

Wie Sport unsere grauen Zellen anregt:

Effekte von sportlichem Training auf den Erhalt und die Steigerung der geistigen Leistungsfähigkeit im Alter

Nele Wild-Wall

Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund

„Alle Teile des Körpers, die zu einer Funktion bestimmt sind, bleiben gesund, wachsen und haben ein gutes Alter, wenn sie mit Maß gebraucht werden und in den Arbeiten, an die jeder Teil gewöhnt ist, geübt werden. Wenn man sie aber nicht braucht, neigen sie eher zu Krankheiten, nehmen nicht zu und altern vorzeitig.“

Hippokrates (460–370 v. Chr.)

Wenn wir altern, kommt eine Reihe von körperlichen und geistigen Veränderungen auf uns zu, die aber oft erst im höheren Alter deutlich in Erscheinung treten. In anderen Bereichen, z. B. im Erfahrungswissen, zeigen sich mit dem Alter sogar Verbesserungen. Die meisten altersbedingten Veränderungen sind biologisch bestimmt.

Allerdings weiß man heute, dass es viele positive und negative Einflussfaktoren gibt, die den Alternsprozess mehr oder weniger erfolgreich beeinflussen. In **positiver Hinsicht** sind das z. B. eine gesunde Ernährung, ein guter Umgang mit Stress sowie ausreichend körperlich-sportliche Betätigung.

Sport wirkt nicht nur positiv auf den Körper, das Herz-Kreislaufsystem, die Muskulatur und bietet einen Schutz vor chronischen Erkrankungen, sondern beeinflusst auch das Gehirn positiv und trägt damit zum Erhalt und zur Verbesserung unserer geistigen Leistungsfähigkeit bei.

Da der Alternsprozess bereits langsam im frühen Erwachsenenalter beginnt und es im Alter oft schwer ist, seinen bisherigen Lebensstil zu verändern, können wir gar nicht früh genug damit beginnen, aktiv zu werden. Nicht zuletzt trägt Sport zu einer Verbesserung des Wohlbefindens und zur Lebensqualität bei.

Im folgenden Text geht es darum, wie Sport unsere grauen Zellen anregt und unserem Geist Beine machen kann.

Altern

Vor dem Hintergrund der soziodemographischen Entwicklung beobachten wir derzeit in Deutschland und anderen Industrienationen eine Zunahme der Langlebigkeit und eine Alterung der Bevölkerung. Obwohl wir heute wissen, dass das Altern durchaus erfolgreich verlaufen kann, werden dem Alter seit jeher viele negative Merkmale zugeschrieben. Die biologisch orientierte Grundlagenforschung ging lange von einem **Defizitmodell** des Alters aus, also von einem altersbedingten Abbau der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit. Typische körperliche altersbedingte Veränderungen beziehen sich z. B.

- auf eine nachlassende Spannkraft der Haut,
- eine verringerte Knochendichte,
- eine Leistungsminderung in der Muskelkraft und
- des Herz-Kreislaufsystems [1].

Mit dem Altern verändert sich auch das Gehirn: Eine Abnahme des Gehirnvolumens, v. a. der grauen Gehirnschicht¹, beginnt bereits im jungen Erwachsenenalter und nimmt im höheren Alter zu [2]. Die Veränderungen für verschiedene Gehirnareale sind sehr unterschiedlich. Insbesondere findet man in bestimmten Regionen des Stirnhirns einen starken altersbedingten Rückgang der grauen Substanz [3]. Das Stirnhirn ist maßgeblich an der **strategischen Planung** von Handlungen, an **höheren geistigen Leistungen** sowie am sogenannten **Arbeitsgedächtnis** als wichtige Grundlage für die geistige Leistungsfähigkeit beteiligt [4]. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass in vielen Laborstudien ältere Teilnehmer schlechtere Leistungen in Tests zur geistigen Leistungsfähigkeit [5] und zum Gedächtnis [6] im Vergleich zu jüngeren Teilnehmern zeigten. Eine langsame kontinuierliche Verringerung der Leistung kann man bei manchen Tests schon ab der dritten Lebensdekade beobachten [6].

