
Atemtechnik-Kompendium

Band 2 — Wenn Atmung zum Trainingsreiz wird

Version 1.0 | Stand August 2026

Karl Peter Dräger

FIT-or-FAT.com

Aktuellste Versionen (DE, EN, ES) und weitere Formate unter: fit-or-fat.com/atemtechnik

Inhalt

Teil 0 — Das Wichtigste in Kürze	3
Evidenz, Sicherheit und Eignung: die drei Kennzeichnungen.....	3
Fünf Kernbotschaften.....	4
Teil 1 — Sicherheit zuerst: wenn Atmung zum Trainingsreiz wird.....	5
Die drei absoluten Regeln gelten weiter ●	5
Die vier Hebel: was in Teil 2 unterschiedlich belastet wird ●	5
Hypokapnie ≠ Hypoxie — die wichtigste Unterscheidung dieses Bandes ●	6
Erweiterte Sicherheits- und Vorsichtsmatrix ●	7
Teil 2 — Atemmuskeltraining (IMT)	8
Was ist Atemmuskeltraining? ●	8
Geräte: Widerstand präzise dosieren ●	9
Warum Atemmuskeln überhaupt ermüden: der Metaboreflex ●	9
Trainingsprotokolle: viel Uneinigkeit ●	9
Evidenz bei gesunden Erwachsenen und Sportlern ●	10
Evidenz bei COPD ●	10
Evidenz bei Asthma ●	11
Ein Wort zur Reviewqualität selbst ●	11
Eignung: für wen lohnt sich IMT?	12
Fazit: vier Fragen, vier Antworten	12
Teil 3 — Pressatmung, Bracing und Valsalva.....	13
Vier Begriffe, die oft verwechselt werden ●	13
Der Mechanismus: Druck als Werkzeug ●	13
Wie viel Druck? Stark abhängig von der Übung ●	13
Der Preis: Blutdruckspitzen ●	14
Leistung ≠ Sicherheit: was eine Studie wirklich zeigt ●	14
Augeninnendruck und Glaukom ●	15
Venöser Rückstrom bei kombinierter Belastung ●	15
Zerebrovaskuläres Risiko: was die Datenlage hergibt ●	15
Eignung: wer sollte Valsalva meiden oder anpassen?	16
Fazit: praktische Einordnung.....	16
Teil 4 — Atmung unter Belastung	17
Wann wird Atmung limitierend? Die Ausnahme EIAH ●	17
Atem-Schritt-Kopplung beim Laufen ●	18
Nasenatmung im Wettkampf: was eine aktuelle Studie zeigt ●	18
Schwimmen: Atemseitigkeit und Symmetrie ●	19
Seitenstechen: mehr als nur Zufall ●	19
Fazit: wann wird Atmung zur Grenze?	20
Teil 5 — Zu viel Atmung: Hyperventilation als Methode.....	21
Ist „High-Ventilation Breathwork“ überhaupt eine Kategorie? ●	21
Der Mechanismus im Detail: was Hypokapnie im Gehirn bewirkt ●	21
Sudarshan Kriya Yoga: die am besten belegte HVB-Praxis ●	22
Holotropes Atmen: die am wenigsten belegte HVB-Praxis ●	22
Breathwork allgemein: Metaanalyse mit Vorbehalt ●	23
Eignung: für wen ist HVB sinnvoll?	23
Fazit: eine Kategorie, zwei Evidenzwelten	24

Teil 6 — Zu wenig Sauerstoff: Apnoe, Höhe und Hypoxie	25
Der Mechanismus: der Tauchreflex ●	25
Shallow Water Blackout: der Mechanismus, der zählt ●	25
Höhentraining: Live-High-Train-Low ●	26
Non-Responder: kein festes Merkmal ●	26
Normobar oder hypobar: eine ungeklärte Fachdebatte ●	26
Intermittent Hypoxic Training (IHT): weniger als gedacht ●	27
IHHT: was die Evidenz zeigt — und was nicht ●	27
Im Überblick: vier Wege, Sauerstoff zu entziehen	28
Was Höhenttraining nicht ist ●	28
Eignung: für wen ist welches Verfahren sinnvoll?.....	29
Fazit: vier Wege, ein Mechanismus, sehr unterschiedliche Risiken.....	29
Teil 7 — Atemtherapie bei chronischen Erkrankungen	30
Asthma: was bereits an anderer Stelle steht ●	30
COPD: die Lippenbremse ●	30
Long COVID: starke Marker, unklarer Alltagsnutzen ●	31
Post-Exertional Malaise: das Warnsignal	31
Eignung: symptomorientiert oder unklar	32
Fazit: Ergänzung, nicht Ersatz	32
Teil 8 — Atmung und Psyche	33
Breathwork bei Angst und Depression: die Metaanalyse-Ebene ●	33
Die größte Einzelstudie widerspricht der eigenen Metaanalyse-Ebene ●	33
Wann wird eine Atemtechnik zur Vermeidung? ●	34
Panikstörung: ein Baustein unter mehreren ●	34
Eignung: Regulation ja, Ersatztherapie nein.....	34
Fazit: hilfreich, aber kein Allheilmittel	35
Teil 9 — Was oft behauptet wird.....	36
Atmung und Verdauung: real, aber enger als behauptet ●	36
Langlebigkeit und Mitochondrien-Marketing ●	36
„Entgiftung durch Atmung“ ●	37
„Sauerstoffversorgung optimieren“ ●	37
„Immunsystem stärken“ ●	37
Apps und Wearables: was wird gemessen, was extrapoliert? ●	38
Fazit: kritisch heißt nicht ablehnend	38
Teil 10 — Was bleibt	39
Fünf Kernbotschaften, die bleiben.....	39
Was dieser Band bewusst nicht abdeckt.....	40
Schlusswort	40
Anhang.....	41
Glossar (Ergänzung zu Band 1)	41
Evidenz, Sicherheit und Eignung: die drei Kennzeichnungen erklärt.....	42
Erweiterte Sicherheits- und Vorsichtsmatrix.....	42
Quellenverzeichnis nach Studientyp und Quellenart gegliedert.....	43
Freies Wissen & Unterstützung.....	47
Impressum und Disclaimer.....	47

Teil 0 — Das Wichtigste in Kürze

Wer nur fünf Minuten hat: Diese Seite genügt für den Überblick. Band 2 baut auf Band 1 auf und setzt dessen Grundlagen — Physiologie, Sicherheitsregeln, Evidenz-Ampel und Sicherheitssymbole — als bekannt voraus. Der Charakter ist dabei ein anderer: Band 1 beantwortet vor allem, welche Atemtechniken sich für den Alltag eignen. Band 2 fragt eher, warum Sportlerinnen und Sportler, Ärztinnen und Ärzte oder Taucherinnen und Taucher Atmung gezielt als Trainingsreiz einsetzen — weniger Anleitung, mehr Einordnung.

Evidenz, Sicherheit und Eignung: die drei Kennzeichnungen

Teil 1 hat zwei Bewertungsdimensionen eingeführt: Evidenz und Sicherheit. Band 2 ergänzt eine dritte: die Eignung. Anders als Evidenz und Sicherheit ist die Eignung keine Wirkungs- oder Risikoskala, sondern beantwortet eine andere Frage: Für wen ist eine Technik trotz Evidenz und Sicherheit die richtige Wahl? Die drei Dimensionen sind bewusst unterschiedlich gekennzeichnet — Evidenz als Ampel (●●●), Sicherheit mit eigenen Symbolen (☑️⚠️🚫), Eignung ohne Symbol nur als Textlabel. Farbe steht dabei stets zusätzlich zu Text, damit die Einordnung auch bei Farbsehschwäche und im Schwarzweißdruck funktioniert.

Evidenz und Sicherheit

Beide Systeme gelten unverändert fort und werden hier nicht erneut hergeleitet. Evidenz-Ampel: ● Etabliert, ● Gemischt, ● Spekulativ — bewertet, wie gut eine Wirkung belegt ist. Sicherheit: ☑️ Keine Einschr., ⚠️ Individuell, 🚫 Vorsicht — bewertet das Vorsichtsniveau bei bestimmten Techniken oder Vorerkrankungen.

Eignung

Bewertet, für wen eine Technik trotz Evidenz und Sicherheit sinnvoll ist — neu in Band 2. Kein Ersatz für eine medizinische Einzelfallbeurteilung.

Allgemein — für gesunde Personen in der Regel ohne Einschränkung anwendbar.

Individuell — die Eignung hängt stark von der Person ab, z. B. Responder/Non-Responder beim Höhentaining.

Nicht ohne Fachbegleitung — sinnvoll nur in ärztlicher oder physiotherapeutischer Begleitung, z. B. Atemmuskeltraining bei Post-Exertional Malaise.

Fünf Kernbotschaften

1. **Atemmuskulatur ist trainierbar** ● — Kraftzuwachs der Atemmuskulatur durch gezieltes Training ist gut belegt; die Übertragung auf die sportliche Gesamtleistung ist dagegen uneinheitlich (Teil 2).
 2. **Pressatmung ist ein Werkzeug, kein Automatismus** ● — Das Valsalva-Manöver kann beim Krafttraining die Rumpfstabilität erhöhen, geht aber mit kurzzeitig teils erheblichen Blutdruckspitzen einher (Teil 3).
 3. **Hypokapnie ist nicht Hypoxie** ● — Zu viel Atmung (CO₂-Mangel) und zu wenig Sauerstoff sind zwei unterschiedliche physiologische Mechanismen mit unterschiedlichen Risiken. Sie zu verwechseln, ist gefährlich (Teil 1, Teil 5, Teil 6).
 4. **Symptome lindern ist nicht die Grunderkrankung behandeln** ● — Atemtherapie kann bei Asthma, COPD und Long COVID ergänzen, ersetzt aber keine medizinische Behandlung. Bei Post-Exertional Malaise ist besondere Vorsicht geboten (Teil 7).
 5. **Viele populäre Behauptungen zu Atmung, Verdauung und Langlebigkeit sind unzureichend belegt** ● — Von „das Immunsystem stärken“ bis „die Lebensdauer verlängern“: Die aktuelle Evidenzlage trägt diese Aussagen in ihrer verbreiteten Form nicht (Teil 9).
-

Teil 1 — Sicherheit zuerst: wenn Atmung zum Trainingsreiz wird

Die drei absoluten Regeln gelten weiter ●

Die drei absoluten Regeln aus Band 1 gelten unverändert — und für die höheren Intensitäten in diesem Band umso strikter:

1. **Nie im oder am Wasser.** Auch nicht in der Badewanne, auch nicht am Beckenrand mit den Füßen im Wasser.
2. **Nie beim Autofahren oder Bedienen von Maschinen.**
3. **Nie gegen auftretenden Schwindel ankämpfen.** Schwindel ist das Signal, sofort zu stoppen und normal weiterzuatmen – nicht, die Übung "durchzuziehen".

Die vier Hebel: was in Teil 2 unterschiedlich belastet wird ●

Jede Technik in diesem Band wird einem primären physiologischen Hebel zugeordnet; weitere Mechanismen können beteiligt sein, sind aber nicht das strukturierende Prinzip. Diese Zuordnung entscheidet die Kapitelgrenzen: Jedes Kapitel behandelt einen primären Hebel.

1. **Widerstand** — Die Atemmuskulatur muss gegen einen erhöhten Widerstand arbeiten — Trainingsreiz für die Atemmuskulatur (Teil 2).
2. **Druck** — Bewusst erzeugter intrathorakaler und intraabdominaler Druck stabilisiert den Rumpf, belastet aber kurzzeitig das Herz-Kreislauf-System (Teil 3).
3. **CO₂-Entzug** — Hyperventilation senkt den CO₂-Spiegel (Hypokapnie) und verändert dadurch Hirndurchblutung und Wahrnehmung — unabhängig vom Sauerstoffgehalt (Teil 5).
4. **O₂-Entzug / Hypoxie-Exposition** — Apnoe, Höhenexposition oder Hypoxie-Geräte senken die Sauerstoffverfügbarkeit (Hypoxie) und setzen einen metabolischen Anpassungsreiz (Teil 6).

Hypokapnie ≠ Hypoxie — die wichtigste Unterscheidung dieses Bandes ●

Der häufigste Irrtum bei intensiven Atemtechniken ist die Gleichsetzung von „stark atmen“ mit „viel Sauerstoff aufnehmen“. Beides sind unterschiedliche physiologische Zustände mit unterschiedlichen Mechanismen und Risiken.

CO₂-Abfall (Hypokapnie) durch Hyperventilation

Verstärkte Atmung senkt den CO₂-Spiegel im Blut. Das führt über eine hypokapnische Vasokonstriktion zu einer verminderten Hirndurchblutung, dazu kommen Kribbeln und Schwindel (Band 1, Teil 1). Entscheidend: Die Sauerstoffsättigung steigt dadurch bei gesunden Menschen in Ruhe typischerweise nur geringfügig — sie liegt bereits ohne Hyperventilation nahe am physiologischen Maximum. Ein Pulsoximeter (SpO₂) zeigt diesen Unterschied nicht an: Es misst ausschließlich die Sauerstoffsättigung, nicht den CO₂-Spiegel — ein unauffälliger SpO₂-Wert schließt eine ausgeprägte Hyperventilation also nicht aus.

O₂-Abfall (Hypoxie) durch Atemanhalten, Höhe oder Gerät

Hier sinkt der tatsächliche Sauerstoffgehalt im Blut. Das Gewebe muss echte Anpassungsreize aktivieren, etwa die Bildung roter Blutkörperchen (Erythropoese, Teil 6). Diese Anpassung ist der eigentliche Trainingsreiz beim Höhentaining.

Warum die Kombination gefährlich ist

Wird vor dem Atemanhalten hyperventiliert, sinkt der CO₂-Spiegel künstlich ab. Das verzögert den natürlichen Atemreiz, während der Sauerstoffgehalt im Blut ungebremst weiter sinkt — der Körper bemerkt den Sauerstoffmangel dadurch zu spät. Genau dieser Mechanismus liegt dem Shallow Water Blackout zugrunde (Band 1, Teil 1: Warum die Wasser-Regel gilt). Er gilt nicht nur im Wasser, sondern bei jeder Aktivität, die auf ununterbrochene Aufmerksamkeit angewiesen ist.

Beide Mechanismen im direkten Vergleich:

	CO ₂ -Entzug (Hypokapnie)	O ₂ -Entzug (Hypoxie)
Auslöser	Hyperventilation	Atemanhalten, Höhe, Hypoxie-Gerät
Primärer Effekt	Zerebrale Vasokonstriktion	Zelluläre Sauerstoffunterversorgung
Subjektives Signal	Schwindel, Kribbeln, Engegefühl	Uneinheitlich — schwächer und langsamer als der CO ₂ -Reiz, kann bei schnellem Abfall ausbleiben
Größte Gefahr	Kombination mit Wasser (Shallow Water Blackout)	Fehlendes Vorwarnsignal bei plötzlichem Abfall, v. a. nach vorheriger Hyperventilation
Normalisierung	Atmung beruhigen — CO ₂ steigt von selbst wieder an	Sauerstoffzufuhr: frische Luft, Belastung/Anhalten abbrechen

Erweiterte Sicherheits- und Vorsichtsmatrix

Diese Übersicht ist keine medizinische Kontraindikationsliste. Sie dient der Orientierung, welche Techniken aus diesem Band besondere Vorsicht erfordern. Bei bekannten Erkrankungen oder einer Schwangerschaft sollte die individuelle Eignung mit einer medizinischen Fachperson geklärt werden. Sie ergänzt die Matrix aus Band 1, Teil 1 um die drei zentralen Techniken dieses Bandes (Teil 2, Teil 3, Teil 6); die dortigen fünf Zeilen gelten unverändert fort.

