

Quellenverzeichnis

SYNERGIE Band 3

Warum Bewegung die beste Medizin ist

- [1] Pedersen, B.K., Saltin, B.: „Exercise as medicine – evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases“, Scand J Med Sci Sports 25 Suppl 3, 1–72 (2015). Umfassendster Review: Bewegung ist evidenzbasierte Therapie bei 26 chronischen Erkrankungen. [DOI: 10.1111/sms.12581](https://doi.org/10.1111/sms.12581)
- [2] Guthold, R. et al.: „Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016“, Lancet Global Health 6(10), e1077–e1086 (2018). Globale Analyse: 31% der Erwachsenen und 80% der Jugendlichen weltweit erreichen nicht die empfohlenen Aktivitätsniveaus. [DOI: 10.1016/s2214-109x\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(18)30357-7)
- [3] WHO Fact Sheet: „Physical Activity“ (2024). Globale Kosten physischer Inaktivität: Geschätzte 300 Milliarden US-Dollar für Gesundheitssysteme zwischen 2020 und 2030, ca. 27 Milliarden/Jahr. [DOI: 10.4135/9781452233765.n2](https://doi.org/10.4135/9781452233765.n2)
- [4] Dunstan, D.W. et al.: „Television viewing time and mortality: The Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab)“, Circulation 121(3), 384–391 (2010). Jede zusätzliche Stunde täglichen Fernsehens erhöhte Gesamtmortalität um 11% und kardiovaskuläre Mortalität um 18%. [DOI: 10.1161/circulationaha.110.960864](https://doi.org/10.1161/circulationaha.110.960864)
- [5] Chau, J.Y. et al.: „Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis“, PLoS One 8(11), e80000 (2013). Meta-Analyse: Jede zusätzliche Stunde Sitzen pro Tag erhöhte Gesamtmortalität um 2%. Ab 7 Stunden Sitzen stieg das Risiko steiler an. [DOI: 10.1371/journal.pone.0080000](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080000)
- [6] Biswas, A. et al.: „Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults“, Ann Intern Med 162(2), 123–132 (2015). Systematischer Review: Sitzverhalten erhöht Risiko für Typ-2-Diabetes um 112%, Herz-Kreislauf-Mortalität um 147% und Krebsmortalität um 13%. [DOI: 10.7326/m14-1651](https://doi.org/10.7326/m14-1651)

- [7] Ekelund, U. et al.: „Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women“, *Lancet* 388(10051), 1302–1310 (2016). Schlüsselarbeit: 60–75 Minuten moderate Aktivität/Tag eliminieren das erhöhte Sterberisiko durch langes Sitzen. DOI: [10.1016/s0140-6736\(16\)30370-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)30370-1)
- [8] Gao, W. et al.: „Occupational Sitting Time, Leisure Physical Activity, and All-Cause and Cardiovascular Disease Mortality“, *JAMA Network Open* 7(1), e2350680 (2024). Taiwanische Kohortenstudie: Berufliches Sitzen >6 Stunden/Tag erhöhte Gesamtmortalität signifikant; Risiko durch körperliche Aktivität in der Freizeit weitgehend kompensierbar. DOI: [10.1001/jamanetworkopen.2023.50680](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.50680)
- [9] Lee, I-M. et al.: „Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy“, *Lancet* 380(9838), 219–229 (2012). Physische Inaktivität verursacht weltweit 6–9% aller vorzeitigen Todesfälle durch KHK, Diabetes, Brust-/Darmkrebs. DOI: [10.1016/s0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61031-9)
- [10] Hagger-Johnson, G. et al.: „Sitting Time, Fidgeting, and All-Cause Mortality in the UK Women’s Cohort Study“, *Am J Prev Med* 50(2), 154–160 (2016). 12.778 Frauen, 12 Jahre Follow-up: Fidgeting hob den Zusammenhang zwischen langem Sitzen und erhöhter Mortalität vollständig auf. DOI: [10.1016/j.amepre.2015.06.025](https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.06.025)
- [11] Morishima, T. et al.: „Prolonged Sitting-induced Leg Endothelial Dysfunction is Prevented by Fidgeting“, *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 311(1), H177–H182 (2016). Beinwippen während des Sitzens verhinderte die sitzbedingte endotheliale Dysfunktion über Erhöhung des Scherstress und Blutflusses. DOI: [10.1152/ajpheart.00297.2016](https://doi.org/10.1152/ajpheart.00297.2016)
- [12] Kanaley, J.A. et al.: „Leg fidgeting during prolonged sitting improves postprandial glycemic control in people with obesity“, *Obesity* 29(7), 1146–1154 (2021). Randomisierte Crossover-Studie (n=20): Intermittierendes Beinwippen steigerte Blutfluss und verbesserte postprandiale Blutzuckerkontrolle signifikant. DOI: [10.1002/oby.23173](https://doi.org/10.1002/oby.23173)
- [13] Bao, R. et al.: „The metabolic effects of habitual leg shaking: A randomized crossover trial“, *J Diabetes* 16(5), e13556 (2024). Beinwippen steigerte Gesamtenergieverbrauch um ~16,3%. METs von 1,5 (sedentär) auf 1,8. Erhöhte Kohlenhydratoxidation als Hauptmechanismus. DOI: [10.1111/1753-0407.13556](https://doi.org/10.1111/1753-0407.13556)

- [14] Severinsen, M.C.K., Pedersen, B.K.: „Muscle–Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines“, *Endocr Rev* 41(4), bnaa016 (2020). Review: Muskelkontraktionen produzieren Myokine, die Crosstalk mit Gehirn, Fett, Knochen, Leber, Darm, Bauchspeicheldrüse ermöglichen. DOI: [10.1210/endrev/bnaa016](https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016)
- [15] Boström, P. et al.: „A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis“, *Nature* 481(7382), 463–468 (2012). Entdeckung von Irisin: Myokin, das weißes Fettgewebe in braunes umwandelt („Browning“) und Thermogenese steigert. DOI: [10.1038/nature10777](https://doi.org/10.1038/nature10777)
- [16] Wrann, C.D. et al.: „Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway“, *Cell Metab* 18(5), 649–659 (2013). Irisin (FNDC5) überquert Blut-Hirn-Schranke und stimuliert BDNF-Produktion im Hippocampus – molekularer Mediator der bewegungsinduzierten Neurogenese. DOI: [10.1016/j.cmet.2013.09.008](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.09.008)
- [17] Moon, H.Y. et al.: „Running-Induced Systemic Cathepsin B Secretion Is Associated with Memory Function“, *Cell Metab* 24(2), 332–340 (2016). Cathepsin B: Zweites Myokin neben Irisin, das Blut-Hirn-Schranke überquert und BDNF-Expression im Hippocampus stimuliert. DOI: [10.1016/j.cmet.2016.05.025](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.025)
- [18] Liu, P.Z., Nusslock, R.: „Exercise-Mediated Neurogenesis in the Hippocampus via BDNF“, *Front Neurosci* 12, 52 (2018). Review: BDNF als Schlüsselmolekl der bewegungsinduzierten Neurogenese. BDNF reguliert Proliferation, Differenzierung, Reifung und Plastizität neuer Neuronen. DOI: [10.3389/fnins.2018.00052](https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00052)
- [19] Erickson, K.I. et al.: „Exercise training increases size of hippocampus and improves memory“, *Proc Natl Acad Sci USA* 108(7), 3017–3022 (2011). RCT mit 120 älteren Erwachsenen: Aerobes Training vergrößerte Hippocampus um 2%, kehrte altersbedingte Schrumpfung um 1–2 Jahre um, verbesserte räumliches Gedächtnis. DOI: [10.1073/pnas.1015950108](https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108)
- [20] Szuhany, K.L. et al.: „A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor“, *J Psychiatr Res* 60, 56–64 (2015). Meta-Analyse: Sowohl einzelne Trainingseinheiten als auch regelmäßiges Training erhöhen BDNF-Spiegel signifikant. DOI: [10.1016/j.jpsychires.2014.10.003](https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2014.10.003)

