

Kreislauf III

Lernziele Kreislauf III: Systemische Kreislaufregulation

Die Studierenden sollten fähig sein:

- die Module der Volumen-, Druck-Messung im Blutkreislauf zu benennen und die Vasomotorischen Reflexe zu skizzieren.
- Die Orthostase Reaktion während des Übergangs von liegender in stehender Körperhaltung zu erläutern.
- die Kreislaufregulation durch Renin, Angiotensin II, Aldosteron, Anitdiuretrisches Hormon und Atriales natriuretisches Peptid zu erläutern.
- den Zusammenhang zwischen arteriellen Mitteldruck, HZV und total peripheren Widerstand zu erklären und mögliche Ursachen einer arteriellen Hypertonie zu benennen.
- mögliche Ursachen eines Kreislaufschocks zu benennen und die kompensatorischen Gegenregulation des Herz-Kreislauf-Systems zu erläutern
- die Besonderheiten des Lungenkreislaufs bezüglich Anatomie der Gefäßabschnitte, Blutdrücke, Widerstände und Durchblutungsregulation zu erklären.

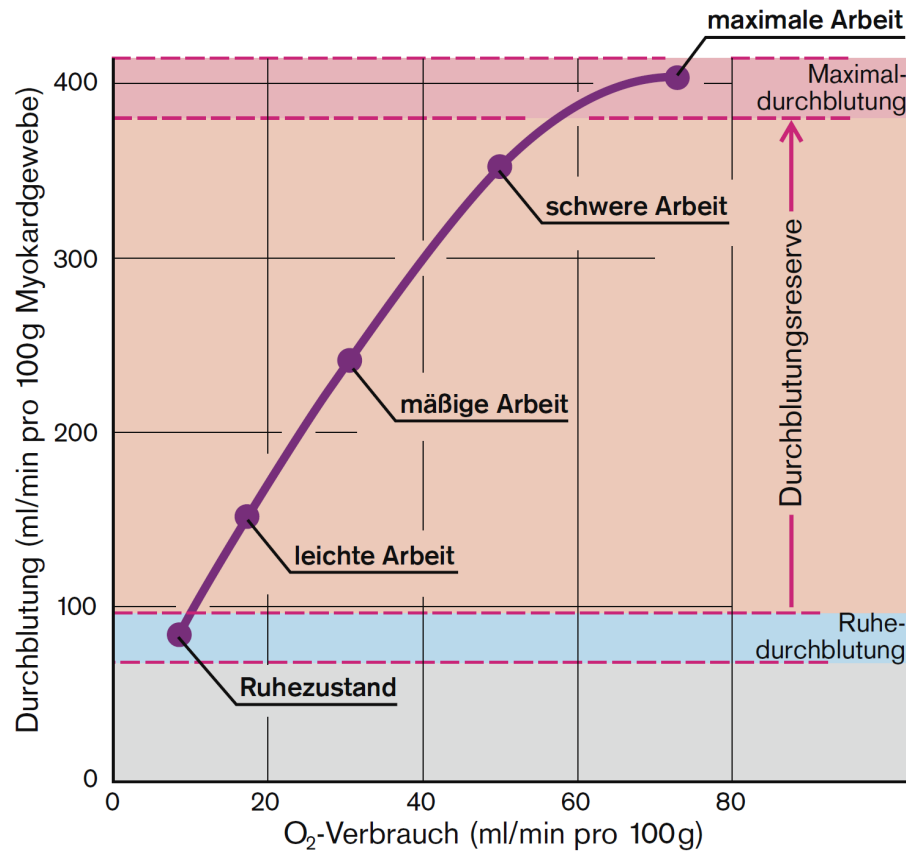
Kreislauf III: Systemische Kreislaufregulation

- Vasomotorische Reflexe
- Orthostase-Reaktion
- Langfristige Regulationsmechanismen
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- Kreislaufschock
- Lungenkreislauf

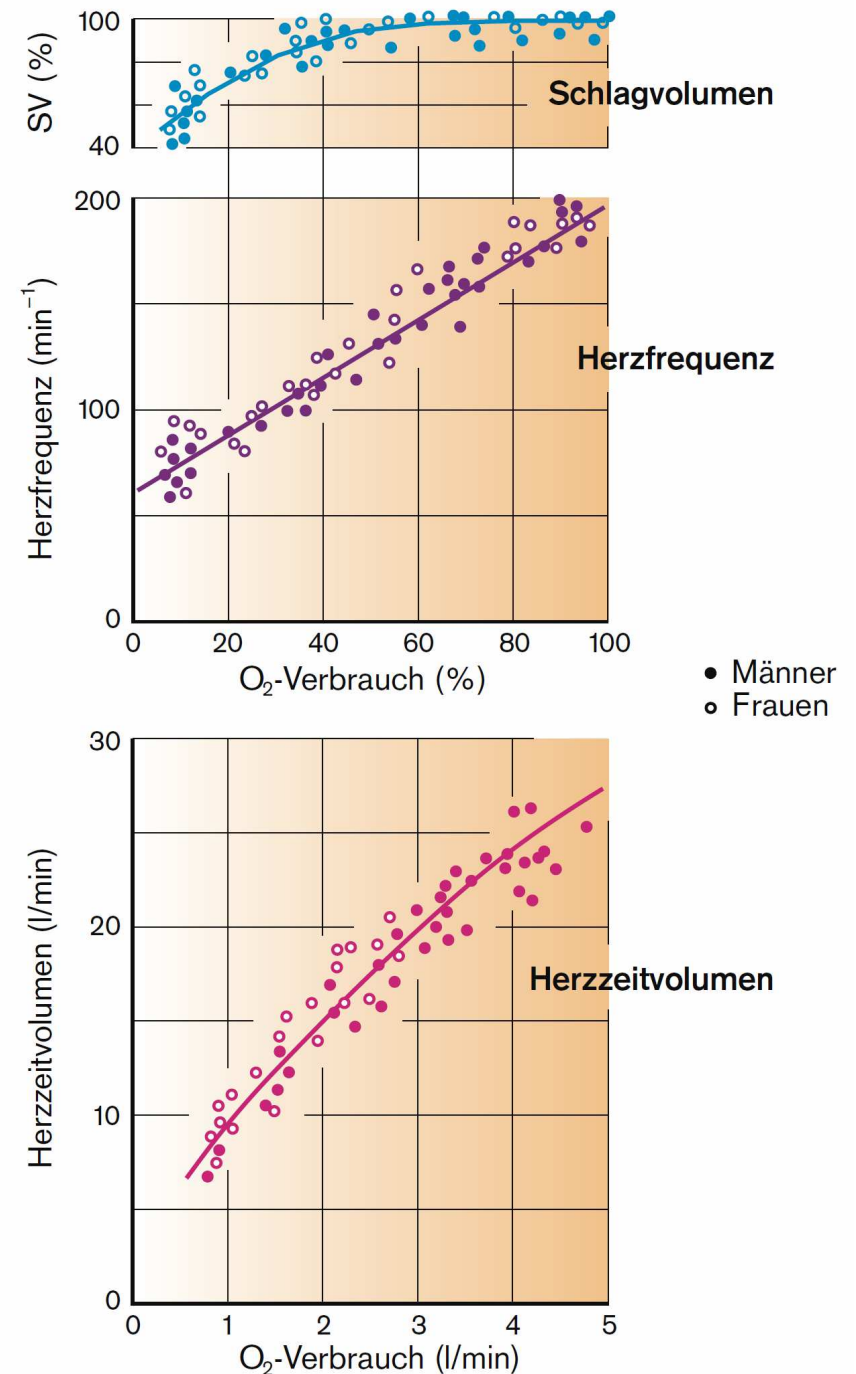
Systemische Kreislaufregulation

- Aufrechterhaltung eines adequate Perfusionsdruck der Organe
- Abnahme des Totalen Peripheren Widerstands → Zunahme des Herzzeitvolumens
- Anpassung von Gefäßkapazität (vasomotorisch) und Blutvolumen (Niere)
- kurzfristige und langfristige Regulationsmechanismen

Herzzeitvolumen und Sauerstoffverbrauch



Quelle: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart



Vasomotorische Reflexe

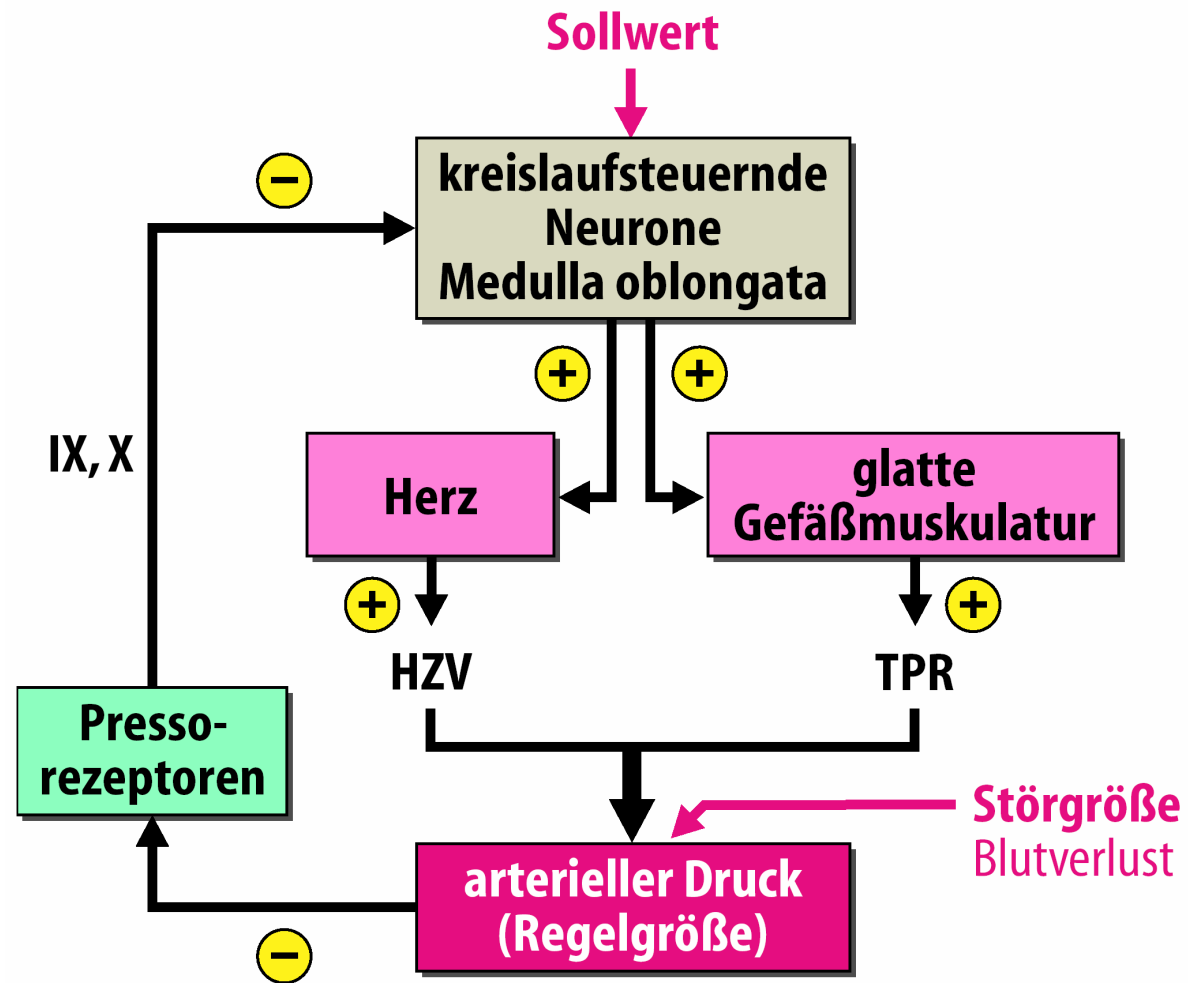
Systemische Kreislaufregulation

-Vasomotorische Reflexe

Presso- und Dehnungsrezeptorenreflex
Arterielle Chemorezeptoren
Ischämieaktionen des ZNS