Es ist eine wichtige Frage, ob wir die dazu gewonnenen Lebensjahre länger in relativ guter körperlicher und geistiger Gesundheit verbringen können und uns nur im sehr hohen Alter altersbedingte Defizite erwarten [Kompressionshypothese: 7]. Allerdings gibt es eine weitere mögliche Hypothese, nämlich dass altersbedingte Defizite zur gleichen Zeit anfangen, ältere Menschen aber durch die gestiegene Lebenserwartung länger mit ihnen leben müssen [Hypothese der Expansion der Krankheiten: 8].

¹ Als graue Substanz bezeichnet man die äußerste Schicht im Gehirn, in der sich die Nervenzellkörper befinden. Sie erhielt ihren Namen durch die graue Färbung. Demgegenüber werden die Faserverbindungen zwischen den Nervenzellkörpern im Gehirn als weiße Substanz bezeichnet. Über sie werden die elektrischen Nervenimpulse weitergegeben mit denen die Nervenzellen kommunizieren.

In der Realität zeigt sich aber ein viel differenzierteres Bild des Alters! Obwohl einige geistige Leistungen wie schnelles Reagieren oder bestimmte Gedächtnisaspekte nachlassen, findet man bei manchen Leistungen wie z. B. in der verbalen Leistungsfähigkeit und dem Faktenwissen Verbesserungen. Weiterhin gibt es auch viele unterschiedliche Altersverläufe. Einige Personen altern erfolgreicher als andere: Bei einigen älteren Menschen zeigen sich keine oder kaum Leistungseinbußen, während andere Ältere schon mit einigen Problemen zu kämpfen haben [9], nicht zuletzt auch im Alltag und Arbeitsleben. Viele auch hochaltrige Personen sind immer noch geistig fit und kreativ. Einen negativen Einfluss auf die körperliche und geistige Gesundheit haben v. a. bestimmte Lebensstilgewohnheiten wie Alkohol- oder Tabakkonsum, ungesunde Ernährung, ein ungünstiger Umgang mit Stress oder schwere Arbeitsbedingungen.

Wie aber können wir den Alternsprozess positiv beeinflussen? Ein gesunder Lebensstil und damit verbundene Faktoren wie

- körperlich-sportliche Betätigung,
- gesunde Ernährung, Verzicht auf (auch legale) Drogen und
- ein günstiger Umgang mit Stress

wirken sich positiv auf unsere Gesundheit und Leistungsfähigkeit im Alter aus [10]. Im Folgenden wird vor allem auf die positive Wirkung von körperlich-sportlicher Aktivität und ihre förderliche Wirkung auf den Erhalt unserer geistigen Leistungsfähigkeit, besonders bei Älteren, eingegangen.

Körperlich-sportliche Aktivität und geistige Leistungsfähigkeit

Schon die alten Griechen wussten, dass Sport eine positive Funktion auf Körper und Seele hat. Hier galt die Motivation für die Männer v.a. die Wehrfähigkeit zu erhalten. Aber auch für Frauen wusste man um den förderlichen Aspekt der Bewegung zur Wahrung der Gesundheit und der weiblichen Anmut. Generell besteht ein breiter Konsens darüber, dass **körperliches Training das Wohlbefinden, die Gesundheit und Lebensqualität auch im mittleren und höheren Alter steigert** [11]. So fassen die amerikanischen Neurophysiologen Vaynman und Gomez-Pinilla [12] zusammen, dass ein sportlich-aktiver Lebensstil

- Lernen und Gedächtnis verbessert,
- altersbedingten Funktionsverlusten entgegenwirkt,
- mit einer besseren Erholung nach Gehirnverletzungen einhergeht und
- depressive Symptome verbessert.

Durch Sport können wir nicht nur unseren Körper, sondern auch unseren Geist beeinflussen! In der wissenschaftlichen Literatur liegen heute bereits viele Untersuchungen über die positiven Aspekte von sportlicher Betätigung

- auf die Lebensqualität,
- das emotionale Wohlbefinden [13],
- die geistige Leistungsfähigkeit und sogar
- auf die Minderung des Risikos degenerativer und demenzieller Erkrankungen wie z. B. der Alzheimer Demenz [14] vor.

