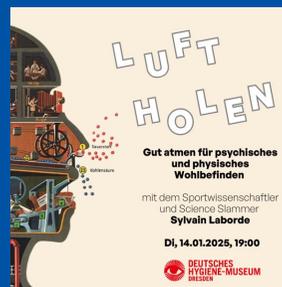




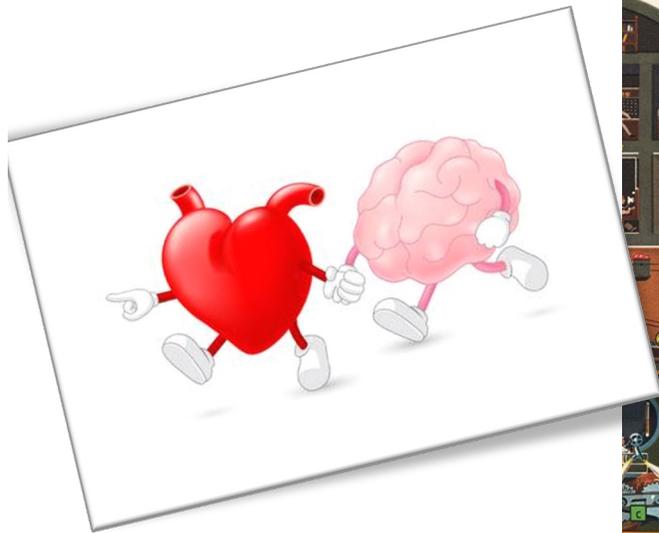
# Gut atmen für psychisches und physisches Wohlbefinden

PD Dr. Dr. Sylvain Laborde



Deutsche  
Sporthochschule Köln  
German Sport University Cologne

**Tagesziel:** Lernen, **Atemtechniken optimal einzusetzen**, um **Gesundheit, Wohlbefinden** und **Leistung** zu verbessern – basierend auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen!



**LUFT  
HOLEN**

**Gut atmen für psychisches  
und physisches  
Wohlbefinden**

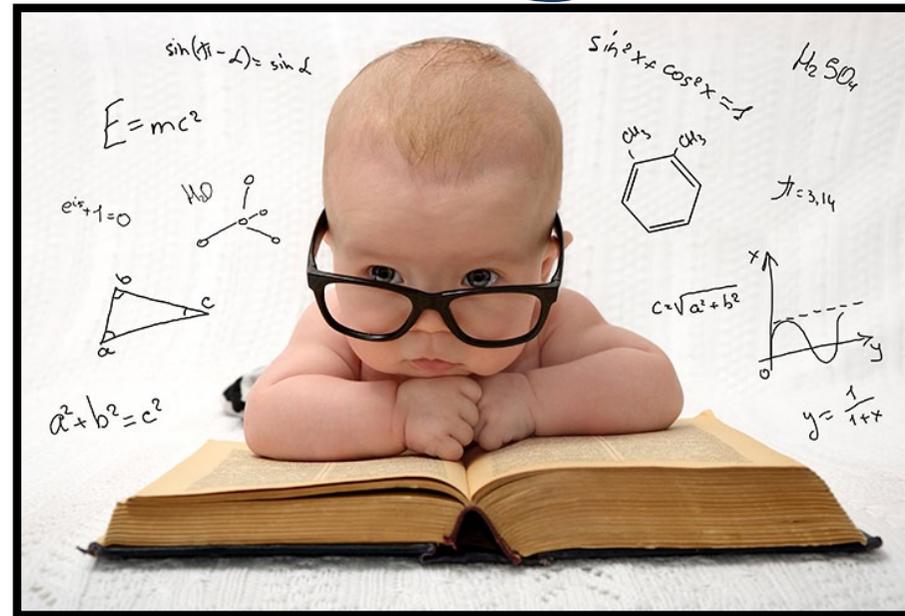
mit dem Sportwissenschaftler  
und Science Slammer  
**Sylvain Laborde**

**Di, 14.01.2025, 19:00**

 **DEUTSCHES  
HYGIENE-MUSEUM  
DRESDEN**



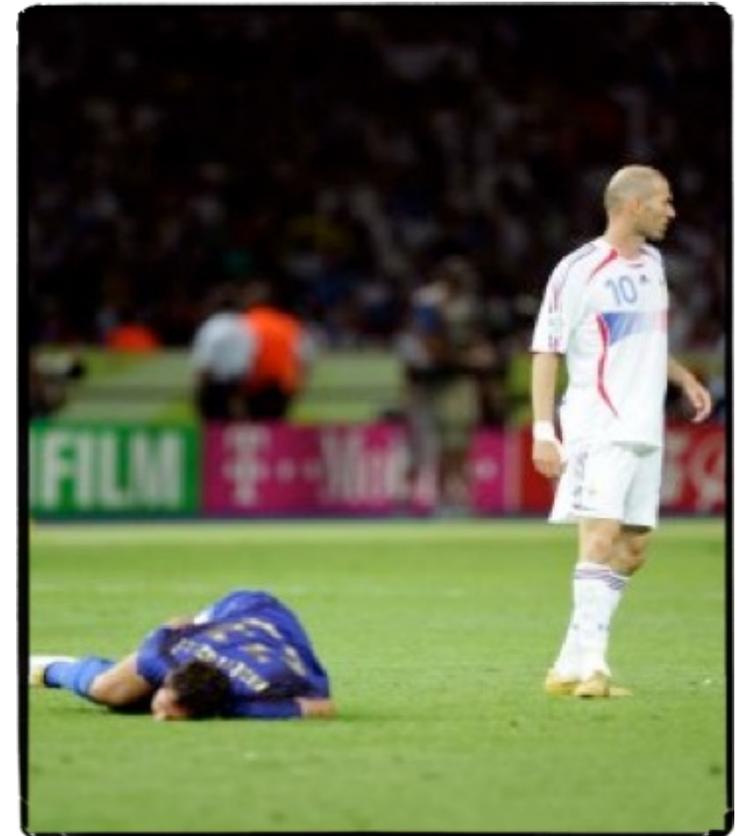
# Wie begann mein Forschungsleben?



# Fernsehen gucken!





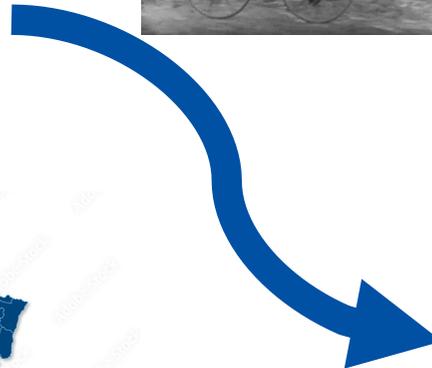


Pourquoi? Warum?  
Why?  
¿Por qué? Perché?



Aus der Normandie  ...

...nach Köln  



Deutsche  
Sporthochschule Köln  
German Sport University Cologne







UNCAEN université de Caen Basse-Normandie

Université de Caen Basse-Normandie  
U.F.R. Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives  
Ecole Doctorale: Littéraires, Culturelles et Sciences Sociales

Deutsche Sporthochschule Köln  
GERMAN SPORT UNIVERSITY COLONGE  
LEHRFACHBEREICH: LEISTUNGSPSYCHOLOGIE

Cotutelle de thèse  
entre  
L'Université de Caen Basse-Normandie (France)  
et  
L'Université Allemande du Sport de Cologne (Allemagne)  
Arrêté du 6 janvier 2005

**THÈSE DE DOCTORAT EUROPEEN**  
Présentée et soutenue publiquement par  
M. Sylvain LABORDE  
Le 21 octobre 2011

Pour obtenir le grade de  
DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ DE CAEN BASSE-NORMANDIE  
Spécialité: Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (Arrêté du 7 août 2006)  
DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ ALLEMANDE DU SPORT DE COLOGNE

**Facteurs psychologiques et performance : L'influence des émotions sur la prise de décision du sportif**

**MEMBRES du JURY**  
Duarte ARAUJO, Professeur, Université Technique de Lisbonne, Portugal  
Luc COLLARD, Professeur, Université de Paris V Descartes, France (Directeur de thèse)  
Fabrice DOSSEVILLE, Maître de Conférences HDR, Université de Caen Basse-Normandie, France  
Aidan MORAN, Professeur, Université de Dublin, Irlande  
Hemming PLESSNER, Professeur, Université de Heidelberg, Allemagne  
Markus RAAB, Professeur, Université Allemande du Sport de Cologne (Directeur de thèse)

1. Doktorarbeit  
Sportwissenschaft

Normandie Université

**THÈSE**  
Pour obtenir le diplôme de doctorat  
Spécialité PSYCHOLOGIE  
Préparée au sein de l'Université de Caen Normandie

**Slow-paced breathing and cardiac vagal activity: Influence on stress regulation, sleep, and cognitive executive performance**

Présentée et soutenue par  
Sylvain LABORDE

Thèse soutenue publiquement le 07/12/2019  
devant le jury composé de

M. ULRICH ETTINGER	Professeur, Université de Bielefeld - Allemagne	Rapporteur du jury
Marie LES VIGNEUR	Professeure, Katholieke Universiteit Leuven - Belgique	Rapporteur du jury
M. DAMIEN DAVIGNY	Professeur des universités, Université Caen Normandie	Membre du jury
M. FABRICE DOSSEVILLE	Professeur des universités, Université Caen Normandie	Directeur de thèse

Thèse dirigée par FABRICE DOSSEVILLE, Mobilité: vieillissement, pathologie, santé - COMETE

UNCAEN UNIVERSITÉ DE CAEN BASSE-NORMANDIE  
SEA RESE  
COMETE

2. Doktorarbeit  
Psychologie

Psychologisches Institut  
Deutsche Sporthochschule Köln

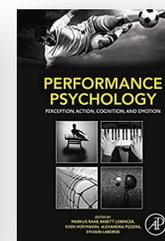
**Vagal Tank Theory**

A functional approach to self-regulation resources, bridging the gap between neurophysiology, cognitive psychology, and social psychology

Habilitationsschrift  
zur Erlangung der Lehrbef higung f r das Fach  
Psychologie  
an der Deutschen Sporthochschule Köln

vorgelegt von  
**Dr. phil. Sylvain Laborde**  
aus Le Mans, Frankreich

Habilitation





# Nur Zidane?



When the breath is unsteady, all is unsteady; when the breath is still; all is still. Control the breath carefully. Inhalation gives strength and a controlled body; retention gives steadiness of mind and longevity; exhalation purifies body and spirit.

~ Goraksasathakam

*„Wenn der Atem unruhig ist, ist alles unruhig; wenn der Atem still ist, ist alles still. Kontrolliere den Atem sorgfältig. Einatmung gibt Kraft und einen kontrollierten Körper; Atemanhalten verleiht Geistesruhe und Langlebigkeit; Ausatmung reinigt Körper und Geist.“*

~ Gorakhnath, 11. Jahrhundert, bekannt als Begründer des Hatha-Yoga



« Ja, das sind Elben », sagte Legolas.  
 « und sie sagen, dass du so laut atmest, dass sie dich im Dunkeln erschießen könnten. »  
 Sam hielt hastig seine Hand vor den Mund.  
**J.R.R. Tolkien – Der Herr der Ringe**



## Einleitendes Zitat für die zweite Doktorarbeit

„Slow-paced breathing and cardiac vagal activity: Influence on stress regulation, sleep, and cognitive executive performance“

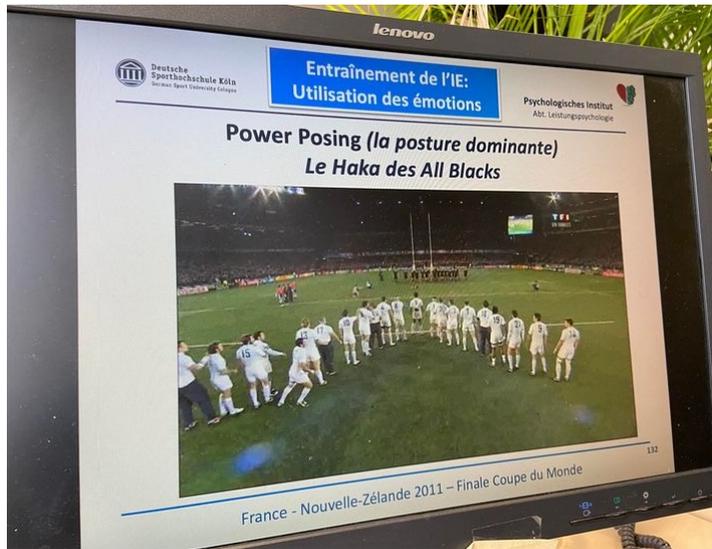
„Langsame Atmung und kardiale vagale Aktivität: Einfluss auf Stressregulation, Schlaf und kognitive exekutive Leistung“







**Workshop  
Französischer  
Rugbyverband**



**Mickaël Campo**  
Sport Psychologist French  
National Rugby Team



*Die französische Rugby-Nationalmannschaft feiert und sammelt sich nach ihrem Versuch, ohne Worte... nur durch die Nase einatmen... tief und weit...*

# Ireland

↳ Dr Mustafa Sarkar reposted



**Anne-Marie Kennedy** @SportPsych\_... · 1d

Control the breath, control the mind. Conscious breathing is vital to regulate the nervous system during performance. CS Breathing dials down the stress/threat response & triggers the relaxation response & pre frontal cortex, which promotes more rationality of thought.

