

Last J, Weisser B

# Der Einfluss von moderater sportlicher Aktivität und Alter auf Kraft, Ausdauer und Gleichgewicht im Erwachsenenalter

## *The Influence of Moderate Physical Activity and Age on Strength, Aerobic Power and Balance Ability in Adulthood*

Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### ZUSAMMENFASSUNG

Viele Leistungseinschränkungen ab dem mittleren Lebensalter sind nicht ausschließlich auf den Alterungsprozess zurückzuführen, vielmehr sind Bewegungsmangel und andere Lebensstilfaktoren für diese Tatsache verantwortlich. Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss von sportlicher Aktivität und Alter auf die motorische Leistungsfähigkeit zu erheben.

Die Probanden wurden anhand ihres Aktivitätslevels in sportlich Aktive ( $\geq 2$ h moderater Sport/Woche) und sportlich Inaktive ( $< 2$ h moderater Sport/Woche) eingeteilt. Es wurden die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit ( $n = 290$ ), die isometrische Maximalkraft sowie die Gleichgewichtsfähigkeit ( $n = 561$ ) ermittelt.

Im Bereich der aeroben Ausdauer unterschieden sich die sportlich Aktiven in allen Altersklassen signifikant ( $p < 0,05$ ) von den sportlich Inaktiven. Im Bereich der Maximalkraft konnte bis auf die Altersklasse der über 60-Jährigen ebenfalls signifikante Unterschiede für die Armbeuger festgestellt werden ( $p < 0,05$ ). Die Beinstrecker unterschieden sich in allen Altersklassen bis auf die 45-60-Jährigen ( $p < 0,01$  und  $p < 0,05$ ). Auch die Gleichgewichtsfähigkeit unterschied sich im aktivitätsbedingten Vergleich zwischen den sportlich Aktiven und den sportlich Inaktiven bis auf die Altersklasse der 30-45-Jährigen ( $p < 0,01$  und  $p < 0,05$ ).

Unsere Ergebnisse zeigten außerdem, dass die über 60-Jährigen Aktiven die gleiche Ausdauerleistungsfähigkeit erreichten wie die sportlich Inaktiven 20-30-Jährigen. Im Bereich der Kraft und des Gleichgewichts konnten die sportlich Aktiven mindestens die gleiche Kraft bzw. Gleichgewichtsfähigkeit wie die nächst jüngere Inaktive Altersklasse aufweisen.

Unsere Studie zeigt, dass der Alterungsprozess durch sportliche Aktivität nicht gänzlich aufgehalten werden kann. Es scheinen jedoch schon 2 Stunden moderate sportliche Aktivität auszureichen, um den altersbedingten Leistungsabbau verzögern zu können.

**Schlüsselwörter:** Motorische Leistungsfähigkeit, Erwachsenenalter, Bewegungsmangel, körperliche Aktivität

### SUMMARY

Reductions in physical fitness during adulthood are not due solely to the aging process; a sedentary lifestyle and other lifestyle factors contribute to this process. The aim of this study was to investigate the influence of physical activity and age on motor performance.

The subjects were divided according to their activity level: physical active ( $\geq 2$ h moderate activity/week); sedentary ( $< 2$ h moderate activity /week). The aerobic endurance capacity ( $n = 290$ ) as well as the maximum isometric strength and balance ability ( $n = 561$ ) were determined.

In all age groups, aerobic capacity at  $Pl_{a4.0}$  was significantly higher in physically-active individuals ( $p < 0.05$ ). Maximum strength was also significantly higher in active subjects for the biceps up to the age group of over-60s ( $p < 0.05$ ). The leg extension differed in all age groups except the 45-60 year-olds ( $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ ). Also the balance ability was significantly higher in physically active up to the age group of 30-45 year-olds ( $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ ).

In addition, the data indicate that active over-60s reached the same endurance capacity as the physically-inactive 20-30 year-olds. In the areas of maximum strength and balance ability, the physically-actives achieved at least the same force and balance performance as the next younger sedentary age group.

Our study demonstrates that the aging process cannot be completely retarded in physically-active persons. However, as few as two hours of moderate activity per week may suffice to at least delay age-related fitness degradation.

**Key Words:** Motor performance, adulthood, sedentary lifestyle, physical activity

### EINLEITUNG

Der demographische Wandel ist eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts und stellt in Zusammenhang mit verlängerten Lebensarbeitszeiten, Bewegungsmangel und Übergewicht das Gesundheitssystem und viele andere Bereiche des öffentlichen Lebens vor neue Aufgaben.

Viele Leistungseinschränkungen ab dem mittleren Lebensalter werden häufig auf Alterungsprozesse zurückgeführt und hingenommen. Das Altern als biologischer Prozess ist nicht aufzu-

halten und kann die Ursache für die Minderung von körperlicher Leistungsfähigkeit darstellen, dennoch sind das Auftreten von Risikofaktoren und gesundheitlichen Einschränkungen sowie die

accepted: November 2014

published online: January 2015

DOI: 10.5960/dzsm.2014.160

Last J, Weisser B. Der Einfluss von moderater sportlicher Aktivität und Alter auf Kraft, Ausdauer und Gleichgewicht im Erwachsenenalter. Dtsch Z Sportmed. 2015; 66: 5-11.

