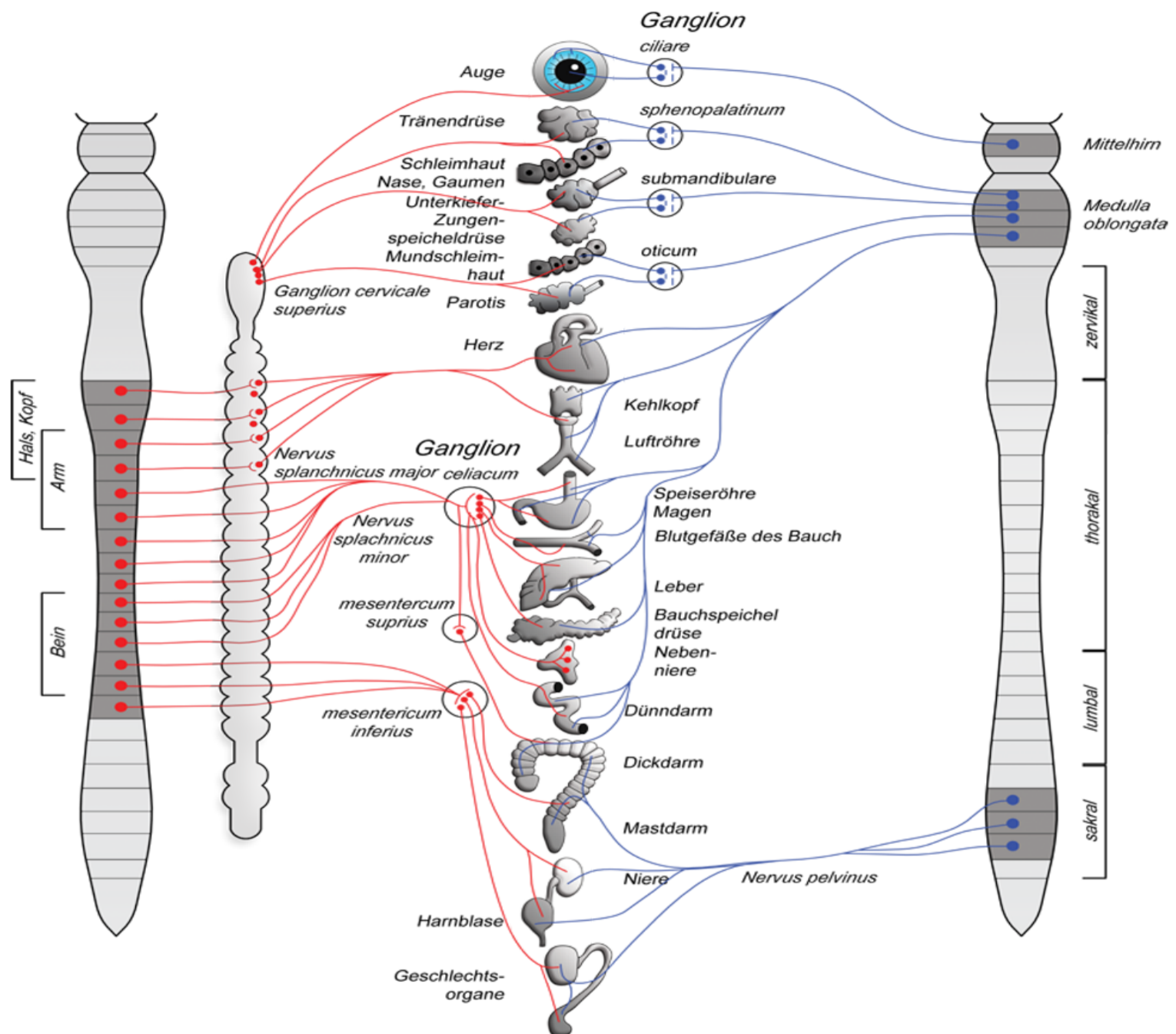


# Herzfrequenzvariabilität

## Physiologische Grundlagen



Der periphere Teil des VNS besteht im wesentlichen aus dem Sympathikus und dem Parasympathikus. Der **Sympathikus (rot)** entspringt dem Brustmark und den oberen drei Segmenten des Lendenmarks und wird deshalb auch thorakolumbales System genannt. Der **Parasympathikus (blau)** entspringt dem Hirnstamm und dem Sakralmark und wird deshalb auch kraniosakrales System genannt.

# Gegensätzliche Organreaktionen gesteuert durch **Sympathikus** und **Parasympathikus**

Untergeordnete Systeme	Sympathikus	Parasympathikus
Augen	Pupillenerweiterung	Pupillenverengung
Blutdruck	Erhöhung	Verengung
Blutgefäße der Haut	Verengung	Erweiterung (Erschlaffung)
Blutgefäße der Muskulatur	Erweiterung	Verengung
Gehirn	Hohe Konzentration und Aufmerksamkeit	Reduktion der Konzentration und Aufmerksamkeit
Genitalien	Hemmung der Durchblutung, Ejakulation	Gefäßerweiterung, Erektion
Harnblase	Hemmung	Aktivierung
Herz	Erhöhung des Herzschlags	Verlangsamung des Herzschlags
Immunsystem	Hemmung	Aktivierung
Lungenbläschen	Vergrößerung	Verkleinerung
Magen-Darm System	Hemmung Verdauungsfunktion	Aktivierung Verdauungssystem
Schweißdrüsen	klebrige Schweißbildung	dünnflüssige Schweißbildung
Speicheldrüsen	zähflüssiger Speichel	dünnflüssiger Speichel
Stoffwechsel	Erhöhung, Energieabbau	Reduzierung, Energieaufbau
Tränendrüsen	geringe Sekretion	starke Sekretion

