

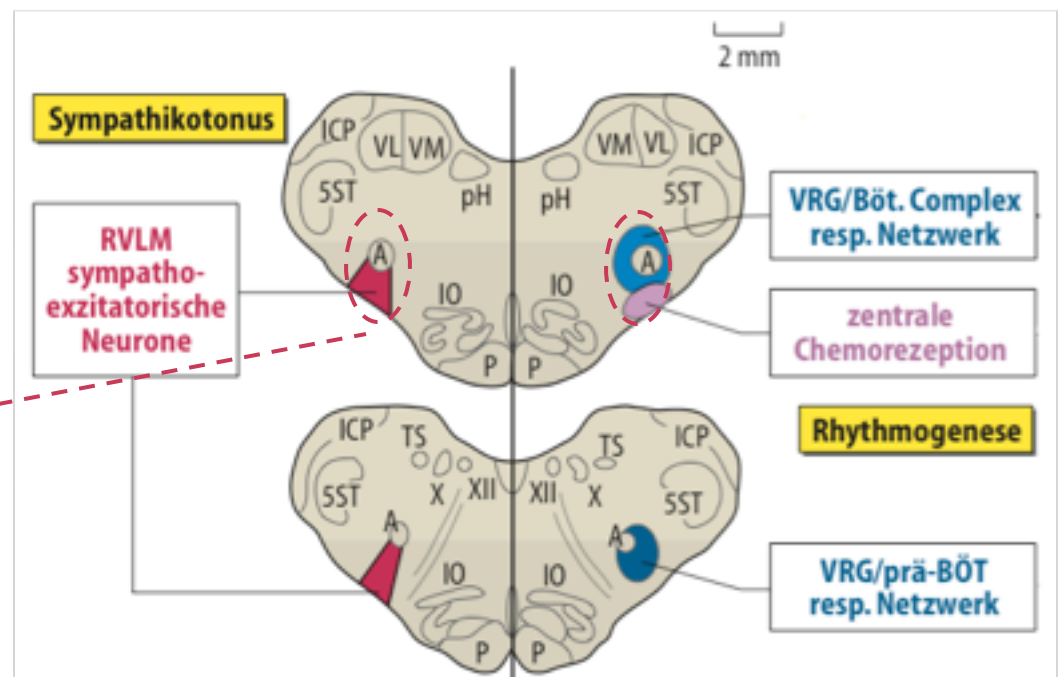
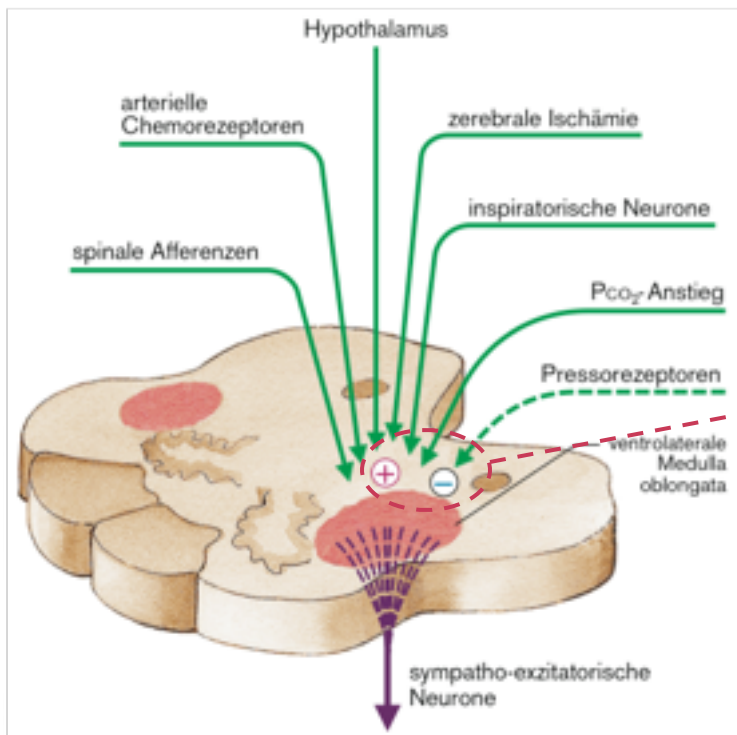
Physiologie

UE8

autonome Regulation der Atmung



Die Steuerung der Grundaktivität im Sympathikus ist eng an die Tätigkeit der Atemzentren gekoppelt

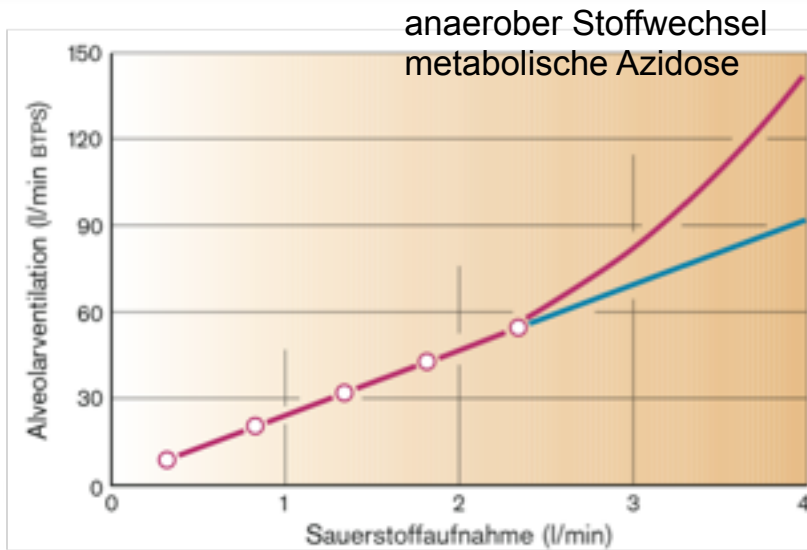


Bilaterale
kardiovaskuläre Regionen

Bilaterale
respiratorische Regionen

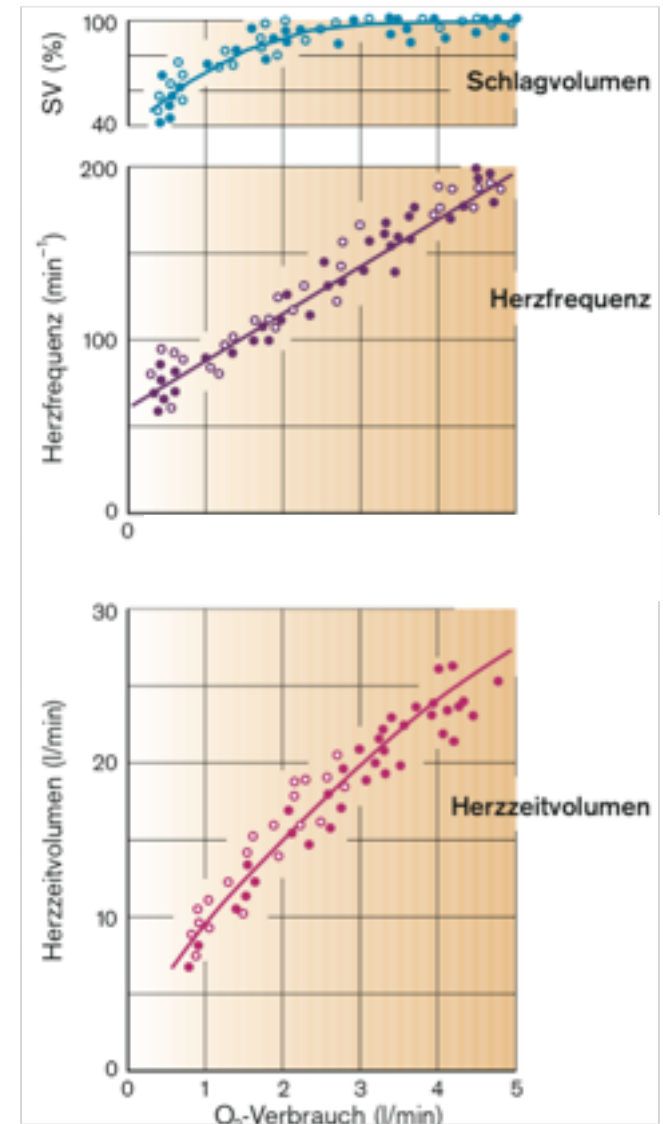
Alveoläre Ventilation - Sauerstoffaufnahme - Herzaktivität

Maximale Ventilationssteigerungen können nur durch Mitinnervation des respiratorischen Netzwerks durch kortikale und limbische Strukturen erreicht werden.



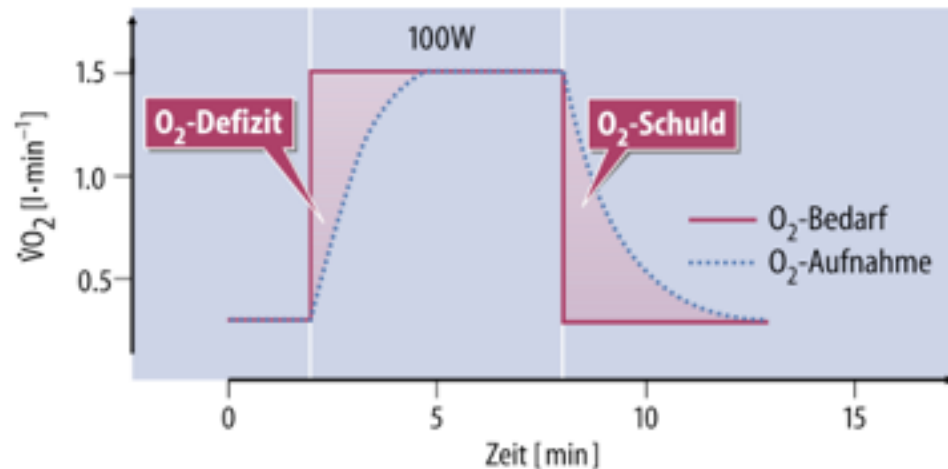
||
linear mit Leistung

Arbeit: *Feed-Forward Regelung* über pyramidale und extrapyramidale Bahnen und eine reflektorische Aktivierung in Form einer *Feed-Backward regelung* durch Afferenzen aus der Skelettmuskulatur und den Gelenken.



