

- <sup>1</sup> Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Physiologie und Anatomie
- <sup>2</sup> Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz, Laborabteilung IV – Wehrmedizinische Ergonomie und Leistungsphysiologie –
- <sup>3</sup> Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsübertragung und Ergonomie der Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften, Wachtberg-Werthoven

## Körperliche Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit im mittleren und höheren Lebensalter

von D. Leyk<sup>1,2</sup>, O. Erley<sup>2</sup>, W. Gorges<sup>2</sup>, D. Ridder<sup>3</sup>, M. Wunderlich<sup>1</sup>, T. Rüter<sup>1</sup>, A. Sievert<sup>1</sup>, D. Essfeld<sup>1</sup>, K. Baum<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Altern ist ein nicht umkehrbarer biologischer Prozess. Dieser verläuft allerdings individuell sehr unterschiedlich und unterliegt einer großen biologischen Variabilität. Bei Kraft und Ausdauer soll es laut zahlreichen Untersuchungen schon nach dem 30. Lebensjahr zu deutlichen Leistungsminderungen kommen. Die Angaben zum Ausmaß der altersbedingten Leistungsreduktion schwanken erheblich, wie am Beispiel Ausdauerleistungsfähigkeit zu sehen ist: Während einige Studien von geringen Abnahmen (<5 % pro Dekade) ausgehen, berichten andere Untersucher von Leistungseinbußen, die über 15 % pro Dekade betragen sollen. Diese Zahlen müssen mit Vorsicht betrachtet werden, da die beobachteten Leistungsabnahmen zumeist allein dem biologischen Alterungsprozess zugeschrieben wurden. Leistungsverluste können aber selbstverständlich auch eintreten, wenn (z. B. aufgrund stärkerer beruflicher Belastung) nicht mehr ausreichend trainiert wird.

Neue, z. T. epidemiologisch relevante Untersuchungen zeigen vielmehr, dass es weder bei der Kraft noch bei der Ausdauer zu schicksalhaften Leistungsverlusten im mittleren und höheren Lebensalter kommen muss. Laufzeitanalysen von rund 160.000 Marathonteilnehmern im Alter von 20-80 Jahren lassen beispielsweise erkennen, wie gering der Alterseinfluss bei trainierten Älteren tatsächlich ist. Statistisch nachweisbare Leistungsreduktionen treten erst nach dem 50. Lebensjahr auf und sind vergleichsweise gering: Mehr als 25 % der 60-70jährigen Läufer absolvieren den Marathonlauf schneller als die Hälfte der 20-50jährigen. Kraft und Ausdauer sind durch ein regelmäßiges und systematisches Training bis ins höchste Lebensalter trainierbar. Dies ist mit Blick auf den demographischen Wandel und die große Zahl übergewichtiger Untrainierter von großer Bedeutung, da im Alltag zur selbstständigen Lebensführung, Mobilität etc. ein Mindestmaß an körperlicher Leistungsfähigkeit unbedingt erforderlich ist.

### Summary

Aging is an irreversible biological process. However, this process can show con-

siderable individual and biological variability. According to numerous studies, articulate reductions in performance are to be expected after 30 years of age. Statements about the extent of age induced performance reductions vary considerably, as readily apparent in the case of endurance: While some studies assume only a marginal reduction (<5% per decade), other researchers report supposed losses of performance in the magnitude of 15% per decade. These figures have to be treated with caution, however, because the observed reductions are predominantly attributed solely to the biological aging process. Loss of performance may of course also occur, if (e.g. caused by increased job demands) training becomes inadequate.

New studies, partly including epidemiologically relevant samples, rather show that neither in case of strength nor endurance fateful losses of performance in middle and high age are inevitable. For example, analyses of 160.000 running times of marathon participants aged 20-80 years show how small the actual influence of aging on performance in trained elders really is. Statistically verifiable reductions could only be detected over 50 years of age and even then, they are comparably small. More than 25% of the 60-70 year old runners complete the marathon faster than half of their 20-50 year old counterparts. Strength and endurance can be positively influenced until the highest age by regular and systematic training. This is of great importance with regards to the demographic changes and the growing number of overweight and untrained persons, because a basic level of physical aptitude is the pivotal element for an independent everyday life and for mobility.

### Alterung und Leistung

Fragen zur Gesundheit, Fitness und Leistungsfähigkeit im Alter rücken zunehmend in das Blickfeld der breiten Öffentlichkeit. Eine Ursache dafür ist ein in Teilsegmenten der Bevölkerung wachsendes Bewusstsein für Lebensqualität und gesundheitsfördernde Gestaltung der Freizeit. Medial propagierte Kampagnen und Slogans wie „Anti-Aging“ oder „Forever young“ lassen viele Menschen sogar auf eine Verzö-

gerung der Alterung sowie lebenslange Jugend hoffen. „Alterung“ hat aber insbesondere vor dem Hintergrund des demographischen Wandels eine neue Dimension erfahren, da dieser zu gravierenden sozialen, ökonomischen und politischen Veränderungen führen kann. Die Schlagwortliste zu dieser Thematik ist lang: „verlängerte Lebensarbeitszeit“, „der ältere Arbeitnehmer“, „Fachkräftemangel“, „Finanzierung des Gesundheits- und Rentensystems“, „Pflegebedürftigkeit“, etc..