**Tabelle 1** Charakterisierung der Gesamtstichprobe sowie der Stichprobe, die den Ausdauer test absolviert hat. Als statistische Kenngrößen sind Häufigkeiten (N), sowie Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD±) dargestellt.

Gesamtstichprobe (n=508)	Anzahl	20-30 Jahre	30-45 Jahre	45-60 Jahre	60+ Jahre
sportlich Aktive	N	31	76	67	119
sportlich Inaktive	N	34	65	57	59
Männer	N	33	78	66	78
Frauen	N	32	63	58	100
Alter in Jahren	M (SD±)	23,94 (± 2,55)	36,62 (±4,94)	51,45 (±4,50)	68,13 (±5,43)
Gewicht in kg	M (SD±)	68,28 (±12,28)	77,60 (±14,98)	75,41 (±13,25)	71,76 (±13,00)
Größe in cm	M (SD±)	175,18 (±10,31)	176,99 (±10,54)	174,40 (±8,30)	173,99 (±9,86)
Stichprobe Ausdauer (n=290)					
sportlich Aktive	N	31	76	67	119
sportlich Inaktive	N	34	65	57	59
Männer	N	33	78	66	78
Frauen	N	32	63	58	100
Alter in Jahren	M (SD±)	23,86 (± 2,50)	36,05 (±4,56)	51,80(±4,68)	64,24 (±3,11)
Gewicht in kg	M (SD±)	68,41 (±12,33)	77,89 (±14,98)	74,62 (±15,10)	74,66 (± 4,39)
Größe in cm	M (SD±)	175,42 (±10,21)	176,62 (±8,75)	173,44 (±8,43)	173,25 (±9,31)

Verminderung der Leistungsfähigkeit schon im mittleren Lebensalter nicht ausschließlich auf den Alterungsprozess zurückzuführen. Vielmehr sind Lebensstilfaktoren wie Bewegungsmangel für den Leistungsrückgang bereits ab dem frühen Erwachsenenalter verantwortlich (18, 19, 20).

Körperliche Aktivität gilt als wichtigste Präventionsmaßnahme um chronischen Erkrankungen wie Osteoporose, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Übergewicht und Adipositas sowie Diabetes mellitus vorzubeugen (4, 16, 24, 27, 32, 37). Neben Risikofaktoren wie Übergewicht, Hypertonie und Fettstoffwechselstörungen gilt Körperliche Fitness durch sportliche Aktivität als wichtigster gesundheitlicher Prognosefaktor. Dabei zeigt schon der Aufstieg aus der niedrigsten Quintile in die zweitniedrigste Quintile der körperlichen Fitness den größten gesundheitlichen Nutzen für Ältere (1). Auch Belastungen niedrigerer Intensitäten konnten einen positiven gesundheitlichen Effekt erzielen (37). Doch obwohl die negativen Auswirkungen von Bewegungsmangel hinlänglich bekannt sind und Bewegungsmangel nachweislich als bedeutender Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen gilt, treiben weniger als ¼ der Erwachsenen mehr als 2h Sport pro Woche (15, 35).

Bisher gibt es nur wenige Studien, die parallel den Einfluss von Aktivität und Alter auf die körperliche Leistungsfähigkeit im Bereich dreier motorischer Fähigkeiten (Kraft, Ausdauer und Koordination, bzw. Gleichgewicht) untersucht haben. Ziel dieser Untersuchung ist daher, den Einfluss von Alter und sportlicher Aktivität bzw. Inaktivität auf die motorische Leistungsfähigkeit der isometrischen Maximalkraft, der aeroben Ausdauer und der Gleichgewichtsfähigkeit darzustellen und zu vergleichen.

## MATERIAL UND METHODEN

Die Probanden wurden über Aushänge, die Homepage der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel sowie Aufrufe über örtliche Radio-

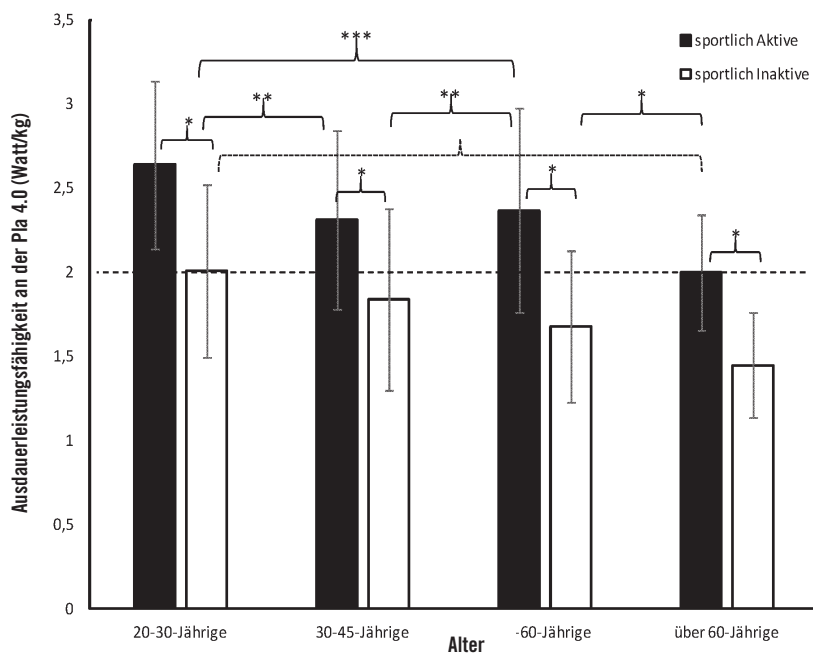
sender auf die Untersuchung aufmerksam gemacht und erklärten freiwillig ihre Studienteilnahme.