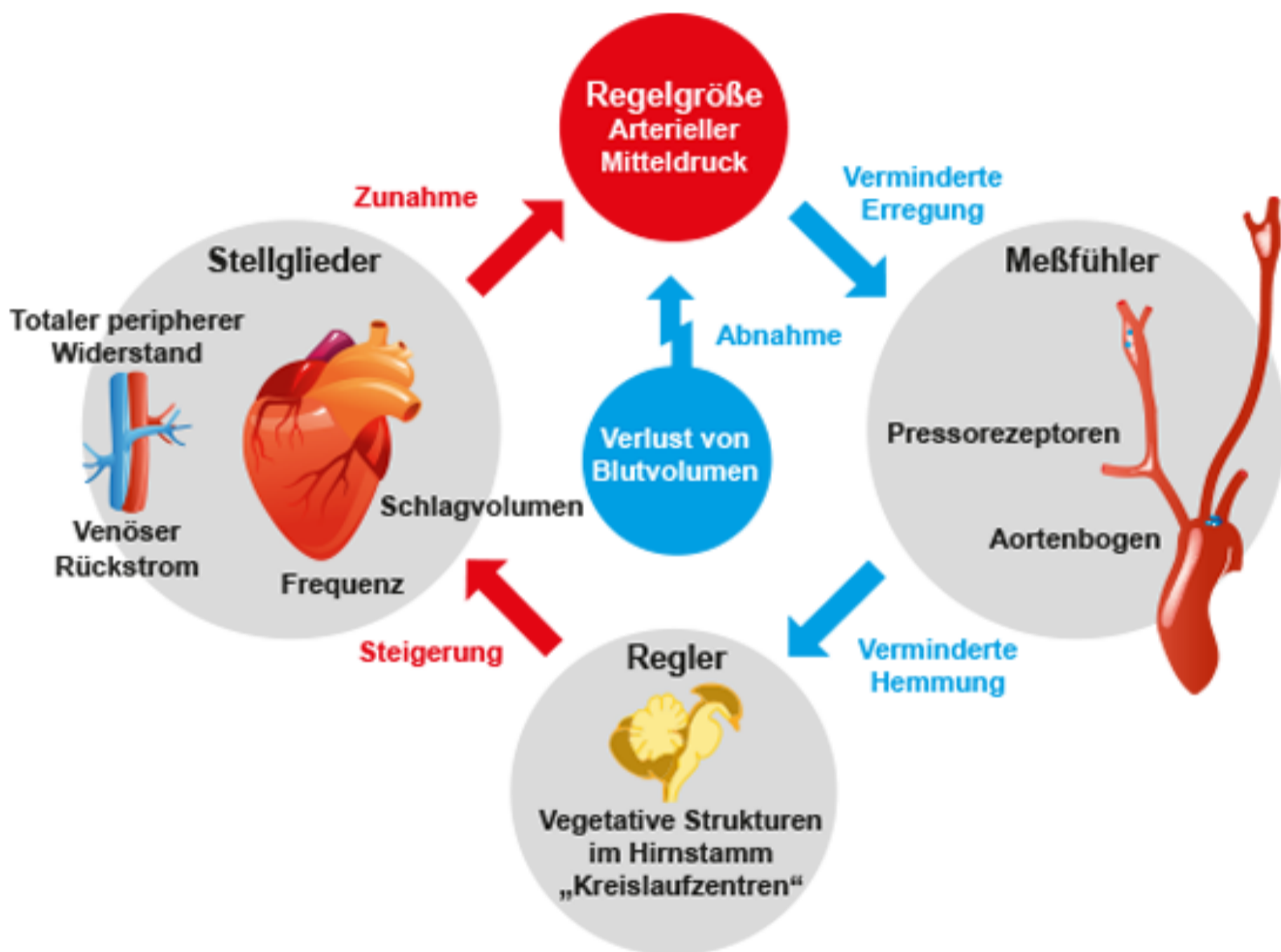
Wenn z.B. eine längerfristige Stress Situation besteht, wären folgende Werte und Laborparameter sinnvollerweise erhöht, da der Körper sich in einer „Kampf- und Fluchtreaktion“ also einem Überlebenskampf befinden:

- **Erhöhter Blutdruck**
- **Beschleunigte Herzfrequenz**
- **Erweiterte Pupillen**
- **Erhöhte Energieproduktion (ATP)**
- **Erhöhter Blutzuckerspiegel**
- **Aktivierung der Blutgerinnung**
- **Einschlaf- und Durchschlafstörung**
- **vermehrte Produktion von Stresshormonen**
- **u.a.**

**Welche möglichen Fehldiagnosen und Therapien ergeben sich ohne HRV Analyse?**

# Physiologische Grundlagen

Das vegetative Nervensystem (VNS) ist neben dem zentralen Nervensystem (ZNS) die wichtigste neuronale Steuereinheit des Organismus. Die Hauptfunktion besteht darin, das innere Milieu des Körpers an externe und interne Belastungen (Reize) anzupassen und eine konstante Funktion des Organismus aufrecht zu halten. Das periphere VNS ist in ein komplexes System eingebunden, das neben Verbindungen zum Hirnstamm auch mit dem Hypothalamus und anderen im ZNS gelegenen Strukturen verbunden ist.