Es erstaunt kaum, dass die Thematik „Alterung“ häufig aus einer Defizit-Perspektive betrachtet wird und negativ belegt ist. Alltagsbeobachtung vieler Menschen ist, dass es im Alter zunehmend zu körperlichen Einschränkungen und zum Auftreten von Erkrankungen kommt. Dabei wird der Rückgang der physischen und auch der kognitiv-mental Leistungsfähigkeit oft als ein scheinbar originäres Merkmal der biologischen Alterung interpretiert: Tatsächlich wird das körperliche Leistungsmaximum oft schon im frühen Erwachsenenalter erreicht und bereits im mittleren Lebensalter sind erste deutliche Leistungsrückgänge zu beobachten (14, 15). Viele, zumeist auf Mittelwertangaben reduzierte Untersuchungsbeobachtungen suggerieren dabei eine schicksalshafte Entwicklung.

Andere Studien zeigen allerdings auch, dass der Alterungsprozess individuell sehr unterschiedlich verläuft und die biologische Variabilität erheblich ist (10, 5). Veränderungen in der körperlichen Leistungsfähigkeit werden eben nicht allein durch die Alterung per se verursacht. Die physische Leistungsfähigkeit wird auch durch das Ausmaß der körperlich wirksamen Belastungsreize in Haushalt, Freizeit und Beruf bestimmt und kann durch Lebensgewohnheiten und Risikofaktoren (Übergewicht, Rauchen, vermehrter Alkoholkonsum etc.) erheblich positiv oder negativ moduliert werden. Diese Vielzahl von Einflussfaktoren erklärt das breite Spektrum der körperlichen Leistungsfähigkeit: Es ist offensichtlich, dass es die körperliche Leistungsfähigkeit im Alter nicht gibt, sondern dass sich das Spektrum im Alter – wie der Vergleich zwischen Pflegeheimbewohnern und Altersleistungssportlern deutlich zeigt – stark vergrößert. Im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrages stehen die motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft und Ausdauer, deren Bedeutung, Entwicklung und Trainierbarkeit im Altersgang erläutert wird.

### Kraftdefizite im Alltag: Wirtschaftliche Folgen

In vielen sportlichen Wettkampfsituationen ist es offensichtlich, dass Muskelkraft zu den wichtigsten Leistungsfaktoren zählt. Ähnliches gilt trotz der hohen Technisierung in Beruf und Haushalt auch weiterhin für zahlreiche Tätigkeiten im Alltag: Für die sichere und ausdauernde Bewältigung von Lasten (Heben/Tragen) ist beispielsweise eine trainierte Extremitäten- und Rumpfmuskulatur elementare Leistungsvoraussetzung. Auch im höheren Lebensalter hat die Muskelkraft eine wichtige Bedeutung, da zur Bewältigung von vielen Alltagssituationen ein Mindestmaß an Kraft unbedingt erforderlich ist. Ausreichende Kräfteleistungen entscheiden maßgeblich über die Fähigkeit zur selbstständigen Lebensführung, Mobilität etc.. So ist seit Jahren umfassend dokumentiert, dass bei Unterschreiten einer kritischen Muskelkraft viele motorische Anforderungen und Verrichtungen des täglichen Lebens erschwert oder unmöglich sind. Untersuchungen aus den USA zeigen zum Beispiel, dass 66 % der weiblichen und 28 % der männlichen 70-80jährigen nicht in der Lage waren, Gewichte von etwa 4,5 kg zu heben (16). In der gleichen Altersgruppe konnten 60 % skandinavischer Senioren Stufenhöhen, die bei der Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel üblich sind, nicht ohne fremde Hilfe überwinden (6).

Ein alltägliches und großes Problem vieler älterer Menschen ist die nicht ausreichende Standsicherheit. Die Kraft der Kniestreck- und Wadenmuskulatur ist hier häufig entscheidend (35). Untersuchungen belegen, dass Senioren im Alltag um so weniger stürzen, je stärker die Beinkraft ausgeprägt ist (4 u. a.). Muskelschwäche gilt damit als eine wichtige Ursache für lebensgefährliche Stürze und Immobilität älterer Personen (38 u. a.). Eine dramatische Folge eines Sturzes ist oftmals eine hüftgelenksnahe Femurfraktur. Im Jahr 2004 wurden in Deutschland rund 93.000 Verletzungen dieser Art registriert. Bei bis zu 30 % der Betroffenen führt diese Fraktur innerhalb von sechs Monaten zum Tode, bei etwa 50 % kommt es zu deutlichen und permanenten Einschränkungen in der selbstständigen Lebensführung. Mit Blick auf den oben angesprochenen demographischen Wandel werden Zunahmen von jährlich 3 % bis 5 % erwartet (32). Ungeachtet weiterer Pflegeaufwendungen werden allein hierdurch jährliche

Behandlungskosten von etwa 2,5 Milliarden Euro anfallen (37).