Legende:  Vorsicht = individuell ärztlich abklären ·  Individuell = situationsabhängig ·  Keine Einschr. = keine bekannte spezifische Einschränkung

Technik	Kardiovaskuläre Risiken	Schwangerschaft	Akute Atemwegserkrankung	Epilepsie (bekannt/vermutet)
Pressatmung / Valsalva-Manöver	 Vorsicht	 Vorsicht	 Individuell	 Keine Einschr.
Atemmuskeltraining (IMT, hohe Intensität)	 Individuell	 Individuell	 Vorsicht	 Keine Einschr.
Hypoxie-Exposition (Höhe, Apnoe, Gerät)	 Vorsicht	 Vorsicht	 Vorsicht	 Individuell

Hinweis: Pressatmung mit ausgeprägtem Druckanteil (Valsalva-Manöver) kann den Augeninnendruck erhöhen; bei Glaukom ist ärztliche Rücksprache sinnvoll — analog zum entsprechenden Hinweis in Band 1, Teil 1, der dort noch ohne eigene Matrixzeile blieb, da das Basis-Kompendium Pressatmung nicht vertieft.

Ein Hinweis in eigener Sache: Die Einstufungen in dieser erweiterten Matrix sind ein erster, bewusst vorsichtiger Entwurf. Sie werden in den jeweiligen Fachkapiteln (Teil 2, Teil 3, Teil 6) anhand von Primärquellen überprüft und bei Bedarf präzisiert.

Ein Beispiel für die Eignung in der Praxis: Atemmuskeltraining ist bei gesunden Sportlern eine etablierte Trainingsform — **Allgemein** (Teil 2). Bei Post-Exertional Malaise im Rahmen von Long COVID oder ME/CFS kann dieselbe Belastung die Symptome verschlechtern — hier gilt, je nach Schweregrad, **Individuell** bis **Nicht ohne Fachbegleitung** (Teil 7). Evidenz und Sicherheit allein sagen also noch nichts darüber aus, ob eine Technik für eine bestimmte Person die richtige Wahl ist.

Mit diesem Rahmen folgen die vier Hebel im Detail — beginnend mit dem trainierbaren Atemmuskel (Teil 2).

Teil 2 — Atemmuskeltraining (IMT)

Kurz zur Erinnerung, aus Band 1: Atmung ist eine Kette aus vier Stationen — Luft strömt durch die Nase ein, in den Lungenbläschen diffundiert Sauerstoff ins Blut, das Blut transportiert ihn zu den Geweben, dort wird er in den Mitochondrien zur Energiegewinnung verbraucht. Bei einem gesunden Menschen ist normalerweise nicht der Sauerstofftransport der Engpass, sondern die Regulation von CO_2 und pH (Band 1, Teil 2).

Band 2 stellt eine andere Frage: Wenn die Atemmuskulatur selbst — wie jeder andere Skelettmuskel — ermüden kann, lässt sie sich dann auch gezielt trainieren? Und wenn ja: wozu ist das gut?

Was ist Atemmuskeltraining? ●

Inspiratory Muscle Training (IMT) trainiert gezielt die Muskulatur, die für das Einatmen zuständig ist — vor allem das Zwerchfell sowie die äußeren Zwischenrippenmuskeln. Das Prinzip: Ein Gerät erzeugt beim Einatmen einen definierten Widerstand, gegen den die Atemmuskulatur arbeiten muss — wiederholt, über Wochen, wie bei einem klassischen Krafttraining.

Gemessen wird die Atemmuskelkraft meist über den maximalen inspiratorischen Druck (MIP, auch P_Imax): Nach vollständiger Ausatmung wird maximal kräftig gegen ein verschlossenes System eingeatmet, der entstehende Unterdruck in cmH_2O ist das Maß. Bei jungen gesunden Erwachsenen liegt der MIP-Wert als grober Anhaltspunkt üblicherweise zwischen etwa -80 und $-120 \text{ cmH}_2\text{O}$; Werte, die weniger negativ sind als etwa $-60 \text{ cmH}_2\text{O}$ (z. B. -50 , $-40 \text{ cmH}_2\text{O}$), gelten als Hinweis auf eine klinisch relevante Schwäche der Atemmuskulatur (Evans & Whitelaw, 2009). Das Pendant für die Ausatemmuskulatur ist der maximale expiratorische Druck (MEP).

Geräte: Widerstand präzise dosieren ●

Zwei Gerätetypen dominieren die Literatur. Pressure-Threshold-Geräte öffnen ein Ventil erst, wenn ein eingestellter Druck überschritten wird — unabhängig vom individuellen Atemverhalten, dadurch präzise reproduzierbar. Flowresistive Geräte verengen stattdessen eine Öffnung, durch die geatmet wird; der tatsächlich erzeugte Druck hängt hier zusätzlich davon ab, wie schnell jemand einatmet, was die Dosierung weniger exakt macht. In Vergleichsstudien wurden flowresistive Systeme mit sich veränderndem Widerstand als angenehmer empfunden und erzielten größere Volumen- und Flussantworten — welches System für welchen Zweck überlegen ist, gilt in der Literatur insgesamt als ungeklärt.

Warum Atemmuskeln überhaupt ermüden: der Metaboreflex ●

Der Grund, warum Atemmuskeltraining einen plausiblen Sinn hat: Ermüdet die Atemmuskulatur — etwa bei intensiver Ausdauerbelastung —, sammeln sich in ihr Stoffwechselprodukte an. Über spezialisierte Nervenfasern (Typ-IV-Afferenzen) löst das eine sympathisch vermittelte Reflexantwort aus: Blutgefäße in der arbeitenden Extremitätenmuskulatur verengen sich, Durchblutung wird zugunsten der Atemmuskulatur umverteilt. Das schützt kurzfristig die Atmung, kann aber die Beinmuskulatur zusätzlich ermüden und die Leistung begrenzen — der sogenannte Atemmuskel-Metaboreflex. Eine kleine kontrollierte Studie (Witt et al., 2007; n=8 Trainingsgruppe bei 50 % MIP, n=8 Placebo-Kontrolle bei 10 % MIP, 5 Wochen) zeigt den Mechanismus konkret: Nach dem Training war der Herzfrequenz-Anstieg bei einer standardisierten Atembelastung von zuvor rund 35–41 % auf noch etwa 27 % abgeschwächt, der Anstieg des mittleren arteriellen Drucks von 17–21 % auf nur noch etwa 4 % — bei unveränderter Kontrollgruppe. Interpretation: Trainierte Atemmuskulatur ermüdet langsamer und braucht seltener auf den Metaboreflex zurückzugreifen. Wichtig für die Einordnung: Das ist eine sehr kleine Stichprobe — als Mechanismus-Nachweis geeignet, nicht als Beleg für einen Leistungseffekt in einer bestimmten Größenordnung.

Trainingsprotokolle: viel Uneinigkeit ●

Ein einheitliches IMT-Protokoll gibt es nicht. Publiizierte Studien trainieren mit Intensitäten zwischen 30 und 80 % des individuellen MIP, am häufigsten um 50–60 %, meist über 6–12 Wochen, mit 3–7 Trainingstagen pro Woche. Manche Protokolle orientieren sich an klassischer Krafttrainingslogik (wenige Wiederholungen bei hoher Last), andere an Ausdauerlogik (viele Wiederholungen bei niedriger Last) — beide Ansätze lassen sich über die trainierte Gesamtbelastung (Wiederholungen × Sätze × Sitzungen × %MIP) grob vergleichbar machen, ohne dass sich daraus ein optimales Protokoll ableiten ließe.

Evidenz bei gesunden Erwachsenen und Sportlern

Bei gesunden Erwachsenen ist der Kraftzuwachs der Atemmuskulatur selbst gut belegt und unstrittig . Interessanter — und deutlich weniger eindeutig — ist die Frage, ob sich das auf sportliche Leistung überträgt.

Ein systematisches Review zu Ausdauersportarten (Shei, 2018) berichtet Verbesserungen über mehrere Disziplinen: bei Zeitfahren im Radsport, bei der Zeit bis zur Erschöpfung beim Laufen (in einer Einzelstudie +42 %), beim Schwimmen (+3 bis +7 % je nach Distanz) und bei VO_2max (+11 bis +14 % über mehrere Studien). Eine in Shei (2018) berichtete Ruderstudie fand dagegen keinen Effekt — die Autoren vermuten einen zu geringen Trainingsreiz.

Besonders aufschlussreich ist ein Populationsunterschied beim Schwimmen: Elite-Schwimmer mit 10–12 Trainingseinheiten pro Woche zeigten keinen zusätzlichen Nutzen durch IMT, während Sub-Elite-Athletinnen und -Athleten profitierten. Naheliegende Erklärung: Ein sehr hohes reguläres Trainingsvolumen liefert der Atemmuskulatur bereits einen äquivalenten Reiz — IMT hat dann wenig hinzuzufügen.

Einschränkend: Die Studien variieren stark in der Verblindungsqualität, und ein Placebo-Effekt (weniger wahrgenommene Atemnot, nicht zwingend mehr Leistung) lässt sich in vielen Designs nicht sauber von einem echten physiologischen Effekt trennen.

Evidenz bei COPD

Bei COPD ist IMT eines der am gründlichsten untersuchten Themen dieses Kapitels — und liefert gleichzeitig das deutlichste Beispiel dafür, wie stark das Ergebnis von der gewählten Messmethode abhängt.

Der aktuelle Cochrane-Review (Ammous et al., 2023) findet für die 6-Minuten-Gehstrecke einen Zuwachs von 35,7 m (95 %-Konfidenzintervall 25,7–45,7 m; 16 Studien, 501 Teilnehmende) bei moderater Evidenzsicherheit. Eine frühere Metaanalyse (Beaumont et al., 2018), die stattdessen den Shuttle- bzw. 12-Minuten-Gehtest auswertete, fand dagegen keinen statistisch signifikanten Effekt (die Konfidenzintervalle reichen jeweils weit ins Negative). Das ist kein Widerspruch, der sich einfach auflösen lässt — unterschiedliche Gehtests, unterschiedliche eingeschlossene Studien, unterschiedliches Ergebnis.

Zur klinischen Einordnung: Wie groß eine spürbare Verbesserung der Gehstrecke sein muss, ist selbst umstritten — Schätzungen der minimal klinisch relevanten Differenz (MCID) reichen von etwa 30 m bis 54–80 m, je nach Berechnungsmethode. Der Cochrane-Effekt liegt damit an der unteren Grenze mancher Schätzungen und unterhalb anderer. Eine eindeutige Aussage „klinisch relevant“ oder „nicht relevant“ wäre in beide Richtungen eine Überinterpretation .

Die Atemmuskulatur selbst steigt konsistent — eine Metaanalyse mit 16 Studien (Han et al., 2024) findet für den Teilsatz von 10 Studien, die MIP berichten, eine standardisierte Effektstärke von 0,86 gegenüber Kontrolle . Dyspnoe und Lebensqualität verbessern sich ebenfalls, allerdings mit niedrigerer bis sehr niedriger Evidenzsicherheit. Der Cochrane-Review weist zudem darauf hin, dass der zusätzliche Nutzen von IMT als Ergänzung zu einem bestehenden körperlichen Rehabilitationsprogramm fraglich ist — klarer belegt ist der Effekt, wenn IMT allein eingesetzt wird, etwa bei Personen, die (noch) kein reguläres Bewegungstraining durchführen können.

Evidenz bei Asthma ●

Bei Asthma zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei COPD: mehrere Metaanalysen, unterschiedliche Ergebnisse — hier zusätzlich mit einem Unterschied zwischen Kindern und Erwachsenen.

Bei Erwachsenen findet eine aktuelle Metaanalyse (Lista-Paz et al., 2022) für die Lungenfunktion (FEV1) keinen signifikanten Effekt, wohl aber für die Belastungsdyspnoe. Eine andere, im Rahmen dieser Recherche nicht im Volltext zugängliche Quelle berichtet dagegen einen FEV1-Zuwachs von rund 3,3 Prozentpunkten sowie einen MIP-Zuwachs von etwa 22 cmH₂O. Solange sich diese zweite Zahl nicht an der Primärquelle nachvollziehen lässt, bleibt sie hier unbestätigt — nicht widerlegt, aber auch nicht zitierfähig.

Bei Kindern (4–18 Jahre) findet eine Metaanalyse aus sechs randomisierten Studien (Xiang et al., 2024) signifikante Verbesserungen bei MIP (+25 cmH₂O), FEV1 (+5 Prozentpunkte) und Asthmakontrolle — allerdings bei sehr hoher statistischer Heterogenität zwischen den Studien (I^2 um 92–98 %), extrem weiten Konfidenzintervallen und dem expliziten Hinweis der Autoren, dass keine der eingeschlossenen Studien die Trainingsadhärenz erfasst hat.

Die ehrliche Zusammenfassung: IMT kann bei Asthma die Atemmuskulatur und wahrscheinlich die Belastungsdyspnoe verbessern ●. Ob es die Lungenfunktion selbst messbar verbessert, ist zwischen Studien uneinheitlich — und bei Kindern zusätzlich durch hohe Studienheterogenität erschwert einzuordnen.

Ein Wort zur Reviewqualität selbst ●

Bevor einzelne Zahlen aus diesem Kapitel isoliert zitiert werden: Eine Übersichtsarbeit, die 23 systematische Reviews zu IMT bei chronischen Atemwegserkrankungen bewertet hat (Torres-Castro et al., 2025), kommt zu einem ernüchternden Befund. Nur 2 der 23 Reviews wurden als methodisch hochwertig eingestuft, 14 als kritisch niedrige Qualität. Die Autoren dokumentieren zudem, dass unterschiedliche Reviews bei identischen Fragestellungen — etwa Dyspnoe bei Asthma — zu widersprüchlichen Aussagen über die Evidenzsicherheit kommen.

Das bedeutet nicht, dass IMT wirkungslos ist. Es bedeutet, dass die Menge an verfügbarer Literatur zu diesem Thema nicht mit der Qualität dieser Literatur verwechselt werden sollte — eine Unterscheidung, die für praktisch jedes Thema in diesem Kompendium gilt, bei IMT aber besonders deutlich dokumentiert ist.

Eignung: für wen lohnt sich IMT?

Allgemein: Gesunde Erwachsene mit moderatem bis normalem Trainingsvolumen, die eine niedrigschwellige Ergänzung zum bestehenden Training suchen.