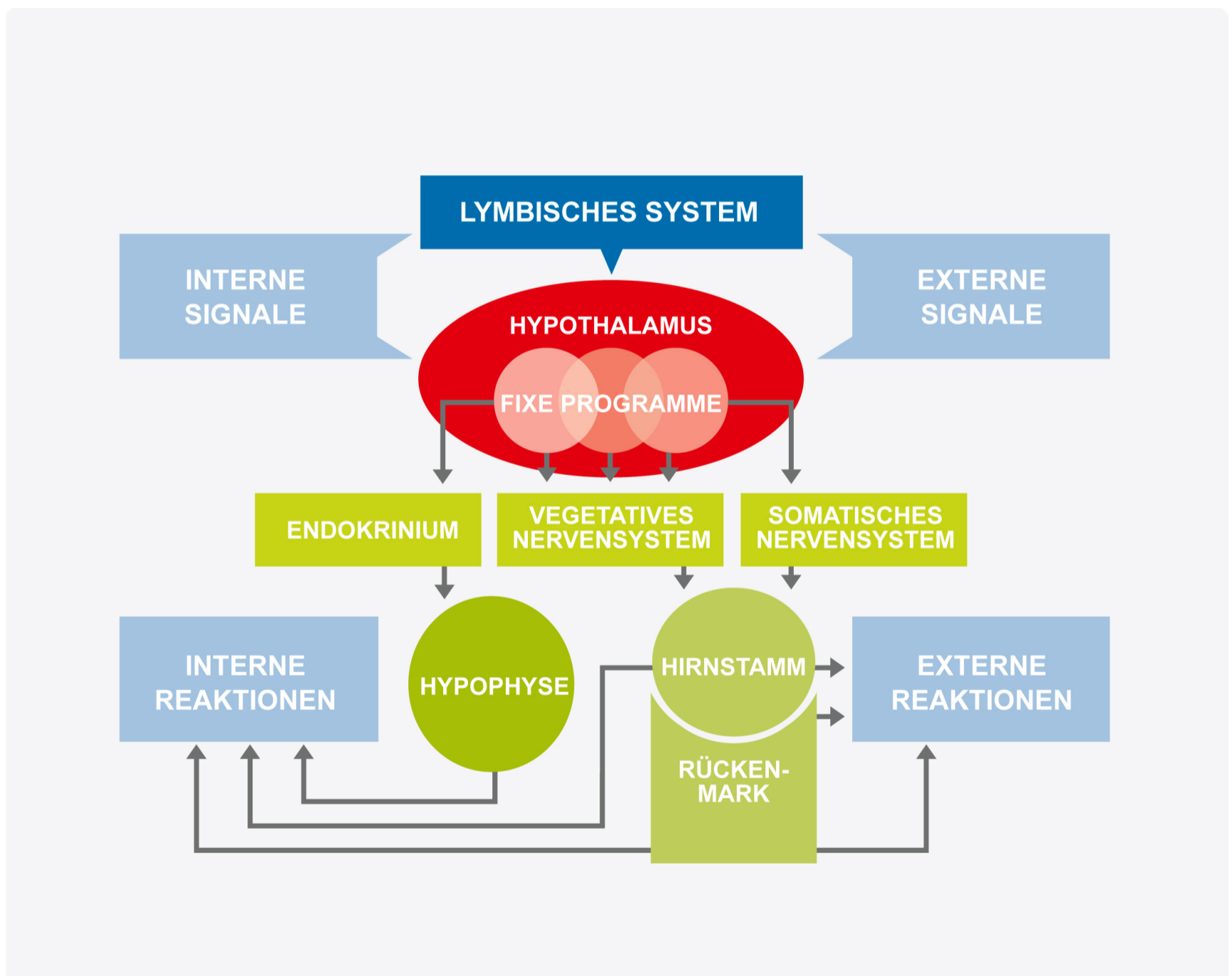
## Der Wissenschaftler v. Hering prophezeite 1925:

*„Die weise Benutzung des vegetativen Systems wird einmal den Hauptteil der ärztlichen Kunst ausmachen.“*

## Das Limbische System

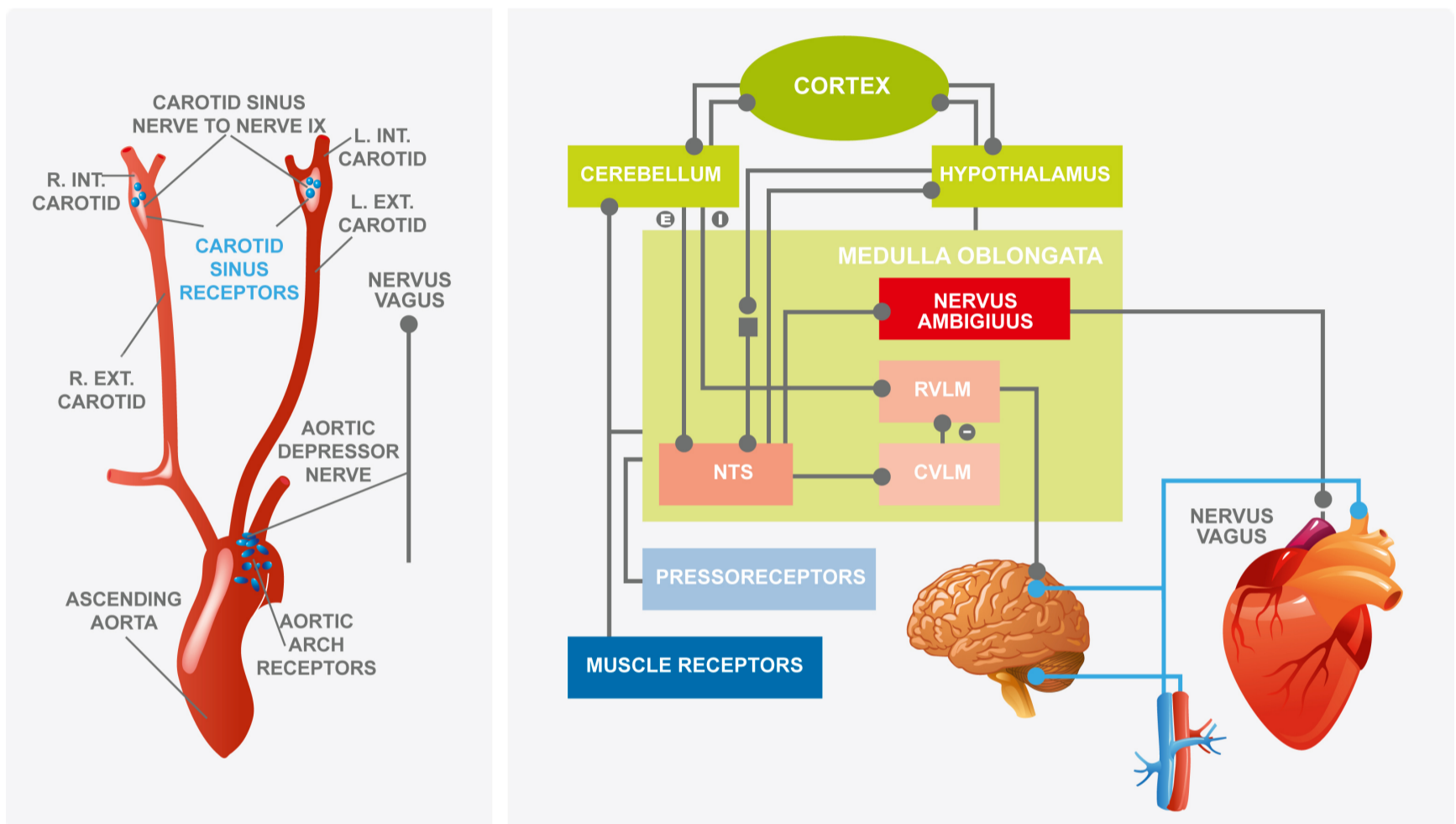
Das Limbische System, welches auch Säuergehirn genannt wird, entstand in der frühesten Phase der Entwicklung von Säugetieren. Es steuert und reguliert die für die sozialen Aspekte der Säugetiere wichtigen Empfindungen z.B. Angst, Liebe, Lust, Lernen, Sorge um den Nachwuchs und Spieltrieb.

