



UMG | HAWK
**GESUNDHEITS
CAMPUS
GÖTTINGEN**

Physiologie

UE8

autonome Regulation der Atmung

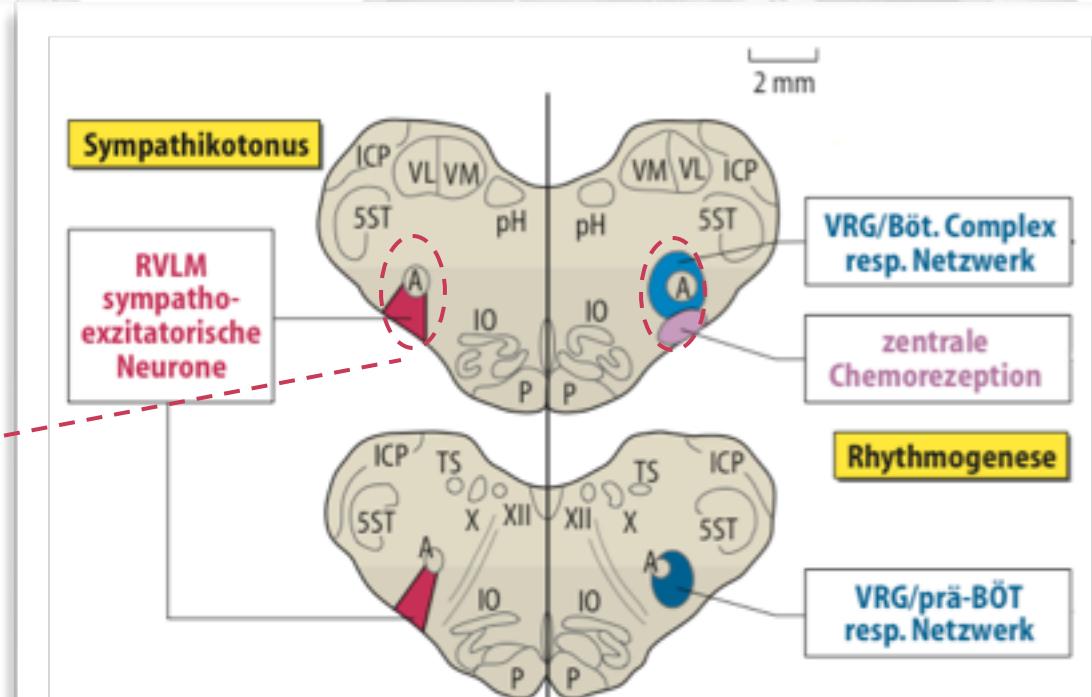
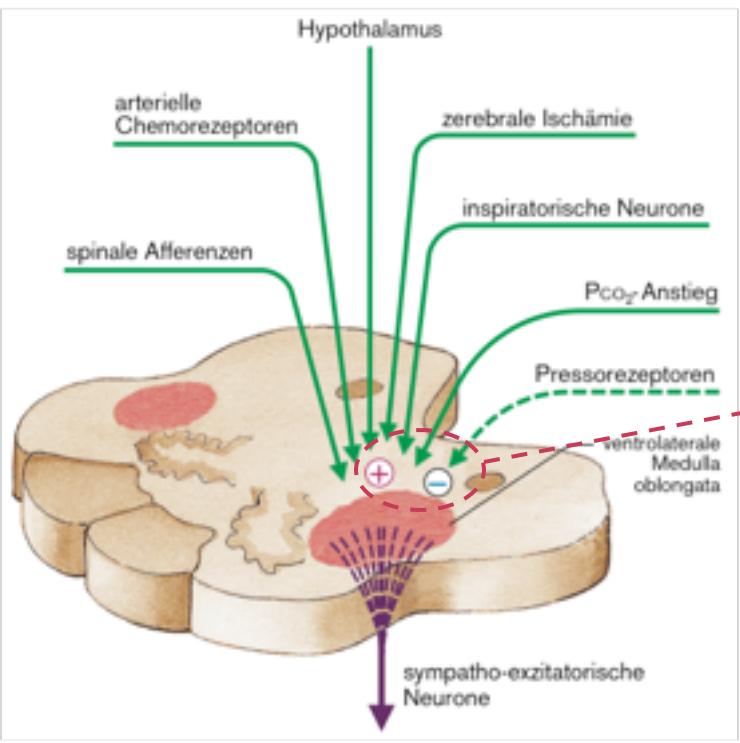
Fred Wouters

Molekulare & Zelluläre Systeme
Institut für Neuropathology
E-mail: fred.wouters@gwdg.de



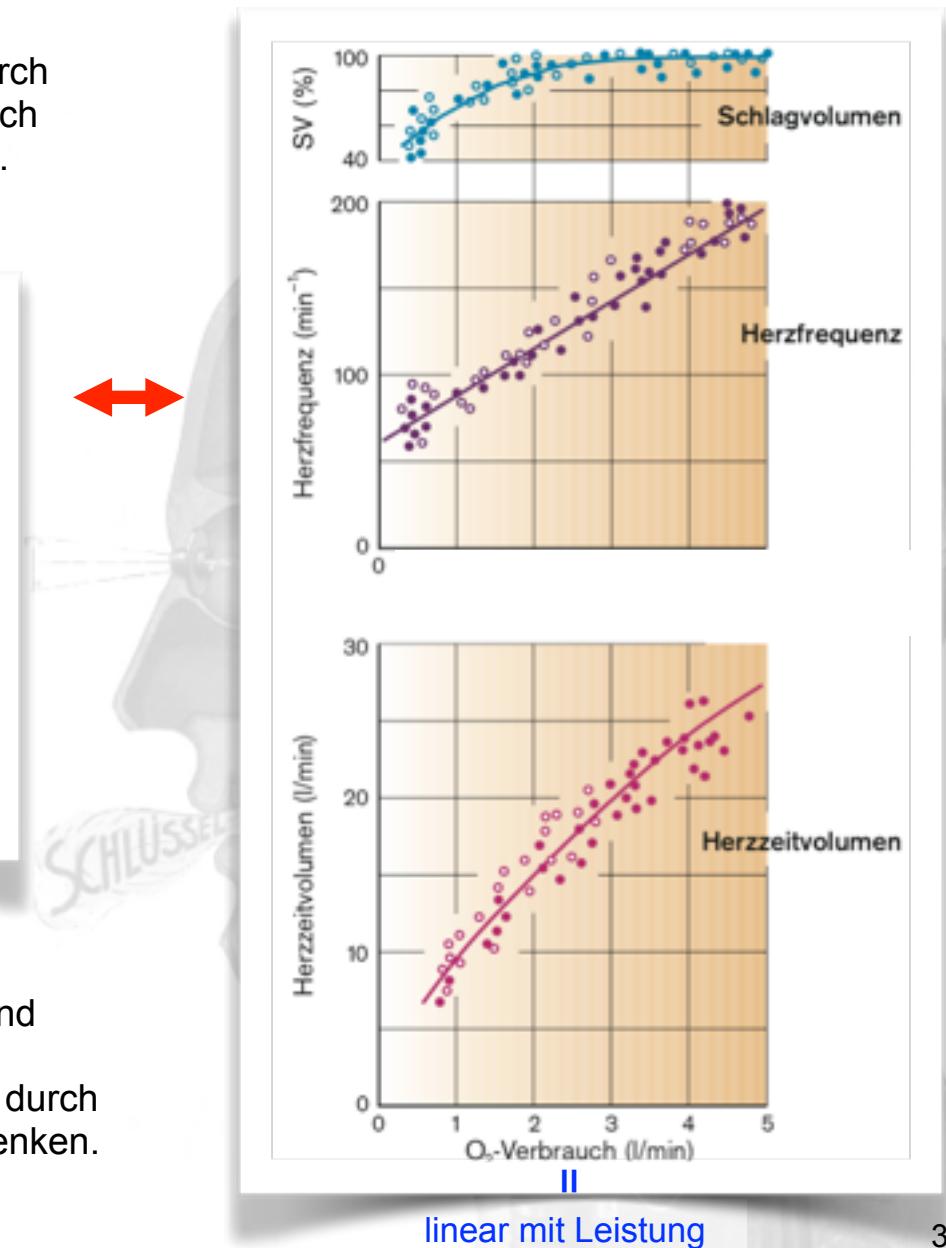
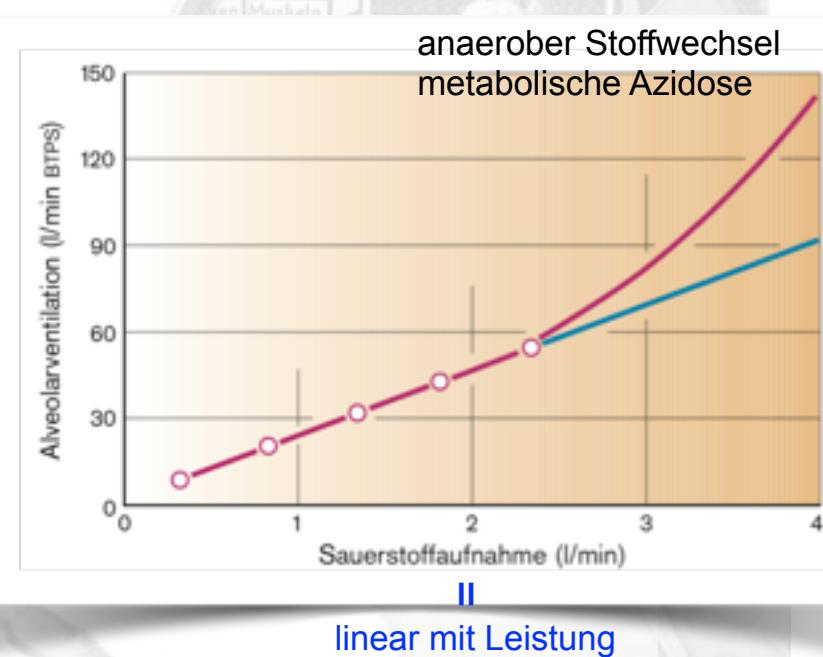
UNIVERSITÄTSMEDIZIN
GÖTTINGEN 

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



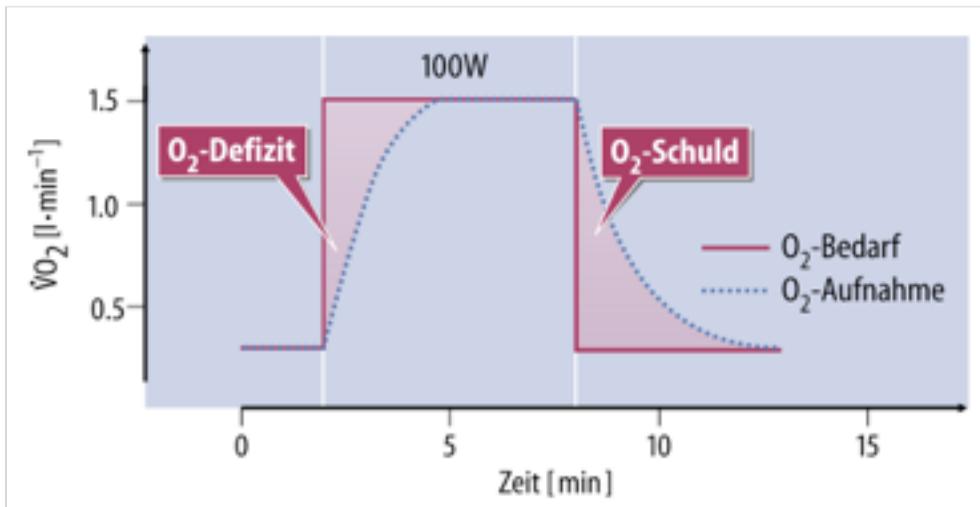
Alveoläre Ventilation - Sauerstoffaufnahme - Herzaktivität

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



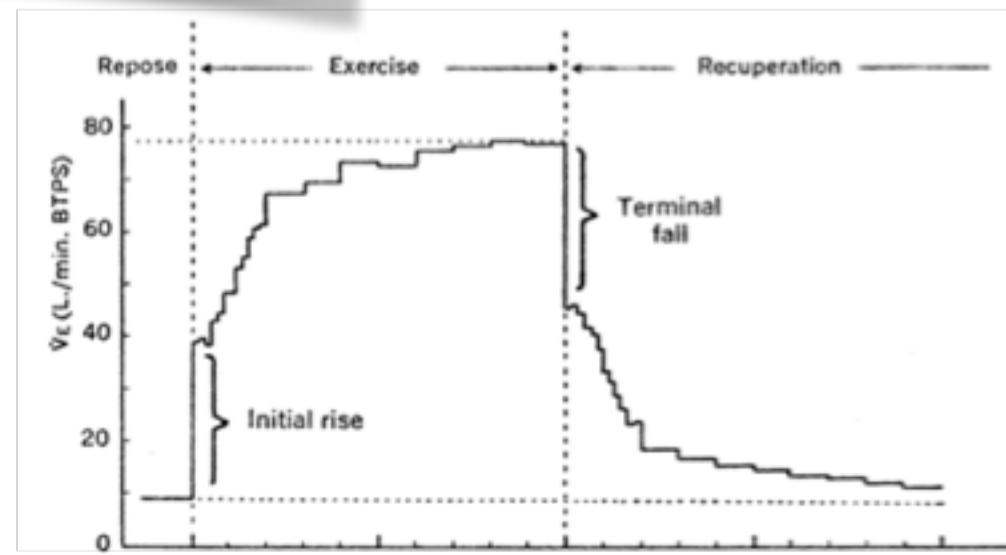
Arbeit: *Feed-Forward Regelung* über pyramidale und extrapyramidale Bahnen und eine reflektorische Aktivierung in Form einer *Feed-Backward Regelung* durch Afferenzen aus der Skelettmuskulatur und den Gelenken.