#IREvRSA

**Stephen Gleeson** @StephenGle... · 2d

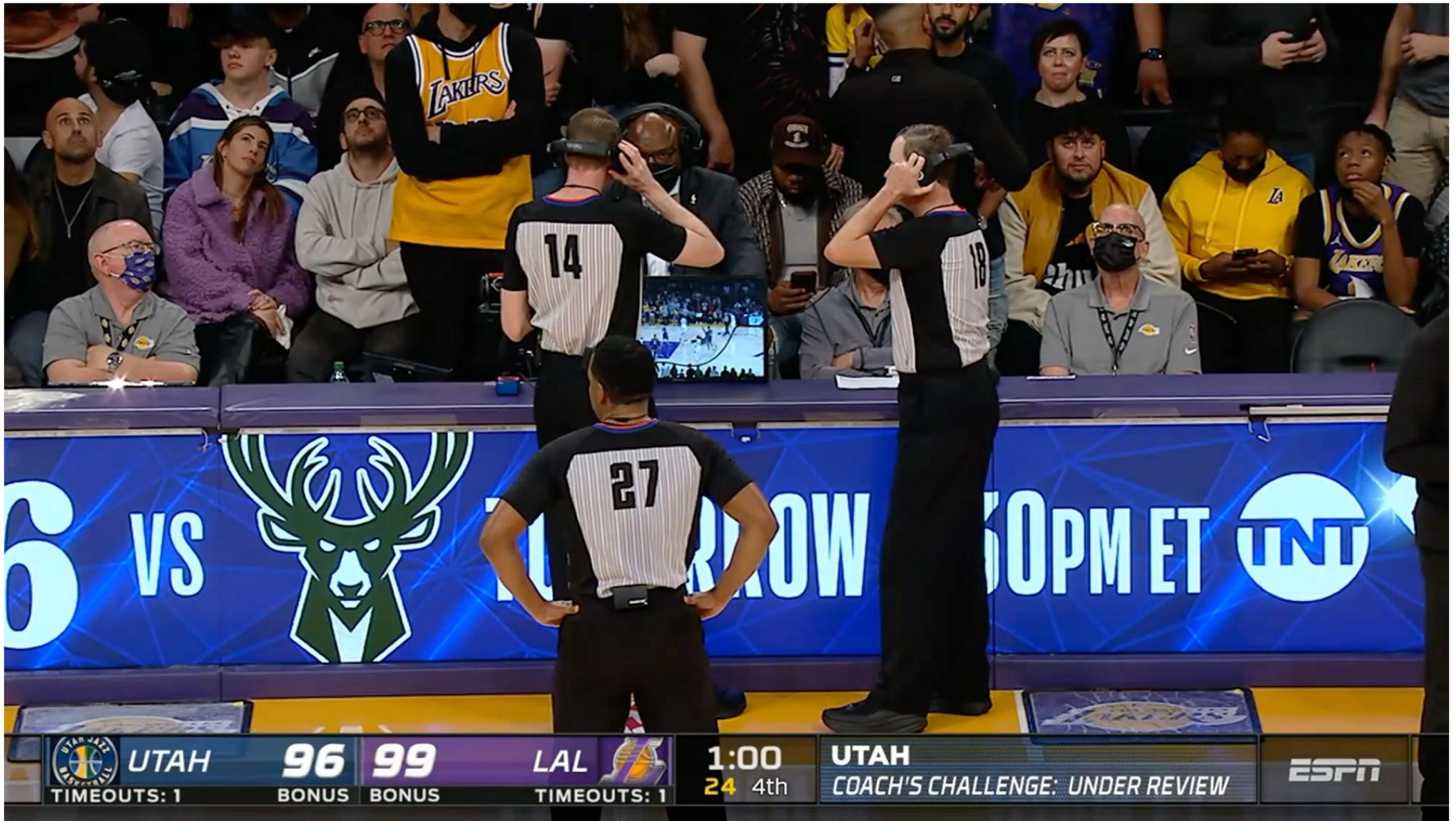
Keeping your head when all about are losing theirs.... Collective deep breaths from Ireland with 74 minutes on the clock.... Zen like calmness in battle 🙏

#IREvRSA



1 4 78 7.731





*LeBron James begann mit langsamer Atmung, als noch eine Minute in einem engen Spiel übrig war.*



*Zählen Sie, wie viele Atemzyklen Sie in einer Minute haben  
(1 Zyklus = ein Einatmen und ein Ausatmen)*

# Die Kontrolle über die Atmung übernehmen: Atemfrequenz und Atemtiefe verändern

## Atemfrequenz:

- x6 Atemzüge
- x10 Atemzüge
- x15 Atemzüge
- x20 Atemzüge
- X??? Atemzüge



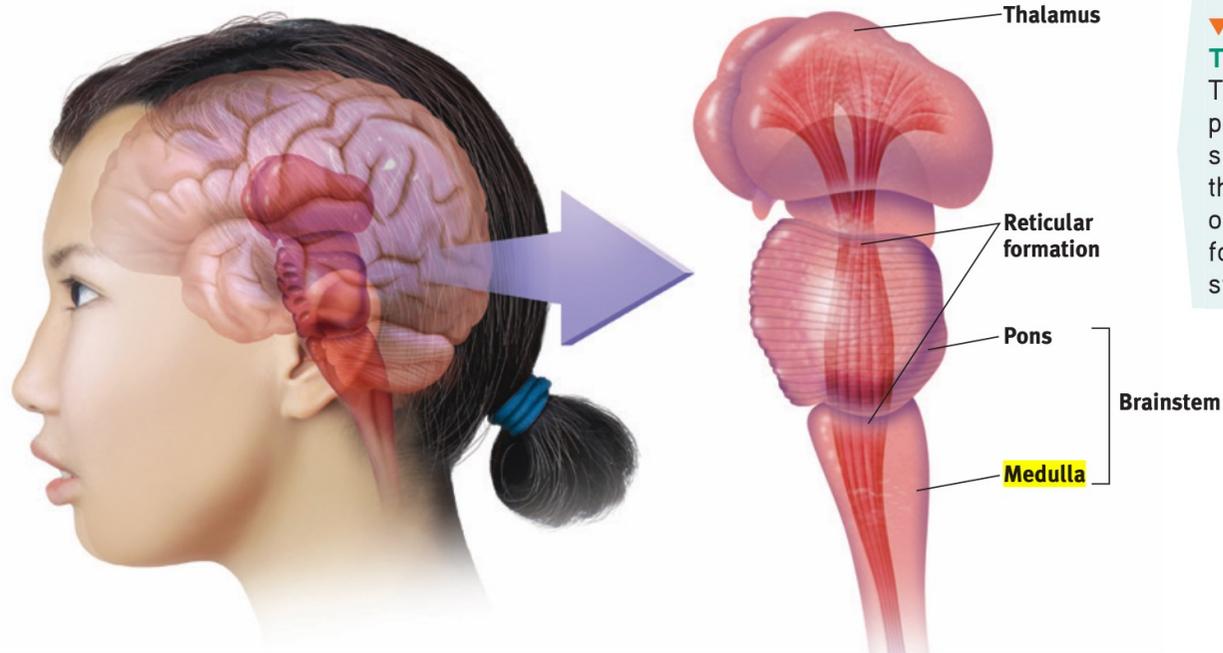
## Atemtiefe:

- Flach
- Tief

Weitere zu kontrollierende Elemente:

- der **Atemort** (Nase vs. Mund)
- der **Atembereich** (Brust vs. Bauch)
- und die **Atemphase** (Atmen vs. Pause)

# Wo wird die Atmung im Gehirn gesteuert? (*wenn wir ihr keine Aufmerksamkeit schenken*)

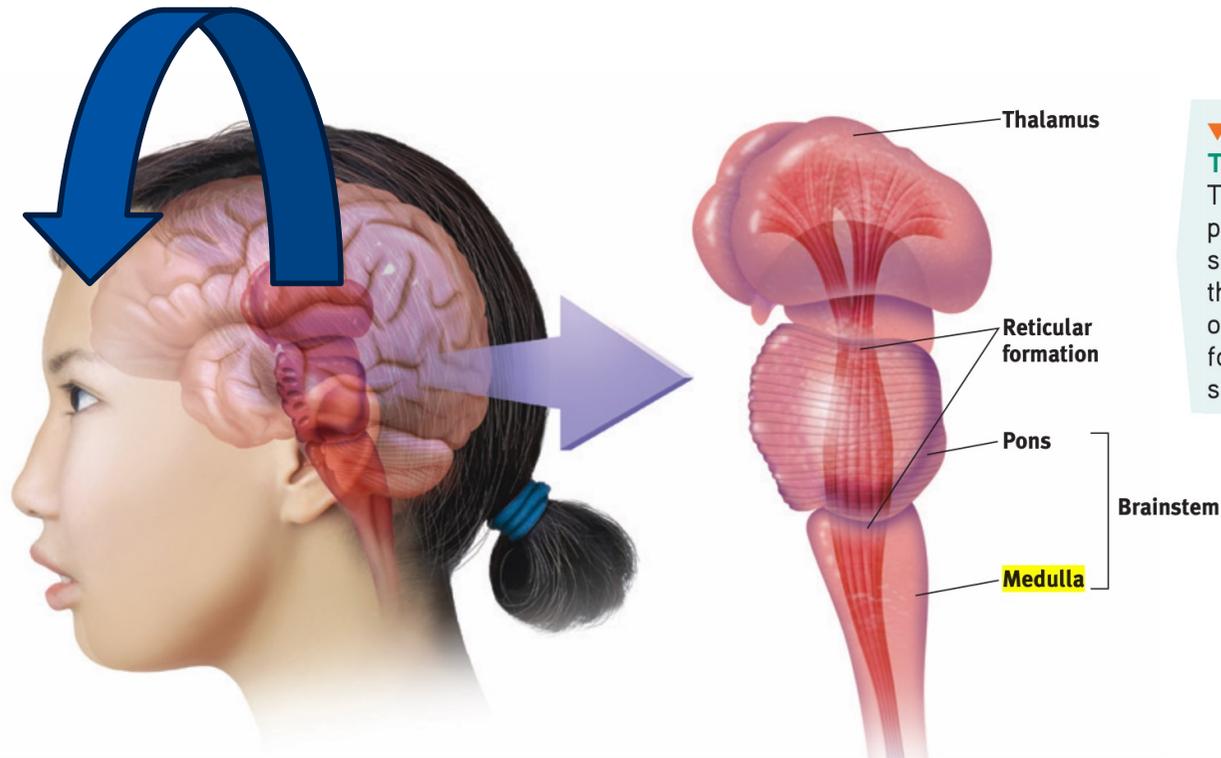


▼ **FIGURE 2.15**  
**The brainstem and thalamus**  
The brainstem, including the pons and **medulla**, is an extension of the spinal cord. The thalamus is attached to the top of the brainstem. The reticular formation passes through both structures.

*In der Medulla, einem Teil des Hirnstamms.*

# Wo wird die Atmung im Gehirn gesteuert, wenn wir bewusst die Kontrolle übernehmen?

## Der präfrontale Kortex

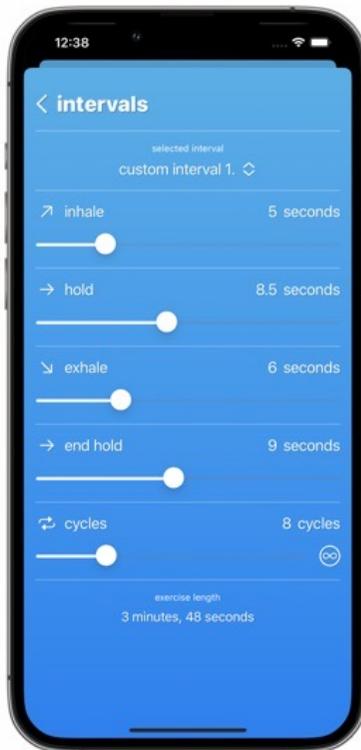


▼ **FIGURE 2.15**  
**The brainstem and thalamus**  
The brainstem, including the pons and **medulla**, is an extension of the spinal cord. The thalamus is attached to the top of the brainstem. The reticular formation passes through both structures.

*bei bewusster Kontrolle der Atmung ist der präfrontale Kortex beteiligt*

# Breathing Smartphone Apps

Create Your Own  
breathing exercises



iBreathe



Awesome Breathing

# Die 5 Hauptatemtechniken laut Forschung zu Sport und Leistung

- **Langsame Atmung (Slow-Paced Breathing, SPB) – WIRKUNGEN LANGFRISTIGER INTERVENTIONEN**
- **Schnelle Atmung (Fast-Paced Breathing, FPB)**
- **Atemanhalten (Breath-Holding, BH) – WIRKUNGEN LANGFRISTIGER INTERVENTIONEN**
- **Hyperventilation**
- **Wechselatmung und einseitige Nasenatmung**



INTERNATIONAL REVIEW OF SPORT AND EXERCISE PSYCHOLOGY  
<https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2145573>

 **Routledge**  
Taylor & Francis Group

 Check for updates

## The influence of breathing techniques on physical sport performance: a systematic review and meta-analysis

Sylvain Laborde <sup>a,b</sup>, Nina Zammit<sup>b</sup>, Maša Iskra<sup>b</sup>, Emma Mosley<sup>c</sup>, Uirassu Borges<sup>b,d</sup>, Mark S. Allen <sup>e</sup> and Florian Javelle <sup>f</sup>

<sup>a</sup>German Sport University Cologne, Performance Psychology Department, University of Caen Normandy, Caen, France; <sup>b</sup>Institute of Psychology – Department of Performance Psychology, German Sport University Cologne, Cologne, Germany; <sup>c</sup>Solent University, Southampton, UK; <sup>d</sup>Institute of Psychology; Department of Health & Social Psychology; German Sport University Cologne, Cologne, Germany; <sup>e</sup>University of Wollongong, Wollongong, Australia; <sup>f</sup>Department for Molecular and Cellular Sports Medicine, Institute for Cardiovascular Research and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Cologne, Germany

### ABSTRACT

Breathing techniques are predicted to affect specific physical and psychological states, such as relaxation or activation, that might benefit physical sport performance (PSP). Techniques include slow-paced breathing (SPB), fast-paced breathing (FBP), voluntary hyperventilation (VH), breath-holding (BH), and alternate- and uni-nostril breathing. A systematic literature search of six electronic databases was conducted in April 2022. Participants included were athletes and exercisers. In total, 37 studies were eligible for inclusion in the systematic review, and 36 were included in the five meta-analyses. Random effects meta-analyses for each breathing technique were computed separately for short-term and longer-term interventions. Results showed that SPB and BH were related to improved PSP, with large and small effect sizes for longer-term interventions, respectively. In short-term interventions, SPB, BH, and VH were unrelated to PSP. There was some evidence of publication bias for SPB and BH longer-term interventions, and 41% of the studies were coded as having a high risk of bias. Due to an insufficient number of studies, meta-analyses were not computed for other breathing techniques. Based on the heterogeneity observed in the findings, further research is required to investigate potential moderators and develop standardised breathing technique protocols that might help optimise PSP outcomes.