Das limbische System wurde zum ersten Mal von Paul Broca 1878 beschrieben. Dabei bildet das limbische System weniger ein Organ an sich, sondern eher eine funktionale Einheit welches für die Verarbeitung von Emotion, Antrieb und Lernen verantwortlich ist .



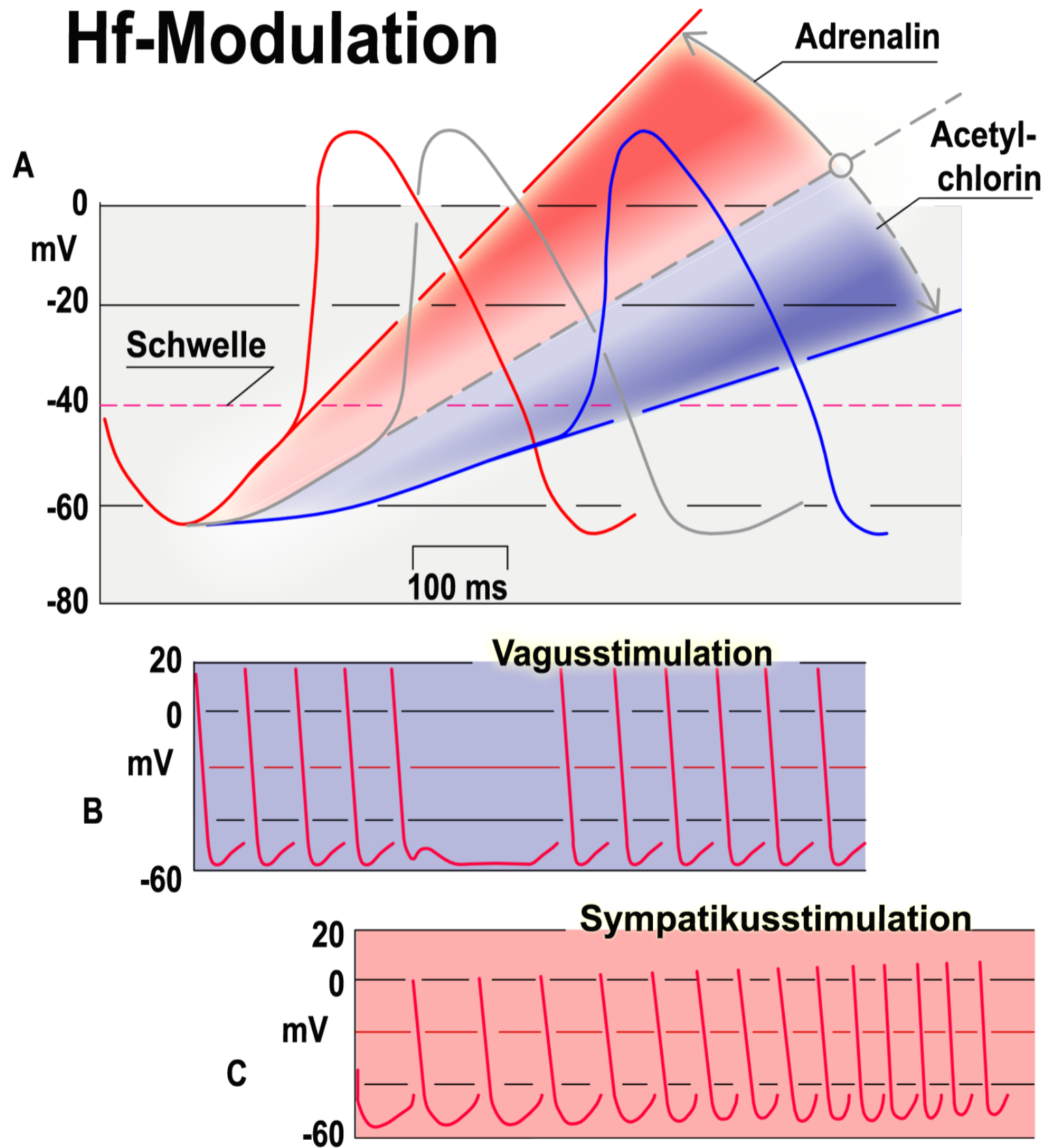
## Regelgrößen der HRV

Der Sinusknoten ist an der Innenseite der hinteren Wand des rechten Vorhofes lokalisiert. Die von dort ausgehende Erregung wird über die Muskulatur auf den Atrioventrikularknoten (AV-Knoten), und von dort auf die Herzkammern weitergeleitet. Der Sinusknoten ist der schnellste und damit übergeordnete Schrittmacher des Herzens mit einer intrinsischen Eigenfrequenz von 80-120 Schlägen pro Minute.