Vor jeder Leistungsanalyse wurde mittels Fragebogen und körperlicher Untersuchung der Gesundheits- und Aktivitätszustand der Probanden ermittelt. Die Ausschlusskriterien orientierten sich am PAR Q-Fragebogen (Physical Activity Readiness Questionnaire) der Leitlinien zu Vorsorgeuntersuchungen im Sport der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin (8). Insgesamt nahmen 561 Probanden im Alter von 20-70 Jahren an der Studie teil. Nach Anwendung der oben erwähnten Ausschlusskriterien, wie z.B. der Einnahme von Beta-Blockern oder einem auffälligen Befund in der körperlichen Untersuchung, konnte die isometrische Maximalkraft sowie die Gleichgewichtsfähigkeit bei 508 gesunden Probanden gemessen werden. Von diesen 508 Probanden nahmen 290 an den Tests zur Ausdauerleistungsfähigkeit teil. Die Charakterisierung der Gesamtstichprobe ist in Tab.1 dargestellt.

Die Probanden wurden in Anlehnung an Tittlbach nach ihrem Aktivitätslevel in zwei Gruppen, sportlich Aktive (mindestens 2h moderater Sport/Woche) und sportlich Inaktive (weniger als 2h moderater Sport/Woche) eingeteilt (34). Als moderate sportliche Aktivität bezeichnet man einen durch sportliche Aktivität erhöhten Kalorienverbrauch von mehr als 780 Kcal oder 3-6MET (Walking bei 4-7km/h) pro Woche (34, 40). Ausschlaggebend für die Einteilung der Probanden war der zeitliche und Faktor und nicht die Intensität. Diese wurde nur als Mindestkriterium vorausgesetzt.

Körperliche Aktivitäten die einen bewegten Alltag ausmachen, wie z.B. Gartenarbeit wurden nicht berücksichtigt. Diese Aktivitäten ziehen zwar ebenfalls eine Erhöhung des Energieumsatzes mit sich, werden aus sportwissenschaftlicher Perspektive jedoch nicht als Sport bezeichnet (22, 36).

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Probanden in vier Altersgruppen, angelehnt an die Entwicklungsphasen im Erwachsenenalter nach Winter und Hartmann, eingeteilt: 20-30 Jahre, 30-45 Jahre, 45-60 Jahre und über 60 Jahre (39).



**Abbildung 1:** Körpergewichtsbezogene Leistung an der 4 mmol/l-Laktatschwelle in Watt/kg Körpergewicht (rechnerisch korrigiert für Geschlecht und Gewicht). Die gestrichelte Linie markiert das Leistungsniveau der sportlich aktiven über 60-Jährigen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen; signifikanter Unterschied, \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; gestrichelte Klammer: nicht signifikant).

**Ausdauerleistungsfähigkeit**

Die Probanden wurden nach WHO-Schema stufenförmig 2 Minuten pro Wattstufe (25/50W) auf dem Fahrradergometer (Ergoselect 100) belastet. Es wurde am Ende jeder Belastungsstufe die Herzfrequenz mittels EKG dokumentiert sowie Kapillarblut zur Bestimmung der Laktatwerte aus dem Ohrläppchen entnommen. Mittels Photometer der Firma Dr. Lange wurden die Laktatwerte bestimmt. Anschließend wurde die Wattzahl an der 4mmol/l-Laktatschwelle ermittelt und auf das Körpergewicht des jeweiligen Probanden bezogen. Die Leistungsdiagnostik an der 4mmol/l-Laktatschwelle bietet eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, die Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen. Die Leistungsdiagnostik im Ausdauerbereich mittels Laktatwert bietet im Gegensatz zur maximalen Sauerstoffaufnahme besonders für Untrainierte Vorteile, da Untrainierte nicht an bis zur maximalen Leistungsgrenze belastet werden müssen (21).

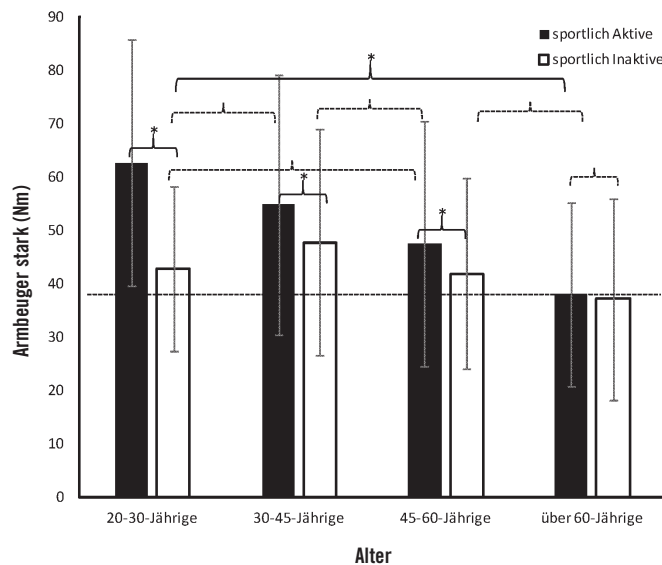
**Isometrische Maximalkraft**

Die isometrische Maximalkraft der Armbeuger sowie der Beinstrecker wurde mit dem M3 Diagnos+ Systems der Firma Schnell, Gachenbach in Nm ermittelt. Alle Kraftmessungen erfolgten einseitig mit dreifacher Wiederholung. Es wurde jeweils der höchste Wert des stärkeren Armes bzw. des stärkeren Beines in die Ergebnisse aufgenommen.