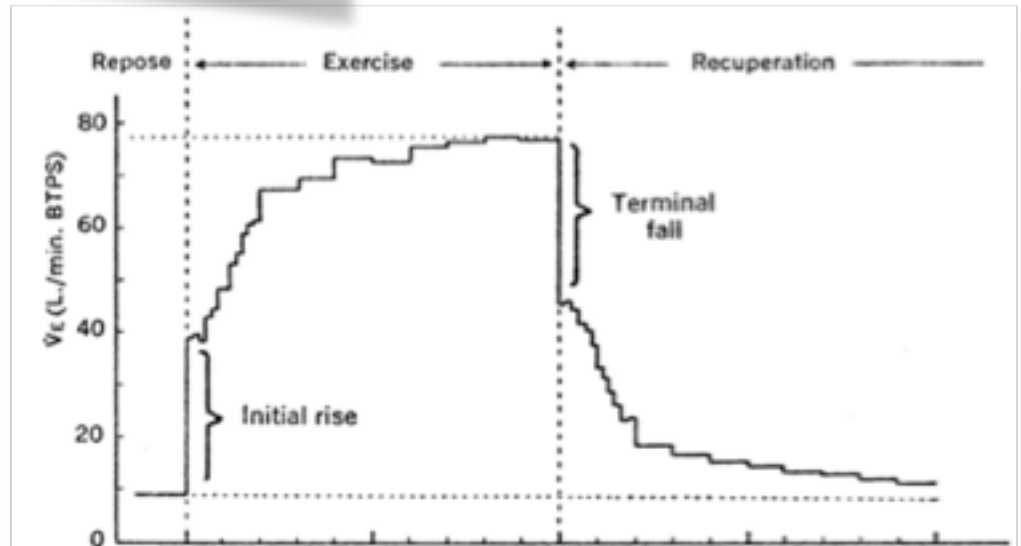
||
linear mit Leistung

Alveoläre Ventilation - Sauerstoffaufnahme - Herzaktivität

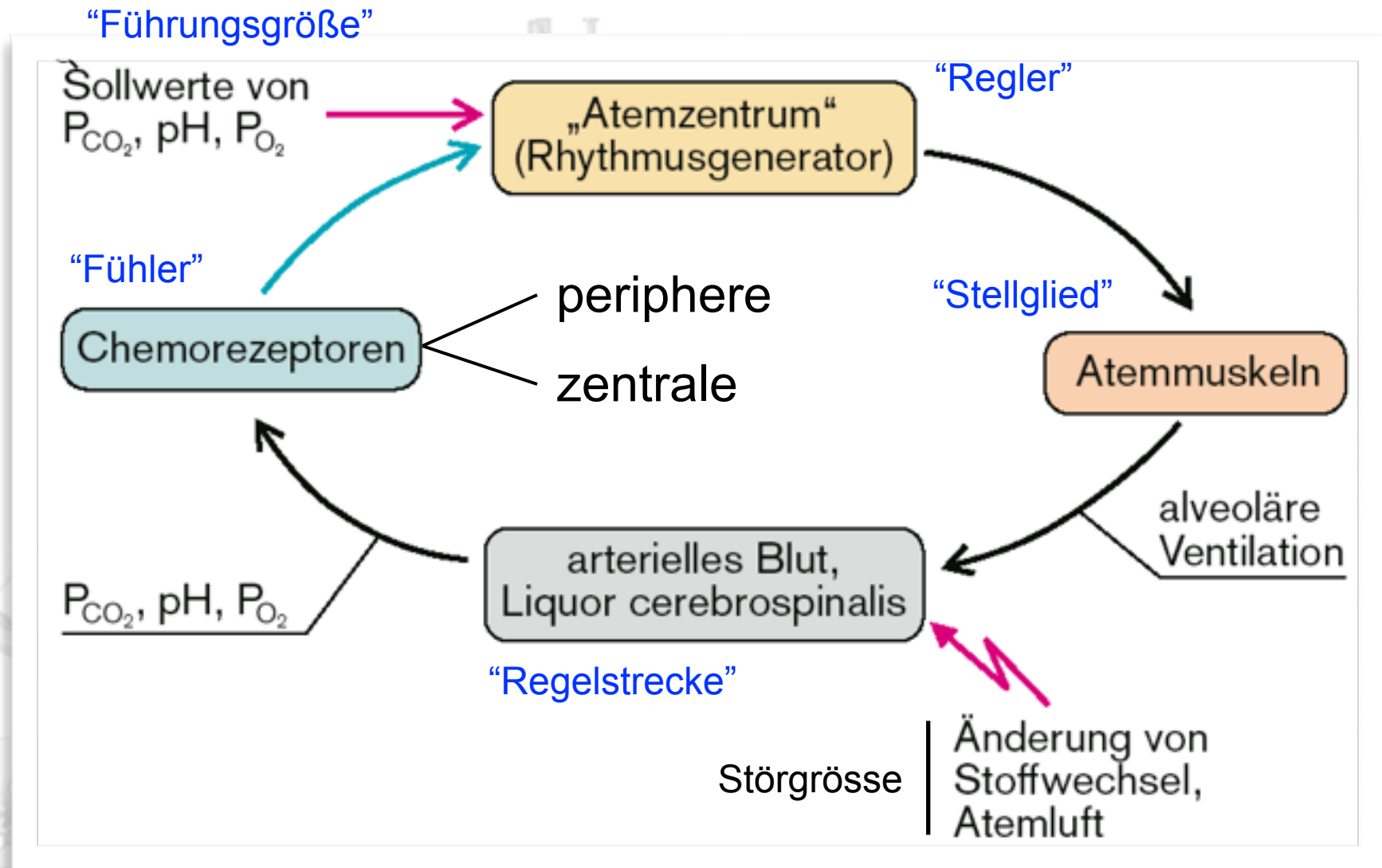


Startreaktion:

Mitinnervation des medullären kardiorespiratorischen Netzwerks durch die sensomotorischen Netzwerke.

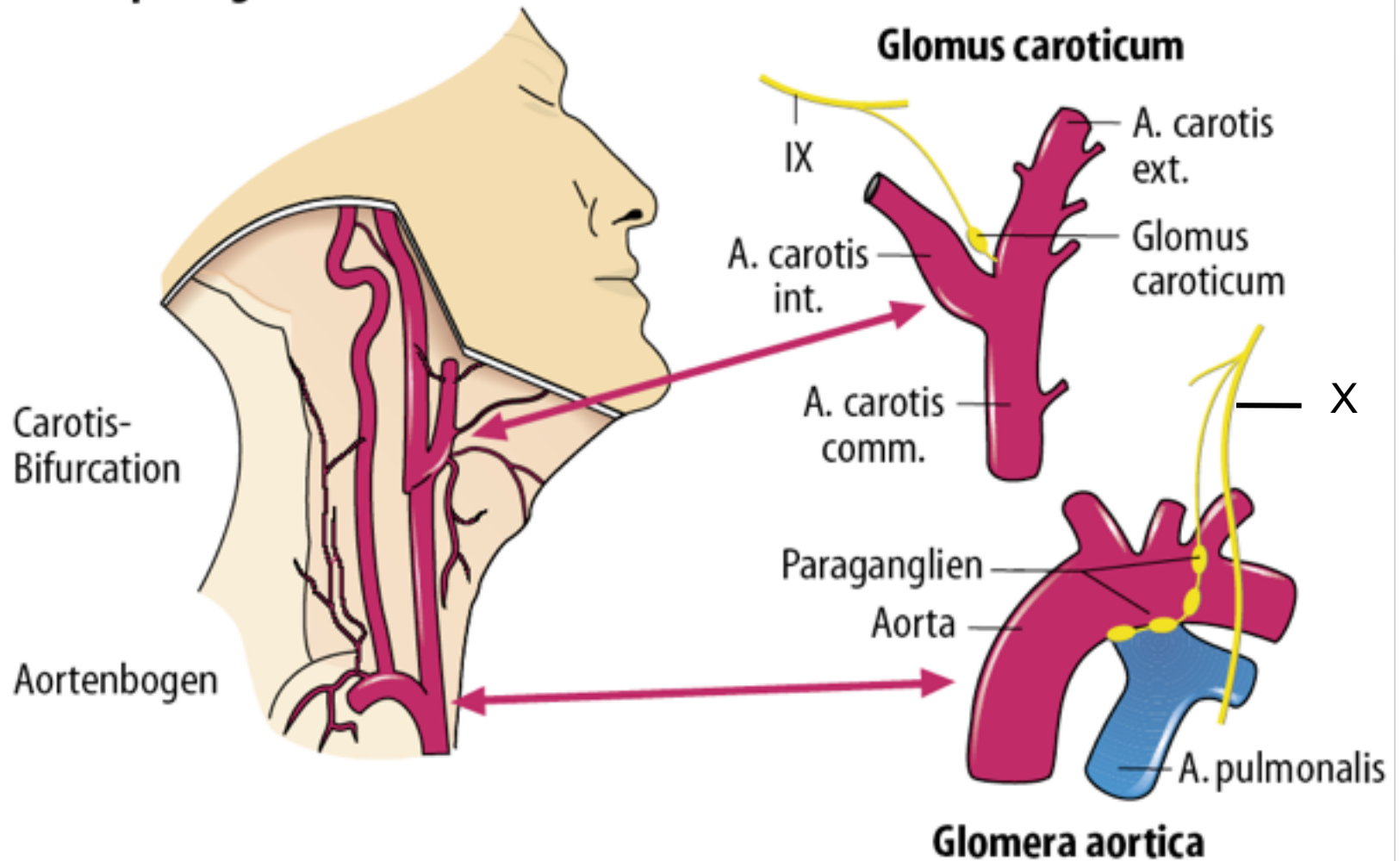


Chemosensitiver Regelkreis zur Atmungskontrolle



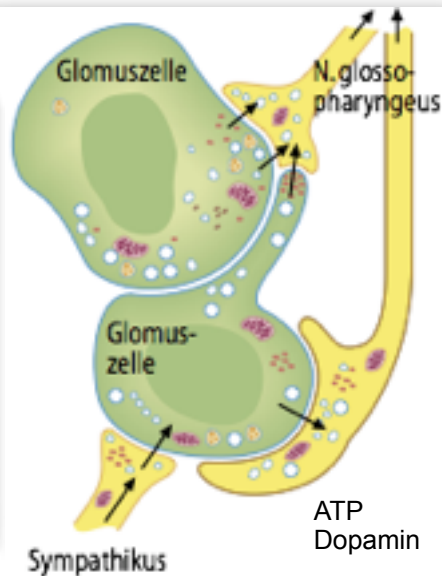
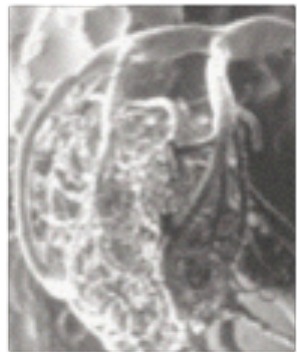
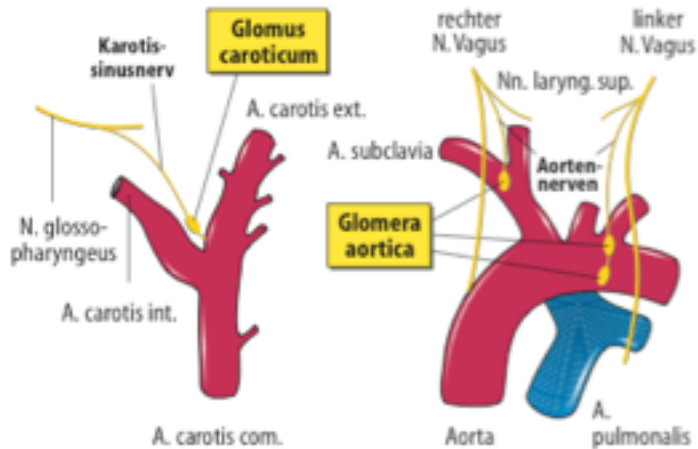
Die peripheren Chemosensoren

