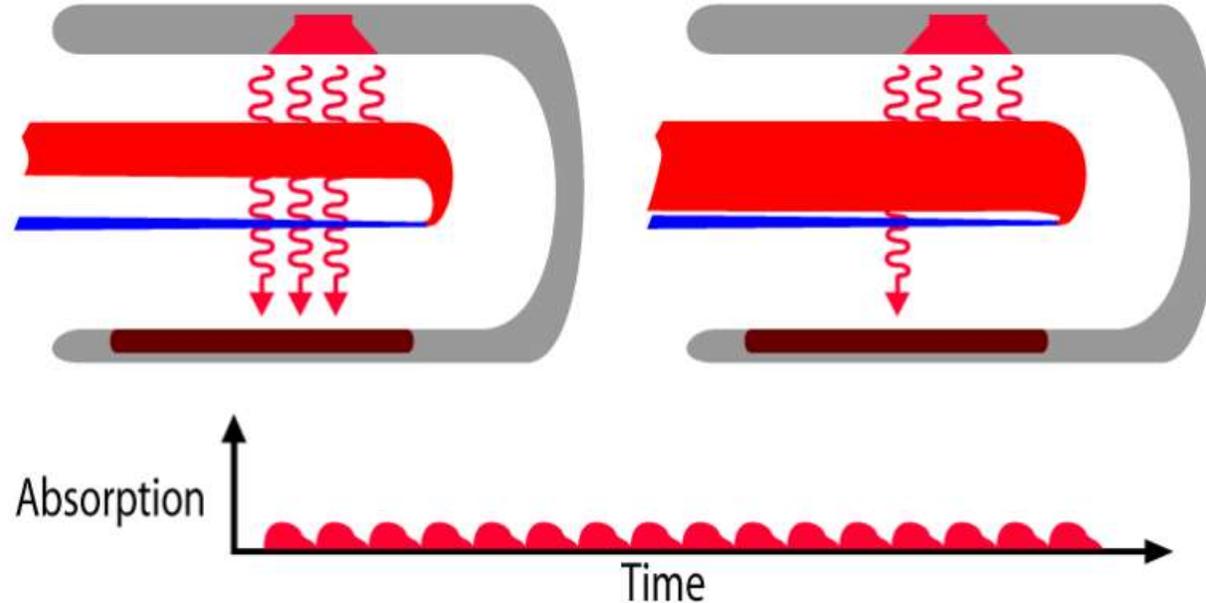
- Lambert-Beer-Gesetz



Lambert: Je länger der Weg, desto mehr Licht wird absorbiert.

Pulsoxymetrie

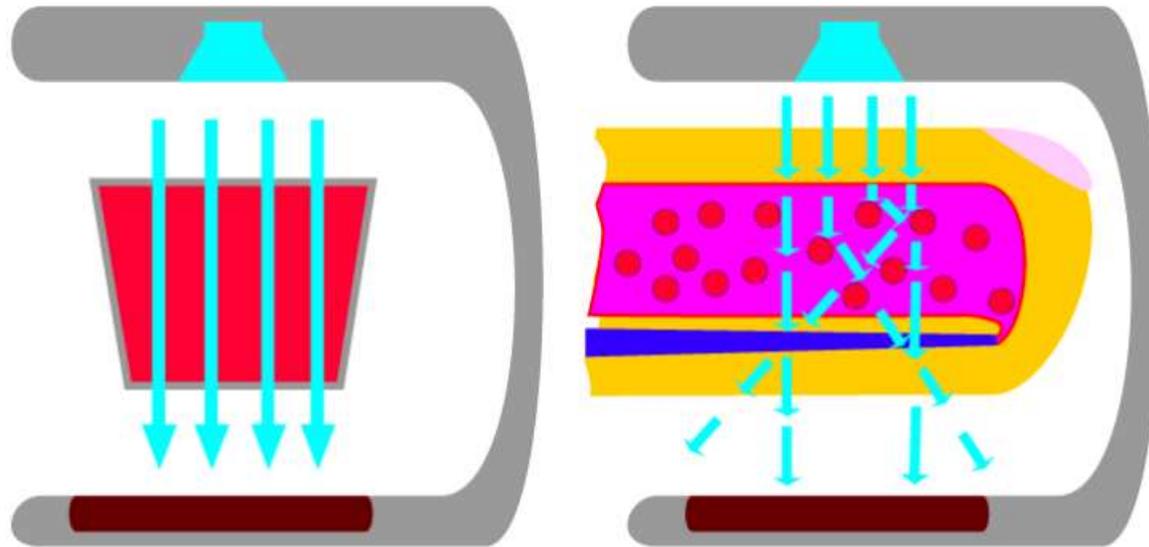
- Lambert-Beer-Gesetz



Pulsoxy: Konzentration bleibt gleich, aber Länge ändert sich durch Pulsation der Arterie.

Pulsoxymetrie

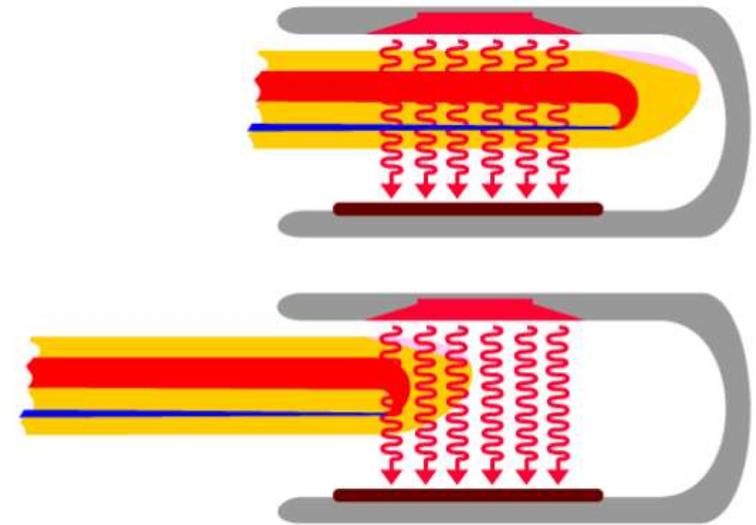
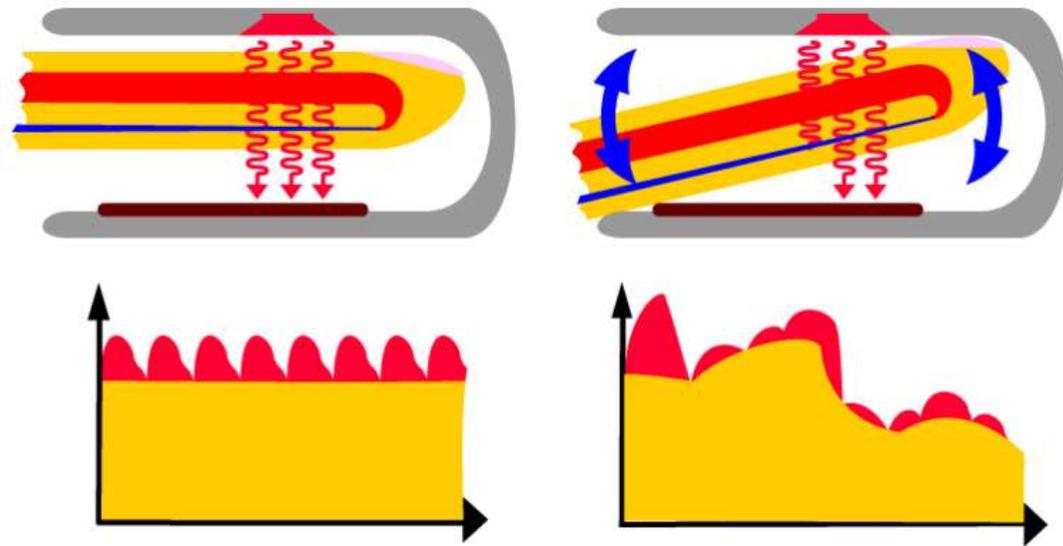
- Lambert-Beer-Gesetz