**Gleichgewicht**

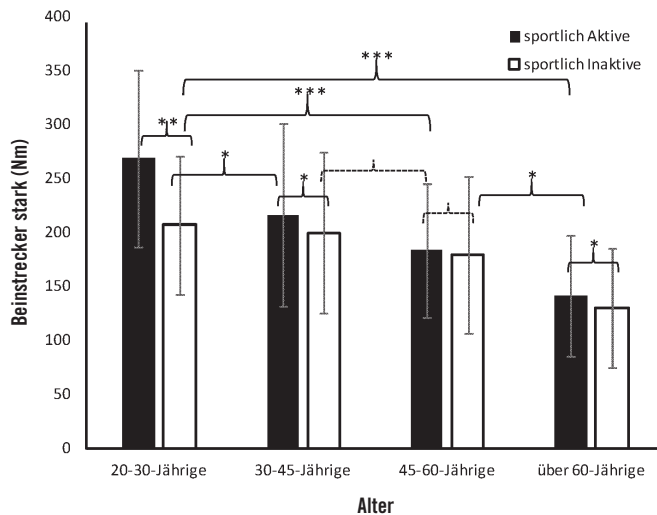
Das Gleichgewicht wurde mithilfe des S3-Checks der TST Trend Sport Trading GmbH, Basel gemessen, welches sich als standardisiertes Messinstrument erwiesen hat (25). Eine kreisförmige stabile Platte ist dabei in der Frontalebene beweglich. Die Ausgleichsbewegungen, die erbracht werden, die Waagerechte zu halten, werden durch einen Neigungsrechner auf die Software des Gerätes übertragen. Ein Stabilitätsindex bewertet die Häufigkeit und Stärke sowie die Achsenverschiebung der Ausgleichsbewegungen. Es wurden nach einer Aufwärmzeit von 30 Sekunden jeweils zwei Testläufe von 20 Sekunden in den zwei Ebenen absolviert.

**Abbildung 2:** Isometrische Maximalkraft der Armbeugemuskulatur in Nm (rechnerisch korrigiert für Geschlecht und Gewicht). Die gestrichelte Linie markiert das Leistungsniveau der sportlich aktiven über 60-Jährigen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen; signifikanter Unterschied, \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; gestrichelte Klammer: nicht signifikant).

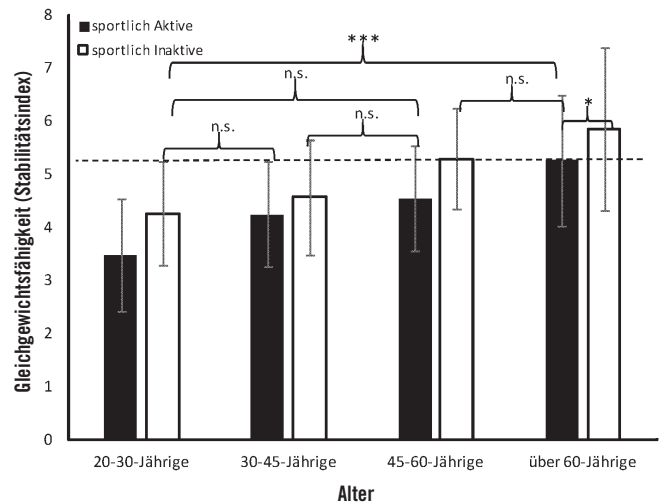


**Statistik**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Statistik Software SPSS 20.0. Aufgrund geschlechtsspezifischer und gewichtsbedingter Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit wurden sowohl Geschlecht als auch Gewicht als Kovariate in die Berechnung unter Beachtung der statistischen Voraussetzungen für dieses Analyseverfahren einbezogen. Die Mittelwertunterschiede zwischen den sportlich Aktiven und den sportliche Inaktiven wurden differenziert nach Lebensabschnitten gemäß der Entwicklungsphasen frühes, mittleres, spätes und späteres Erwachsenenalter (20-29 Jahre, 30-44 Jahre, 45-60 Jahre und 60+ Jahre) nach Winter und Hartmann (39) durchgeführt und mittels Kovarianzanalyse (ANCOVA) geprüft.



**Abbildung 3:** Isometrische Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur in Nm (rechnerisch korrigiert für Geschlecht und Gewicht). Die gestrichelte Linie markiert das Leistungsniveau der sportlich aktiven über 60-Jährigen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen; signifikanter Unterschied, \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; gestrichelte Klammer: nicht signifikant).



**Abbildung 4:** Vergleich der Gleichgewichtsleistungsfähigkeit in der Frontalebene bei sportlich Aktiven und sportlich Inaktiven im Erwachsenenalter (rechnerisch korrigiert für Geschlecht und Gewicht). Die gestrichelte Linie markiert das Leistungsniveau der sportlich aktiven über 60-Jährigen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen; signifikanter Unterschied, \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ; gestrichelte Klammer: nicht signifikant). Je größer der dargestellte Wert ist, desto schlechter ist die erbrachte Gleichgewichtsleistung.