A Morphologie

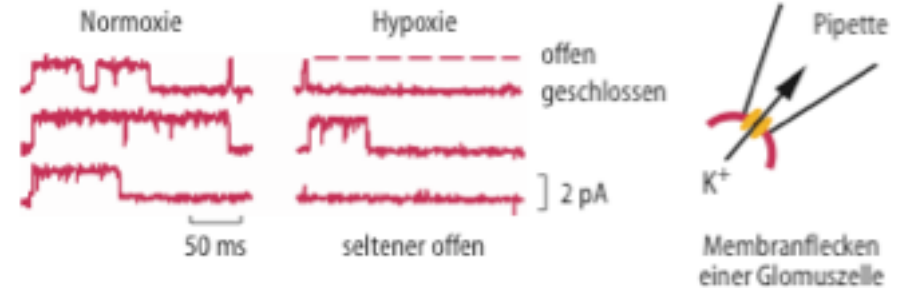


O₂-Messung im *Glomus caroticum*

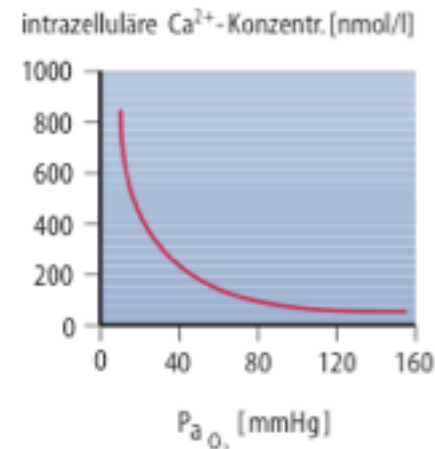
Glomera und ihre Innervation



K⁺-Kanäle in Glomuszellen sind O₂-sensitiv

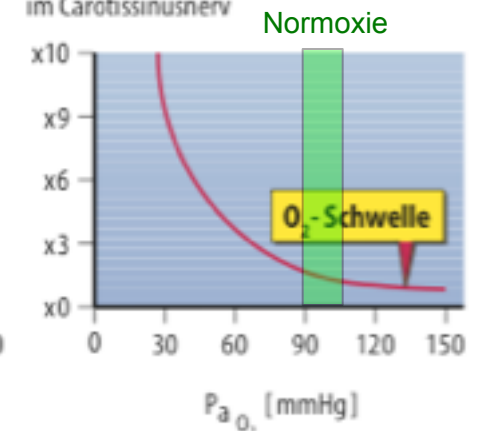


Ca²⁺-Anstieg in Glomus-zellen

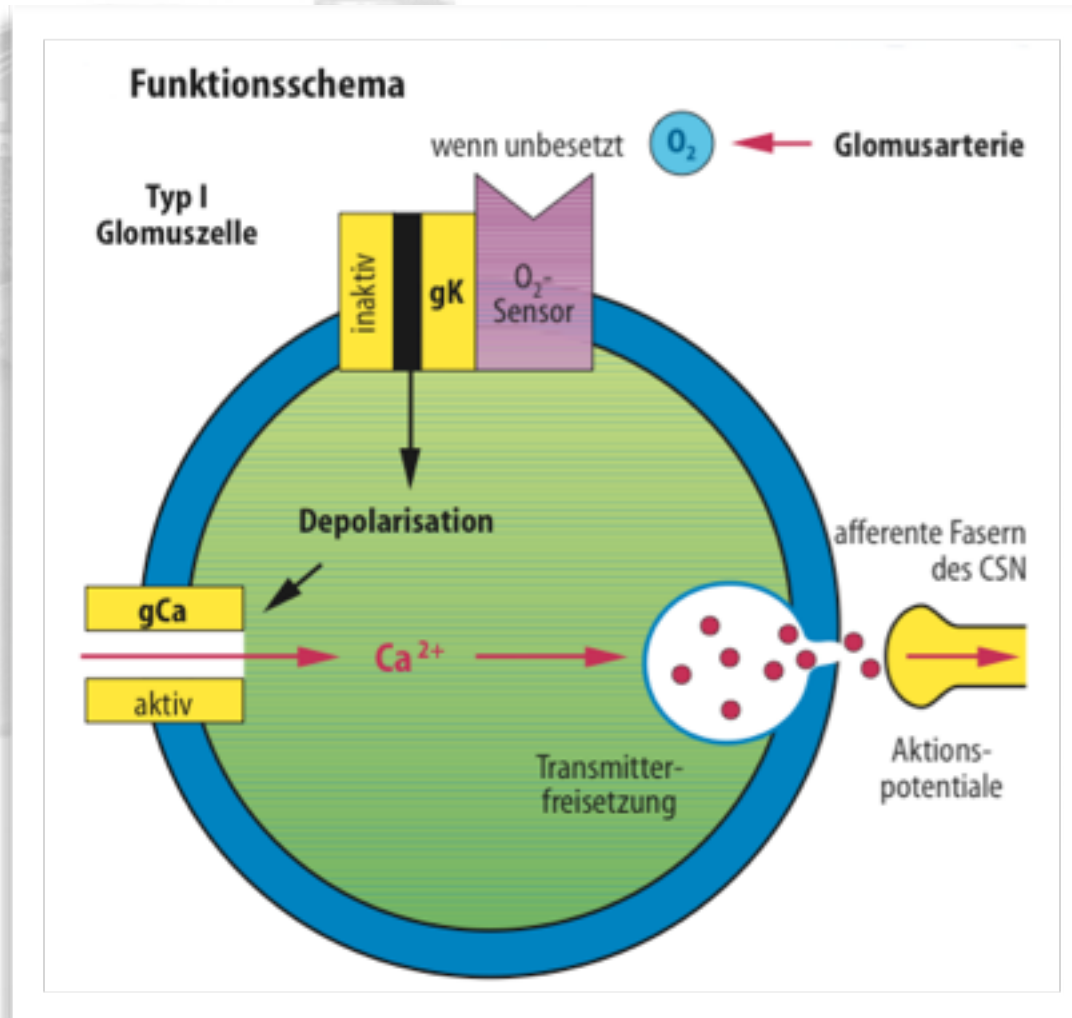


Erregung afferenter Nerven

Steigerung der Entladungsfrequenz im Carotissinusnerv

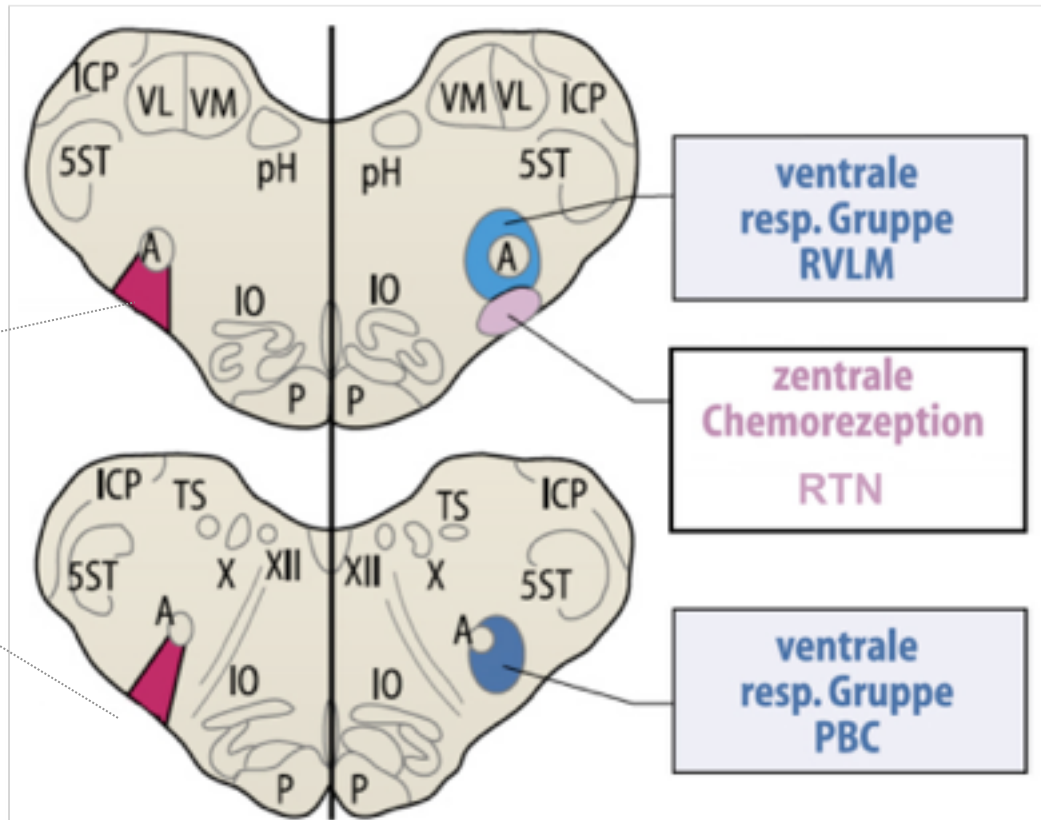
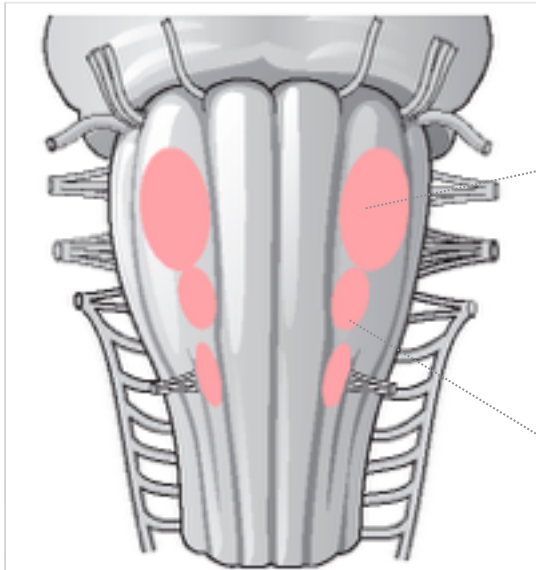


O₂-Messung im *Glomus caroticum*



Zentrale Chemorezeptoren

CO₂, pH

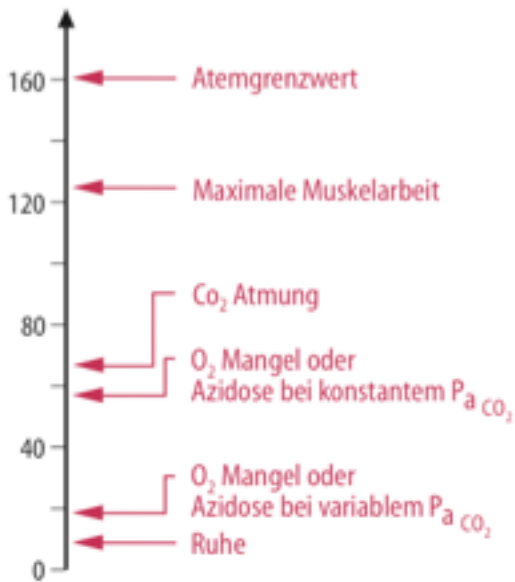


Nur eine Spezies von Rezeptoren; die unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber CO₂ und H⁺ beruht auf deren unterschiedlichem Zugang. Während H⁺ auf direktem Wege die Blut-Hirn-Schranke nur erschwert passieren kann, diffundiert CO₂ sehr leicht aus dem Blut in Gehirn und Liquor. Dort kann es dann über Bildung von H⁺ seine Wirkung ausüben.

Anpassung der Ventilation durch Chemosensoren

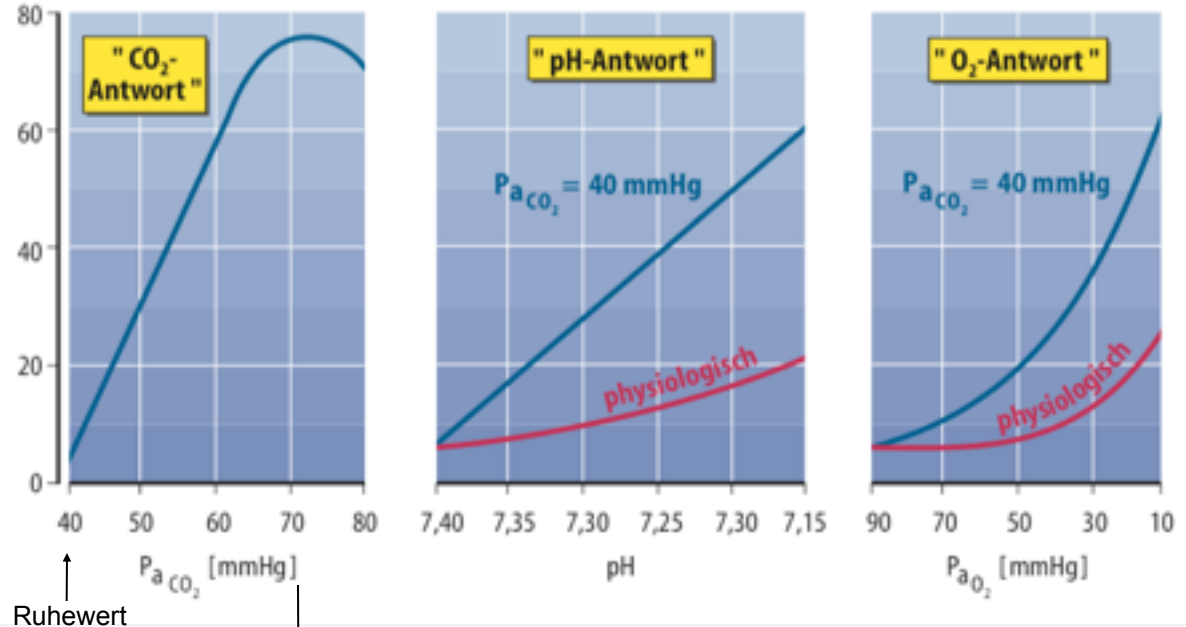
A Maximale Atemzeitvolumina

Atemminutenvolumen [l/min]