Adjustierung nötig

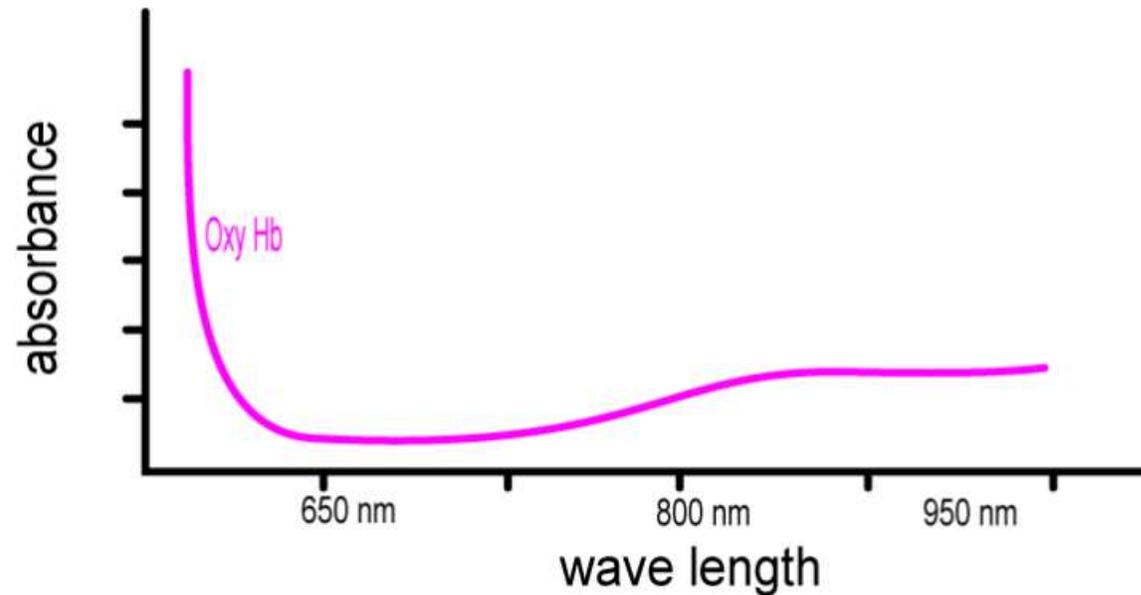
Pulsoxymetrie

- Herausforderungen



Pulsoxymetrie

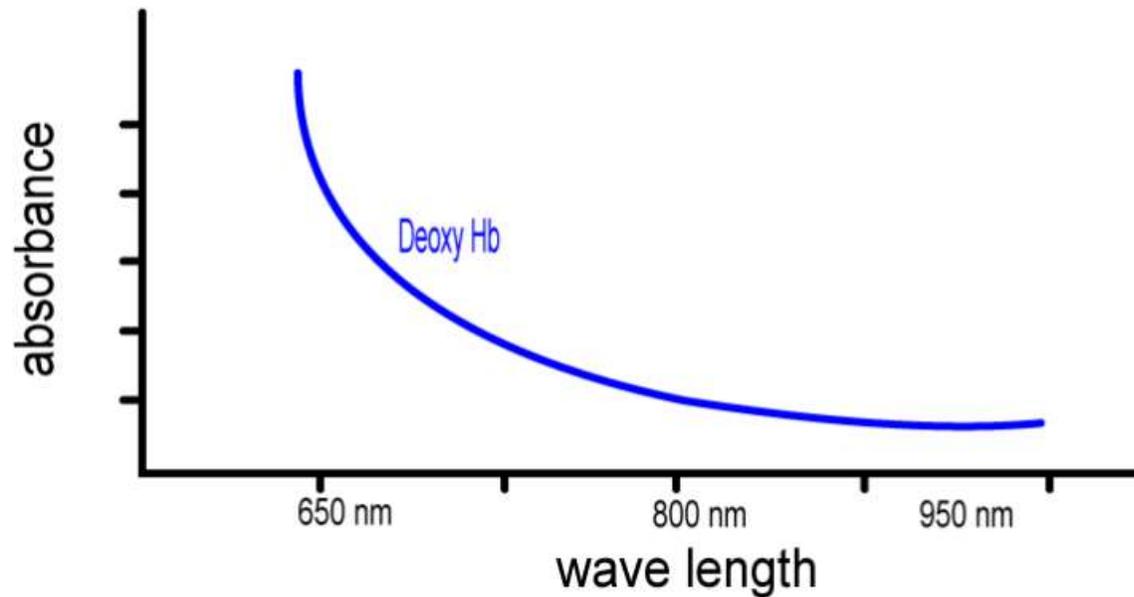
- Wellenlängen



OxyHb wird je nach Wellenlänge unterschiedlich stark absorbiert.

Pulsoxymetrie

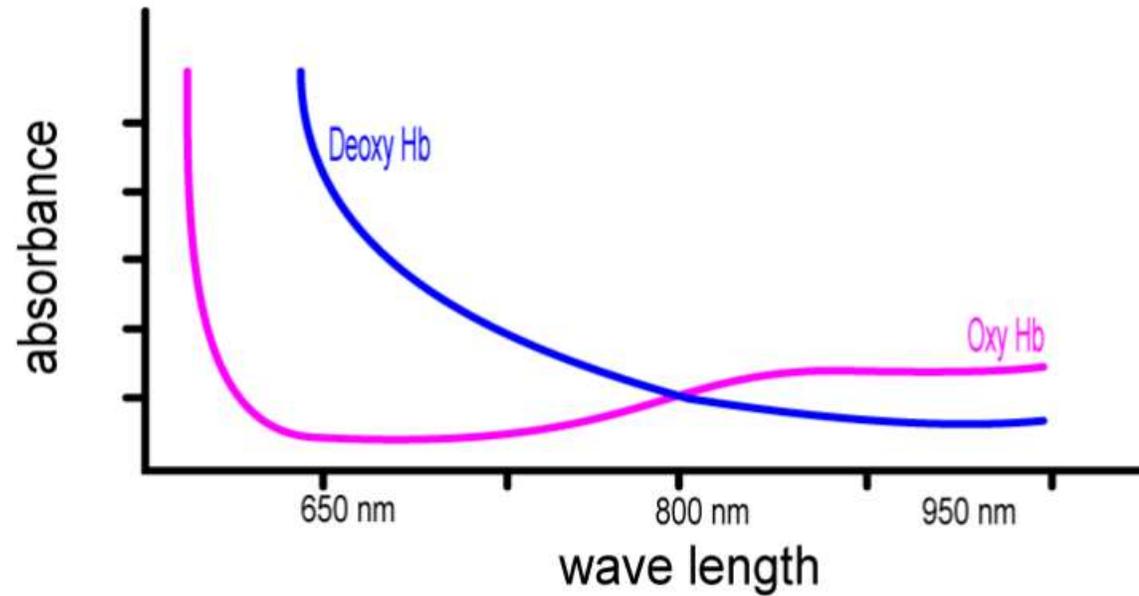
- Wellenlängen



DesoxyHb wird je nach Wellenlänge unterschiedlich stark absorbiert.