### Altersbezogene Änderung der Muskelkraft

Mit fortschreitendem Alter nehmen bei untrainierten Männern und Frauen nicht nur die Zahl und der Querschnitt der Muskelfasern ab, es kommt auch zu einer schlechteren neuronalen Ansteuerung der Muskulatur. Bezogen auf den Gesamtorganismus kann der Verlust an Muskelmasse und Muskelkraft zwischen der 3. und 8. Lebensdekade 30 % bis 40 % betragen (22 u. a.). Abb. 1 und 2 zeigen die Kraftänderungen der Beinstrecker im Altersgang der 20-100jährigen (n= 4.900). Dieser epidemiologisch relevante und erstmalig publizierte Datensatz konnte durch die Zusammenführung von Maximalkraftdaten bei jungen Erwachsenen (Altersbereich 18-30 Jahre: n=3.690; Leyk et al. (25) und weitere Messungen unserer Arbeitsgruppe) sowie Daten methodisch gleicher Erhebungen von Baum (5) aus dem mittleren und höheren Lebensalter (Altersbereich 30-97 Jahre: n=1.210) erstellt werden. Die beiden Abbildungen zeigen das körperrgewichtbezogene Drehmoment der Kniestreckmuskulatur, das – wie oben bereits erwähnt – als ein entscheidendes Leistungskriterium für die Mobilität im Alltag (Gehen, Treppensteigen etc.) gilt und auch für die Bewältigung von Zusatz- oder Traglasten erforderlich ist. Es ist deutlich zu erkennen, dass zwischen der 3. und 8. Lebensdekade Kraftverluste von rund 40 % (Männer) und 50 % (Frauen) erfolgen. Das Kraftniveau der Männer liegt zwar etwa ein Drittel über dem der Frauen, aber auch bei den Männern kommt es ab der 5. Dekade zu deutlichen und fortschreitenden Kraftverlusten. Die große Verteilungsbreite (Vergleich zwischen dem 5. und 95. Perzentil) spricht nicht nur für die enorme biologische Variabilität (genetische Voraussetzungen, Alterungsprozesse) sondern auch für das Vorliegen von deutlich unterschiedlichen Lebensgewohnheiten und Trainingszuständen. Mit Blick auf die ausgeprägte Rückgangsdynamik ist präventiv-medizinisch besonders kritisch, dass das Kraftniveau von etwa 10 % der 50-60jährigen Frauen unter 1 Nm pro Kilogramm Körpergewicht liegt und sich somit der Grenze zur Immobilität nähert. Untersuchungen, die mit Senioren durchgeführt wurden, sprechen dafür, dass diese Schwelle spätestens bei Unterschreiten eines maximalen Drehmoments von 0,5 Nm

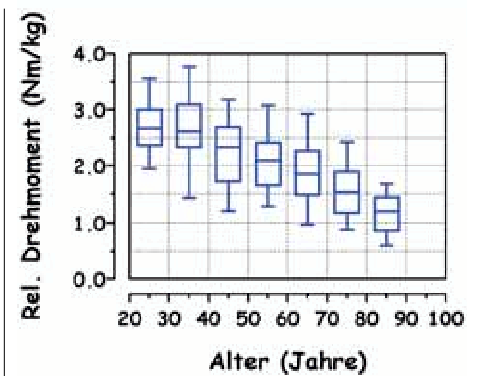


Abb. 1: Altersbezogene Verteilung (5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil) des relativen maximalen Drehmomentes der Kniestreckmuskulatur bei Männern (n=3.150).

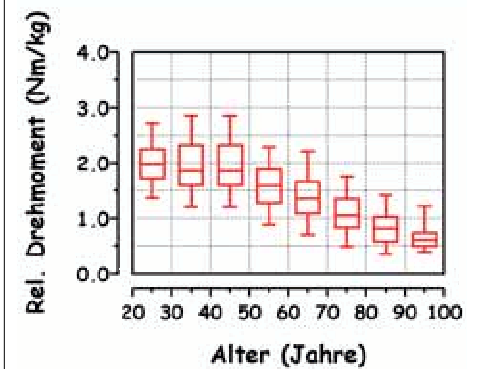


Abb. 2: Altersbezogene Verteilung (5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil) des relativen maximalen Drehmomentes der Kniestreckmuskulatur bei Frauen (n=1.750).