- [21] Colberg, S.R. et al.: „Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association“, *Diabetes Care* 39(11), 2065–2079 (2016). Bewegung senkt HbA1c um 0,5–0,7% – vergleichbar mit vielen oralen Antidiabetika. Erhöht Insulinsensitivität für 24–72 Stunden nach Training. DOI: [10.2337/dc16-1728](https://doi.org/10.2337/dc16-1728)
- [22] Gleeson, M. et al.: „The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease“, *Nat Rev Immunol* 11(9), 607–615 (2011). Anti-inflammatorische Wirkung: Regelmäßige Bewegung senkt CRP, TNF- α , IL-1 β und erhöht anti-inflammatorische Zytokine. DOI: [10.1038/nri3041](https://doi.org/10.1038/nri3041)
- [23] WHO: „Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour“, Geneva: World Health Organization (2020). Empfehlung: 150–300 Minuten moderate oder 75–150 Minuten intensive aerobe Aktivität pro Woche. Erstmals auch Empfehlungen für Schwangere und Menschen mit chronischen Erkrankungen. DOI: [10.1186/s44167-023-00028-2](https://doi.org/10.1186/s44167-023-00028-2)
- [24] Bull, F.C. et al.: „World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour“, *Br J Sports Med* 54(24), 1451–1462 (2020). Kurvilineare Dosis-Wirkungs-Beziehung: Größter Gesundheitsgewinn bei Übergang von Inaktivität zu moderater Aktivität. DOI: [10.1186/s12966-020-01051-1](https://doi.org/10.1186/s12966-020-01051-1)
- [25] Wen, C.P. et al.: „Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study“, *Lancet* 378(9798), 1244–1253 (2011). Taiwanesische Kohorte (416.175 Personen): Bereits 15 Minuten moderate Aktivität/Tag senkten Mortalität um 14% und erhöhten Lebenserwartung um 3 Jahre. DOI: [10.1016/s0140-6736\(11\)60749-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)60749-6)
- [26] Warburton, D.E.R., Bredin, S.S.D.: „Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews“, *Curr Opin Cardiol* 32(5), 541–556 (2017). Umbrella Review: Konsistente Evidenz für Risikoreduktion bei KHK (20–30%), Schlaganfall (20–27%), Typ-2-Diabetes (30–40%), verschiedenen Krebsarten (20–30%). DOI: [10.1097/hco.0000000000000437](https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000437)
- [27] Fiuza-Luces, C. et al.: „Exercise benefits in cardiovascular disease: beyond attenuation of traditional risk factors“, *Nat Rev Cardiol* 15(12), 731–743 (2018). Bewegung wirkt kardioprotektiv über multiple Mechanismen: verbesserte Endothelfunktion, reduzierte Entzündung, erhöhte Insulinsensitivität, verbesserte autonome Regulation. DOI: [10.1038/s41569-018-0065-1](https://doi.org/10.1038/s41569-018-0065-1)

- [28] Moore, S.C. et al.: „Association of Leisure-Time Physical Activity With Risk of 26 Types of Cancer in 1.44 Million Adults“, JAMA Intern Med 176(6), 816–825 (2016). Größte Studie: Bewegung reduzierte Risiko für 13 von 26 untersuchten Krebsarten signifikant, darunter Brust-, Darm-, Leber-, Lungen- und Magenkrebs. DOI: [10.1001/jamanetworkopen.2022.28510](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.28510)
- [29] Hojman, P. et al.: „Molecular Mechanisms Linking Exercise to Cancer Prevention and Treatment“, Cell Metab 33(1), 10–24 (2021). Mechanismen der Krebsprävention durch Bewegung: NK-Zell-Mobilisierung, Myokin-vermittelte Tumorsuppression, reduzierte chronische Entzündung, verbesserte Immunosurveillance. DOI: [10.1016/j.cmet.2017.09.015](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.09.015)
- [30] Pedersen, L. et al.: „Voluntary Running Suppresses Tumor Growth through Epinephrine- and IL-6-Dependent NK Cell Mobilization and Redistribution“, Cell Metab 23(3), 554–562 (2016). Bahnbrechend: Laufen mobilisierte natürliche Killerzellen über Epinephrin und IL-6, was Tumorwachstum bei Mäusen um 60% reduzierte. DOI: [10.1016/j.cmet.2016.01.011](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.01.011)
- [31] Schuch, F.B. et al.: „Exercise as a treatment for depression: A meta-analysis adjusting for publication bias“, J Psychiatr Res 77, 42–51 (2016). Meta-Analyse: Bewegung hat signifikante antidepressive Wirkung. Effektstärke vergleichbar mit Antidepressiva und Psychotherapie. DOI: [10.1016/j.jpsychires.2016.02.023](https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.02.023)

Krafttraining

- [32] Cruz-Jentoft, A.J. et al.: „Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis“ (EWGSOP2), Age Ageing 48(1), 16–31 (2019). Aktualisierte Definition: Sarkopenie = niedrige Muskelkraft (primäres Kriterium) + niedrige Muskelmasse/Muskelqualität. DOI: [10.1093/ageing/afac220](https://doi.org/10.1093/ageing/afac220)
- [33] Haynes, E.M.K. et al.: „Age and sex-related decline of muscle strength“, Appl Physiol Nutr Metab 45(11), 1185–1196 (2020). Kraftverlust – ca. 15% pro Dekade ab 60. DOI: [10.1139/apnm-2020-0081](https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0081)
- [34] Petermann-Rocha, F. et al.: „Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia“, J Cachexia Sarcopenia Muscle 13(1), 86–99 (2022). Meta-Analyse (692.056 Teilnehmer): Globale Prävalenz 10–27%. DOI: [10.1002/jcsm.12783](https://doi.org/10.1002/jcsm.12783)