Individuell: Sportlerinnen und Sportler mit bereits sehr hohem Trainingsvolumen (siehe Elite-Schwimmer oben) — hier ist ein zusätzlicher Nutzen unsicher. Ebenso Personen mit COPD oder Asthma als Ergänzung zu bestehender Therapie — der Nutzen ist real, aber die Größenordnung schwankt zwischen Studien erheblich.

Nicht ohne Fachbegleitung: Bei akuten Atemwegserkrankungen (siehe Matrix, Teil 1) sollte mit dem Training bis zur Stabilisierung gewartet werden. Bei Long COVID oder ME/CFS mit Post-Exertional Malaise ist grundsätzliche Vorsicht geboten, da IMT eine reale körperliche Belastung darstellt, die die PEM-Symptomatik verschlechtern kann (vertieft in Teil 7).

Fazit: vier Fragen, vier Antworten

Macht IMT die Atemmuskulatur stärker? Ja — gut belegt, über alle untersuchten Populationen hinweg 🟢.

Verbessert IMT die Belastbarkeit? Bei COPD wahrscheinlich, abhängig vom verwendeten Messverfahren 🟡. Bei Asthma vor allem bei der wahrgenommenen Atemnot, weniger eindeutig bei der Lungenfunktion selbst 🟡.

Verbessert IMT die sportliche Leistung? Bei nicht-elitären Sportlerinnen und Sportlern in mehreren Disziplinen ja — bei bereits sehr hohem Trainingsvolumen fraglich 🟡.

Ist IMT für jeden geeignet? Nein — siehe Eignung oben.

Quellen: Ammous et al. (2023), Cochrane Database of Systematic Reviews. Beaumont et al. (2018), The Clinical Respiratory Journal. Han et al. (2024), Life. Lista-Paz et al. (2022), Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. Xiang et al. (2024), Frontiers in Pediatrics. Witt et al. (2007), The Journal of Physiology. Shei (2018), Journal of Strength and Conditioning Research. Torres-Castro et al. (2025), Frontiers in Sports and Active Living. Evans & Whitelaw (2009), Respiratory Care.

Teil 3 — Pressatmung, Bracing und Valsalva

Band 1 hat Pressatmung bewusst ausgeklammert: Sie ist nicht Teil des Basis-Kompendiums und wurde dort nur mit einem Hinweis auf den Augeninnendruck erwähnt. Dieses Kapitel holt das nach — mit dem zweiten Hebel aus Teil 1: Druck.

Vier Begriffe, die oft verwechselt werden ●

„Luft anhalten beim Heben“ ist keine einheitliche Technik, sondern eine Sammelbezeichnung für mindestens vier unterschiedliche Dinge:

Atemanhalten (Apnoe): einfaches Anhalten der Luft, ohne aktives Pressen — der Grundzustand, aus dem sich die anderen drei Techniken entwickeln.

Bracing: willkürliches Anspannen der Rumpfmuskulatur zur Wirbelsäulenstabilisierung. Bracing lässt sich mit oder ohne Atemanhalten ausführen — begrifflich unabhängig von den anderen drei Techniken, auch wenn es in der Praxis oft mit ihnen kombiniert wird.

Valsalva-Manöver: forcierte Ausatmung gegen geschlossene Glottis (Stimmritze). Die Luft kann nicht entweichen, dadurch bauen sich gleichzeitig hoher intrathorakaler und intraabdominaler Druck auf.

Forcierte Ausatmung bei offener Glottis: Ausatmen unter Anspannung während der konzentrischen Bewegungsphase, aber ohne den Glottisverschluss des Valsalva-Manövers — dadurch geringerer Druckaufbau im Brustkorb.

Der Unterschied zwischen offener und geschlossener Glottis ist die entscheidende Stellschraube dieses Kapitels: Er trennt die Technik mit dem höchsten Druckaufbau (und höchsten kardiovaskulären Kosten) von einer Alternative mit geringerem Druck.

Der Mechanismus: Druck als Werkzeug ●

Die Idee hinter Pressatmung im Krafttraining: Ein erhöhter intraabdominaler Druck (IAP) verwandelt den Rumpf vorübergehend in einen stabileren, druckversteiften Zylinder. Das soll die Wirbelsäule bei schweren Lasten entlasten und die Kraftübertragung von der Beinmuskulatur auf die Last verbessern.

Wie viel Druck? Stark abhängig von der Übung ●

„Pressatmung erhöht den Druck“ ist keine feste Größe, sondern hängt stark davon ab, welche Übung ausgeführt wird. Ein systematisches Review von 16 Studien (Blazek et al., 2019) zeigt das deutlich: Bei der Kniebeuge steigt der intraabdominale Druck auf über 200 mmHg — beim Bankdrücken dagegen nur auf durchschnittlich 79 mmHg. Kreuzheben, Beinpresse und Rudern am Kabelzug liegen mit 161–176 mmHg dazwischen. Die Autoren empfehlen Bankdrücken und Rudern als Einstiegsübungen für Anfänger und Personen mit Bluthochdruck, während bei Kniebeuge, Kreuzheben und ähnlichen Übungen mit hoher axialer Last eine progressive Gewöhnung sinnvoll ist.

Der Preis: Blutdruckspitzen

Die klassische Referenzstudie stammt von MacDougall et al. (1985): Bei fünf erfahrenen Bodybuildern wurde der Blutdruck während Übungen bis zum Muskelversagen direkt über einen Katheter in der Armarterie gemessen. Bei der beidbeinigen Beinpresse erreichte der Blutdruck im Gruppenmittel 320/250 mmHg — bei einem Probanden wurden 480/350 mmHg gemessen. Zum Vergleich: Ein Blutdruck ab etwa 180/120 mmHg gilt in der Medizin bereits als hypertensiver Notfall, wenn er anhält. Diese Extremwerte treten allerdings nur kurzzeitig, während der konzentrischen Phase eines maximalen Hebeversuchs auf — nicht als Dauerzustand.

Dass Valsalva systematisch höhere Blutdruckreaktionen erzeugt als kontrollierte Atmung, ist mehrfach repliziert — schon beim Bizeps-Curl und bei der Kniestreckung zeigte sich dieses Muster (Linsenbardt, Thomas & Madsen, 1992). Eine randomisierte Vergleichsstudie mit Kniebeugen (Hummelmann et al., 2026) fand bei Atemanhalten einen um 16–23 % höheren systolischen Blutdruck als bei kontrollierter Atmung, dazu eine um 20–30 % höhere Herz-Kreislauf-Belastung (Rate-Pressure-Product). Bei reiner Körpergewichtsbelastung erreichte der Blutdruck unter Atemanhalten 149 % des Ruhewerts, unter kontrollierter Atmung nur 122 %.

Leistung ≠ Sicherheit: was eine Studie wirklich zeigt

Hier liegt der interessanteste — und am meisten missverstandene — Befund dieses Kapitels. Eine Studie von Ikeda et al. (2009) prüfte an zehn Probanden die maximale isometrische Kraft von Knie-, Schulter- und Ellbogenbewegungen unter vier Atembedingungen: normale Atmung, forcierte Einatmung, forcierte Ausatmung und Valsalva-Manöver. Ergebnis: Forcierte Ausatmung steigerte die Maximalkraft bei mehreren der getesteten Bewegungen signifikant — und unterschied sich dabei in keiner der getesteten Muskelgruppen von der Kraft unter Valsalva. Wichtig direkt vorweg: Das gilt für isometrische Einzelgelenkbewegungen, nicht automatisch für dynamische Verbundübungen wie Kniebeuge oder Kreuzheben — die Einschränkung dazu im nächsten Absatz. Zusammen mit den Blutdruckdaten aus dem vorigen Abschnitt (MacDougall et al., 1985; Linsenbardt, Thomas & Madsen, 1992; Hummelmann et al., 2026) ergibt sich daraus ein starkes Argument: Für isometrische Einzelgelenkbewegungen scheint forcierte Ausatmung bei offener Glottis den Kraftvorteil von Valsalva zu erreichen, ohne den gleichen Blutdruckanstieg zu erzeugen.

Zwei Einschränkungen gehören zwingend dazu. Erstens stammen der Kraftbefund und der Blutdruckbefund aus unterschiedlichen Studien mit unterschiedlichen Übungen — keine einzelne Untersuchung hat beides gleichzeitig gemessen. Zweitens, und wichtiger: Ikeda et al. haben isometrische Einzelgelenkbewegungen getestet, nicht komplexe dynamische Verbundübungen wie Kniebeuge oder Kreuzheben unter Maximallast, bei denen die Wirbelsäulenstabilisierung über intraabdominalen Druck eine andere, komplexere Rolle spielt als bei einer isolierten Gelenkbewegung. Ob forcierte Ausatmung auch bei einer maximalen Kniebeuge dieselbe Stabilität bietet wie Valsalva, ist durch diese Studie nicht beantwortet .

Augeninnendruck und Glaukom ●

Eine Studie an 30 gesunden Männern (Vieira et al., 2006) maß den Augeninnendruck beim Bankdrücken mit 80 % des Maximalgewichts: Unter Atemanhalten stieg der Druck bei 90 % der Probanden, im Mittel um 4,3 mmHg. Unter normaler Atmung stieg er bei 62 % der Probanden, im Mittel um 2,2 mmHg. Methodisch einschränkend: Die Reihenfolge war offenbar fix — erst Atemanhalten, dann normale Atmung —, ein Ermüdungseffekt lässt sich nicht ausschließen. Der Befund stützt trotzdem den bereits in Teil 1 formulierten Hinweis: Bei Glaukom ist vor ausgeprägter Pressatmung ärztliche Rücksprache sinnvoll.

Venöser Rückstrom bei kombinierter Belastung ●

Eine kleine Studie an acht Elite-Athleten (Hughes et al., 1989) zeigt einen kontraintuitiven Mechanismus: Valsalva allein senkte das Schlagvolumen des Herzens um 68 %. In Kombination mit zusätzlicher isometrischer Anspannung (Handgrip) fiel das Schlagvolumen dagegen nur um 42 % — die Kombination wirkte also stabilisierender als Valsalva allein, vermutlich weil zusätzlicher Gefäßtonus den venösen Rückstrom besser aufrechterhält. Bei nur acht Probanden ist das ein Mechanismus-Befund, kein Beleg für eine generelle Sicherheits-Empfehlung.

Zerebrovaskuläres Risiko: was die Datenlage hergibt ●

Häufig kursiert die Sorge, Valsalva beim Krafttraining könne einen Schlaganfall oder die Ruptur eines Hirnaneurysmas auslösen. Die in dieser Rechercherunde gesichtete Literatur findet dafür keinen belastbaren kausalen Zusammenhang — dokumentierte Fallberichte sind extrem selten, eine oft zitierte konkrete Fallzahl ließ sich jedoch auf keine auffindbare Primärquelle zurückführen und wird hier deshalb nicht genannt. Für Personen mit bekannten Gefäßvorerkrankungen bleibt Vorsicht sinnvoll — nicht, weil ein kausaler Zusammenhang bewiesen wäre, sondern weil die Datenlage für eine sichere Entwarnung bei dieser Gruppe schlicht nicht ausreicht ●.

Eignung: wer sollte Valsalva meiden oder anpassen?

Allgemein: Gesunde Personen ohne kardiovaskuläre Vorerkrankung, die schwer trainieren — kurzeitiges Valsalva bei einzelnen Maximalversuchen gilt als gut kontrollierbares Risiko.

Individuell: Personen mit Bluthochdruck oder Glaukom — hier sprechen die Daten für eine bewusste Wahl übungsschonender Alternativen (Bankdrücken/Rudern statt Kniebeuge/Kreuzheben, siehe oben) oder forcierter Ausatmung statt Valsalva, wo möglich.

Nicht ohne Fachbegleitung: Bekannte kardiovaskuläre Vorerkrankungen, unkontrollierter Bluthochdruck oder diagnostiziertes Glaukom — ärztliche Rücksprache vor intensivem Pressatmungstraining (siehe Matrix, Teil 1).

Fazit: praktische Einordnung

Erhöht Pressatmung die Kraft? Ja, plausibel und mechanistisch begründet — wie viel, hängt stark von der Übung und der Bewegungsart ab ●.

Ist Valsalva dafür notwendig? Für isometrische Einzelgelenkbewegungen offenbar nicht — forcierte Ausatmung erreicht dieselbe Kraft. Für komplexe Verbundübungen unter Maximallast ist das nicht untersucht ●.

Ist Pressatmung gefährlich? Sie erhöht Blutdruck und Augeninnendruck kurzzeitig, teils erheblich — für die meisten gesunden Menschen ist das ein kontrollierbares, kein bewiesen gefährliches Risiko. Bei kardiovaskulären Vorerkrankungen oder Glaukom ändert sich diese Einschätzung ●.

Für wen gilt das? Siehe Eignung oben — die Antwort ist nicht einheitlich.

Quellen: Blazek et al. (2019), *Biology of Sport*. MacDougall et al. (1985), *Journal of Applied Physiology*. Linsenbardt, Thomas & Madsen (1992), *British Journal of Sports Medicine*. Hummelmann et al. (2026), *Physiological Reports*. Ikeda et al. (2009), *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vieira et al. (2006), *Archives of Ophthalmology*. Hughes et al. (1989), *European Heart Journal*.

Teil 4 — Atmung unter Belastung

Band 1 hat es knapp beantwortet: „Unter Belastung ist die Atmung selten der limitierende Faktor.“ Für den Alltag stimmt das — und reicht dort auch als Antwort. Wer ernsthaft trainiert oder Wettkampfsport betreibt, stellt dieselbe Frage aber genauer: selten heißt nicht nie, und „nicht limitierend“ heißt nicht, dass Atemtechnik keine Rolle spielt. Dieses Kapitel ist kein neuer Hebel, sondern ein Brückenskapitel: Es zeigt, wo Widerstand (Teil 2) und Druck (Teil 3) im Sport konkret zusammenlaufen — und wo die Atmung tatsächlich zur Grenze wird.

Wann wird Atmung limitierend? Die Ausnahme EIAH

Band 1 nennt die Ausnahme nur als Randnotiz: belastungsinduzierte arterielle Hypoxämie (Exercise-Induced Arterial Hypoxemia, EIAH) bei Hochleistungsausdauersportlern. Für Teil 4 ist genau das relevant. Nach der Klassifikation von Dempsey & Wagner (1999) gilt ein Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung auf 95–93 % als mild, 93–88 % als moderat, unter 88 % als schwer. Schätzungsweise 40–50 % hochtrainierter Ausdauerathletinnen und -athleten zeigen bei Belastung nahe VO_2max eine relevante EIAH — bei untrainierten oder moderat trainierten Personen tritt das Phänomen praktisch nicht auf.

Der Mechanismus: Bei sehr hohem Herzzeitvolumen verkürzt sich die Kontaktzeit des Blutes in den Lungenkapillaren, wodurch die Sauerstoffbeladung des Hämoglobins unvollständig bleiben kann — verstärkt bei Athletinnen und Athleten mit relativ kleiner Lungenkapazität im Verhältnis zum Herzzeitvolumen. Zwei konvergierende Studien (Powers et al., 1993; Harms et al., 2000) quantifizieren die Konsequenz: Oberhalb einer Schwelle von 4 % SaO_2 -Abfall bei Männern bzw. 3 % bei Frauen kostet jedes weitere Prozent Sättigungsabfall etwa ein Prozent VO_2max .