- Orthostase-Reaktion
- Langfristige Regulationsmechanismen
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- Kreislaufchock
- Lungenkreislauf

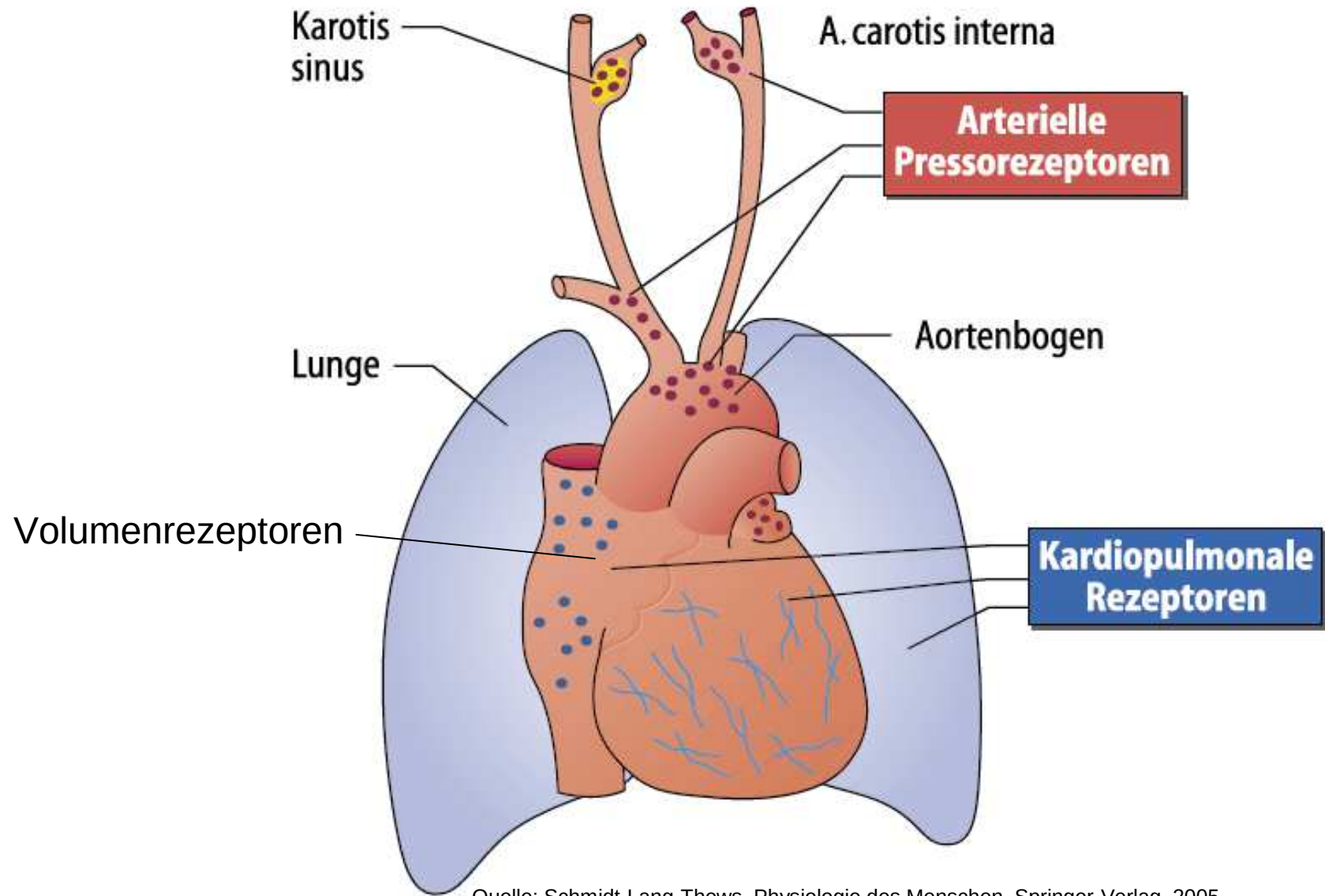
Regelkreis für die kurzfristige Regulation des Arteriellen Mitteldrucks



Blockschema der Blutdruckregelung durch die arteriellen Pressorezeptoren bei Blutdruckabfall

Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005 7

Lokalisation der Rezeptoren

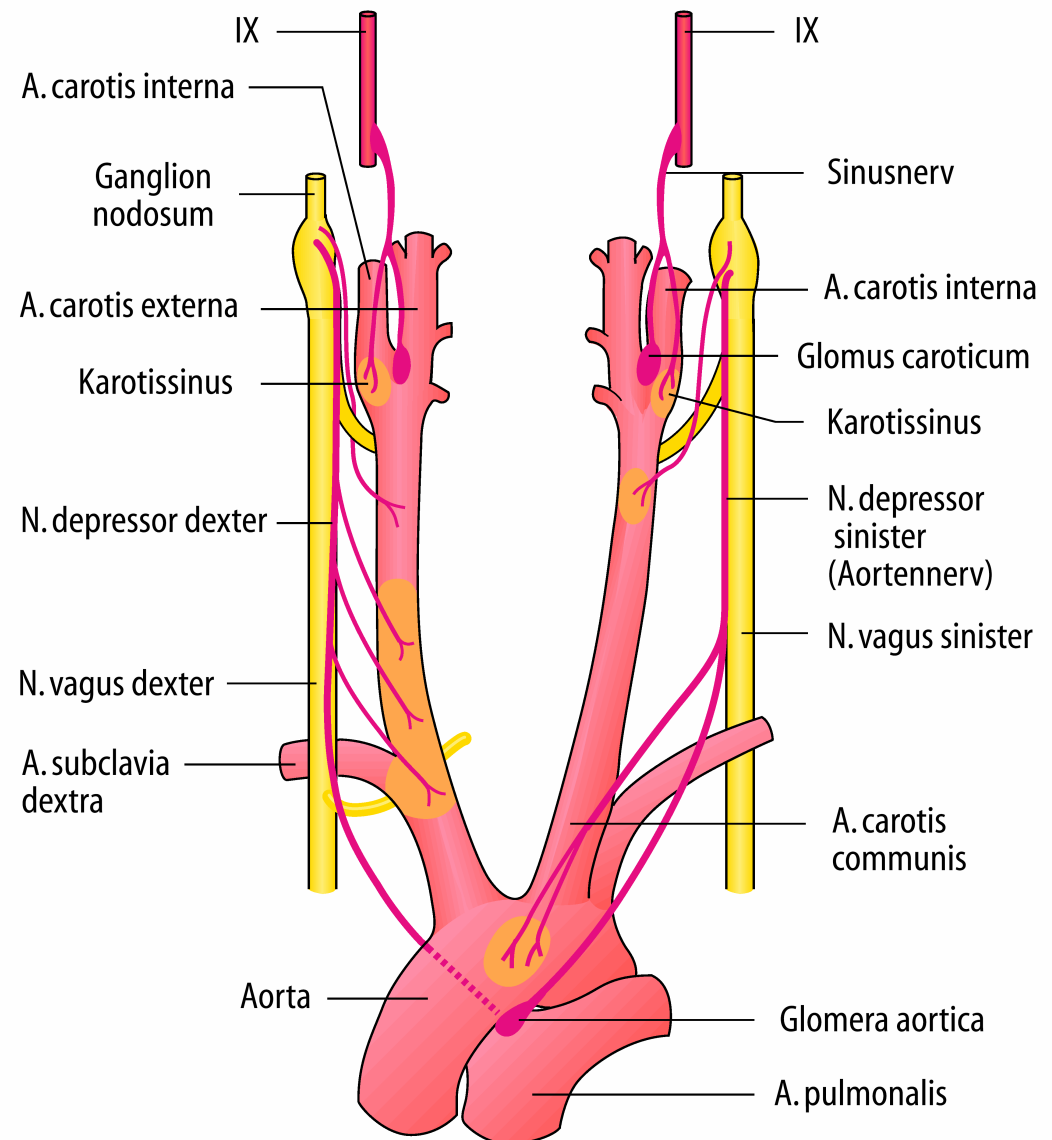


Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005

Lokalisation der Pressorezeptoren im Bereich der Aorta und A. carotis

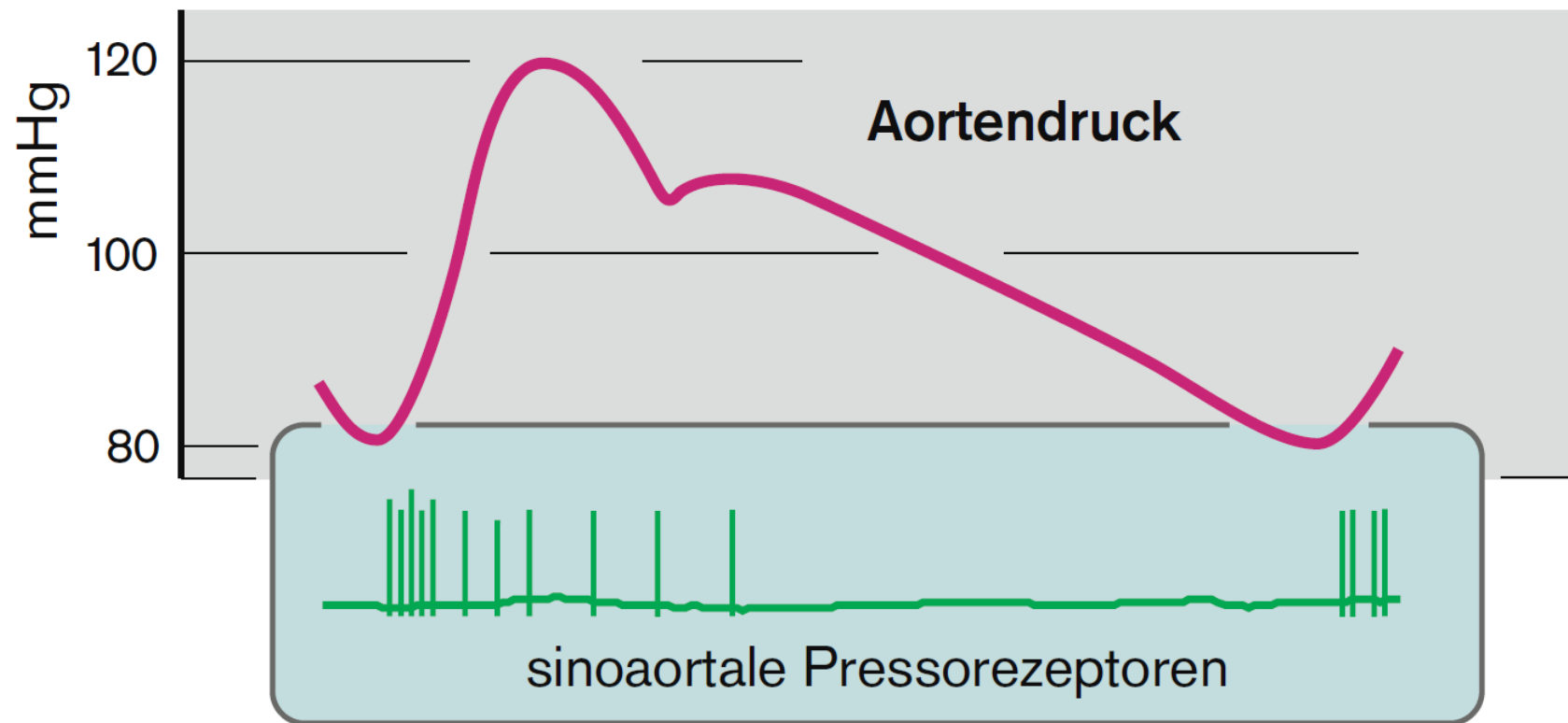
Presso(Baro)-Rezeptoren

- Grenze Adventitia-Media, große thorakale und Halsarterien
- buschartig verflochtene Nervenfasern mit lamellierten Endorganen (Rezeptoren)
- Dehnen der Gefäßwände, Proportional-Differential-Verhalten