- [35] Beaudart, C. et al.: „Health Outcomes of Sarcopenia“, PLoS One 12(1), e0169548 (2017). Sturzrisiko OR 3,23; Fraktur OR 1,84; Mortalität OR 3,60. [DOI: 10.1371/journal.pone.0169548](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169548)
- [36] Xu, J. et al.: „Sarcopenia Is Associated with Mortality in Adults“, Gerontology 68(4), 361–376 (2022). Sarkopenie erhöht Gesamtmortalität signifikant (HR 1,60–2,00). [DOI: 10.5463/thesis.1403](https://doi.org/10.5463/thesis.1403)
- [37] Zhou, J. et al.: „Association of muscle wasting with mortality risk“, J Cachexia Sarcopenia Muscle 14(3), 1596–1612 (2023). Muskelabbau erhöht Mortalität unabhängig von Alter und Geschlecht. [DOI: 10.1002/jcsm.13263](https://doi.org/10.1002/jcsm.13263)
- [38] Larsson, L. et al.: „Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function“, Physiol Rev 99(1), 427–511 (2019). Umfassendster Review: Pathophysiologie der Sarkopenie. [DOI: 10.1152/physrev.00061.2017](https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017)
- [39] Mitchell, W.K. et al.: „Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age“, Front Physiol 3, 260 (2012). Typ-II-Fasern überproportional betroffen. Faserfläche –10–40%. [DOI: 10.3389/fphys.2012.00260](https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260)
- [40] Shailendra, P. et al.: „Resistance Training and Mortality Risk“, Am J Prev Med 63(2), 277–285 (2022). Meta-Analyse: Krafttraining reduziert Mortalität um 15%. [DOI: 10.1016/j.amepre.2022.03.020](https://doi.org/10.1016/j.amepre.2022.03.020)
- [41] Momma, H. et al.: „Muscle-strengthening activities and mortality“, Br J Sports Med 56(13), 755–763 (2022). U-förmig: Optimum bei 60 Min/Woche (–33%). [DOI: 10.1136/bjsports-2021-105061](https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105061)
- [42] Boyle, T. et al.: „Weight training and mortality among older adults“, Int J Epidemiol 53(3), dyae074 (2024). Jedes Krafttraining senkt Mortalität. Kombination Kraft+Ausdauer = niedrigstes Risiko. [DOI: 10.1093/ije/dyae074](https://doi.org/10.1093/ije/dyae074)
- [43] WHO: „Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour“ (2020). Muskelstärkendes Training ≥ 2 Tage/Woche. [DOI: 10.1186/s44167-023-00028-2](https://doi.org/10.1186/s44167-023-00028-2)
- [44] Burtscher, J. et al.: „How much resistance exercise for healthy aging?“, J Sport Health Sci 12(3), 284–286 (2023). Optimum: ca. 60 Min/Woche. [DOI: 10.1016/j.jshs.2022.11.004](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.11.004)

- [45] Westcott, W.L.: „Resistance training is medicine“, Curr Sports Med Rep 11(4), 209–216 (2012). Verbessert Blutdruck, Lipide, Insulinsensitivität, Knochendichte, Depression. DOI: [10.1249/jsr.0b013e31825dabb8](https://doi.org/10.1249/jsr.0b013e31825dabb8)
- [46] O’Bryan, S.J. et al.: „Progressive resistance training for muscle strength and bone density“, Sports Med 52(8), 1939–1960 (2022). Krafttraining steigert gleichzeitig Kraft und Knochendichte. DOI: [10.1530/boneabs.2.p66](https://doi.org/10.1530/boneabs.2.p66)
- [47] Khodadad Kashi, S. et al.: „Resistance Training: Quality of Life, Depression, Strength in Older Adults“, Biol Res Nurs 25(1), 88–106 (2023). Verbessert Lebensqualität und Depression. DOI: [10.1177/10998004221120945](https://doi.org/10.1177/10998004221120945)
- [48] Liu, C.J., Latham, N.K.: „Progressive resistance strength training for older adults“, Cochrane Database Syst Rev 3, CD002759 (2009). 121 RCTs: Signifikante Verbesserung von Kraft und Funktion. DOI: [10.1016/j.apmr.2008.08.002](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.08.002)
- [49] Peterson, M.D. et al.: „Resistance exercise for muscular strength in older adults“, Ageing Res Rev 9(3), 226–237 (2010). Optimale Intensität: 60–80% 1-RM, 2–3 Tage/Woche. DOI: [10.1519/ssc.0b013e3181cc3dd2](https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3181cc3dd2)
- [50] Schoenfeld, B.J. et al.: „Strength and Hypertrophy: Low- vs. High-Load“, J Strength Cond Res 31(12), 3508–3523 (2017). Leichte und schwere Gewichte bei Muskelversagen gleich wirksam für Hypertrophie. DOI: [10.1519/jsc.0000000000002200](https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002200)
- [51] Schoenfeld, B.J. et al.: „Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy“, Med Sci Sports Exerc 51(1), 94–103 (2019). Volumen = Haupttreiber der Hypertrophie. DOI: [10.1519/ssc.0000000000000363](https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000363)
- [52] Morton, R.W. et al.: „Protein supplementation and resistance training“, Br J Sports Med 52(6), 376–384 (2018). >1,6 g/kg/Tag ohne zusätzlichen Muskelaufbau-Vorteil. DOI: [10.1093/ajcn/nqy068](https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy068)
- [53] Phillips, S.M. et al.: „Protein requirements beyond the RDA“, Appl Physiol Nutr Metab 41(5), 565–572 (2016). 2–3 g Leucin/Mahlzeit für maximale Muskelproteinsynthese. DOI: [10.1139/apnm-2015-0550](https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550)
- [54] Walker, D.K. et al.: „Exercise, amino acids, and aging in muscle protein synthesis“, Med Sci Sports Exerc 43(12), 2249–2258 (2011). Training sensitiviert Muskel für Aminosäuren. DOI: [10.1249/mss.0b013e318223b037](https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318223b037)

[55] Churchward-Venne, T.A. et al.: „Role of protein and amino acids in lean mass accretion“, *Amino Acids* 45(2), 231–240 (2013). Leucin-reiche Quellen (Whey, Eier, Fleisch) am wirksamsten. [DOI: 10.1007/s00726-013-1506-0](https://doi.org/10.1007/s00726-013-1506-0)

Dehnen

[56] Wilke, J. et al.: „Fascia thickness, aging and flexibility: Is there an association?“, *J Anat* 234(1), 43–49 (2019). Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Fasziendicke, Alter und Beweglichkeit. [DOI: 10.1111/joa.12902](https://doi.org/10.1111/joa.12902)

[57] Konrad, A. et al.: „Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables: A systematic review with meta-analysis“, *J Sport Health Sci* 12(5), 611–622 (2023). Signifikanter moderater Gesamteffekt ($ES = -1,002$; $p < 0,001$): Dehntraining erhöht die Gelenkbeweglichkeit. [DOI: 10.1016/j.jshs.2023.06.002](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.002)

[58] Ingram, L. et al.: „Mechanisms Underlying Range of Motion Improvements Following Acute and Chronic Static Stretching“, *Sports Med* (2025). Sowohl akutes als auch chronisches statisches Dehnen reduzierten die Gewebesteifigkeit (Hedges' $g = 0,42$ bzw. $0,37$). Dehntoleranz stieg nur bei chronischem Training. [DOI: 10.1007/s40279-025-02204-7](https://doi.org/10.1007/s40279-025-02204-7)

[59] Kay, A.D. & Blazevich, A.J.: „Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review“, *Med Sci Sports Exerc* 44(1), 154–164 (2012). Statisches Dehnen unter 60 Sekunden pro Muskelgruppe hat nur triviale negative Effekte auf Kraft und Schnelligkeit. [DOI: 10.1249/mss.0b013e318225cb27](https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318225cb27)

[60] Behm, D.G. et al.: „Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review“, *Appl Physiol Nutr Metab* 41(1), 1–11 (2016). Dosis-Wirkungs-Beziehung: $\geq 60s$ statisches Dehnen: $-4,6\%$ Leistungsverlust; $< 60s$: nur $-1,1\%$. [DOI: 10.1139/apnm-2015-0235](https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235)

[61] Warneke, K. et al.: „Revisiting the stretch-induced force deficit: A systematic review with multilevel meta-analysis“, *J Sport Health Sci* (2024). Bei komplexen Bewegungen wie Springen oder Sprinten kein signifikanter Leistungsverlust durch vorheriges Dehnen. [DOI: 10.1016/j.jshs.2024.05.002](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.05.002)