## ERGEBNISSE

Der Vergleich der sportlich Aktiven mit den sportlich Inaktiven in den verschiedenen motorischen Fähigkeiten ist nach Auspartialisierung von Geschlecht und Gewicht in den Abbildungen 1-4 über die verschiedenen Altersklassen dargestellt.

In allen statistischen Vergleichen zeigten sowohl das Geschlecht als auch das Gewicht einen statistisch bedeutsamen Einfluss auf die Ergebnisse und wurden dementsprechend rechnerisch korrigiert. Im Vergleich der benachbarten Altersklassen gleichen Aktivitätsniveaus zeigte sich für die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4mmol/l-Laktatschwelle für die sportlich Aktiven als auch die sportlich Inaktiven eine signifikant schlechtere Ausdauerleistungsfähigkeit bei den über 60-Jährigen ( $F_{1,76} = 16,27$ ,  $p < 0,001$ ;  $F_{1,73} = 8,63$ ,  $p < 0,01$ ). Bis dahin unterschieden sich die Altersklassen bei den sportlich Aktiven als auch den sportlich Inaktiven nicht signifikant. Bei der Armbeugemuskulatur des starken Armes zeigte sich für sportlich Aktive als auch Inaktive eine signifikante Leistungsminderung der isometrischen Maximalkraft ab der Altersgruppe der 45-60-Jährigen (aktiv  $F_{1,122} = 4,668$ ,  $p < 0,05$ ; inaktiv  $F_{1,140} = 4,825$ ,  $p < 0,05$ ). Im Gegensatz dazu konnte für die Beinstreckmuskulatur des starken Beines für die sportlich Aktiven bereits ab der Altersklasse 30-45-Jährigen ( $F_{1,105} = 25,70$ ,  $p < 0,001$ ) eine Leistungsminderung der isometrischen Maximalkraft festgestellt werden. Bei den sportlich Inaktiven konnte eine signifikante Leistungsminderung erst ab der Altersklasse der über 60-Jährigen ( $F_{1,111} = 21,05$ ,  $p < 0,01$ ) nachgewiesen werden. Auch die Gleichgewichtsfähigkeit verschlechterte sich bei den sportlich Aktiven signifikant ab der Altersklasse der 30-45-Jährigen ( $F_{1,104} = 8,24$ ,  $p < 0,01$ ). Die sportlich Inaktiven wiesen erst ab der Altersklasse der 45-60-Jährigen eine signifikant schlechtere Gleichgewichts-

fähigkeit ( $F_{1,122} = 22,24$ ,  $p < 0,001$ ) als die vorangehende Altersklasse auf.

Im Vergleich von Alter und Aktivitätsniveau bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4mmol/l-Laktatschwelle zeigten unsere Daten eine signifikante Überlegenheit der sportlich aktiven Älteren der sportlich inaktiven jüngeren Altersklasse gegenüber (30-45-Jährige aktiv/20-30-Jährige inaktiv:  $F_{1,68} = 11,807$ ,  $p < 0,01$ ; 45-60-Jährige aktiv/30-45-Jährige inaktiv:  $F_{1,77} = 9,264$ ,  $p < 0,01$ ; 60+aktiv/45-60inaktiv:  $F_{1,79} = 5,419$ ,  $p < 0,05$ ). Im Vergleich der älteren Aktiven mit den jüngsten Inaktiven konnten nicht nur die aktiven 30-40-Jährigen eine signifikant höhere Ausdauerleistungsfähigkeit als die inaktiven 20-30-Jährigen aufweisen, auch die 45-60-Jährigen Aktiven waren den 20-30-Jährigen Inaktiven signifikant überlegen ( $F_{1,72} = 13,675$ ,  $p < 0,001$ ). Der Vergleich der aktiven über 60-Jährigen erbrachte keinen signifikanten Unterschied den 20-30-Jährigen gegenüber.

Auch im Bereich der isometrischen Maximalkraft der Armbeuger konnten zwischen der aktiven älteren Altersklasse und der inaktiven jüngeren Altersklasse keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Im Vergleich der älteren aktiven Altersklassen (45-60-Jährige und über 60-Jährige) mit den 20-30-Jährigen Inaktiven zeigte sich nur für die über 60-Jährigen Aktiven eine signifikante Verschlechterung der Maximalkraft ( $F_{1,45} = 90,59$ ,  $p < 0,01$ ). Im Vergleich der benachbarten Altersklassen unterschiedlichen Aktivitätsniveau der Beinstreckmuskulatur waren die sportlich aktiven 30-45-Jährigen den 20-30-Jährigen Inaktiven signifikant überlegen ( $F_{1,108} = 4,021$ ,  $p < 0,05$ ). Die aktiven 45-60-Jährigen unterschieden sich nicht signifikant von den inaktiven 30-45-Jährigen, während die über 60-Jährigen Aktiven signifikant schlechter waren als die 45-60-Jährigen Inaktiven. Der Vergleich der älteren aktiven Altersklassen mit der jüngsten Inaktiven Altersklasse

zeigte signifikant schlechtere Maximalkraftwerte sowohl für die 45-60-Jährigen ( $F_{1,96} = 21,842$ ,  $p < 0,001$ ) als auch die über 60-Jährigen Aktiven ( $F_{1,145} = 96,391$ ,  $p < 0,001$ ).