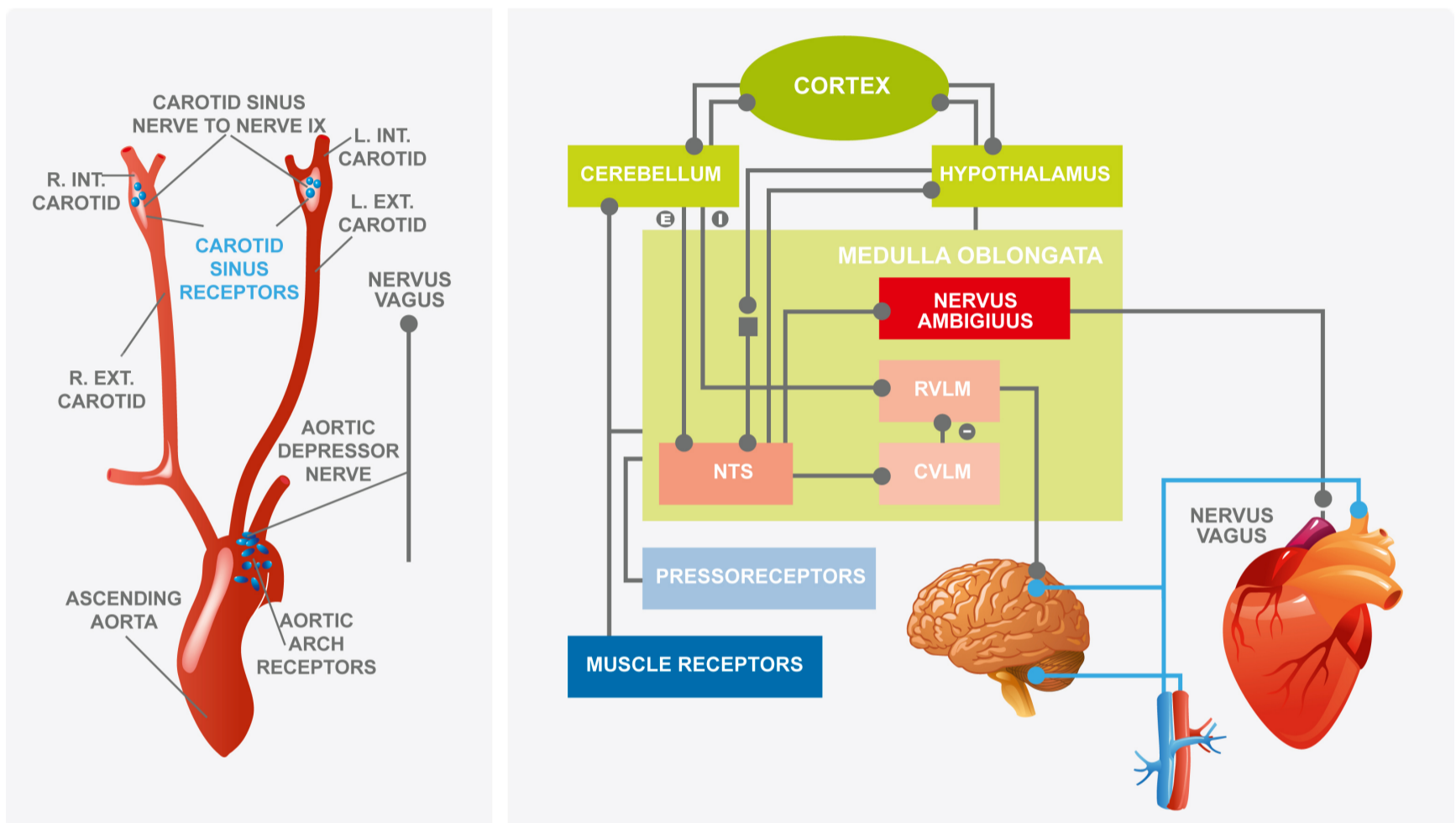
# Modulation der Herzfrequenz

Der Herzmuskel wird sowohl von sympathischen als auch parasympathischen Anteilen innerviert. Eine frequenzerhöhende (positiv chronotrope) Wirkung hat der Sympathikus und eine frequenzsenkende (negativ chronotrope) Wirkung der Parasympathikus. Ist die Herzfrequenz geringer als die intrinsische Erregerfrequenz des Sinusknoten (80-120) ist der Parasympathikus dominant und wenn diese höher ist, der Sympathikus.



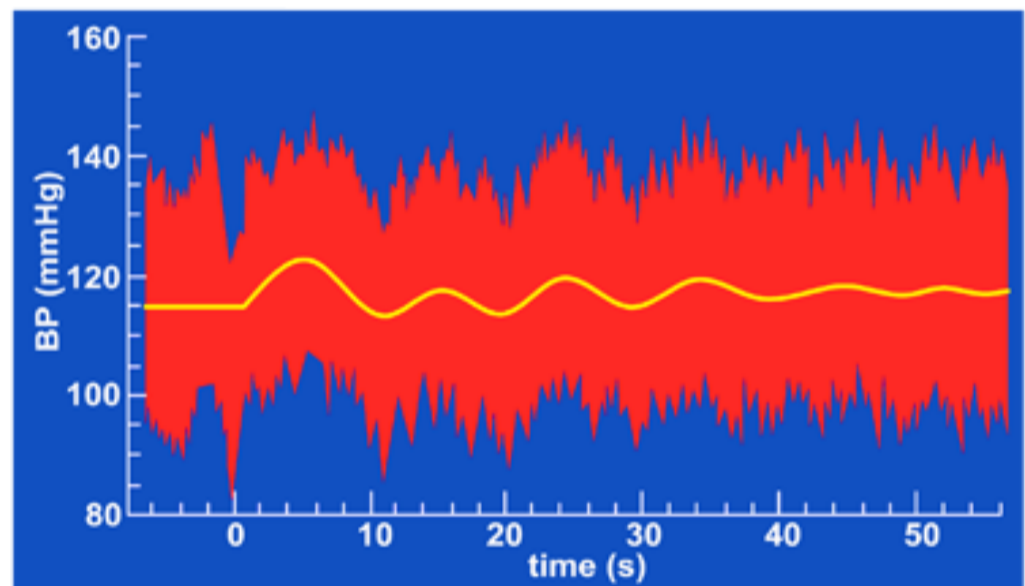
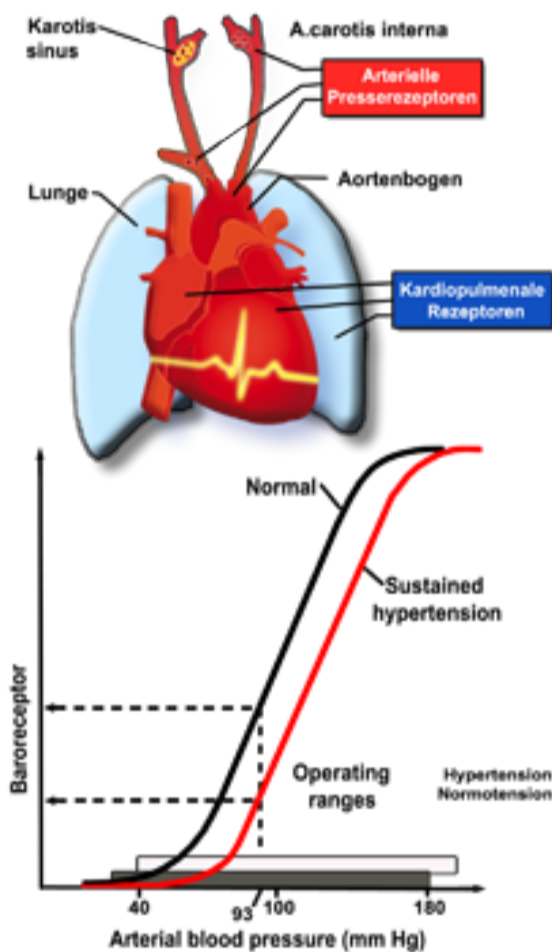
## Baroreflexintegration

Die Signale der Barorezeptoren erreichen den Nucleus tractus solitarii (NTS) im Hirnstamm. Von dort aus gelangen die Signale zum Nucleus ambiguus und der Rostroventrolateralen- und Caudoventrolateralen Medulla oblongata von den jeweils exzitatorische und inhibitorische Impulse an das Herz und die Gefäße gesendet werden um den arteriellen Blutdruck zu steuern.