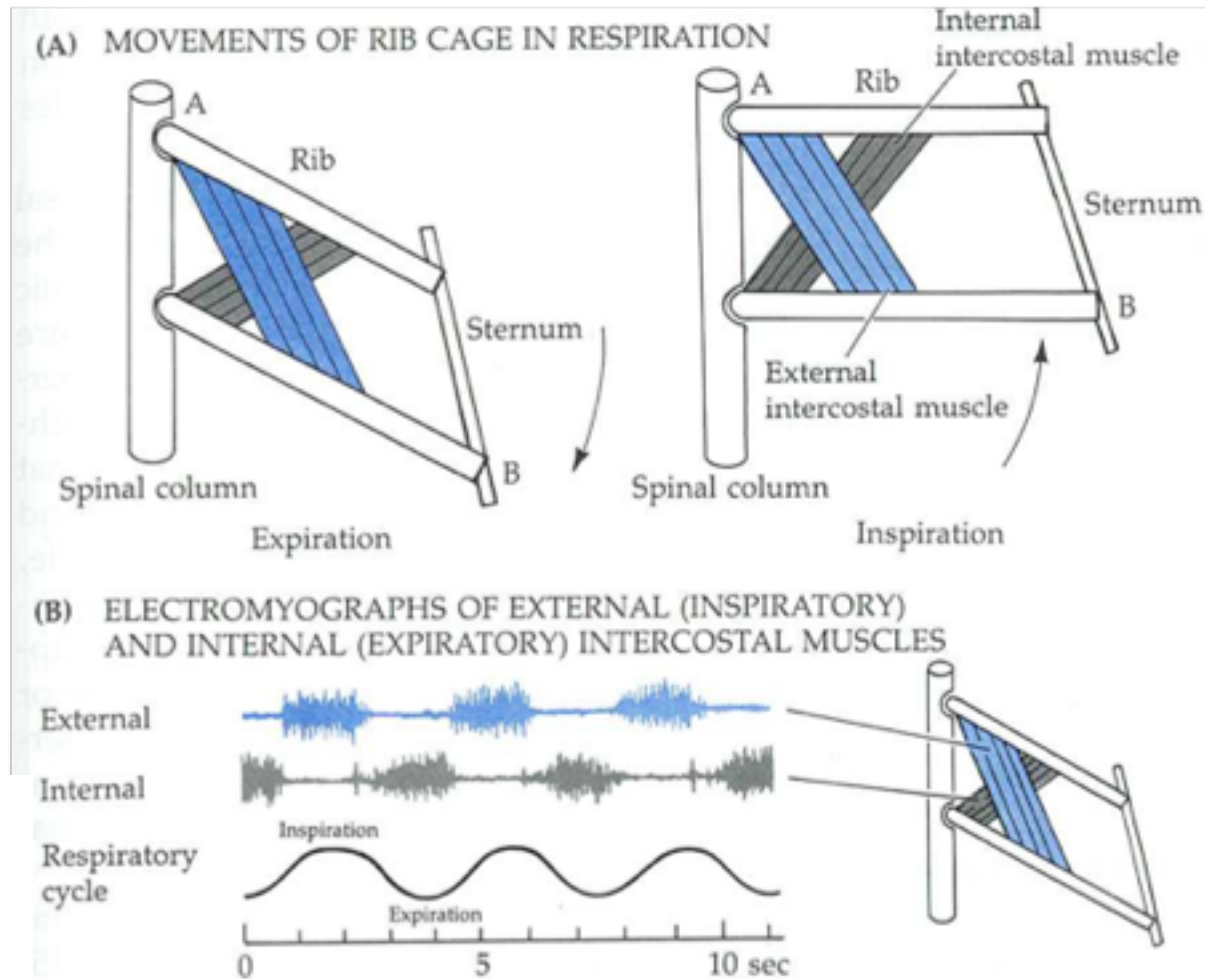
B Chemische Regulation

Atemminutenvolumen [l/min]

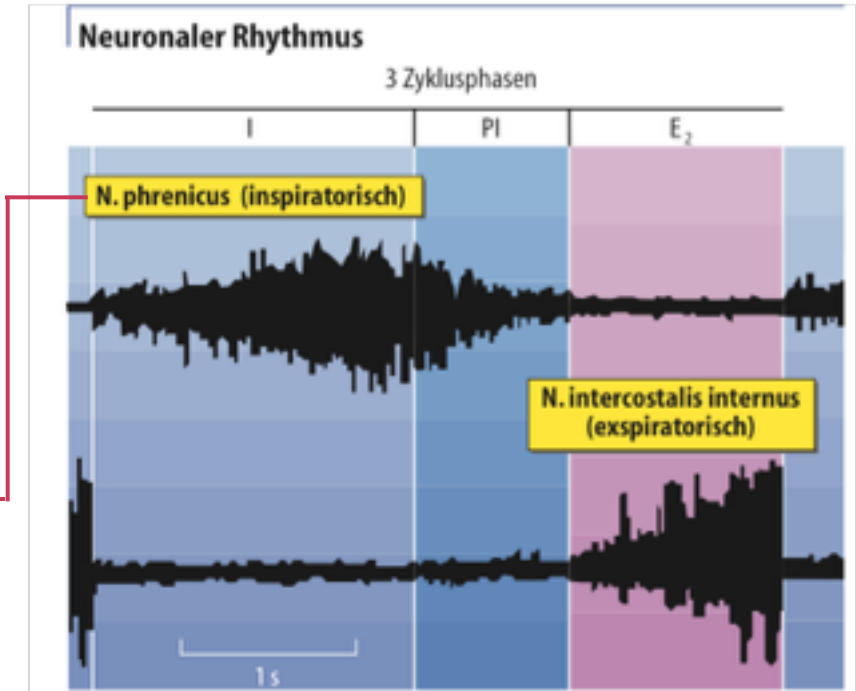
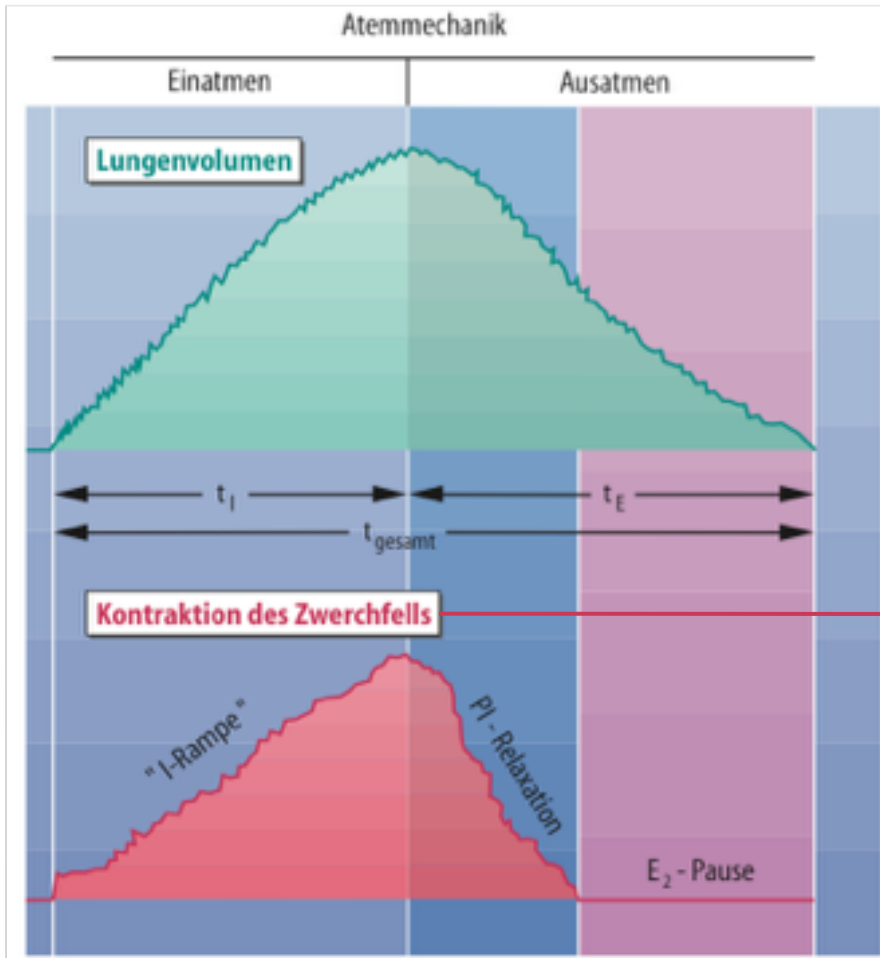


Narkotische Wirkung setzt ein

Atmung, ist es wirklich so einfach?

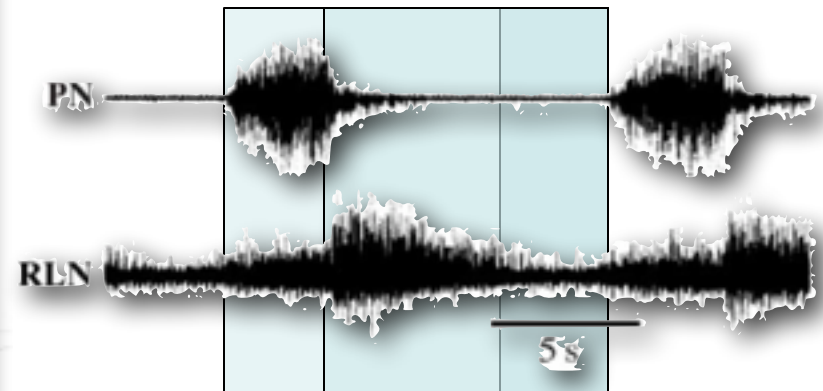


Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen



Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen

RESPIRATORY CYCLE			
diaphragm	insp. ramp	after- discharge	
thyroarythenoid m.		vocal- ization	
abdominal m. int. intercostal m.			active exp.
PHASES	Insp	PI	Exp ₂

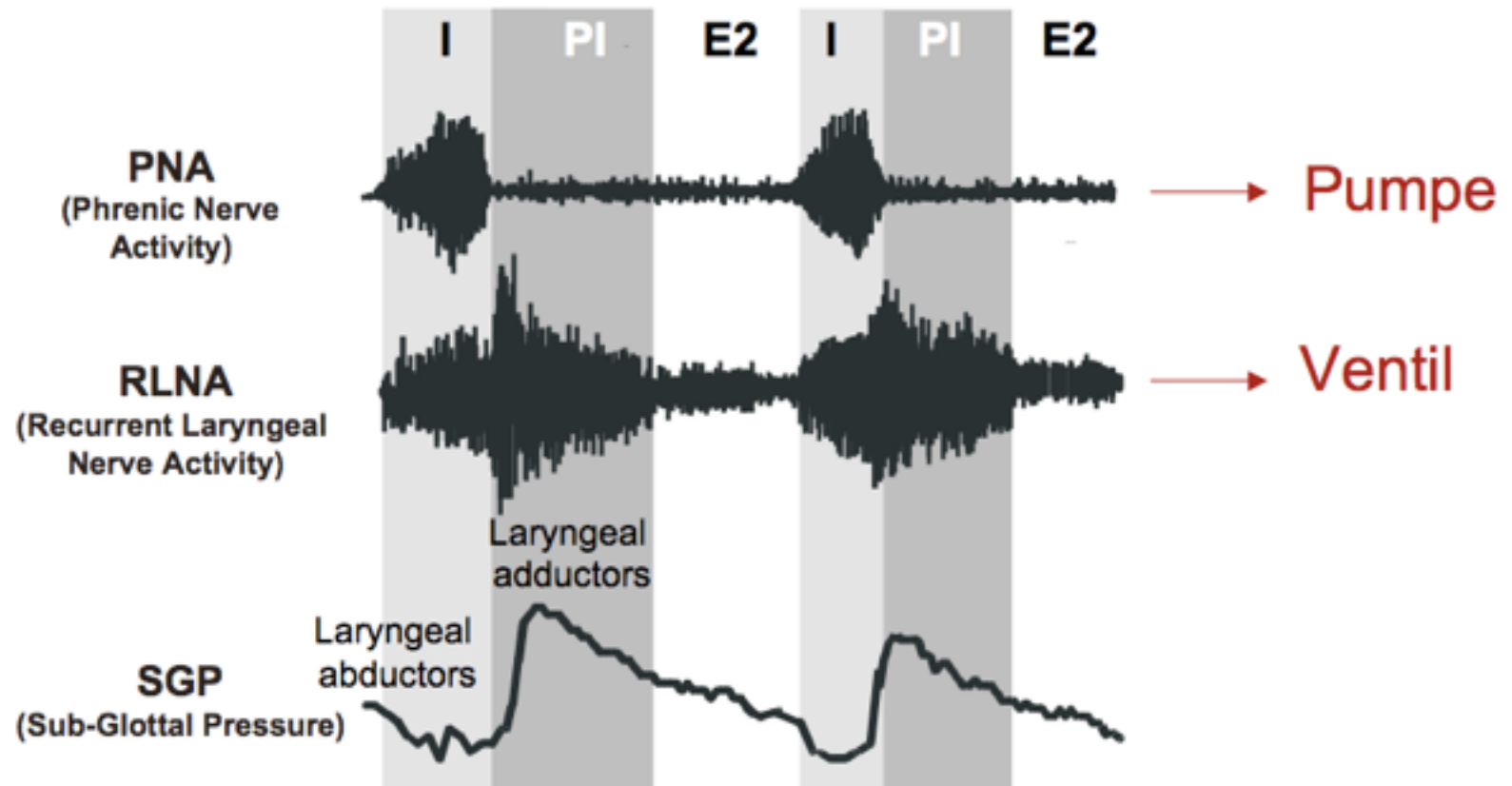


Insp PI Exp₂

Im N. laryngeus recurrens verlaufen efferente Nervenfasern, die die Larynxmuskulatur *post-inspiratorisch* innervieren.

Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen

Peripheres motorisches Muster

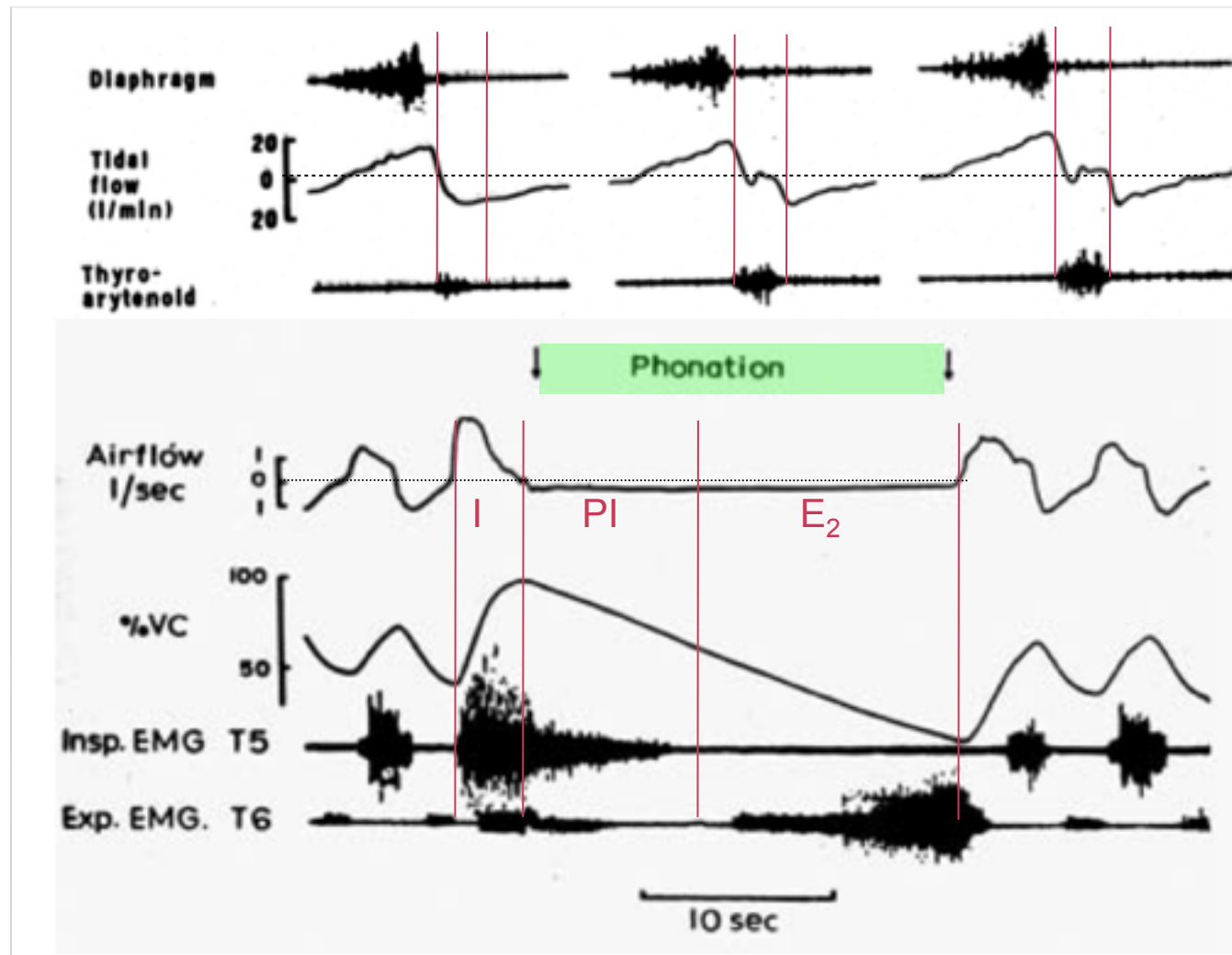


Die post-inspiratorische Periode hat eine Bremsfunktion

- Retraktionskraft von Lunge und Thorax ist am Ende der Inspiration zu gross: etwa 60% der elastischen Energie muss durch die post-inspiratorische Muskelaktivität abgebremst werden.
- Halten des eingeatmeten Luftvolumens während der langsam abklingenden Kontraktion des Diaphragmas, sowie der inspiratorischen Intercostalmuskeln UND
- Erhöhung des Strömungswiderstandes der Luft durch Kontraktion der Stimmband-Adduktoren
- PI Periode 70-80% des expiratorischen Intervalls

kann das gesamte expiratorische Intervall ausfüllen!!

Atmung und Phonation

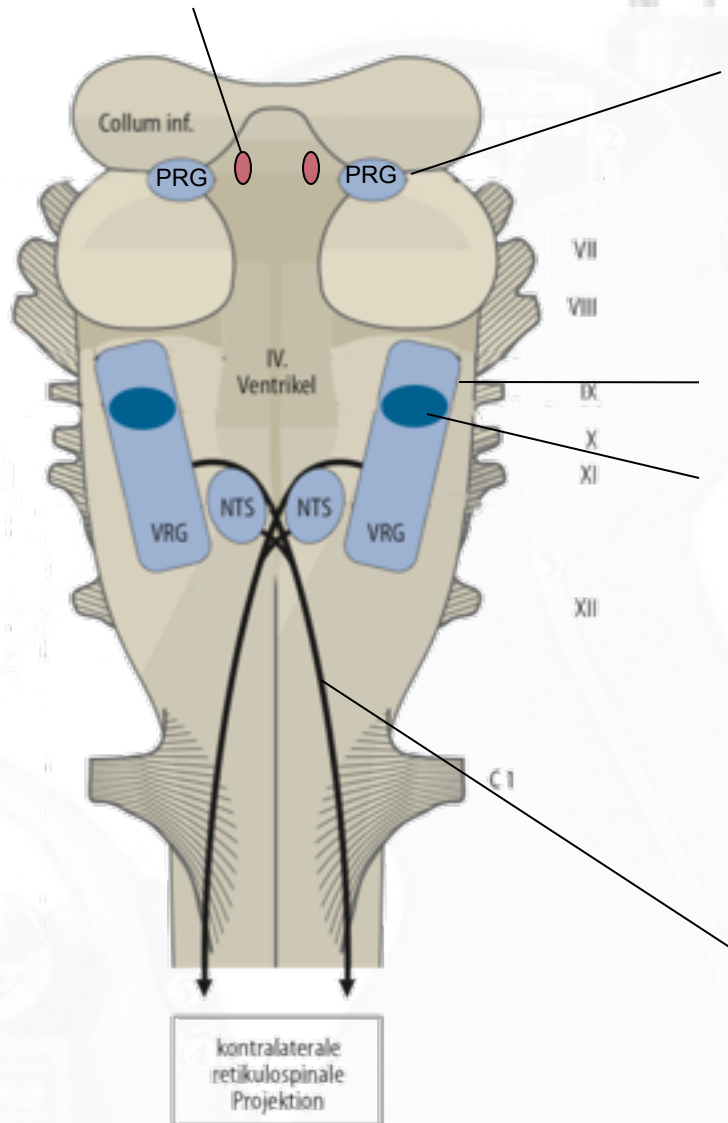


laryngeale
Adduktormuskeln

Beim Singen erfolgt eine PI Adduktion der Stimmbänder, Nur bei langen Passagen können wir eine aktive Expiration benutzen.

Das respiratorische Netzwerk

Locus coeruleus. Modulierend. Einige der Neurone sind chemosensitiv gegenüber CO₂



Pontine respiratorische Gruppe im Nucl. Parabrachialis und Nucl. Kölliger-Fuse. Sind nicht an der Rhythmogenese beteiligt, üben aber wichtige **modulierende** (meist hemmende) Einflüsse aus.

Rostral gelegene **ventrale respiratorische Gruppe**: Bötzing-Komplex.

Kaudales Teil der **VRG**: Prä-Bötzing-Komplex

VRG steht in enger räumlicher Verbindung zu den im Nucl. Ambiguus lokalisierten Motoneuronen des Pharynx und Larynx. In unmittelbare Nähe liegen auch die bronchomotorischen Neurone.

Rhythmogenese.

Dem rhythmusgenerierenden Netzwerk sind insp. und exp. **Ausgangsneurone** mit retikulo-spinalen Axonprojektionen nachgeschaltet (**Nucl. Tractus solitarius**)- aktivieren spinale bronchomotorische Neurone.

Ein einfacher Oszillator

Aktivierung
inhibitorischer
Neurone

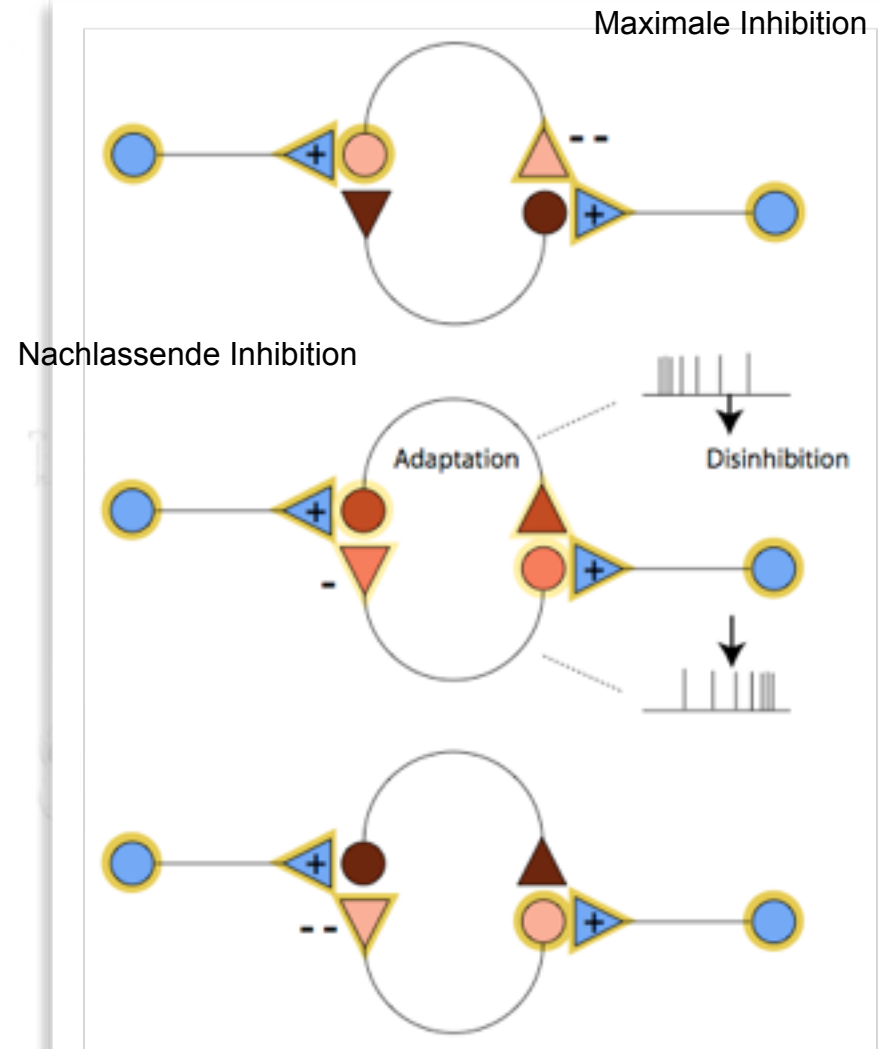
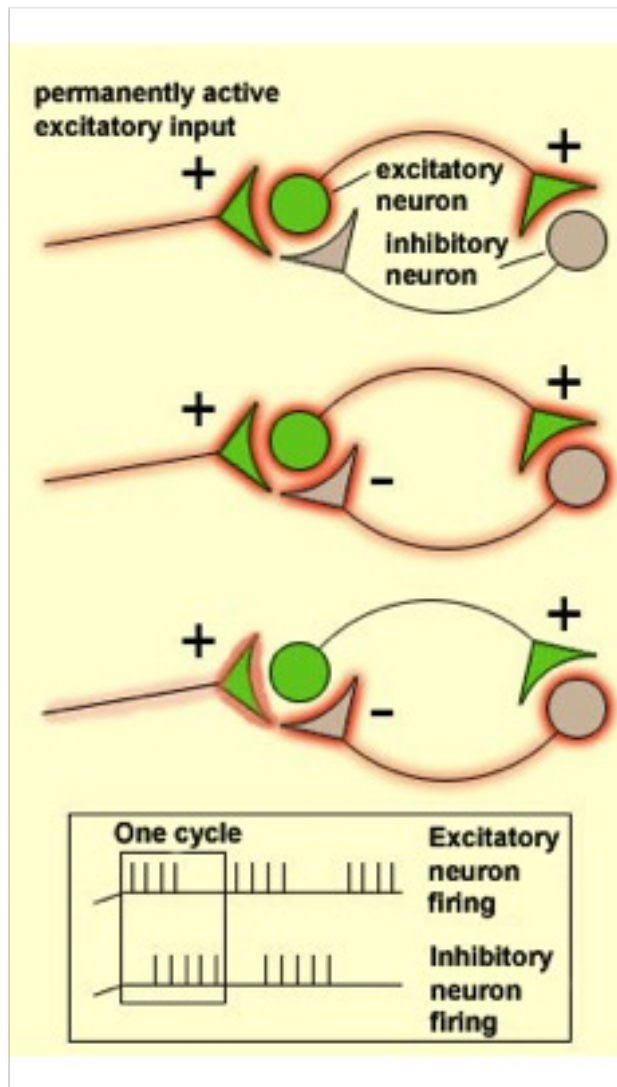


