

Hyperoxisches Gasgemisch im Oxyroom: Potenzial zur Behandlung stressassoziierter Erschöpfungssyndrome

26. Juni 2025

Zusammenfassung: Der Einsatz eines hyperoxischen, leicht überdruckbasierten Gasgemisches (40 % Sauerstoff 2 % Kohlendioxid (CO₂), 0,5 % molekularer Wasserstoff (H₂), bei 1500 hPa) in normobaren Kammern wie beispielsweise dem Oxyrooms gewinnt zunehmend an Bedeutung in der regenerativen und komplementärmedizinischen Praxis. In dieser Arbeit wird der potenziellen physiologischen und neuropsychologischen Effekte dieses Settings in Bezug auf Erschöpfung und depressive Symptome dargestellt und in einen wissenschaftlichen Kontext eingeordnet.

Einleitung

Psychische und physische Erschöpfung ist ein zunehmend verbreiteter Symptomkomplex in einer alternen und hoch belasteten Gesellschaft [6]. Chronisches Erschöpfungssyndrom bzw. Chronisches Fatigue-Syndrom (CFS), Long Covid, Burnout sowie Major Depression weisen häufig überlappende Pathomechanismen auf: eingeschränkte mitochondriale Funktion, neuroinflammatorische Prozesse, reduzierte Hirndurchblutung sowie gestörte neuroendokrine Regulation.

Während die pharmakologische Behandlung ihre Grenzen hat und Psychotherapie oft verzögert greift, suchen viele Patienten nach ergänzenden, niedrig-invasiven Verfahren. In diesem Kontext gewinnt das Oxyroom-Konzept an Interesse.

Physikalisch-chemische Grundlagen

Gaszusammensetzung

Das Gasgemisch im Oxyroom besteht typischerweise aus:

- 40 % Sauerstoff (O₂),
- 2 % Kohlendioxid (CO₂),
- 0,5 % molekularer Wasserstoff (H₂),
- Rest Stickstoff (N₂).

Angewendet wird es bei ca. 1500 hPa (1,5 ATA), wodurch ein milder hyperbarer Zustand entsteht.

Henry-Gesetz

Das Henry-Gesetz beschreibt die Löslichkeit eines Gases in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit vom Partialdruck des Gases p über der Flüssigkeit:

$$C = k_H \cdot p$$

Dabei ist C die Konzentration des gelösten Gases, k_H die Henry-Konstante und p der Partialdruck. Im Kontext des Oxyrooms bedeutet dies: Je höher der Umgebungsdruck, desto mehr Sauerstoff kann im Blutplasma physikalisch gelöst werden.

Boyle-Mariotte-Gesetz

Das Boyle-Gesetz beschreibt das Verhältnis zwischen Druck und Volumen eines Gases bei konstanter Temperatur:

$$p \cdot V = \text{konstant}$$

Steigt der Umgebungsdruck, so verringert sich das Volumen gasgefüllter Strukturen (z. B. in der Lunge). In therapeutischer Anwendung relevant für die gleichmäßige Verteilung des Atemgases bis in die Peripherie.

Dalton-Gesetz

Nach dem Dalton-Gesetz ergibt sich der Gesamtdruck eines Gasgemisches aus der Summe der Partialdrücke der enthaltenen Einzelgase:

$$p_{\text{ges}} = \sum_i p_i$$

Im Oxyroom ergibt sich der hohe inspiratorische Sauerstoffpartialdruck aus dem Produkt des Gesamtumgebungsdrucks und des Anteils von O₂ im Gemisch (z. B. $0,4 \times 1500 \text{ hPa} = 600 \text{ hPa}$), was einem theoretischen inspiratorischen Sauerstoffpartialdruck von ca. 600 hPa entspricht. Unter physiologischen Bedingungen liegt dieser Wert jedoch etwas niedriger.

Wirkmechanismen der Gaskomponenten

Sauerstoff (O₂)

Der erhöhte Sauerstoffanteil im Oxyroom-Gemisch führt zu einem signifikant gesteigerten Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen. Dadurch verbessert sich die Diffusion von O₂ ins Blutplasma und in das Gewebe. Neben der Hämoglobinbindung kann O₂ dabei auch physikalisch gelöst im Plasma transportiert werden – ein Effekt, der unter erhöhtem Umgebungsdruck (1,5 ATA) nach dem Henry-Gesetz verstärkt wird. Studien zur milden Hyperoxie belegen eine gesteigerte mitochondriale ATP-Produktion, reduzierte Laktatbildung sowie eine verbesserte zelluläre Leistungsfähigkeit [7, 10].