Alveoläre Ventilation - Sauerstoffsufnahme - Herzaktivität

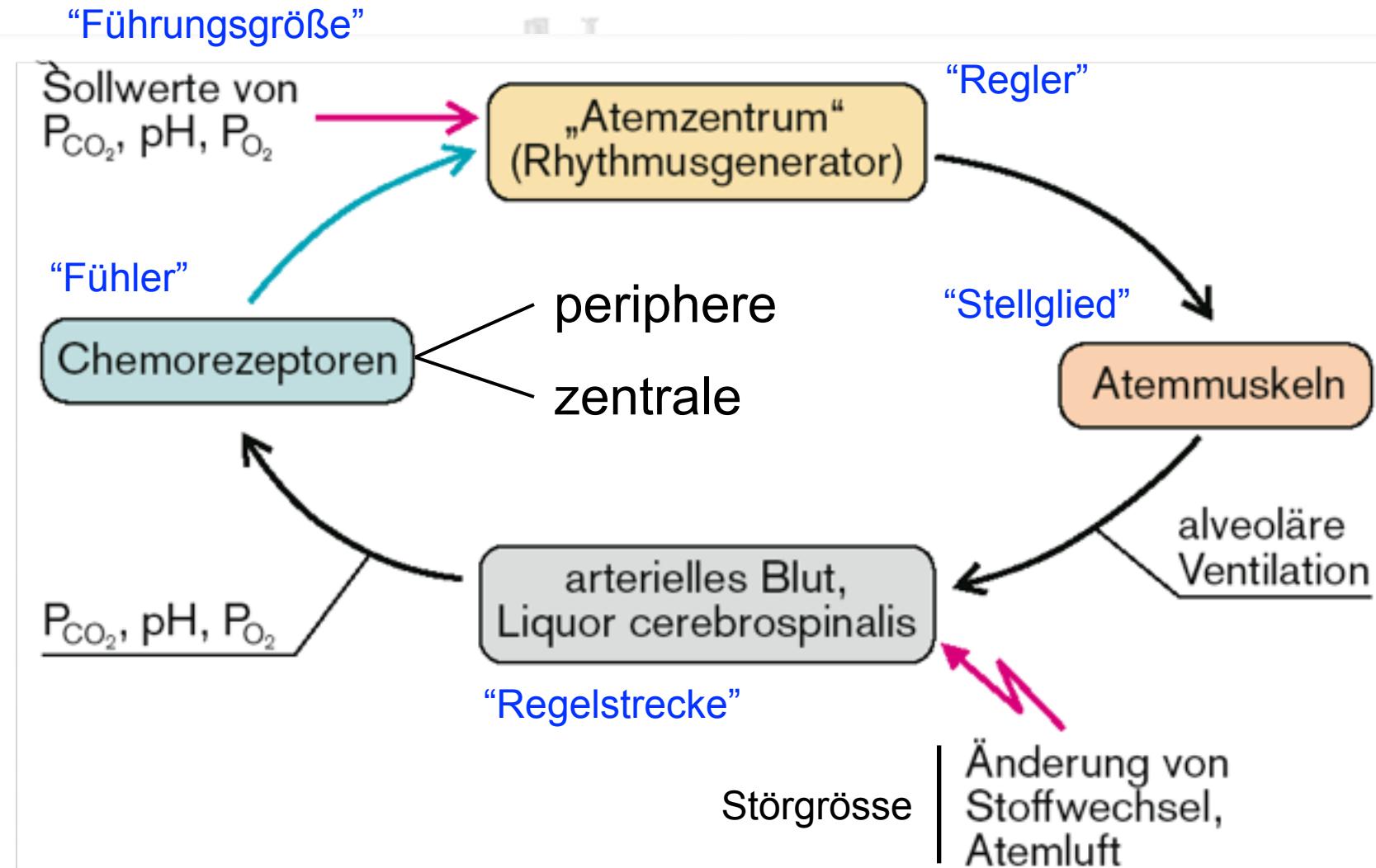


Startreaktion:

Mitinnervation des medullären kardio-respiratorischen Netzwerks durch die sensomotorischen Netzwerke.

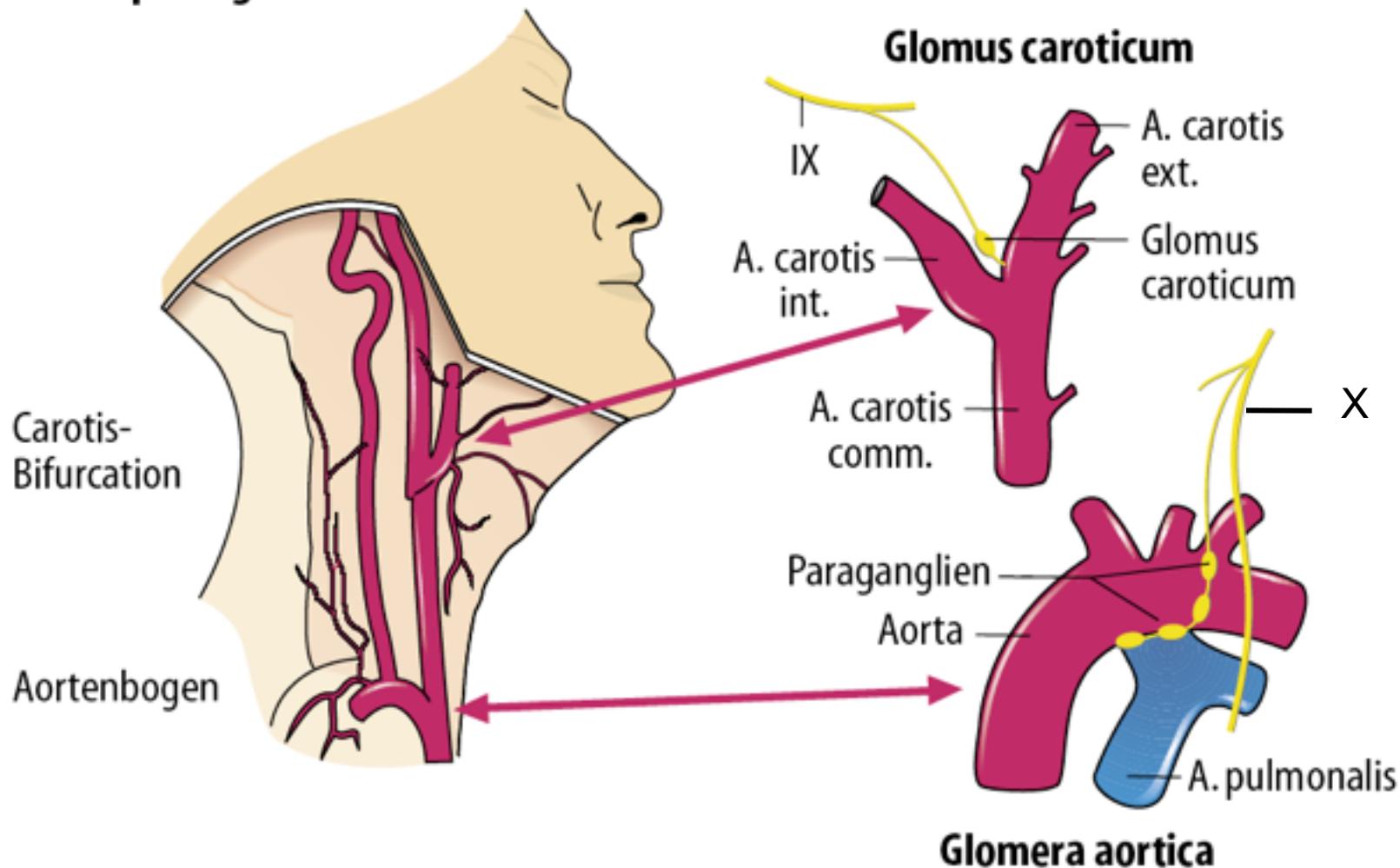


Chemosensitiver Regelkreis zur Atmungskontrolle



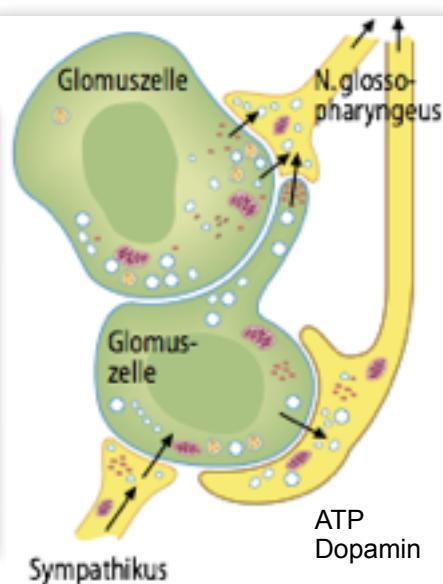
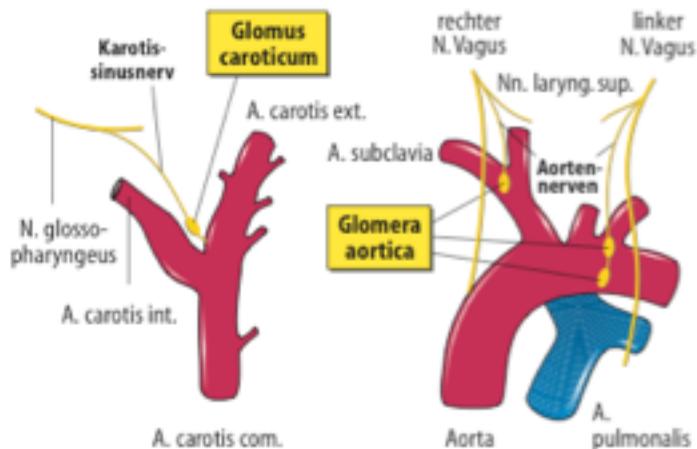
Die peripheren Chemosensoren