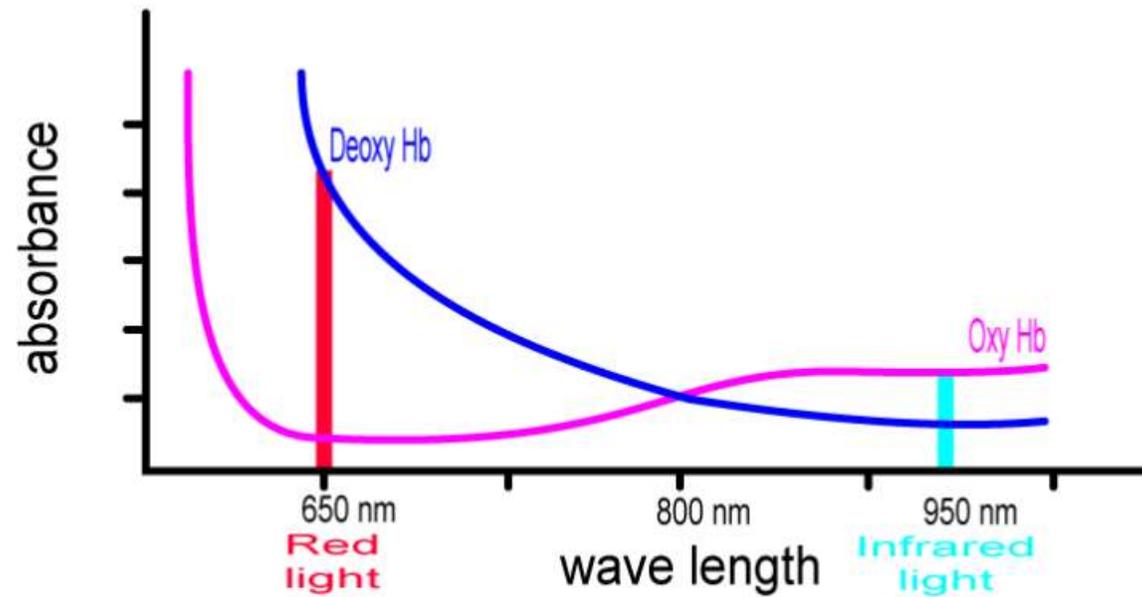
Pulsoxymetrie

- Wellenlängen



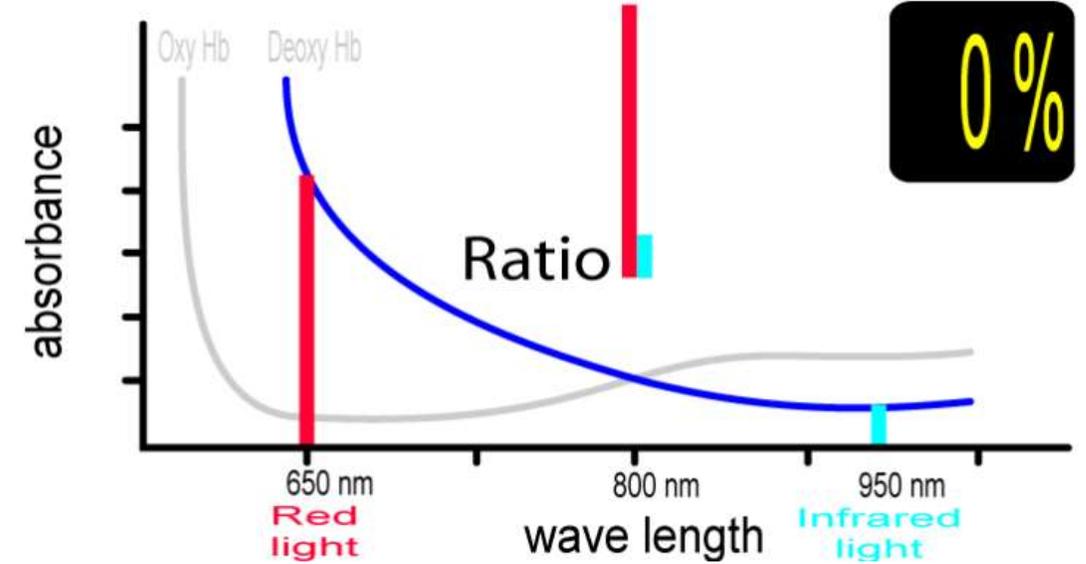
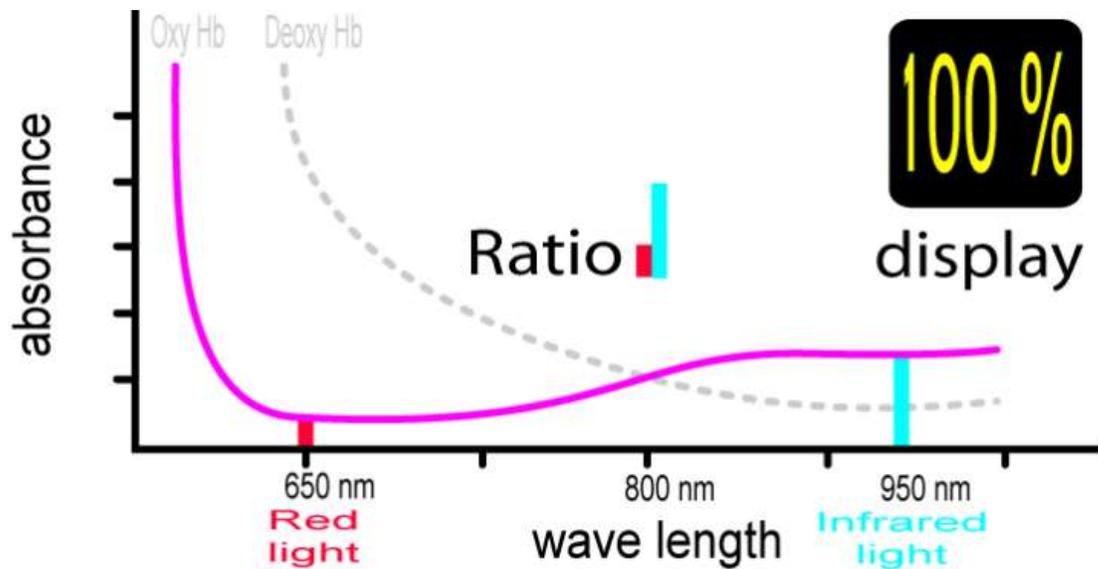
Pulsoxymetrie