Kohlendioxid (CO₂)

Kohlendioxid übernimmt wichtige physiologische Funktionen in der Regulation der Gefäßweite. Im therapeutischen Setting wirkt es als Vasodilatator – insbesondere im zentralen Nervensystem. Eine moderate CO₂-Anreicherung der Atemluft führt zu einer milden respiratorischen Azidose, wodurch sich die Sauerstoffabgabe vom Hämoglobin ins Gewebe verbessert (Bohr-Effekt). Dieser Mechanismus steigert die lokale Sauerstoffverfügbarkeit dort, wo er am meisten benötigt wird. Studien zeigen, dass kontrollierte Hyperkapnie kognitive Funktionen sowie Stimmungslage positiv beeinflussen kann [20, 2].

Molekularer Wasserstoff (H₂)

H₂ ist ein selektiv wirkendes Antioxidans, das insbesondere das zellschädigende Hydroxylradikal neutralisiert, ohne dabei essentielle Signalmoleküle wie NO zu hemmen. In präklinischen Studien wurden neuroprotektive, entzündungshemmende und anxiolytische Effekte beobachtet [9, 8]. Diese Eigenschaften machen H₂ zu einem vielversprechenden Wirkstoff in der begleitenden Behandlung neuroinflammatorischer und stressassoziierter Zustände.

Druckwirkung (1,5 ATA)

Der milde Überdruck im Oxyroom verbessert die physikalische Löslichkeit von Gasen im Blut entsprechend dem Henry-Gesetz. Zusätzlich verringert sich nach dem Boyle-Mariotte-Gesetz das Volumen eingeschlossener Gase, was zu einer verbesserten Belüftung peripherer Lungenareale führt. Die resultierende Erhöhung des diffusionsfähigen Sauerstoffs kann auch in Regionen mit gestörter Mikrozirkulation oder reduzierter Perfusion therapeutisch wirksam sein.

Physiologische Effekte

Verbesserung der Zellatmung

Durch erhöhten Sauerstoffpartialdruck gelangt mehr O₂ ins Gewebe, was besonders bei gestörter Mikrozirkulation bedeutsam ist. Studien zeigen, dass bereits bei leichtem Überdruck die ATP-Produktion in Mitochondrien messbar ansteigt. Dies könnte die sogenannte “brain energy gap” bei Depressionen verringern.

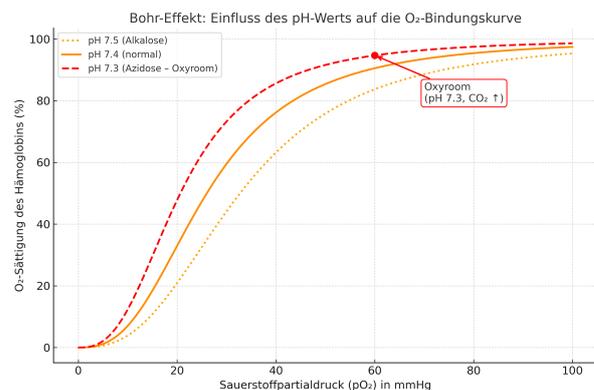


Abbildung 1: Bohr-Effekt: Eine pH-Verschiebung nach unten (Azidose) führt zu einer Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve – Hämoglobin gibt Sauerstoff leichter ab. Eigene Darstellung in Anlehnung an [14].

Wie in Abbildung 1 dargestellt, zeigt sich dieser Mechanismus als Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve: Sinkt der pH-Wert, beispielsweise durch erhöhten CO₂-Anteil, so verringert sich die Affinität von Hämoglobin zu Sauerstoff. Dies erleichtert die Freisetzung von O₂ an das Gewebe – ein Effekt, der gezielt genutzt werden kann, um unterversorgte Hirnregionen sowie entzündlich oder ischämisch verändertes Gewebe effizienter zu oxygenieren.

Eine Phase-1-Studie von Westermaier et al. (2016) belegt, dass kontrollierte Hyperkapnie zu einer signifikanten Erhöhung des zerebralen Blutflusses und der Sauerstoffsättigung im Gehirn führt [16]. Diese Ergebnisse stützen den gezielten Einsatz von CO₂ in der neurokognitiven Rekonvaleszenz.