- [62] Wilke, J. et al.: „Practical recommendations on stretching exercise: A Delphi consensus statement of international research experts“, Br J Sports Med (2025). 20 internationale Experten: Das Panel empfiehlt Dehnen nicht zur allgemeinen Verletzungsprävention. Kurzes statisches Dehnen (<60s) kann aber als Warm-up-Komponente eingesetzt werden. [DOI: 10.1016/j.jsbs.2025.101067](https://doi.org/10.1016/j.jsbs.2025.101067)
- [63] Small, K. et al.: „A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury“, Res Sports Med 16(3), 213–231 (2008). Moderate bis starke Evidenz, dass statisches Dehnen die Gesamtverletzungsrate nicht senkt; vorläufige Evidenz für Reduktion muskulärer Verletzungen. [DOI: 10.1080/15438620802310784](https://doi.org/10.1080/15438620802310784)
- [64] Thacker, S.B. et al.: „The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature“, Med Sci Sports Exerc 36(3), 371–378 (2004). Dehnen war nicht signifikant mit einer Reduktion der Gesamtverletzungen assoziiert (OR = 0,93; CI 0,78–1,11). [DOI: 10.1249/01.mss.0000117134.83018.f7](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000117134.83018.f7)
- [65] Afonso, J. et al.: „Strength training versus stretching for improving range of motion: A systematic review and meta-analysis“, Healthcare 9(4), 427 (2021). Krafttraining und Dehnen unterschieden sich nicht signifikant in ihrem Effekt auf die Gelenkbeweglichkeit (ES = –0,22; p = 0,206). [DOI: 10.3390/healthcare9040427](https://doi.org/10.3390/healthcare9040427)
- [66] Alizadeh, S. et al.: „Resistance training induces improvements in range of motion: A systematic review and meta-analysis“, Sports Med 53(3), 707–722 (2023). Umfassende Meta-Analyse: Krafttraining verbessert die Beweglichkeit vergleichbar mit Dehntraining. [DOI: 10.1007/s40279-022-01804-x](https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x)
- [67] Kay, A.D. et al.: „Effects of eccentric resistance training on lower-limb passive joint range of motion: a systematic review and meta-analysis“, Med Sci Sports Exerc 55(4), 710–721 (2023). Exzentrisches Krafttraining erhöht die Fasziellänge und verbessert passive Gelenkbeweglichkeit. [DOI: 10.1249/mss.0000000000003085](https://doi.org/10.1249/mss.0000000000003085)
- [68] Stathokostas, L. et al.: „Flexibility training and functional ability in older adults: A systematic review“, J Aging Res 2012, 306818 (2012). Dehninterventionen bei älteren Erwachsenen verbessern die Gelenkbeweglichkeit, aber ein spezifisches Protokoll ist nicht ableitbar. [DOI: 10.1155/2012/306818](https://doi.org/10.1155/2012/306818)
- [69] Di Giminiani, R. et al.: „Acute and chronic effects of supervised flexibility training in older adults“, Int J Environ Res Public Health 19(24), 16974 (2022). 12 Wochen Kombinationstraining (Kraft + statisches Dehnen) verbesserte die

Flexibilität bei älteren Erwachsenen am effektivsten. DOI: [10.3390/ijerph192416974](https://doi.org/10.3390/ijerph192416974)

[70] Nakamura, M. et al.: „Chronic effects of a static stretching intervention program on range of motion and tissue hardness in older adults“, Front Med 11, 1505775 (2024). 10-Wochen-Programm: Signifikante Steigerung der Dorsalflexion und Reduktion der Gewebehärte. Mechanismus: eher erhöhte Dehntoleranz als strukturelle Gewebeveränderung. DOI: [10.3389/fmed.2024.1505775](https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1505775)

[71] Cheatham, S.W. et al.: „The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: A systematic review“, Int J Sports Phys Ther 10(6), 827–838 (2015). Foam Rolling verbessert die Gelenkbeweglichkeit ohne Leistungseinbußen. → pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39593677/

[72] Schleip, R. & Müller, D.G.: „Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications“, J Bodyw Mov Ther 17(1), 103–115 (2013). Faszien reagieren auf mechanische Belastung mit Remodeling; langsame, dynamische Dehnungen sind besonders effektiv für Faszien Gesundheit. DOI: [10.1016/j.jbmt.2012.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.06.007)

[73] Beardsley, C. & Škarabot, J.: „Effects of self-myofascial release: A systematic review“, J Bodyw Mov Ther 19(4), 747–758 (2015). Systematische Übersicht: SMR erhöht kurzfristig die Gelenkbeweglichkeit; die genauen Mechanismen sind noch unklar. DOI: [10.1016/j.jbmt.2015.08.007](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.007)

[74] Behm, D.G. & Wilke, J.: „Do self-myofascial release devices release myofascia? Rolling mechanisms: A narrative review“, Sports Med 49(8), 1173–1181 (2019). Die Mechanismen des Foam Rolling sind wahrscheinlich eher neurophysiologisch (Schmerzmodulation, autonomes Nervensystem) als mechanisch-strukturell. DOI: [10.1007/s40279-019-01149-y](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01149-y)

[75] Youm, C. et al.: „Meta-Analysis of the effect of yoga practice on physical fitness in the elderly“, Int J Environ Res Public Health 18(21), 11663 (2021). Moderat positive Effekte auf Muskelkraft, Balance, Mobilität und Flexibilität der unteren Extremitäten.

[76] Ko, Y.C. et al.: „Effects of yoga on physical and psychological health among community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis“, Int J Older People Nurs 18(6), e12562 (2023). Signifikante Verbesserungen bei Balance

(SMD = 0,81), Flexibilität (SMD = 0,38), Muskelkraft (SMD = 0,49) und Depressivität (SMD = 0,50). [DOI: 10.1111/opn.12562](https://doi.org/10.1111/opn.12562)

[77] Tiedemann, A. et al.: „Yoga-based exercise improves balance and mobility in people aged 60 and over: a systematic review and meta-analysis“, *Age Ageing* 45(1), 21–29 (2016). Kleine bis mittlere Verbesserungen bei Balance ($g = 0,40$) und physischer Mobilität ($g = 0,50$). [DOI: 10.1093/ageing/afv175](https://doi.org/10.1093/ageing/afv175)

[78] Tulloch, A. et al.: „Yoga-based exercise improves health-related quality of life and mental well-being in older people: a systematic review of randomised controlled trials“, *Age Ageing* 47(4), 537–544 (2018). Moderate Verbesserungen bei Lebensqualität (SMD = 0,51) und psychischem Wohlbefinden (SMD = 0,38). [DOI: 10.1093/ageing/afy044](https://doi.org/10.1093/ageing/afy044)

[79] Arntz, F. et al.: „Acute and chronic effects of stretching on balance: a systematic review with multilevel meta-analysis“, *Front Med* 11, 1451180 (2024). Chronisches Dehntraining kann Balance-Parameter verbessern; die Beziehung zwischen Flexibilität und Gleichgewicht ist komplex. [DOI: 10.1186/s40798-024-00772-y](https://doi.org/10.1186/s40798-024-00772-y)