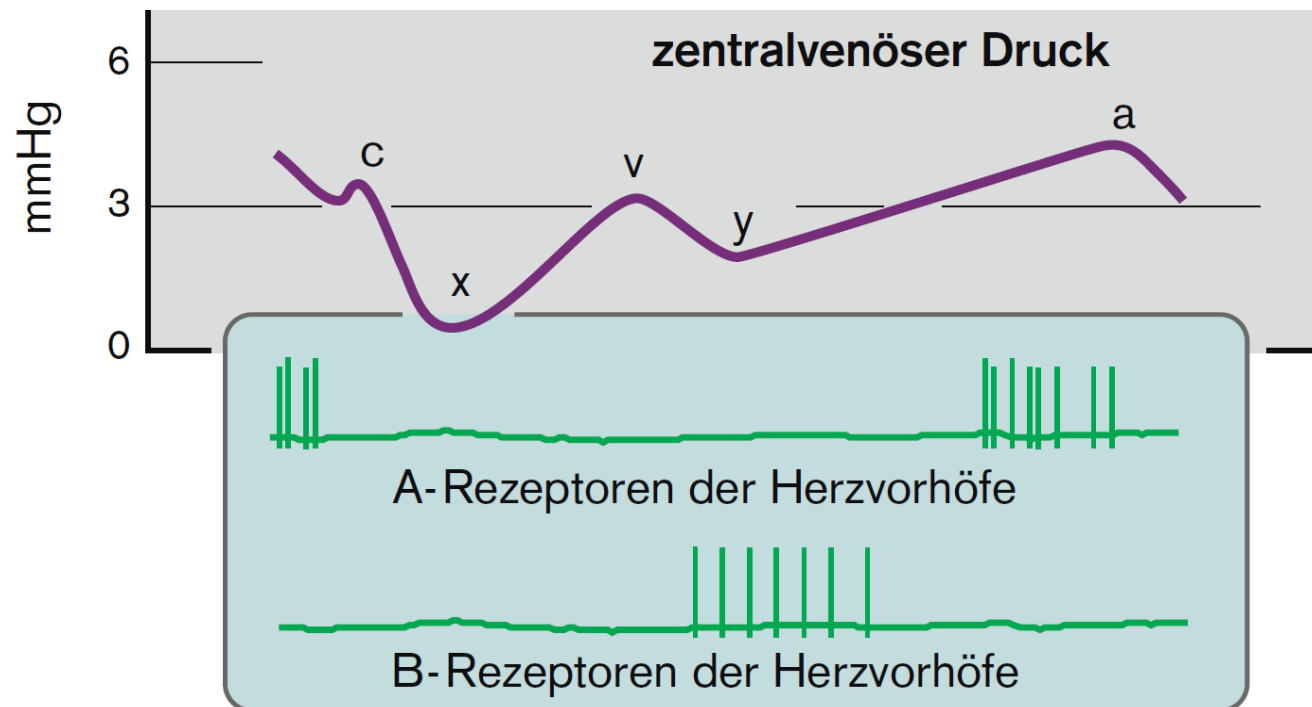
Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005

Erregungsmuster der Pressorezeptoren



Quelle: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Erregungsmuster der Vorhofrezeptoren



Quelle: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

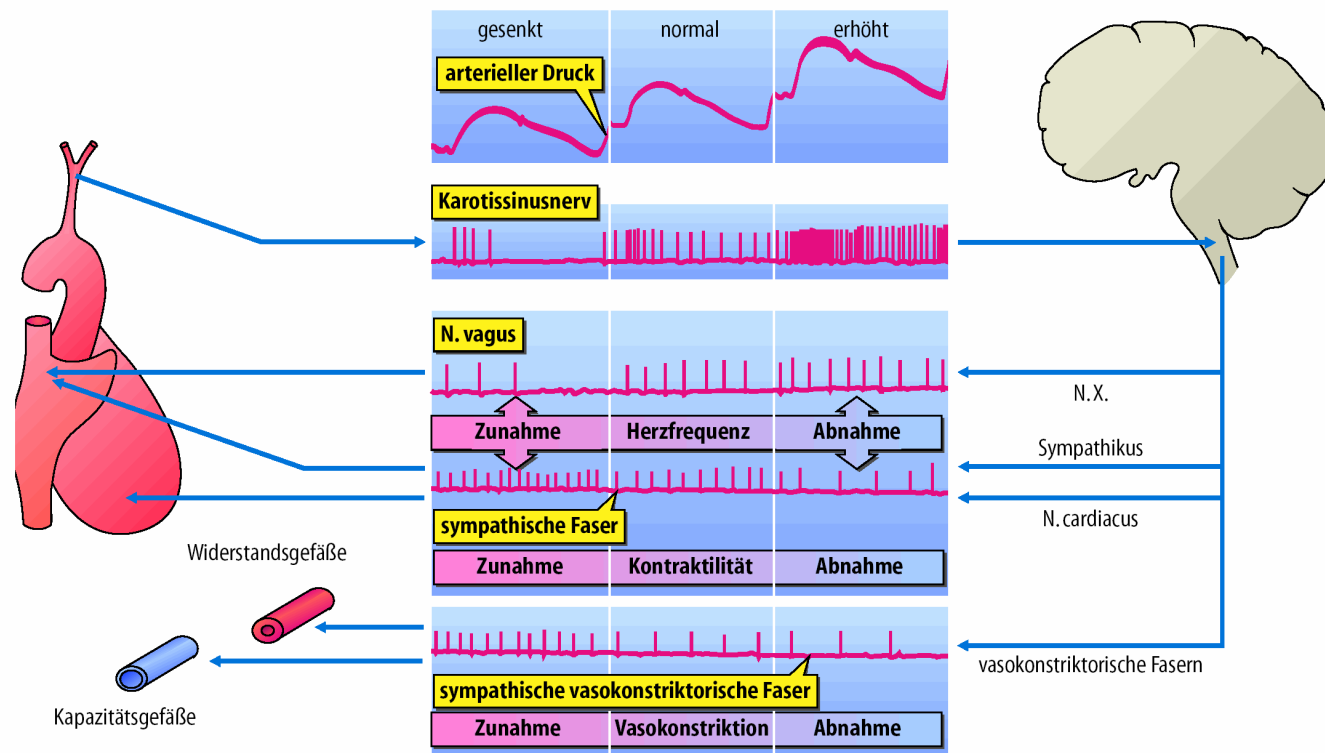
Dehnungsrezeptoren Vorhöfe (N. vagus): Regulation des intravasalen Volumens, Hypothalamus, ADH (antidiuretisches Hormon)

- A-Rezeptor, Vorhofkontraktion, sympathische Aktivität
- B-Rezeptor, späte Ventrikelsystole, stark vasomotorische Wirkung auf Nierengefäße, renale Flüssigkeitsausscheidung

Vasomotorische Reflexe

Reflektorische Reaktionen bei veränderter Erregung der Pressorezeptoren im Karotissinus

- Senkung des arteriellen Drucks → Abnahme der Erregung der Pressorezeptoren
- reflektorische Steigerung der Aktivität der sympathischen vasokonstriktorischen und kardialen Fasern
- Zunahmen des peripheren Widerstandes und der Herzfrequenz → Restaurierung des Blutdrucks
- entgegengesetzte Reaktionen bei erhöhtem arteriellem Druck

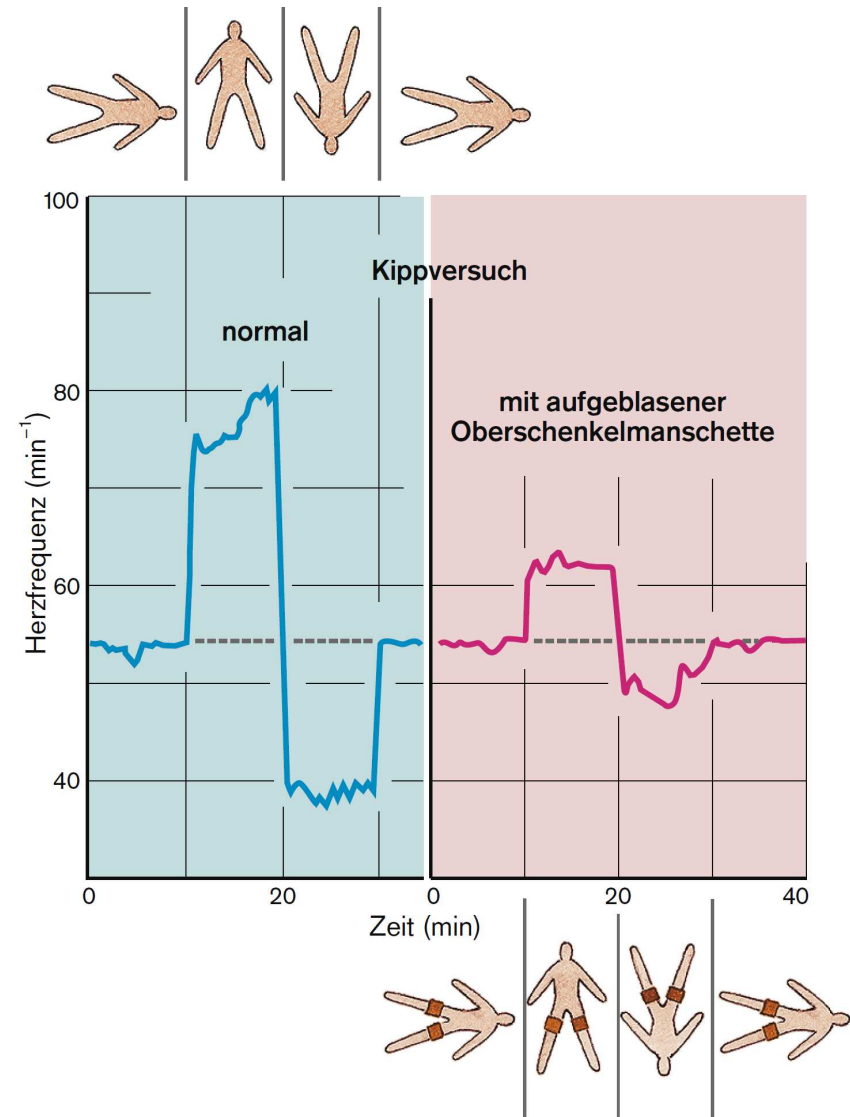
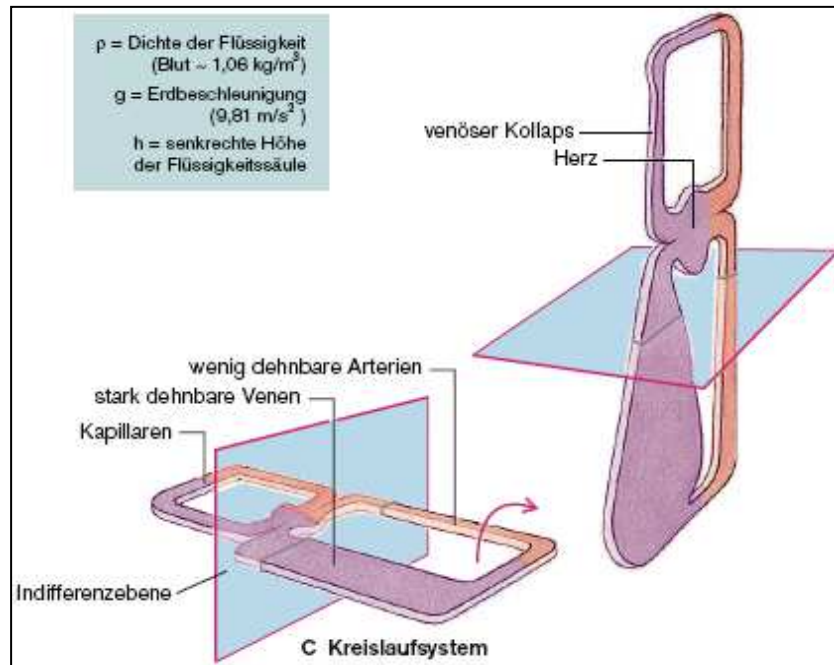


Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005

Systemische Kreislaufregulation

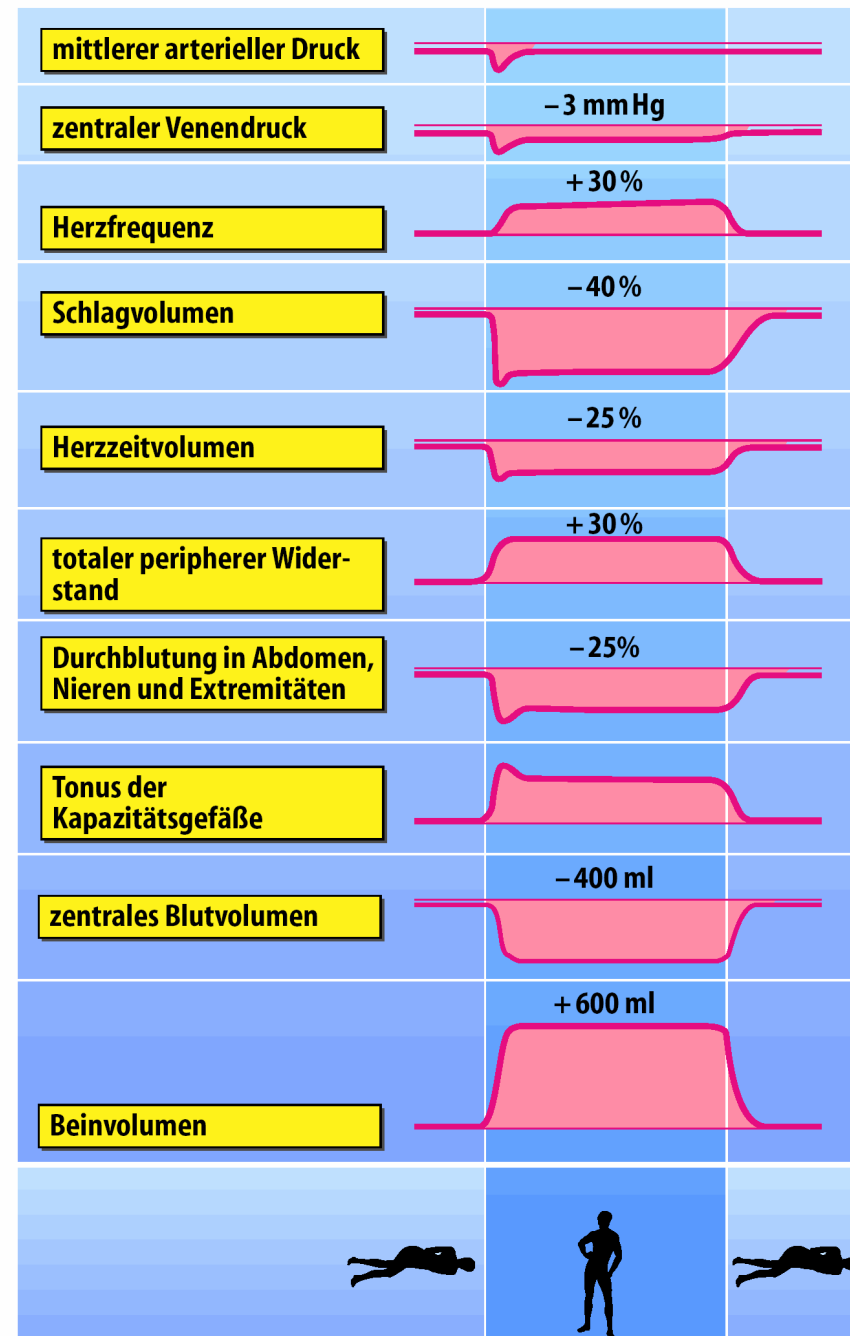
- Vasomotorische Reflexe
- **Orthostase-Reaktion**
- Langfristige Regulationsmechanismen
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- Kreislaufchock
- Lungenkreislauf

Lageabhängigkeit der Herzfrequenz



Quelle: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Veränderungen
verschiedener
kardiovaskulärer
Parameter beim
Übergang vom Liegen
zum Stehen
(Orthostase)

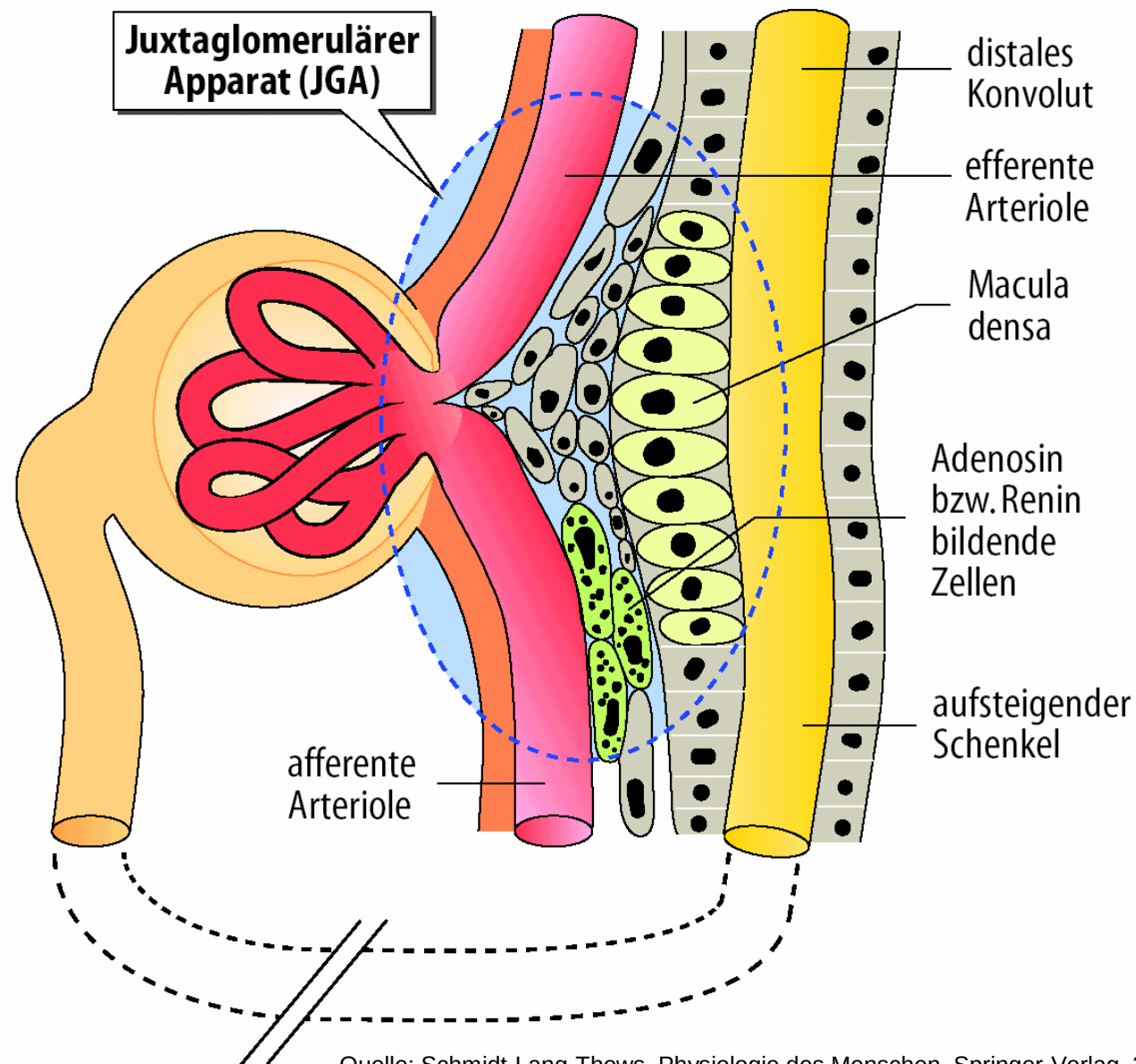


Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005 .5

Systemische Kreislaufregulation

- Vasomotorische Reflexe
- Orthostase-Reaktion
- **Langfristige Regulationsmechanismen**
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- Kreislaufchock
- Lungenkreislauf