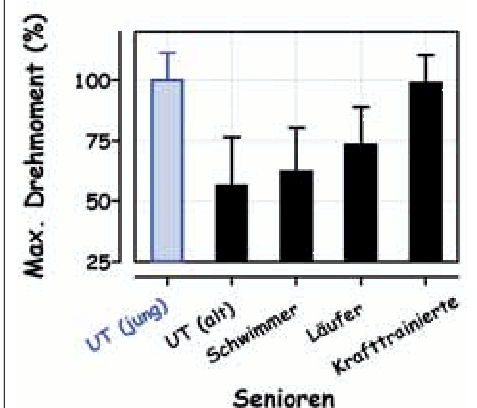


Abb. 3: Maximales Drehmoment der Kniestreckmuskulatur untrainierter 20-30jähriger (UT jung), untrainierter Senioren (UT alt) und sportlich aktiver 60-79jähriger (Trainingsgruppen mit langjährigem Schwimm-, Lauf- und Krafttraining). Die Daten sind prozentual auf das Kraftniveau untrainierter 20-30jähriger (UT jung) bezogen (modifiziert nach Klitgaard et al. 1990).

pro Kilogramm Körpergewicht erreicht ist (1). Die Sturzgefahr ist extrem gesteigert, Treppensteigen und Gehen nur noch mit Unterstützung möglich. Abb. 1 und 2 zeigen deutlich, dass der Anteil gefährdeter Personen im Alter überproportional ansteigt.

### Krafttrainierbarkeit im Alter

Das Ausmaß des beobachteten Kraftverlustes ist allerdings nicht schicksalhaft vorgegeben. Die in der Vergangenheit weit verbreitete These, dass der ältere Mensch eine erheblich reduzierte oder überhaupt keine Krafttrainierbarkeit zeige, wirkt bedauerlicherweise in Teilen der Sekundärliteratur und gelegentlich im Bewusstsein mancher Menschen noch bis heute nach. Dabei existieren schon seit längerem zahlreiche Belege, dass die Kraftleistungen im Alter maßgeblich von einer im Alltag ausreichenden Anzahl trainingswirksamer Kraftreize und weniger durch den Alterungsprozess bestimmt werden: So wurden enge Zusammenhänge zwischen beruf- oder freizeitlicher Aktivität und dem Kraftniveau nachgewiesen (33, 36 u. a.). Dies wird weiter durch Studien untermauert, in denen gezeigt werden konnte, dass Querschnittsverkleinerungen vor allem den Muskelfaser-Typus betreffen, der bei höherer Lastbewältigung aktiviert wird (20).

Die vorhandene Krafttrainierbarkeit im Alter haben *Klitgaard et al.* (18) mit dem Vergleich von unterschiedlich sportlich aktiven 60-79-Jährigen (Trainingsgruppen mit langjährigem Schwimm-, Lauf- und Krafttraining) gegenüber gleich alten Untrainierten und einem untrainierten Kollektiv mit 20-30-Jährigen nachgewiesen (Abb. 3). Die Daten zeigen, dass die Kraft der Beinstrecker nicht automatisch durch körperliches Training erhöht wird, sondern dass der Trainingsreiz spezifisch sein muss. Während gezieltes Krafttraining auch bei Senioren zu hohen Maximalkräften (praktisch kein Unterschied zu dem untrainierten jungen Kollektiv) führt, werden durch reines Schwimm- wie auch Lauftraining vergleichsweise geringe Effekte erzielt. Zahlreiche andere Studien haben die Kausalität zwischen Krafttrainingsreiz und Anpassung bis in die 10. Lebensdekade nachgewiesen (9 u. a.). Mit Blick auf den aktuellen Forschungsstand ist es mittlerweile unumstritten, dass die Muskelkraft sowohl bei Männern als auch Frauen durch ein regelmäßiges und systematisches Krafttraining bis ins höchste Lebensalter trainierbar ist.

Auch die Analyse von Veröffentlichungen zur Krafttrainierbarkeit (17 Studien mit jüngeren Personen und 19 Publikationen mit älteren Sportlern) zeigt, dass die Trainingswirkungen bei jüngeren und älteren Probanden in der gleichen Größenordnung liegen (Abb. 4). Hieraus kann weiter abgeleitet werden, dass die Trainingsgrundsätze, die für jüngere Personen gelten, auch auf ältere übertragbar sind. Beim Krafttraining sind ausreichend hohe Kontraktionsstärken erforderlich: Dauer, Häufigkeit und Intensität müssen so hoch sein, dass sie die Schwelle zur Auslösung einer Anpassung erreichen.

Dabei dürfen die individuellen Grenzen der Belastbarkeit selbstverständlich nicht unberücksichtigt bleiben. In der Vergangenheit wurde Krafttraining im Alter oder im klinischen Bereich immer wieder unter der Vorstellung abgelehnt, dass es durch die Kraftbelastungen zu gefährlichen Blutdruckanstiegen, *Valsalva*-Manövern etc. kommt. Vor allem im Bereich Rehabilitation hat hier ein Umdenken stattgefunden: Da ein gezieltes Krafttraining sogar helfen kann, kritische Blutdruckanstiege bei Alltagsbelastungen zu reduzieren, wird Krafttraining mittlerweile sogar in der Rehabilitation kardialer Erkrankungen durchgeführt (3, 29, 30 u. a.). Mit der von *Baum et al.* (2) entwickelten und erprobten Krafttrainingsmethode steht ein Trainingsverfahren zu Verfügung, mit dem Blutdruckanstiege bei Krafttrainingsbelastungen signifikant reduziert werden können.