Die Einordnung bleibt trotzdem eng: Das betrifft eine Minderheit auch innerhalb der Ausdauer-Elite, nicht Sportlerinnen und Sportler im Allgemeinen — und für die meisten Sportarten mit kürzerer Belastungsdauer oder ohne maximale aerobe Ausschöpfung ist EIAH kein relevantes Thema.

Atem-Schritt-Kopplung beim Laufen ●

Läuferinnen und Läufer koppeln Atmung und Schrittrhythmus oft spontan — ein Phänomen namens Locomotor-Respiratory Coupling (LRC). Eine Studie mit natürlicher Armbewegung (Daley, Bramble & Carrier, 2013) fand bei 13 von 14 Probanden eine nicht zufällige Verteilung der Atemübergänge über den Schrittzklus, meist im Verhältnis 2:1 (zwei Schritte pro Atemzug). Entscheidend: Atemübergänge in „bevorzugten“ Phasen des Schrittzklus liefen doppelt so schnell ab wie in „gemiedenen“ Phasen — ein mechanischer Effekt, kein rein willkürlich gewählter Rhythmus. Der Aufprall beim Fußkontakt scheint dabei die entscheidende Rolle zu spielen: Der Körper bevorzugt Kopplungsmuster, die den Konflikt zwischen Aufprallkräften und Atemmechanik minimieren.

Für die Praxis heißt das: Ein bewusst erzwungener Atemrhythmus beim Laufen ist keine willkürliche Erfindung, sondern folgt einer physiologisch nachvollziehbaren Logik. Ob ein bewusst trainierter Rhythmus tatsächlich einen Leistungsvorteil bringt, ist damit aber noch nicht gezeigt — die Studie belegt die Kopplung selbst, nicht einen Nutzen des bewussten Eingriffs in sie ●.

Nasenatmung im Wettkampf: was eine aktuelle Studie zeigt ●

Band 1 erklärt, warum Mundatmung bei hoher Intensität eine physiologische Notwendigkeit wird, keine schlechte Angewohnheit (Teil 4, Band 1). Im Leistungssport kursiert trotzdem die Behauptung, gezieltes Nasenatmungstraining verbessere die Wettkampfleistung. Eine aktuelle randomisierte Crossover-Studie (Bergqvist et al., 2025) hat das an zwölf gut trainierten Radfahrern und Triathleten direkt geprüft: oral, oronasal und oronasal mit abgeschwollener Nase, jeweils im maximalen Stufentest. Ergebnis: kein statistisch signifikanter Unterschied bei VO_2max oder maximaler Leistung zwischen den drei Bedingungen. Auch die Zeit bis zur Erschöpfung unterschied sich nicht signifikant. Bemerkenswert gegenläufig: Rein orale Atmung erzeugte sogar niedrigere Laktatwerte nach der Belastung als oronasale Atmung.

Das steht im Kontrast zu älteren, methodisch schwächeren Studien, die einen Effizienzgewinn durch Nasenatmung berichten. Die aktuellste und methodisch sauberste hier verfügbare Untersuchung findet keinen Leistungsvorteil ● — eine der Stellen in diesem Kompendium, an denen eine populäre Trainingsbehauptung einer direkten Prüfung nicht standhält.

Schwimmen: Atemseitigkeit und Symmetrie ●

Einseitiges Atmen zur bevorzugten Seite erzeugt beim Kraulschwimmen eine messbare Asymmetrie der Hüftrotation. Eine Studie mit 18 Elite-Wettkampfschwimmerinnen und -schwimmern (Barden & Barber, 2022) quantifiziert das: Bei einseitiger Atmung betrug die Hüftrotation zur Atemseite 54,2°, zur Gegenseite nur 44,6° — ein signifikanter Unterschied von fast 10°. Beidseitige Atmung (alle drei Züge im Wechsel) reduzierte die Asymmetrie auf 51,6° zu 46,9°, beseitigte sie aber nicht vollständig. Erst eine Schnorchel-Bedingung ganz ohne Atemzüge erzeugte ein symmetrisches Muster ohne signifikanten Seitenunterschied.

Die differenzierte Aussage: Beidseitiges Atmen verbessert die Symmetrie messbar — die verbreitete Gleichsetzung „beidseitig atmen = symmetrisch schwimmen“ ist trotzdem eine Vereinfachung ●.

Seitenstechen: mehr als nur Zufall ●

Exercise-Related Transient Abdominal Pain (ETAP), umgangssprachlich Seitenstechen, betrifft laut einer Befragung von 965 Sporttreibenden aus sechs Sportarten 61 % mindestens einmal im Jahr (Morton & Callister, 2014) — mit deutlichen Unterschieden zwischen Sportarten: Schwimmen 75 %, Laufen 69 %, Radfahren nur 32 %. Bei einem einzelnen Marathon sind es rund 27 % der Teilnehmenden. Von den Betroffenen reduzieren 76 % die Intensität, 12 % brechen die Belastung ganz ab.

Mehrere Mechanismen wurden untersucht und teils widerlegt: Zwerchfell-Ischämie gilt heute als weitgehend widerlegte Erklärung, ein Krampf der Bauchmuskulatur wurde durch elektromyografische Studien ausgeschlossen. Am besten passt derzeit die Erklärung über eine Reizung des parietalen Bauchfells (Peritoneum). Bekannte Auslöser: Essen kurz vor der Belastung (unter zwei Stunden), stark hypertone Getränke, eine gebeugte Rumpfhaltung. Mildernd wirken Rumpfkraft, bessere Haltung und ein höherer Trainingszustand ●.

Fazit: wann wird Atmung zur Grenze?

Für die meisten Menschen: praktisch nie — Herz-Kreislauf-System, Muskulatur oder Stoffwechsel limitieren früher (Band 1).

Für Ausdauer-Elite nahe $VO_2\text{max}$: bei 40–50 % tatsächlich relevant, über den Mechanismus EIAH ●.

Für Läuferinnen und Läufer: Atmung koppelt sich mechanisch an den Schrittrhythmus — ein Leistungsvorteil durch bewusste Steuerung ist damit aber nicht automatisch gezeigt ●.

Für Nasenatmungstraining im Wettkampf: die aktuellste Evidenz spricht gegen einen Leistungsvorteil ●.

Für Schwimmen und Seitenstechen: beides ist real und messbar, aber differenzierter als die verbreiteten Faustregeln nahelegen ●.

Quellen: Dempsey & Wagner (1999), Journal of Applied Physiology. Powers, Martin & Dodd (1993), Sports Medicine. Harms et al. (2000), Journal of Applied Physiology. Daley, Bramble & Carrier (2013), PLoS One. Bergqvist et al. (2025), Frontiers in Physiology. Barden & Barber (2022), Sensors. Morton & Callister (2014), Sports Medicine.

Teil 5 — Zu viel Atmung: Hyperventilation als Methode

Dieses Kapitel behandelt den dritten Hebel aus Teil 1: CO₂-Entzug durch willentliche Hyperventilation. Die Kox-Studie von 2014 (die „Wim-Hof-Studie“) wird hier nicht neu aufgerollt — sie ist in Band 1, Teil 7, Kategorie C bereits vollständig eingeordnet (Unterdrückung statt Stärkung des Immunsystems, drei Trainingskomponenten, nur 24 Männer). Dieses Kapitel behandelt, was dort fehlt: die breitere Kategorie „High-Ventilation Breathwork“ (HVB), zu der neben Wim-Hof-ähnlichen Zyklen auch Holotropes Atmen, Rebirthing und Sudarshan Kriya Yoga gehören.

Ist „High-Ventilation Breathwork“ überhaupt eine Kategorie? ●

Eine aktuelle Übersichtsarbeit (Fincham et al., 2023) fasst HVB als Sammelbegriff für Praktiken mit willentlich gesteigerter Ventilation — und benennt dabei selbst das Problem: Die Wirkung wird auf mehrere gleichzeitig ablaufende Mechanismen zurückgeführt (sympathische Aktivierung, veränderte Hirndurchblutung, Alkalose, neuronale Erregbarkeit, eine Fehlanpassung interozeptiver Vorhersagen), während sich die einzelnen Praktiken in Atemmuster, Dauer, Intensität, Atempausen, Gruppensetting und psychologischer Rahmung stark unterscheiden. Die Antwort auf die Leitfrage dieses Kapitels: HVB hat einen echten gemeinsamen physiologischen Nenner — verstärkte Ventilation — ist aber keine einheitliche Intervention. Wie die folgenden Abschnitte zeigen, gilt das nicht nur für die Praxis, sondern auch für die Qualität der Evidenz dahinter.

Der Mechanismus im Detail: was Hypokapnie im Gehirn bewirkt ●

Teil 1 hat die Grundlagen gelegt: Hyperventilation senkt den CO₂-Spiegel und verengt über die hypokapnische Vasokonstriktion die Hirngefäße. Was dort noch offenblieb: Hypokapnie setzt zusätzlich exzitatorische Botenstoffe frei (u. a. Glutamat) und steigert dadurch direkt die neuronale Erregbarkeit — unabhängig von der Durchblutung. Eine Studie zur kortikospinalen Erregbarkeit (Hartley et al., 2016) zeigt das explizit: Die gesteigerte Erregbarkeit hängt spezifisch vom CO₂-Wert ab, nicht von der begleitenden verminderten Hirndurchblutung. Beide Effekte laufen über getrennte Mechanismen — eine wichtige Präzisierung gegenüber der verbreiteten Vereinfachung, die beide Effekte gleichsetzt. Diese gesteigerte Erregbarkeit erklärt auch das charakteristische Kribbeln und die Krämpfe bei starker Hyperventilation: Der ansteigende Blut-pH lässt mehr Kalzium an Albumin binden, wodurch der Anteil biologisch aktiven, ionisierten Kalziums sinkt — bei unverändertem Gesamt-Kalziumspiegel im Blut. Ab einem CO₂-Partialdruck von etwa 20 mmHg (Normalwert ca. 40 mmHg) treten typischerweise Muskelkrämpfe auf, unter 15 mmHg eine Ganzkörpertetanie durch Kontraktion der Skelettmuskulatur. Diese Symptome sind unangenehm, aber reversibel und normalisieren sich mit der Atmung von selbst.

Kapnographie-Exkurs: Was ein Wearable wirklich misst

Kapnographie misst den endtidalen CO₂-Wert (etCO₂, Normalbereich 35–45 mmHg) — die

Konzentration am Ende der Ausatmung, als Näherung für den arteriellen CO₂-Wert. Sie ist klinisch etabliert, etwa zur Beatmungsüberwachung. Für Konsumentinnen und Konsumenten relevant ist vor allem die Abgrenzung zum Pulsoximeter: Ein SpO₂-Sensor misst ausschließlich die Sauerstoffsättigung, keinen CO₂-Wert. Beide Messgrößen sind unabhängig voneinander — ein Wearable, das nur SpO₂ trackt, kann grundsätzlich keine Aussage über Hypokapnie treffen (siehe bereits Teil 1). Diese technische Grenze ist ein wiederkehrendes Thema für die Bewertung von Apps und Sensoren in Teil 9.

Sudarshan Kriya Yoga: die am besten belegte HVB-Praxis ●

Innerhalb der HVB-Kategorie ist Sudarshan Kriya Yoga (SKY) die Praxis mit der mit Abstand solidesten Evidenzbasis. Eine randomisierte kontrollierte Studie an 21 Irak-/Afghanistan-Veteranen mit PTBS (Seppälä et al., 2014) fand nach einer einwöchigen Intervention (21 Stunden SKY verteilt über 7 Tage) eine Effektstärke von $d = 1,16$ für die Reduktion der PTBS-Symptomatik gegenüber der Wartelisten-Kontrollgruppe — ein großer Effekt. Die Reduktion der Schreckreaktion korrelierte eng mit der Reduktion der Übererregbarkeits-Symptome, sowohl direkt nach der Intervention ($r = 0,93$) als auch nach einem Jahr ($r = 0,77$) — ein Hinweis auf einen anhaltenden Effekt, auch ohne fortgesetzte Praxis. Eine spätere, größere Studie an 85 Veteranen (Bayley et al., 2022) verglich SKY direkt mit einer etablierten Standardtherapie (Cognitive Processing Therapy) und fand SKY dieser nicht unterlegen — bemerkenswert, weil SKY hier gegen eine aktive Behandlung antritt, nicht nur gegen Nichtstun ●.

Holotropes Atmen: die am wenigsten belegte HVB-Praxis ●

Am anderen Ende der Evidenzskala steht Holotropes Atmen. Die Forschungslage speziell zu dieser Technik ist dünn: Tragfähige empirische Studien lassen sich an einer Hand abzählen, berichtete Effekte auf Suchterkrankungen, Asthma, Angst oder Depression stammen überwiegend aus unkontrollierten oder retrospektiven Designs ohne Vergleichsgruppe. Das ist kein Beleg dafür, dass die Technik nicht wirkt — sondern dafür, dass es schlicht kaum belastbare Daten gibt ●. Anbieter von Holotropic-Breathwork-Kursen listen selbst breit Kontraindikationen: Schwangerschaft, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, unkontrollierter Bluthochdruck, Glaukom, Netzhautablösung, Epilepsie, schwere psychiatrische Erkrankungen — deckungsgleich mit der bereits in Teil 1 etablierten Vorsichtsliste.

Breathwork allgemein: Metaanalyse mit Vorbehalt 🟡

Eine Metaanalyse von 12 randomisiert-kontrollierten Studien mit 785 Teilnehmenden (Fincham et al., 2023 — andere Publikation als die Übersichtsarbeit oben, selbe Erstautorin) findet signifikante Verbesserungen von Stress, Angst und Depression durch „Breathwork“ gegenüber Kontrollgruppen. Wichtig für die Einordnung: Diese Metaanalyse bündelt sehr unterschiedliche Techniken — nicht nur HVB, auch langsame Atemtechniken aus Teil 6 des ersten Bandes. Der Sammelbegriff „Breathwork“ vermischt hier also Kategorien, die eigentlich getrennt bewertet werden müssten — genau das Problem, das dieses Kapitel bei HVB im Kleinen aufgezeigt hat, wiederholt sich auf einer noch breiteren Ebene.

Zur Sicherheit: In den meisten eingeschlossenen Studien wurden keine unerwünschten Wirkungen berichtet. Bei schnellem Atmen speziell zeigte eine Untergruppe Hitzewallungen, Atemnot oder Schwitzen, niemand brach deswegen ab; gleichzeitig waren die Cortisol-Spitzen während der Übung höher als in Kontrollgruppen, mit anschließend schnellerer Erholung. Die Autoren selbst mahnen: Nur rund 20 % der eingeschlossenen Studien überwachten überhaupt aktiv auf Nebenwirkungen — die Sicherheitsdatenlage zu schnellem Atmen speziell ist unzureichend systematisch erfasst 🟡.