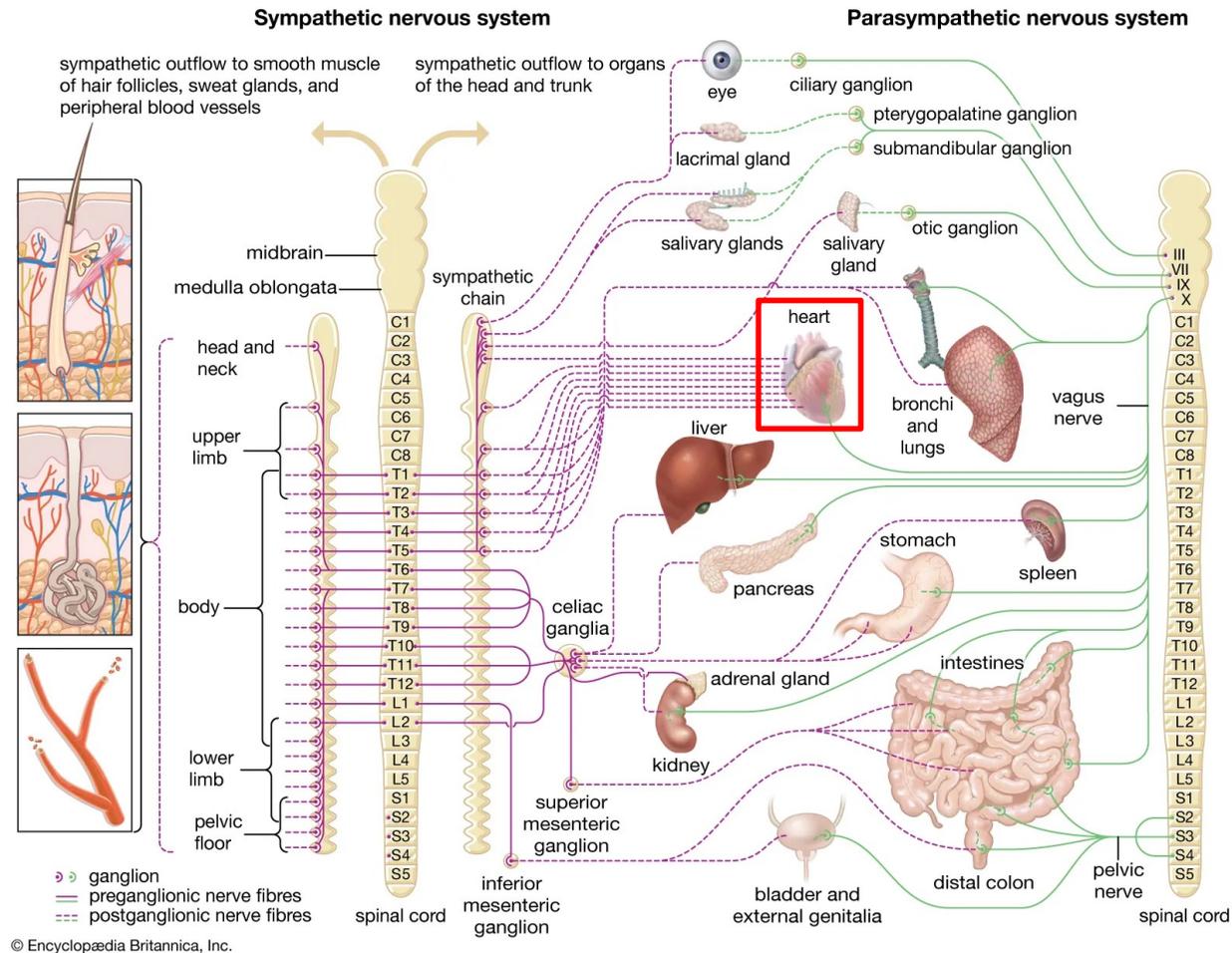
### ARTICLE HISTORY

Received 21 January 2022  
Accepted 18 October 2022

### KEYWORDS

Respiration; inhalation; exhalation; autonomic nervous system; athletes

# Autonomes Nervensystem



Encyclopedia Britannica



# Autonomes Nervensystem

*Das autonome Nervensystem steuert automatische Reaktionen unseres Körpers, um sich an die Umwelt anzupassen.*



*Diese beiden Systeme arbeiten im Wechsel, um unser Überleben und Wohlbefinden zu gewährleisten.*

# Autonomes Nervensystem

## Parasympathisches Nervensystem (PNS)

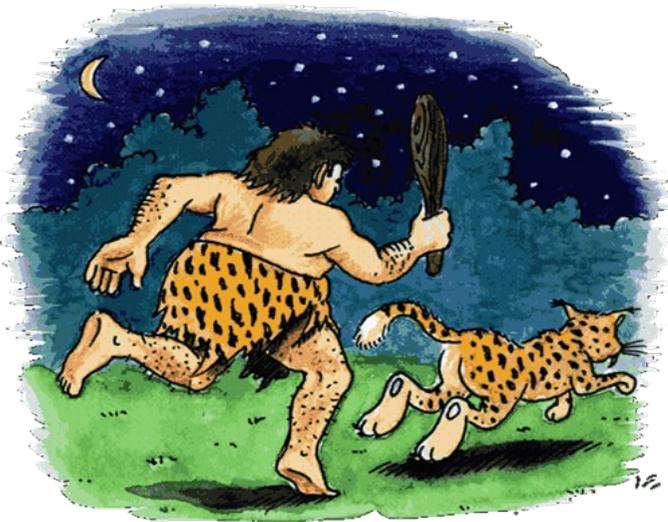
- Es ist in **Ruhe- und Erholungsphasen aktiv**, wie etwa am Lagerfeuer nach einem langen Tag.
- Es **verlangsamt** den **Herzschlag**, fördert die **Verdauung** und stellt das **Gleichgewicht im Körper** wieder her.



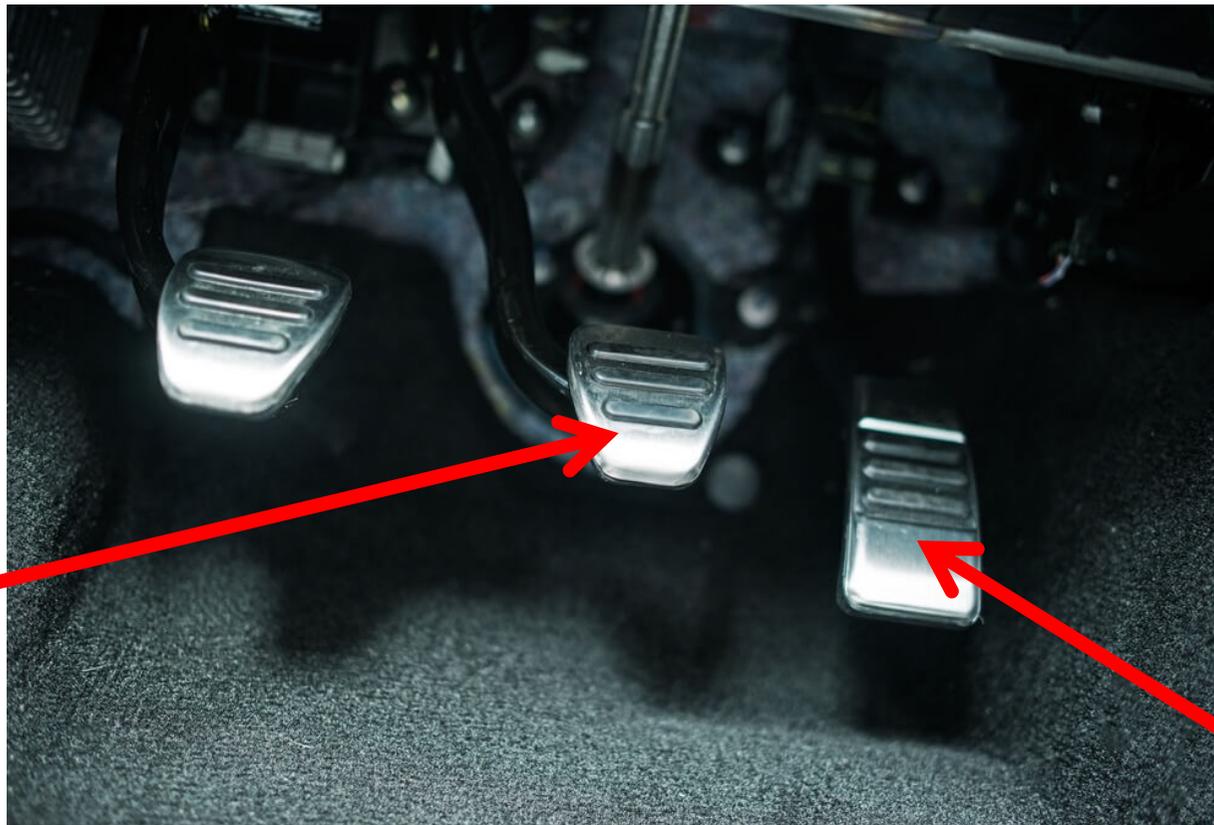
# Autonomes Nervensystem

## Sympathisches Nervensystem (SNS)

- Es wird in **Stress- oder Gefahrensituationen aktiviert**, wie zum Beispiel, wenn ein Raubtier auftaucht (Kampf- oder Fluchtreaktion).
- Das **Herz schlägt schneller**, die **Muskeln** bereiten sich auf eine **Aktion** vor, und nicht lebenswichtige Funktionen wie die Verdauung werden heruntergefahren.



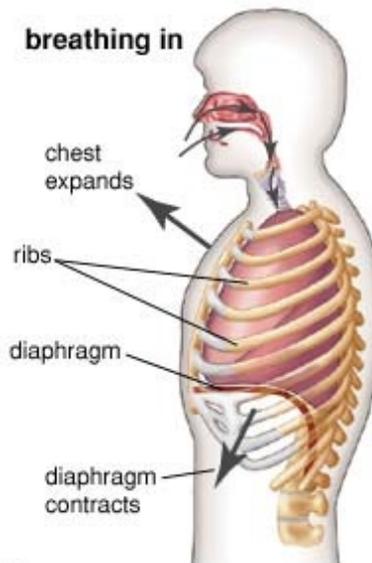
# Das autonome Nervensystem, der ANTRIEB des Herzens



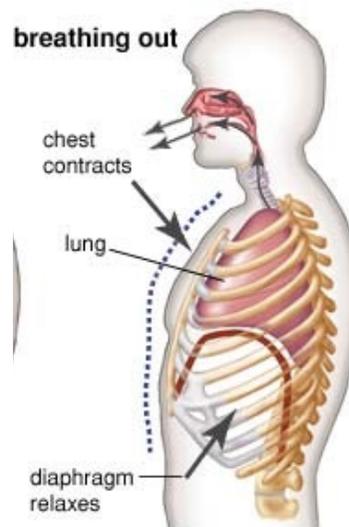
Parasympatisches  
Nervensystem  
(Vagus nerve)  
**Bremse**

Sympatisches Nervensystem  
**GAS PEDAL - Beschleuniger**

# Wie beeinflusst der Atem den Herzschlag?



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

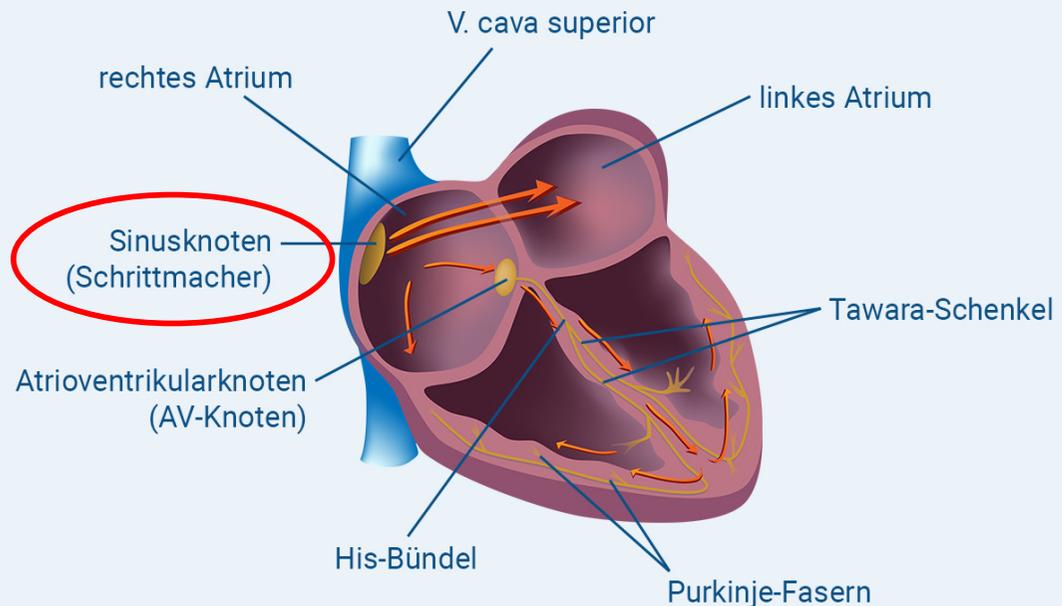


Einatmen

Ausatmen

Der  
**Sinusknoten** ist  
der  
Schrittmacher  
des Herzens.

## Das Herzerregungssystem



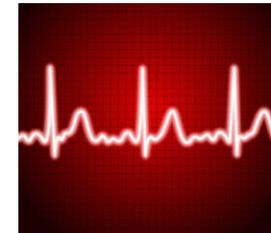
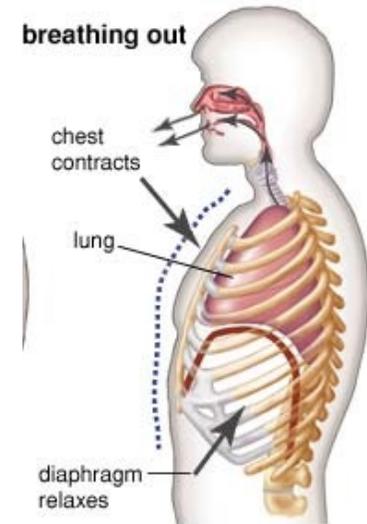
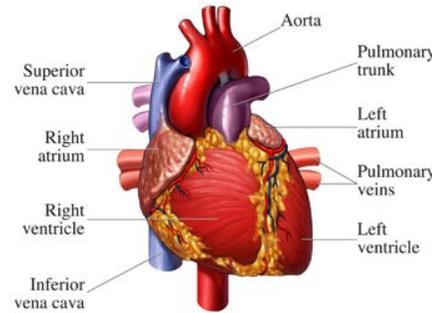
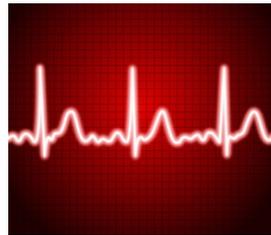
Medi-Karriere

# Respiratorische Sinusarrhythmie – Wie funktioniert sie?



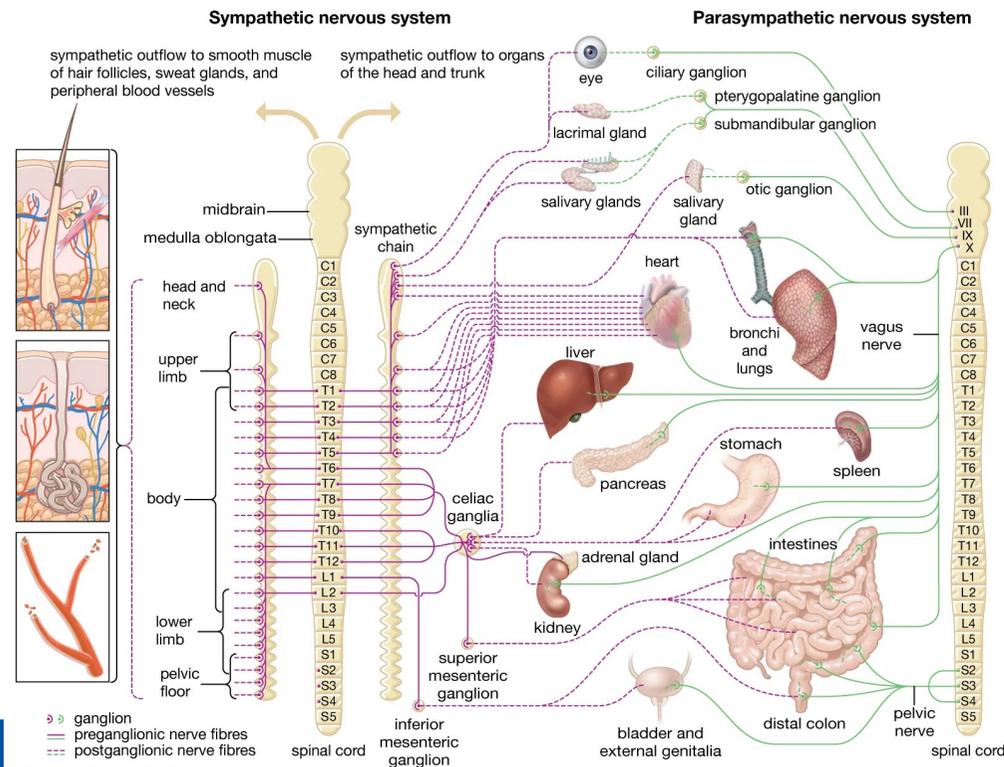
© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

**Einatmen: Das Herz schlägt schneller**



**Ausatmen: Das Herz schlägt langsamer**

# „Wer seine **Atmung** kontrolliert, kontrolliert sein **autonomes** **Nervensystem.**“





*„Wer seine **Atmung** kontrolliert,  
kontrolliert seine **Gesundheit**, sein  
**Wohlbefinden** und seine **Leistung**.“*



*Lass uns die Welt der 5  
wichtigsten Atemtechniken  
entdecken!*



# Hintergrund

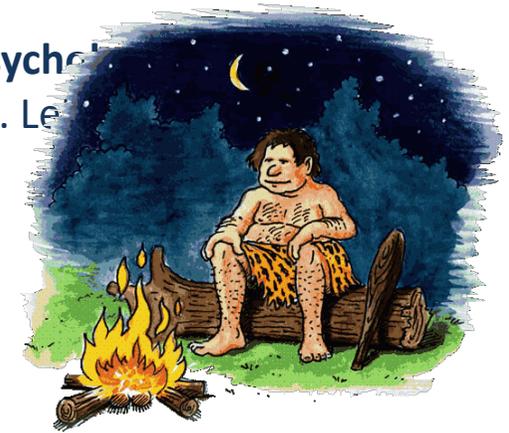
Psychophysiologische Zustände  Atmung

- Ursprung: Yoga/ Meditation Praktiken.
- Einsatzbereiche: verschiedene Sportarten, klinische, berufliche, schulische und Rehabilitationsbereiche.