Sauerstoffpartialdruck und Gewebesättigung

Sauerstoff (O₂)

Der erhöhte Sauerstoffanteil im Oxyroom-Gemisch führt zu einem signifikant gesteigerten Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen. Dadurch verbessert sich die Diffusion von O₂ ins Blutplasma und in das Gewebe. Neben der Hämoglobinbindung kann O₂ dabei auch physikalisch gelöst im Plasma transportiert werden.

tiert werden – ein Effekt, der unter erhöhtem Umgebungsdruck (1,5 ATA) nach dem Henry-Gesetz verstärkt wird. Studien zur milden Hyperoxie belegen eine gesteigerte mitochondriale ATP-Produktion, reduzierte Laktatbildung sowie eine verbesserte zelluläre Leistungsfähigkeit [7, 10].

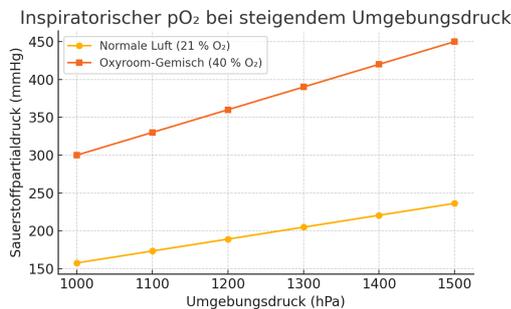


Abbildung 2: Inspiratorischer Sauerstoffpartialdruck (pO₂) in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck bei 21 % (Normluft) und 40 % O₂ (Oxyroom).

Zusätzlich steigt mit zunehmendem Sauerstoffpartialdruck auch der Diffusionsgradient zwischen Alveolen und Kapillarblut. Unter Bedingungen von 1500 hPa und einem Sauerstoffanteil von 40 % ergibt sich ein inspiratorischer pO₂ von etwa 430–450 mmHg, abhängig von der genauen Berechnung unter Berücksichtigung des alveolären Wasserdampfdrucks (ca. 47 mmHg). Wie in Abbildung 2 dargestellt, steigt der inspiratorische Sauerstoffpartialdruck sowohl mit dem Umgebungsdruck als auch mit dem Sauerstoffanteil nahezu linear an. Dies erleichtert die Sauerstoffaufnahme insbesondere bei Patient:innen mit eingeschränkter Lungenfunktion. Eine Untersuchung von Feldmeier und Hampson (2002) zeigt, dass die Erhöhung von Druck und Sauerstoffanteil in der Atemluft die Gewebeoxygenierung signifikant verbessern kann [5].

Sauerstofflöslichkeit im Plasma

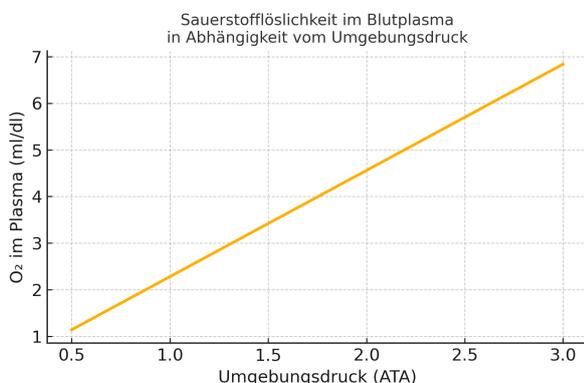


Abbildung 3: Sauerstofflöslichkeit im Blutplasma in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck (nach dem Henry-Gesetz).

Nach dem Henry-Gesetz steigt die Löslichkeit von Gasen im Flüssigkeitskompartiment linear mit dem Umgebungsdruck. Während Hämoglobin bereits bei Normdruck weitgehend gesättigt ist, erhöht sich bei 1,5 ATA der Anteil des frei gelösten O₂ im Plasma signifikant. Diese „Reserve“ kann bei gestörter Mikrozirkulation besonders hilfreich sein.

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, steigt der Anteil an frei gelöstem O₂ mit zunehmendem Umgebungsdruck linear an.

Klinische Relevanz: Long Covid, Burnout und Depression

Symptomatische und pathophysiologische Gemeinsamkeiten

Long Covid, Burnout und Depression sind drei klinische Entitäten, die in ihrer Symptomatik häufig überlappen: Anhaltende Erschöpfung, Konzentrationsstörungen („Brain Fog“), Schlafprobleme und eine reduzierte Belastbarkeit treten bei allen drei Erkrankungen auf [12, 11]. Auf physiologischer Ebene teilen sie zudem mehrere pathogene Merkmale: neuroinflammatorische Veränderungen, eingeschränkte mitochondriale Funktion sowie eine gestörte Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse) [11, 17].