A Morphologie

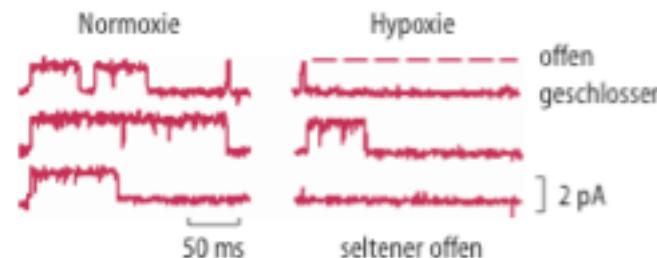


O₂-Messung im Glomus caroticum

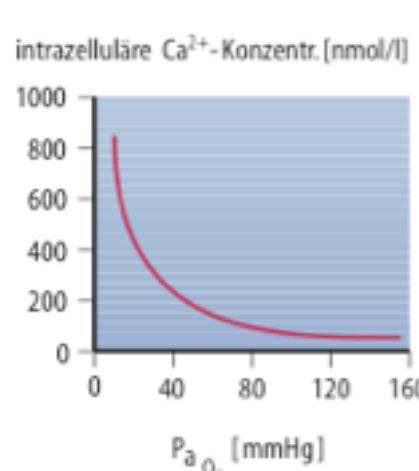
Glomera und ihre Innervation



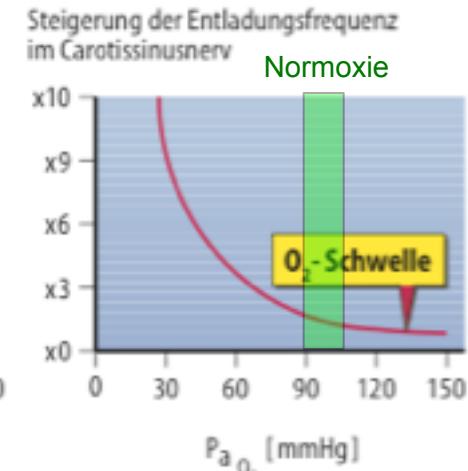
K⁺-Kanäle in Glomuszellen sind O₂-sensitiv



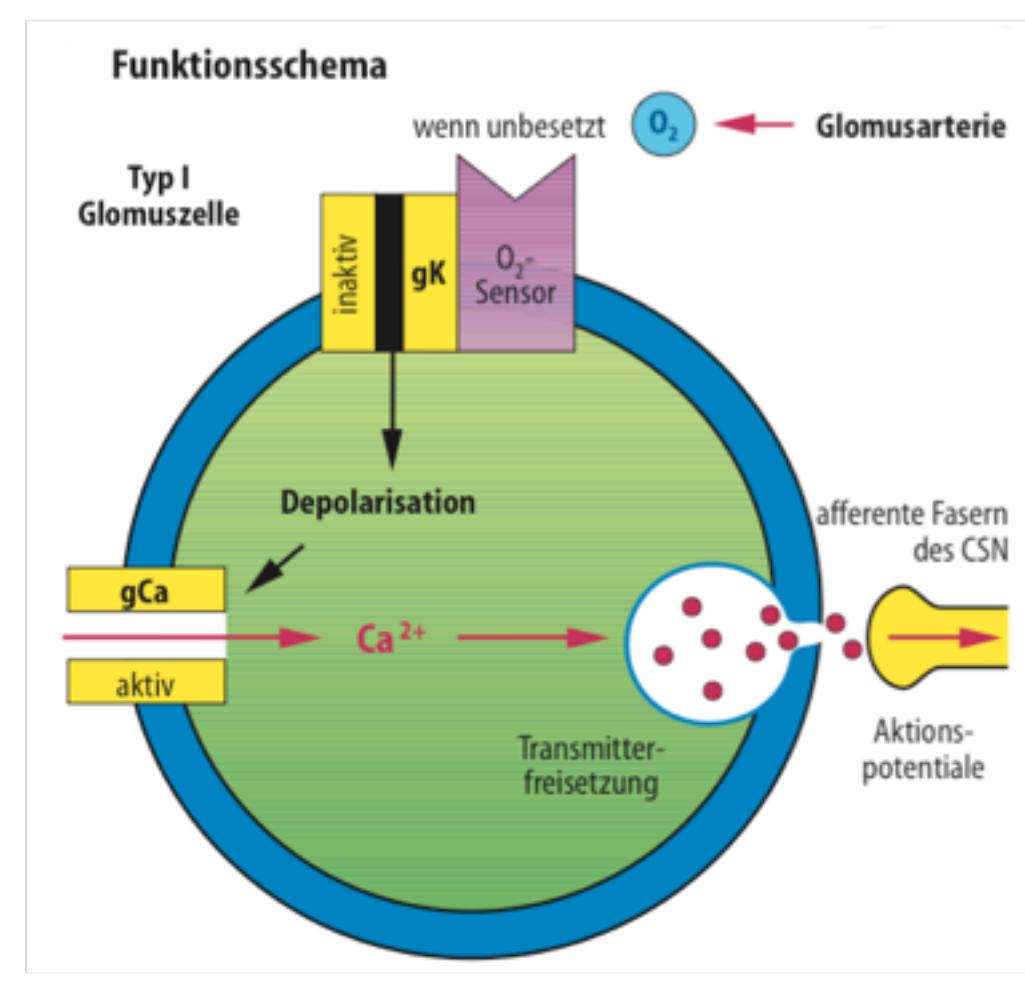
Ca²⁺-Anstieg in Glomuszellen



Erregung afferenter Nerven

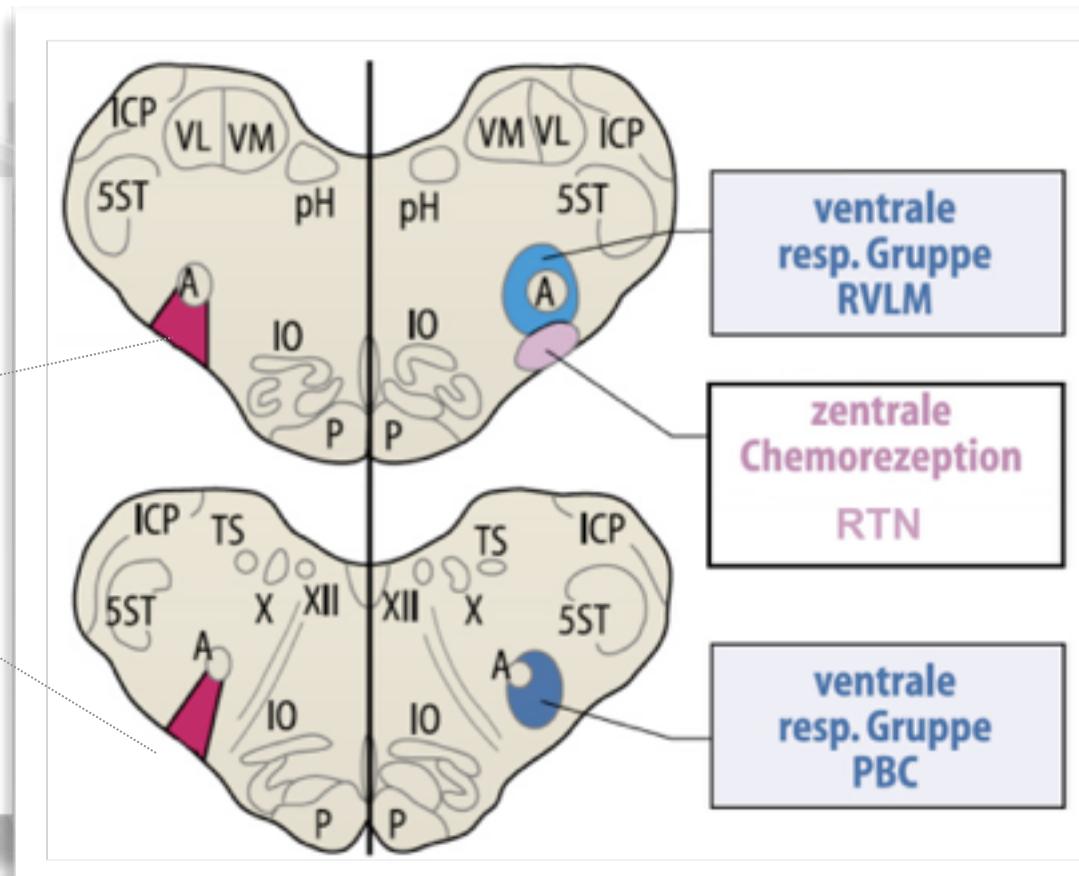
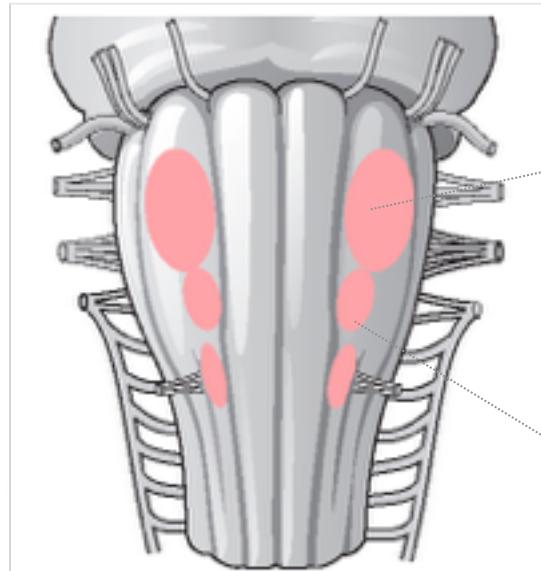