- Wellenlängen



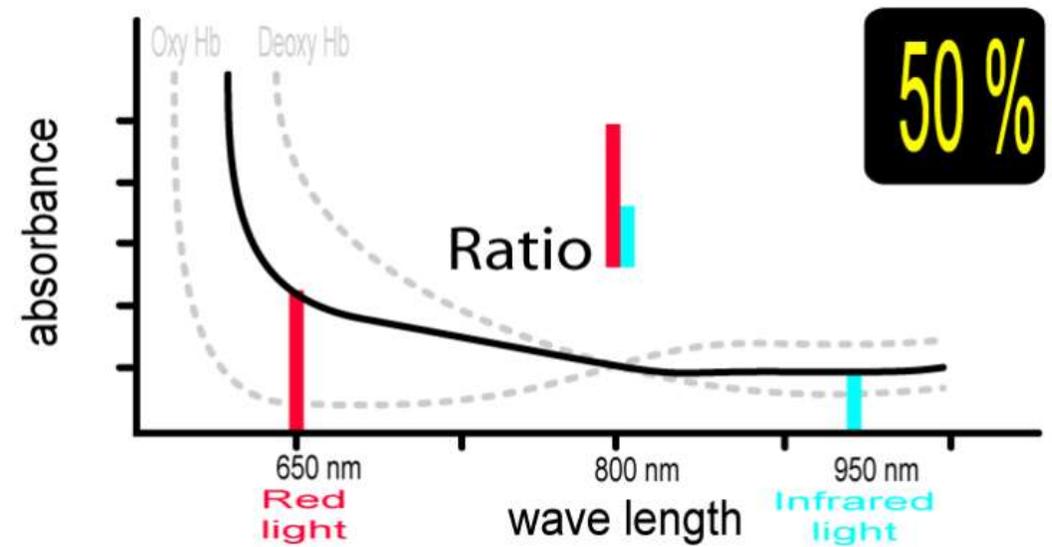
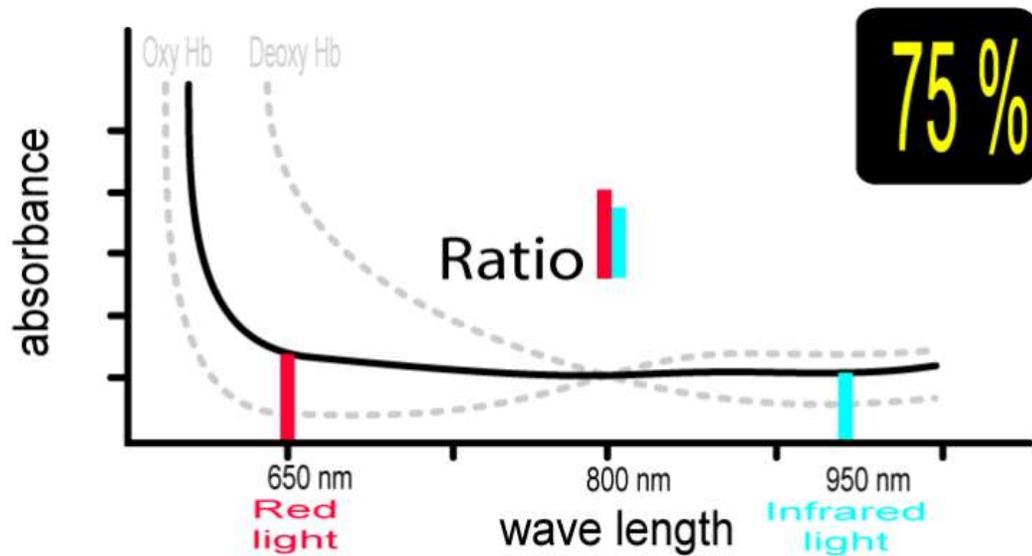
Pulsoxymetrie