Bisher gibt es, bis auf wenige Ausnahmen [15], relativ viele wissenschaftliche Artikel, die einen positiven Zusammenhang zwischen körperlich-sportlichen Aktivitäten und der geistigen Leistungsfähigkeit insbesondere im Alter zeigt [13, 14, 16-20].

Wissenschaftliche Untersuchungen

In vielen wissenschaftlichen Untersuchungen wurden die Teilnehmer nach dem vergangenen oder derzeitigen Ausmaß ihrer körperlich-sportlichen Betätigung befragt. Zusätzlich wurden Labortests zur geistigen Leistungsfähigkeit durchgeführt. In den meisten Untersuchungen zeigte sich ein **positiver Zusammenhang** zwischen körperlich-sportlicher Betätigung und der geistigen Leistungsfähigkeit insbesondere bei älteren Teilnehmern [21, 22]. Dieser Zusammenhang ist besonders stark, wenn man die Ausdauerleistung betrachtet. Die Psychologen Shay und Roth [23] befragten z. B. Personen unterschiedlichen Alters nach ihren sportlichen Freizeitbetätigungen. Zusätzlich wurde die Ausdauerleistung auf einem Fahrradergometer gemessen und verschiedene Aufgaben zur geistigen Leistungsfähigkeit durchgeführt. Ältere Untersuchungsteilnehmer mit einer höheren Ausdauerleistung zeigten bessere Resultate in verschiedenen Testaufgaben verglichen mit Älteren, die eine geringere Ausdauerleistung besaßen. In einer anderen Untersuchung wurden jüngere und ältere Personen mit verschiedenen Tests zur geistigen Leistungsfähigkeit untersucht [24]. Anschließend wurden die Ausdauerleistung auf einem Fahrradergometer und weitere körperliche Maße (Body mass index, Körperfettanteil) untersucht. Auch hier waren ältere Personen mit einer höheren Ausdauerleistung besser in den Tests zur geistigen Leistungsfähigkeit als Ältere mit schlechterer Fitness.

Es ist allerdings problematisch, wenn man bei Personen nur zu einem Zeitpunkt die sportliche Fitness und geistige Leistungsfähigkeit untersucht. Der Einwand kann kommen, dass die sportlichen Personen nicht durch den Sport geistig fit geblieben sind, sondern dass geistig fitte Personen eher Sport treiben und die geistig weniger fiten sel-

tener Sport treiben. Das würde bedeuten, dass der Sport nicht dazu beigetragen hat, den ‚grauen Zellen‘ auf die Beine zu helfen. Daher ist es besser, sich die Effekte von Fitness und geistiger Leistungsfähigkeit über **einen längeren Zeitraum** anzusehen. So befragten der Neurologe Larson und seine Kollegen [25] 65-jährige und ältere Untersuchungsteilnehmer über einen Zeitraum von 6 Jahren zu ihrer sportlichen Freizeitgestaltung. In diesem Zeitraum fanden sie positive Zusammenhänge zwischen einer **körperlich aktiven Freizeitgestaltung** und einem **reduzierten Risiko für demenzielle Erkrankungen**. In einer anderen Untersuchung wurden ehemalige Studenten der Harvard-Universität über einen langen Zeitraum von 26 Jahren im Alter zwischen 38 bis 72 Jahren untersucht [26]. Sie wurden u. a. zu ihrer körperlichen Aktivität im Alltag befragt. Die Personen, die sich im Alltag mehr bewegten, zeigten eine geringere Sterbewahrscheinlichkeit im hohen Alter. Die älteren Personen, die körperlich weniger aktiv waren, hatten ein erhöhtes Risiko, in dem Untersuchungszeitraum zu sterben.