In der Literatur gefundene Forschung zu Atem-Techniken:

- 1) langsame Atmung (Slow-paced breathing (SPB))
- 2) schnelle Atmung (Fast-paced breathing (FPB))
- 3) anhalten der Atmung (Breath-holding (BH))
- 4) Hyperventilation
- 5) Alternative und uni-nostril Atmung





# Langsame Atmung

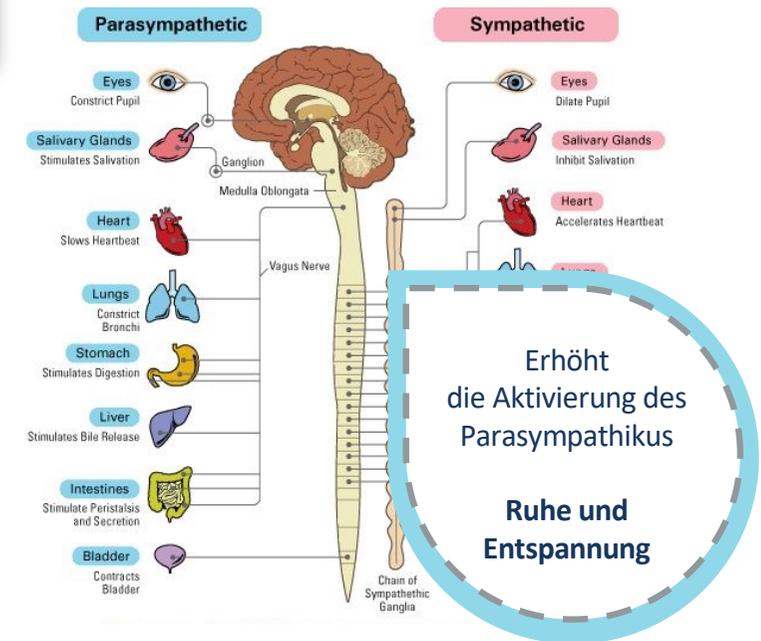
Atmen unter 10 Atemzügen pro Minute (Tortora & Derrickson, 2014)

## EFFECTS

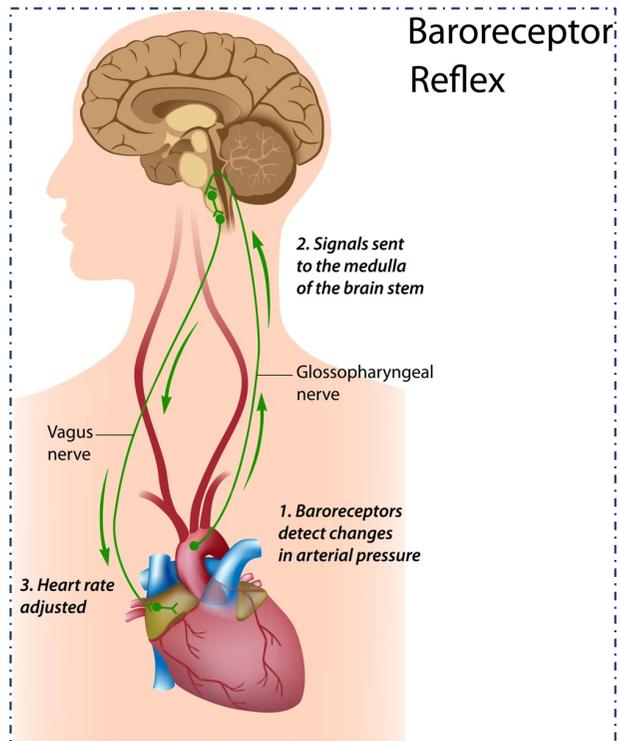
**Entspannung:** Aktivierung des parasympathischen Nervensystems

**Langfristige Vorteile:**

- Emotionsregulation: erhöht das Wohlbefinden die Widerstandsfähigkeit gegenüber Stressoren (Zaccaro et al., 2018)
- Erhöht die Herzfrequenzvariabilität: Anpassungsfähigkeit an die Umgebung (Russo et al., 2017)
- Verbessert executive Funktionen (Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, kognitive Flexibilität) (Laborde et al., 2021)
- **Resonanzfrequenz:** etwa 6 Zyklen pro Minute (Lehrer et al., 2000)



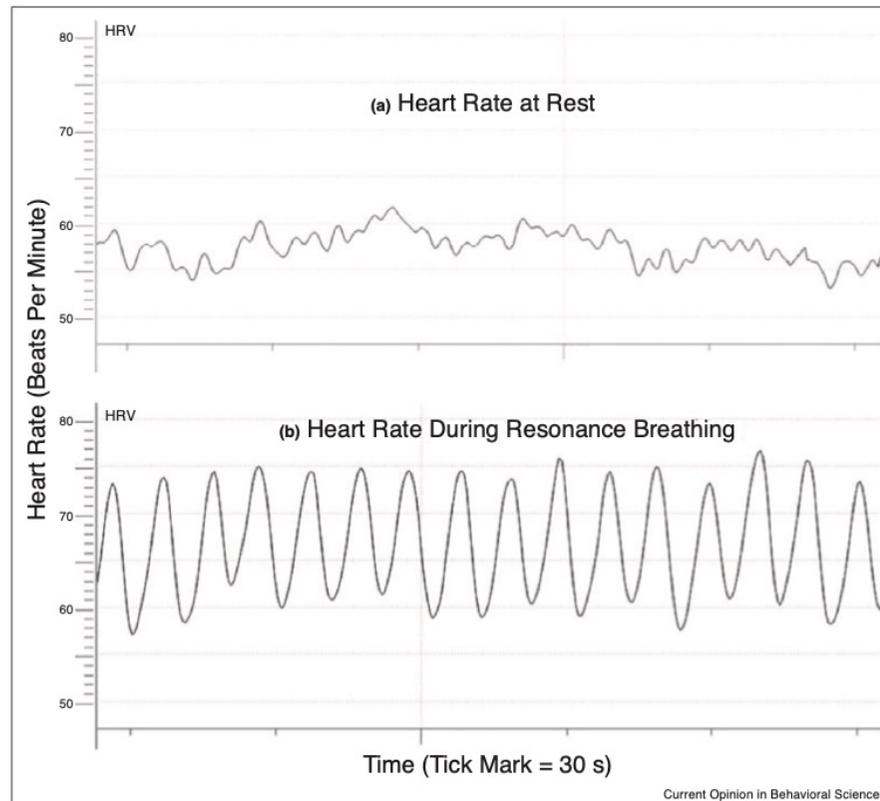
# Langsame Kontrollierte Atmung: Wie funktioniert's?



## Optimierung der Lungenfunktion

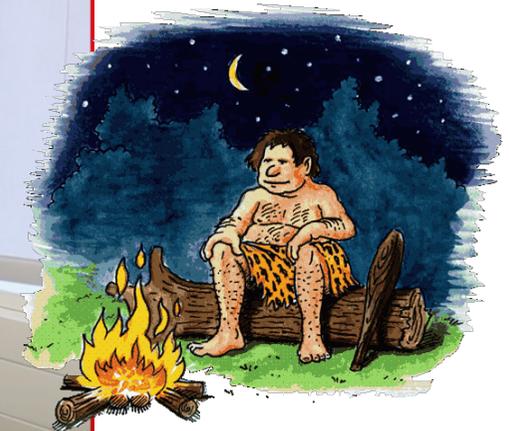
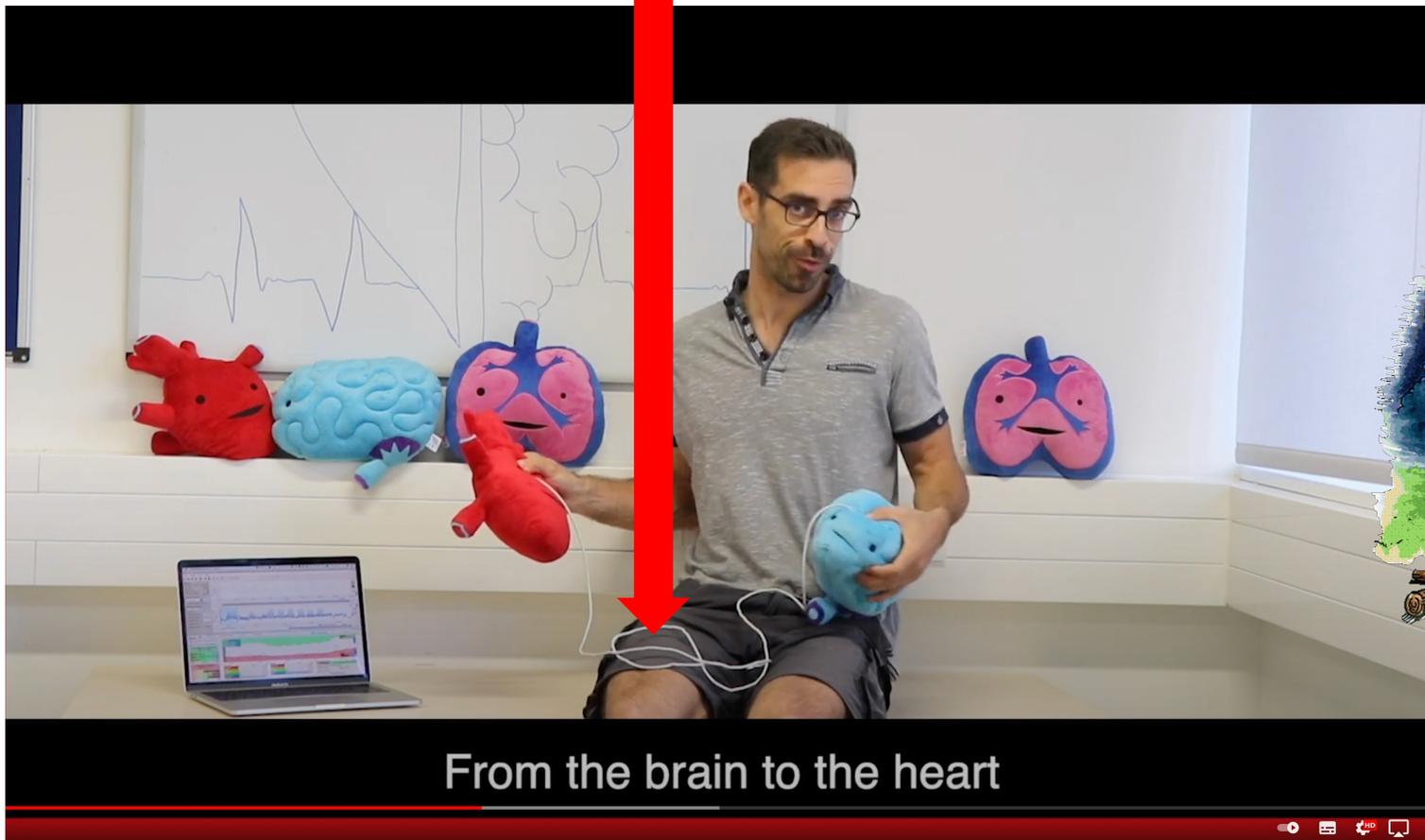


## Langsame Kontrollierte Atmung: Wie funktioniert's?

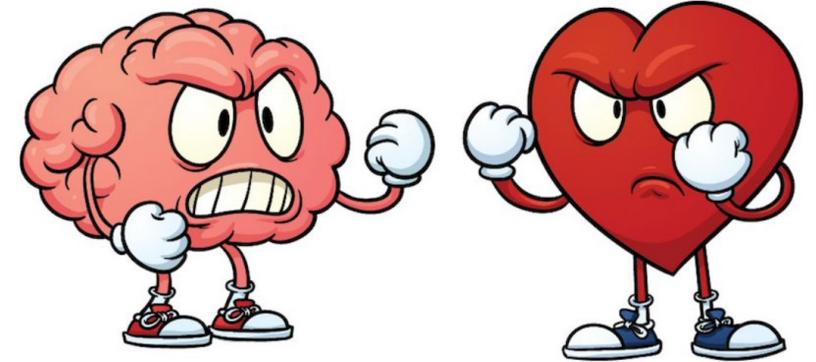


Mather, M., & Thayer, J. F. (2018). How heart rate variability affects emotion regulation brain networks. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 19, 98-104. doi:10.1016/j.cobeha.2017.12.017

# Vagusnerv



Vagusnerv



# vmHRV & Slow-paced breathing *Meta-analysis*

Neuroscience and Biobehavioral Reviews 138 (2022) 104711



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Neuroscience and Biobehavioral Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/neubiorev](http://www.elsevier.com/locate/neubiorev)



## Effects of voluntary slow breathing on heart rate and heart rate variability: A systematic review and a meta-analysis



S. Laborde<sup>a,b,\*</sup>, M.S. Allen<sup>c</sup>, U. Borges<sup>a,d</sup>, F. Dosseville<sup>e</sup>, T.J. Hosang<sup>f</sup>, M. Iskra<sup>a</sup>, E. Mosley<sup>g</sup>,  
C. Salvotti<sup>a</sup>, L. Spolverato<sup>a</sup>, N. Zammit<sup>a</sup>, F. Javelle<sup>h</sup>

<sup>a</sup> Department of Performance Psychology, Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Germany

<sup>b</sup> EA 4260, UFR STAPS, Normandie Université Caen, France

<sup>c</sup> Department of Psychology, University of Wollongong, Wollongong, Australia

<sup>d</sup> Department of Social & Health Psychology, Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Germany

<sup>e</sup> INSERM, UMR-S 1075 COMETE, Normandie Université Caen, France

<sup>f</sup> Experimental Psychology Unit, Helmut Schmidt University, Hamburg, Germany

<sup>g</sup> Solent University, Southampton, UK

<sup>h</sup> Department for Molecular and Cellular Sports Medicine, Institute for Cardiovascular Research and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Germany

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Heart rate variability biofeedback  
Parasympathetic nervous system  
Vagus nerve  
Cardiac coherence  
Slow breathing  
Deep breathing  
Abdominal breathing  
Diaphragmatic breathing

### ABSTRACT

Voluntary slow breathing (VSB) is used as a prevention technique to support physical and mental health, given it is suggested to influence the parasympathetic nervous system (PNS). However, to date, no comprehensive quantitative review exists to support or refute this claim. We address this through a systematic review and meta-analysis of the effects of VSB on heart rate variability (HRV). Specifically, we focus on HRV parameters indexing PNS activity regulating cardiac functioning, referred to as vagally-mediated (vm)HRV: (1) during the breathing session (i.e., DURING), (2) immediately after one training session (i.e., IM-AFTER1), as well as (3) after a multi-session intervention (i.e., AFTER-INT). From the 1842 selected abstracts, 223 studies were suitable for inclusion (172 DURING, 16 IM-AFTER1, and 49 AFTER-INT). Results indicate increases in vmHRV with VSB, DURING, IM-AFTER1, and AFTER-INT. Given the involvement of the PNS in a large range of health-related outcomes and conditions, VSB exercises could be advised as a low-tech and low-cost technique to use in prevention and adjunct treatment purposes, with few adverse effects expected.