Eignung: für wen ist HVB sinnvoll?

Allgemein: Gesunde Erwachsene, die eine strukturierte, angeleitete Praxis mit solider Evidenzbasis suchen (z. B. Sudarshan Kriya Yoga) — bei Einhaltung der Sicherheitsregeln aus Teil 1.

Individuell: Personen, die Holotropes Atmen oder ähnliche wenig erforschte Praktiken erwägen — die Datenlage erlaubt keine verlässliche Nutzen-Risiko-Abwägung, unabhängig von individueller Verträglichkeit.

Nicht ohne Fachbegleitung: Epilepsie, Schwangerschaft, unkontrollierter Bluthochdruck, Glaukom, Netzhauterkrankungen, schwere kardiovaskuläre oder psychiatrische Vorerkrankungen (siehe Matrix, Teil 1) — und ausnahmslos: nie im oder am Wasser, nie beim Autofahren.

Fazit: eine Kategorie, zwei Evidenzwelten

Ist HVB eine einheitliche Technik? Physiologisch: ein gemeinsamer Mechanismus. Praktisch und evidenzbasiert: nein — die einzelnen Praktiken unterscheiden sich stark, sowohl im Ablauf als auch in der Beleglage ●.

Was ist am besten belegt? Sudarshan Kriya Yoga, mit robusten RCTs bis hin zum direkten Vergleich mit Standardtherapie bei PTBS ●.

Was ist am schwächsten belegt? Holotropes Atmen — plausible Berichte, aber kaum kontrollierte Studien ●.

Ist HVB sicher? Für die meisten gesunden Menschen bei Einhaltung der Sicherheitsregeln aus Teil 1 vermutlich ja — aber die Sicherheitsdatenlage speziell zu schnellem Atmen ist nach Einschätzung der Forschenden selbst noch unzureichend ●.

Quellen: Fincham et al. (2023), Neuroscience and Biobehavioral Reviews (HVB-Übersicht). Fincham, Strauss, Montero-Marin & Cavanagh (2023), Scientific Reports (Breathwork-Metaanalyse). Hartley et al. (2016), The Journal of Physiology. Seppälä et al. (2014), Journal of Traumatic Stress. Bayley et al. (2022), BMJ Open.

Teil 6 — Zu wenig Sauerstoff: Apnoe, Höhe und Hypoxie

Wichtiger Hinweis vor diesem Kapitel: Die folgenden Seiten erklären die Physiologie von Sauerstoffmangel — durch Atemanhalten, in großer Höhe oder durch spezielle Geräte. Das ist eine Erklärung von Mechanismen und Risiken, keine Anleitung zum Freitauchen, Apnoe-Training oder unbeaufsichtigten Hypoxie-Training. Band 1 hat Apnoe-Tauchen bewusst ausgeschlossen, weil unbeaufsichtigtes Selbststudium lebensgefährlich ist — das gilt hier unverändert. Wer freitauchen oder gezielt mit Hypoxie trainieren möchte, braucht eine qualifizierte Ausbildung mit Aufsicht vor Ort, nicht ein Kompendium.

Dieses Kapitel behandelt den vierten Hebel aus Teil 1: O₂-Entzug / Hypoxie-Exposition. Der Gegensatz zu Teil 5 ist der Kernpunkt des gesamten Bandes: Hypokapnie (zu wenig CO₂) und Hypoxie (zu wenig O₂) sind unterschiedliche Mechanismen mit unterschiedlichen Risiken — hier geht es um echten Sauerstoffmangel, nicht um verstärkte Atmung.

Der Mechanismus: der Tauchreflex

Wird das Gesicht ins Wasser getaucht, löst der Körper automatisch den Tauchreflex (Mammalian Dive Reflex) aus: Die Herzfrequenz sinkt (Bradykardie), die Durchblutung wird von den Extremitäten weg zu Gehirn und Herz umverteilt, und die Milz kontrahiert sich, um zusätzliche rote Blutkörperchen in den Kreislauf freizusetzen. Dieser Reflex ist ein evolutionäres Überbleibsel, das den Sauerstoffverbrauch bei eingeschränkter Zufuhr senkt — er ändert aber nichts daran, dass der Sauerstoffvorrat im Blut endlich ist.

Shallow Water Blackout: der Mechanismus, der zählt

Band 1 hat den Mechanismus bereits erklärt: Hyperventilation vor dem Atemanhalten senkt den CO₂-Spiegel künstlich ab und verzögert dadurch den natürlichen Atemreiz, während der Sauerstoffgehalt im Blut weiter sinkt — dadurch kann eine kritische Hypoxie erreicht werden, bevor ein starker Atemdrang zum Abbruch zwingt. Bewusstlosigkeit kann dabei ohne zuverlässige Vorwarnung eintreten; Fallberichte nennen Sauerstoffsättigungen im Bereich von etwa 50–60 % beim Bewusstseinsverlust, eine für alle Menschen einheitliche feste Schwelle lässt sich jedoch nicht angeben. Weil die betroffene Person zum Zeitpunkt der Bewusstlosigkeit bereits stark sauerstoffunterversorgt ist, kann ein Hirnschaden hier schneller einsetzen als beim „gewöhnlichen“ Ertrinken. Zu genauen Anteilen an globalen Ertrinkungstodesfällen kursieren im Internet präzise wirkende Prozentzahlen — sie ließen sich in dieser Recherche auf keine belastbare Primärquelle zurückführen und werden hier deshalb bewusst nicht genannt. Der Mechanismus selbst ist unabhängig davon gut belegt und Grund genug für die absolute Wasser-Regel aus Teil 1.

Höhentraining: Live-High-Train-Low

Die Gründungsstudie des heute etablierten Live-High-Train-Low-Konzepts (Levine & Stray-Gundersen, 1997) ließ trainierte Läuferinnen und Läufer vier Wochen auf etwa 2.500 m leben, während die intensiveren Trainingseinheiten bei etwa 1.250 m stattfanden. Ergebnis, alle Werte aus derselben Studie: eine Verbesserung der Wettkampfleistung auf Meereshöhe im Mittel um etwa 1,5 %, mit einer Spannbreite von keiner Verbesserung bis zu 6 %.

Mechanistisch steckt dahinter eine Zunahme der Erythrozytenmasse um etwa 8 %, die zu einer VO_2max -Verbesserung von etwa 5 % führt. Der Effekt hält nach der Rückkehr auf Meereshöhe mindestens drei Wochen an.

Zur Einordnung: Das ist ein realer, aber bescheidener Effekt bei bereits bestens trainierten Athletinnen und Athleten — kein Wundermittel, sondern eine kleine zusätzliche Verbesserung obendrauf .

Non-Responder: kein festes Merkmal

Nicht jede Person profitiert gleich stark von Höhentraining — das ist bekannt. Weniger bekannt: Wer als „Non-Responder“ gilt, ist keine feste Eigenschaft. Neuere Forschung zeigt, dass die Reaktion auf Höhenexposition von Eisenstatus, Höhendosis, Ausgangs-Hämoglobinmasse, Trainingsbelastung und Erholung abhängt. Besonders der Eisenstatus ist entscheidend: Da die Bildung roter Blutkörperchen eisenabhängig ist, blockiert ein Eisenmangel die Anpassung an die Höhe direkt — unabhängig davon, wie „gut“ jemand grundsätzlich auf Hypoxie reagieren könnte .

Normobar oder hypobar: eine ungeklärte Fachdebatte

Ist es physiologisch gleichwertig, ob die Hypoxie durch reduzierten Sauerstoffanteil bei normalem Luftdruck (normobar, z. B. Höhenzelt) oder durch tatsächlich reduzierten Luftdruck (hypobar, wie in echter Höhe) erzeugt wird? Diese Frage ist in der Fachliteratur nicht abschließend geklärt — uneinig genug, dass eine Fachzeitschrift dafür eigens ein Pro-Contra-Diskussionsformat eingerichtet hat. Unterschiede wurden u. a. bei Atemminutenvolumen und Stickstoffmonoxid-Werten berichtet; andere Studien finden vergleichbare Effekte auf die Erythrozytenmasse. Praktisch bedeutsam ist vor allem, dass normobare Anlagen leichter verfügbar sind, da Athletinnen und Athleten in ihrer gewohnten Umgebung bleiben können .

Intermittent Hypoxic Training (IHT): weniger als gedacht

Eine aktuelle Metaanalyse (Dorelli et al., 2025) wertete 35 Studien mit 524 Teilnehmenden aus und fand für aerobes IHT keinen signifikanten Unterschied zu normoxisch durchgeführtem Training — weder bei VO_2max noch bei der Spitzenleistung.

Bemerkenswert: Die Autoren weisen einen statistisch nachweisbaren Publikationsbias nach — Studien mit größeren Effekten wurden nach 2010 bevorzugt veröffentlicht. Das erklärt möglicherweise, warum IHT in der Populärliteratur einen besseren Ruf genießt, als die Gesamtevidenz hergibt . Eine Einschränkung: Hochintensive Belastungsformen in Hypoxie (statt reinem aerobem Training) zeigen in anderen, hier nicht im Detail geprüften Übersichtsarbeiten vielversprechendere Ergebnisse — der Trainingsreiz selbst scheint wichtiger zu sein als die Hypoxie allein.

IHHT: was die Evidenz zeigt — und was nicht

Intermittent Hypoxic-Hyperoxic Training (IHHT) wechselt gezielt zwischen Phasen mit reduziertem und erhöhtem Sauerstoffangebot. Eine kontrollierte Studie mit 145 Long-COVID-Patientinnen und -Patienten (Doehner et al., 2024) fand deutliche Verbesserungen der Treppensteig-Leistung und der 6-Minuten-Gehstrecke gegenüber der Kontrollgruppe, dazu Verbesserungen bei Handkraft, Feinmotorik, Atemnot und Lebensqualität — bei guter Verträglichkeit ohne berichtete unerwünschte Ereignisse. Wichtige Einschränkung: Die Studie war nicht randomisiert, die Zuteilung erfolgte nach klinischer Einschätzung — Erwartungs- oder Auswahlwirkungen lassen sich damit nicht ausschließen .

Was IHHT dagegen nicht belegt: Kommerzielle Anbieter bewerben die Methode verbreitet mit Mitochondrien-, „Biohacking“ und Langlebigkeitsversprechen. Für die Behauptung, IHHT verlängere die menschliche Lebensspanne, wurde in dieser Recherche keine peer-reviewte Evidenz am Menschen gefunden — die vorhandenen Daten betreffen konkrete klinische Endpunkte wie Belastbarkeit, nicht Lebenserwartung. Diese Behauptung wird in Teil 9 vertieft eingeordnet .

Im Überblick: vier Wege, Sauerstoff zu entziehen

Alle vier Verfahren erzeugen Hypoxie, aber auf sehr unterschiedliche Weise, mit unterschiedlicher Dauer und unterschiedlich belastbarer Evidenz:

	Apnoe / Freediving	Höhentraining (LHTL)	IHT (Intermittent Hypoxic Training)	IHHT (Intermittent Hypoxic-Hyperoxic Training)
Zeitskala	Sekunden bis wenige Minuten	Tage bis Wochen	Minuten pro Sitzung	Minuten pro Sitzung, über mehrere Wochen
Hauptmechanismus	Akuter O ₂ -Abfall bei gleichzeitigem CO ₂ -Anstieg	Chronischer Reiz zur Erythropoese	Wiederholte Hypoxie-Exposition während des Trainings	Wechsel zwischen Hypoxie- und Hyperoxie-Phasen
Belegter Nutzen	Kein Leistungsnutzen im Fokus — hier steht Risikoaufklärung im Vordergrund	~1,5 % Leistung im Mittel (Spanne 0–6 %)	Kein signifikanter Zusatznutzen bei aerobem Training (Dorelli et al., 2025)	Klinische Marker bei Long COVID, z. B. Gehstrecke und Lebensqualität (Doehner et al., 2024)
Größtes Risiko	Bewusstlosigkeit ohne Vorwarnung (Blackout)	Eisenmangel verhindert Anpassung	Publikationsbias — beworbener Nutzen übersteigt Gesamtevidenz	Nicht randomisierte Studienlage; unbelegte Langlebigkeitsversprechen im Marketing

Was Höhenttraining nicht ist

Im öffentlichen Gespräch werden Hypoxie, Atemanhalten und Hyperventilation oft in einen Topf geworfen. Höhenttraining ist keine Atemtechnik — es ist eine Trainings- und Umweltintervention, die über Wochen wirkt, nicht über einzelne Atemzüge. Es hat mit Wim-Hof-artiger Hyperventilation (CO₂-Entzug, Teil 5) mechanistisch nichts zu tun, außer dass beide am Ende den Sauerstoffhaushalt berühren. Wer „Höhentraining“ mit „schnell atmen“ oder mit „Luft anhalten“ verwechselt, verwechselt drei unterschiedliche physiologische Vorgänge mit drei unterschiedlichen Risikoprofilen.

Eignung: für wen ist welches Verfahren sinnvoll?

Allgemein: Höhenttraining unter fachlicher Anleitung für gesunde, bereits gut trainierte Ausdauersportlerinnen und -sportler.

Individuell: Personen mit unklarem Eisenstatus vor Höhenttraining (Abklärung sinnvoll); IHT/IHHT außerhalb klinischer oder gut betreuter Trainingsumgebungen — Nutzen ist populationsabhängig und nicht garantiert.

Nicht ohne Fachbegleitung: Apnoe/Freediving ausnahmslos nur mit qualifizierter Ausbildung und Aufsicht vor Ort — niemals als Selbststudium. Höhenttraining bei kardiovaskulären Vorerkrankungen, Anämie oder eingeschränkter Lungenfunktion nur nach ärztlicher Abklärung (siehe Matrix, Teil 1).

Fazit: vier Wege, ein Mechanismus, sehr unterschiedliche Risiken

Funktioniert Höhenttraining? Ja, moderat — real, aber kein Wundermittel .

Funktioniert reines IHT? Die beste verfügbare Metaanalyse spricht dagegen, bei nachgewiesenem Publikationsbias zugunsten optimistischerer älterer Studien .

Funktioniert IHHT? Für konkrete klinische Anwendungen ja, vielversprechend . Für Langlebigkeit fehlt jede Evidenz beim Menschen .

Ist Apnoe/Freediving sicher? Nur mit Ausbildung und Aufsicht. Der Mechanismus des Blackouts ist gut verstanden — und genau deshalb ist die Wasser-Regel aus Teil 1 keine Vorsichtsmaßnahme unter vielen, sondern die wichtigste Aussage dieses gesamten Kapitels.

Quellen: Levine & Stray-Gundersen (1997), Journal of Applied Physiology. Dorelli et al. (2025), Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. Doehner et al. (2024), Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle (kontrollierte, nicht-randomisierte Studie). Bart, Murray & Lau (2026), StatPearls (Shallow Water Blackout).