O₂-Messung im *Glomus caroticum*



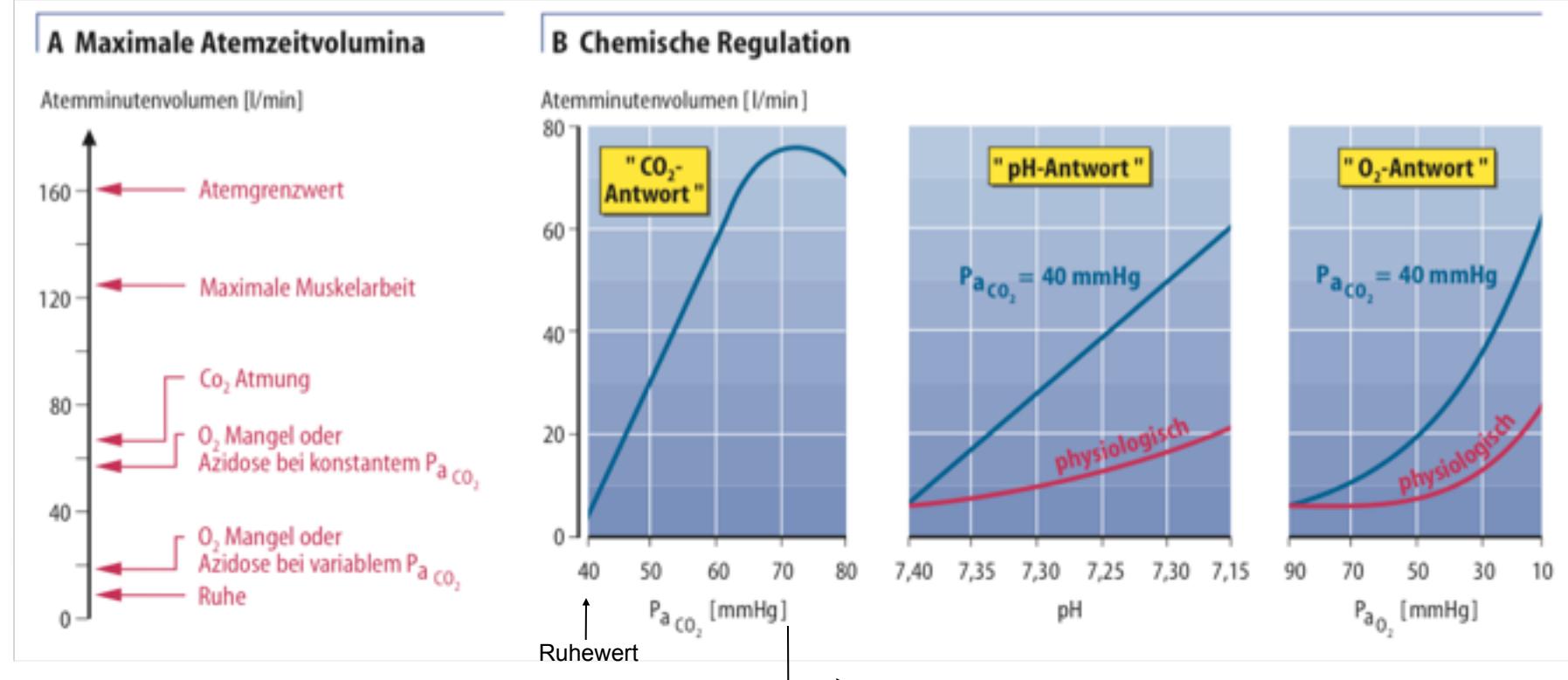
Zentrale Chemorezeptoren

CO_2 , pH



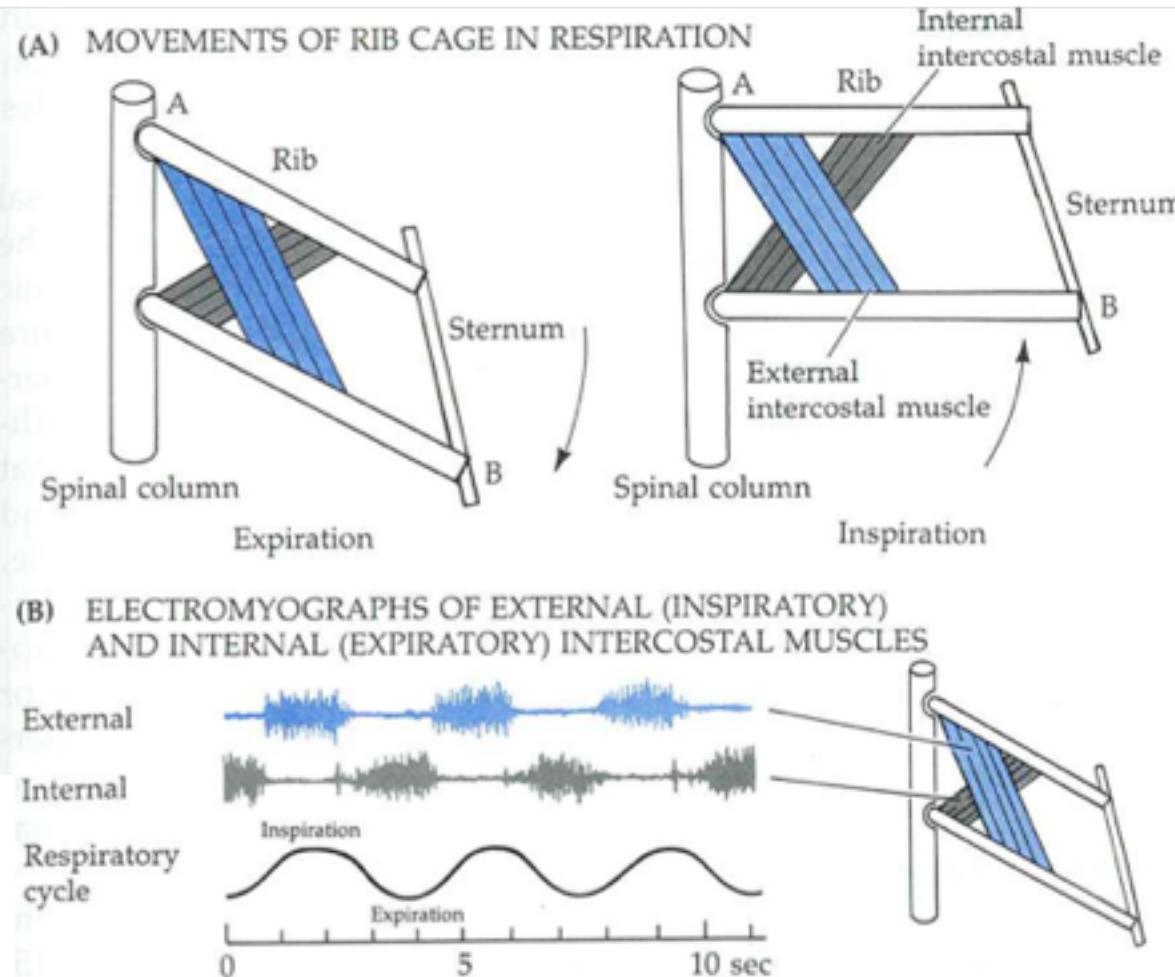
Nur eine Spezies von Rezeptoren; die unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber CO_2 und H^+ beruht auf deren unterschiedlichem Zugang. Während H^+ auf direktem Wege die Blut-Hirn-Schranke nur erschwert passieren kann, diffundiert CO_2 sehr leicht aus dem Blut in Gehirn und Liquor. Dort kann es dann über Bildung von H^+ seine Wirkung ausüben.

Anpassung der Ventilation durch Chemosensoren

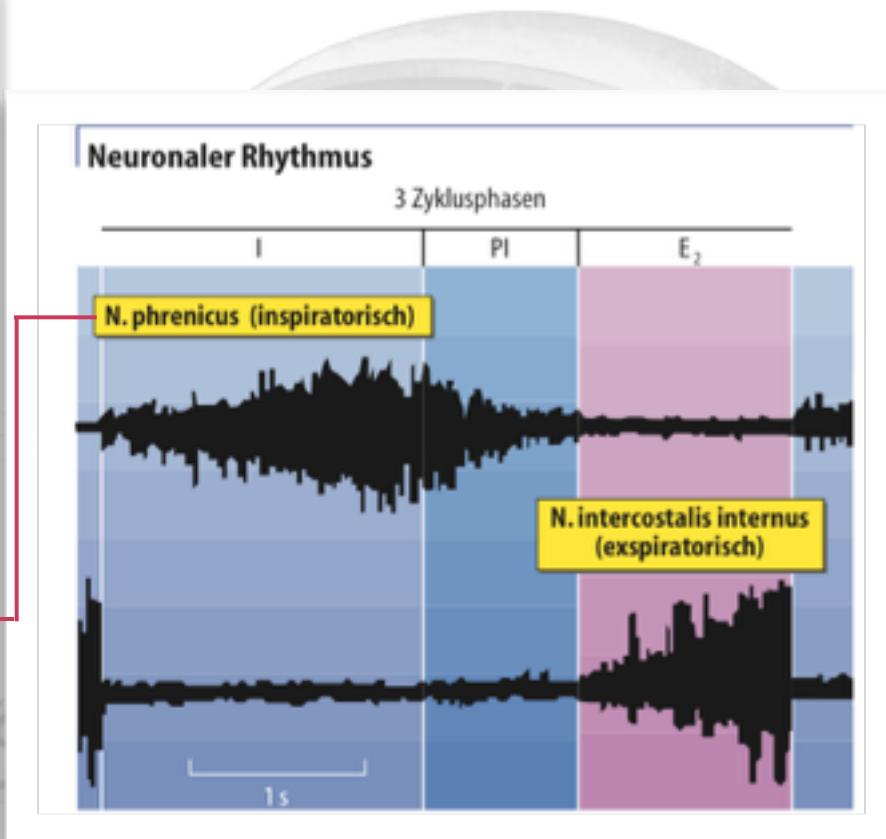
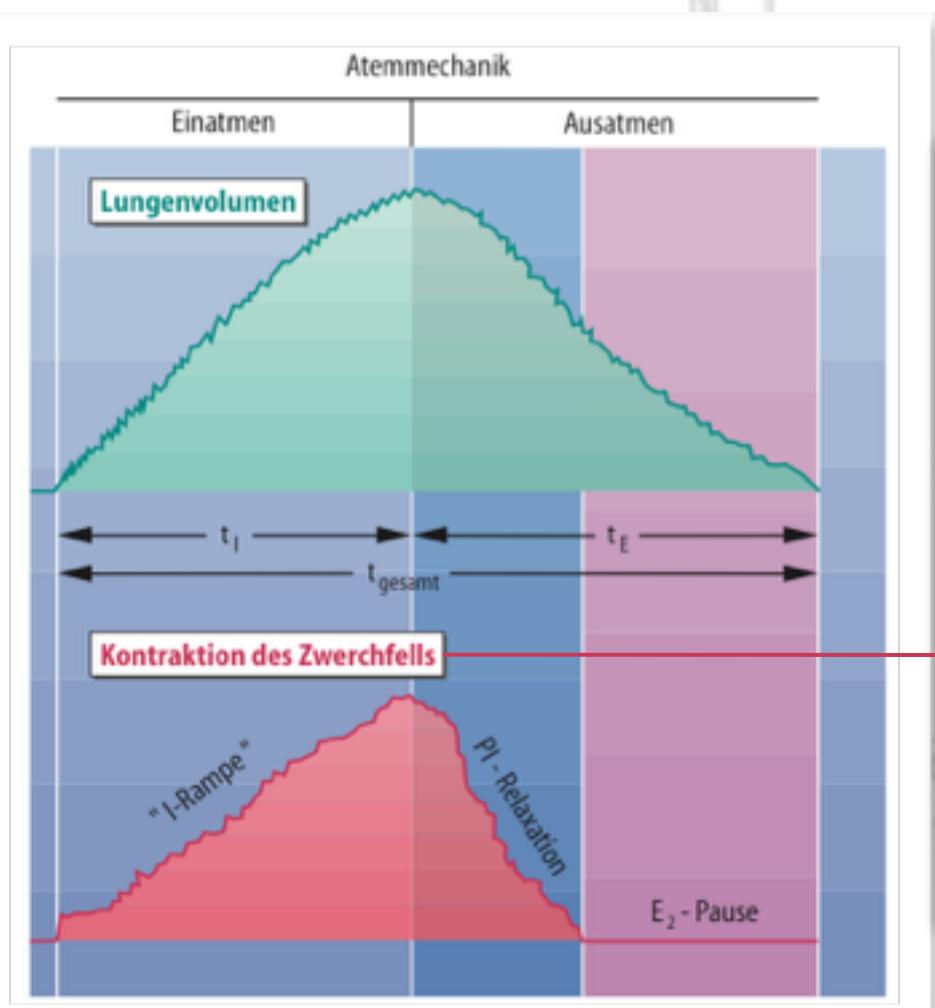


Narkotische Wirkung setzt ein

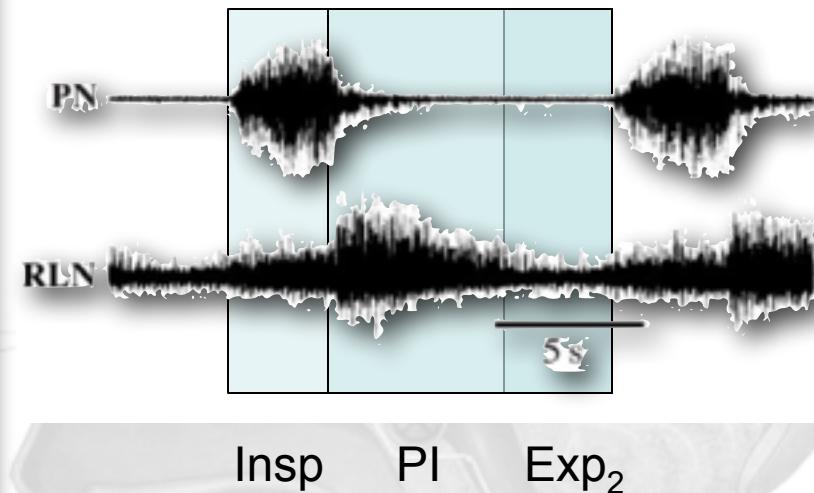
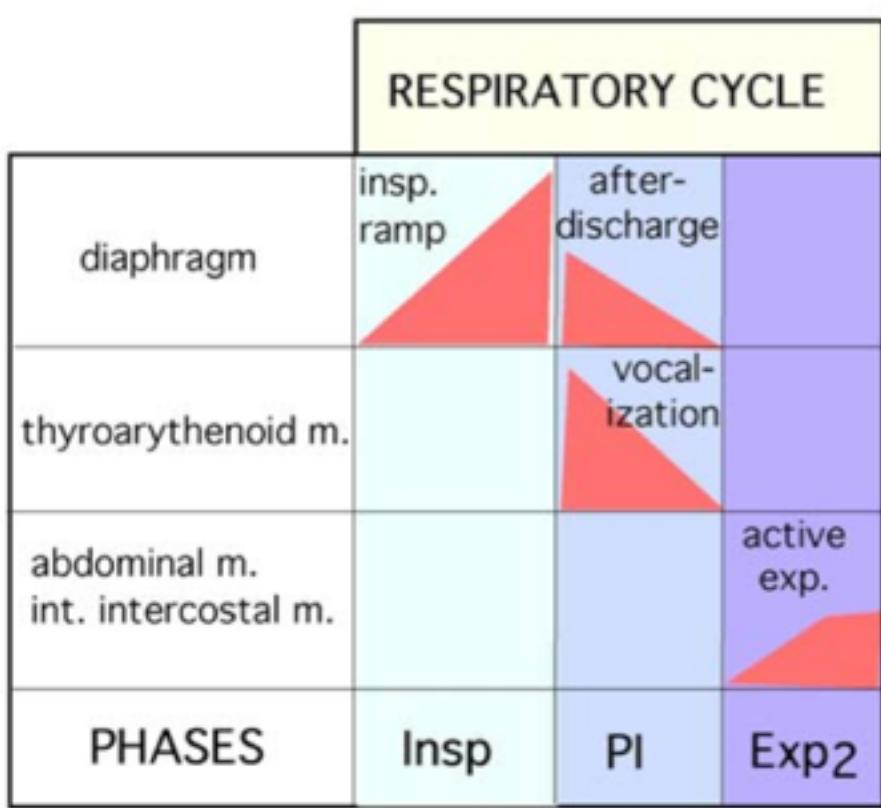
Atmung, ist es wirklich so einfach?



Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen

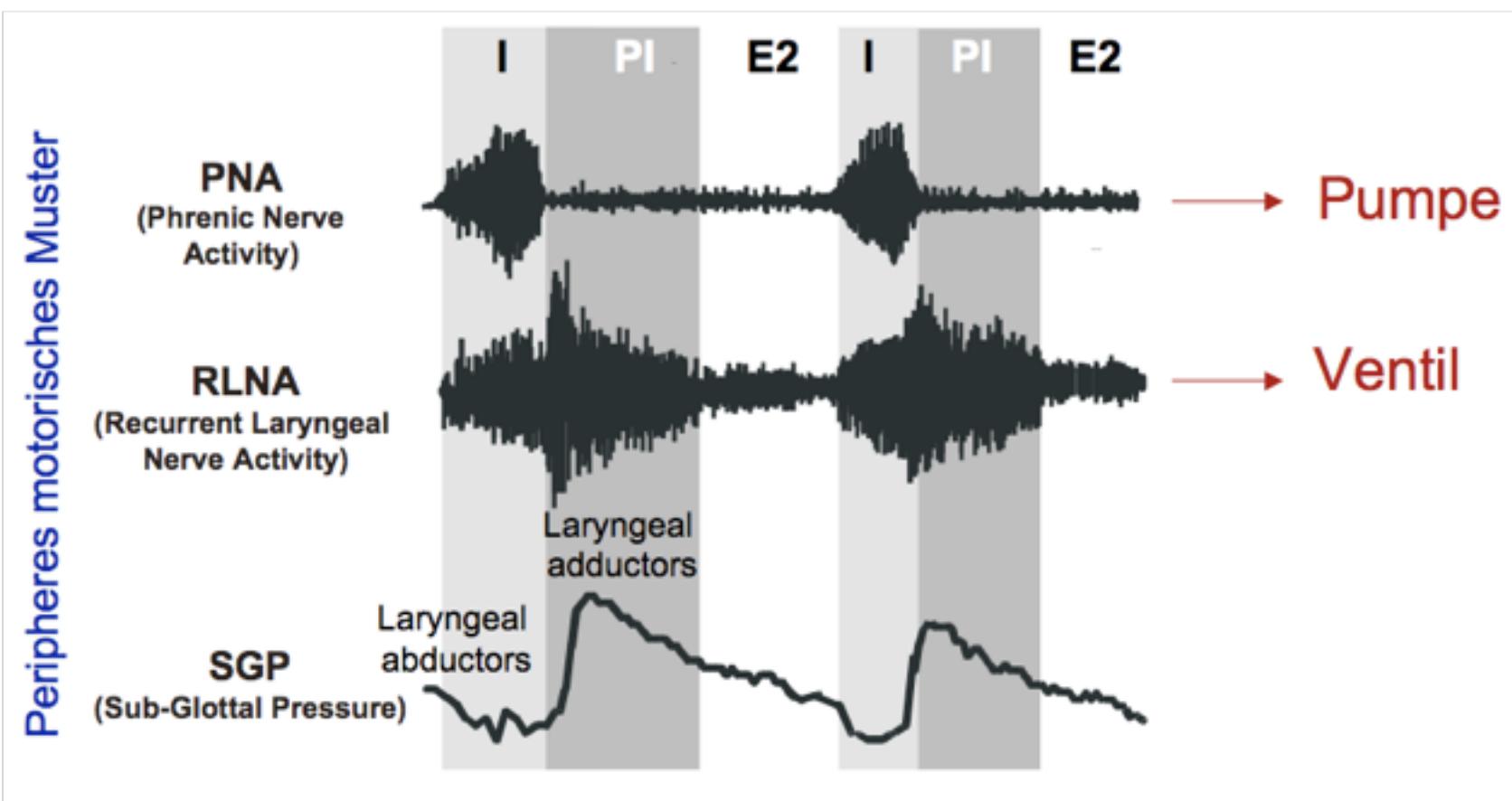


Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen



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

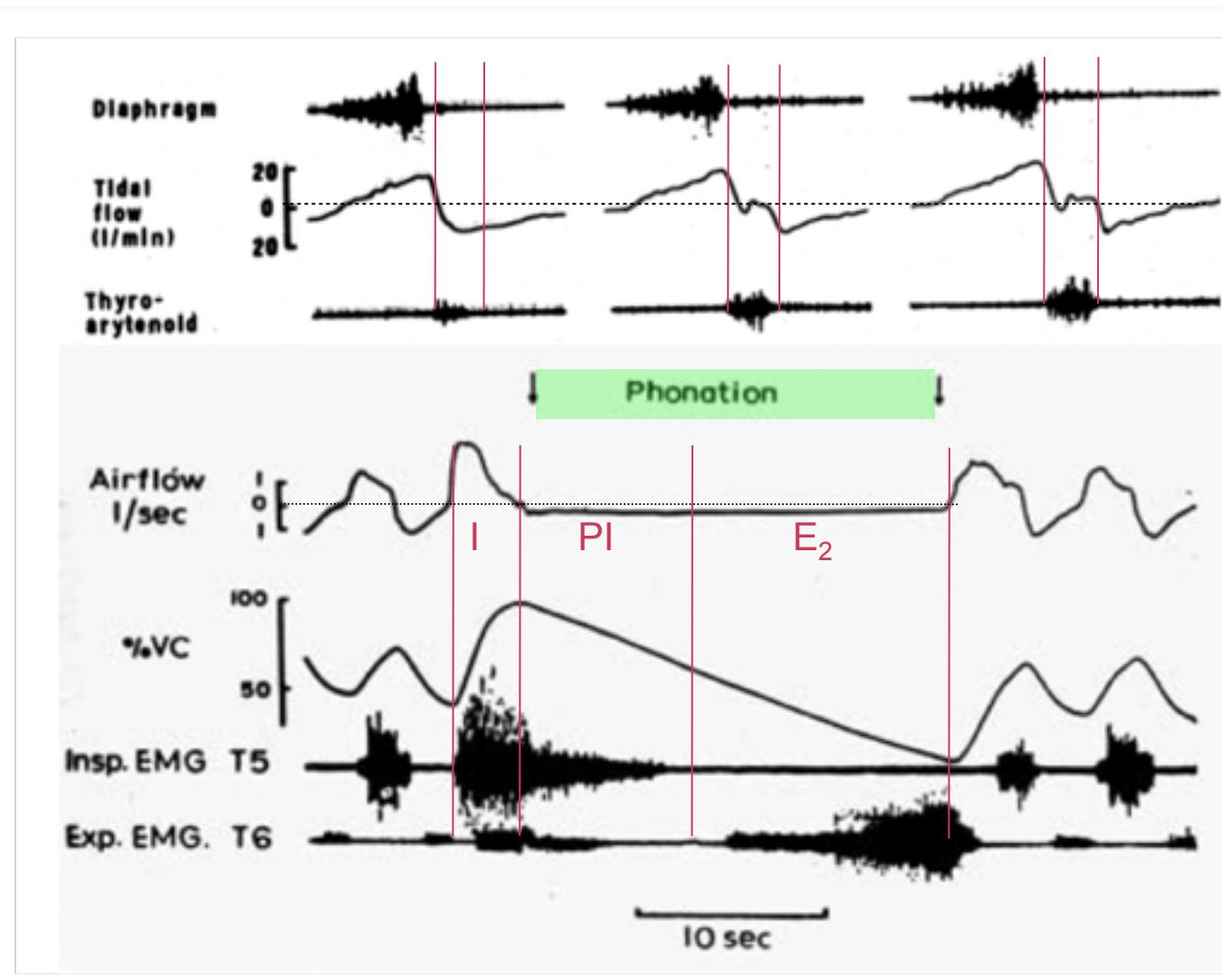
Der Atemrhythmus besteht aus drei Phasen



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 Luftvolumes 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

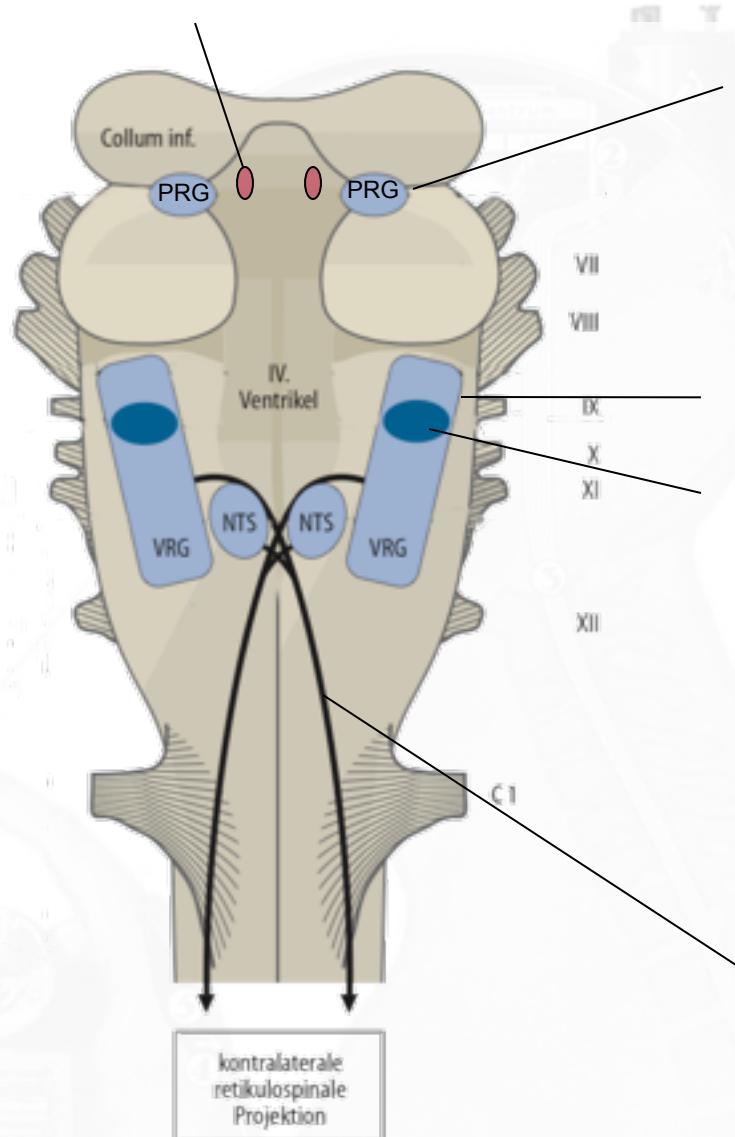


laryngeale
Adduktormuskeln

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**: *Bötzinger Komplex*.

Kaudales Teil der **VRG**: *Prä-Bötzinger 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 exsp. **Ausgangsneurone** mit retikulo-spinalen Axonprojektionen nachgeschaltet (*Nucl. Tractus solitarius*)- aktivieren spinale bronchomotorische Neurone.