## Baroreflex / Barorezeptoren

Als zentrale Beeinflussungsmechanismen der HRV sind die Baroreflexaktivität sowie die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) zu nennen. Die Baroreflex-Steuerung dient der permanenten Aufrechterhaltung eines adäquaten (mittleren) arteriellen Blutdrucks zur Versorgung aller Organsysteme. Die im Aortenbogen und Carotissinus gelegenen Rezeptoren haben eine sehr hohe Empfindlichkeit und reagieren auf minimale Druckveränderungen. Bei körperlicher Anstrengung oder Sport kommt es zu einer Verschiebung der Empfindlichkeitsschwelle um dem höheren Sauerstoffbedarf gerecht zu werden. Eine durch permanente Sympathikusstimulation veränderte Schwelle hat einen wesentlichen Anteil an der Entwicklung eines Hypertonus.



(li) Schmidt et al. 2004; Rooke & Sparks 2003

(re) Stauss 2006



## Respiratorische Sinusarrhythmie - RSA

Die Abhängigkeit der Herzfrequenz von der Respiration wird als respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) bezeichnet:

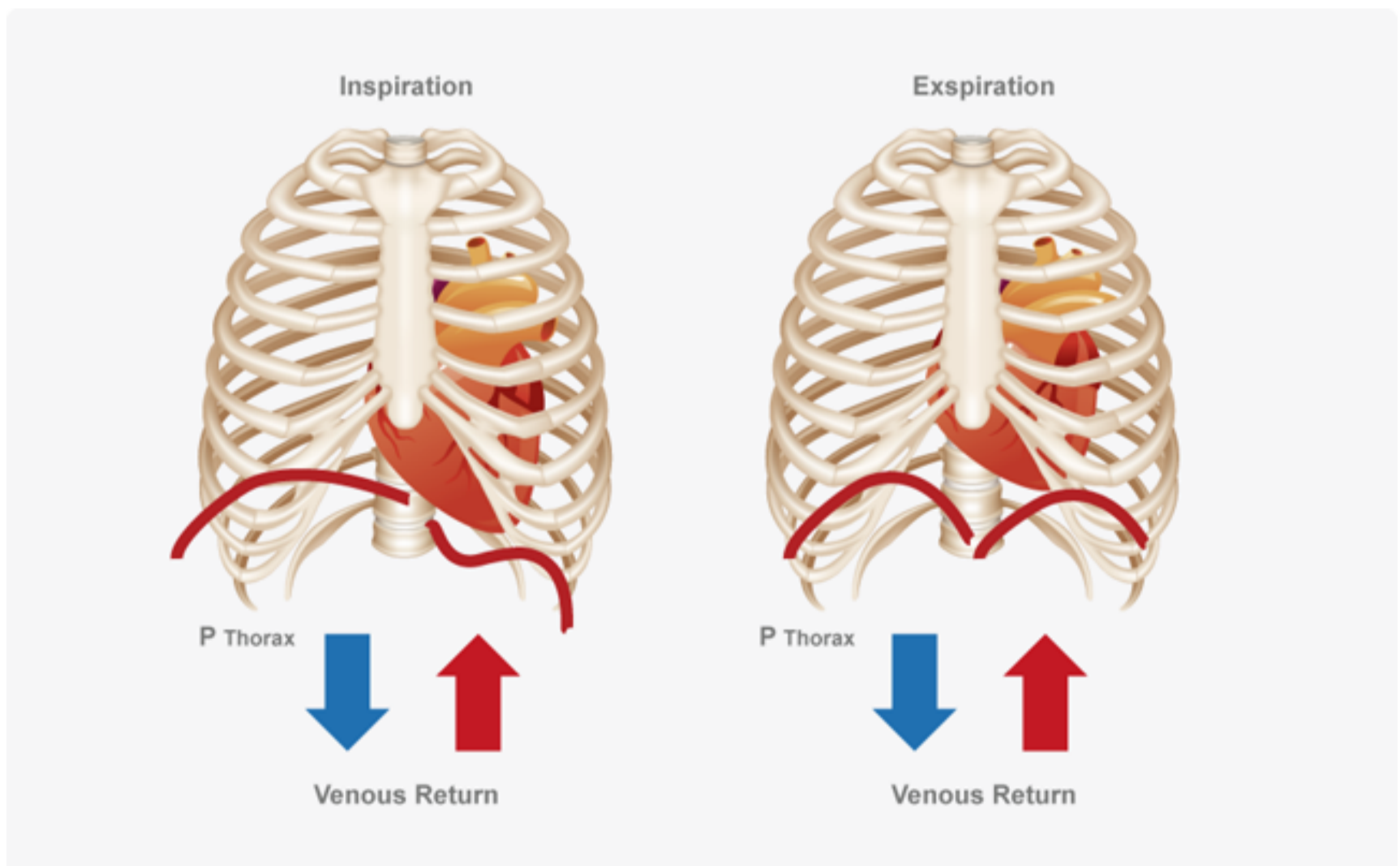
- **Während der Inspiration (Einatmung) eine Zunahme der Herzfrequenz**
- **Während der Expiration (Ausatmung) eine Abnahme der Herzfrequenz**

Die RSA wird vor allem durch die wechselnde Aktivität des Nervus Vagus vermittelt.

### Einflüsse auf die atmungsabhängige Herzfrequenzvariabilität:

- pulmonale, vaskuläre und kardinale Dehnungsrezeptoren
- respiratorische Zentren im Hirnstamm
- unterschiedliche Baroreflex-Sensitivität in den jeweiligen Phasen des Atemzyklus

Aufgrund einer inspiratorischen vagalen Inhibition ergeben sich Fluktuationen der Herzfrequenz mit derselben Frequenz wie die Atmung. Die inspiratorische Inhibition wird primär durch den Einfluss des medullären respiratorischen auf das medulläre kardiovaskuläre Zentrum verursacht. Zusätzlich sind periphere Reflexe aufgrund hämodynamischer Veränderungen und thorakaler Dehnungsrezeptoren verantwortlich.