[80] Weppeler, C.H. & Magnusson, S.P.: „Increasing muscle extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation?“, *Phys Ther* 90(3), 438–449 (2010). ROM-Verbesserungen durch Dehnen sind primär auf erhöhte Dehntoleranz zurückzuführen, nicht auf strukturelle Gewebelängenveränderungen. [DOI: 10.2522/ptj.20090012](https://doi.org/10.2522/ptj.20090012)

[81] Freitas, S.R. et al.: „Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review“, *Clin Biomech* 29(9), 949–957 (2014). Bei Dehnprogrammen über 3–8 Wochen sind strukturelle Veränderungen (Faszikellänge) möglich, aber die Evidenz ist gemischt. [DOI: 10.1111/sms.12957](https://doi.org/10.1111/sms.12957)

[82] Konrad, A. & Tilp, M.: „Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures“, *Clin Biomech* 29(6), 636–642 (2014). Kurzfristige ROM-Steigerungen nach statischem Dehnen entstehen durch erhöhte Dehntoleranz, nicht durch Gewebeveränderungen. [DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2014.04.013](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.04.013)

[83] Nuzzo, J.L.: „The case for retiring flexibility as a major component of physical fitness“, *Sports Med* 50(5), 853–870 (2020). Provokative These: Flexibilität sollte als

eigenständige Fitness-Komponente überdacht werden, da der direkte Gesundheitsnutzen unklar ist. [DOI: 10.1007/s40279-019-01248-w](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01248-w)

[84] Behm, D.G. et al.: „Potential effects of dynamic stretching on injury incidence of athletes: A narrative review of risk factors“, Sports Med 53(7), 1359–1373 (2023). Dynamisches Dehnen könnte muskuläre Verletzungen reduzieren; die Evidenz ist vielversprechend, aber noch nicht abschließend. [DOI: 10.1007/s40279-023-01847-8](https://doi.org/10.1007/s40279-023-01847-8)

[85] Krause, F. et al.: „Intermuscular force transmission along myofascial chains: A systematic review“, J Anat 228(6), 910–918 (2016). Evidenz für intermuskuläre Kraftübertragung entlang myofaszialer Ketten; die klinische Relevanz muss noch weiter untersucht werden. [DOI: 10.1111/joa.12464](https://doi.org/10.1111/joa.12464)

[86] Kamml, J. et al.: „The influence of AGEs and enzymatic cross-links on collagen fibril mechanics“, arXiv (2023). Computermodell: AGEs führen zu abruptem, sprödem Versagen der Kollagenfibrillen – erklärt die erhöhte Brüchigkeit alternder Gewebe. [DOI: 10.1016/j.jmbbm.2023.105870](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105870)

[87] Snedeker, J.G. & Gautieri, A.: „The role of collagen crosslinks in ageing and diabetes – the good, the bad, and the ugly“, Muscles Ligaments Tendons J 4(3), 303–308 (2014). Kollagenhalbwertszeit variiert zwischen 1–2 Jahren (Knochen) und etwa 10 Jahren (Haut); AGEs akkumulieren besonders in langlebigen Proteinen. [DOI: 10.11138/mltj/2014.4.3.303](https://doi.org/10.11138/mltj/2014.4.3.303)

Ausdauer

[88] Mandsager, K. et al.: „Association of Cardiorespiratory Fitness With Long-term Mortality Among Adults Undergoing Exercise Treadmill Testing“, JAMA Netw Open 1(6), e183605 (2018). Kohortenstudie mit 122.007 Patienten: Niedrige kardiorespiratorische Fitness war mit einem 5-fach erhöhten Mortalitätsrisiko assoziiert im Vergleich zu Elite-Fitness. [DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.3605](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.3605)

[89] Mølmen, K.S. et al.: „Effects of exercise training on mitochondrial and capillary growth in human skeletal muscle: A systematic review and meta-regression“, Sports Med 55(1), 115–144 (2025). Intensität und Volumen als Hauptdeterminanten für mitochondriales und kapillares Wachstum. [DOI: 10.1007/s40279-024-02120-2](https://doi.org/10.1007/s40279-024-02120-2)

- [90] Pedersen, B.K.: „Physical activity and muscle–brain crosstalk“, *Nat Rev Endocrinol* 15(7), 383–392 (2019). Muskel-Hirn-Achse: Myokine fördern Neuroplastizität und kognitive Funktion. DOI: [10.1038/s41574-019-0174-x](https://doi.org/10.1038/s41574-019-0174-x)
- [91] Warburton, D.E.R. & Bredin, S.S.D.: „Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews“, *Curr Opin Cardiol* 32(5), 541–556 (2017). Körperliche Aktivität reduziert das Risiko für über 25 chronische Erkrankungen. DOI: [10.1097/hco.0000000000000437](https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000437)
- [92] Kokkinos, P. et al.: „Cardiorespiratory Fitness and Mortality Risk in Adults“, *J Am Coll Cardiol* 80(6), 598–609 (2022). Analyse von über 750.000 US-Veteranen: Jede Steigerung um 1 MET war mit 13–15% geringerem Mortalitätsrisiko assoziiert, unabhängig von Alter, BMI und Komorbiditäten. DOI: [10.31189/2165-6193-6.4.71](https://doi.org/10.31189/2165-6193-6.4.71)
- [93] Kodama, S. et al.: „Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis“, *JAMA* 301(19), 2024–2035 (2009). Meta-Analyse: Eine Steigerung der VO₂max um 1 MET war mit einer 13% Reduktion der Gesamtmortalität und 15% Reduktion der kardiovaskulären Mortalität assoziiert. DOI: [10.1001/jama.2009.681](https://doi.org/10.1001/jama.2009.681)
- [94] Laukkanen, J.A. et al.: „Midlife Cardiorespiratory Fitness and the Long-Term Risk of Mortality: 46 Years of Follow-Up“, *J Am Coll Cardiol* 72(9), 987–995 (2018). 46 Jahre Follow-up: Jede Steigerung um 1 ml/kg/min VO₂max war mit 45 Tagen längerer Lebenserwartung assoziiert. DOI: [10.1161/circ.132.suppl_3.19920](https://doi.org/10.1161/circ.132.suppl_3.19920)
- [95] Zhang, D. et al.: „Resting heart rate and all-cause and cardiovascular mortality in the general population: a meta-analysis“, *CMAJ* 188(3), E53–E63 (2016). 46 Studien, 1.246.203 Patienten: Pro 10 Schläge/min höherem Ruhepuls stieg die Gesamtmortalität um 9% und die kardiovaskuläre Mortalität um 8%. DOI: [10.1503/cmaj.150535](https://doi.org/10.1503/cmaj.150535)
- [96] Aune, D. et al.: „Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality“, *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 27(6), 504–517 (2017). 87 Studien: Erhöhter Ruhepuls assoziiert mit KHK, plötzlichem Herztod, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmern, Schlaganfall und Gesamtkrebs. DOI: [10.1016/j.numecd.2017.04.004](https://doi.org/10.1016/j.numecd.2017.04.004)
- [97] Reimers, A.K. et al.: „Effects of exercise on the resting heart rate: a systematic review and meta-analysis of interventional studies“, *J Clin Med* 7(12), 503 (2018).