Ein einfacher Oszillator

Aktivierung
inhibitorischer
Neurone



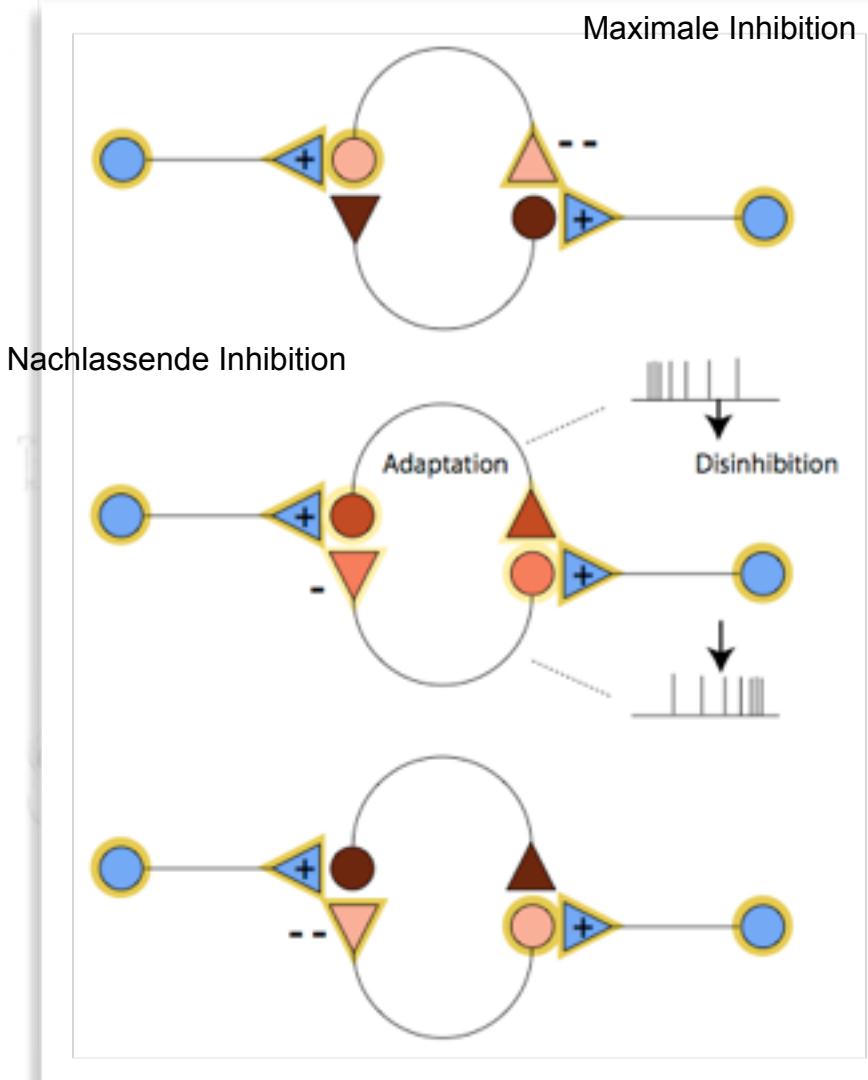
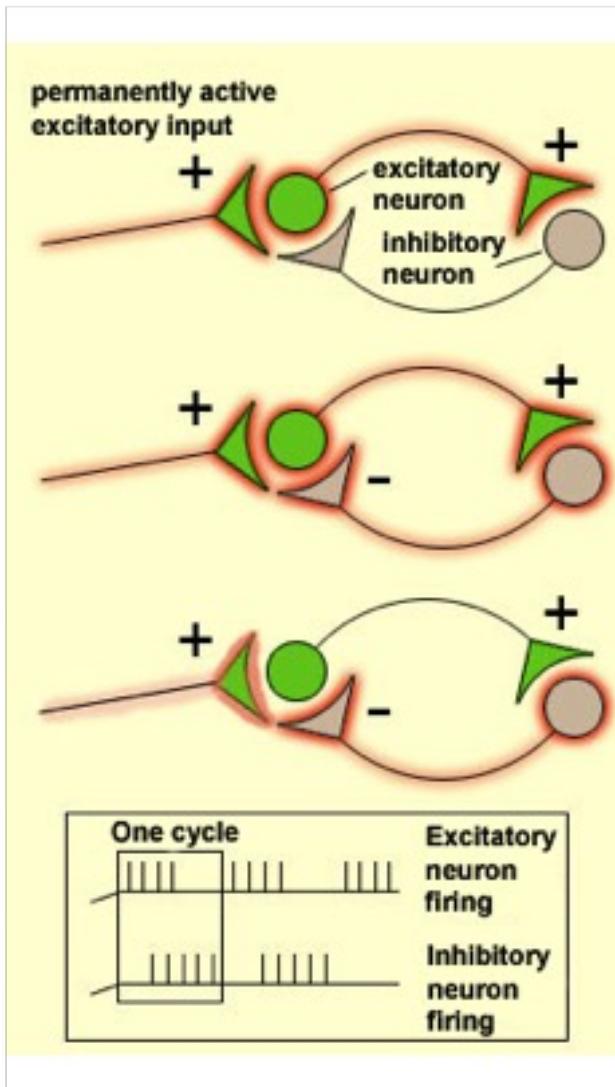
reziproke
Hemmung



Tonisch exzitatorischen
Eingang

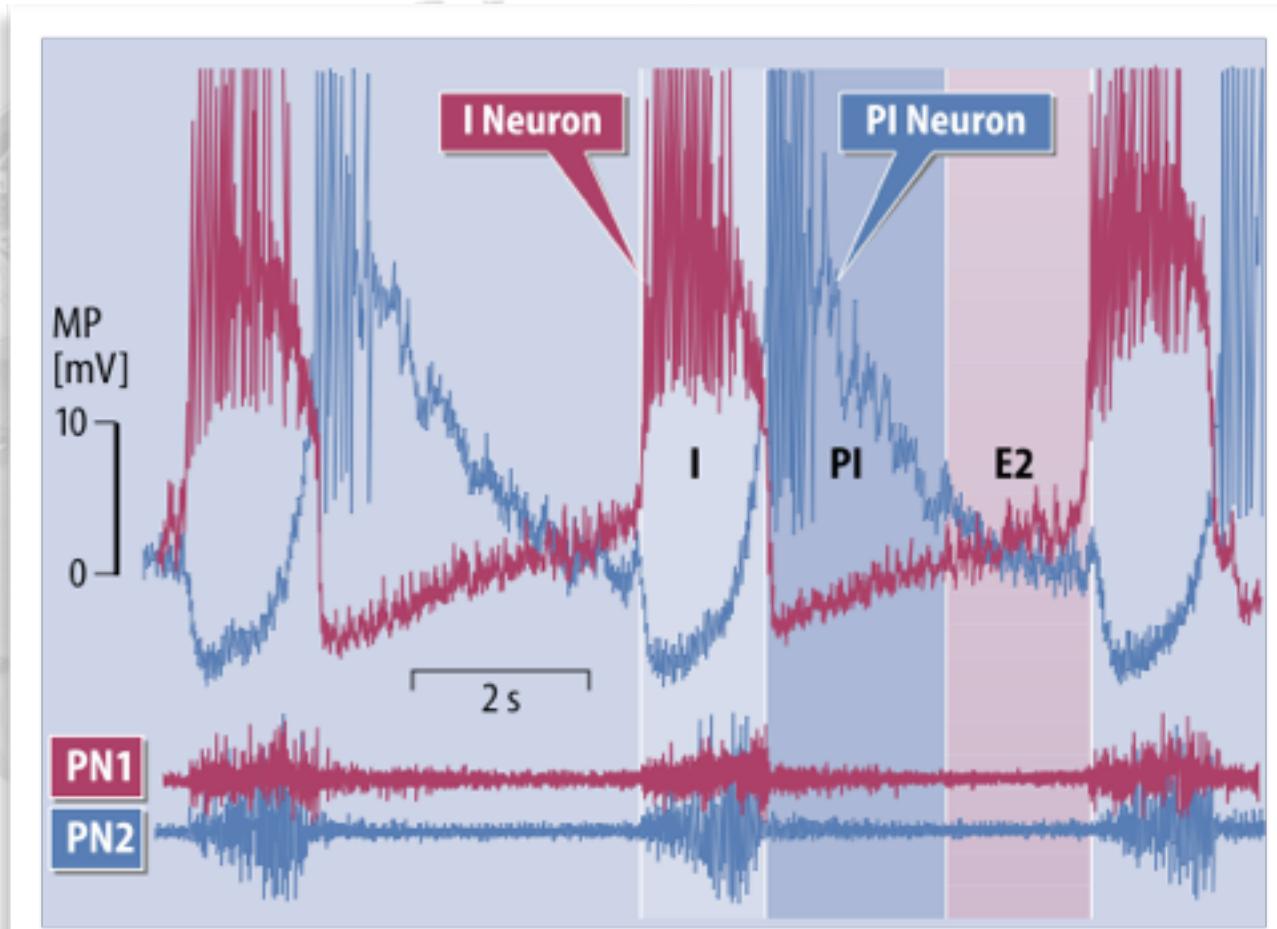


Grundlagen der Rhythmogenese: Neuronale Oszillation basiert auf reziproker Inhibition



Benötigt tonisch exzitatorischen Eingang aus der spontan aktiven **Formatio reticularis (RAS)**! 19

Die primären Oszillatoren sind die alternierend entladenden I und PI Neurone



Beide Neuronenklassen sind reziprok (antagonistisch) miteinander verschaltet.

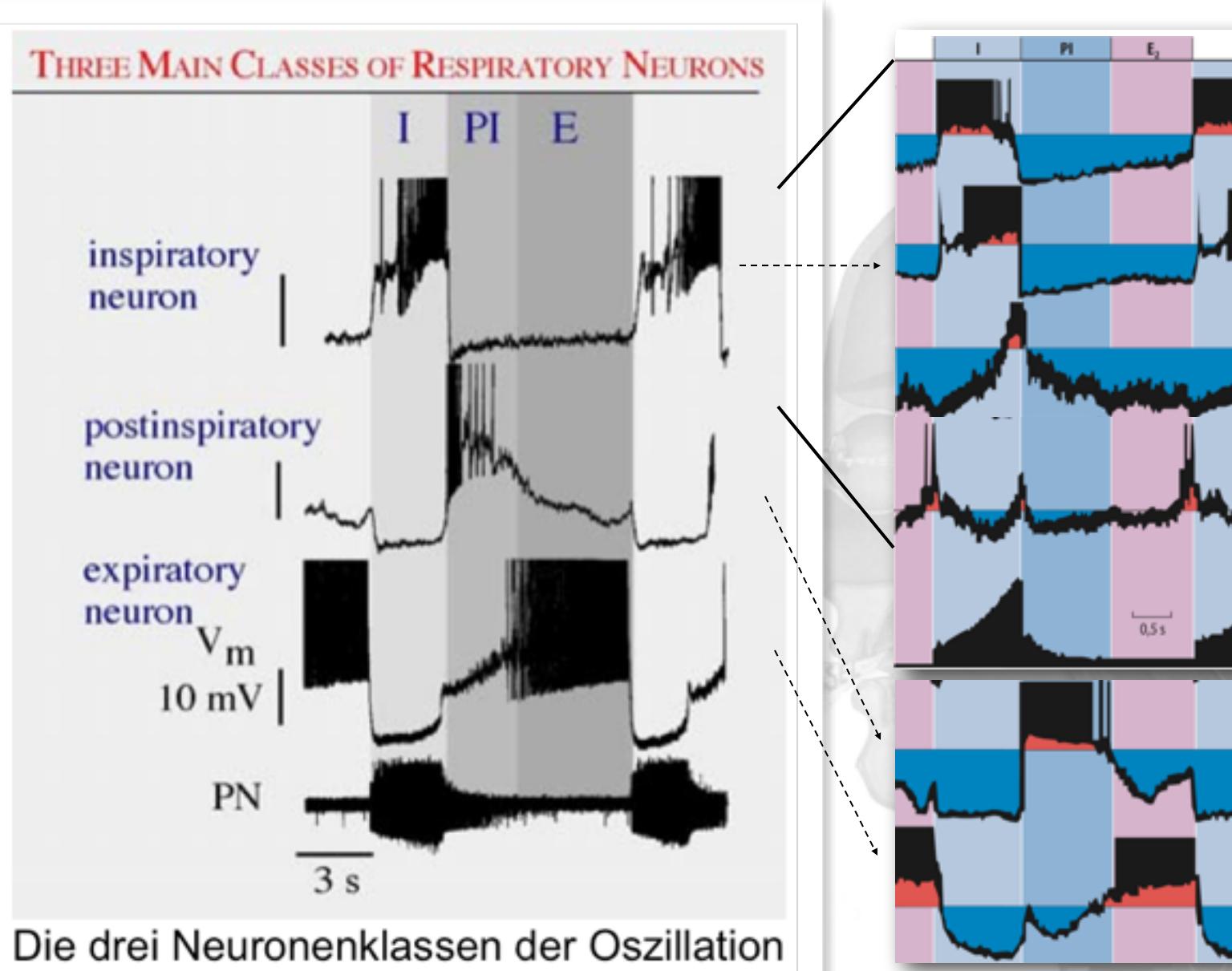
Respiratorische Neurone

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.