- Wellenlängen

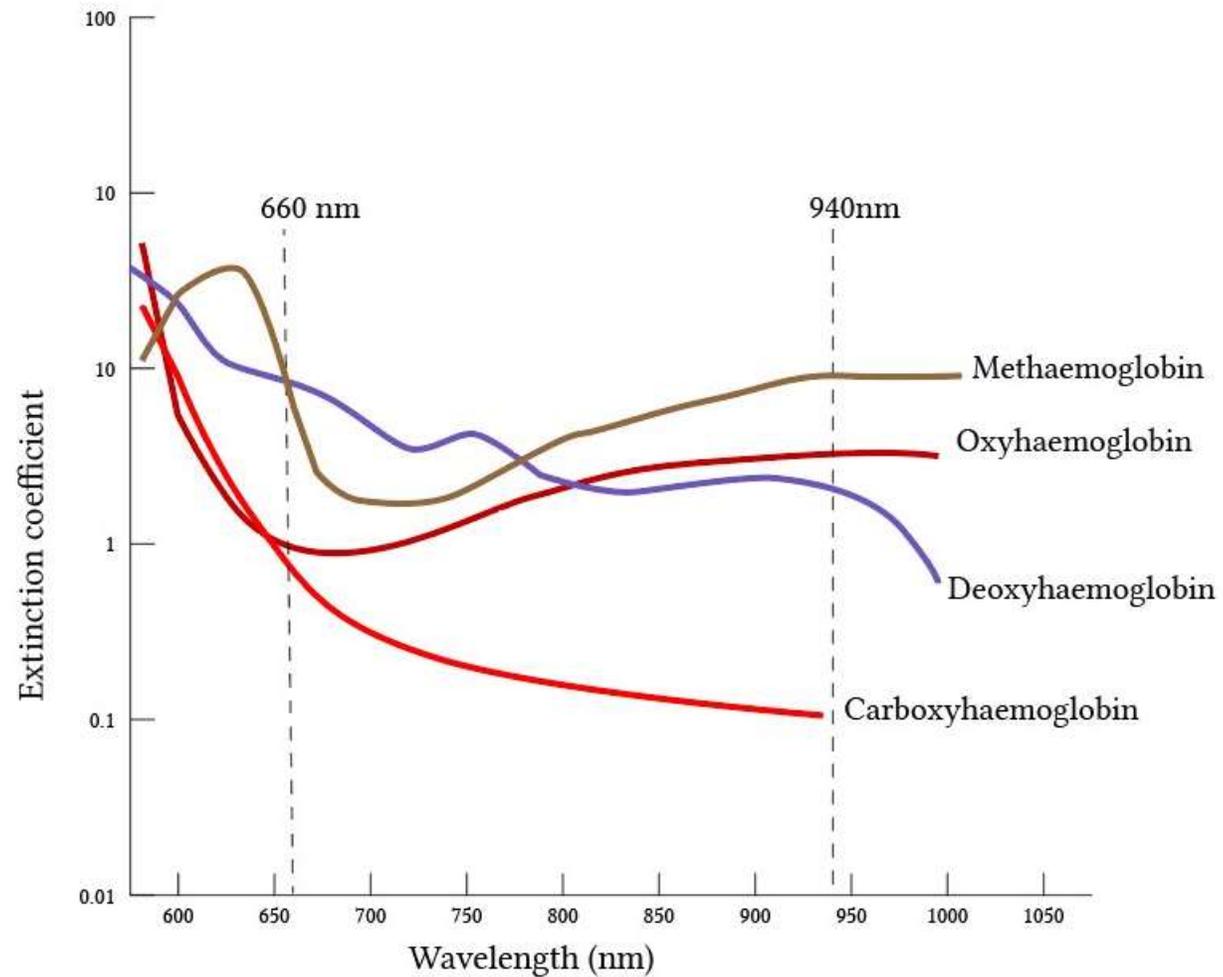


Pulsoxymetrie

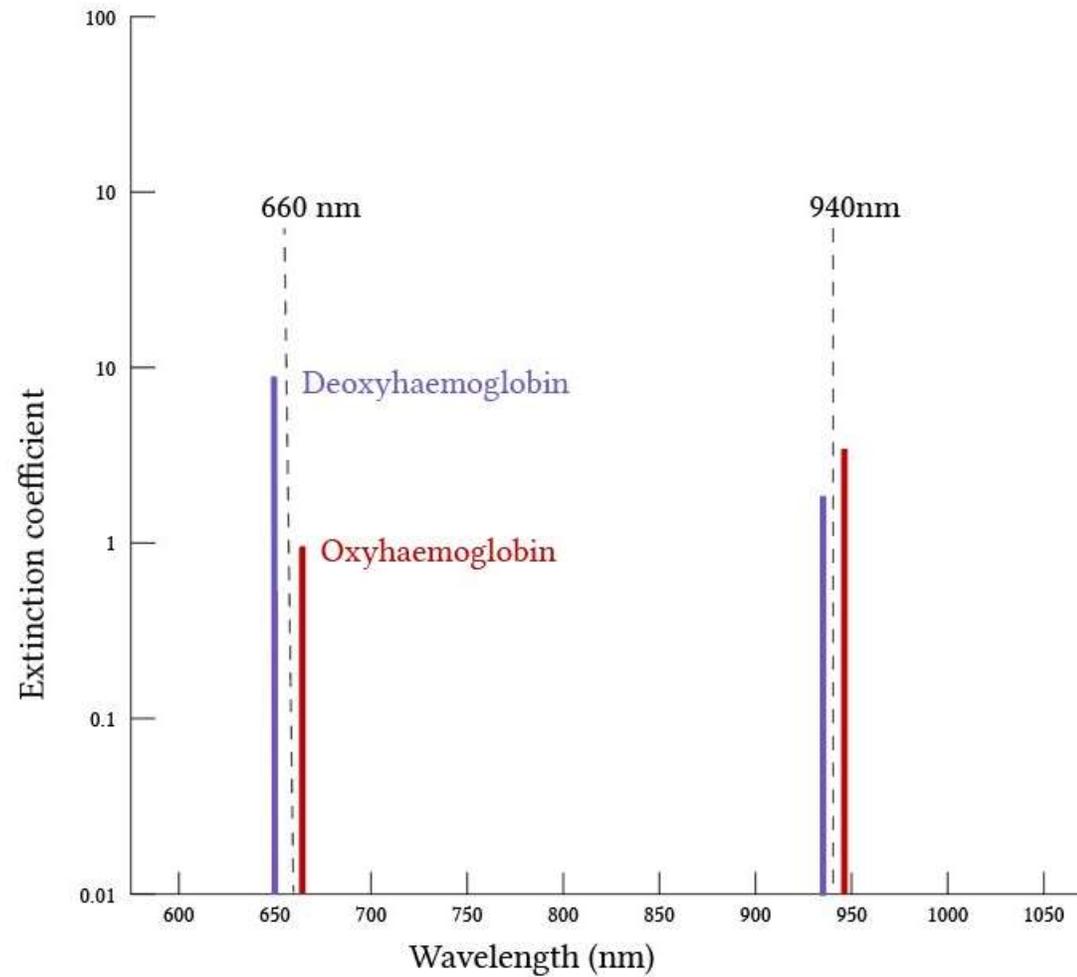
- Wellenlängen



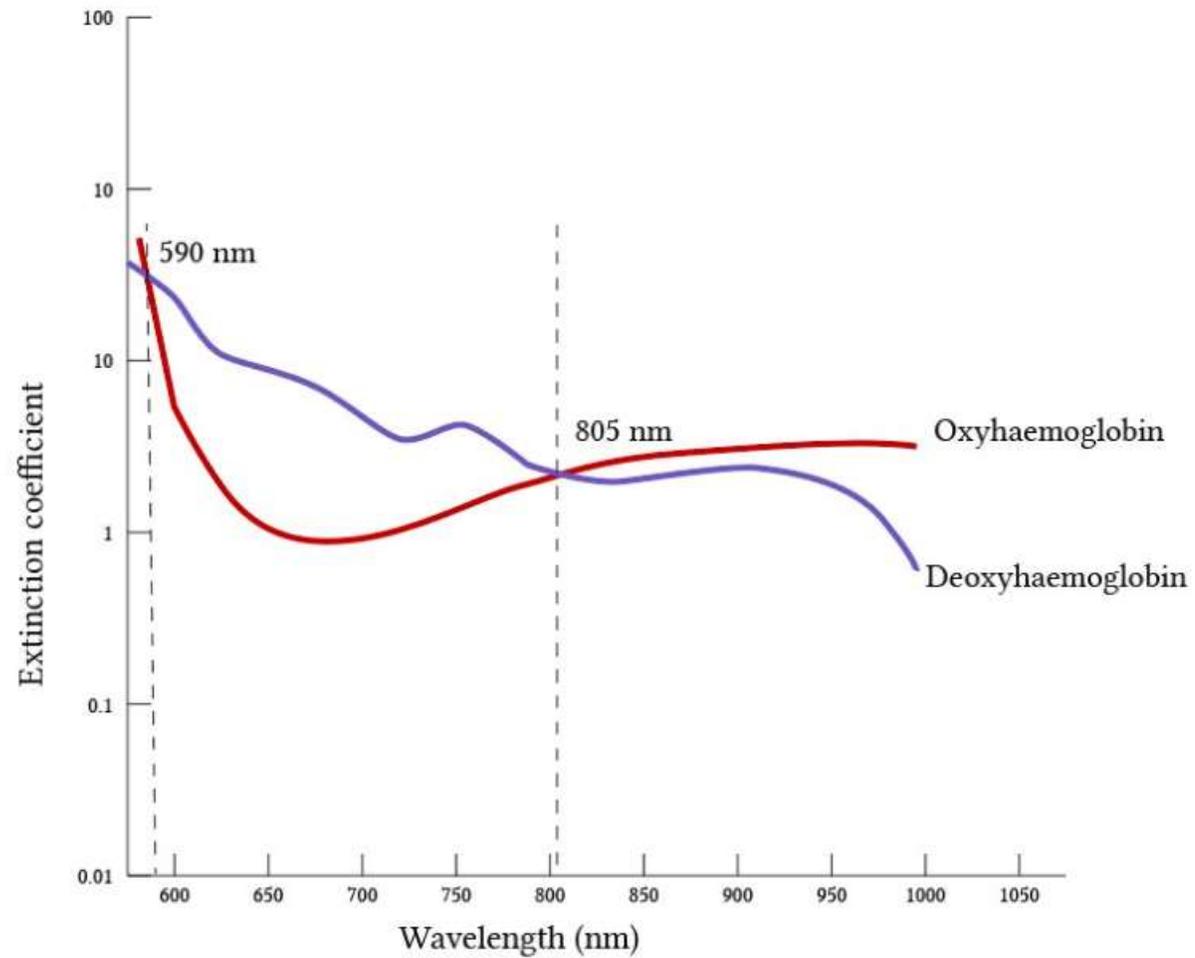
Pulsoxymetrie



Pulsoxymetrie