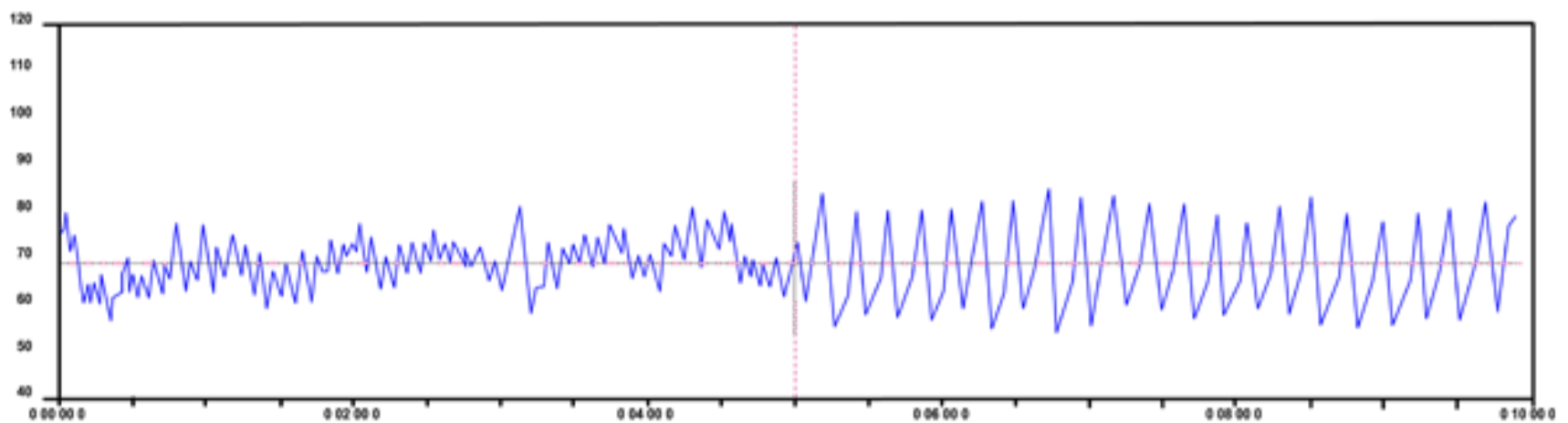


## RSA - ein Resonanzphänomen

Das Resonanzphänomen beschreibt die Überlagerung von in diesem Fall biologischen Schwingungen. Die physiologische respiratorische Sinusarrhythmie beschreibt einen Frequenzbereich von ca. 0,3Hz. Durch eine getaktete Atmung mit einer Frequenz von 6 Atemzügen/min. verschiebt sich diese Frequenz in den Bereich von ca. 0,1Hz, in dem z.B. die Grundfrequenz der Baroreflexintegration angesiedelt ist. Hierdurch erreicht man eine Veränderung der HRV, die sich in der Analyse unmittelbar darstellen lässt. Abb. links Im Rhythmogramm deutlich zu sehen: links HRV mit "normaler" Atmung bis Mitte Rhythmogramm danach HRV mit Taktatmung Längerfristig führt diese Atemmodulation zu einer Stärkung der Baroreflexsteuerung und einer verbesserten Aktivität des Parasympathikus.

### Respiratorische Sinusarrhythmie (RSA)

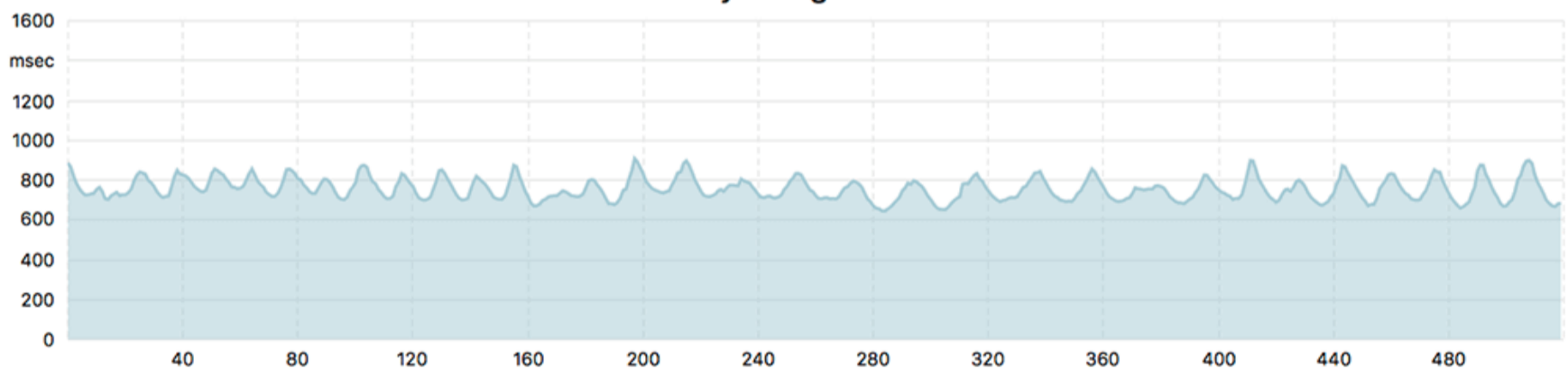
#### Respiratorische Sinusarrhythmie als Resonanzphänomen