### Altersbezogene Änderung der Ausdauer

Ein längerer Einsatz größerer Muskelgruppen, wie beispielsweise beim Laufen, Radfahren oder Schwimmen, ist ohne ausreichende Ausdauerleistungsfähigkeit nicht möglich. Ausdauerleistungen hängen maßgeblich vom Sauerstoff-Antransport (Atmung/Kreislauf), von der muskulären Sauerstoffverarbeitungskapazität (aerober Stoffwechsel/Energievorräte) und z. T. auch erheblich von koordinativen Leistungen (Wirkungsgrad: Bsp. Schwimmtechnik) ab. Ausdauerleistungen spielen aber nicht nur im Sport eine große Rolle: Die sogen. „kardio-respiratorische Fitness“ hat eine kaum zu überschätzende präventive und rehabilitative Bedeutung, da die Häufigkeit vieler Risikofaktoren und Zivilisationserkrankungen (Bluthochdruck, Fettstoffwechselstörungen, Übergewicht, koronare Herzkrankheit etc.) und letztlich auch die

Mortalität in umgekehrter Relation zu ihr stehen (39).

Der Alterseinfluss auf die Ausdauerleistungsfähigkeit wurde in zahlreichen Studien untersucht. Ähnlich wie bei der Kraft soll es schon nach dem 30. Lebensjahr zu einer fortschreitenden Abnahme der Ausdauerleistungsfähigkeit kommen (8 u. a.). Hinsichtlich des Ausmaßes der altersbedingten Reduktion sind allerdings in der Literatur deutlich Unterschiede zu finden: Während einige Studien von weniger als 5 % pro Dekade berichten, soll die Abnahme der maximalen Sauerstoffaufnahme (die in den meisten Fällen als das Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit angesehen wird) über 15 % pro Dekade betragen (11, 13, 14, 17, 28, 34). Eine Erklärung für die z. T. widersprüchlichen Befunde liegt in dem Umstand, dass die festgestellten Leistungsminderungen in den meisten Studien allein dem Faktor Alter zugeschrieben, andere relevante Faktoren aber nicht ausreichend beachtet wurden (26).

### PACE-Studie: Modell zur Abgrenzung von Alters- und „Lifestyle“-Effekten

Ein grundsätzliches methodisches Problem bei der Untersuchung von altersbedingten Änderungen ist die notwendige Abgrenzung von Alterseinflüssen und „Lifestyle-Faktoren“. Eine Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit kann selbstverständlich Folge biologischer Alterungsvorgänge sein. Im Laufe der Jahre kann es aber auch zu erheblichen Leistungsminderungen kommen, weil z. B. durch berufliche Belastungen oder das Gründen einer Familie kaum noch Zeit zum Trainieren verbleibt.

Eine hervorragende Gelegenheit, altersbedingte Leistungsreduktionen zu untersuchen, ist der Marathonlauf: Aufgrund der Streckenlänge und der hohen körperlichen Belastung wird ein Marathonlauf im Allgemeinen nur erfolgreich absolviert, wenn über eine längere Zeit ausreichend trainiert wird und die Lebensgewohnheiten auf den Marathonwettbewerb ausgerichtet sind. Verglichen mit kürzeren Laufstrecken (z. B. 5.000-m- oder 10.000-m-Lauf), die auch ohne intensive Vorbereitung von Untrainierten absolviert werden können, sind altersbedingte Einflüsse durch die Analyse von Marathonlaufzeiten besser zu ermitteln. Unsere Arbeitsgruppe hat diesen Ansatz im Rahmen der PACE-Studie gewählt und rund 160.000 Laufzeiten von Marathonteilnehmern im Alter von 20-80 Jahren untersucht (26). Abb. 5

und 6 zeigen, wie gering der Alterseinfluss tatsächlich ist: Die Laufleistungen der 20-50-Jährigen sind nahezu identisch. Statistisch nachweisbare Leistungsreduktionen treten sowohl bei Männern wie auch bei Frauen erst nach dem 50. Lebensjahr auf. Diese sind allerdings vergleichsweise gering: Mehr als 25 % der 60-70-jährigen Läufer absolvieren den Marathon schneller als die Hälfte aller 20-50-Jährigen. Die Ergebnisse der epidemiologisch relevanten Studie (26) zeigen, dass mit entsprechendem Training auch im mittleren und höheren Lebensalter hervorragende Leistungen erzielt werden können. Umgekehrt kann mit Blick auf den weit verbreiteten „inaktiven Lebensstil“ abgeleitet werden (7, 23, 24, 31), dass die sogen. „Lifestyle-Faktoren“ einen bedeutend stärkeren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben als die biologische Alterung per se.