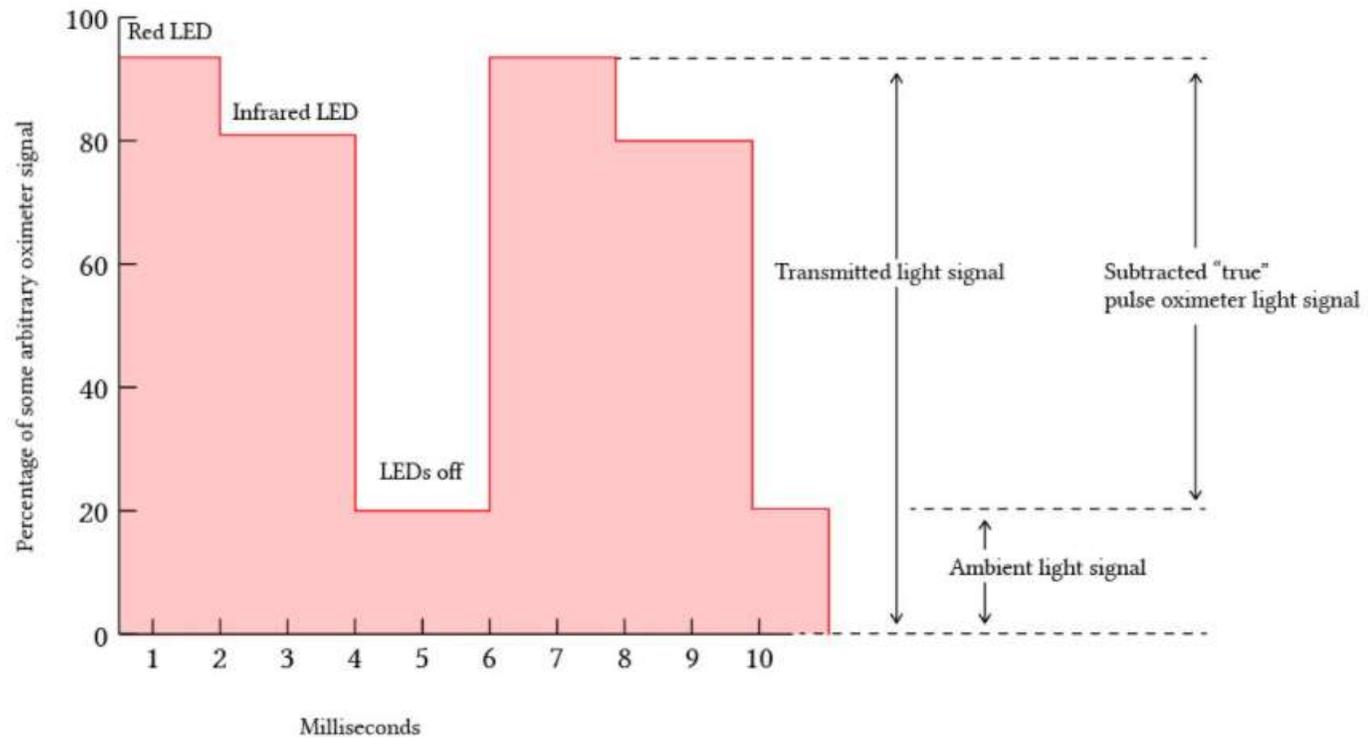


Pulsoxymetrie



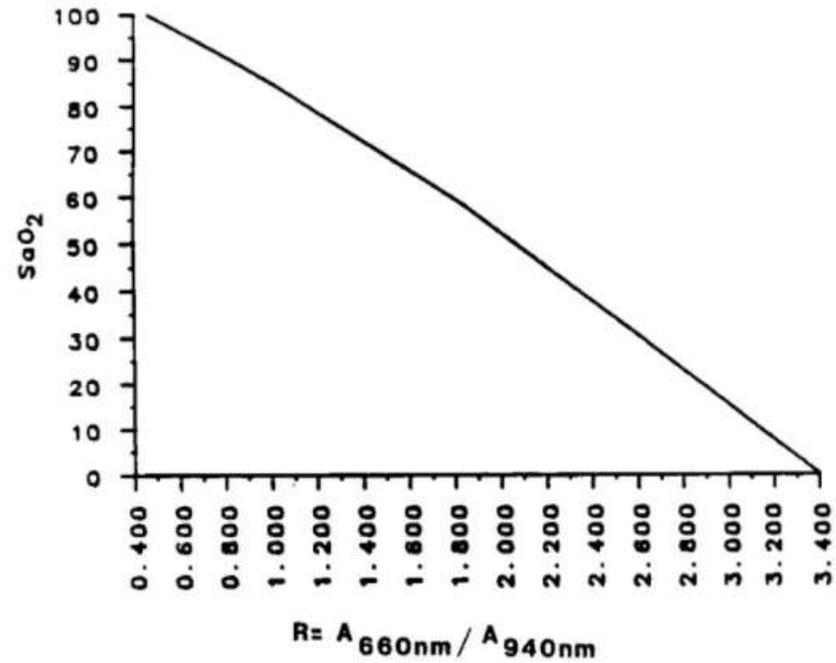
Isobestische Punkte

Pulsoxymetrie



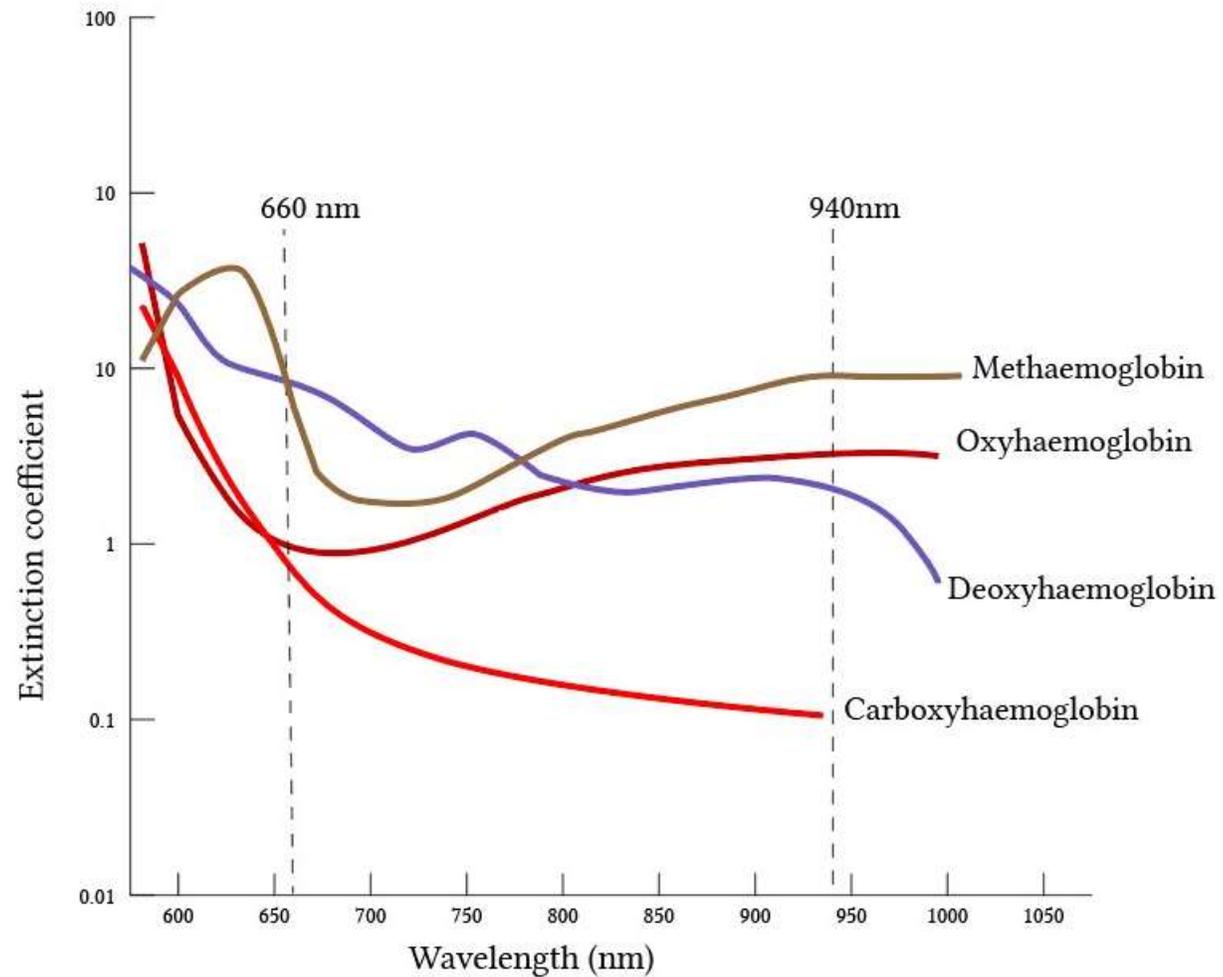
Ambient light

Pulsoxymetrie



Kalibrierung, Ohmeda & Pologe, 1987