Noch bessere Aussagen können Untersuchungen liefern, die sich den Effekt von sportlichem Training auf die geistige Leistungsfähigkeit in einer Trainingsgruppe verglichen mit einer Kontrollgruppe (kein oder ein anderes Training) ansehen. So verglichen der Psychologe Kramer und seine Kollegen [27] ältere Erwachsene, die entweder einer Ausdauer-Trainingsgruppe zugeordnet wurden oder einer Gymnastik- & Kräftigungsgruppe. Die erste Gruppe zeigte im Vergleich zur zweiten nach dem Training verbesserte Leistungen nicht nur in der Ausdauer, sondern auch in Tests, die bestimmte Gehirnfunktionen messen. Förderliche Effekte von Ausdauertraining auf die geistige Leistungsfähigkeit wurden in vielen weiteren Studien gefunden, welche Ausdauertrainingsgruppen mit Kontrollgruppen verglichen [17].

Mechanismen des Zusammenhangs

Welche Mechanismen sind nun für die positive Wirkung von Bewegung und körperlicher Aktivität auf die geistige Leistungsfähigkeit verantwortlich?

Dazu sind Studien besonders aufschlussreich, die Veränderungen am Gehirn direkt untersuchen. Beim Menschen ist das natürlich nicht möglich. Allerdings kann man z. B. mit der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) unproblematisch für Personen die Gehirnaktivität und –struktur messen. Mit dieser MRT-Methode zeigte sich bei einigen Untersuchungen ein Effekt von körperlicher Bewegung auf Veränderungen in der Hirnstruktur [28] oder in der Hirndurchblutung [29]. Der amerikanische Psychologe Colcombe und Kollegen [28] untersuchten gesunde ältere Personen zwischen 55 – 79 Jahren. Mit einer MRT Messung wurde die Masse der grauen und weißen Hirnsubstanz be-

stimmt. Zusätzlich wurde die Ausdauerleistung gemessen. Es zeigte sich zwar eine generelle Volumenabnahme der grauen und weißen Substanz mit dem Alter in verschiedenen Gehirnregionen, allerdings war die Abnahme bei den Personen mit einer besseren Ausdauerleistung deutlich geringer. Dieses Ergebnis konnte nicht durch einen ungesunderen Lebensstil der unsportlicheren Teilnehmer erklärt werden (z. B. Tabak-, Koffein- und Alkoholkonsum, Bluthochdruck), da diese Faktoren mit speziellen mathematischen Methoden herausgerechnet wurden. In einer weiteren Untersuchung von Colcombe und Kollegen [29] führten die Teilnehmer vor und nach einem 6-monatigen sportlichen Training eine Aufgabe zur Aufmerksamkeitsleistung aus. Während der Aufgabe wurde die Gehirnaktivität gemessen. Die Teilnehmer wurden entweder einer Ausdauertrainingsgruppe oder einer Kräftigungstrainingsgruppe zugeordnet. Nach dem Training zeigten die Teilnehmer aus der Ausdauertrainingsgruppe verglichen mit der anderen Gruppe eine bessere Leistung in der Aufmerksamkeitsaufgabe. Außerdem zeigten sie in bestimmten Gehirngebieten, die wichtig für die Aufmerksamkeit sind, eine verbesserte Gehirnaktivität im Vergleich mit der anderen Trainingsgruppe. **Beide Untersuchungen weisen deutlich auf einen Einfluss von Ausdauersport auf die geistige Leistungsfähigkeit hin!**