**Inkohärenter Herzrhythmus**

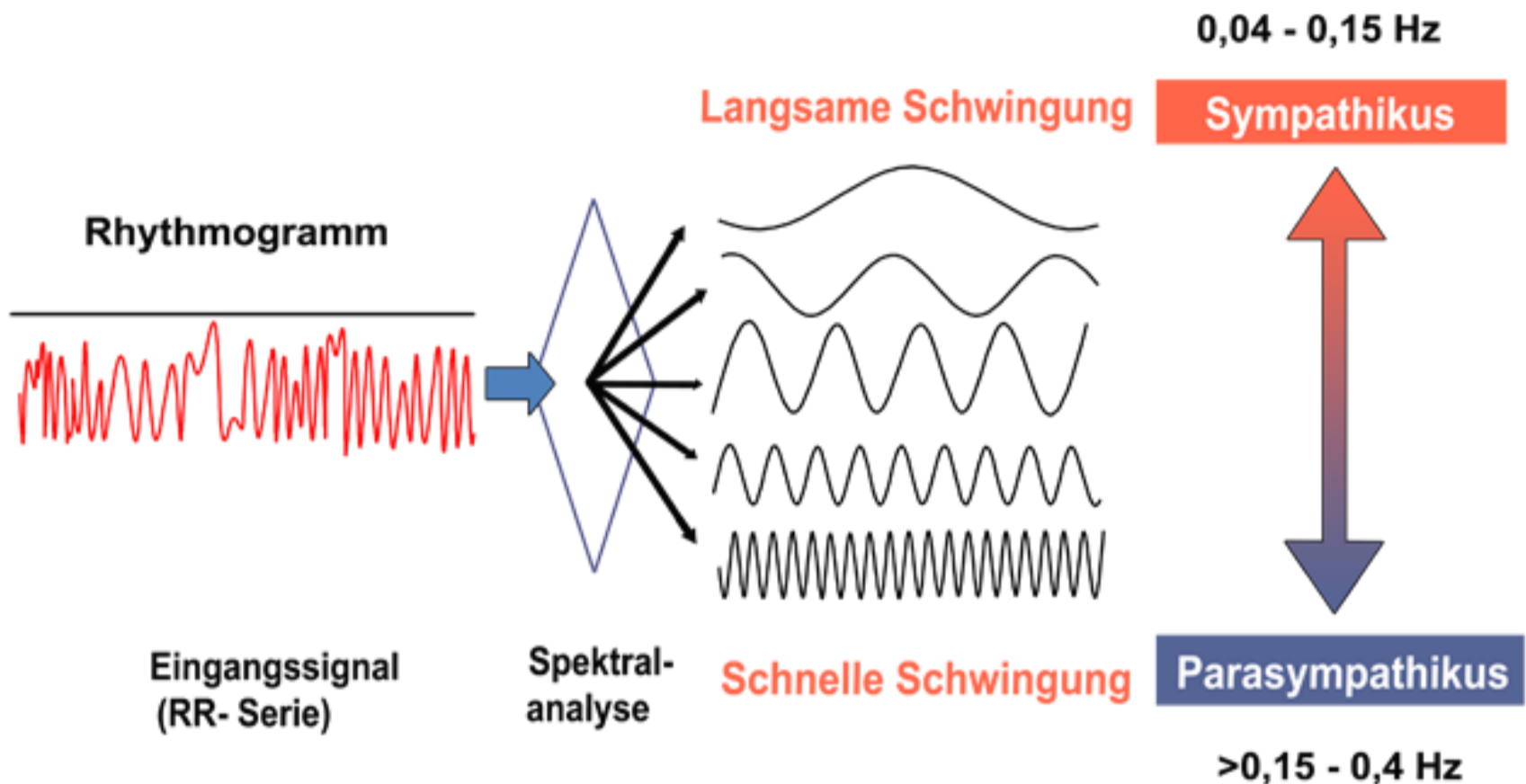
**Kohärenter Herzrhythmus**

#### Rhythmogramm



## Spektralanalyse - Frequenzbasierte Parameter

Die reinen RR-Intervalle können durch die FFT (Fast-Fourier-Transformation) in ihre Frequenzanteile zerlegt werden. Es ergeben sich aus dem Signal Frequenzanteile in den Bereichen VLF, LF und HF. Die Gesamtleistung wird in TP (Total Power) angegeben.



**VLF - Very Low Frequency Frequenzbereich: 0,00 - 0,04Hz**

**LF - Low Frequency Frequenzbereich: 0,04 - 0,15Hz**

**HF - High Frequency Frequenzbereich: 0,15 - 0,4Hz**

**LF/HF Ratio**

*Aus unserer Sicht und der renomierter Wissenschaftler und Sportwissenschaftler sind die frequenzbasierten HRV Parameter (Spektralanalyse) für den alltäglichen Gebrauch nicht gut geeignet, da sie sehr anfällig sind und Parameter wie z.B. der VLF Bereich in einer Kurzzeitmessung nicht ausreichend abgebildet werden können. Daher beschränken wir uns auf die Zeitbereichsparameter, die für eine Kurzzeitmessung valide sind.*

## Nicht lineare HRV Parameter

**Alpha 1 oder DFA 1:** detrended fluctuation analysis, trendbereinigte Fluktuationsanalyse. Der Alpha 1 Wert misst nicht nur rein die zeitlichen Veränderungen in der Herzfrequenzvariabilität, sondern er misst die Qualität der Regulation. Diese nichtlinearen Parameter und Werte spielen bei der therapeutischen Anwendung und Auswertung ohne größere Rolle.

Durch Überprüfung der HRV Rohdaten nach zufälligen und sich wiederholenden Bereichen kann so analysiert werden, wie die einzelnen Regelsysteme zusammenarbeiten. Optimal wäre der Alpha 1 Wert bei 1,0. Dies sagt aus, dass in der Herzfrequenzvariabilität 50 % zufällige Signale auftreten, die auf schnelle Reaktionsfähigkeit hindeuten und 50 % der Signale aus sich wiederholenden Signalen bestehen. Dies deutet auf eine grundlegende Stabilität der Regelsysteme hin.

Alles über 1,0 bedeutet mehr Stabilität und bedeutet eher Kompensationsprozesse in den einzelnen Regelsystemen.

Alles unter 1,0 bedeutet viel Zufälligkeit und weist ab einem Wert von unter 0,8 auf keine gute Zusammenarbeit der Regelsysteme hin. Man kann diesen Zustand auch als Chaos im System bezeichnen.

Ein Beispiel für Stabilität im System ist zum Beispiel die Messung unter getakteter Atmung. Wenn eine Messung unter vorgegebenem Atemtakt durchgeführt wird, kommt es zu einer respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA), die sehr schön im Rhythmogramm zu erkennen ist. Das Signal sieht sehr gleichförmig aus, das bedeutet es ist mehr Stabilität im biologischen Regelsystem vorhanden. Die Regelsysteme arbeiten sehr eng miteinander gekoppelt, es besteht die sogenannte Kohärenz. Unter Taktatmung steigt der Alpha 1 Wert also zwangsläufig an. Dies ist somit nicht negativ zu bewerten sondern zeigt, dass die Systeme in Kohärenz treten können.

# Kontaktinformationen Anbieter HRV-Analyse

Bei weiteren Fragen zur HRV Analyse wenden Sie sich bitte direkt an:

## **AIRVI Schweiz**

Andrea Lehr

Im Schaber 3

CH-8047 Zürich

Fon: 079 6549512

Fax: 044 401 3556

Mail: [andrea.lehr@airvi.ch](mailto:andrea.lehr@airvi.ch)

Web: [www.airvi.ch](http://www.airvi.ch)