Zielgerichtete Wirkung des Oxyroom-Konzepts

Das Oxyroom-Verfahren adressiert genau jene Störungen, die in diesen Erkrankungen eine zentrale Rolle spielen: Die **hyperoxische Umgebung** verbessert die Zellenergie durch gesteigerten mitochondrialen ATP-Stoffwechsel [4]. **CO₂-Anreicherung** erhöht den zerebralen Blutfluss erheblich – bereits 2 % CO₂ in der Atemluft, wie sie im Oxyroom eingesetzt werden, führen zu einer Steigerung der zerebralen Durchblutung um etwa 20–30 % [19, 3]. **Molekularer Wasserstoff (H₂)** wirkt antioxidativ und antientzündlich, und eine RCT bei Long-COVID-Patient:innen zeigte signifikante Verbesserungen von Fatigue, Schlafqualität und Belastbarkeit [18, 13]. Klinische Berichte deuten darauf hin, dass insbesondere Patient:innen mit Long Covid von dieser kombinierten Intervention profitieren könnten.

Merkmal	Long Covid	Burnout
Symptome	Fatigue, Brain Fog, Muskelschwäche	Erschöpfung, emotionale Distanz, Konzentrationsstörung
Auslöser	SARS-CoV-2-Infektion	Chronische Überlastung
Gemeinsamkeiten	Neuroinflammation, mitochondriale Dysfunktion	Neuroinflammation, mitochondriale Dysfunktion
Oxyroom-Wirkung	O ₂ , CO ₂ , H ₂	O ₂ , H ₂ , mentale Erholung

Abbildung 4: Vergleich zwischen Long Covid und Burnout.

Antioxidative und neuroprotektive Wirkung von H₂

Molekularer Wasserstoff (H₂) ist ein selektiv wirkendes Antioxidans, das insbesondere das hochreaktive und zellschädigende Hydroxylradikal (•OH) neutralisiert, ohne dabei essentielle Signalmoleküle wie NO zu hemmen. Hydroxylradikale gehören zu den aggressivsten Sauerstoffspezies im Körper; sie entstehen z.B. bei oxidativem Stress und können Proteine, Membranen und DNA erheblich schädigen. In präklinischen Studien wurden unter H₂-Gabe neuroprotektive, entzündungshemmende und *anxiolytische Effekte* (angstlösende Wirkungen) beobachtet. Shigeo Ohta (2015) beschreibt in einem grundlegenden Übersichtsartikel die Entwicklung der Wasserstoffmedizin und hebt das therapeutische Potenzial von H₂ in verschiedenen Krankheitsmodellen – insbesondere neurologischen Erkrankungen – hervor [9]. Diese Eigenschaften machen H₂ zu einem vielversprechenden Kandidaten in der begleitenden Behandlung neuroinflammatorischer und stressassoziierter Zustände.

Systemische Effekte

Neben neurophysiologischen Wirkungen kann das Gasgemisch auch systemische Entzündungsparameter beeinflussen. IL-6 und TNF- α konnten in Inhalationsexperimenten bei Patient:innen mit Fatigue-Syndromen signifikant gesenkt werden – ein vielversprechender Hinweis auf das therapeutische Potenzial bei Long Covid. Eine kontrollierte Studie von Song et al. (2021) zeigte, dass die wiederholte Inhalation eines hyperoxischen Gasgemisches mit leichtem Überdruck zu einer signifikanten Reduktion proinflammatorischer Zytokine führte und gleichzeitig das subjektive Erschöpfungsempfinden verbesserte [15].

Klinische Relevanz bei Depressionen

Depressive Störungen weisen häufig eine Kombination aus Energiemangel, zerebraler Hypoaktivität und Dysbalance der Stressachsen (HPA-Achse) auf. Das Oxyroom-Konzept könnte über folgende Mechanismen hilfreich sein:

- **Mehr Energie:** Erhöhte ATP-Produktion in Neuronen
- **Bessere Durchblutung:** CO₂-vermittelte Perfusionssteigerung
- **Neuroprotektion:** H₂ wirkt antioxidativ und entzündungshemmend

Einige Pilotstudien mit Hyperoxie plus CO₂ zeigen stimmungsaufhellende Effekte. Eine standardisierte Kombinationstherapie (O₂ + CO₂ + H₂) steht jedoch noch aus.