reziproke
Hemmung

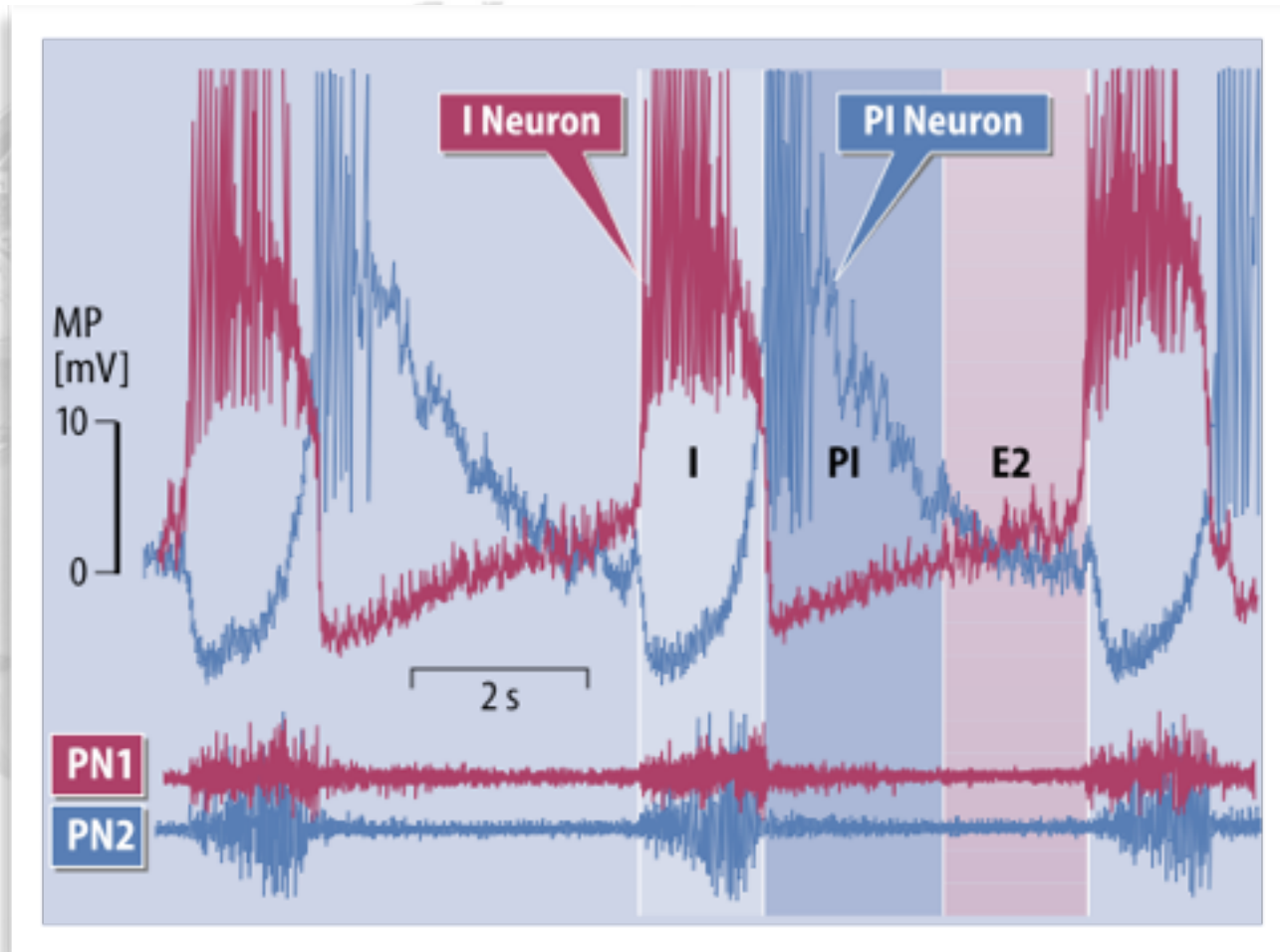


Tonisch exzitatorischen
Eingang

Grundlagen der Rhythmogenese: Neuronale Oszillation basiert auf reziproker Inhibition



Die primären Oszillatoren sind die alternierend entladenden I und PI Neurone



Beide Neuronenklassen sind reziprok (antagonistisch) miteinander verschaltet.

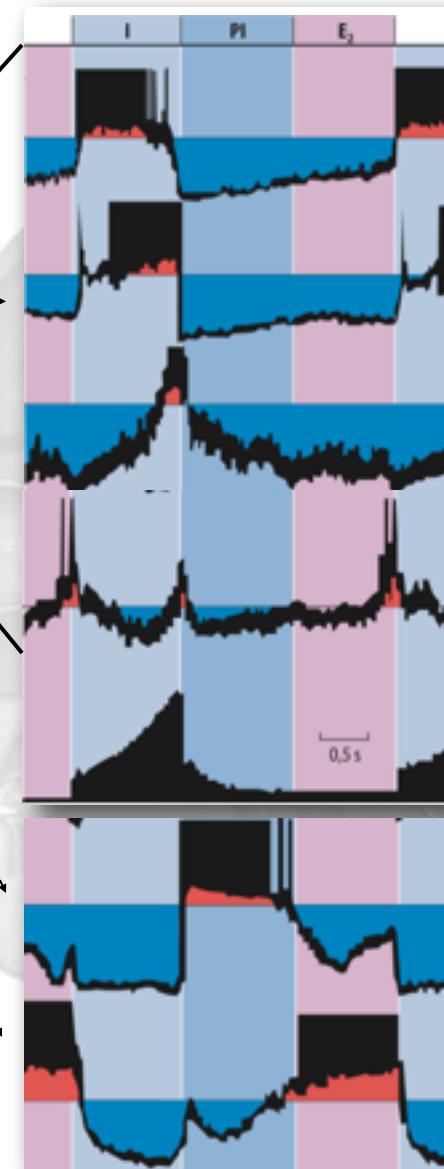
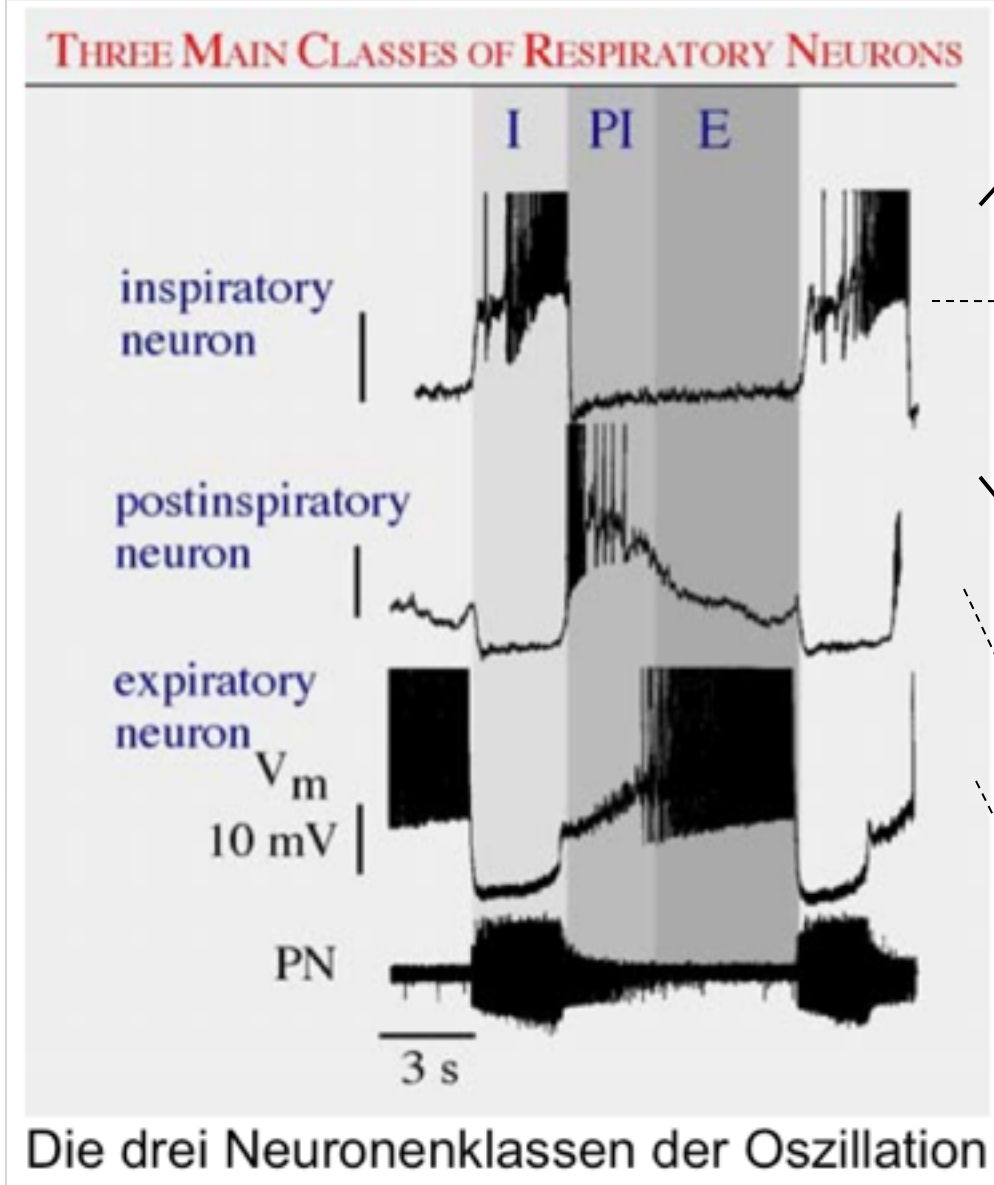
Respiratorische Neurone

Grundlage der Rhythmogenese ist ein Wechselspiel zwischen synaptisch ausgelösten Membranpotentialänderungen und spannungsgesteuerten Membranleitfähigkeiten der inspiratorischen und postinspiratorischen Neurone

Respiratorische Neurone zeigen **keine Schrittmachereigenschaften**. Ihre Aktivität wird **ausschließlich** durch erregende und hemmende synaptische Zuströme bestimmt.