# Meta-analysis by our research team

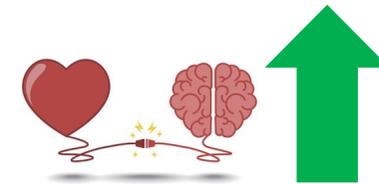
## *Slow-paced breathing and heart rate variability*

- More than 20 000 scientific studies checked
- Final analysis with 223 studies

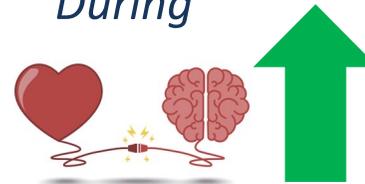
Acute  
effects



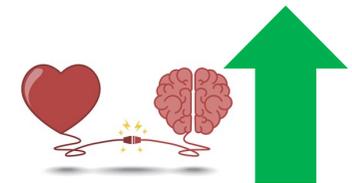
After



During

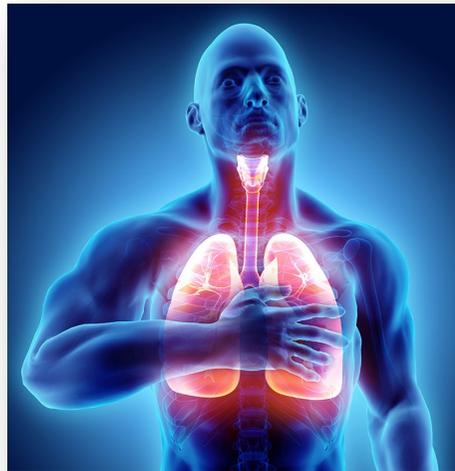


Chronic  
effects

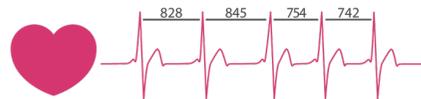


Long-term intervention (> 1 month)

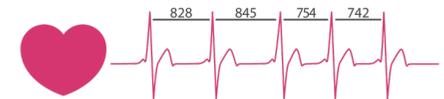
## Influence of slow-paced breathing on heart rate variability



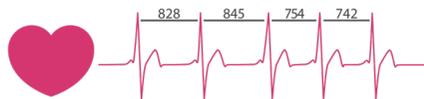
*Small effects*  
( $k = 16$ , Hedge's  $g = 0.14$ )



*Small effects*  
( $k = 49$ , Hedge's  $g = 0.32$ )



*Moderate effects*  
( $k = 172$ , Hedge's  $g = 0.52$ )



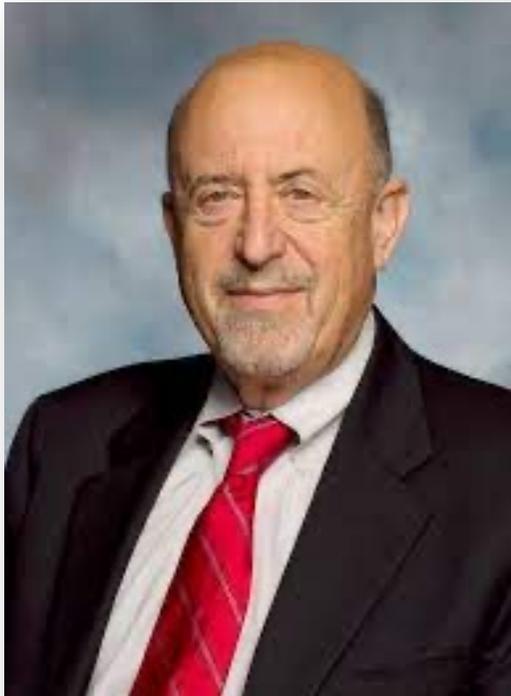
During

Right after

After several sessions



*Several sessions*



Paul Lehrer



Evgeny Vaschillo

# Langsame Atemtechniken: Pionierforschende

Applied Psychophysiology and Biofeedback  
<https://doi.org/10.1007/s10484-020-09466-z>



## Heart Rate Variability Biofeedback Improves Emotional and Physical Health and Performance: A Systematic Review and Meta Analysis



Paul Lehrer<sup>1</sup>  · Karenjot Kaur<sup>2</sup> · Agratta Sharma<sup>3</sup> · Khushbu Shah<sup>4</sup> · Robert Huseby<sup>1</sup> · Jay Bhavsar<sup>5</sup> · Yingting Zhang<sup>1</sup>



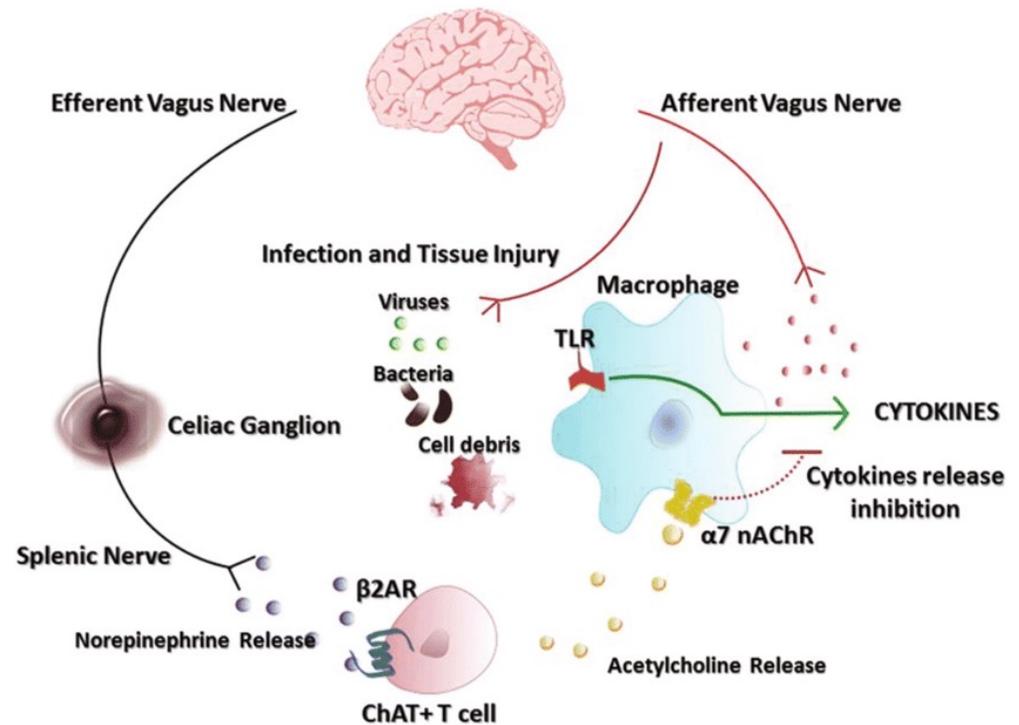
# Positive Effekte der langsamen Atmung



# HRV und Entzündung: Der cholinerge antiinflammatorische Signalweg



Vagusnerv: der  
„Feuerwehrmann“ des Körpers



International Journal of Psychophysiology 146 (2019) 217–224



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## International Journal of Psychophysiology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ijpsycho](http://www.elsevier.com/locate/ijpsycho)



### Keeping the pace: The effect of slow-paced breathing on error monitoring

Sven Hoffmann<sup>a,\*</sup>, Lea Teresa Jendreizik<sup>b</sup>, Ulrich Ettinger<sup>c</sup>, Sylvain Laborde<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Germany

<sup>b</sup> Department of Child and Adolescent Psychiatry and Psychotherapy, Medical Faculty, University of Cologne, Germany

<sup>c</sup> Department of Psychology, University of Bonn, Germany

<sup>d</sup> Normandie Université, Caen, France



**Sylvain Laborde(PhD) - FORTITUDE Mental Training** @S... · Nov 4

What is slow-paced breathing doing to your brain? Our last study (with S.Hoffmann, @ulrichettinger, & L.Jendreizik) shows it improves your focus via increasing error-related negativity in comparison to a watching TV control condition-free download here!



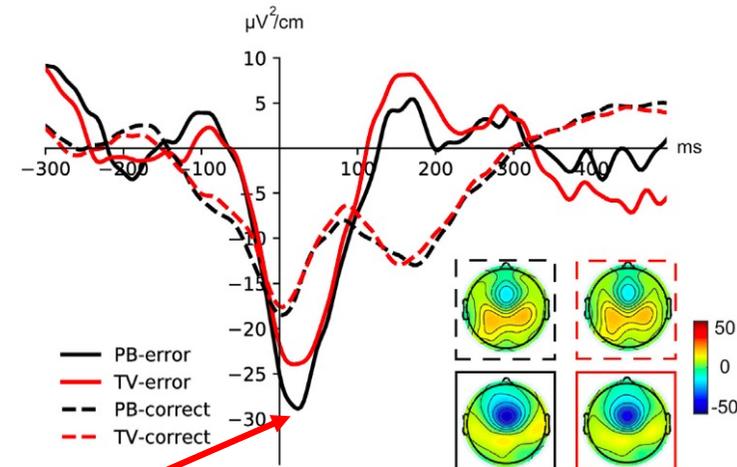
Keeping the pace: The effect of slow-paced breath...

Detecting errors is crucial for adapting one's own actions. Moreover, behavior is often optimized by ...

[sciedirect.com](https://www.sciencedirect.com)



# Positive Effekte des Resonance Frequency Breathing



**Fig. 3** The error negativity and correct response negativity for slow-paced breathing (PB) and control condition (TV). The topographic maps refer to the  $N_e$ /ERN and CRN peak. Note that the EEG data were CSD transformed, thus, the scaling of the y-axis refers to  $\mu\text{V}/\text{cm}^2$ . x-axis = time, time point zero = button press; y-axis = CSD-transformed activity.

Erhöhte Konzentrationsfähigkeit:  
Weniger Fehler bei geistig  
fordernden Aufgaben

Hoffmann, S., Jendreizik, L., Ettinger, U., & Laborde, S. (2019). Keeping the pace: the effect of slow-paced breathing on error monitoring. *International Journal of Psychophysiology*. doi:10.1016/j.ijpsycho.2019.10.001

# Krankheit – COVID-19: Langsame Atmung als ergänzender therapeutischer Ansatz

„Patienten, die langsame Atemtechniken praktizierten, hatten **signifikant niedrigere IL-6-Werte als die Kontrollgruppe**, mit einer kleinen bis mittleren Effektstärke und **ohne relevante Nebenwirkungen.**“



„**Langsame Atemtechniken** könnten ein leicht umsetzbarer, kostengünstiger, sicherer und praktikabler ergänzender therapeutischer Ansatz sein, um **zirkulierendes IL-6 bei moderater COVID-19-Pneumonie zu reduzieren.**“

Balint, E. M., Grüner, B., Haase, S., Kaw-Geppert, M., Thayer, J. F., Gündel, H., & Jarczok, M. N. (2022). A randomized clinical trial to stimulate the cholinergic anti-inflammatory pathway in patients with moderate COVID-19-pneumonia using a slow-paced breathing technique. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.928979>

Check for updates

## OPEN ACCESS

EDITED BY  
Szandor Simmons,  
Junior Research Group  
"Immunodynamics", Germany

REVIEWED BY  
Marcos Lessa,  
Oswaldo Cruz Foundation  
(Fiocruz), Brazil  
Ulirassu Borges,  
German Sport University  
Cologne, Germany

\*CORRESPONDENCE  
Marc N. Jarczok  
Marc.jarczok@uni-ulm.de

SPECIALTY SECTION  
This article was submitted to  
Inflammation,  
a section of the journal  
*Frontiers in Immunology*

RECEIVED 26 April 2022  
ACCEPTED 26 August 2022  
PUBLISHED 03 October 2022

## A randomized clinical trial to stimulate the cholinergic anti-inflammatory pathway in patients with moderate COVID-19-pneumonia using a slow-paced breathing technique

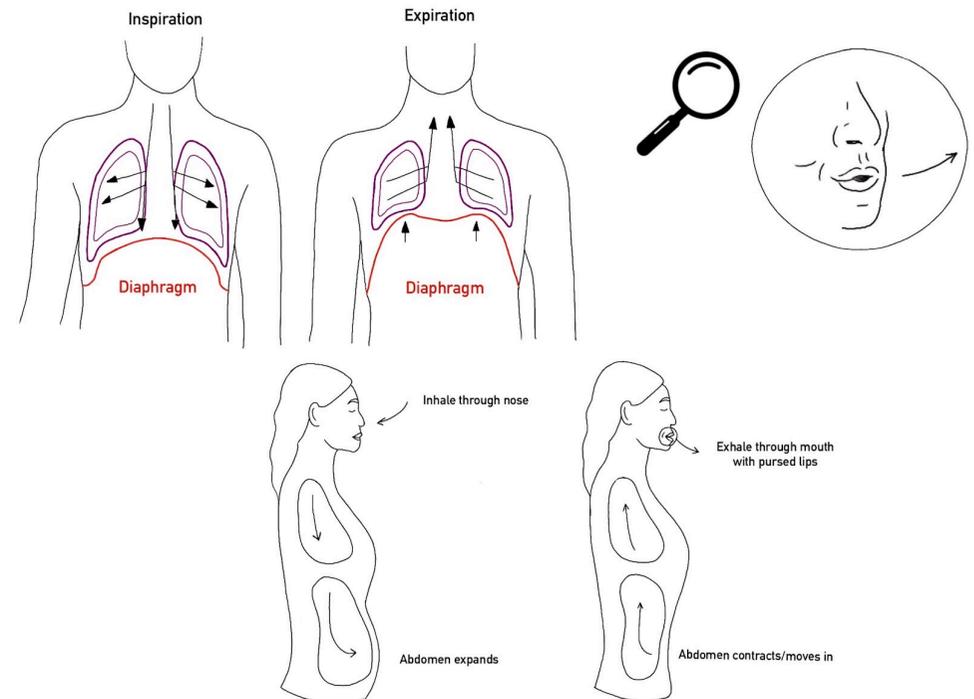
Elisabeth Maria Balint<sup>1,2</sup>, Beate Grüner<sup>3</sup>, Sophia Haase<sup>1</sup>, Mandakini Kaw-Geppert<sup>1</sup>, Julian F. Thayer<sup>4</sup>, Harald Gündel<sup>1</sup> and Marc N. Jarczok<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Clinic for Psychosomatic Medicine and Psychotherapy, University Hospital Ulm, Ulm, Germany, <sup>2</sup>Center for mental health, Privatklinik Meiringen, Meiringen, Switzerland, <sup>3</sup>Clinic for Internal Medicine III, Division of Infectious Diseases, University Hospital Ulm, Ulm, Germany, <sup>4</sup>Department of Psychological Science, University of California, Irvine, Irvine, CA, United States

# Langsame Atmung

Lasst und praktisch werden!