Im Bereich der Gleichgewichtsfähigkeit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen einer älteren aktiven Altersklasse mit der vorangehenden jüngeren inaktiven Altersklasse nachgewiesen werden. Der Vergleich der älteren aktiven Altersklassen (45-60-Jährige und über 60-Jährige) mit den inaktiven 20-30-Jährigen zeigte nur für die über 60-Jährigen eine signifikant schlechtere Gleichgewichtsfähigkeit ( $F_{1,148} = 13,180$ ,  $p < 0,001$ ).

## DISKUSSION

Das wesentliche Ziel dieser Untersuchung bestand darin, den Einfluss von sportlicher Aktivität bzw. Inaktivität und Alter auf die Leistungsfähigkeit einzelner motorischer Fähigkeiten im Erwachsenenalter zu analysieren. Erstmals konnte ein Einfluss von moderater körperlicher Aktivität parallel auf drei motorische Hauptbeanspruchungsformen, Ausdauer, isometrische Maximalkraft und Gleichgewichtsfähigkeit nachgewiesen werden. Bereits zwei Stunden unspezifische moderate sportliche Aktivität ließen signifikante Leistungsunterschiede zwischen sportlich Aktiven und Inaktiven derselben Altersklasse deutlich werden.

Die Ergebnisse aller drei untersuchten motorischen Fähigkeiten konnten bisherige Angaben aus der Literatur stützen und zeigten, dass sportlich Aktive in allen Altersklassen höhere Ausdauerleistungen aufweisen als sportlich Inaktive (7,23,30,33). Die mit zunehmenden Alter in der Literatur beschriebene statistische Tendenz einer leichten Schere zugunsten von Trainierten gaben unsere Daten jedoch nicht her (33). Leyk et al. und auch andere sprechen bei trainingsspezifischer Analyse von den größten aktivitätsbedingten Leistungsunterschieden im Ausdauerbereich (19,23). Auch unsere Daten zeigten im Vergleich der drei untersuchten motorischen Fähigkeiten bei der Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4mmol-Laktatschwelle die größten Leistungsunterschiede zwischen sportlich Aktiven und sportlich Inaktiven. In diesem Zusammenhang muss jedoch beachtet werden, dass im Alter vorwiegend ausdauerorientierte Sportarten betrieben werden (24,28,37) und im Rahmen dieser Studie die sportlichen Aktivitäten nicht weiter spezifiziert wurden.

Im altersbedingten Verlauf der motorischen Fähigkeiten zeigten unsere Ergebnisse, für die Ausdauer, ergänzend der Annahme von Leyk, dass ein geringer altersbedingter Rückgang bis zu einem Alter von ca. 54 Jahren für Trainierte gilt (18), sowohl für sportlich Aktive als auch sportlich Inaktive eine geringe altersbedingte Abnahme der Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4mmol/l-Laktatschwelle bis zur Altersklasse der über 60-Jährigen.

Im Bereich der Maximalkraft lieferten unsere Daten im Vergleich zur Ausdauer keine homogenen Ergebnisse. Die parallele Leistungsminderung der Armbeugemuskulatur bei den sportlich Aktiven wie auch den sportlich Inaktiven 45-60-Jährigen ähnelt den Ergebnissen von Bula, der mit derselben Messmethode, jedoch geschlechtsspezifisch differenziert, Kraftwerte mit derselben Kraftmessmethode untersuchte. Bula konnte einen Rückgang der Leistungsfähigkeit der Armbeuger zwischen 40 und 50 Jahren sowohl für Männer als auch Frauen nachweisen (6). Sowohl die Art der sportlichen Aktivität, mit zunehmenden Alter zunehmend werden zunehmend, wie bereits beschrieben, ausdauerorientierte Sportarten, wie z.B. Walken oder Joggen betrieben (24,28,37), bei denen

die Armmuskulatur vergleichsweise wenig trainiert wird, als auch die Alltagsgewohnheiten der Probanden könnten für den parallelen Verlauf zwischen sportlich Aktiven und Inaktiven verantwortlich sein. Auch eine überdurchschnittliche Beanspruchung der Armbeugemuskulatur im Alltag der sportlich Inaktiven wäre als Erklärung für diese Ergebnisse denkbar.

Die Leistungswerte der Beinstreckmuskulatur lagen bei den sportlich Aktiven 20-30-Jährigen des vorliegenden Probandenkollektivs deutlich über den Werten Bulas (6). Diese hohen Ausgangswerte lassen die signifikante Leistungsminderung zu den 30-45-Jährigen nachvollziehen und sprechen für eine mögliche Verzerrung der Stichprobe in diesem Bereich. Der relativ konstante Leistungserhalt der Beinstreckmuskulatur der sportlich Inaktiven bis zum Alter von 60 Jahren deckt sich mit einer Untersuchung von Borges, der ebenfalls einen konstanten Leistungserhalt der Beinstreckmuskulatur für Männer von 30-60 Jahren zeigen konnte (5). Andere Studien in diesem Bereich gehen von einem relativ konstanten Leistungserhalt der Maximalkraft der Beinstrecker bis zu den Mittfünfzigern aus (6,17). Annahmen aus der Literatur, dass die Muskulatur der unteren Extremitäten schneller atrophiert und somit an Leistungsfähigkeit einbüßt als die der oberen Extremitäten, konnten wir nur für die sportlich Aktiven bestätigen (11). Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen könnte die alltagsbedingte Nutzung der Beinmuskulatur unserer inaktiven Probanden darstellen. Alltagsgewohnheiten, wie z.B. Spazierengehen oder tägliche Gartenarbeit wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfasst. Für die statischen Vergleiche wurde ausschließlich die sportliche Aktivität berücksichtigt.