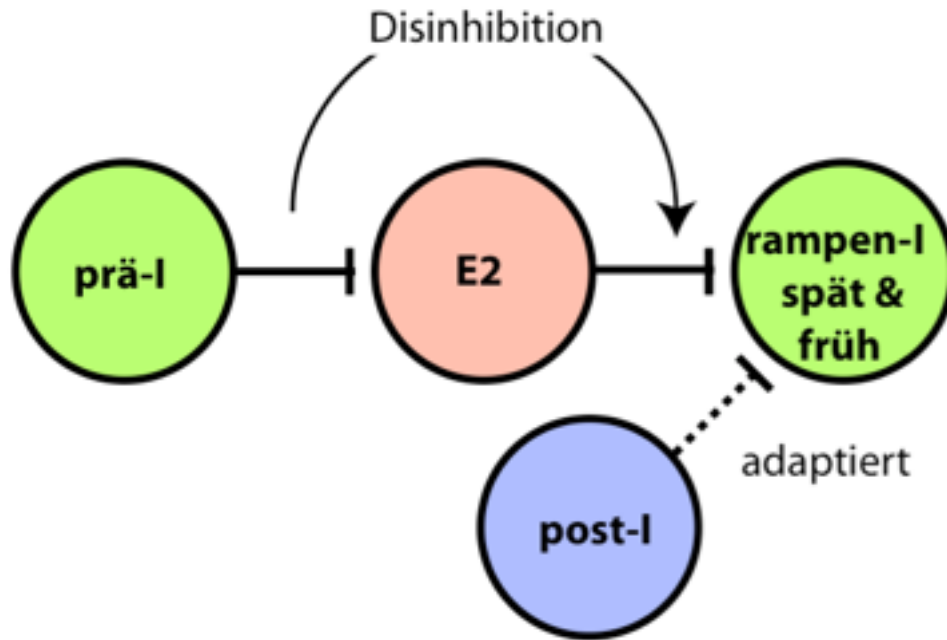
Die zeitliche und räumliche **Summation der EPSPs bzw. IPSPs** führt zu **Oszillationen** des Membranpotentials und während der überschwelligen Depolarisationen zu **salvenartigen Entladungen** von APs.

Respiratorische Neurone



Steuerung der Inspirationsphase

Anfang



Abklingen der inhibierenden Hyperpolarisation



Spannungsgeregelte Ionenkanäle werden aktiviert



Membrandepolarisierung, Rebound-Erregung der I-Neurone

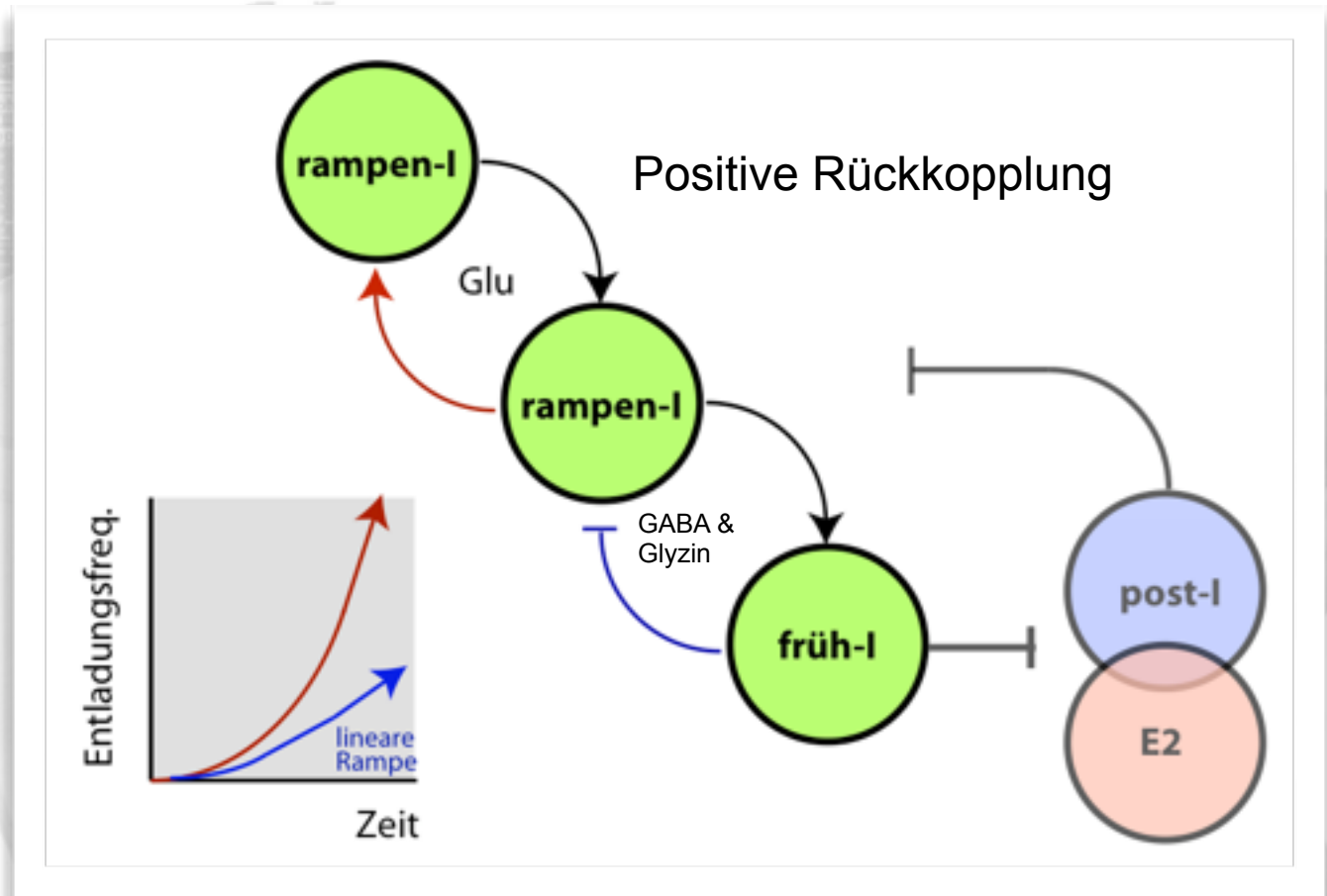


Inspiratorische Salvenentladung

ständige erregende Eingänge vom RAS!