- 6 Atemzüge pro Minute:  
4s Einatmen, 6s Ausatmen
- Einatmen durch die Nase und  
Ausatmen durch den Mund gespitzten  
Lippen
- Zwerchfellatmung



Vermeide Hyperventilation:  
Flach und langsam atmen

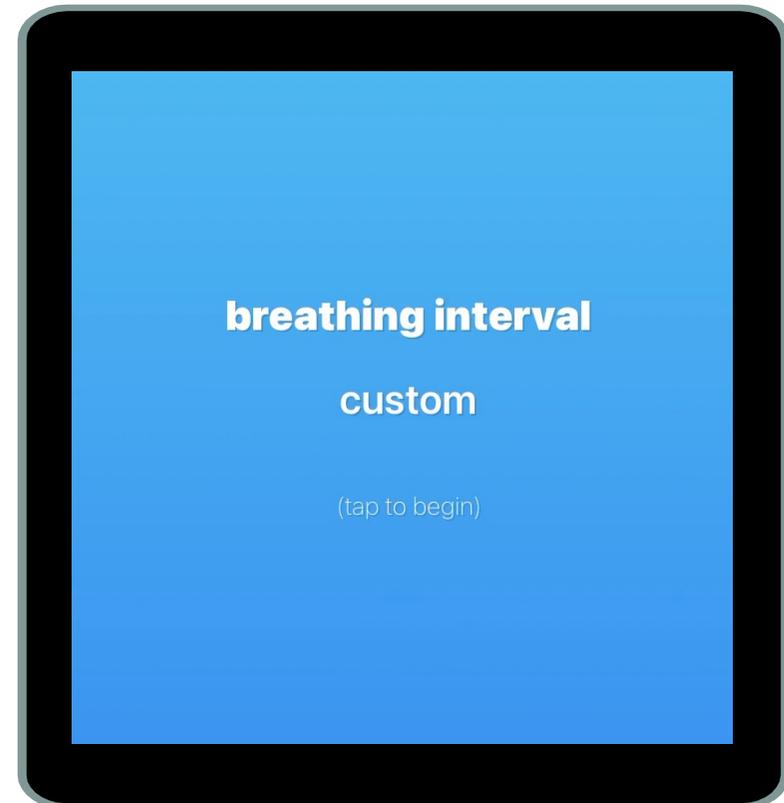


# Langsame Atmung

Lasst es uns als Team machen!

- 6 Atemzüge pro Minute:  
4s Einatmen, 6s Ausatmen
- Einatmen durch die Nase und  
ausatmen durch den Mund gespitzten  
Lippen
- Zwerchfellatmung

Übung: 1 Minute





Article

# Influence of a 30-Day Slow-Paced Breathing Intervention Compared to Social Media Use on Subjective Sleep Quality and Cardiac Vagal Activity

Sylvain Laborde <sup>1,2,\*</sup> , Thomas Hosang <sup>3,4</sup> , Emma Mosley <sup>5</sup>  and Fabrice Dosseville <sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Department of Performance Psychology, German Sport University Cologne, Institute of Psychology, 50933 Cologne, Germany
  - <sup>2</sup> Université de Caen Normandie-UFR STAPS, EA 4260 Caen, France; fabrice.dosseville@unicaen.fr
  - <sup>3</sup> Department of Psychology, Helmut Schmidt University, 22043 Hamburg, Germany; hosang@hsu-hh.de
  - <sup>4</sup> University of the Federal Armed Forces Hamburg, 22043 Hamburg, Germany
  - <sup>5</sup> Solent University Southampton, Southampton SO14 0YN, UK; emma.mosley@solent.ac.uk
- \* Correspondence: s.laborde@dshs-koeln.de; Tel.: +49-221-49-82-57-01

Received: 31 December 2018; Accepted: 2 February 2019; Published: 6 February 2019



# Verwendung von langsamem Atmen im Alltag

Vor dem Schlafen (15 Minuten – 6 Atemzüge pro Minute)



Verbessert die Schlafqualität



Führt zu langfristigen  
positiven Veränderungen im  
Gehirn und im Körper

# Schnelle Atmung

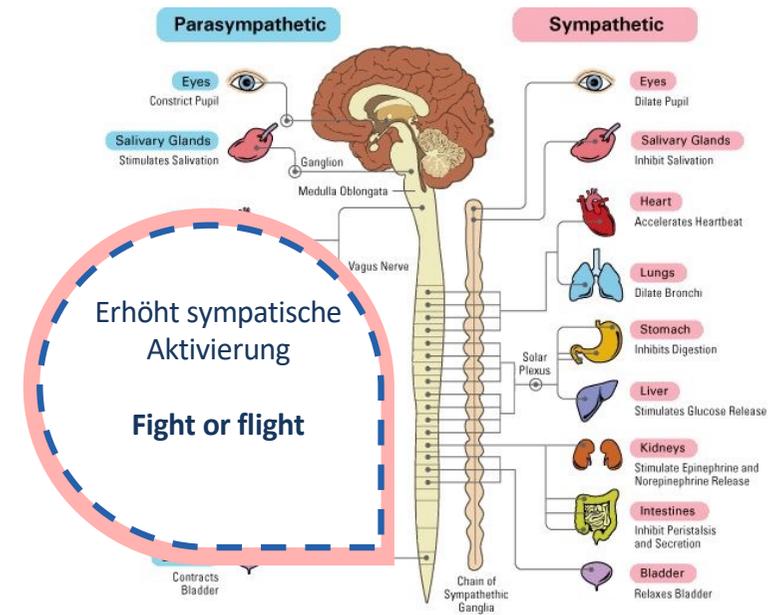
Atmen von über 20 Atemzüge pro Minute (Tortora & Derrickson, 2014)



## Effekte

**Aktivierung:** Aktivierung des sympathischen Nervensystems

- Erhöhen der Sauerstoffzufuhr zu den Muskeln (Ba, 2015)
- Verbessert Kraft und Geschwindigkeit (Buchanan & Janelle, 2021)
- Erhöht Muskeltonus im Bauchraum (Dinesh et al., 2013)
- Verbessert kognitive Funktionen: Reaktionszeit, Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität (Sharma et al., 2013; Telles et al., 2019)



# Schnelle Atmung

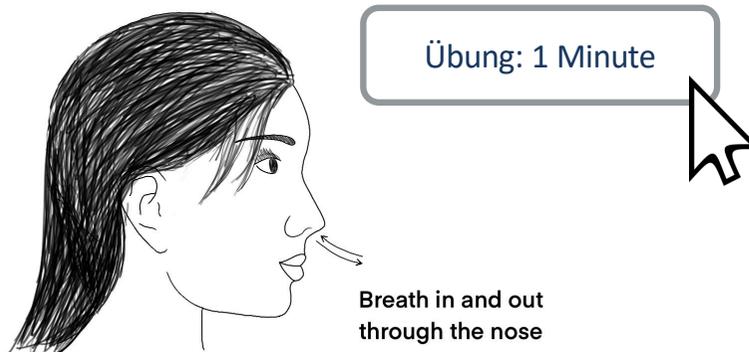
Atmen von über 20 Atemzüge pro Minute (Tortora & Derrickson, 2014)



# Schnelle Atmung

Lasst es uns als ein Team machen!

- 30 Atemzüge pro Minute:  
1s Einatmen, 1s Ausatmung
- Einatmung und Ausatmung durch die  
Nase



**breathe.**

intervals.

benefits.

settings.

more.

# Anhalten der Atmung

Freiwilliges anhalten der Atmung (Alpher et al., 1986)

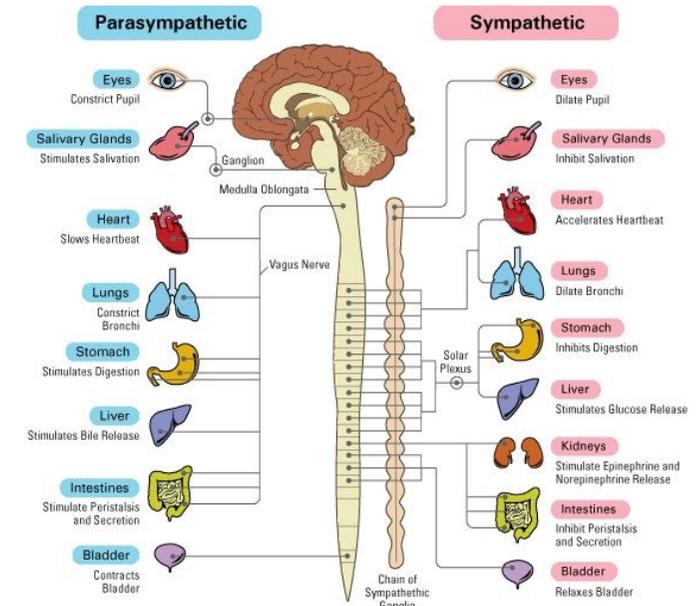


## Effekte

### Hypoxie (verminderte Verfügbarkeit von Sauerstoff (O<sub>2</sub>))

- Umverteilung des Blutflusses zu lebenswichtigen Organen (Gehirn/ zentrale Organe) (Eichhorn et al., 2017)
- Simuliert ähnliche Effekte wie in großer Höhe
- Langzeitiges Training: verbessert die Toleranz gegenüber reduzierten O<sub>2</sub>-Bedingungen (Joulia et al., 2009)

Sowohl parasympatische/sympatische Aktivierung



# Anhalten der Atmung

Lasst es uns als Team machen!

- 1) Atmen Sie maximal ein und halten Sie dann den Atem an.

Übung: 20 Sekunden



A maximal inhale  
OR exhale through nose



Hold your breath

**breathe.**

intervals.

benefits.

settings.

more.

# Anhalten der Atmung

Lasst es uns als Team machen!

- 2) Atmen Sie maximal aus und halten Sie dann den Atem an

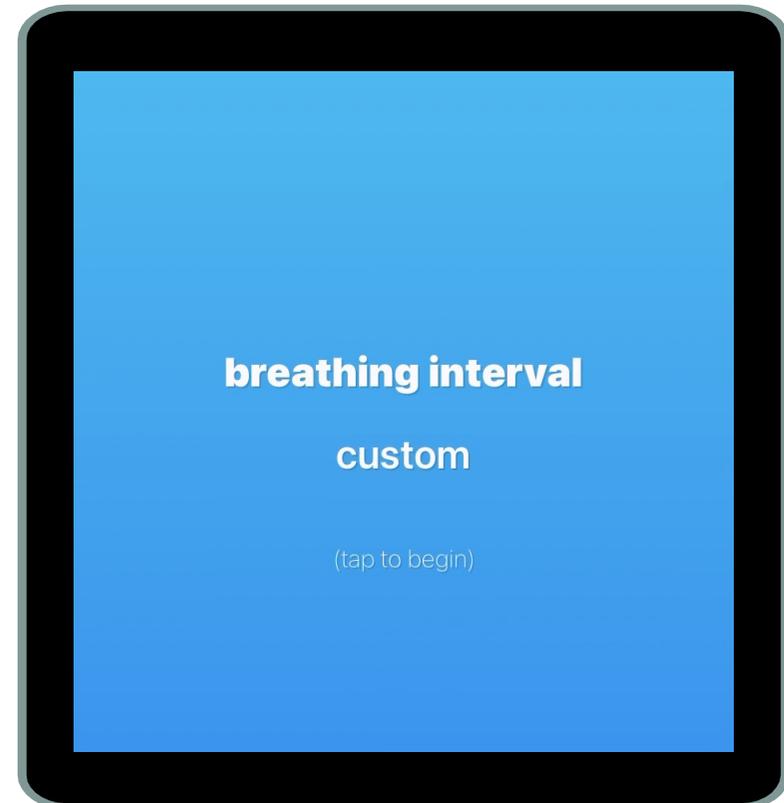
Übung: 20 Sekunden



A maximal inhale  
OR exhale through nose

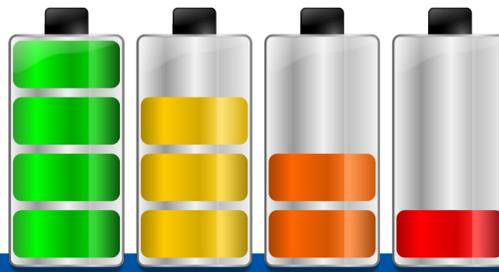
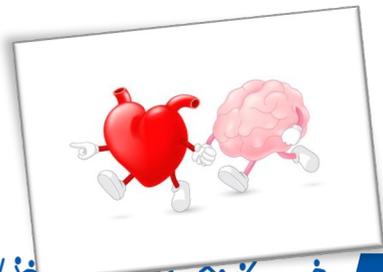


Hold your breath

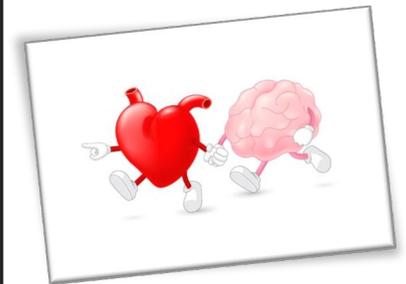


10

# Diving Reflex



# Diving Reflex



REVIEW

## The diving response and cardiac vagal activity: A systematic review and meta-analysis

Stefan Peter Ackermann<sup>1</sup>  | Markus Raab<sup>1,2</sup> | Serena Backschat<sup>1</sup> |  
David John Charles Smith<sup>1</sup> | Florian Javelle<sup>3</sup> | Sylvain Laborde<sup>1,4</sup> 

<sup>1</sup>Department of Performance Psychology, Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Cologne, Germany

<sup>2</sup>School of Applied Sciences, London South Bank University, London, UK

<sup>3</sup>Department of Molecular and Cellular Sports Medicine, Institute for Cardiovascular Research and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Cologne, Germany

<sup>4</sup>UFR STAPS, EA 4260, Cesams, Normandie Université, Caen, France

### Correspondence

Stefan Peter Ackermann, Department of Performance Psychology, Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Am Sportpark Müngersdorf 6, Cologne 50933, Germany.  
Email: [stefan.ackermann@stud.dshs-koeln.de](mailto:stefan.ackermann@stud.dshs-koeln.de)

### Abstract

This article aimed to synthesize the various triggers of the diving response and to perform a meta-analysis assessing their effects on cardiac vagal activity. The protocol was preregistered on PROSPERO (CRD42021231419; 01.07.2021). A systematic and meta-analytic review of cardiac vagal activity was conducted, indexed with the root mean square of successive differences (RMSSD) in the context of the diving response. The search on MEDLINE (via PubMed), Web of Science, ProQuest and PsycNet was finalized on November 6th, 2021. Studies with human participants were considered, measuring RMSSD pre- and during and/or post-exposure to at least one trigger of the diving response. Seventeen papers ( $n = 311$ ) met inclusion criteria. Triggers examined include face immersion or cooling, SCUBA diving, and total body immersion into water. Compared to resting conditions, a significant moderate to large positive effect was found for RMSSD during exposure (Hedges'  $g = 0.59$ , 95% CI 0.36 to 0.82,  $p < .001$ ), but not post-exposure ( $g = 0.11$ , 95% CI  $-0.14$  to 0.36,  $p = .34$ ). Among the considered moderators, total body immersion had a significantly larger effect than forehead cooling ( $Q_M = 23.46$ ,  $df = 1$ ,  $p < .001$ ). No further differences were detected. Limitations were the small number of studies included, heterogenous triggers, few participants and low quality of evidence. Further research is needed to investigate the role of cardiac sympathetic activity and of the moderators.