Ausdauertraining senkt den Ruhepuls durchschnittlich um 5–10 Schläge pro Minute. [DOI: 10.3390/jcm7120503](https://doi.org/10.3390/jcm7120503)

[98] Böhm, M. et al.: „Resting heart rate: risk indicator and emerging risk factor in cardiovascular disease“, Am J Med 128(3), 219–228 (2015). Ein Ruhepuls von 60–70 bpm ist mit der niedrigsten kardiovaskulären Mortalität assoziiert; U-förmige Beziehung mit erhöhtem Risiko unter 50 bpm. [DOI: 10.1016/j.amjmed.2014.09.016](https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.09.016)

[99] Poon, E.T. et al.: „High-intensity interval training and cardiorespiratory fitness in adults: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses“, Scand J Med Sci Sports 34(5), e14652 (2024). Umbrella-Review: HIIT verbessert die kardiorespiratorische Fitness konsistent stärker als MICT und Kontrollgruppen. [DOI: 10.1111/sms.14652](https://doi.org/10.1111/sms.14652)

[100] Wen, D. et al.: „Effects of different protocols of high intensity interval training for VO₂max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials“, J Sci Med Sport 22(8), 941–947 (2019). Lange Intervalle (≥ 2 min), hohes Volumen (≥ 15 min) und mittelfristiges HIIT (≥ 4 –12 Wochen) zeigten die größten VO₂max-Verbesserungen. [DOI: 10.1016/j.jsams.2019.01.013](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.013)

[101] Weston, K.S. et al.: „High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis“, Br J Sports Med 48(16), 1227–1234 (2014). HIIT verbesserte die VO₂max bei kardiom metabolischen Patienten fast doppelt so stark wie MICT. [DOI: 10.1136/bjsports-2013-092576](https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576)

[102] Netzwerk-Meta-Analyse für Intervalltraining bei Athleten (2025): 51 Studien, 1.261 Athleten. Optimale HIIT-Protokolle mit 140s Arbeitsdauer und Work-to-Recovery-Ratio von 0,85. RST > HIIT > SIT > CT für VO₂max-Verbesserungen.

[103] Storoschuk, K.L. et al.: „Much Ado About Zone 2: A Narrative Review Assessing the Efficacy of Zone 2 Training for Improving Mitochondrial Capacity and Cardiorespiratory Fitness in the General Population“, Sports Med (2025). Die Mehrheit der Evidenz spricht gegen Zone-2 als optimale Intensität für mitochondriale Anpassungen bei der Allgemeinbevölkerung. [DOI: 10.1007/s40279-025-02261-y](https://doi.org/10.1007/s40279-025-02261-y)

[104] San-Millán, I. & Brooks, G.A.: „Assessment of metabolic flexibility by means of measuring blood lactate, fat, and carbohydrate oxidation responses to exercise in professional endurance athletes and less-fit individuals“, Sports Med 48(2), 467–

479 (2018). Profiathleten zeigen höhere Fettoxidation bei Zone-2-Intensität; metabolische Flexibilität als Gesundheitsmarker. DOI: [10.1007/s40279-017-0751-x](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0751-x)

[105] Granata, C. et al.: „Training intensity modulates changes in PGC-1 α and p53 protein content and mitochondrial respiration, but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle“, FASEB J 30(2), 959–970 (2016). Minimale Schwelle von 65% der maximalen Arbeitsrate für mitochondriale Anpassungen. DOI: [10.1096/fj.15-276907](https://doi.org/10.1096/fj.15-276907)

[106] Hood, D.A. et al.: „Maintenance of Skeletal Muscle Mitochondria in Health, Exercise, and Aging“, Annu Rev Physiol 81, 19–41 (2019). Übersicht über mitochondriale Biogenese, Dynamik und Qualitätskontrolle durch Training. DOI: [10.1146/annurev-physiol-020518-114310](https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-020518-114310)

[107] Romero Garavito, A. et al.: „Impact of physical exercise on the regulation of brain-derived neurotrophic factor in people with neurodegenerative diseases“, Front Neurol 15, 1505879 (2024). BDNF als Schlüsselmediator zwischen körperlicher Aktivität und Neuroprotektion bei neurodegenerativen Erkrankungen. DOI: [10.3389/fneur.2024.1505879](https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1505879)

[108] Yuping, Z. et al.: „The Optimal Type and Dose of Exercise for Elevating Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels in Patients With Depression“, Depress Anxiety 2024, 5716755 (2024). Netzwerk-Meta-Analyse: Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining war am effektivsten zur BDNF-Erhöhung; optimale Dosis ~610 MET-min/Woche. DOI: [10.1155/da/5716755](https://doi.org/10.1155/da/5716755)

[109] Marinus, N. et al.: „The impact of different types of exercise training on peripheral blood brain-derived neurotrophic factor concentrations in older adults: a meta-analysis“, Sports Med 49(10), 1529–1546 (2019). Verschiedene Trainingstypen erhöhen periphere BDNF-Spiegel bei älteren Erwachsenen. DOI: [10.1007/s40279-019-01148-z](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01148-z)

[110] Lavie, C.J. et al.: „Exercise and the Cardiovascular System: Clinical Science and Cardiovascular Outcomes“, Circ Res 117(2), 207–219 (2015). Physiologische Herzhypertrophie, erhöhtes Schlagvolumen, verbesserte endotheliale Funktion durch Ausdauertraining. DOI: [10.1161/circresaha.117.305205](https://doi.org/10.1161/circresaha.117.305205)

[111] Lee, D.C. et al.: „Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity“, Prog Cardiovasc Dis 60(1), 45–55 (2017). 50–60 Minuten Laufen pro Woche bei niedriger

Geschwindigkeit reduzierte das kardiovaskuläre Mortalitätsrisiko um 45–70%.

DOI: [10.1016/j.pcad.2017.03.005](https://doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.005)

[112] Schnohr, P. et al.: „Dose of Jogging and Long-Term Mortality: The Copenhagen City Heart Study“, J Am Coll Cardiol 65(5), 411–419 (2015). Leichte bis moderate Jogger hatten die niedrigste Mortalität. DOI:

[10.1097/01.hjr.0000198923.80555.b7](https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000198923.80555.b7)

[113] Furrer, R. et al.: „The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals“, Physiol Rev 103(3), 1693–1787 (2023). Umfassende Übersicht über molekulare Anpassungen an Ausdauer- und Krafttraining. DOI:

[10.1152/physrev.00017.2022](https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2022)

[114] Batacan, R.B. et al.: „Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies“, Br J Sports Med 51(6), 494–503 (2017). HIIT verbesserte VO2max, systolischen Blutdruck und Körperfettanteil bei Übergewichtigen signifikant. DOI:

[10.1136/bjsports-2015-095841](https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841)

[115] Sofi, F. et al.: „Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies“, J Intern Med 269(1), 107–117 (2011). Körperliche Aktivität reduzierte Risiko für kognitiven Abbau um 38% und für Demenz um 28%. DOI:

[10.1111/j.1365-2796.2010.02281.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2010.02281.x)

[116] Coates, A.M. et al.: „A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health“, Sports Med 53(Suppl 1), 85–96 (2023). Aktualisierte Perspektive: HIIT-Definition, -Klassifikation und Empfehlungen. DOI:

[10.1007/s40279-023-01938-6](https://doi.org/10.1007/s40279-023-01938-6)

Lungenvolumen

[117] Stanojevic, S. et al.: „ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests“, Eur Respir J 60, 2101499 (2022). Globale Lungeninitiative (GLI): Referenzwerte für Spirometrie, die Alter, Geschlecht, Körpergröße und Ethnie berücksichtigen. DOI: [10.1183/13993003.01499-2021](https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021)