In letzter Zeit wird besonders der Einfluss von Neurotrophinen, vor allem dem sog. „brain derived neurotrophic factor“ (BDNF) diskutiert. Neurotrophine (Eiweiße) werden von unserem Gehirn produziert, wirken als Wachstumsfaktoren im Nervensystem und beeinflussen die Signalweitergabe und die Bildung von neuen Kontakten zwischen den Nervenzellen [30]. Das Neurotrophin BDNF ist nicht nur bei der frühen Gehirnentwicklung und Reifung in den ersten Lebensjahren und in der Kindheit wichtig. Es wirkt über den gesamten Entwicklungs- und Alternsprozess des Gehirns. BDNF ist besonders wichtig für Lernen und Gedächtnisbildung [19]. Die Produktion von BDNF wird im Gehirn durch körperliche Bewegung angeregt [19]. Untersuchungen zum BDNF werden an Tieren, meist an Ratten, durchgeführt. In diesen Untersuchungen zeigen Tiere, die eine höhere Produktion an BDNF im Gehirn aufweisen, bessere Leistungen in einfachen Lerntests (z. B. einen Weg im Labyrinth lernen) als die Tiere, die weniger BDNF im Gehirn produzieren [31]. In anderen Untersuchungen wurden einige Tiere in bewegungs- und lernförderlichen Umgebungen gehalten und andere Tiere in weniger bewegungsförderlichen Umgebungen. Auch bereits ältere Tiere, die mehr Möglichkeiten zur Bewegung hatten, wiesen in bestimmten Hirnregionen ein besseres Nervenzellwachstum auf [32]. Die Untersuchungen mit Tieren können zwar nicht generell auf den Menschen übertragen werden, aber zumindest teilweise, da viele Mechanismen des Wachstums

und der Veränderung von Nervenzellen beim Menschen sehr ähnlich ablaufen. Daher geben auch die Untersuchungen an Tieren einen wichtigen Hinweis darauf, dass Bewegung einen positiven Einfluss auf die Plastizität des Gehirns hat.

Zusammenfassung

Die Mechanismen des Zusammenhangs zwischen sportlich-körperlicher Bewegung und geistiger Leistungsfähigkeit insbesondere im Alter sind noch lange nicht geklärt! Auch gibt es kaum Wissen über den optimalen Umfang von sportlicher Betätigung. **Es ist aber unumstritten, dass es generell einen positiven Einfluss von Sport auf die geistige Leistungsfähigkeit gibt!**

Der Prozess der Alterung beginnt schon früh im Leben, allerdings müssen wir uns erst im höheren Alter mehr und mehr mit Einbußen abfinden. Bereits zwischen jungen Erwachsenen gibt es Unterschiede in der körperlichen und geistigen Fitness, die zwischen älteren Personen weiter zunehmen. Das Altern läuft sehr unterschiedlich ab: Es gibt Personen, die weniger erfolgreich altern und andere, die bis ins hohe Alter körperlich und geistig mobil und fit sind. In der wissenschaftlichen Forschung hat sich gezeigt, dass eine Beeinflussung des Alternsverlaufs in positiver wie negativer Hinsicht durch viele Einflussfaktoren möglich ist. Dabei spielt die sportlich-körperliche Aktivität als einer von vielen Lebensstilfaktoren eine wichtige Rolle. Sport hat einen positiven Einfluss auf unsere geistige Leistungsfähigkeit! Nicht zuletzt trägt Sport zum Wohlbefinden bei und erhöht die Lebensqualität.