Teil 7 — Atemtherapie bei chronischen Erkrankungen

Was dieses Kapitel nicht ist: Die folgenden Abschnitte fassen zusammen, was in der Forschung zu Atemtechniken bei Asthma, COPD und Long COVID untersucht wurde. Das ist eine wissenschaftliche Einordnung, keine Behandlungsanleitung. Sie ersetzt keine pulmonologische Diagnostik oder Therapie und keine individuelle medizinische Betreuung.

Dieser Abschnitt vertieft, was Band 1 in Teil 11 nur ankündigte: „Strukturierte Atemrehabilitation bei chronischen Lungenerkrankungen oder nach Virusinfektionen gehört in ärztliche und physiotherapeutische Begleitung.“ Der rote Faden ist derselbe wie im gesamten Kompendium, hier aber besonders wichtig: Eine messbare Verbesserung eines Markers ist nicht automatisch ein klinisch relevanter Nutzen — und Symptome lindern ist nicht dasselbe wie die Grunderkrankung behandeln.

Asthma: was bereits an anderer Stelle steht ●

Band 1, Teil 5 hat die Buteyko-Atmung bei Asthma bereits eingeordnet (Burgess et al., 2011): reduzierter Bedarf an Bedarfsmedikation, aber keine Verbesserung der Lungenfunktion selbst. Teil 2 dieses Bandes hat die IMT-Evidenz bei Asthma vertieft — mit dem zentralen Befund, dass sich Erwachsenen- und Kinderstudien in ihren Ergebnissen zur Lungenfunktion widersprechen. Beides wird hier nicht wiederholt.

COPD: die Lippenbremse ●

Die Lippenbremse (Pursed-Lip Breathing) ist die am längsten etablierte Atemtechnik bei COPD. Ein systematisches Review (Roberts et al., 2009; 11 Studien, 226 Teilnehmende) findet moderate Evidenz: Die Technik erhöht die Sauerstoffsättigung und das Atemzugvolumen, senkt die Atemfrequenz in Ruhe und verkürzt die Erholungszeit nach Belastung. Bemerkenswert ehrlich ist die eigene Einschränkung der Autoren: Der genaue Mechanismus, über den Atemübungen bei COPD wirken, ist nicht vollständig verstanden — nur vier der elf Studien erreichten moderate Qualität nach GRADE, keine einzige hohe Qualität ●. Die IMT-Evidenz bei COPD wurde bereits in Teil 2 ausführlich behandelt, inklusive der dortigen Kontroverse um Gehstrecken-Effekte je nach verwendetem Test.

Long COVID: starke Marker, unklarer Alltagsnutzen

Bei Long COVID liefert Atemmuskeltraining einige der konsistentesten Zahlen dieses gesamten Kapitels. Eine Metaanalyse von 7 randomisierten Studien mit 449 Teilnehmenden (Correia et al., 2025) findet eine Verbesserung der inspiratorischen Muskelkraft um 22,7 cmH₂O und eine VO₂max-Verbesserung um 4,49 ml/kg/min — beide Werte mit engen Konfidenzintervallen und ohne Heterogenität zwischen den Studien ($I^2 = 0\%$) .

Der entscheidende Bruch folgt direkt danach: Bei der tatsächlichen Belastungstoleranz — dem, was im Alltag zählt — sind die Ergebnisse uneinheitlich, eine Studie fand im Ruffier-Test gar keine Veränderung, und die Dyspnoe-Reduktion wurde nicht konsistent berichtet. Die Autorinnen und Autoren selbst stufen die Evidenzsicherheit für alle Endpunkte als niedrig ein . Das ist ein Lehrbeispiel für den roten Faden dieses Kompendiums: starke, sauber gemessene Marker (Muskelkraft, VO₂max) garantieren keinen spürbaren funktionellen Nutzen.

Post-Exertional Malaise: das Warnsignal

Bei einem Teil der Long-COVID- und ME/CFS-Betroffenen tritt Post-Exertional Malaise (PEM) auf: eine unverhältnismäßige Verschlechterung von Symptomen nach körperlicher oder geistiger Anstrengung, die sofort oder verzögert um Stunden bis Tage einsetzen kann und sich über Tage, Wochen oder Monate erstrecken kann — in einem Ausmaß, das durch die auslösende Belastung allein nicht erklärt wird. Biochemische Untersuchungen finden dabei u. a. einen Abfall des Purin-Metaboliten Hypoxanthin (McGregor et al., 2019) und Hinweise auf einen gestörten Folat-/Ein-Kohlenstoff-Stoffwechsel (Baraniuk, 2025) — PEM ist damit keine rein subjektive Beschwerde, sondern mit messbaren Stoffwechselveränderungen assoziiert.

Der wichtigste Sicherheitsbefund dieses Abschnitts: Graduierte Belastungstherapie (Graded Exercise Therapy, GET) — das schrittweise Steigern von Aktivität — gilt bei PEM nach aktueller Einschätzung als nicht wirksam und potenziell schädlich (NICE-Leitlinie NG206, 2021). Wiederholte Patientenberichte dokumentieren Verschlechterungen, teils dauerhaft, weil jede Belastungssteigerung PEM erneut auslösen kann . Das ist der Grund, warum die IMT-Erfolge aus dem vorigen Abschnitt nicht unreflektiert auf Personen mit ausgeprägter PEM übertragen werden dürfen: Die zitierten Studien schließen PEM in der Regel nicht gezielt ein oder screenen nicht danach.

Eignung: symptomorientiert oder unklar

Allgemein: Lippenbremse bei stabiler COPD als ergänzende, risikoarme Technik in Absprache mit der behandelnden Praxis.

Individuell: IMT bei Long COVID ohne PEM — Marker verbessern sich verlässlich, der spürbare Nutzen ist individuell unterschiedlich.

Nicht ohne Fachbegleitung: Jede Form von Belastungssteigerung — auch Atemmuskeltraining — bei bestehender oder vermuteter PEM. Hier gilt: im Zweifel erst ärztlich/spezialisiert abklären lassen, bevor die Belastung gesteigert wird (siehe Eignungs-Ampel-Beispiel, Teil 1).

Fazit: Ergänzung, nicht Ersatz

Hilft Atemtherapie bei Asthma/COPD/Long COVID? Bei Symptomen und Markern oft ja, mit unterschiedlicher Evidenzstärke je nach Erkrankung.

Behandelt sie die Grunderkrankung? Nein — sie ergänzt die medizinische Behandlung, ersetzt sie nicht.

Ist mehr Training immer besser? Nicht bei PEM — hier kann mehr Belastung eine reale Verschlechterung bedeuten, kein „Durchbeißen wert“.

Quellen: Roberts et al. (2009), Physical Therapy Reviews. Correia et al. (2025), Systematic Reviews. NICE (2021), Guideline NG206. McGregor et al. (2019), Diagnostics. Baraniuk (2025), International Journal of Molecular Sciences.

Teil 8 — Atmung und Psyche

Was dieses Kapitel nicht ist: Die folgenden Abschnitte fassen zusammen, was zu Atemtechniken bei Angst, Stress und Depression erforscht wurde. Das ist eine wissenschaftliche Einordnung, keine Psychotherapie und kein Ersatz für sie. Bei einer diagnostizierten Angststörung, Depression oder Traumafolgestörung ersetzt keine Atemtechnik eine fachgerechte Behandlung.

Band 1 hat die Grundlagen gelegt: die Atem-Angst-Spirale (Teil 9) und HRV-Biofeedback als Weg zur autonomen Regulation (Teil 6). Teil 5 dieses Bandes hat bereits die bislang beste Einzelevidenz zu Atemtechnik bei einer psychischen Störung behandelt — Sudarshan Kriya Yoga bei PTBS. Dieses Kapitel wiederholt das nicht, sondern stellt eine andere Frage: Wann hilft eine Atemtechnik wirklich — und wann wird sie selbst Teil des Problems?

Breathwork bei Angst und Depression: die Metaanalyse-Ebene

Auf Metaanalyse-Ebene ist die Evidenz positiv: 12 randomisiert-kontrollierte Studien mit 785 Teilnehmenden (Fincham, Strauss, Montero-Marin & Cavanagh, 2023) finden signifikante Verbesserungen von Angst (Effektstärke $g = -0,32$ über 20 Studien) und Depression ($g = -0,40$ über 18 Studien) durch Atemtechniken gegenüber Kontrollgruppen .

Die größte Einzelstudie widerspricht der eigenen Metaanalyse-Ebene

Im selben Jahr veröffentlichte dieselbe Erstautorin die bislang größte parallelisierte Studie zu Breathwork überhaupt: 400 Teilnehmende, randomisiert zu „Coherent Breathing“ (etwa 5,5 Atemzüge pro Minute) oder einer sorgfältig konstruierten Placebo-Atemkondition (12 Atemzüge pro Minute), je etwa 10 Minuten täglich über vier Wochen (Fincham, Strauss & Cavanagh, 2023). Ergebnis beim primären Endpunkt, subjektivem Stress: kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen — nur ein genereller Zeiteffekt, den beide Gruppen gleichermaßen zeigten. Die Autorin selbst zieht das Fazit: kein messbarer Zusatznutzen von Coherent Breathing gegenüber einer gut konstruierten Placebo-Atemübung .

Das ist kein Widerspruch, der sich wegerklären lässt — es ist ein Lehrbeispiel. Die kleineren Studien in der Metaanalyse waren überwiegend gegen Wartelisten oder unspezifische Kontrollen getestet, nicht gegen eine aktive, ebenso plausibel wirkende Alternativbedingung. Sobald die Kontrollbedingung anspruchsvoller wird, schrumpft der Effekt auf null. Das sagt nichts darüber aus, ob Atmen sich gut anfühlt oder Menschen davon berichten, dass es hilft — aber es relativiert die Aussage, Coherent Breathing habe einen spezifischen, über Erwartung und Zuwendung hinausgehenden Wirkmechanismus.

Wann wird eine Atemtechnik zur Vermeidung? ●

Das kognitiv-verhaltenstherapeutische Modell der Panikstörung erklärt, warum Atemtechnik nicht automatisch hilfreich ist: Personen mit hoher Angstsensitivität interpretieren harmlose körperliche Signale — Herzrasen, Atemnot, Schwindel — als Zeichen ernster Gefahr. Diese Fehlinterpretation führt zu Wachsamkeit, Angst und Vermeidung, was die Angstreaktion wiederum verstärkt. Ein etablierter Behandlungsbaustein, die interozeptive Exposition, konfrontiert deshalb gezielt mit den gefürchteten Empfindungen, statt sie zu vermeiden.

Genau hier kann eine beruhigende Atemtechnik zum Problem werden: Wird sie eingesetzt, um eine unangenehme Körperempfindung sofort zu beenden, statt sie auszuhalten, wirkt sie wie ein Sicherheitsverhalten — dieselbe Kategorie wie das Mitführen von Beruhigungsmitteln oder das ständige Kontrollieren der eigenen Herzfrequenz auf einem Wearable. Sicherheitsverhalten lindert die Angst kurzfristig, hält sie langfristig aber aufrecht, weil die Person nie lernt, dass die Empfindung selbst ungefährlich ist ●. Die Leitfrage lautet deshalb nicht „Welche Atemtechnik hilft gegen Angst“, sondern „Wird die Technik zur bewussten Regulation eingesetzt oder zur Vermeidung der gefürchteten Empfindung“.

Panikstörung: ein Baustein unter mehreren ●

Kognitive Verhaltenstherapie bei Panikstörung kombiniert typischerweise mehrere Bausteine: Entspannung, Atemrückführung, kognitive Umstrukturierung, interozeptive und/oder In-vivo-Exposition. Atemrückführung ist damit meist ein Baustein unter mehreren, nicht die alleinige Behandlung — für eine isolierte Wirksamkeit von Atemtechnik allein bei diagnostizierter Panikstörung gibt es keine tragfähige eigenständige Evidenz ●.

Eignung: Regulation ja, Ersatztherapie nein

Allgemein: Atemtechniken als eine von mehreren Strategien zur alltäglichen Stress- und Angstregulation bei gesunden Menschen ohne diagnostizierte Störung.

Individuell: Menschen mit ausgeprägter Angstsensitivität — hier hängt der Nutzen davon ab, ob die Technik zur Regulation oder zur Vermeidung eingesetzt wird.

Nicht ohne Fachbegleitung: Diagnostizierte Panikstörung, Depression oder Traumafolgestörung — Atemtechnik kann eine fachgerechte Behandlung sinnvoll ergänzen, sie aber nicht ersetzen.

Fazit: hilfreich, aber kein Allheilmittel

Wirkt Breathwork gegen Angst und Depression? Auf Metaanalyse-Ebene ja — aber die strengste Einzelstudie relativiert das erheblich 🟡.

Ist jede Atemtechnik gleich hilfreich? Nein — entscheidend ist, ob sie zur Regulation oder zur Vermeidung eingesetzt wird.

Ersetzt Atemtechnik Psychotherapie? Nein, siehe Warnkasten oben.

Quellen: Fincham, Strauss, Montero-Marin & Cavanagh (2023), Scientific Reports (Metaanalyse). Fincham, Strauss & Cavanagh (2023), Scientific Reports (Coherent-Breathing-RCT).

Teil 9 — Was oft behauptet wird

Band 1, Teil 11 hat dieses Thema angekündigt, aber offengelassen: „Zu Behauptungen über einen direkten Zusammenhang zwischen spezifischen Atemtechniken und Verdauung [...] oder einer erhöhten Lebenserwartung ist die aktuelle Evidenzlage zu dünn für belastbare Empfehlungen.“ Dieses Kapitel löst das ein — nicht als pauschale Ablehnung, sondern als differenzierte Prüfung, bei der auch mal ein echter, aber überzogen dargestellter Effekt herauskommt statt nur „stimmt“ oder „stimmt nicht“.

Atmung und Verdauung: real, aber enger als behauptet

Anders als die meisten Behauptungen in diesem Kapitel ist diese nicht einfach falsch. Ein systematisches Review von 10 randomisierten Studien mit 476 Teilnehmenden (Abureesh et al., 2026) findet eine moderate Verbesserung der Reflux-Symptomatik (GERD) durch Zwerchfellatmung als Ergänzung zur Standardbehandlung, bei etwa fünf Wochen Trainingsdauer. Eine begleitende Studie an 60 Personen mit refluxbedingtem chronischem Husten fand zusätzlich Verbesserungen bei Angst, Schlafqualität und depressiven Symptomen in der Atemtrainingsgruppe .

Der Mechanismus ist vermutlich nicht die oft behauptete „Massage der Organe“, sondern eine vagal-autonome Wirkung (bereits in Band 1, Teil 6 behandelt) sowie möglicherweise ein mechanischer Effekt auf den Druck am unteren Ösophagussphinkter — spezifisch bei Reflux, nicht als allgemeine „Verdauungsverbesserung“. Das ist die differenzierteste Antwort dieses Kapitels: ein enger, spezifischer Nutzen wird in der Vermarktung regelmäßig zu einer allgemeinen Wirkbehauptung aufgeblasen.