### KEYWORDS

cardiac vagal activity, diving reflex, diving response, heart rate variability, meta-regression, physiology

vmHRV & Diving Reflex

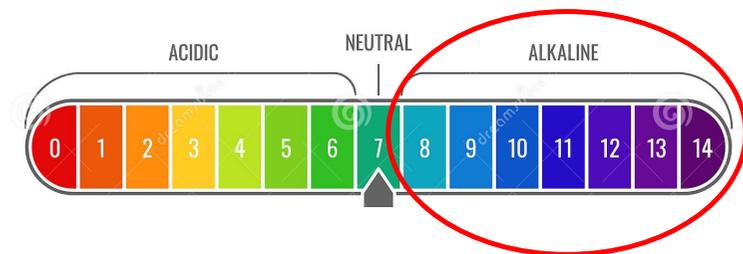
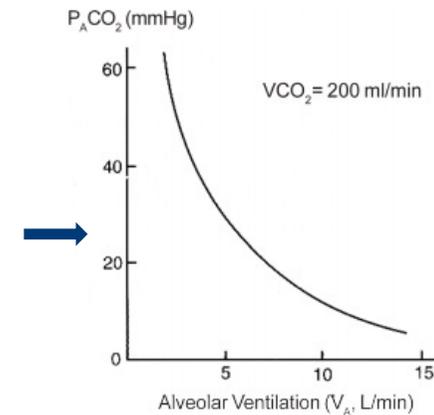


# Hyperventilation

Tiefere und/oder schnellere Atmung als üblich (McArdle et al., 2015)

## Effekte

- Verminderung des **Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)** Partialdruck im Blut (McArdle et al., 2015)
- Erhöht pH-Wert des Blutes (Gilbert, 1999)
- **Induzierte Alkalose**
  - verzögert Müdigkeit
  - reduziert den Drang zu atmen
  - Verlängert die die Luft anzuhalten (Jacob et al., 2015; McMahon & Jenkins, 2002)

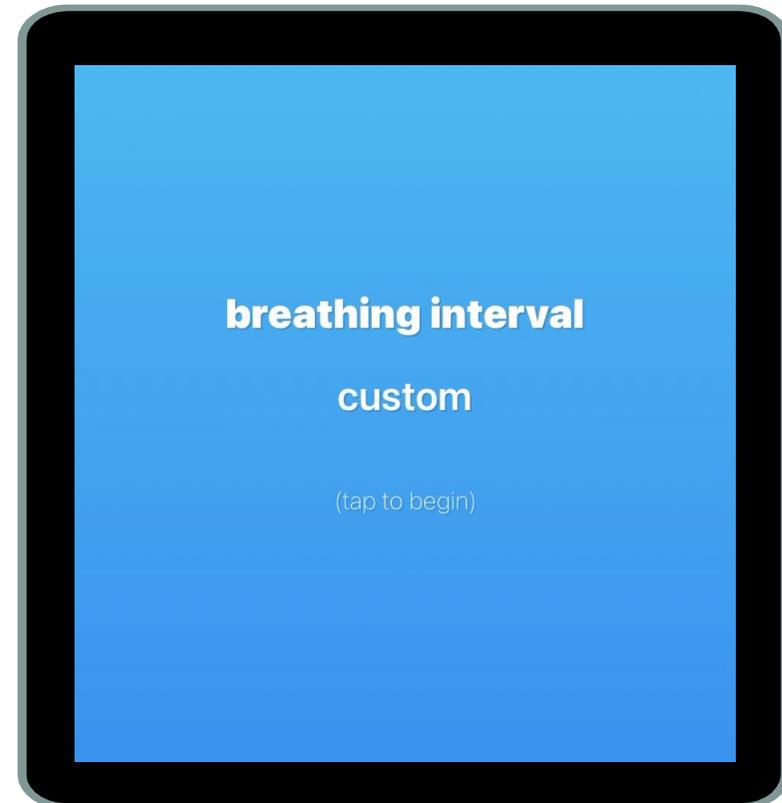


# Hyperventilation

Lasst es uns als Team machen!

- 15 Atemzüge pro Minute:  
2s Einatmen, 2s Ausatmen
- Führt ein tiefes Einatmen und ein tiefes Ausatmen durch

Übung: 16 Sekunden



# Wim Hof Methode



# Alternative-/uni-nostril Atmung

Manipulation des nasalen Zyklus (Saoji et al., 2019)

## Effekte

- **Rechtes Nasenloch:** Aktivierung des Sympathikus (Erhöhung der Herzfrequenz, des Blutdrucks und des O<sub>2</sub>-Verbrauchs); verbesserte verbale Effizienz (Bhavanani et al., 2014)
- **Linkes Nasenloch:** Aktivierung des Parasympathikus; verbesserte räumliche Leistung (Bhavanani et al., 2014)
- **Wechselndes Nasenloch:** Gleichgewicht innerhalb des autonomen Nervensystems durch die Aktivierung von Sympathikus und Parasympathikus; verbesserte visuomotorische Koordination und konzentrierte Aufmerksamkeit (Raghuraj & Telles, 2008)



# Alternative-/uni-nostril Atmung

Lasst es uns als Team machen!

- Beginnen Sie mit der Einatmung durch das linke Nasenloch, während das rechte Nasenloch ausgeschlossen ist, und folgen Sie der Bildvorgabe

Übung: 1 Minute



**breathing interval**

custom

(tap to begin)



Quiz!

A large graphic with the word "Quiz!" in a white, stylized, cursive font. The text is set against a background of concentric, glowing circles in shades of red and orange, creating a target-like effect. The circles are centered on the letter 'i'.



# Emotionale Intelligenz im Sport

- Empathie entwickeln
- Gefühle steuern
- Erfolge erzielen

Mit  
**25 praktischen  
Übungen**  
für **Mannschaften**  
und  
**Individual-  
sportler**

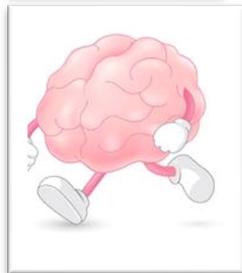
MEYER  
& MEYER  
VERLAG

## Take Home Message Langsame Atmung

**Bessere Bewältigung von Herausforderungen im Leben durch  
Verbesserung der Anpassungsfähigkeit an Stresssituationen**

**Im Gegensatz zu anderen Stressbewältigungsmethoden  
müssen Sie nicht an etwas glauben oder einen  
bestimmten mentalen Zustand erreichen, um ein  
positives Ergebnis zu erzielen: Langsames Atmen hat eine  
mechanische Wirkung auf die physiologischen Folgen von  
Stress**

## Take Home Message Langsame Atmung



**Kontrolliere deinen Atem**  
**Kontrolliere dein Herz**  
**Kontrolliere dein Gehirn**

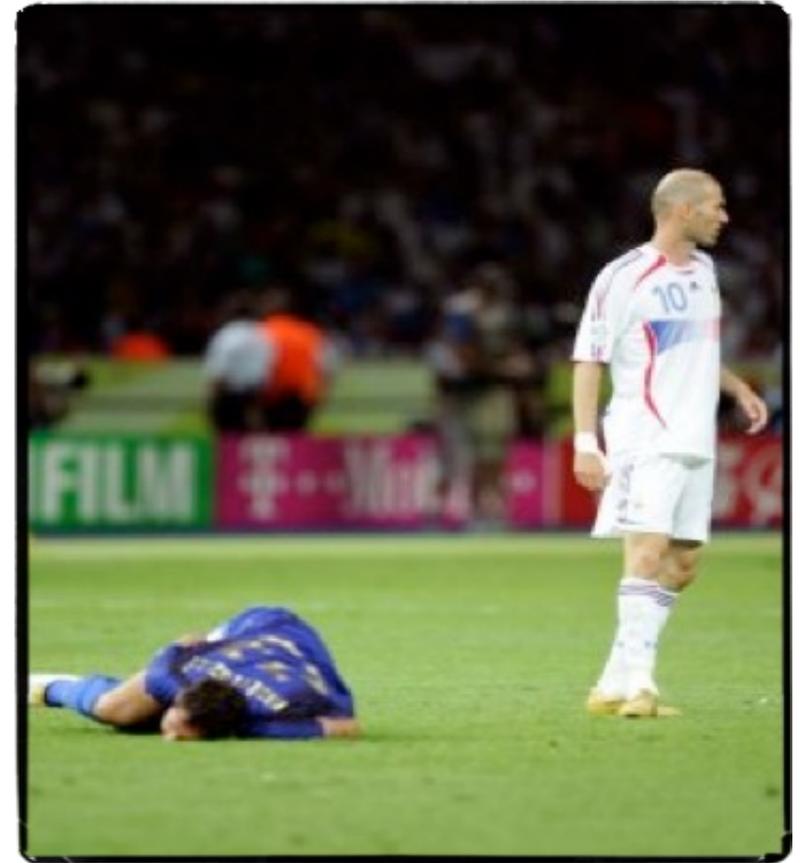
# Schlussfolgerung Atemtechniken

- Verschiedene Atemtechniken haben spezifische psychophysiologische Wirkungen
- Anwendbarkeit von Atemtechniken in vielen (Sport-)Kontexten
- Notwendigkeit der Individualisierung und Anpassung je nach Kontext
- Optimale Anwendung in Kombination mit Biofeedback und Aktionsplan



16

***Lektionen für Zidane – und alle, die das Gefühl haben, ihre Selbstkontrolle entgleitet ihnen:***



*Die Kontrolle über den Atem zu beherrschen, könnte die Lösung für all Ihre (zukünftigen) Probleme sein.*

# 60th anniversary of the Elysée Treaty between France 🇫🇷 & Germany 🇩🇪 *Speech at the German Embassy in Paris Palais de Beauharnais – 16.02.2023*



60. Jahrestag des Elysée-Vertrags - Slam in der Deutschen Botschaft in Paris 🇫🇷🇩🇪

In French 🇫🇷,  
with French 🇫🇷, English 🇬🇧,  
and German 🇩🇪 subtitles





# GEO WISSEN

## GESUNDHEIT

DOSSIER  
Welche Vorsorge in welchem Alter?

NR. 21

# Für ein langes, gesundes Leben

**Prävention: So schütze ich mich vor Krankheiten**

**HERZ**  
Wie wir seine Kraft bewahren

**ARBEITSWELT**  
Strategien gegen den Burnout

**GEHIRN**  
Was Denksport wirklich bringt

**MIKROBIOM**  
Wie der Darm Geist und Körper beeinflusst

GEO WISSEN GESUNDHEIT Nr. 21 Prävention

Deutschland € 12,90 Österreich € 14,90 Schweiz € 17,90 € 15,40

# achtsam atmen

Immer mit der Ruhe  
Langsames, kontrolliertes Laufen hat enorme positive Auswirkungen auf unsere Hirnfunktionen, weiß der Sportwissenschaftler Sylvain Laborde

PRÄVENTION | ROUTINE

Mit Freizeitleben bei Sylvain Laborde geht es nicht nur um die sportliche Leistung, sondern auch um die Gesundheit. In seinem Leben misst die Psychologie und Sportwissenschaftler erfahren, dass es wegen seiner Achtsamkeit so schnell und leicht so stark sein konnte wie seine Freunde. Aus diesem Grund kämpft er immer wieder, seine Atmung zu verbessern. „Das beschäfftigt mich bis heute“, erklärt Laborde, der an der Deutschen Sporthochschule in Köln forscht.

Einige gehen mit ihm jedoch nicht mehr nur darum, seinen Körper mit genügend Sauerstoff zu versorgen. Mitbewerter ist in einem Vielzahl wissenschaftlicher Studien untersucht, wie sich langsame, kontrollierte Atmung auf die Gesundheit auswirkt. Erwartete Ergebnisse haben normalerweise zwei bis dreizehn pro Minute Luft – das summiert sich auf etwa 20.000 Atmungen pro Tag. Was aber geschah, wenn ein Mensch keine Atmung vorlässt und nur noch einmal pro Minute Luft holt? Das hat Laborde mit Freiwilligen getestet. Seine Probanden sollten dann jeweils vier Sekunden lang einatmen und sechs Sekunden lang ausatmen.

„Es ist sehr wichtig, dass die Ausatemphase länger ist als die Einatemphase“, so Laborde. Das Aktivieren des Vagusnervs, eines Nervs des autonomen Nervensystems, der im Hirnstamm entspringt und viele Körperfunktionen beeinflusst, unter anderem auch den Herzschlag. Aber auch in der Vagusnervs eine Art Sperrschleife“, sagt der Psychologe. In einer spanischen Studie an Handballspielern zeigte sich zum Beispiel, dass bei ihnen der Vagusnerv besonders aktiv war.

So verbessert der Achtsamkeits-Training etwa die Gehirnfunktion, bereinigt Laborde und Kollegen im vergangenen Jahr im „Journal of Psychophysiology“. Die Probanden, die 15 Minuten lang bewusstes Atmen angeschlossen hatten, zeigten im Vergleich zu den Kontrollgruppen eine Erhöhung der Herzfrequenzvariabilität (HRV), ein Zeichen für einen entspannteren Zustand. Sie liefen sich weniger ab und konnten schneller neue Anweisungen umsetzen. „Die langsame, kontrollierte Atmung wirkt sich also positiv auf unsere Hirnfunktion aus“, erklärt Laborde. Vermutlich, weil sich die Informationsübertragung in den motorischen Netzwerken des Gehirns beschleunigt. Auch damit das langsame Atmen vermutlich, dem Mandelkern, des jenen Gehirnzentrums des Gehirns, das bei

depressiven Patienten überaktiv ist. Wie Forschende der Universität Graz im Jahr 2020 berichteten, ging es ihnen depressiven Probandinnen und Probanden nach fünf Wochen mit der üblichen Grundübung plus Atemübungen deutlich besser als diejenigen, die das gleiche Anstraining nicht durchgeführt hatten.

Inzwischen konnte der Psychologe in einer Studie außerdem zeigen, dass Atemübungen die Immunreaktion bei erschöpften Sportlern deutlich verbessern können. Dazu wies er, dass in Labordringung auch nicht in dem legendären Kipfelfest des Französischen Nationalpolizei Zentrale Zentren gegen einen fiktionalen Spion im Lager der Fußballweltmeisterschaft 2006 gekommen. Der Fußballstar in der Situation posieren und erhebt getrennt. „Die Fähigkeit des Gehirns, die Kontrolle zu kontrollieren, was nicht sehr gegeben“, erklärt Sylvain Laborde.

