

# Physiologische Herausforderungen und Anpassungen im Wettkampfabtauchen

## *Physiological Challenges and Adaptations in Competitive Freediving*

### Aufbau der Arbeit

Dieses Review gibt eine Übersicht über die Physiologie des Tauchens mit angehaltenem Atem, unter besonderer Berücksichtigung der Mechanismen, welche die individuelle Fähigkeit des Menschen bestimmen, sich an extreme Umgebungsbedingungen unter Wasser in Apnoe anzupassen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die stetige Verbesserung individueller Höchstleistungen im Apnoesport offenbarte in den letzten Jahren eine Diskrepanz zwischen der klassischen Auffassung physiologischer Grenzen beim Apnoetauchen und den inzwischen tatsächlich erreichten Apnoezeiten von mehr als 10 min Dauer und Wassertiefen jenseits von 200 m. Während Apnoe und Submersion im Wasser zu erheblichen Veränderungen von Blutgasen und kardiovaskulären und pulmonalen Effekten führen, die sich deutlich von Effekten von Apnoe an der Wasseroberfläche unterscheiden, belastet der mit zunehmender Tiefe ansteigende hydrostatische Druck zusätzlich die Leistungsfähigkeit beim Apnoetauchen, welche von individuellen Faktoren wie verfügbaren Sauerstoffspeichern und Sauerstoffmetabolismus sowie weiteren psychologischen und genetischen Faktoren determiniert wird. Elite-Apnoetaucher haben dabei bemerkenswerte physiologische Adaptationen entwickelt wie einen ausgeprägteren Tauchreflex und eine erhöhte Hyperkapnietoleranz im Vergleich zu Nichttauchern, sowie metabolische und zerebrovaskuläre Anpassungen. Durch glossopharyngeale Insufflation vor dem Abtauchen werden mehr Luft zum Druckausgleich und eine größere Sauerstoffmenge zur Verfügung gestellt. Hierdurch erniedrigt sich auch der Quotient aus Residualvolumen in Bezug zum totalen Lungenvolumen und verringert damit das Risiko eines Unterdruckbarotraumas der Lunge beim Abtauchen.

### Was ist neu und relevant?

Veränderungen der arteriellen Blutgase in der Tiefe sind individuell unterschiedlich und nicht zwangsläufig mit der Apnoezeit und Tauchtiefe korreliert. Die Beobachtung von arteriellen Hypoxämien in der Tiefe trotz hohen intrapulmonalen pO<sub>2</sub> unterstreicht die Hypothese, dass die Lungenvolumenreduktion beim Abtauchen in die Tiefe inhomogen sein kann und das Auftreten von regionalen Atelektasen intrapulmonale Shuntmechanismen begünstigt.

### Methodische Einschränkungen

Das Verständnis der physiologischen Veränderungen insbesondere beim Tieftauchen in Apnoe beruht großteils auf theoretischen Überlegungen und ist nur durch spärliche experimentelle Daten gestützt.

### Schlussfolgerungen für die Praxis

Extremes Apnoetauchen ist mit erheblichen akuten Belastungen des kardiozirkulatorischen und pulmonalen Systems assoziiert. Während individuelle Verbesserungen der Leistungsfähigkeit durch Training im Sinne einer besseren Adaptation an diese Belastungen zu beobachten sind, liegen über mögliche Langzeitfolgen bzw. Maladaptationen fortgesetzten Apnoetrainings nur unzureichende Daten vor. ■

## ERWEITERTES ABSTRACT

ACCEPTED: September 2024

PUBLISHED ONLINE: October 2024

Tetzlaff K, Muth CM. Physiological challenges and adaptations in competitive freediving. *Dtsch Z Sportmed*. 2024; 75: 207-215. doi:10.5960/dzsm.2024.613

1. UNIVERSITY HOSPITAL TÜBINGEN, Department of Sports Medicine, Tübingen, Germany
2. ULM UNIVERSITY MEDICAL CENTER, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Ulm, Germany



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

### KORRESPONDENZADRESSE:

Prof. Dr. Kay Tetzlaff  
Department of Sports Medicine  
University Hospital Tübingen  
Hoppe-Seyler-Str. 6  
72076 Tübingen, Germany  
✉: [kay.tetzlaff@klinikum.uni-tuebingen.de](mailto:kay.tetzlaff@klinikum.uni-tuebingen.de)