Der Juxtaglomeruläre Apparat misst den arteriellen Druck



Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005 17

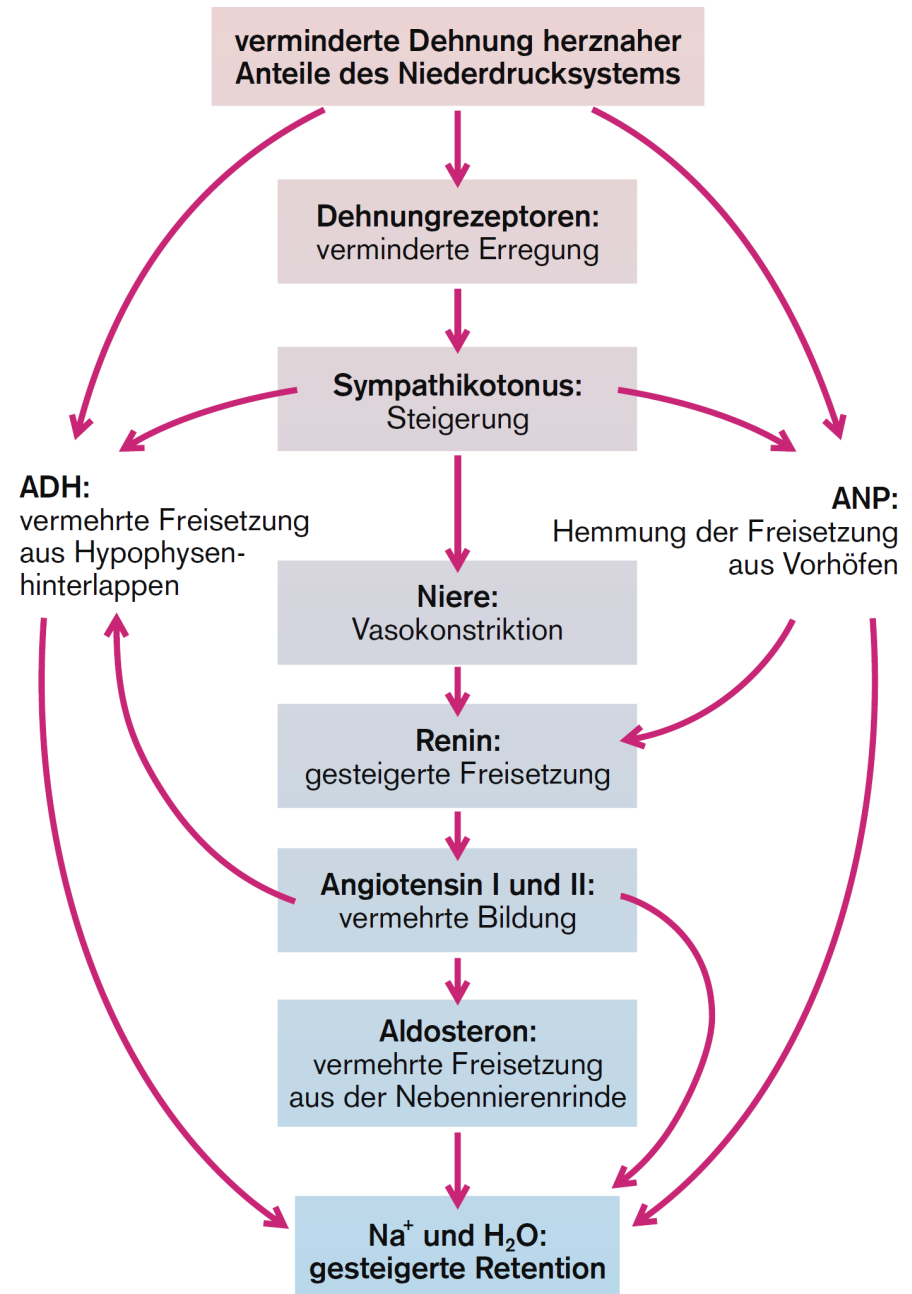
Hormonale Mechanismen der Blutvolumenregulation

Renin (Niere) → Angiotensin II (Leber)
→ Aldosteron (Nebennierenrinde)

Atriales natriuretisches Peptid (ANP)
Vorhofmyokard

Anitdiuretisches Hormon (ADH)
Hypophyse

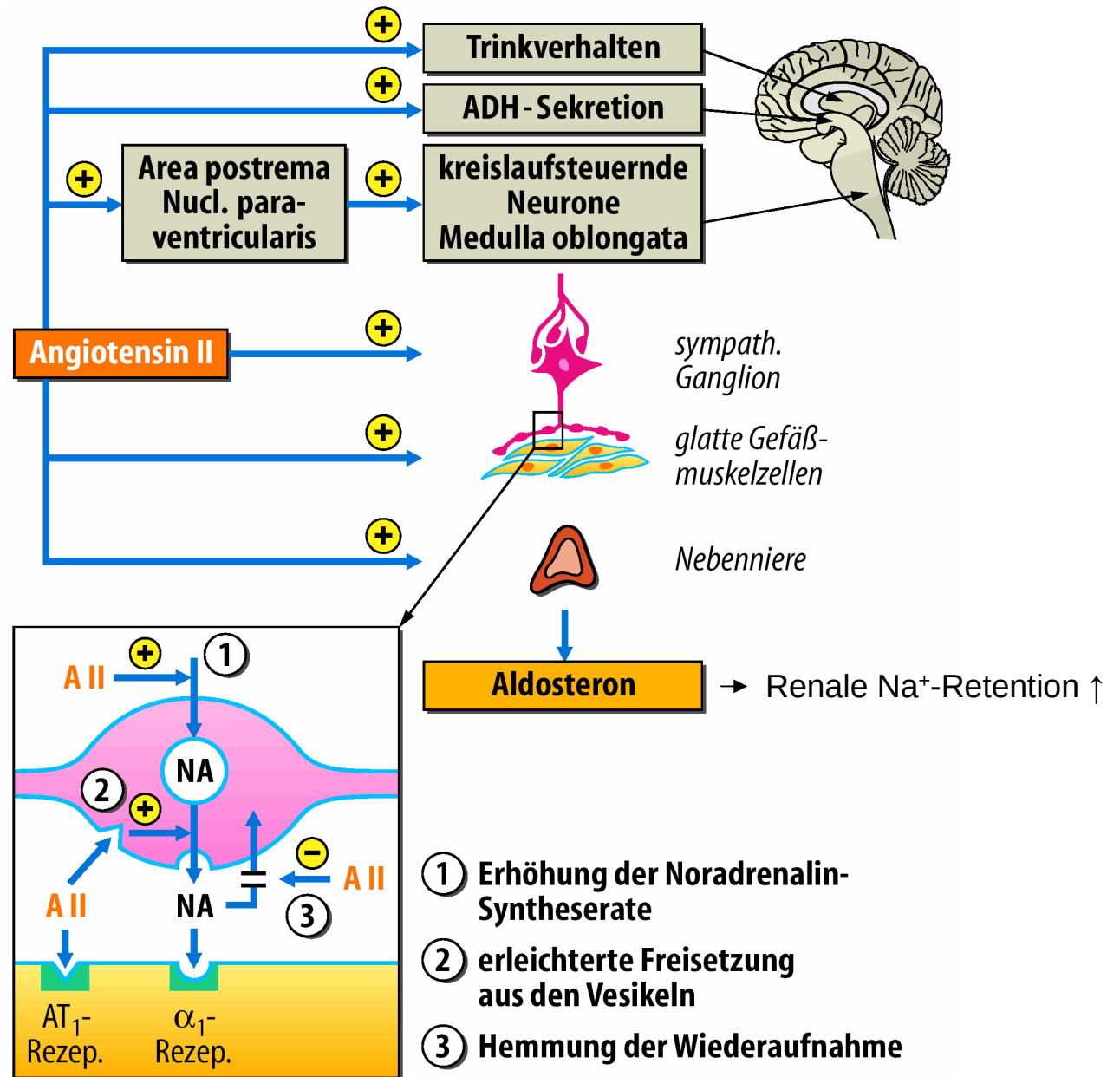
Druckdiurese bei erhöhter
Vorhofdehnung und
erhöhten Druck



Quelle: Klinke/Silbernagl: Lehrbuch der Physiologie, 2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Langfristige Regulationsmechanismen

Angiotensin II

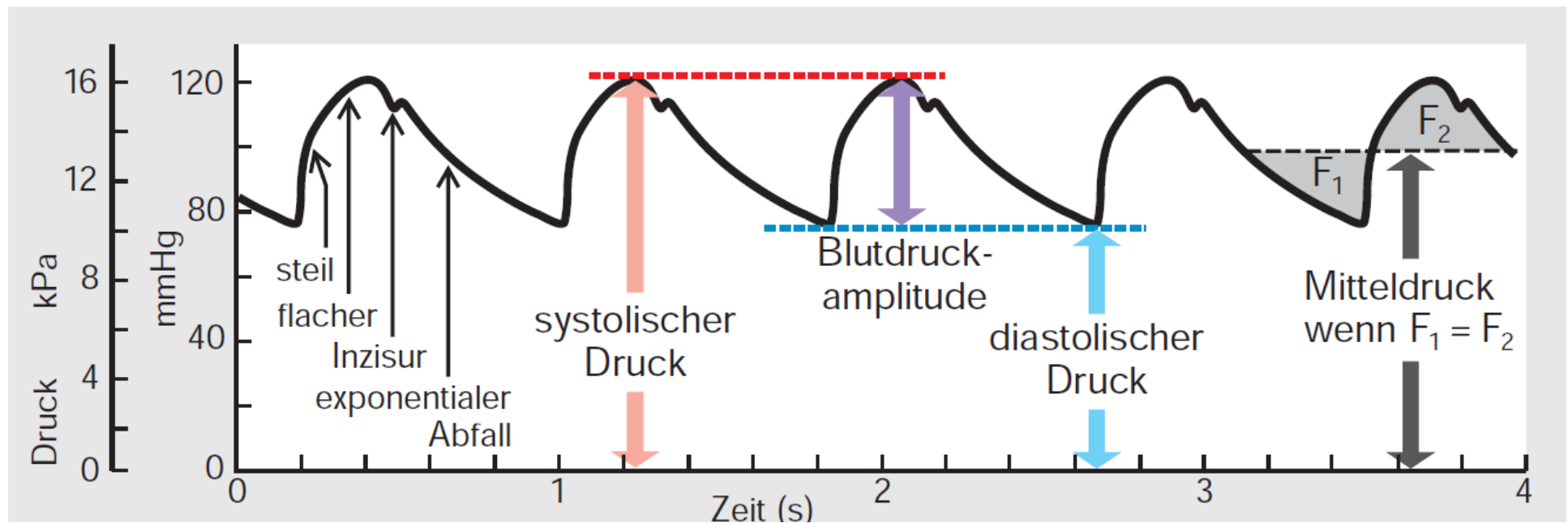


Quelle: Schmidt-Lang-Thews, Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, 2005 19

Systemische Kreislaufregulation

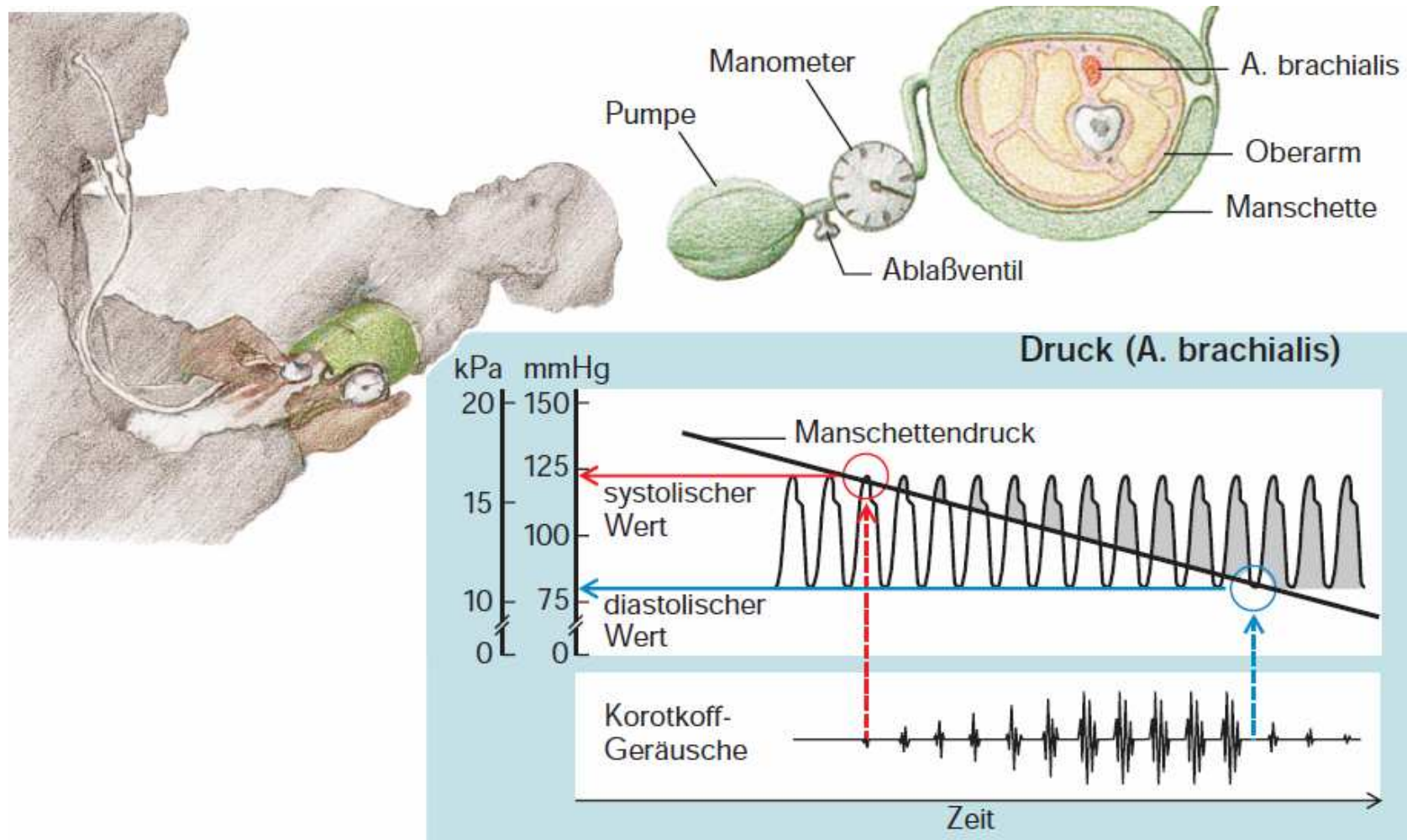
- Vasomotorische Reflexe
- Orthostase-Reaktion
- Langfristige Regulationsmechanismen
- **Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)**
- Kreislaufschock
- Lungenkreislauf