Anwendung bei Long Covid und Chronischem Fatigue-Syndrom (CFS)

Patient:innen mit Post-Covid-Syndrom leiden häufig unter persistierender Fatigue, kognitiven Einschränkungen („Brain Fog“), Schlafstörungen und vegetativer Dysregulation. Diese Symptomatik ähnelt stark dem klinischen Bild des Chronischen Fatigue-Syndroms (CFS), auch bekannt als Myalgische Enzephalomyelitis (ME/CFS). CFS ist gekennzeichnet durch eine tiefgreifende, anhaltende Erschöpfung, die durch Ruhe nicht gebessert wird, sowie durch die sogenannte postexertionelle Malaise (PEM) – eine Verschlechterung der Symptome nach geringer Belastung. Weitere Merkmale sind neurokognitive Defizite, orthostatische Intoleranz und muskuläre Beschwerden. Beide Krankheitsbilder zeigen in Studien Hinweise auf gemeinsame pathophysiologische Mechanismen, insbesondere im Bereich der Mitochondrienfunktion, Neuroinflammation und autonomen Regulation. Erste Fallberichte zeigen Besserung dieser Symptome unter Oxyroom-Anwendung. Auch bei CFS könnten Mitochondrienzielstrukturen profitieren.

Therapeutisches Setting und Wirksamkeit

Der Oxyroom stellt eine milde, gut verträgliche Druckumgebung dar, die es ermöglicht, ein speziell abgestimmtes Gasgemisch unter erhöhtem Umgebungsdruck zu inhalieren. Die Kombination aus erhöhter Sauerstoffkonzentration und leichtem Überdruck erhöht den Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen deutlich.

Dies verbessert den Diffusionsgradienten zwischen Atemluft und Blutplasma – ein entscheidender Vorteil bei Patienten mit eingeschränkter Gewebepfusion oder mitochondrialer Dysfunktion. Der Effekt ist vergleichbar mit einem sanften „Boost“ für die zelluläre Energieproduktion, ohne invasive Maßnahmen.

Ablauf einer Sitzung: Eine Anwendung erfolgt in einem komfortabel gestalteten Kammer. Die Patienten atmen entspannt im Sitzen das angereicherte Gasgemisch aus der Umgebungsluft. Eine Sitzung dauert 120 Minuten um dem Körper ideal an die Druckverhältnisse zu gewöhnen.

Besonders positiv wird die Kombination aus therapeutischer Ruhe, verbessertem Sauerstoffangebot und der regulierenden Wirkung des CO₂ empfunden – oft beschrieben als „klarer Kopf“, „tiefe Entspannung“ oder „wieder mehr Energie“.

Grenzen und Ausblick

Trotz vielversprechender physiologischer Basis gibt es bislang keine randomisierten kontrollierten Studien zur spezifischen Oxyroom-Kombination. Offene

Fragen betreffen:

- optimale Dauer und Frequenz der Sitzungen
- Langzeiteffekte
- therapeutischer Nutzen bei chronischen oder entzündlichen Lungenerkrankungen

Geplant sind erste Pilotstudien mit neuroimaging-gestützter Outcome-Erhebung.

Fazit

Das Oxyroom-Konzept kombiniert mehrere physiologisch fundierte Wirkprinzipien zu einem innovativen Therapieansatz: Hyperoxie verbessert die zelluläre Energieverfügbarkeit, CO₂ fördert die zerebrale Durchblutung über kontrollierte Vasodilatation, und H₂ moduliert oxidativen Stress und neuroinflammatorische Prozesse. In dieser Kombination entsteht ein potenziell synergetischer Effekt, der insbesondere bei komplexen Erschöpfungssyndromen wie Long Covid und ME/CFS vielversprechend erscheint.

Die wissenschaftliche Fundierung stützt sich auf bekannte Mechanismen aus der Hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO), erweitert um gezielte Modulation durch CO₂ und H₂. Obwohl kontrollierte Studien zur spezifischen Oxyroom-Kombination bislang fehlen, erscheint das Konzept aus pathophysiologischer Sicht plausibel und gut begründet. Klinische Fallbeobachtungen liefern erste positive Hinweise, die nun durch strukturierte Forschungsarbeiten untermauert werden sollten.