Die Laufzeitanalysen im Rahmen des PACE-Projektes werden weitergeführt und haben eine erhebliche inhaltliche Erweiterung erfahren: Über eine internationale Internet-Umfrage ([www.dshs-koeln.de/pace](http://www.dshs-koeln.de/pace)) werden mittlerweile weltweit Ausdauersportler zu Laufzeiten, Training, Gesundheit, Lebensgewohnheiten etc. befragt. Die Beantwortung der Fragen ist im Internet-Portal in derzeit 6 Sprachen möglich und liefert bereits äußerst wertvolle Ergebnisse.

### Schlussfolgerungen

Sowohl für Muskelkraft wie auch für Ausdauer gilt, dass Training und aktive Lebensweise einen bedeutend stärkeren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit ausüben als die eigentliche biologische Alterung. Neuere Befunde sprechen dafür, dass eine ähnliche lebenslange Plastizität auch bei informatorischen und kognitiven Fähigkeiten besteht (19). Die häufig schon im mittleren Lebensalter eintretenden Leistungsverluste sind somit primär auf ungünstige Lebensgewohnheiten und auf unzureichendes bzw. fehlendes Training zurückzuführen.

Da der Alltag vieler Millionen Deutscher schon seit langem durch Bewegungsmangel, passiven Lebensstil und hyperkalorische Ernährung geprägt ist, wird verständlich, dass die Mehrzahl der Bevölkerung nicht nur übergewichtig ist (31, 40), sondern ein zunehmend wachsender Bevölkerungsanteil auch ein größer werdendes „Fitness-Problem“ hat (23, 24). Großen Anlaß zur Sorge bereiten die aktuellen Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe (7, 23, 24,

25, 27) an Schulen und an den Zentren für Nachwuchsgewinnung (über 75.000 Heranwachsende und junge Erwachsene): Schon in der 2. Lebensdekade hat eine Vielzahl junger Menschen erhebliche Gewichtsprobleme, eklatante Leistungsdefizite und gesundheitlich bedenkliche Verhaltensweisen. Es ist offensichtlich, dass diese Entwicklung besonders berufliche Bereiche treffen wird, in denen ein Mindestmaß an körperlicher Leistungsfähigkeit (Bundeswehr, Feuerwehr, Polizei, aber auch viele Tätigkeiten in Industrie und Handwerk) zwingend notwendig ist.

Da in jedem Lebensalter durch gezieltes Training und effektive Präventivmaßnahmen große Leistungssteigerungen zu erzielen sind, wird es immer dringlicher, eine Vielzahl von Personen zu einer aktiven und leistungsorientierten Lebensgestaltung zu motivieren. Gelingt dies nicht, so sind auch vor dem Hintergrund des demographischen Wandels erdrückende wirtschaftliche und soziale Konsequenzen zu erwarten.

### Literatur

1. Baum, K.: Die Bedeutung körperlichen Trainings in der Prävention bei älteren Menschen. *Therapeutische Umschau* 59: 323-327 (2002)
2. Baum, K.; Rüther, T.; Essfeld, D.: Reduction of blood pressure response during strength training through intermittent muscle relaxations. *Int J Sports Med* 24: 441-445 (2003)
3. Bjarnason-Wehrens, B.; Mayer-Berger, W.; Meister, E.R.; Baum, K.; Hambrecht, R.; Gielen, S.: Einsatz von Kraftausdauertraining und Muskelaufbautraining in der kardiologischen Rehabilitation. *Z Kardiol* 93: 357-370 (2004)
4. Campbell, A.J.; Borrie, M.J.; Spears, G.F.: Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Gerontol* 44: 112-117 (1989)
5. Cristofalo, V.J.; Gerhard, G.S.; Pignolo, R.J.: Molecular biology of aging. *Surg Clin North Am* 74: 1-21 (1994)
6. Danneskiold-Samsoe, B.; Kovod, V.; Munter, J.; Grimby, G.; Jensen, G.: Muscle strength and functional capacity in 78-81-year-old men and women. *Eur J Appl Physiol* 52: 310-314 (1984)
7. Eßfeld, D.; Rüther, T.; Wunderlich, M.; Sievert, A.: Zusammenhang zwischen arbeits- und alltagsrelevanten Kraft- und Koordinationsleistungen, körperlichen Aktivitäten und Lebensgewohn-

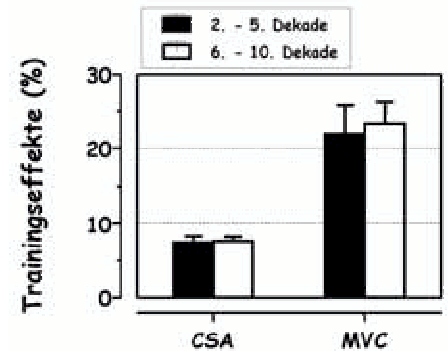


Abb. 4: Trainingseffekte bei älteren (6.-10. Lebensdekade) und jüngeren Personen (2.-5. Dekade). Dargestellt sind die Wirkungen eines Krafttrainings auf die Muskelquerschnittsfläche (CSA) und die Maximalkraft (MVC) der Kniestreckmuskulatur. Die Daten (%; Mittelwert  $\pm$  Standardfehler) stammen aus 36 Studien.