[118] PURE-Studie: Duong, M. et al.: „Mortality and cardiovascular and respiratory morbidity in individuals with impaired FEV1“, Lancet Global Health 7, E613–E623 (2019). Internationale Kohorte mit 126.359 Teilnehmern: Eingeschränkte

Lungenfunktion war ein unabhängiger Prädiktor für Mortalität, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Atemwegserkrankungen – auch im klinisch normalen Bereich.
[DOI: 10.1007/s11886-022-01636-1](https://doi.org/10.1007/s11886-022-01636-1)

[119] Craighead, D.H. et al.: „Time-Efficient Inspiratory Muscle Strength Training Lowers Blood Pressure and Improves Endothelial Function, NO Bioavailability, and Oxidative Stress in Midlife/Older Adults With Above-Normal Blood Pressure“, J Am Heart Assoc 10(13), e020980 (2021). 6 Wochen High-Resistance IMST (30 Atemzüge/Tag, 75% P_{Imax}): Systolischer Blutdruck sank um 9 mmHg, Endothelfunktion verbesserte sich um 45%, NO-Bioverfügbarkeit stieg signifikant.
[DOI: 10.1161/jaha.121.020980](https://doi.org/10.1161/jaha.121.020980)

[120] Mello, E.S.F. et al.: „Updates in inspiratory muscle training for older adults: A systematic review“, Arch Gerontol Geriatr 127, 105579 (2024). 4–8 Wochen IMT (50–75% P_{Imax}) verbesserten kardiale autonome Kontrolle, zerebrovaskuläre Reaktion, posturale Balance, Blutdruckkontrolle, Endothelfunktion und oxidativen Stress bei älteren Erwachsenen. [DOI: 10.1016/j.archger.2024.105579](https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105579)

[121] Manifield, J. et al.: „Inspiratory muscle training for improving inspiratory muscle strength and functional capacity in older adults: a systematic review and meta-analysis“, Age Ageing 50(3), 716–724 (2021). Meta-Analyse: Signifikante Verbesserung des maximalen inspiratorischen Drucks (P_{Imax}) nach IMT bei älteren Erwachsenen. [DOI: 10.1136/thorax-2020-btsabstracts.224](https://doi.org/10.1136/thorax-2020-btsabstracts.224)

[122] Seixas, M.B. et al.: „Effects of Inspiratory Muscle Training in Older Adults“, Respir Care 65(4), 535–544 (2020). 7 Studien (n = 248): IMT erhöht Atemmuskelfunktion und Zwerchfelldicke bei älteren Erwachsenen. Protokolle: 4–8 Wochen, 30–80% P_{Imax}, 5–7 Tage/Woche. [DOI: 10.4187/respcare.06945](https://doi.org/10.4187/respcare.06945)

[123] Freeberg, K.A. et al.: „Time-efficient, high-resistance inspiratory muscle strength training increases cerebrovascular reactivity in midlife and older adults“, J Appl Physiol (2023). IMST verbesserte die zerebrovaskuläre Reaktivität und das episodische Gedächtnis bei älteren Erwachsenen mit erhöhtem Blutdruck. [DOI: 10.1152/ajpheart.00351.2023](https://doi.org/10.1152/ajpheart.00351.2023)

[124] Inspiratory Muscle Metaboreflex: Bei Ermüdung der Atemmuskulatur wird Blut von der arbeitenden Skelettmuskulatur zu den Atemmuskeln umgeleitet („Blood-Stealing“-Effekt). IMT kann diesen Metaboreflex abschwächen und so die Belastungstoleranz verbessern. Systematic Review, PMC (2025). → pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30321145/

[125] Gupta, R.P. & Strachan, D.P.: „Ventilatory function as a predictor of mortality in lifelong non-smokers“, BMJ Open 7, e015381 (2017). Auch bei lebenslangen Nichtrauchern war die Lungenfunktion ein signifikanter Mortalitätsprädiktor. DOI: [10.1136/bmjopen-2016-015381](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015381)

Grundlagen gesunder Ernährung

[126] Janakiram C, Deepan Kumar CV, Joseph J: Xylitol in preventing dental caries: A systematic review and meta-analyses. J Nat Sci Biol Med. 2017;8(1):16-21. DOI: [10.4103/0976-9668.198344](https://doi.org/10.4103/0976-9668.198344)

[127] Riley P, Moore D, Ahmed F et al.: Xylitol-containing products for preventing dental caries in children and adults. Cochrane Database Syst Rev. 2015; (3):CD010743. DOI: [10.1002/14651858.cd010743.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.cd010743.pub2)

[128] Witkowski M et al.: The artificial sweetener erythritol and cardiovascular event risk. Nat Med. 2023;29(3):710-718. DOI: [10.1530/ey.20.12.13](https://doi.org/10.1530/ey.20.12.13)

[129] Onakpoya IJ, Heneghan CJ: Effect of the natural sweetener, steviol glycoside, on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis. Eur J Prev Cardiol. 2015;22(12):1575-1587. DOI: [10.1177/2047487314560663](https://doi.org/10.1177/2047487314560663)

[130] Hooper L et al.: Effects of chocolate, cocoa, and flavan-3-ols on cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis. Am J Clin Nutr. 2012;95(3):740-751. DOI: [10.3945/ajcn.111.023457](https://doi.org/10.3945/ajcn.111.023457)

[131] Ried K et al.: Effect of cocoa on blood pressure. Cochrane Database Syst Rev. 2017;4:CD008893. DOI: [10.1002/14651858.cd008893.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.cd008893.pub3)

Ernährungsformen

[132] PREDIMED-Studie: Estruch, R. et al.: „Primary Prevention of Cardiovascular Disease with a Mediterranean Diet Supplemented with Extra-Virgin Olive Oil or Nuts“, N Engl J Med 378, 1279–1290 (2018). Ca. 7.500 Hochrisikopatienten, randomisiert über 4,8 Jahre: Mediterrane Ernährung + Olivenöl oder Nüsse reduzierte kardiovaskuläre Ereignisse (Herzinfarkt, Schlaganfall, kardiovaskulärer Tod) um ca. 30% gegenüber Low-Fat-Kontrolle. DOI: [10.3410/f.733441386.793552478](https://doi.org/10.3410/f.733441386.793552478)

[133] Umbrella Review IF (EclinicalMedicine 2024): Systematische Überprüfung der systematischen Reviews und Meta-Analysen von RCTs: IF (alle Formen) zeigt moderate Evidenz für Verbesserungen bei Körpergewicht, Nüchtern glukose, HOMA-IR und Blutdruck. Die Evidenzqualität war jedoch überwiegend niedrig bis moderat (GRADE).

[134] 16:8 (Time-Restricted Eating): Die häufigste und praktikabelste IF-Methode. Hohe Adhärenz, seltene Nebenwirkungen. Meta-Analysen zeigen vergleichbare Gewichtsabnahme wie kontinuierliche Kalorienrestriktion (~3% Körpergewicht). Vorteile: Einfachheit, keine Kalorienzählung, circadiane Synchronisierung möglich. PMC Review (2025). [DOI: 10.23880/fsnt-16000214](https://doi.org/10.23880/fsnt-16000214)

[135] Netzwerk-Meta-Analyse IF (BMJ 2025): 56 RCTs, n = 3.965. ADF und modifiziertes ADF zeigten die stärksten Effekte auf Körpergewicht im Vergleich zu Ad-libitum-Ernährung. TRE (16:8) zeigte geringe Anstiege bei LDL-Cholesterin verglichen mit Ganztages-Fasten – ein Punkt, der weitere Untersuchung erfordert.