Aortendruckkurve (blutige Messung)



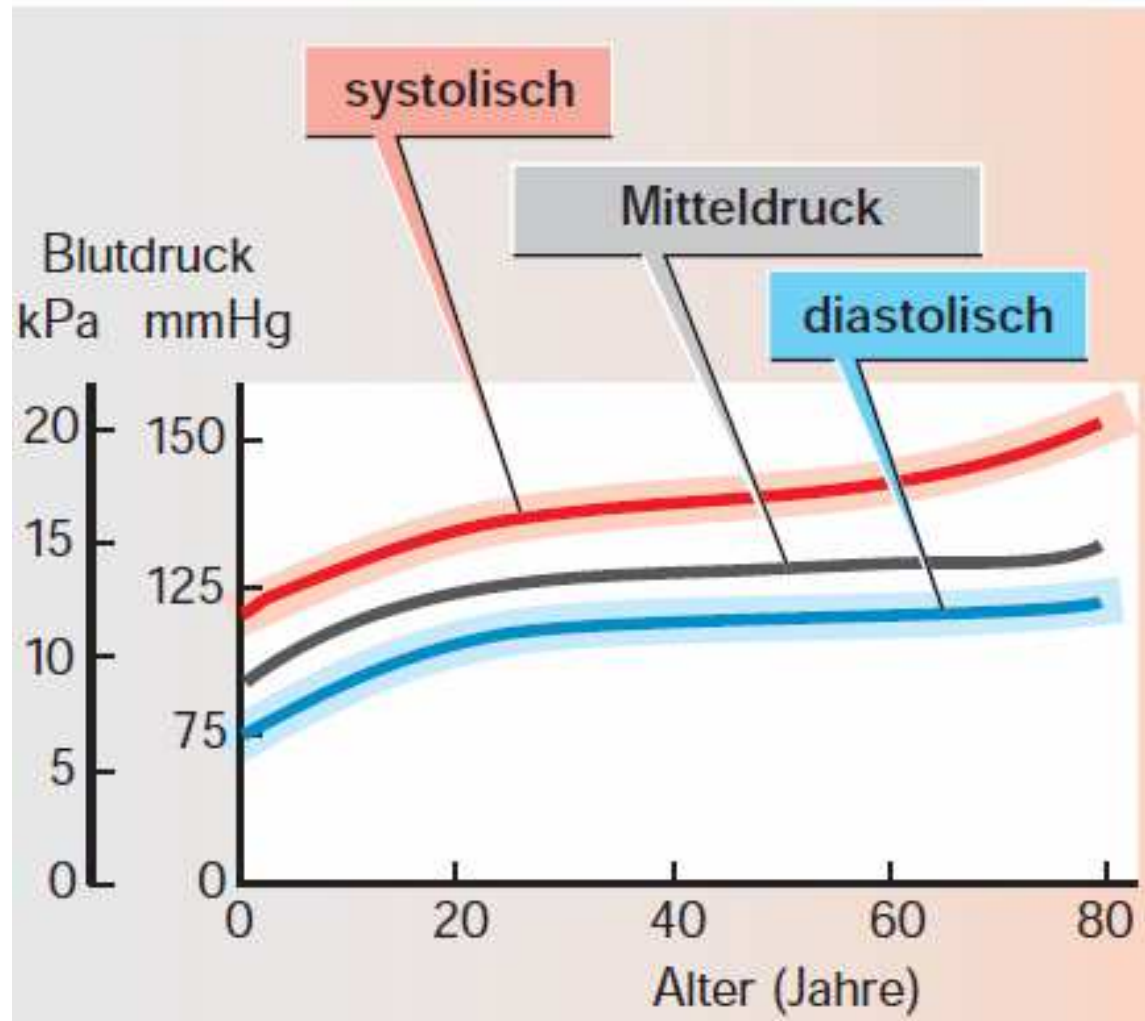
Quelle: Silbernagl, Lang. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag 1998

Blutdruckmessung nach Riva-Rocci



Quelle: Silbernagl, Lang. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag 1998

Altersabhängigkeit des Blutdrucks



Quelle: Silbernagl, Lang. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag 1998

Bluthochdruck (Arterielle Hypertension oder Hypertonus)

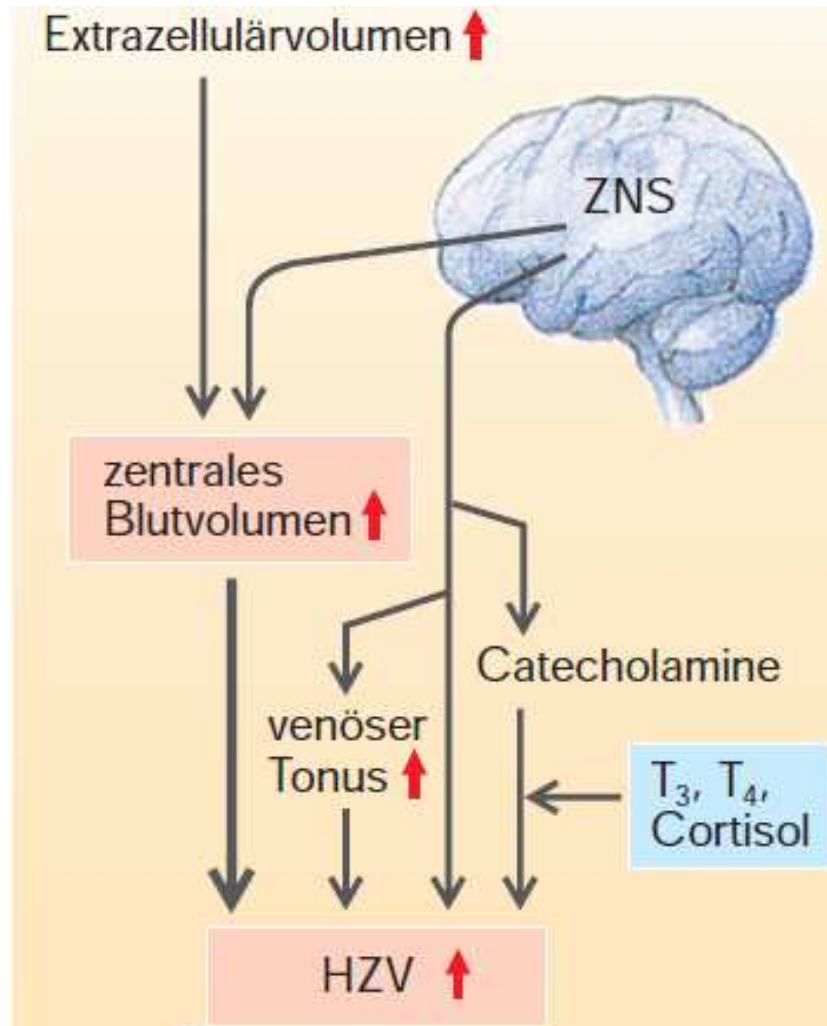
$$\text{arterieller Blutdruck} = \text{Herzzeitvolumen (HZV)} \times \text{totaler peripherer Widerstand (TPR)}$$

hyperdynamischer Hochdruck: HZV ↑

Widerstandshochdruck: TPR ↑

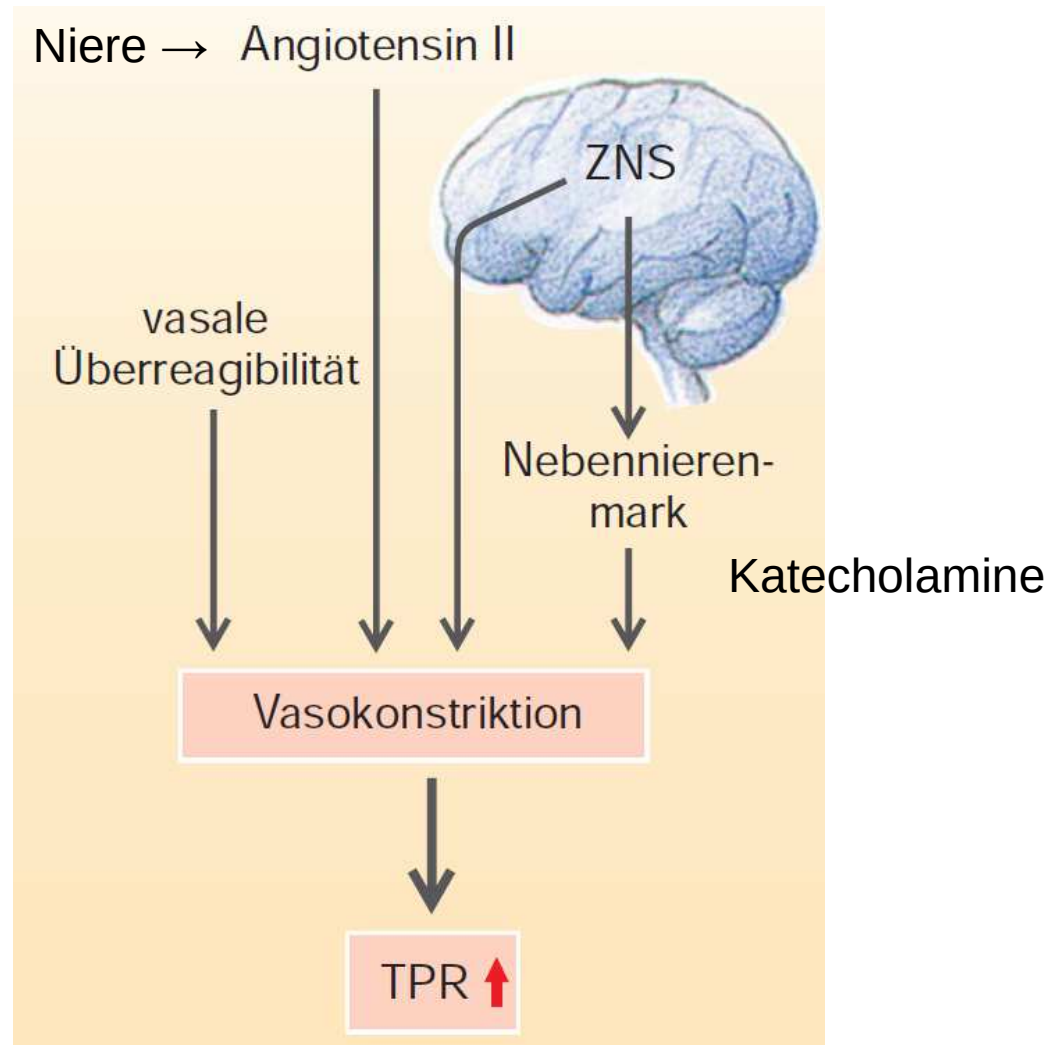
Hyperdynamischer Hochdruck

Niere → Na⁺-Retention →



Quelle: Silbernagl, Lang. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag 1998