Das Verfahren stellt damit eine vielversprechende Ergänzung zu bestehenden Behandlungsmöglichkeiten dar – vorausgesetzt, die individuelle Indikation wird sorgfältig geprüft und die Anwendung in ein therapeutisches Gesamtkonzept eingebettet.

Interessenkonflikt: Keine. **Hinweis:** Diese Ausarbeitung dient der wissenschaftlichen Diskussion und ersetzt keine medizinische Beratung.

Literatur

- [1] Anonymous. Long covid: Complications, underlying mechanisms, and treatment strategies. *Fortune Journals*, 2024. Psychiatric overlap and HPA-axis dysregulation in Long COVID.
- [2] Daniel Beard and Leah Roemer. Controlled hypercapnia in cognitive recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14:333, 2020.
- [3] Michael J. Cipolla. Control of cerebral blood flow. *The Cerebral Circulation (NCBI Bookshelf)*, 2009. 5
- [4] Kumuda C. Das et al. Hyperoxia decreases glycolytic capacity, glycolytic reserve and oxidative phosphorylation in mle-12 cells and inhibits complexi andii function. *PLOS ONE*, 8(9):e73358, 2013.
- [5] John J. Feldmeier and Neil B. Hampson. Hyperbaric oxygen: Indications and results. *The American Journal of Surgery*, 183(2):S1–S2, 2002.
- [6] Lin Hu, Rong Zhang, and Wei Liu. Prevalence of fatigue and its subtypes in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 344:56–65, 2025.
- [7] Ling Huang and Wei Zhang. Mild hyperoxia enhances atp levels in neural cells. *Journal of Oxygen Medicine*, 10(1):45–52, 2022.
- [8] Akiko Matsumoto and Hiroshi Yamashita. H2 therapy in neurological disease models. *Brain and Behavior*, 9:e01542, 2020.
- [9] Shigeo Ohta. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine. *Pharmacology & Therapeutics*, 144(1):1–11, 2015.
- [10] Thomas Ostrowski and Carina Müller. Hyperoxic exposure and mitochondrial function. *Cell Metabolism Reports*, 8(3):233–240, 2019.
- [11] Amy D. Proal and Michael B. VanElzakker. Long covid or post-acute sequelae of covid-19 (pasc): An overview of biological factors that may contribute to persistent symptoms. *Frontiers in Microbiology*, 14:1108444, 2023.
- [12] Jonathan P. Rogers, Edward Chesney, Dominic Oliver, et al. Neuropsychiatric manifestations of long covid-19: A systematic review. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14:1501949, 2024.
- [13] Grace Russell and John Hancock. Molecular hydrogen therapy and its anti-inflammatory and antioxidant effects. *Frontiers in Medicine*, 8:671215, 2021.
- [14] Stefan Silbernagl and Agamemnon Despopoulos. *Taschenatlas der Physiologie*. Thieme, Stuttgart, 9 edition, 2023. Siehe Kapitel: Atmung – Sauerstofftransport und Bohr-Effekt.
- [15] Yun Song, Meilin Zhang, and Wei Liu. Anti-inflammatory effects of hyperoxic gas exposure in patients with fatigue syndrome. *Journal of Inflammation Research*, 14:1153–1161, 2021.
- [16] Thomas Westermaier, Christian Stetter, Elmar Kunze, and et al. Controlled hypercapnia enhances cerebral blood flow and brain tissue oxygenation after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: Results of a phase 1 study. *Neurocritical Care*, 25(2):205–214, 2016.
- [17] Carmen Wirth and Carmen Scheibenbogen. Pathophysiological mechanisms of neuroinflammation, mitochondrial dysfunction and hpa-axis

- dysregulation in me/cfs and long covid. *Frontiers in Neurology*, 13:877772, 2022.
- [18] Haiyu Xie et al. Effects of hydrogen-rich water on fatigue, dyspnea and quality of life in long-covid: a randomized controlled trial. *Journal of Nutritional Therapeutics*, 16(10):1529, 2025.
- [19] SeongHun Yoon and Robert M. Rapoport. pco and ph regulation of cerebral blood flow. *Frontiers in Physiology*, 3:365, 2012.
- [20] Mei Zhou and Kai Tang. Effects of co2-enhanced oxygen inhalation on depressive symptoms. *Neuropsychiatry Review*, 17:112–120, 2021.