Der parallele Verlauf der Maximalkraft der Beinstrecker und der Gleichgewichtsfähigkeit der sportlich Aktiven, signifikante Verschlechterung der Leistungsfähigkeit bereits bei den 30-40-Jährigen, lässt sich möglicherweise durch den erheblichen Einfluss des Verlustes an Maximalkraft des Stichprobenkollektivs auf die Gleichgewichtsfähigkeit begründen (28). Die Abnahme der Gleichgewichtsfähigkeit der sportlich Inaktiven ab den Mittvierzigern deckt sich hingegen mit den Angaben aus der Literatur (10).

Bezieht man die sportliche Aktivität in die altersbedingten Betrachtungen mit ein, verdeutlichen unsere Ergebnisse, dass die altersbedingte Abnahme der Leistungsfähigkeit auch durch sportliche Aktivität nicht gänzlich aufgehalten werden kann (38). Unsere Ergebnisse belegen jedoch für alle drei untersuchten motorischen Fähigkeiten, dass durch bereits zwei Stunden moderate sportliche Aktivität, ohne sportartspezifische Differenzierung, die Leistungsfähigkeit auch im Alter verbessert oder zumindest um eine Altersklasse erhalten werden kann (2). Für die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4mmol/l-Laktatschwelle waren diese Ergebnisse besonders deutlich, die über 60-Jährigen sportlich Aktiven konnten immer noch die gleichen Ausdauerleistungen erzielen wie die 20-30-Jährigen sportlich Inaktiven. Im Bereich der Maximalkraft fielen unsere Ergebnisse nicht mehr ganz so deutlich aus. Studien, die belegen, dass ältere Trainierte eine gleiche oder sogar höhere Leistungsfähigkeit der Maximalkraft wie jüngere Untrainierte aufweisen, konnten wir nicht gänzlich bestätigen (13,14). Unsere Ergebnisse zeigten jedoch, dass auch im Bereich der Maximalkraft die altersbedingte Verschlechterung der Leistungsfähigkeit durch moderate sportliche Aktivität von zwei Stunden pro Woche um mindestens eine Altersklasse teilweise sogar zwei verzögert werden kann. An dieser Stelle sei jedoch angemerkt, dass bei der aktivitätsbedingten Einteilung der Studie die Art der sportlichen Aktivi-

tät nicht differenziert berücksichtigt wurde. Besonders im höheren Alter werden vorwiegend ausdauerorientierte Sportarten wie z.B. Walken betrieben, die keine Auswirkung auf die Muskelkraft haben (31). Ebenso wenig wurde die sportliche Biographie der Probanden, die Alltagsaktivitäten sowie der berufliche Hintergrund in dieser Studie berücksichtigt. Insbesondere reizstarke Berufe, wie z.B. handwerkliche Tätigkeiten, können einen starken Einfluss auf die Maximalkraft ausüben (39).

Auch im Bereich der Gleichgewichtsfähigkeit konnten unsere Daten für die sportlich Aktiven eine Verzögerung des altersbedingten Leistungsabfalls um eine bzw. zwei Altersklassen nachweisen. Dies spricht für die hohe Trainierbarkeit der Gleichgewichtsfähigkeit auch im höheren Alter. Studien belegen, dass Trainierte gegenüber Untrainierten signifikant bessere Gleichgewichtsleistungen aufweisen (3, 12).

Vor allem vor dem Hintergrund erhöhter Sturzgefahr im Alter machen unsere Ergebnisse deutlich, dass jede Form von Aktivität und nicht nur spezielles Koordinationstraining einen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit haben kann und sogar das Sturzrisiko vermindern können (9, 26, 29).

Eine weitere Limitation stellt neben der Tatsache, dass es sich bei dieser Studie um eine Querschnittsanalyse handelt, die Alterseinteilung nach Entwicklungsphasen dar. Eine Einteilung in Lebensjahrzenten könnte andere Ergebnisse bringen. Hier wurde allerdings aus Gründen der Übersichtlichkeit die Einteilung in Lebensphasen gewählt.

In folgenden Untersuchungen sollten neben den Faktoren Geschlecht und Gewicht weitere Faktoren, die einen Einfluss auf die motorische Leistungsfähigkeit ausüben können, analysiert und deren Möglicher Einfluss berücksichtigt werden. Vor allem die Alltagsgewohnheiten, die Art der sportlichen Aktivität sowie die sportliche Biographie wären vor diesem Hintergrund interessant.