Langlebigkeit und Mitochondrien-Marketing

Dass mitochondriale Funktion mit Langlebigkeit zusammenhängt, ist in der Grundlagenforschung real und gut etabliert. Nicht belegt ist die daraus in der Vermarktung abgeleitete Kausalkette: „Atemtechnik X setzt die Mitochondrien einem milden Stress aus → das verlängert die menschliche Lebensspanne.“ Für genau diese Kette wurde in der gesamten Recherche zu diesem Band — auch beim in Teil 6 behandelten IHHT — keine peer-reviewte Evidenz am Menschen gefunden .

Speziell zur Autophagie (dem zellulären „Aufräumprozess“, der oft als Wirkmechanismus genannt wird): Eine systematische Übersicht (Chen et al., 2023) zeigt, dass Sport die Autophagie beim Menschen tatsächlich beeinflusst — allerdings trainingsform- und gewebeabhängig: Akutes Krafttraining unterdrückt sie im Skelettmuskel, chronisches Krafttraining steigert sie dort, Ausdauertraining zeigt keine signifikante Veränderung der Hauptmarker. Bemerkenswert: Atmung wird in diesem gesamten Review kein einziges Mal erwähnt. Autophagie-Marketing für Atemtechniken reitet auf einem echten, aber selbst für Sport und Fasten beim Menschen noch unsicheren Forschungsfeld — für Atmung speziell existiert schlicht keine direkte Untersuchung .

„Entgiftung durch Atmung" ●

Physiologisch eliminiert die Atmung in erster Linie CO_2 — das Stoffwechsel-Abfallprodukt der Zellatmung, kein „Toxin“ im umgangssprachlichen Sinn. Die im Wellness-Bereich verbreitete Zahl, der Körper scheide „70 % aller Toxine“ über die Atmung aus, taucht wiederholt auf kommerziellen Gesundheitsseiten auf, ließ sich aber auf keine unabhängige wissenschaftliche Quelle zurückführen ● — dasselbe Muster präzise klingender, aber unbelegter Zahlen, das in diesem Kompendium bereits mehrfach aussortiert wurde (Teil 3, Teil 4, Teil 6). Plausibel bleibt allenfalls ein indirekter Effekt: Vertiefte Atmung kann über die Pumpwirkung des Zwerchfells die Lymphzirkulation unterstützen — das ist etwas grundlegend anderes als eine aktive „Entgiftung“.

„Sauerstoffversorgung optimieren" ●

Band 1 hat bereits gezeigt: Die arterielle Sauerstoffsättigung liegt bei gesunden Menschen in Ruhe praktisch immer im hohen Normalbereich (95–100 %) — nahe am physiologischen Maximum. Mehr Atmung kann diesen Wert kaum weiter steigern. Die Behauptung, spezielle Atemtechniken könnten die Sauerstoffversorgung gesunder Menschen in Ruhe messbar „optimieren“, widerspricht damit direkt der bereits im ersten Band etablierten Physiologie ●. Die einzige relevante Ausnahme — Elite-Ausdauerathletinnen und -athleten mit EIAH nahe $\text{VO}_{2\text{max}}$ — wurde bereits in Teil 4 dieses Bandes behandelt und ist ein enger Sonderfall, kein Alltagsphänomen.

„Immunsystem stärken" ●

Die meistzitierte Studie zu Wim-Hof-artiger Atmung und Immunfunktion (Kox et al., 2014, bereits in Band 1, Teil 7, Kategorie C eingeordnet) zeigt eine gedämpfte Entzündungsreaktion — keine generelle „Stärkung“ im Sinne von mehr Abwehrkraft. Ob eine unterdrückte Entzündungsantwort erwünscht ist, hängt vom Kontext ab. Die verbreitete Vereinfachung „diese Atemtechnik stärkt dein Immunsystem“ unterstellt eine Wirkrichtung, die die zugrunde liegende Studie so nicht zeigt ●.

Apps und Wearables: was wird gemessen, was extrapoliert? ●

Consumer-Wearables messen die Herzfrequenz überwiegend per Photoplethysmographie (PPG) — optische Sensoren, keine EKG-Elektroden. PPG ist anfällig für Bewegungsartefakte, schlechten Hautkontakt und Umgebungslicht. Validierungsstudien zeigen große Unterschiede zwischen Geräten: Das genaueste getestete Gerät (Oura Generation 4, Herzratenvariabilität) erreichte einen Concordance Correlation Coefficient (CCC) von 0,99 gegenüber der EKG-Referenzmessung (Dial et al., 2025), ein anderes Gerät unterschätzte die Herzfrequenz während Aktivität um 24 bis 32 Schläge pro Minute. Nur etwa 11 % der kommerziell erhältlichen Consumer-Wearables wurden bislang für mindestens einen biometrischen Messwert formal validiert (Doherty et al., 2024).

Der entscheidende Punkt: Die meisten Geräte zeigen nicht die rohe Herzratenvariabilität, sondern einen daraus abgeleiteten, unternehmenseigenen Score — „Stresslevel“, „Body Battery“, „Readiness“ — basierend auf nicht unabhängig validierten Modellen. Das ist keine direkte Messung, sondern eine Interpretation, auch wenn sie wie eine exakte Zahl präsentiert wird ●. Und kein Consumer-Wearable im Massenmarkt misst CO₂ oder den endtidalen CO₂-Wert — eine unauffällige HRV- oder SpO₂-Anzeige sagt nichts über eine mögliche Hyperventilation aus (siehe Teil 1 und der Kapnographie-Exkurs in Teil 5).

Fazit: kritisch heißt nicht ablehnend

Was ist am Ende real? Der GERD-spezifische Effekt der Zwerchfellatmung — eng begrenzt, aber real ●.

Was ist überzogen dargestellt? Fast alles andere: Langlebigkeit, Autophagie, Entgiftung, Sauerstoffoptimierung, Immunstärkung — jeweils ein realer Forschungsansatzpunkt, der zu einer nicht belegten Kausalkette ausgebaut wird ●.

Was leisten Apps und Wearables wirklich? Rohdaten mit unterschiedlicher, oft unvalidierter Genauigkeit — keine der komplexen, oft beworbenen Aussagen über „Stress“ oder „Erholung“ ist eine direkte Messung ●.

Quellen: Chen et al. (2023), Autophagy Reports. Kox et al. (2014), PNAS (bereits Band 1). Abureesh et al. (2026), Journal of Clinical Medicine. Dial et al. (2025), Physiological Reports. Doherty et al. (2024), Sports Medicine.

Teil 10 — Was bleibt

Band 2 hat eine andere Frage gestellt als Band 1. Band 1 fragte: Welche Atemtechniken eignen sich für den Alltag? Band 2 fragte: Was passiert, wenn Atmung gezielt als Trainingsreiz eingesetzt wird — in Sport, Medizin und an physiologischen Grenzen? Die Antwort war selten ein einfaches Ja oder Nein.

Fünf Kernbotschaften, die bleiben

1. **Widerstand, Druck, CO₂-Entzug, O₂-Entzug sind vier verschiedene Hebel** — kein einzelner Mechanismus erklärt, warum IMT, Pressatmung, Hyperventilation und Höhenttraining wirken — jeder Hebel hat eigene Wirkung, eigene Risiken, eigene Evidenzlage (Teil 1).
2. **Ein starker Marker ist kein garantierter Alltagsnutzen** — das zeigte sich bei IMT und COPD-Gehstrecke (Teil 2), bei Long-COVID-Belastungstoleranz (Teil 7) und bei der Kraft-vs-Blutdruck-Frage bei Valsalva (Teil 3) gleich mehrfach.
3. **Studiengröße und Kontrollqualität verändern das Ergebnis** — am deutlichsten bei Coherent Breathing: dieselbe Erstautorin, dasselbe Jahr, entgegengesetztes Ergebnis je nach Studiendesign (Teil 8).
4. **Eignung ist eine eigene Frage, unabhängig von Evidenz und Sicherheit** — am klarsten bei Post-Exertional Malaise: eine belegte, sichere Technik kann für eine bestimmte Gruppe trotzdem die falsche Wahl sein (Teil 1, Teil 7).
5. **Viele populäre Behauptungen reiten auf echter, aber fehlinterpretierter Forschung** — Langlebigkeit, Autophagie, Entgiftung — der zugrunde liegende Forschungsbereich existiert oft wirklich, die konkrete Behauptung zu Atemtechniken meist nicht (Teil 9).

Was dieser Band bewusst nicht abdeckt

Wie Band 1 kann auch dieser Band nicht alles behandeln. Die folgenden Themen wurden bewusst ausgeklammert — nicht, weil sie unwichtig wären, sondern weil sie jeweils ein eigenständiges Themenfeld mit eigener Studienlage darstellen:

Atmung und Stimme, Gesang: Die Steuerung des Atemstroms beim Singen und Sprechen ist ein eigenständiges Feld der Stimmphysiologie mit eigener Fachliteratur, das über die Atemtechniken dieses Kompendiums hinausgeht.

Atemtechnik in der Psychotherapie als eigenständige Methode: Teil 8 hat Atemtechnik als Baustein innerhalb bestehender Therapieformen eingeordnet (etwa in der KVT bei Panikstörung). Eine vertiefte Darstellung spezifischer atemzentrierter Therapieschulen würde den Rahmen eines Selbsthilfe-Kompendiums sprengen.

Spiroergometrie und klinische Atemdiagnostik: Die apparative Leistungsdiagnostik (VO_2max -Messung, Laktatschwellen-Bestimmung) ist ein diagnostisches Verfahren, keine Atemtechnik — und wurde deshalb bereits im Konzept dieses Bandes bewusst ausgeschlossen.

Vertiefte Kapnographie: Teil 5 hat die Grundlagen der etCO_2 -Messung eingeführt. Eine vertiefte klinische Darstellung — etwa in der Anästhesie oder Notfallmedizin — geht über den Rahmen dieses Kompendiums hinaus.

Schlusswort

Band 1 endete mit einer praktischen Zehn-Minuten-Routine. Band 2 endet ohne eine vergleichbare Anleitung — aus gutem Grund: Die hier behandelten Hebel sind Trainingsreize, keine Alltagsgewohnheiten. Wer IMT beginnen, Pressatmung im Krafttraining einsetzen oder sich näher mit Höhentherapie beschäftigen möchte, findet in den jeweiligen Kapiteln die physiologische Grundlage, die Eignungs-Ampel als Orientierung — und, wo nötig, den klaren Hinweis, dass diese Seiten Wissen vermitteln, keine fachliche Begleitung ersetzen.

Anhang

Glossar (Ergänzung zu Band 1)

Diese Liste ergänzt das Glossar aus Band 1 um Begriffe, die in Band 2 neu eingeführt wurden. Für Bohr-Effekt, BOLT, CO₂-Toleranz, HRV, Hypokapnie, NO und RSA siehe Band 1.

Bracing: Willkürliches Anspannen der Rumpfmuskulatur zur Wirbelsäulenstabilisierung. Abzugrenzen vom Valsalva-Manöver, mit dem es häufig verwechselt wird (Teil 3).

Eignung: Dritte Bewertungsdimension dieses Bandes, neben Evidenz-Ampel und Sicherheitssymbolen aus Band 1. Beantwortet nicht „wirkt es?“ oder „ist es gefährlich?“, sondern „für wen ist es sinnvoll?“ (**Allgemein, Individuell, Nicht ohne Fachbegleitung**). Siehe Teil 0.

EIAH (Exercise-Induced Arterial Hypoxemia): Belastungsinduzierte arterielle Sauerstoffuntersättigung bei Belastung nahe VO₂max, betrifft schätzungsweise 40–50 % der Ausdauer-Elite, bei untrainierten Personen praktisch nicht relevant (Teil 4).

ETAP (Exercise-Related Transient Abdominal Pain): Fachbegriff für Seitenstechen. Bestbelegte Erklärung: Reizung des parietalen Bauchfells, nicht Zwerchfell-Ischämie oder Muskelkrampf (Teil 4).

GET (Graduated Exercise Therapy): Schrittweise Steigerung von Aktivität als Therapieansatz. Gilt bei Post-Exertional Malaise (PEM) nach aktueller Einschätzung als nicht wirksam und potenziell schädlich, da jede Belastungssteigerung PEM erneut auslösen kann (Teil 7).

HVB (High-Ventilation Breathwork): Sammelbegriff für Atemtechniken mit willentlich gesteigerter Ventilation (u. a. Holotropes Atmen, Rebirthing, Sudarshan Kriya Yoga, zyklische Hyperventilation). Physiologisch ein gemeinsamer Mechanismus, praktisch keine einheitliche Kategorie (Teil 5).

IAP / ITP (Intraabdominaler / Intrathorakaler Druck): Druck im Bauch- bzw. Brustraum, der durch Pressatmung stark ansteigen kann und zur Wirbelsäulenstabilisierung beitragen soll. Höhe stark übungsabhängig (Teil 3).

IHT (Intermittent Hypoxic Training): Wiederholte, kurze Hypoxie-Exposition während des Trainings. Aktuelle Metaanalyse findet keinen signifikanten Zusatznutzen gegenüber normoxischem Training bei nachgewiesenem Publikationsbias (Teil 6).

IHHT (Intermittent Hypoxic-Hyperoxic Training): Gezielter Wechsel zwischen Hypoxie- und Hyperoxie-Phasen. Solide klinische Evidenz bei Long COVID, aber keine Humanevidenz für vermarktete Langlebigkeitsversprechen (Teil 6, Teil 9).

Kapnographie / etCO₂: Messung des endtidalen CO₂-Werts (Normalbereich 35–45 mmHg). Unabhängig von der Sauerstoffsättigung (SpO₂) — ein Pulsoximeter zeigt den CO₂-Status nicht an (Teil 1, Teil 5).

LHTL (Live-High-Train-Low): Höhentrainingsprotokoll: Leben in moderater Höhe, Training in geringerer Höhe. Verbessert die Wettkampfleistung im Mittel um etwa 1,5 % (Spanne 0–6 %) über eine Zunahme der Erythrozytenmasse (Teil 6).

LRC (Locomotor-Respiratory Coupling): Mechanische Kopplung von Atem- und Schrittrhythmus beim Laufen, meist im Verhältnis 2:1. Beeinflusst durch die Aufprallkräfte des Fußkontakts (Teil 4).

Metaboreflex (Atemmuskel-Metaboreflex): Sympathisch vermittelte Reflexantwort auf ermüdete Atemmuskulatur: Durchblutung wird zugunsten der Atemmuskulatur von der Extremitätenmuskulatur abgezogen. Trainierbar durch IMT (Teil 2).

MIP / P_{Imax}, MEP: Maximaler inspiratorischer bzw. expiratorischer Druck — Standardmaß der Atemmuskularkraft, gemessen gegen ein verschlossenes System nach vollständiger Aus- bzw. Einatmung (Teil 2).

Normobare / hypobare Hypoxie: Sauerstoffreduktion bei normalem Luftdruck (z. B. Höhenzelt) bzw. durch tatsächlich reduzierten Luftdruck (echte Höhe). Ob beide physiologisch gleichwertig sind, ist in der Fachliteratur nicht abschließend geklärt (Teil 6).