Methämoglobin

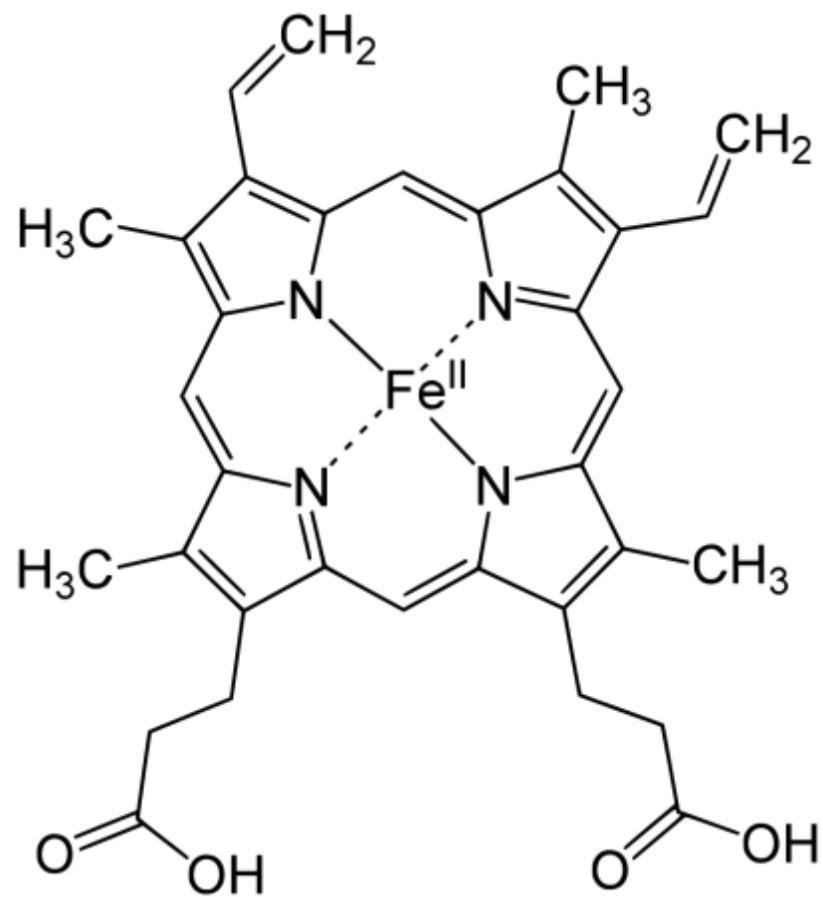


Methämoglobin = Hämoglobin

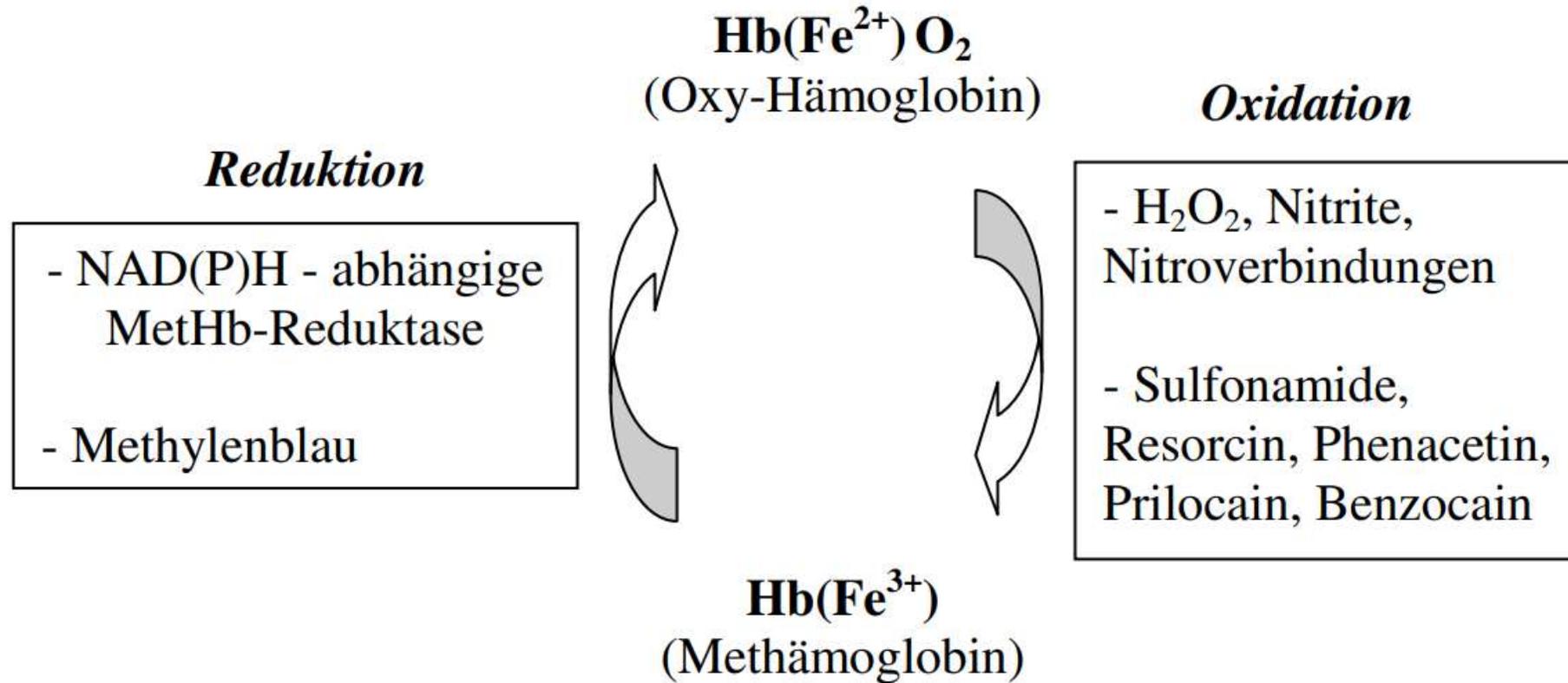
2-wertiges zentrales Eisenatom Fe^{2+} in Ery \rightarrow 3-wertiges Eisen Fe^{3+}