Wenn Sportler vor einem Wettkampf oder in Power Atemübungen praktizieren, könnte das womöglich dazu beitragen, den Wettkampf länger aushalten.

## ATEMTIPPS

von Dr. Sylvain Laborde

**Was hilft gegen Stress?**  
Dafür sollte man langsam und kontrolliert atmen, in nur sechs Atemzügen pro Minute. Das Einatmen sollte vier Sekunden dauern, das Ausatmen dagegen sechs. Wichtig ist es, in den Bauch zu atmen. Zur Kontrolle kann man eine Hand auf den Brustkorb legen, um sicherzugehen, dass er sich nicht bewegt. Die Luft sollte am besten durch die Nase eingeatmet werden, dann ist sie sauberer, wärmer und feuchter. 15 Minuten lang daran kontrollieren zu atmen hilft, sich danach nach der Arbeit zu entspannen und schneller einzuschlafen.

**Können Atemübungen auch gegen Schlaflosigkeit helfen?**  
In dem Fall hilft es, schnell zu atmen, etwa 30 Atmungen, eine Minute lang. Dann ist man sofort wach, aktiv und kann sich besser konzentrieren. Gerade nach dem Mittagessen kann dies die übliche Schlaflosigkeit lindern, im besten Fall sogar das Koffein ersetzen. Das Einatmen und Ausatmen sollte dabei gleich lang sein und immer jeweils eine Sekunde dauern. Manche schaffen es, sogar 60 bis 120 mal pro Minute zu atmen, das nennt man dann „breath of fire“, also Feueratmung. Aber das ist Laien nicht zu empfehlen, weil es dann zu Symptomen wie Schwindel, Herzrasen und Energiehunger im Brustkorb kommen kann.

**Wie bekommt man tagüber den Kopf frei?**  
Dafür sollte man eine Schüssel mit kaltem Wasser bereiten haben. Zwischenisch ist es natürlich sehr erfrischend, das Gesicht ins Wasser zu tauchen und die Atmung anzuhalten – wie lange, wie man es schafft. Sofort schlägt das Herz langsamer und kräftiger. Das Wasser wirkt auf das Menschen so ähnlich wie ein Neutrinon am Computer. Je länger es gelingt, die Luft unter Wasser anzuhalten, desto größer der Effekt. Vorher eine Zeit lang schnell zu atmen erlaubt es, den Atem im Anschluss länger anzuhalten. Dem Niederländer Wim Hof gelang es mithilfe solcher Atemübungen, fast zwei Stunden lang in Eiswasser zu baden. Zu Anfang sollte man es mit dem Luftanhalten allerdings nicht übertreiben.

**Wie können Sportler Atemübungen nutzen?**  
Zum einen können sie spezielle Geräte verwenden, bei denen sie gegen einen Widerstand ein- und ausatmen. Das trainiert die Atemmuskulatur und steigert so die Leistung. Im Wettkampf dagegen kann die langsame, kontrollierte Atmung helfen, Nervosität abzubauen. Die schnelle, kurze Atmung dagegen aktiviert den Sportler und macht ihn hellwach.

15 Minuten lang kontrolliert in sechs Zyklen zu atmen hilft auch Sylvain Laborde sich entspannen und besser einzuschlafen

Bei Experimenten fand Laborde heraus, dass es wichtig ist, länger aus zu einatmen – das wirkt sich positiv auf Hirnfunktionen aus

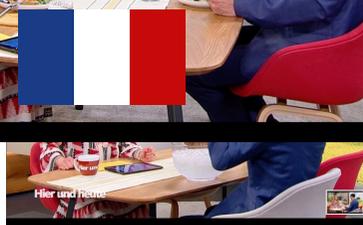
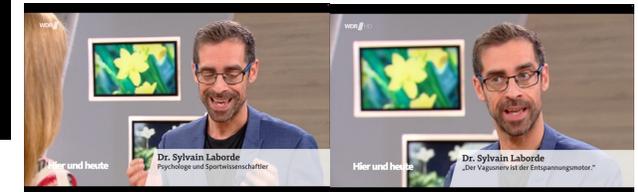
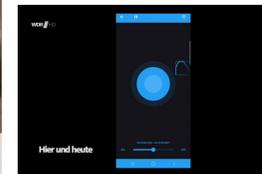
# WDR Hier und Heute Atmen –

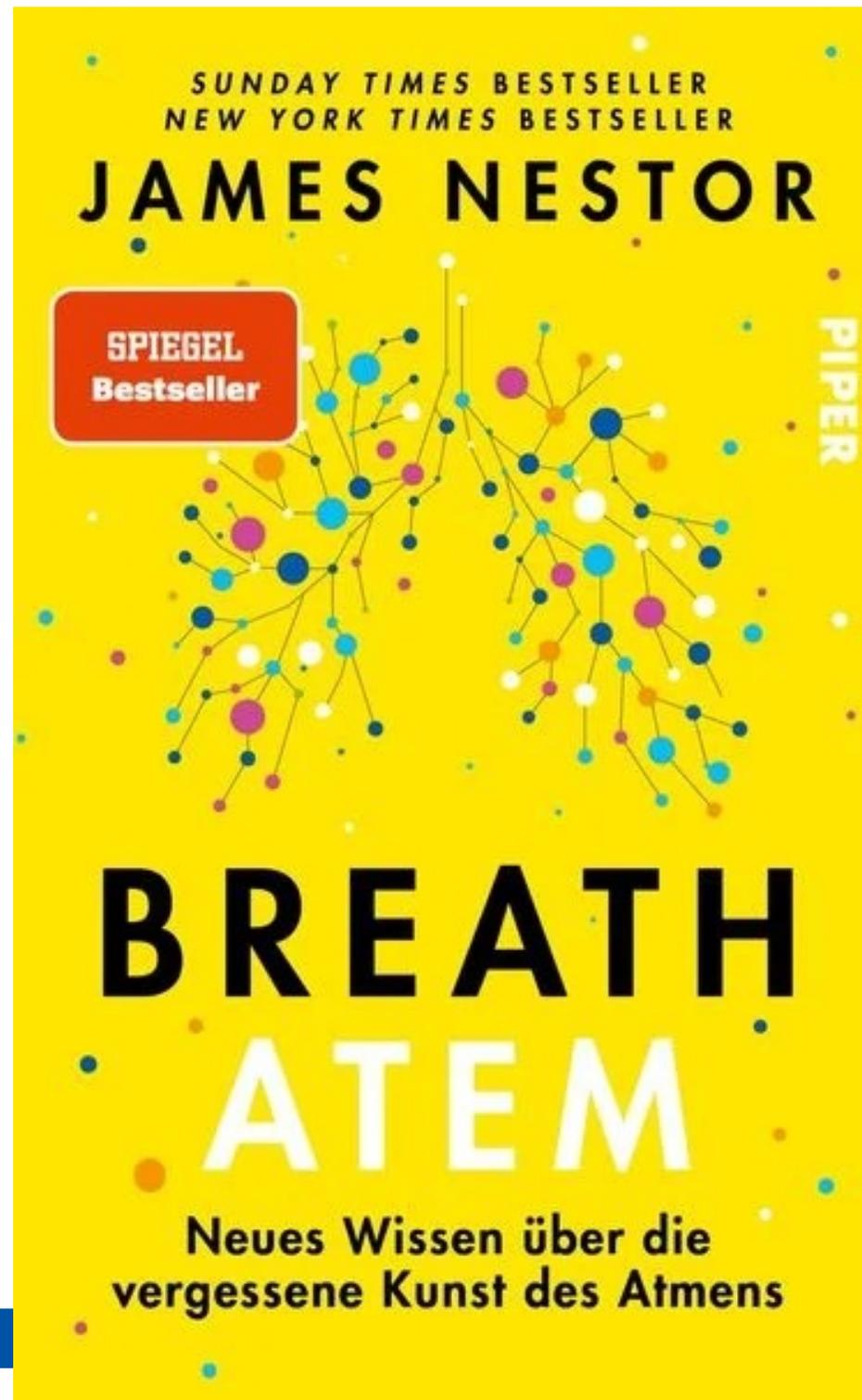
## 18.04.2024

WDR Mediathek

Full episode - **Part 1: Talking about Slow-Paced Breathing**  
 from 4:15 to 13:12 - [Link](#)

**Part 2: Diving Reflex**  
 (starting at 4:15) - [Link](#)







RHEINISCHE POST

**Brut.**



**L'ÉQUIPE**

**tennis**  
MAGAZIN

DIE ZEIT



**SHAPE**

**GEO WISSEN**

Frankfurter Allgemeine  
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND



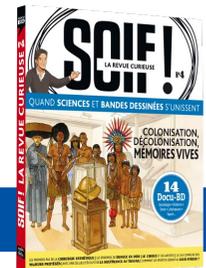
**FOCUS**

TAGESSPIEGEL  
RERUM CAUSAS  
COGNOSCERE

**liberté**  
Le Bonhomme Libre

ZEIT ONLINE

**Cerveau & Psycho**





**!!!Download section!!!**  
all research papers! all press articles!



**Merci de votre attention!**

Performance Psychology group

Institute of Psychology

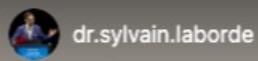
German Sport University Cologne



sylvainlaborde



sylvain.laborde@dshs-koeln.de



@dr.sylvain.laborde

@SportPsychSpoho

ResearchGate

**FOLLOW ME!**

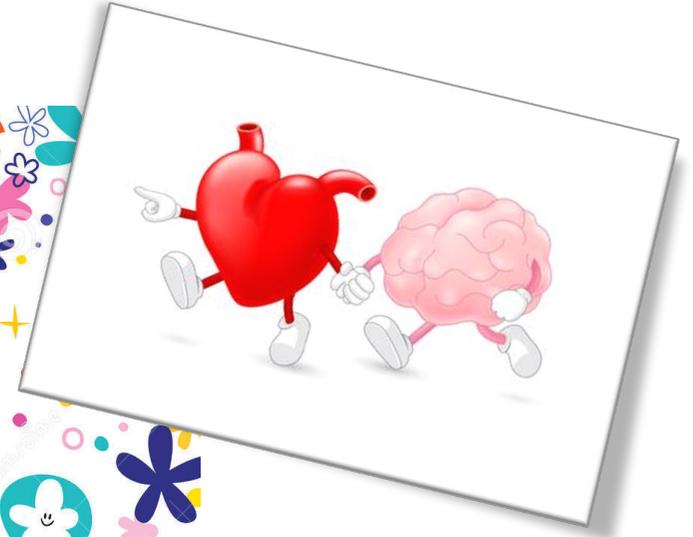


Enalkil



YouTube





# Referenzliste

- Alpher, V. S., Nelson, R. B., 3rd, & Blanton, R. L. (1986). Effects of cognitive and psychomotor tasks on breath-holding span. *Journal of Applied Physiology*, 61(3), 1149–1152.
- Bal, B. S. (2015). Exploring the Therapeutic Effects of Kapalbhathi Pranayama on Metabolic Fitness (MetF) and Bone Integrity (BI). *Science Journal of Education*, 3(2), 37–42.
- Bhavanani, A. B., Ramanathan, M., Balaji, R., & Pushpa, D. (2014). Differential effects of uninostril and alternate nostril pranayamas on cardiovascular parameters and reaction time. *International journal of yoga*, 7(1), 60.
- Buchanan, T. L., & Janelle, C. M. (2021). Fast breathing facilitates reaction time and movement time of a memory-guided force pulse. *Human Movement Science*, 76, 102762.
- Dinesh, T., Gaur, G. S., Sharma, V. K., Madanmohan, T., Kumar, K. H., & Bhavanani, A. B. (2015). Comparative effect of 12 weeks of slow and fast pranayama training on pulmonary function in young, healthy volunteers: A randomized controlled trial. *International journal of yoga*, 8(1), 22.
- Eichhorn, L., Erdfelder, F., Kessler, F., Dolscheid-Pommerich, R. C., Zur, B., Hoffmann, U., Ellerkmann, R. E., & Meyer, R. (2017). Influence of Apnea-induced Hypoxia on Catecholamine Release and Cardiovascular Dynamics. *International Journal of Sports Medicine*, 38(2), 85–91.
- Gilbert, C. (1999). Hyperventilation and the body. In *Accident and Emergency Nursing* (Vol. 7, Issue 3, pp. 130–140). [https://doi.org/10.1016/s0965-2302\(99\)80072-1](https://doi.org/10.1016/s0965-2302(99)80072-1)
- Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247–256. <https://doi.org/10.1080/026404197367254>
- Jacob, C., Keyrouz, C., Bideau, N., Nicolas, G., El Hage, R., Bideau, B., & Zouhal, H. (2015). Pre- exercise hyperventilation can significantly increase performance in the 50-meter front crawl. *Science & Sports*, 30(3), 173–176. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.02.006>
- Joshi, M., & Telles, S. (2009). A nonrandomized non-naive comparative study of the effects of kapalabhathi and breath awareness on event-related potentials in trained yoga practitioners. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 15(3), 281–285.
- Joulia, F., Lemaitre, F., Fontanari, P., Mille, M. L., & Barthelemy, P. (2009). Circulatory effects of apnoea in elite breath-hold divers. *Acta Physiologica*, 197(1), 75–82.
- Laborde, S., Allen, M. S., Borges, U., Hosang, T. J., Furley, P., Mosley, E., & Dosseville, F. (2021). The influence of slow-paced breathing on executive function. *Journal of Psychophysiology*.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 25(3), 177–191.
- Lim, D. J., Kim, J. J., Marsh, G. D., & Belfry, G. R. (2018). Correction to: Physiological resolution of periodic breath holding during heavy-intensity Fartlek exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 118(12), 2641.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McMahan, S., & Jenkins, D. (2002). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32(12), 761–784.
- Raghuraj, P., & Telles, S. (2008). Immediate effect of specific nostril manipulating yoga breathing practices on autonomic and respiratory variables. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 33(2), 65-75.
- Russo, M. A., Santarelli, D. M., & O'Rourke, D. (2017). The physiological effects of slow breathing in the healthy human. *Breathe*, 13(4), 298-309.
- Saoji, A. A., Raghavendra, B. R., & Manjunath, N. K. (2019). Effects of yogic breath regulation: A narrative review of scientific evidence. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 10(1), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.07.008>
- Sharma, V. K., Trakroo, M., Subramaniam, V., Rajajeyakumar, M., Bhavanani, A. B., & Sahai, A. (2013). Effect of fast and slow pranayama on perceived stress and cardiovascular parameters in young health-care students. *International Journal of Yoga*, 6(2), 104–110.
- Telles, S., Gupta, R. K., Gandharva, K., Vishwakarma, B., Kala, N., & Balkrishna, A. (2019). Immediate Effect of a Yoga Breathing Practice on Attention and Anxiety in Pre-Teen Children. *Children*, 6(7). <https://doi.org/10.3390/children6070084>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2014). *Principles of Anatomy and Physiology*. John Wiley & Sons.
- Zaccaro, A., Paruli, A., Laurino, M., Garbella, E., Menicucci, D., Neri, B., & Gemignani, A. (2018). How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological Correlates of Slow Breathing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 353.