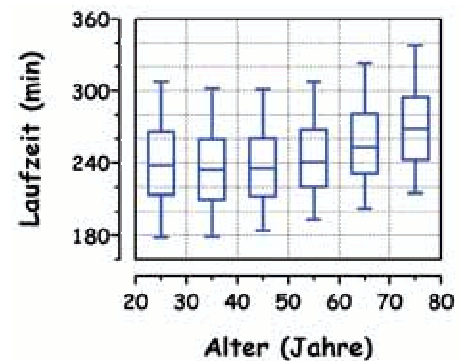


Abb. 5: Marathon-Laufzeiten von Männern im Alter von 20 bis 80 Jahren (n= 129.929). Dargestellt ist das 5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil der sechs Altersklassen. (Aus: Leyk et al.: *Age-related Changes in Marathon and Half-Marathon Performances*. Fig. 2. *Int J Sports Med* 6: 513-517 (2007) Georg Thieme Verlag KG)

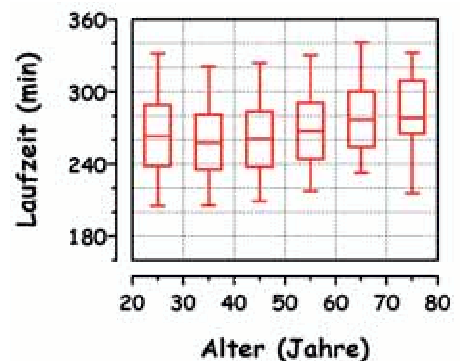


Abb. 6: Marathon-Laufzeiten von Frauen im Alter von 20 bis 80 Jahren (n= 26.788). Dargestellt ist das 5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil der sechs Altersklassen. (Aus: Leyk et al.: *Age-related Changes in Marathon and Half-Marathon Performances*. Fig. 2. *Int J Sports Med* 6: 513-517 (2007) Georg Thieme Verlag KG)