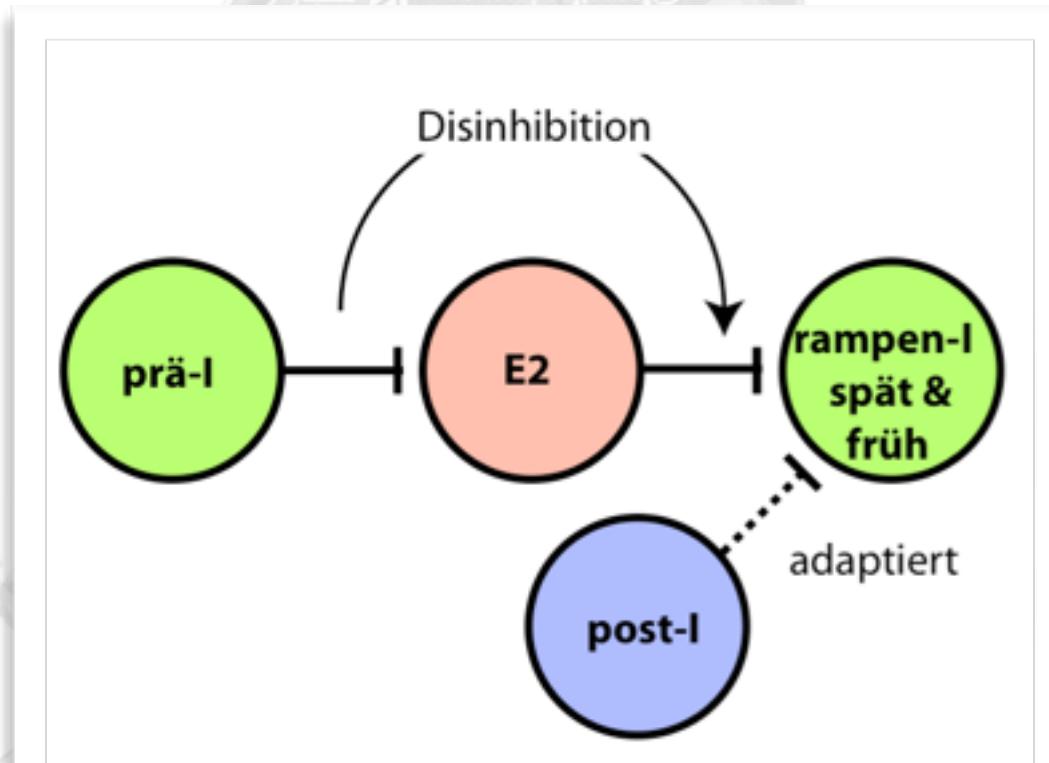
Die zeitliche und räumliche **Summation** der EPSPs bzw. IPSPs führt zu **Oszillationen** des Membranpotentials und während der überschwwelligen Depolarisationen zu **salvenartigen Entladungen** von APs.

Respiratorische Neurone



Steuerung der Inspirationsphase

Anfang



ständige erregende Eingänge vom RAS!

Abklingen der inhibierenden Hyperpolarisation

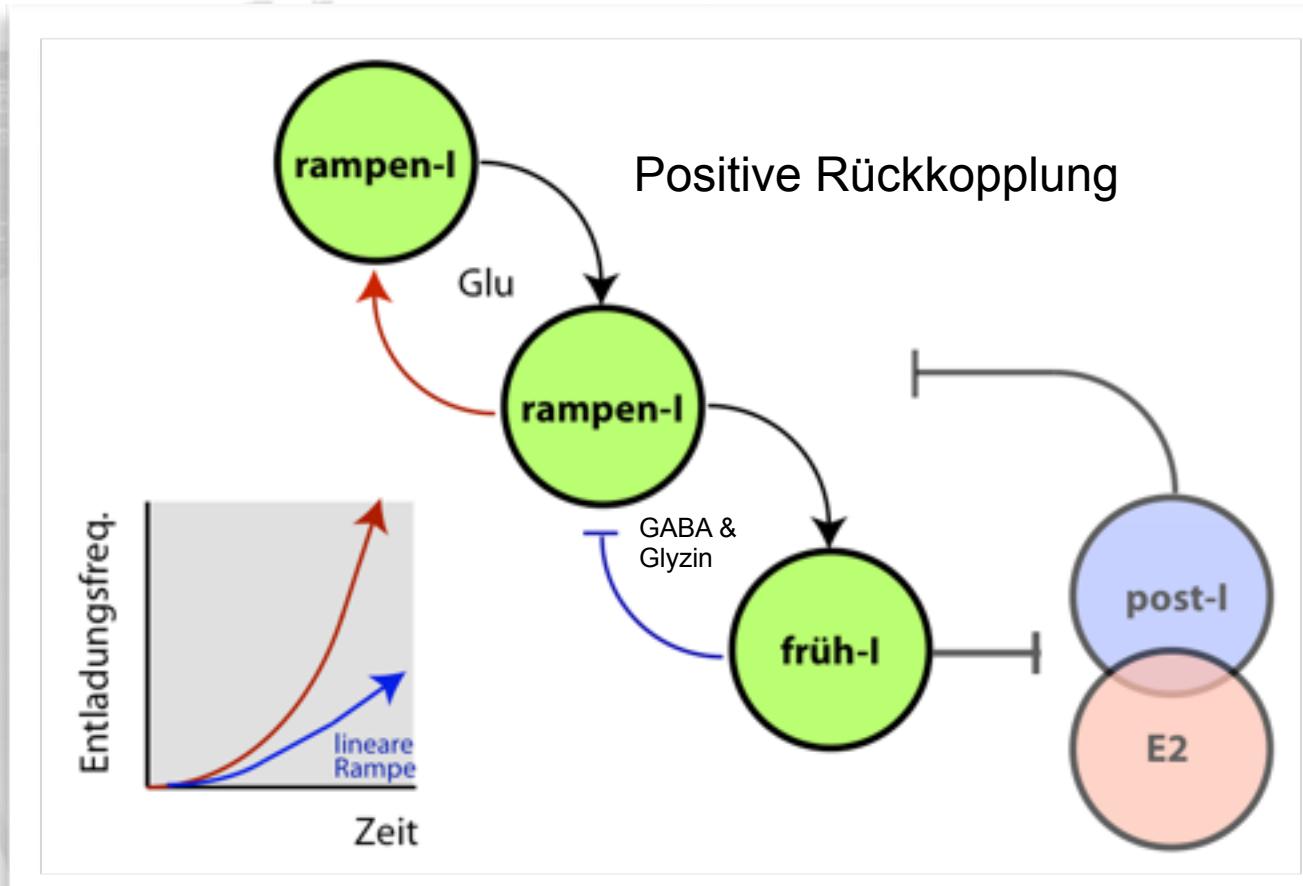
Spannungsgeregelte Ionenkanäle werden aktiviert