- 3-wertiges Eisen kann kein O_2 binden
- Linksverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve
 \rightarrow Hämoglobin in der Umgebung: nimmt O_2 auf & gibt es nicht ab
- Autooxidation
 - Gegensteuerung durch Methämoglobin-Reduktase (=NADH-Cytochrom-b5-Reduktase)
 - Normal 0-2% des Gesamt-Hb
- Bei Säuglingen & Neugeborenen erhöht

Methämoglobin



Methämoglobin



Methämoglobin

Ursachen:

- Enzymopathisch: hereditären Defekt der MetHb-Reduktase (Gibson-Syndrom)
- Hämoglobinopathisch: Vorliegen von Hämoglobin M (Hörlein-Weber-Syndrom)
- Toxische:
 - Direkte Oxydation (z.B. Bleichmittel, Prilocain)
 - Nitrite / Nitrate (z.B. Brunnenwasser)
 - Aromatische Amino- & Nitroverbindungen (z.B. Klebstoffe, Pestizide, Nitroglycerin)

Methämoglobin

Prilocain

= Xylonest = Takipril

≠ Xylocitin (Lidocain) ≠ Xylocain (Lidocain)



Methämoglobin

Prilocain

= Xylonest = Takipril

- Amid-Typ
- Hydroxylierung in der Leber → Abbau in Nieren und Lunge
- geringe Systemtoxizität
 - Großes Verteilungsvolumen
 - Lunge Reservoir
- Schnelle Anschlagszeit



Methämoglobin

Prilocain

- Metaboliten: O-Toluidin und Nitrotoluidin
 - Reduktion von Hb zu MetHb
 - hohe interindividuelle Variabilität
 - Korrelation mit Dosis

>10 mg/kg KG Methämoglobinämie mgl.

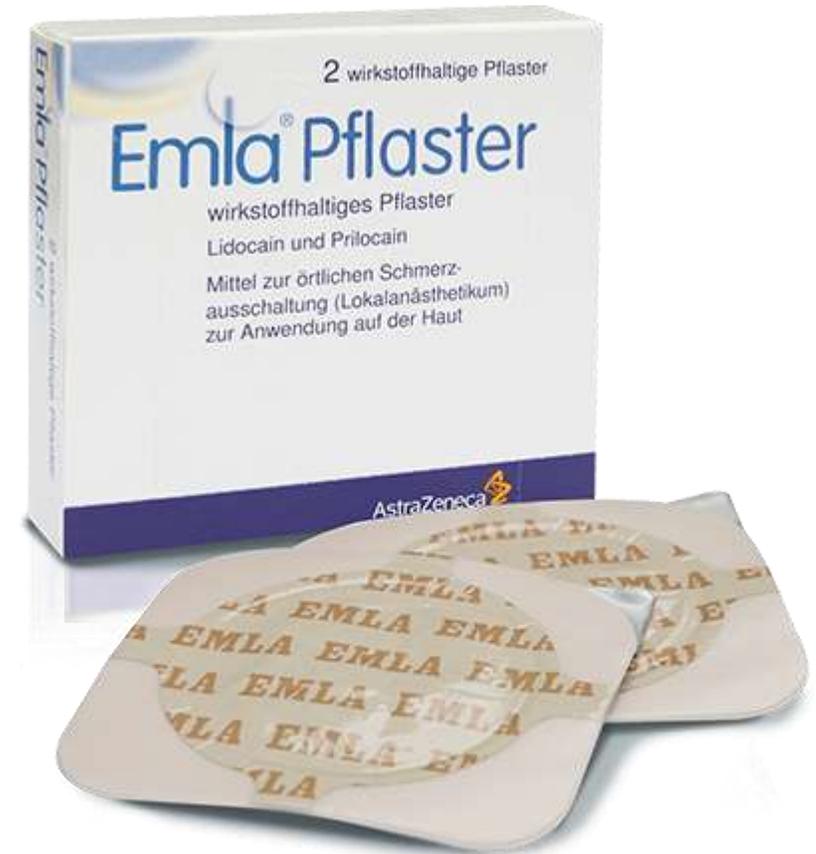
Oder Plasmakonzentration: 3 – 5ng/ml

Meist nach 20-60 Minuten

Methämoglobin

Prilocain

- 1g EMLA-Creme = 1 EMLA-Pflaster
= 25 mg Lidocain und 25 mg Prilocain



Methämoglobin

Prilocain

Dosierungsempfehlungen für Emla[®] Creme in Abhängigkeit vom Alter (nach [2]).

Patientengruppe	Alter	maximale Dosis	maximales Hautareal	maximale Einwirkzeit
Säuglinge	0 bis 2 Monate	1 g	10 cm ²	1 Stunde
Säuglinge	3 bis 11 Monate	2 g	20 cm ²	4 Stunden
Kleinkinder	1 bis 5 Jahre	10 g	100 cm ²	5 Stunden
Kinder	6 bis 11 Jahre	20 g	200 cm ²	5 Stunden
Jugendliche und Erwachsene	ab 12 Jahren	60 g	600 cm ²	5 Stunden

Methämoglobin

Prilocain

TABELLE 2

Risikofaktoren für die Entwicklung einer Methämoglobinämie im Zusammenhang mit der Anwendung von LP-Creme (nach (6;7;11)):

- Frühgeburtlichkeit, Alter unter drei Monaten
- Anwendung einer exzessiven Dosis
- Anwendung auf einem großen Hautareal
- lange Einwirkzeit
- wiederholte Anwendung
- gleichzeitige Anwendung weiterer Met-Hb-induzierender Arzneimittel (z. B. Metoclopramid, Nitrofurantoin, Sulfonamide, Dapson, Benzocain)
- Hauterkrankungen, bei welchen die Resorption erhöht ist (z. B. Ekzeme, Psoriasis, Kontaktdermatitis, Molluscumcontagiosum, vaskuläre Malformationen)
- Erkrankungen, die für Methämoglobinämie disponieren (z. B. Glukose-6-Phosphat-Dehydrogenase-Mangel)

Methämoglobin

Symptome der Methämoglobinämie in Abhängigkeit vom Methämoglobinanteil

Gehalt an Met-Hb (in %)	Symptome
1	Normalbereich
1–10	Meist symptomlos, Zyanose der Schleimhäute für den Geübten erkennbar
10–20	Zyanose, Kopfschmerzen, Benommenheit, Atemnot unter Belastung
20–45	Zusätzlich: Übelkeit, Atemnot, Herzfrequenzanstieg/Palpitationen
45–70	Schwere Zyanose, Erbrechen, Verwirrtheit, Bewusstlosigkeit, Blutdruckabfall, peripheres Kreislaufversagen
> 70	Tod

Methämoglobin

Therapie:

- Zufuhr beenden
- Sauerstoff
- Redoxfarbstoffe
 - 1–2 mg/kg KG Methylenblau (Methylthioniumchlorid) i.v.
 - oder 2–4 mg/kg KG Toluidinblau (Toloniumchlorid) i.v.
- Vitamin C
 - 2g Vitamin C i.v. ?
- Bei massiver Hämolyse: Austausch-Transfusion; ggf. Dialyse

Methämoglobin

Therapie:

- Eliminationshalbwertszeit von Met-Hb: 15 bis 20 Stunden
- durch Methylenblau Reduktion auf 40 - 90 Minuten

- Cave: Haut wird blaugrün