Steuerung der Inspirationsphase

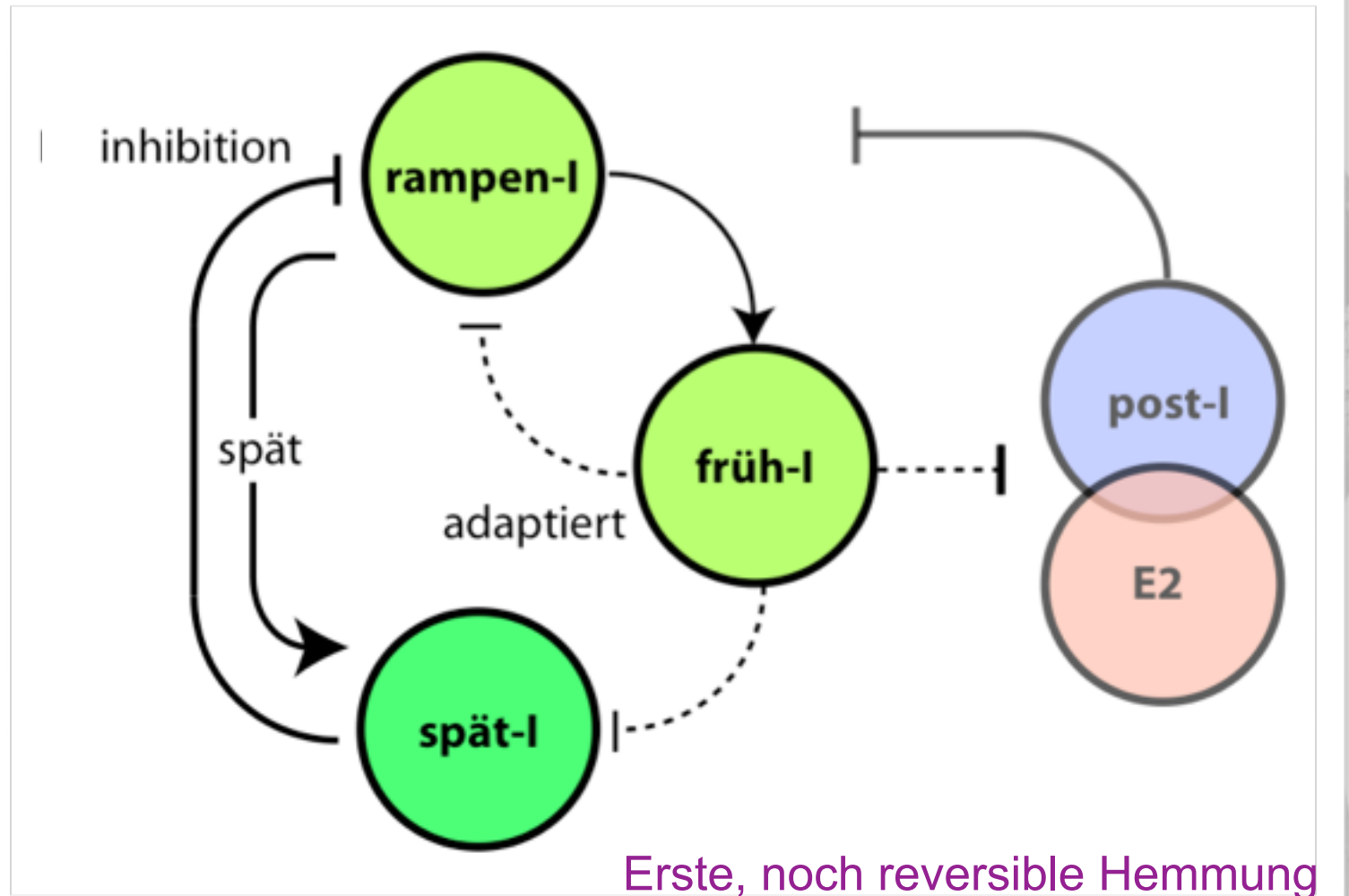
Mitte



Rampenförmige Depolarisierung und
Entladungsfrequenz der Rampen-I Neurone

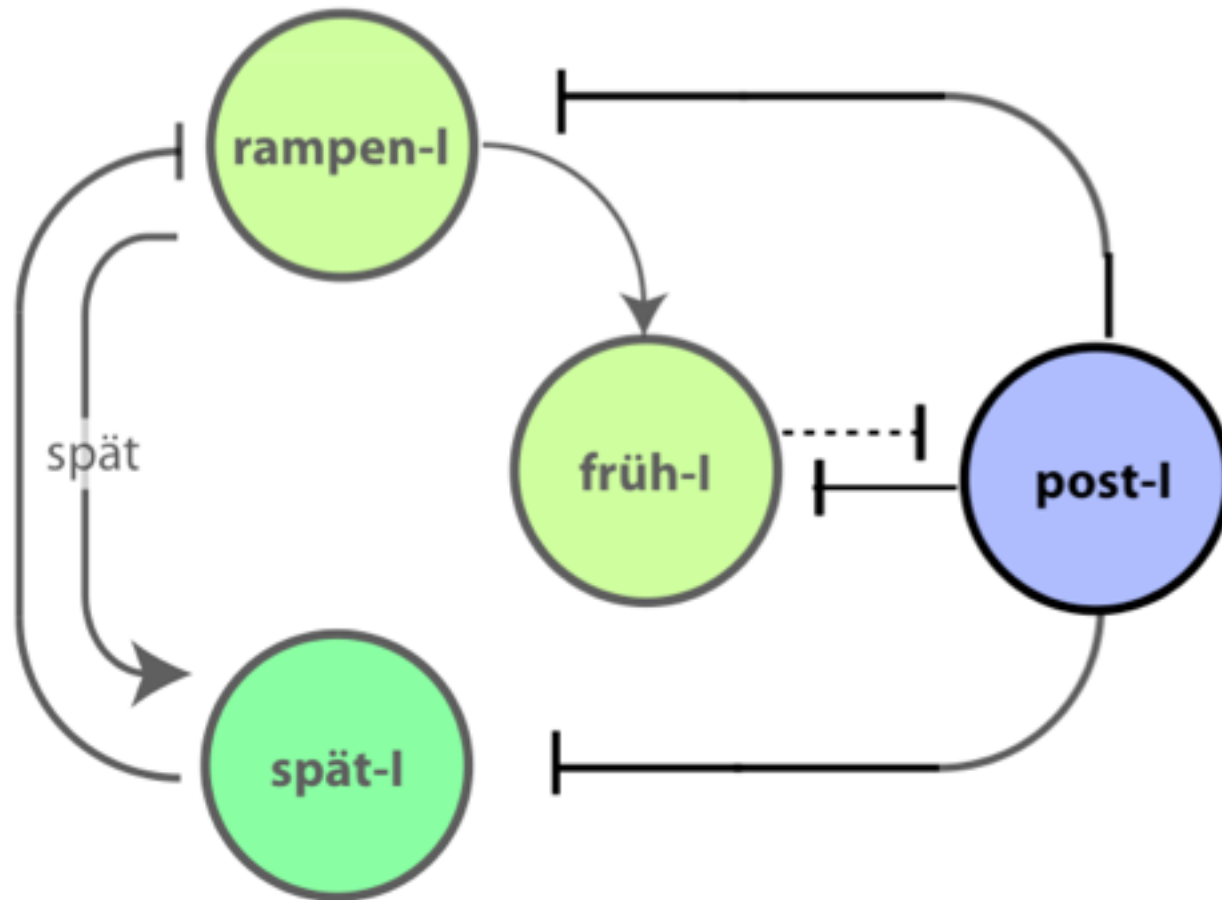
Steuerung der Inspirationsphase

Ende

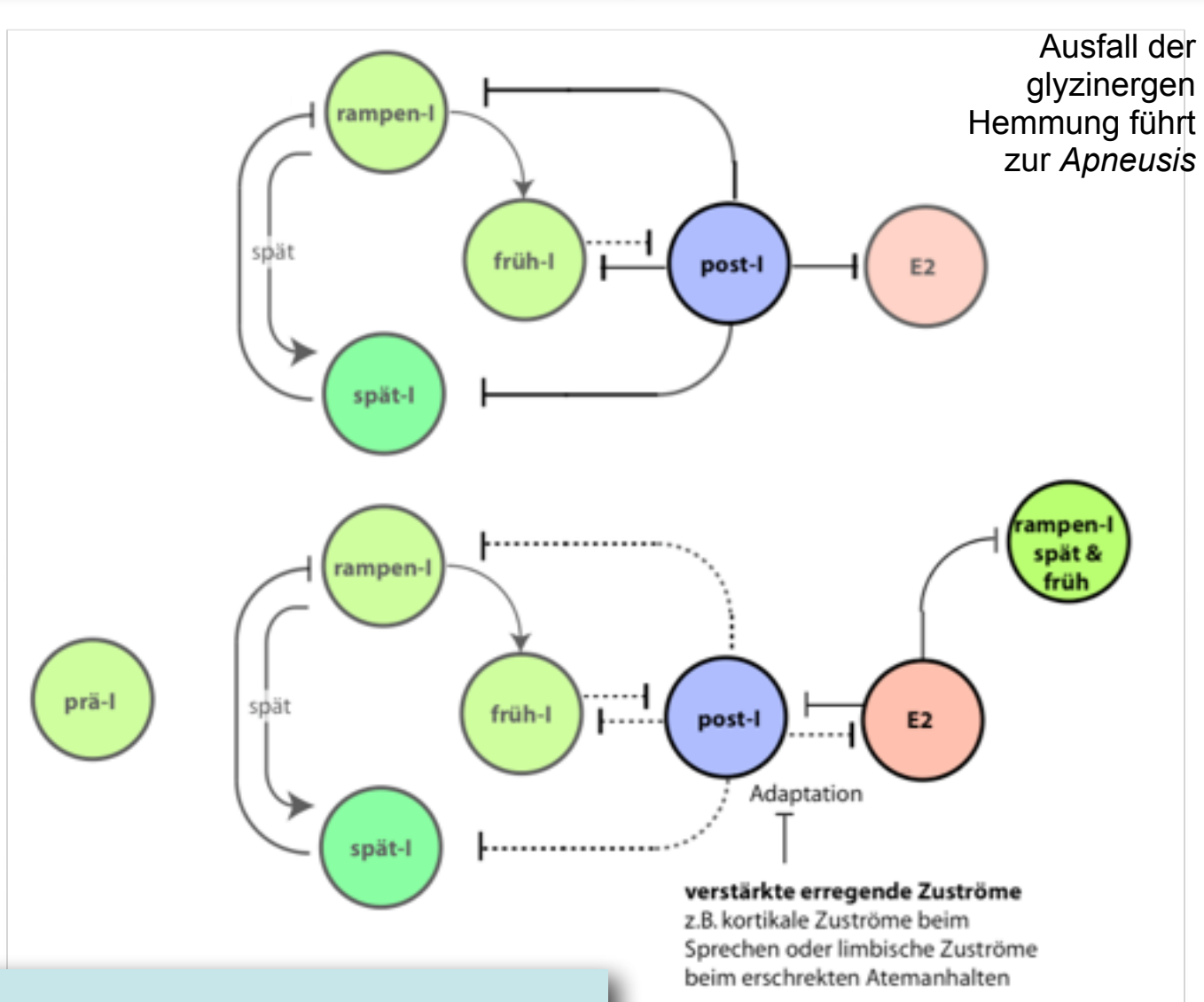


Steuerung der Postinspirationsphase

Beendet die Inspirationsphase definitiv

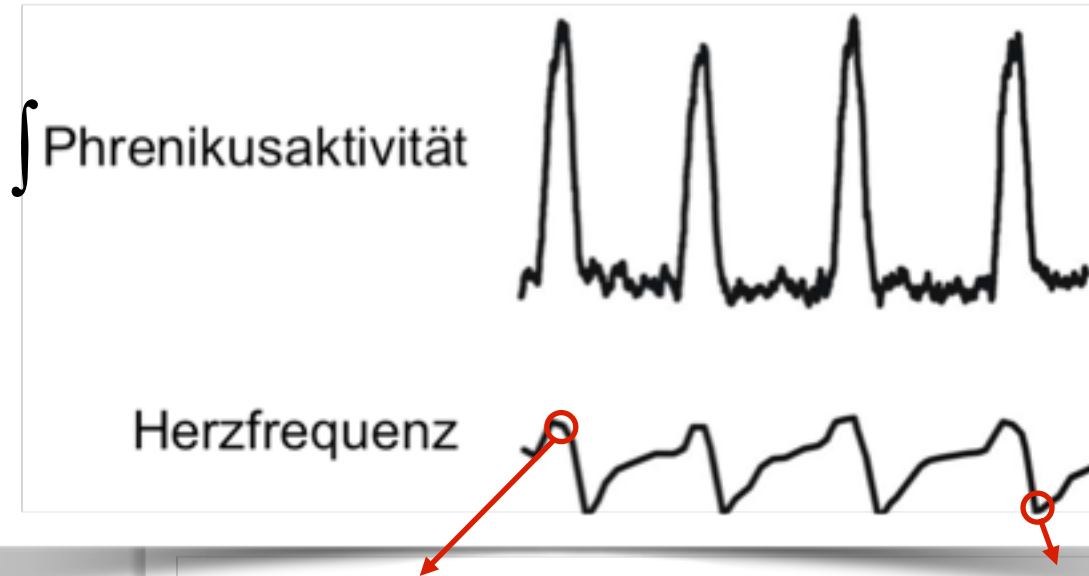


Steuerung der Expirationsphase

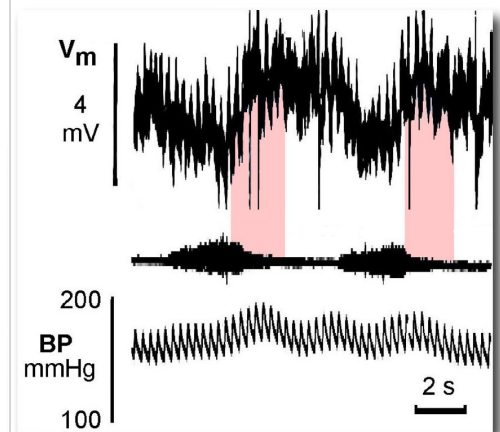


E2 Phase wird beendet, wenn prä-I-Neurone sich zu entladen beginnen und die E2-Neurone synaptisch hemmen

Kardio-respiratorische Kopplung: die Sinusarrhythmie

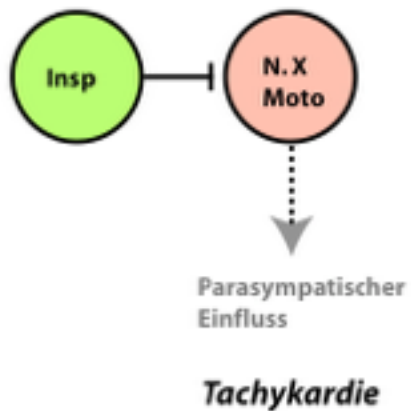


Cardiovagale neurones

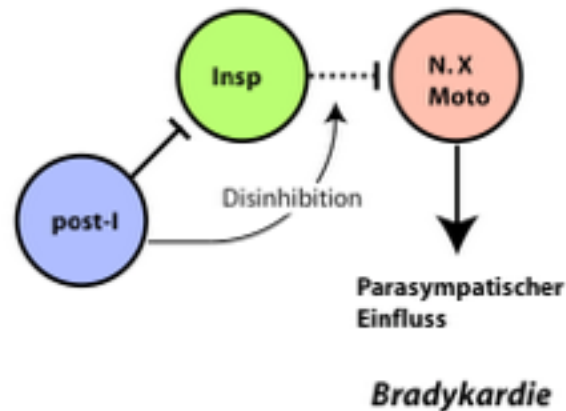


Gilbey et al. 1984,
J Physiol 356:65

Inspiratorische Neurone
hemmen kardiavagale
Motoneurone

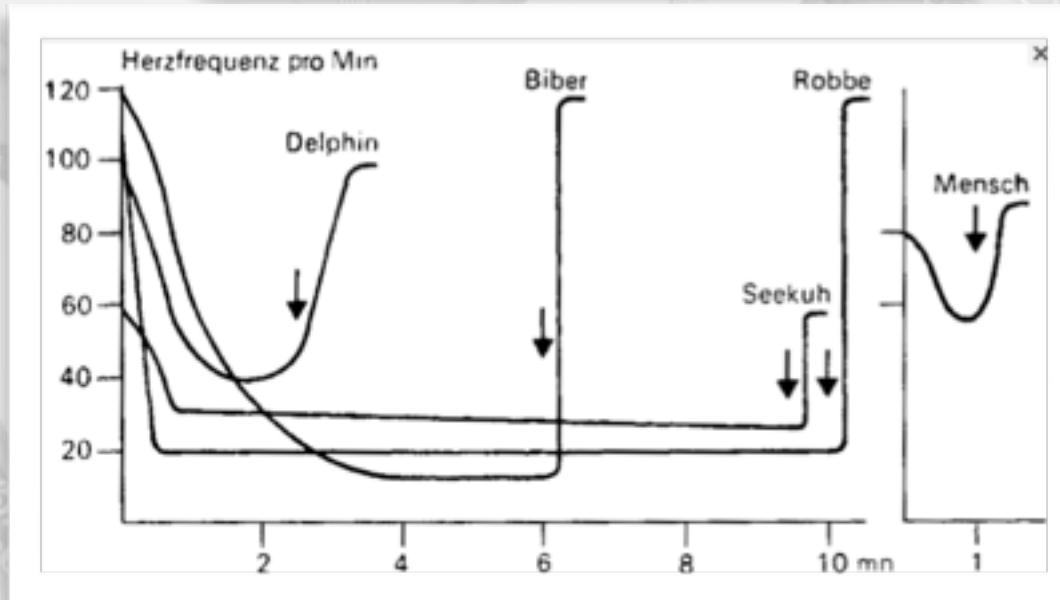


Während der Post-Inspiration
werden kardiavagale
Motoneurone disinhibiert



Der Tauchreflex

Beim Tauchreflex wird die Atmung unwillkürlich in der Postinspirationsphase gestoppt und die Stimmritze verschlossen. Auch wird die Herzfrequenz verlangsamt.



Der Tauchreflex

Aktivierung trigeminale Afferenzen der Nasenschleimhaut



Post-inspiration



Larynxmuskulatur:
Adduktoren aktiviert

Termination der
Inspiration

Kardio-vagale
Motoneurone