Membrandepolarisierung, Rebound-Erregung der I-Neurone

Inspiratorische Salvenentladung

Steuerung der Inspirationsphase

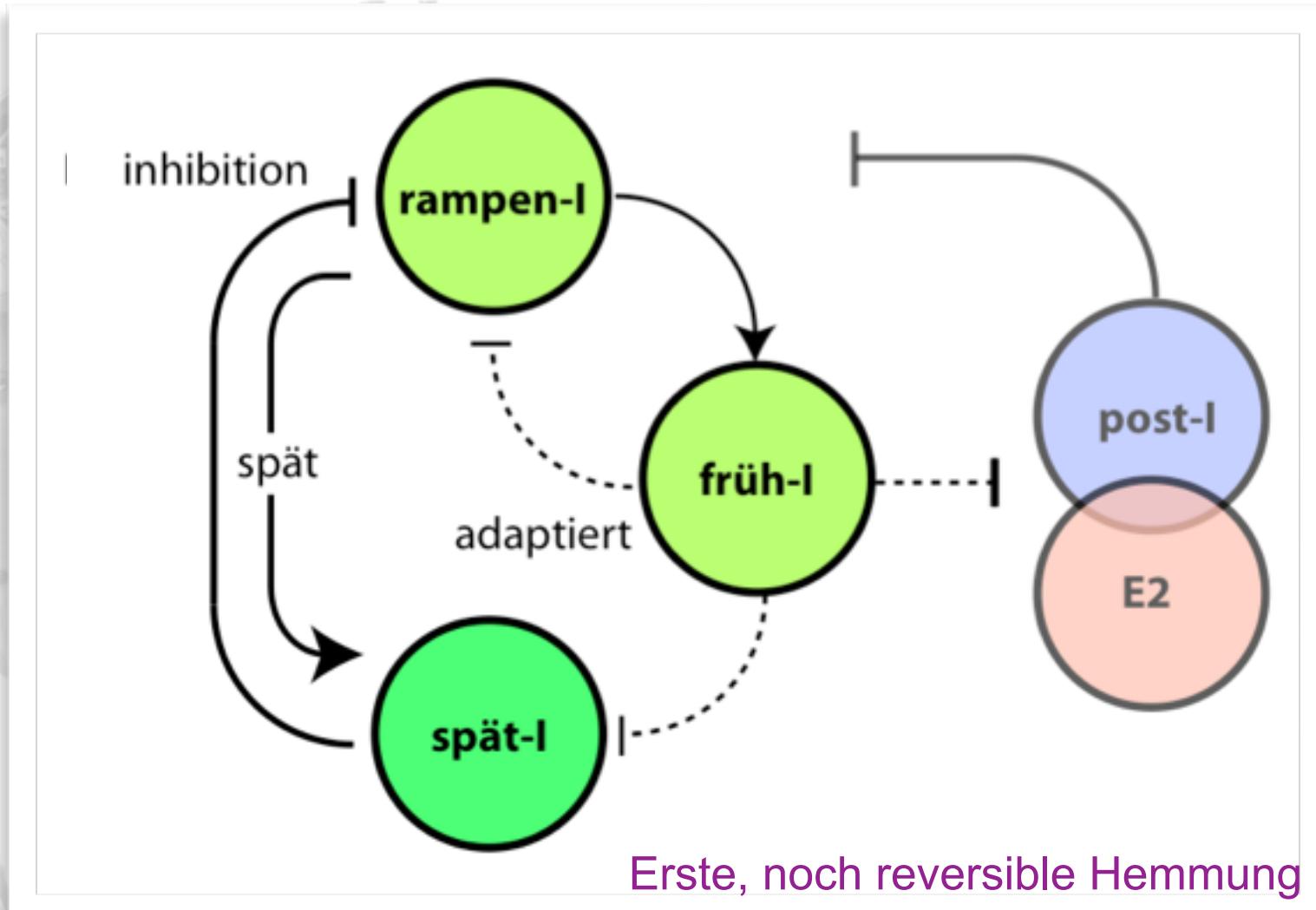
Mitte



Rampenförmige Depolarisierung und
Entladungsfrequenz der Rampen-I Neurone

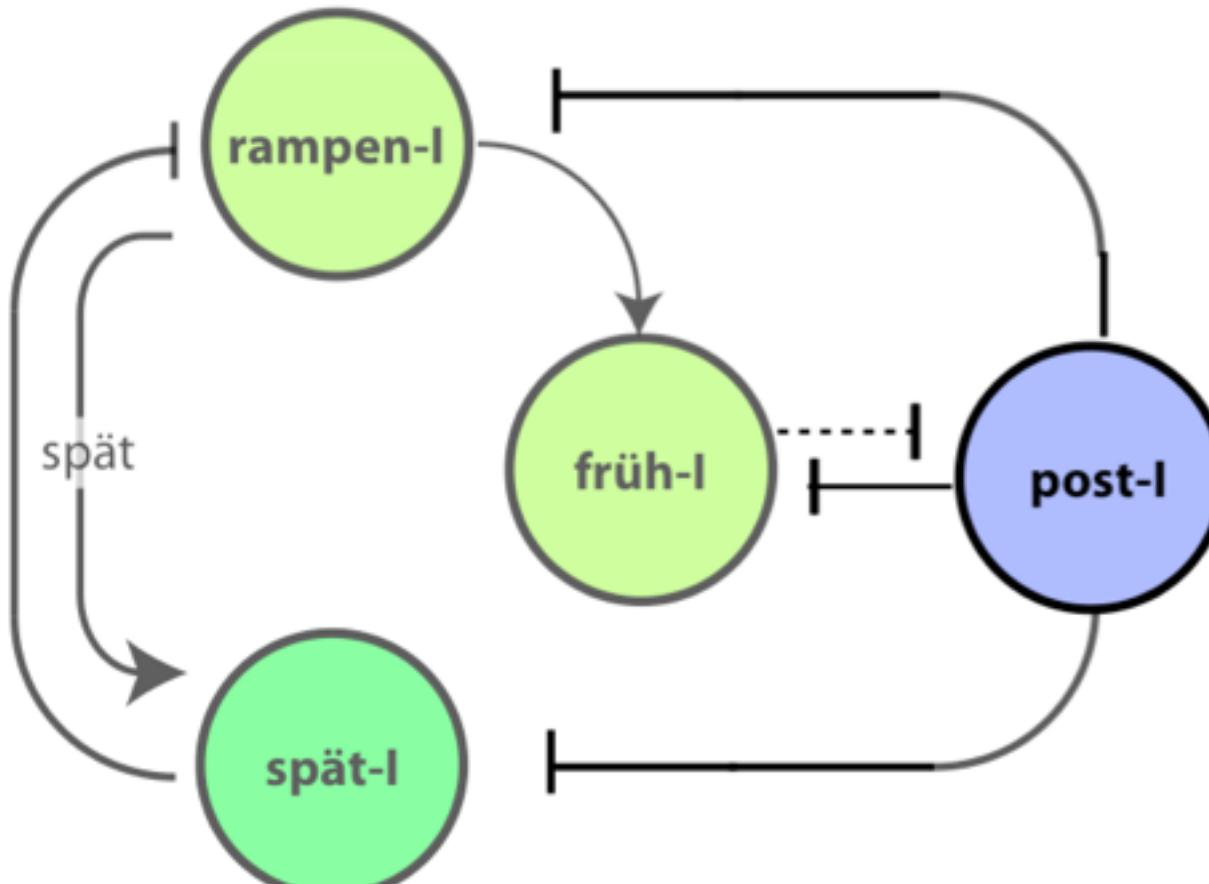
Steuerung der Inspirationsphase

Ende

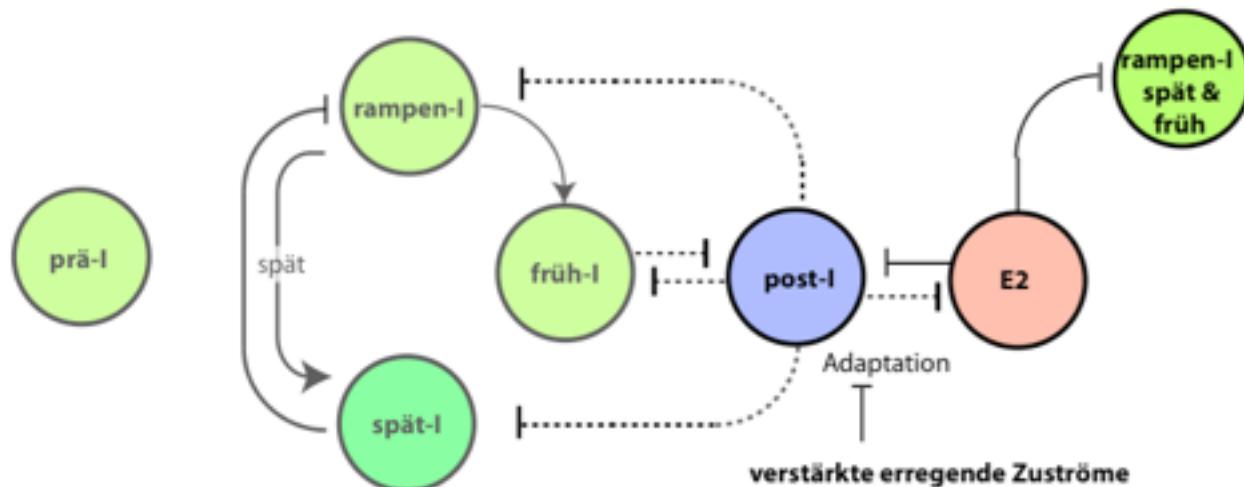
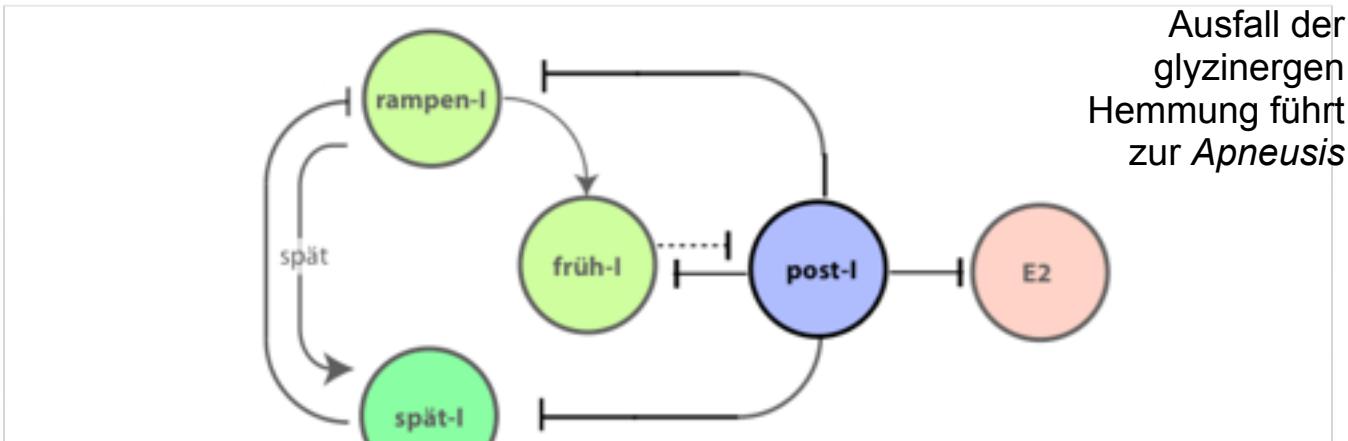


Steuerung der Postinspirationsphase

Beendet die Inspirationsphase definitiv

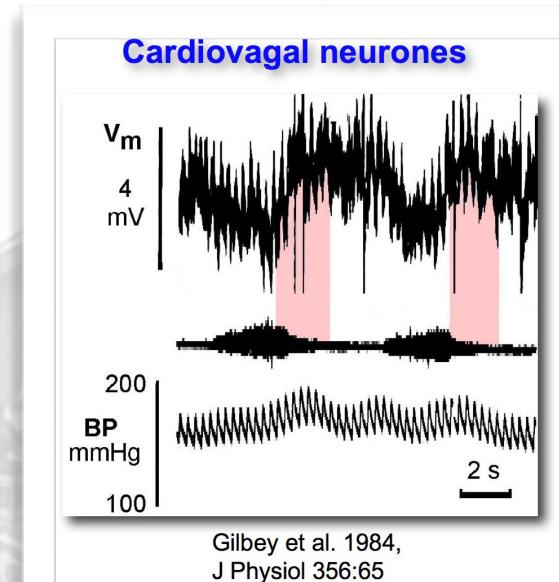
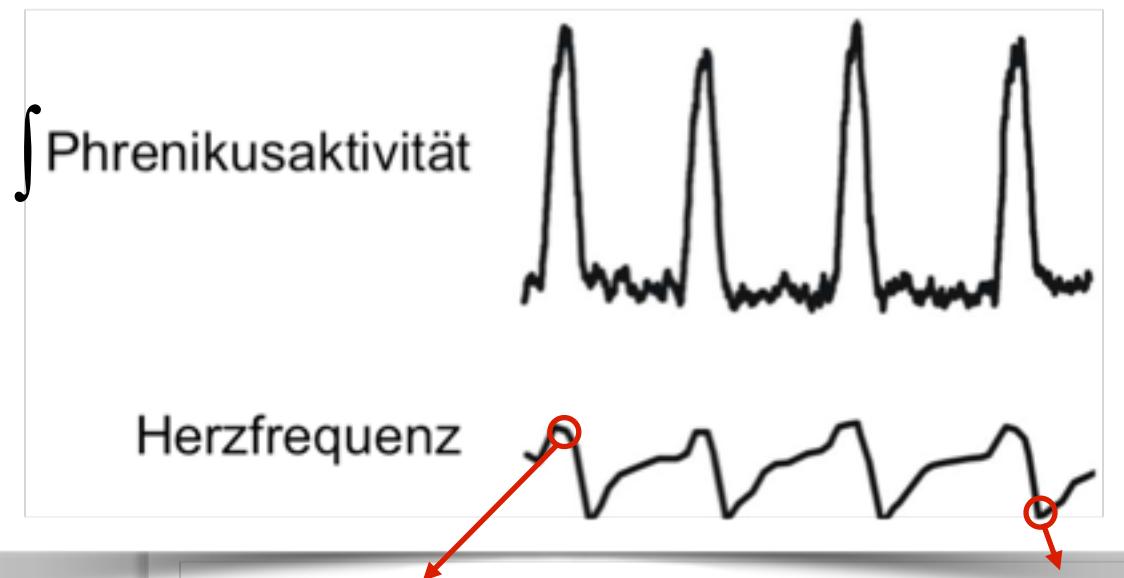


Steuerung der Expirationsphase

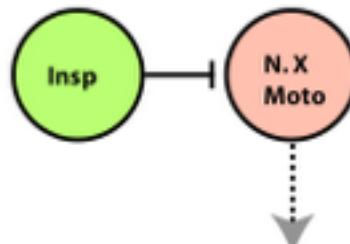


E2 Phase wird beendet, wenn prä-l-Neurone sich zu entladen beginnen und die E2-Neurone synaptisch hemmen

Kardio-respiratorische Kopplung: die Sinusarrhythmie



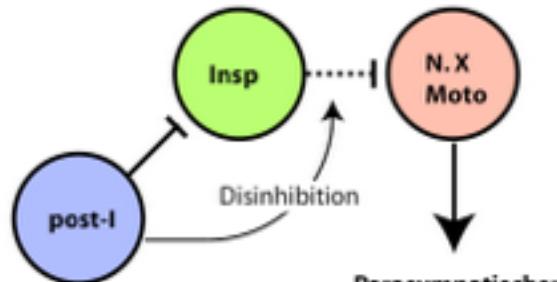
Inspiratorische Neurone
hemmen kardiavagale
Motoneurone



Parasympatischer
Einfluss

Tachykardie

Während der Post-Inspiration
werden kardiavagale
Motoneurone disinhibiert

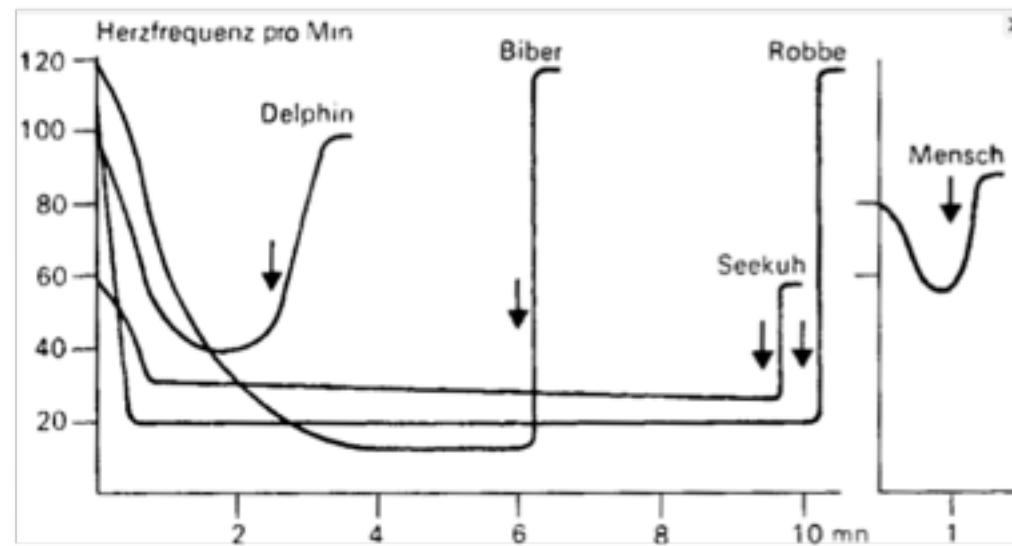


Parasympatischer
Einfluss

Bradykardie

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