Literatur

1. Arking, R., *Biology of Aging: observations and principles*. 1998, Sunderland, Massachusetts USA: Sinauer Associates, Inc.
2. Buckner, R.L., D. Head, and C. Lustig, *Brain Changes in Aging: A Lifespan Perspective*, in *Lifespan Cognition: mechanisms of change*, E. Bialystok and F.I.M. Craik, Editors. 2006, Oxford University Press, Inc.: New York. p. 27-42.
3. Tisserand, D.J., et al., *Regional Frontal cortical Volumes Decrease Differentially in Aging: An MRI Study to Compare Volumetric Approaches and Voxel-Based Morphometry*. *Neuroimage*, 2002. **17**: p. 657-669.
4. West, R., *An application of prefrontal cortex function theory of cognitive aging*. *Psychological Bulletin*, 1996. **120**(2): p. 272-292.
5. Span, M.M., K.R. Ridderinkhof, and M.W. van der Molen, *Age-related changes in the efficiency of cognitive processing across the life span*. *Acta Psychol (Amst)*, 2004. **117**(2): p. 155-83.
6. Park, D.C., et al., *Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span*. *Psychol Aging*, 2002. **17**(2): p. 299-320.
7. Fries, J.F., *Aging, natural death, and the compression of morbidity*. *N Engl J Med*, 1980. **303**(3): p. 130-5.
8. Perls, T.T., *Centenarians prove the compression of morbidity hypothesis, but what about the rest of us who are genetically less fortunate?* *Medical Hypotheses*, 1997. **49**(5): p. 405-407.
9. Christensen, H., et al., *An analysis of diversity in the cognitive performance of elderly community dwellers: individual differences in change scores as a function of age*. *Psychol Aging*, 1999. **14**(3): p. 365-79.
10. Hubert, H.B., et al., *Lifestyle habits and compression of morbidity*. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2002. **57**(6): p. M347-51.
11. Eyigor, S., H. Karapolat, and B. Durmaz, *Effects of a group-based exercise program on the physical performance, muscle strength and quality of life in older women*. *Arch Gerontol Geriatr*, 2007.
12. Vaynman, S. and F. Gomez-Pinilla, *Revenge of the "sit": how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity*. *J Neurosci Res*, 2006. **84**(4): p. 699-715.
13. Mechling, H., *Körperlich-sportliche Aktivität und erfolgreiches Altern*. *Bundesgesundheitsblatt*, 2005. **8**: p. 899-905.
14. Oswald, W.D., *Kognitive und körperliche Aktivität - Ein Weg zur Erhaltung von Selbständigkeit und zur Verzögerung demenzieller Prozesse?* *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 2004. **17**(3): p. 147-159.
15. Etnier, J.L., et al., *A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance*. *Brain Res Rev*, 2006. **52**(1): p. 119-30.
16. McAuley, E., A.F. Kramer, and S.J. Colcombe, *Cardiovascular fitness and neurocognitive function in older Adults: a brief review*. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2004. **18**(3): p. 214-220.
17. Colcombe, S.J. and A.F. Kramer, *Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study*. *Psychol Sci*, 2003. **14**(2): p. 125-130.
18. Kramer, A.F., et al., *Fitness, aging and neurocognitive function*. *Neurobiol Aging*, 2005. **26 Suppl 1**: p. 124-7.

19. Kramer, A.F., K.I. Erickson, and S.J. Colcombe, *Exercise, cognition, and the aging brain*. J Appl Physiol, 2006. **101**(4): p. 1237-1242.
20. Kramer, A.F., et al., *Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2004. **59**(9): p. M940-957.
21. Hassmen, P., R. Ceci, and L. Backman, *Exercise for older women: a training method and its influences on physical and cognitive performance*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1992. **64**(5): p. 460-6.
22. DiPietro, L., *Physical activity in aging: changes in patterns and their relationship to health and function*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2001. **56**(2): p. 13-22.
23. Shay, K.A. and D.L. Roth, *Association between aerobic fitness and visuospatial performance in healthy older adults*. Psychol Aging, 1992. **7**(1): p. 15-24.
24. van Boxtel, M., et al., *Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional aging study*. Med sci Sports Exerc, 1997. **29**(1): p. 1357-1365.
25. Larson, E.B., et al., *Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older*. Ann Intern Med, 2006. **144**(2): p. 73-81.
26. Lee, I.M., et al., *The "weekend warrior" and risk of mortality*. Am J Epidemiol, 2004. **160**(7): p. 636-41.
27. Kramer, A.F., et al., *Ageing, fitness and neurocognitive function*. Nature, 1999. **400**(6743): p. 418-9.
28. Colcombe, S.J., et al., *Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2003. **58**(2): p. 176-80.
29. Colcombe, S.J., et al., *Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2004. **101**(9): p. 3316-21.
30. Lessmann, V., K. Gottmann, and M. Malsangio, *Neurotrophin secretion: current facts and future prospects*. Prog Neurobiol, 2003. **69**(5): p. 341-74.
31. Linnarsson, S., A. Bjorklund, and P. Ernfors, *Learning deficit in BDNF mutant mice*. Eur J Neurosci, 1997. **9**(12): p. 2581-7.
32. Kempermann, G., H.G. Kuhn, and F.H. Gage, *More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment*. Nature, 1997. **386**(6624): p. 493-5.