[136] IF vs. kontinuierliche Kalorienrestriktion: Meta-Analyse (2025, 16 RCTs, n = 1.258): IF und Energierestriktion zeigten ähnliche Effekte auf Körpergewicht und kardiometabolische Faktoren. Kein überlegener Ansatz, aber IF bietet praktische Vorteile durch Einfachheit.

[137] Ketogene Diät bei Epilepsie: Seit den 1920er Jahren etablierte Therapie für medikamentenresistente Epilepsie. 24 systematische Reviews zeigen, dass ca. 50% der Kinder mit therapieresistenter Epilepsie eine >50%ige Anfallsreduktion erreichen. Cochrane Review: Martin-McGill et al. (2020). Wirkmechanismen: GABA-Erhöhung, BHB als Signalmolekül, mitochondriale Funktion ↑, Neuroinflammation ↓.

[138] Pflanzenbetonte Ernährung – Meta-Analyse (Frontiers Nutr 2024): 14 prospektive Kohortenstudien, n = 976.396. Gesunde pflanzliche Ernährungsmuster (hPDI) waren mit niedrigerer Gesamt-, kardiovaskulärer und Krebs-Mortalität assoziiert. Ungesunde pflanzliche Muster (uPDI – viel Weißmehl, Zucker, Fruchtsäfte) waren mit höherer Mortalität assoziiert.

[139] Dybvik et al. (Eur J Nutr 2023): Meta-Analyse – Vegetarische/vegane Ernährung war mit 25% niedrigerem Risiko für ischämische Herzkrankheit assoziiert (RR 0,75). Kein signifikanter Effekt auf Schlaganfall. Vegane Ernährung zeigte 15% reduzierte Krebsinzidenz.

Wasser

[140] WHO: Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. incorporating 1st and 2nd addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. [DOI: 10.1016/0048-9697\(87\)90389-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(87)90389-5)

Schlaf und Regeneration

[141] Kurzschlaf und CVD: Meta-Review und Meta-Analyse (Frontiers Cardiovasc Med 2022): Kurzschlaf (≤ 6 h) assoziiert mit erhöhtem Risiko für koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz und Schlaganfall. Mendelsche Randomisierung bestätigt kausale Assoziation zwischen kurzem Schlaf und CVD-Risiko. Pathomechanismen: Sympathikusaktivierung, endokrine/metabolische Dysfunktion, erhöhte Entzündungsmediatoren, Endotheldysfunktion.

[142] Umbrella Review Schlafentzug (2025): Shah et al. analysierten 29 systematische Reviews/Meta-Analysen (2008–2024). U-förmige Beziehung zwischen Schlafdauer und Gesamtmortalität. Schlafentzug als signifikanter Risikofaktor für Hypertonie, Schlaganfall, KHK, metabolisches Syndrom und psychische Erkrankungen. Männer mit kurzem Schlaf zeigten höheres Gesamtmortalitätsrisiko als Frauen.

[143] Melatonin-Supplementierung – Evidenz: Meta-Analysen zeigen, dass exogenes Melatonin die Einschlafzeit (SOL) reduziert, die Schlaffeffizienz und die Gesamtschlafzeit erhöht – mit stärkerem Effekt bei Delayed Sleep-Wake Phase Disorder als bei primärer Insomnie. Die AAFP erkennt Melatonin als First-Line-Pharmakotherapie bei Insomnie an. Cruz-Sanabria et al. (J Pineal Res 2024): Systematischer Review und Dosis-Wirkungs-Meta-Analyse.

[144] Blaulichtfilter-Brillen: Meta-Analyse randomisierter kontrollierter Studien (Frontiers Neurol 2025): Blaulichtfilter-Brillen (BBGs) zeigen kleine Verbesserungen im Schlaf, aber aktuelle RCT-Evidenz unterstützt keine signifikanten Effekte. Ein Cochrane Review kam zu ähnlich inkonklusiven Ergebnissen. Empfehlung: Bildschirmvermeidung 2–3h vor dem Schlafengehen ist effektiver als Filterbrillen.

Stressmanagement

[145] Meditation und Telomere: Meta-Analyse (Schutte & Malouff 2019): Meditierende zeigten signifikant längere Telomere ($g = 0,40$; bereinigt $g = 0,16$). Mehr Meditationsstunden korrelierten mit größeren Effekten. Bossert et al. (2023): Kleine bis mittlere Effekte von MBIs auf Telomerlänge ($g = 0,23$) und Telomerase-Aktivität ($g = 0,37$). Lavretsky et al.: 12 Minuten tägliche Kirtan-Kriya-Meditation über 8 Wochen → 43% Verbesserung der Telomerase-Aktivität bei Demenz-Pflegenden.

[146] Meditation und Immunfunktion: MBIs waren assoziiert mit Reduktion von CRP und IL-6 und Erhöhung der CD4⁺-T-Zellzahlen in Meta-Analysen. Bei Krebspatienten: Kleiner, aber signifikanter Effekt auf Immunfunktion (Hedges' $g = 0,100$; $p = 0,026$; 3-Level-Meta-Analyse 2025). Reduktion von Entzündungsmarkern, Erhöhung von Immunzellzahlen und -aktivität, potenzielle Förderung der Telomerlänge.

Die Kraft der Gedanken

[147] Placebo und Schmerzverarbeitung: Meta-Analyse (Atlas & Wager): Placebo reduziert konsistent die Hirnaktivität in schmerzverarbeitenden Regionen (linke anteriore, mittlere und posteriore Insula, linkes Putamen, linke Amygdala). Gleichzeitig erhöht Placebo die Aktivität in Regionen der kognitiven und affektiven Regulation: prägenualer anteriorer cingulärer Kortex (pgACC), medialer orbitofrontaler Kortex (mOFC), ventromedialer Striatum und anteriore Insula. "Justice for Placebo" (PMC 2025). DOI: [10.1001/jamaneurol.2018.2017](https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2018.2017)

[148] Dankbarkeit – Meta-Analyse: Systematischer Review und Meta-Analyse (64 RCTs, Einstein/São Paulo 2023): Teilnehmer mit Dankbarkeitsinterventionen zeigten: höhere Dankbarkeitsgefühle (bis 4%), bessere Lebenszufriedenheit (6,86% höher), bessere psychische Gesundheit (5,8% höher), weniger Angst (7,76% weniger) und weniger Depression (6,89% weniger). Zusätzlich: positivere Stimmung, mehr Optimismus, mehr prosoziales Verhalten, weniger Sorgen.

[149] PNAS Meta-Analyse Dankbarkeit (2025): Umfassendste Meta-Analyse: 145 Studien aus 28 Ländern. Ergebnis: Dankbarkeitsinterventionen führen zu kleinen, aber signifikanten Erhöhungen des Wohlbefindens. Die Effektivität variierte signifikant zwischen Ländern. Methodische Faktoren beeinflussten die

Wirksamkeit: Interventionen waren effektiver bei Messung positiver Emotionen, Kombination mehrerer Dankbarkeitsinterventionen und Verwendung von RCTs.

EMF & Gesundheit

[150] Mevissen M et al. Effects of radiofrequency electromagnetic field exposure on cancer in laboratory animal studies, a systematic review. Environ Int. 2025;[doi:10.1016/j.envint.2025.109482](https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109482).