- heiten. Forschungsbericht aus der Wehrmedizin M / SAB1 / 3 / A012, (2006)
8. *Evans, S.L.; Davy, K.P.; Stevenson, E.T.; Seals, D.R.*: Physiological determinants of 10-km performance in highly trained female runners of different ages. *J Appl Physiol* 78: 1931-1941 (1995)
  9. *Fiatarone, M.A.; Marks, E.C.; Ryan, N.D.; Meredith, C.N.; Lipsitz, L.A.; Evans, W.J.*: High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 263: 3029-3034 (1990)
  10. *Figueiredo, P.A.; Mota, M.P.; Appell, H.J.; Duarte, J.*: Ceasing of muscle function with aging: is it the consequence of intrinsic muscle degeneration or a secondary effect of neuronal impairments? *Eur Rev Aging Phys Act* 3: 75-83 (2006)
  11. *Fleg, J.L.; Lakatta, E.G.*: Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO<sub>2</sub>max. *J Appl Physiol* 65: 1147-1151 (1988)
  12. *Grimby, G.; Saltin, B.*: The ageing muscle. *Clin Physiol* 3: 209-218 (1983)
  13. *Hagberg, J.M.*: Effect of training on the decline of VO<sub>2</sub>max with aging. *Federation Proc.* 46: 1830-1833 (1987)
  14. *Jackson, A.S.; Beard, E.F.; Wier, L.T.; Ross, R.M.; Stuteville, J.E.; Blair, S.N.*: Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med Sci Sports Exerc* 27: 113-120 (1995)
  15. *Janssen, I.; Heymsfield, S.B.; Wang, Z.; Ross, R.*: Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol* 89: 81-88 (2000)
  16. *Jette, A.M.; Branch, L.G.*: The framingham disability study: II. Physical Disability among the elderly. *Am J Public Health* 71: 1211-1216 (1981)
  17. *Kasch, F.; Boyer, J.L.; Van Camp, S.; Nettl, F.; Verity, L.S.; Wallace, J.P.*: Cardiovascular changes with age and exercise: a 28-year longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports* 5: 147-151 (1995)
  18. *Klitgaard, H.; Mantoni, M.; Schiaffino, S.; Ansoni, S.; Gorda, L.; Laurent-Winter, C.; Secher, N.; Saltin, B.*: Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: A cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta Physiol Scand* 140: 41-54 (1990)
  19. *Kramer, A.F.; Erickson, K.I.; Colcombe, S.J.*: Exercise, cognition, and the aging brain. *J Physiol* 101: 1237-1242 (2006)
  20. *Larsson, L.; Grimby, G.; Karlsson, J.*: Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol: Respir Environ Exercise Physiol* 46: 451-456 (1979)
  21. *Layne, J.E.; Nelson, M.E.*: The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc* 1999 31: 25-30 (1999)
  22. *Lexell, J.; Downham, D.; Sjöström, M.*: Distribution of different fibre types in human skeletal muscles. Fibre type arrangement in m. vastus lateralis from three groups of healthy men between 15 and 83 years. *J Neurol Sci* 72: 211-222 (1986)
  23. *Leyk, D.; Rohde, U.; Gorges, W.; Ridder, D.; Wunderlich, M.; Dinklage, C.; Sievert, A.; Rütther, T.; Essfeld, D.*: Adipositas und Bewegungsmangel in Deutschland: Erste Fakten aus der „Physical-Fitness-Test“ Studie. *Wehrmed Msch* 49: 11-15 (2005)
  24. *Leyk, D.; Rohde, U.; Gorges, W.; Ridder, D.; Wunderlich, M.; Dinklage, C.; Sievert, A.; Rütther, T.; Essfeld, D.*: Physical Performance, Body Weight and BMI of Young Adults in Germany 2000-2004: Results of the Physical-Fitness-Test Study. *Int J Sports Med* 27: 642-647 (2006)
  25. *Leyk, D.; Küchmeister, G.; Jürgens, H.W.*: Combined physiological and anthropometrical database as ergonomic tools. *J Physiol Anthropol* 25: 363-369 (2006)
  26. *Leyk, D.; Erley, O.; Ridder, D.; Leurs, M.; Rütther, T.; Wunderlich, M.; Sievert, A.; Essfeld, D.*: Age-related Changes in Marathon and Half-Marathon Performances *Int J Sports Med* 6: 513-517 (2007)
  27. *Leyk, D.; Rohde, U.; Gorges, W.; Wunderlich, M.; Rütther, T.; Wamser, P.; Essfeld, D.*: Erste Ergebnisse der Studie „Fit-fürs-Leben“: Übergewicht und Bewegungsmangel bei Heranwachsenden und jungen Erwachsenen. *Wehrmed Mschr* 51 (2007): 143-147
  28. *Marti, B.; Howald, H.*: Long-term effects of physical training on aerobic capacity: controlled study of former elite athletes. *J Appl Physiol* 69: 1451-1459 (1990)
  29. *Meyer, K.; Schwaibold, M.; Westbrook, S.; Hajric, R.; Peters, K.; Eßfeld, D.; Leyk, D.; Roskamm, H.*: Delayed O<sub>2</sub> kinetics during ramp exercise - a criterion for cardiopulmonary capacity in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc* 30: 643-648 (1998)
  30. *Meyer, K.; Hajric, R.; Haag-Wildi, S.; Holtkamp, R.; Westbrook, S.; Leyk, D.; Schnellbacher, K.*: Hemodynamic responses during leg press exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 83: 1537-1543 (1999)
  31. *Mikrozensus 2003: Leben und Arbeiten in Deutschland. Ergebnisse des Mikrozensus 2003, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2004)*
  32. *Mohr, V.D.; Bauer, J.; Döbler, K.; Eckert, O.; Fischer, B.; Woldenga, C.* (Hrsg): Qualität sichtbar machen. BQS-Qualitätsreport 2005. Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH. Düsseldorf (2006)
  33. *Petrofsky, S.; Lind, A.R.*: Aging, isometric strength and endurance and cardiovascular responses to static effort. *J Appl Physiol* 38: 91-95 (1975)
  34. *Pimentel, A.E.; Gentile, S.L.; Tanaka, H.; Seals, D.R.; Gates, P.E.*: Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. *J Appl Physiol* 94: 2406-2413 (2003)
  35. *Rantanen, T.; Guralnik, J.M.; Ferrucci, L.; Leveille, S.; Fried, L.P.*: Coimpairments: strength and balance as predictors of severe walking disability. *J Gerontol Med Sci* 54A: M172-M176 (1999)
  36. *Sipilä, S.; Suominen, H.*: Knee extension strength and walking speed in relation to quadriceps muscle composition and training in elderly women. *Clin Physiol* 14: 433-442 (1994)
  37. *Stöckle, U.; Lucke, M.; Haas, N.P.*: Der Oberschenkelhalsbruch. *Deutsches Ärzteblatt* 102: 49 (2005)
  38. *Tinetti, M.E.; Speechley, M.; Ginter, S.F.*: Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319: 1701-1707 (1988)
  39. *Wei, M.; Kampert, J.B.; Barlow, C.E.; Nichaman, M.Z.; Gibbons, L.W.; Paffenberger, R.S. Jr.; Blair, S.N.*: Relationship between respiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 27: 1547-1553 (1999)
  40. *World Health Organisation: Obesity. Preventing and managing the global epidemic. In: Report of a WHO Consultation. i-xii: 1-253 (2000)*

Anschrift f. d. Verfasser:  
 Prof. Dr. Dr. Dieter Leyk  
 Deutsche Sporthochschule Köln  
 Institut für Physiologie und Anatomie  
 Carl-Diem-Weg 6, 50933 KÖLN