Widerstandshochdruck



Quelle: Silbernagl, Lang. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag 1998

Systemische Kreislaufregulation

- Vasomotorische Reflexe
- Orthostase-Reaktion
- Langfristige Regulationsmechanismen
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- **Kreislaufschock**
- Lungenkreislauf

Kreislaufschock

Generalisiertes Kreislaufversagen mit Störungen der Mikrozirkulation und Minderversorgung lebenswichtiger Organe

„Schockindex“ (Pulsfrequenz / systolischen Blutdruck) > 1

Kreislaufschock: Ursachen

Volumenmangel (hypovolämischer Schock) starker Flüssigkeitsverlust durch Blutverluste (> 20%, hämorrhagischer Schock), Verlust von Wasser und Elektrolyten bei Darmverschluss (Ileus), Aszites, Diarrhoe und Erbrechen, sowie mangelnde Zufuhr von Wasser (Dehydratisierung)

kardiogen durch massive Reduzierung des Herzzeitvolumens bei Myokardinfarkt, Myokarditis, Endokarditis, Kardiomyopathie, Herzinsuffizienz oder auch schwere Herzrhythmusstörungen, akute Mitral- oder Aortenklappeninsuffizienz, Herzbeuteltamponade, Perikarditis, Lungenembolie

hormonell Nebenniereninsuffizienz (Addison Krise), hypoglykämisch (Insulin↑)

metabolisch-toxisch: Leberzirrhose

septisch Toxine, meist gram-negative Bakterien

anaphylaktisch schwerste Form einer Überempfindlichkeitsreaktion, Histamin → Gefäßweitstellung mit relativem Flüssigkeitsmangel und Blutdruckabfall

neurogen (Hinstamm, Rückenmarktraumata), elektrisch, orthostatisch, febril (Fieber)

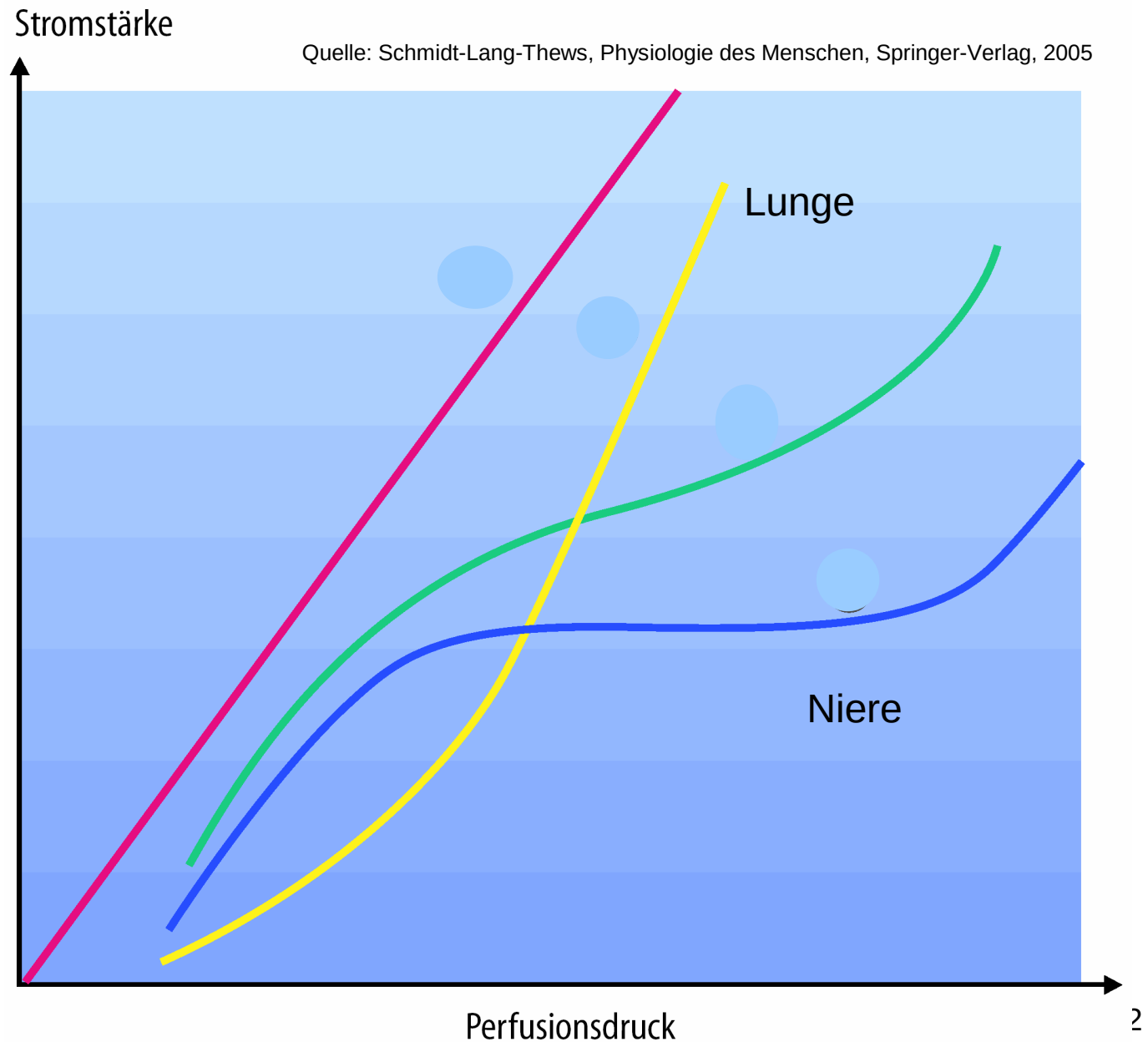
Systemische Kreislaufregulation

- Vasomotorische Reflexe
- Orthostase-Reaktion
- Langfristige Regulationsmechanismen
- Arterielle Hypertonie (Bluthochdruck)
- Kreislaufschock
- **Lungenkreislauf**

Lungenkreislauf

- Arterialisierung des Blutes
- arterielle und venöse Lungengefäße kürzer und dünnwandiger, Durchmesser größer als Gefäße im Körperkreislauf
- Lungenkapillaren-Ø 8 μm mit zahlreichen Anastomosen, kein stützendes Interstitium große elastische Weitbarkeit, druckpassive Durchblutung
- Kapillaroberfläche: 70 m^2 bis $>100 \text{ m}^2$ bei schwerer Arbeit (1/3-1/10 der Kapillaroberfläche Körperkreislauf)
- kurze pulmonale Diffusionsstrecke (0.2-1 μm): erlaubt Atemgasequilibrium zwischen Alveolarraum und Blut (Skelettmuskel 30 μm)
- Drücke: A pulmonalis $P_{\text{sys}} = 20\text{-}25 \text{ mm Hg}$, $P_{\text{dias}} = 9\text{-}12 \text{ mm Hg}$, $P_{\text{mittel}} = 14 \text{ mm Hg}$
Lungenkapillaren $P_{\text{mittel}} = 7 \text{ mm Hg}$, linker Vorhof $P_{\text{mittel}} = 6 \text{ mm Hg}$
- Depotgefäße (Lungenkreislauf bildet zusammen mit diastolischer Füllung des linken Ventrikels das zentrale Blutvolumen (650-750 ml) → Sofortdepot