PEM (Post-Exertional Malaise): Unverhältnismäßige Verschlechterung von Symptomen nach körperlicher oder geistiger Anstrengung bei Long COVID/ME-CFS, mit unvorhersehbarer, tagelanger bis monatelanger Erholungszeit. Graduierte Belastungssteigerung gilt hier als potenziell schädlich (Teil 7).

Shallow Water Blackout: Plötzliche Bewusstlosigkeit unter Wasser durch Sauerstoffmangel, meist nach vorherigem Hyperventilieren: Der künstlich gesenkte CO₂-Spiegel verzögert den natürlichen Atemreiz, während die Sauerstoffsättigung unbemerkt weiter sinkt — das Warnsignal bleibt aus (Band 1, Teil 1; Teil 6).

Tauchreflex (Mammalian Dive Reflex): Automatische Reaktion bei Gesichtskontakt mit kaltem Wasser: Herzfrequenz sinkt (Bradykardie), Durchblutung wird von den Extremitäten zu Gehirn und Herz umverteilt, die Milz setzt zusätzliche rote Blutkörperchen frei — senkt den Sauerstoffverbrauch, ändert aber nichts daran, dass der Sauerstoffvorrat im Blut endlich ist (Teil 6).

Valsalva-Manöver: Forcierte Ausatmung gegen geschlossene Glottis, erzeugt hohen intrathorakalen und intraabdominalen Druck. Abzugrenzen von Bracing und forcierter Ausatmung bei offener Glottis (Teil 3).

Evidenz, Sicherheit und Eignung: die drei Kennzeichnungen erklärt

Für die vollständige Erklärung siehe Teil 0. Evidenz-Ampel und Sicherheitssymbole wurden unverändert aus Band 1 übernommen; die Eignung ist neu in diesem Band und beantwortet eine andere Frage als die ersten beiden (siehe Glossar-Eintrag oben).

Erweiterte Sicherheits- und Vorsichtsmatrix

Siehe erweiterte Sicherheits- und Vorsichtsmatrix in Teil 1 — ergänzt die Matrix aus Band 1 um Pressatmung, Atemmuskeltraining und Hypoxie-Exposition.

Quellenverzeichnis nach Studientyp und Quellenart gegliedert

Diese Gliederung ordnet die in Band 2 zitierten Quellen nach Publikations- und Studientyp. Sie stellt keine eigenständige Bewertung der wissenschaftlichen Evidenzstärke dar — die Evidenz-Einstufung erfolgt über die Kennzeichnungen im jeweiligen Kapitel. Quellen aus Band 1 (z. B. Kox et al., 2014) sind dort aufgeführt und werden hier nicht wiederholt.

Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen:

Ammous, O., Feki, W., Lotfi, T., Khamis, A. M., Gosselink, R., Rebai, A., & Kammoun, S. (2023). Inspiratory muscle training, with or without concomitant pulmonary rehabilitation, for chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD013778. DOI: 10.1002/14651858.CD013778.pub2

Beaumont, M., Forget, P., Couturaud, F., & Reyckler, G. (2018). Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: a systematic review and meta-analysis. *The Clinical Respiratory Journal*, 12(7), 2178–2188. DOI: 10.1111/crj.12905

Han, B., et al. (2024). Effects of inspiratory muscle training in people with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Life*, 14(11), 1470. DOI: 10.3390/life14111470

Lista-Paz, A., et al. (2022). Effect of respiratory muscle training in asthma: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 66(3), 101691. DOI: 10.1016/j.rehab.2022.101691 (online first 2022, Heft 2023)

Xiang, Y., Luo, T., Chen, X., Zhang, H., & Zeng, L. (2024). Effect of inspiratory muscle training in children with asthma: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Pediatrics*, 12, 1367710. DOI: 10.3389/fped.2024.1367710

Shei, R.-J. (2018). Recent advancements in our understanding of the ergogenic effect of respiratory muscle training in healthy humans: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2674–2685. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002730

Torres-Castro, R., Caicedo-Trujillo, S., Gimeno-Santos, E., Gutiérrez-Arias, R., Alsina-Restoy, X., Vasconcello-Castillo, L., Serón, P., Spruit, M. A., Blanco, I., & Vilaró, J. (2025). Effectiveness of inspiratory muscle training in patients with a chronic respiratory disease: an overview of systematic reviews. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1549652. DOI: 10.3389/fspor.2025.1549652

Blazek, D., Stastny, P., Maszczyk, A., Krawczyk, M., Matykiewicz, P., & Petr, M. (2019). Systematic review of intra-abdominal and intrathoracic pressures initiated by the Valsalva manoeuvre during high-intensity resistance exercises. *Biology of Sport*, 36(4), 373–386. DOI: 10.5114/biolsport.2019.88759

Dorelli, G., et al. (2025). Aerobic intermittent hypoxic training is not beneficial for maximal oxygen uptake and performance: a systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 35(6), e70088. DOI: 10.1111/sms.70088

Correia, A. da C., et al. (2025). Effectiveness of inspiratory muscle training and multicomponent physical training in patients with post-COVID conditions: a systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews*, 14. DOI: 10.1186/s13643-025-02982-1

Fincham, G. W., Kartar, A., Uthaug, M. V., Anderson, B., Hall, L., Nagai, Y., Critchley, H., & Colasanti, A. (2023). High ventilation breathwork practices: an overview of their effects,

mechanisms, and considerations for clinical applications. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 155, 105453. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2023.105453

Fincham, G. W., Strauss, C., Montero-Marin, J., & Cavanagh, K. (2023). Effect of breathwork on stress and mental health: a meta-analysis of randomised-controlled trials. *Scientific Reports*, 13, 432. DOI: 10.1038/s41598-022-27247-y

Chen, et al. (2023). Does exercise regulate autophagy in humans? A systematic review and meta-analysis. *Autophagy Reports*, 2(1). DOI: 10.1080/27694127.2023.2190202

Roberts, S., Stern, M., Schreuder, F. M., & Watson, T. (2009). The use of pursed lips breathing in stable chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review of the evidence. *Physical Therapy Reviews*, 14(4), 240–246. DOI: 10.1179/174328809X452908

Doherty, C., Baldwin, M., Keogh, A., et al. (2024). Keeping pace with wearables: a living umbrella review of systematic reviews evaluating the accuracy of consumer wearable technologies in health measurement. *Sports Medicine*, 54(11), 2907–2926. DOI: 10.1007/s40279-024-02077-2

Abureesh, O., et al. (2026). Efficacy and safety of diaphragmatic breathing exercises for gastroesophageal reflux disease: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 15(9), 3406. DOI: 10.3390/jcm15093406

Randomisierte oder kontrollierte Experimentalstudien:

Witt, J. D., Guenette, J. A., Rupert, J. L., McKenzie, D. C., & Sheel, A. W. (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of Physiology*, 584(3), 1019–1028. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.140855

Hummelmann, et al. (2026). Breathing technique-dependent acute cardiopulmonary responses during squats in healthy females. *Physiological Reports*, 14, e70831.

Ikeda, E. R., et al. (2009). The Valsalva maneuver revisited: the influence of voluntary breathing on isometric muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 127–132. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31818eb256

Bergqvist, et al. (2025). Effects of oral, oronasal, and oronasal breathing with a decongested nose during incremental maximal exercise testing of well-trained endurance athletes: a randomized cross-over study. *Frontiers in Physiology*, 16, 1654725. DOI: 10.3389/fphys.2025.1654725

Seppälä, E. M., Nitschke, J. B., Tudorascu, D. L., Hayes, A., Goldstein, M. R., Nguyen, D. T. H., Perlman, D., & Davidson, R. J. (2014). Breathing-based meditation decreases posttraumatic stress disorder symptoms in U.S. military veterans: a randomized controlled longitudinal study. *Journal of Traumatic Stress*, 27(4), 397–405. DOI: 10.1002/jts.21936

Bayley, P. J., et al. (2022). Randomised clinical non-inferiority trial of breathing-based meditation and cognitive processing therapy for symptoms of post-traumatic stress disorder in military veterans. *BMJ Open*, 12(8), e056609. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-056609

Fincham, G. W., Strauss, C., & Cavanagh, K. (2023). Effect of coherent breathing on mental health and wellbeing: a randomised placebo-controlled trial. *Scientific Reports*, 13, 22141. DOI: 10.1038/s41598-023-49279-8

Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (1997). “Living high-training low”: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*, 83(1), 102–112. DOI: 10.1152/jappl.1997.83.1.102

Physiologische Experimentalstudien, Validierungsstudien und Fallserien:

- MacDougall, J. D., Tuxen, D., Sale, D. G., Moroz, J. R., & Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58(3), 785–790. DOI: 10.1152/jappl.1985.58.3.785
- Linsenbardt, S. T., Thomas, T. R., & Madsen, R. W. (1992). Effect of breathing techniques on blood pressure response to resistance exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 26(2), 97–100. DOI: 10.1136/bjism.26.2.97
- Vieira, G. M., Oliveira, H. B., de Andrade, D. T., Bottaro, M., & Ritch, R. (2006). Intraocular pressure variation during weight lifting. *Archives of Ophthalmology*, 124(9), 1251–1254. DOI: 10.1001/archophth.124.9.1251
- Hughes, L. O., Heber, M. E., Lahiri, A., Harries, M., & Raftery, E. B. (1989). Haemodynamic advantage of the Valsalva manoeuvre during heavy resistance training. *European Heart Journal*, 10(10), 896–902. DOI: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a059399
- Daley, M. A., Bramble, D. M., & Carrier, D. R. (2013). Impact loading and locomotor-respiratory coordination significantly influence breathing dynamics in running humans. *PLoS One*, 8(8), e70752. DOI: 10.1371/journal.pone.0070752
- Barden, J. M., & Barber, F. D. (2022). The effect of breathing laterality on hip roll kinematics in submaximal front crawl swimming. *Sensors*, 22(6), 2324. DOI: 10.3390/s22062324
- Hartley, G. L., et al. (2016). Corticospinal excitability is associated with hypocapnia but not changes in cerebral blood flow. *The Journal of Physiology*, 594(12), 3423–3437. DOI: 10.1113/JP271914
- Doehner, W., et al. (2024). Intermittent hypoxic-hyperoxic training during inpatient rehabilitation improves exercise capacity and functional outcome in patients with long Covid: results of a controlled clinical pilot trial. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 15(6). DOI: 10.1002/jcsm.13628 (kontrollierte, nicht-randomisierte Studie)
- Dial, M. B., et al. (2025). Validation of nocturnal resting heart rate and heart rate variability in consumer wearables. *Physiological Reports*, 13(16), e70527. DOI: 10.14814/phy2.70527

Narrative Übersichtsarbeiten, Referenzwerke und Leitlinien:

- Dempsey, J. A., & Wagner, P. D. (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 1997–2006. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.6.1997
- Powers, S. K., Martin, D., & Dodd, S. (1993). Exercise-induced hypoxaemia in elite endurance athletes: incidence, causes and impact on VO₂max. *Sports Medicine*, 16(1), 14–22. DOI: 10.2165/00007256-199316010-00003
- Harms, C. A., Wetter, T. J., St Croix, C. M., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 131–138. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.1.131
- Morton, D., & Callister, R. (2014). Exercise-related transient abdominal pain (ETAP). *Sports Medicine*, 45(1), 23–35. DOI: 10.1007/s40279-014-0245-z
- Bart, R. M., Murray, B. P., & Lau, H. (2026). Shallow water blackout. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. NBK554620
- Evans, J. A., & Whitelaw, W. A. (2009). The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respiratory Care*, 54(10), 1348–1359.
- National Institute for Health and Care Excellence (2021). Myalgic encephalomyelitis (or encephalopathy)/chronic fatigue syndrome: diagnosis and management. NICE guideline

NG206.

McGregor, N. R., et al. (2019). Post-exertional malaise is associated with hypermetabolism, hypoacetylation and purine metabolism deregulation in ME/CFS cases. *Diagnostics*, 9(3), 70. DOI: 10.3390/diagnostics9030070

Baraniuk, J. N. (2025). Exertional exhaustion (post-exertional malaise, PEM) evaluated by the effects of exercise on cerebrospinal fluid metabolomics–lipidomics and serine pathway in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1282. DOI: 10.3390/ijms26031282

Freies Wissen & Unterstützung

Ich glaube fest an den freien Zugang zu Informationen und Bildung. Deshalb stelle ich dieses Kompendium sowie alle meine zukünftigen Arbeiten komplett kostenfrei und ohne Paywall zur Verfügung.

Wenn dir dieser Leitfaden geholfen hat und du meine Arbeit an zukünftigen Projekten unterstützen möchtest, freue ich mich über ein freiwilliges digitales Trinkgeld. Jeder Beitrag hilft dabei, die Hosting-Kosten zu decken und Zeit für weitere Recherchen zu finanzieren:

PayPal: paypal.me/drapete

Buy Me a Coffee: buymeacoffee.com/drapete

Bitcoin (BTC): bc1qaafk8hj6xmx9tw3wu3rxkv45as6vtqdpgg55tnm

Vielen Dank für deine Unterstützung!

Impressum und Disclaimer

Herausgeber & Redaktion: Karl Peter Dräger.

Hinweis: Ich bin kein Arzt, Ernährungsberater oder zertifizierter Sportwissenschaftler. Dieses Dokument ist das Resultat privater Recherche und dient ausschließlich der persönlichen Information.

Informationsquelle: Die Kerninhalte und Struktur dieses Teils basieren auf einer systematischen Recherche der wissenschaftlichen Literatur zu Atemtechniken im Leistungs-, Therapie- und Grenzbereichskontext. Die zugrundeliegenden Quellen sind im Quellenverzeichnis aufgeführt.

Methodik & Qualitätssicherung: Zur Qualitätssicherung wurden die Inhalte zusätzlich mithilfe moderner KI-Assistenzsysteme (Claude, DeepSeek, ChatGPT, Gemini und Kimi) auf Konsistenz mit dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand und den im Quellenverzeichnis gelisteten Primärquellen überprüft. Zahlen aus KI-Empfehlungen wurden dabei grundsätzlich nicht ohne eigene Primärquellen-Verifikation übernommen. Die finale Auswahl, Bewertung und Zusammenstellung der Inhalte erfolgte durch den Autor.

Wichtiger Haftungsausschluss (Disclaimer): Die in diesem Dokument bereitgestellten Informationen sind nicht als medizinischer Rat gedacht und ersetzen keine professionelle ärztliche Beratung, Diagnose oder Behandlung. Die Umsetzung der hier beschriebenen Techniken geschieht auf eigene Verantwortung. Vor der Anwendung der beschriebenen Techniken — insbesondere bei bestehenden Erkrankungen (z. B. Epilepsie, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Glaukom, Post-Exertional Malaise) oder während der Schwangerschaft — sollte immer eine qualifizierte Fachperson konsultiert werden. Apnoe-/Freediving-Training darf ausschließlich unter qualifizierter Ausbildung und Aufsicht erfolgen (siehe Teil 6). Der Autor übernimmt keine Haftung für Schäden, die aus der Anwendung der hier zusammengestellten Informationen entstehen.