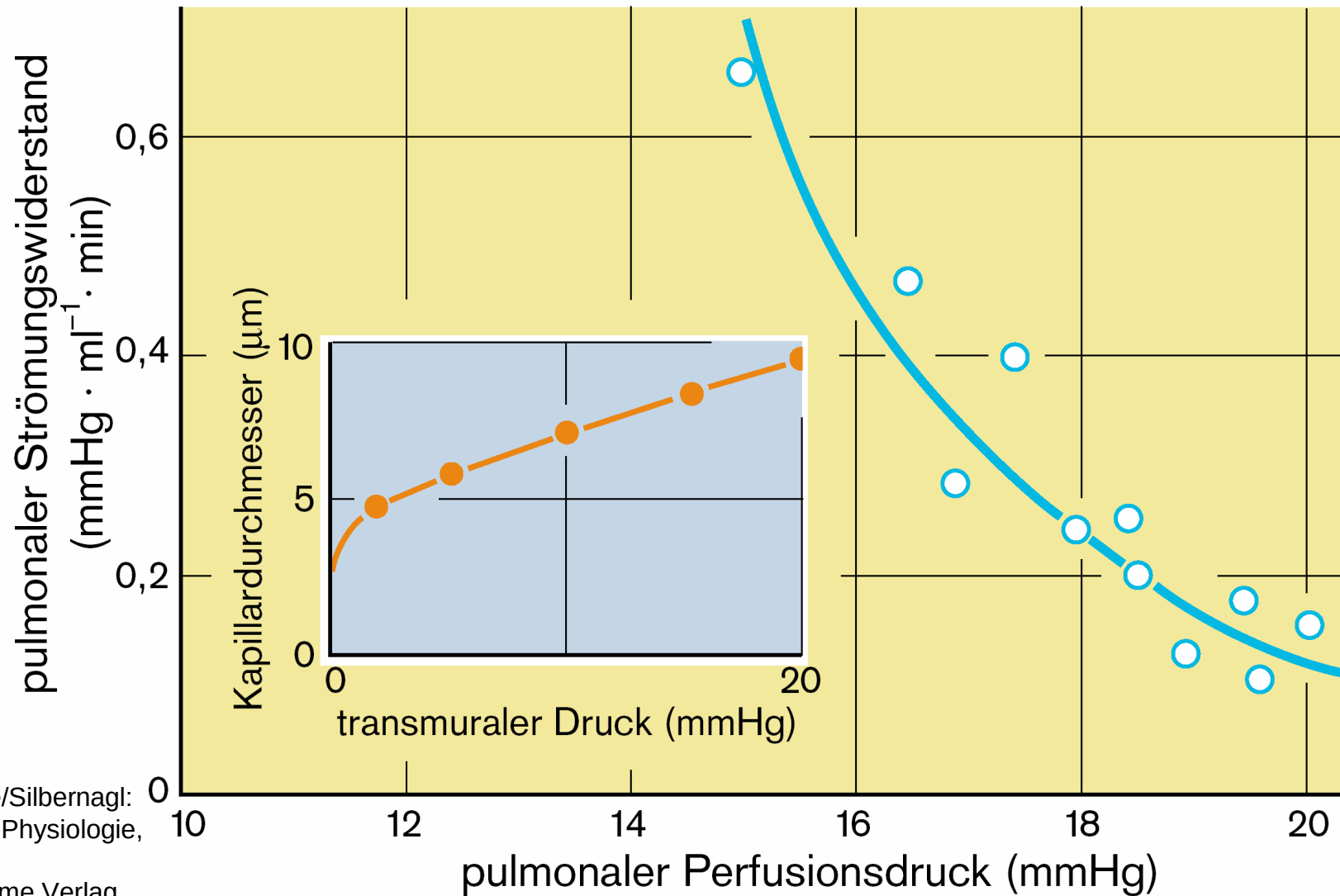
Perfusionsdruck und Stromstärke



Lungenkreislauf

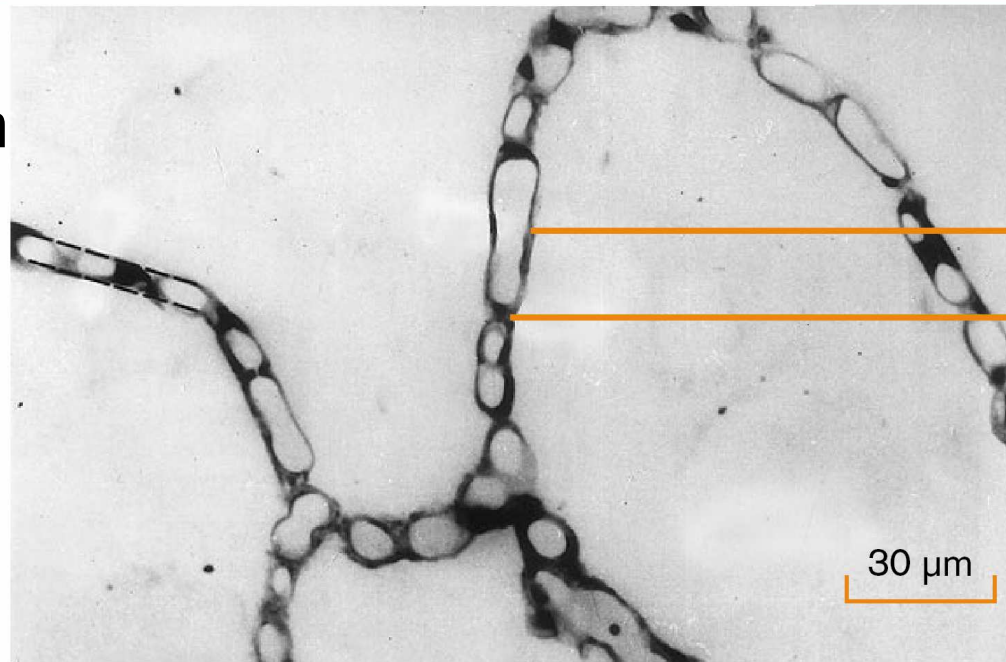
Strömungswiderstand und Perfusionsdruck

- druckpassiv
- Öffnung der Reservekapillaren (50 % Durchblutung in Ruhe)



Quelle: Klinke/Silbernagl:
Lehrbuch der Physiologie,
2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag,
Stuttgart

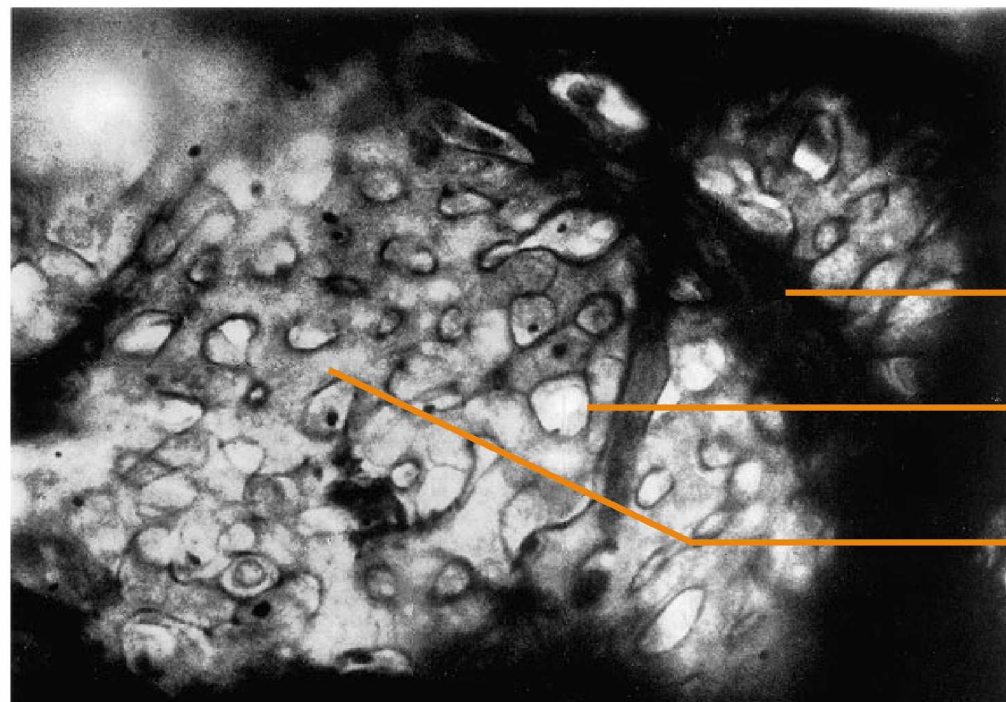
Interalveolarsepten der Lunge



Kapillare

„Pfeiler“

30 µm



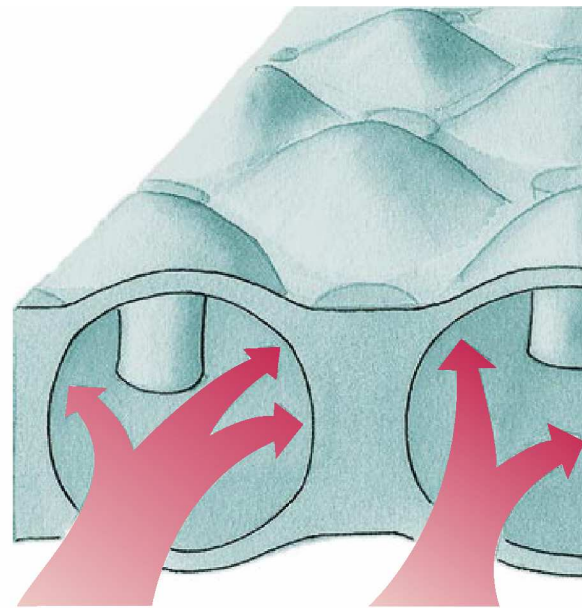
Venole

„Pfeiler“

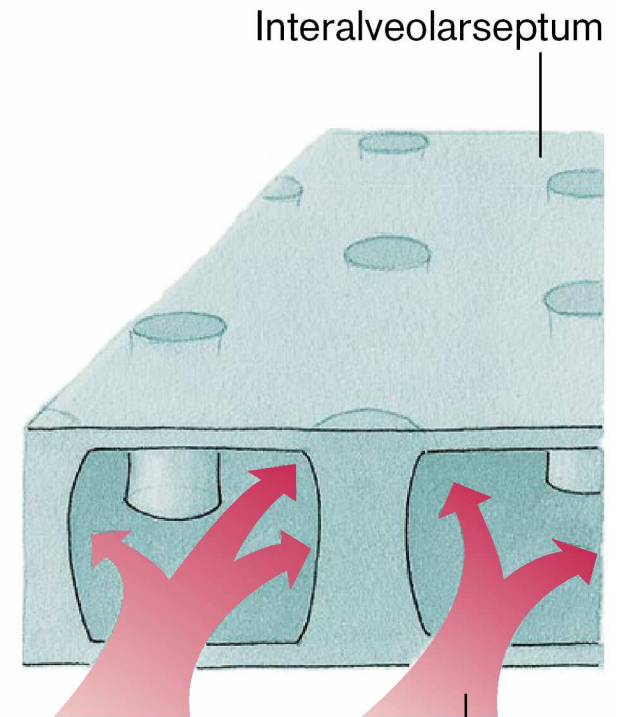
Kapillare

Quelle: Klinke/Silbernagl:
Lehrbuch der Physiologie,
2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag,
Stuttgart

Schichtenströmung in den Alveolarsepten



transmuraler Druck erhöht

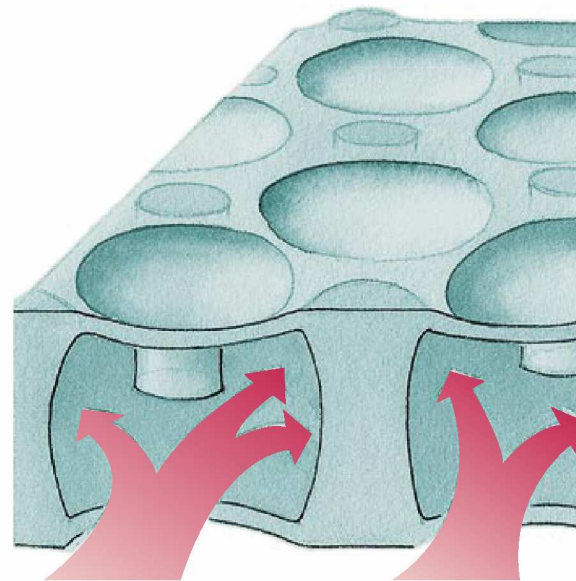


Interalveolareseptum

Blutstrom

transmuraler Druck normal

Kapillarbett Lunge:
Endothel-ausgekleideter
spaltförmiger Raum mit
endothelialen Stützpfeilern



transmuraler Druck erniedrigt

Quelle: Klinke/Silbernagl:
Lehrbuch der Physiologie,
2.Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag,
Stuttgart

Welche Behauptung ist falsch ?

Bezogen auf den Körperkreislauf arbeitet der Lungenkreislauf:

- a) mit niedrigeren Drücken
- b) mit einer geringeren Kapillaraustauschfläche
- c) mit kürzeren Gefäßabschnitten
- d) mit geringeren Gefäßwiderständen
- e) mit einer geringeren Compliance der Gefäßwände

Welche Behauptung ist falsch ?

Ein Kreislaufschock kann ausgelöst werden durch:

- a) Volumenmangel
- b) eine anaphylaktische Überreaktion
- c) Fieber
- d) eine Sepsis
- e) Behauptungen a, b, c, d sind falsch

Welche Behauptung ist richtig ?

Renin:

- a) wird bei Blutdruckabfall aus der Leber ausgeschüttet
- b) wird bei erhöhtem arteriellem Mitteldruck aus dem juxtaglomerulären Apparat ausgeschüttet
- c) schneidet das Angiotensin-Converting-Enzym
- d) bindet an den Angiotensin II-Rezeptor
- e) erhöht die renale Retention von Natrium und Wasser

Welche Behauptung ist falsch ?

Bei der Orthostase Reaktion (Liegen → Stehen):

- a) versackt Blut in den Kapazitätsgefäßen
- b) erhöht sich in der Regel der systolische Blutdruckwert
- c) verringert sich das Herzschlagvolumen
- d) bewirkt reflektorische Sympathikusaktivierung eine Erhöhung der Herzfrequenz und des totalen peripheren Widerstands
- e) erhöht sich in der Regel der diastolische Blutdruckwert