## FAZIT

In allen untersuchten motorischen Fähigkeiten konnten signifikant bessere Leistungen der sportlich Aktiven den sportlich Inaktiven gegenüber nachgewiesen werden. Bereits zwei Stunden moderate sportliche Aktivität scheinen, unabhängig von der sportlichen Biographie und der betriebenen sportlichen Betätigung des einzelnen, den altersbedingten Rückgang der sportmotorischen Leistungsfähigkeit zwar nicht aufhalten aber deutlich verzögern zu können.

*Das Projekt wurde durch das BMWi unter der Nummer 16399N gefördert.*

## LITERATUR

- BLAIR SN, KOHL HW, BARLOW CE, PAFFENBARGER RS, GIBBONS LW, MACERA CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995;273(14):1093–1098.
- BLANK M. Dimensionen und Determinanten der Trainierbarkeit konditioneller Fähigkeiten. Eine theoretisch-methodische Konzeptualisierung am Beispiel der maximalen Sauerstoffaufnahme. Hamburg: Czwalina; 2007.
- BÖER J. Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed. Dissertation. Universität Tübingen: Medizinische Fakultät; 2006.
- BONAIUTI D, SHEA B, IOVINE R, NEGRINI S, ROBINSON V, KEMPER HC, WELLS G, TUGWELL P, CRANNEY A. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2002;(3):CD000333. doi:10.1002/14651858.CD000333
- BORGES O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. *Scand J Rehabil Med*. 1989;21(1):45–53.
- BULA PU. M3 Diagnos + Normwertstudie: Isometrische Maximalkraft als maximale Drehmomente im Bereich der Armbeuge- und Kniestreckmuskulatur, eine Pilotstudie an 301 gesunden Männern und Frauen im Alter von 20 bis 70 Jahren. Dissertation. LMU München: Medizinische Fakultät; 2007.
- CONZELMANN A, BLANK M. Entwicklung der Ausdauer. In: Baur J, ed. *Handbuch motorische Entwicklung*. 2nd ed. Schorndorf: Hofmann; 2009:167–186.
- DGSP-DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SPORTMEDIZIN UND PRÄVENTION. PAR-Q-Fragebogen. [http://www.dgsp.de/\\_downloads/allgemein/leitlinie\\_vorsorgeuntersuchung\\_4.10.2007-Anlage-1.pdf](http://www.dgsp.de/_downloads/allgemein/leitlinie_vorsorgeuntersuchung_4.10.2007-Anlage-1.pdf). Accessed May 6, 2014.
- FAIRHALL N, SHERRINGTON C, LORD SR, KURRLE SE, LANGRON C, LOCKWOOD K, MONAGHAN N, AGGAR C, CAMERON ID. Effect of a multifactorial, interdisciplinary intervention on risk factors for falls and fall rate in frail older people: a randomised controlled trial. *Age Ageing*. 2014;43(5):616–622. doi:10.1093/ageing/agt204
- FETZ F. *Bewegungslehre der Leibübungen*. 1st ed. Frankfurt/Main: Limpert; 1972.
- GOEBEL S. Entwicklung, Überprüfung und Normierung eines Kraftmessverfahrens. Dissertation. RFW- Universität Bonn: Philosophische Fakultät; 2002.
- IVERSON BD, GOSSMAN MR, SHADDEAU SA, TURNER ME. Balance Performance, Force Production, and Activity Levels in Noninstitutionalized Men 60 to 90 Years of Age. *Physical Therapy*. 1990;70(6):348–355.
- KENNEY WL, COSTILL DL, WILMORE JH. *Physiology of sport and exercise*. 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012.
- KLITGAARD H, MANTONI M, SCHIAFFINO S, AUSONI S, GORZA L, LAURENT-WINTER C, SCHNOHR P, 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*. 1990;140(1):41–54. doi:10.1111/j.1748-1716.1990.tb08974.x
- KRUG S, JORDAN S, MENSINK G, MÜTERS S, FINGER J, LAMPERT T. Körperliche Aktivität. *Bundesgesundheitsbl*. 2013;56(5-6):765–771. doi:10.1007/s00103-012-1661-6
- LAKKA TA, BOUCHARD C. Physical activity, obesity and cardiovascular diseases. *Handb Exp Pharmacol*. 2005;(170):137–163.
- LARSSON L, GRIMBY G, KARLSSON J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;46(3):451–456.
- LEYK D, ROHDE U, GORGES W, RIDDER D, WUNDERLICH M, DINKLAGE C, SIEVERT A, RÜTHER 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*. 2006;27(8):642–647. doi:10.1055/s-2005-872907
- LEYK D, RÜTHER T, WUNDERLICH M, SIEVERT A, ESSFELD D, WITZKI A, ERLEY O, KÜCHMEISTER G, PIEKARSKI C, LÖLLGEN H. Physical performance in middle age and old age: good news for our sedentary and aging society. *Dtsch Arztebl Int*. 2010;107(46):809–816. doi:10.3238/arztebl.2010.0809
- LEYK D, RÜTHER T, WUNDERLICH M, HEISS A, KÜCHMEISTER G, PIEKARSKI C, LÖLLGEN H. Sportaktivität, Übergewichtsprävalenz und Risikofaktoren: Querschnittstudie mit mehr als 12 500 Teilnehmern im Alter von 16 bis 25 Jahren. *Dtsch Arztebl International*. 2008;105(46):793–800. doi:10.3238/arztebl.2008.0793
- LÖLLGEN H, ED. *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis*; mit 178 Tabellen. 3rd ed. Berlin: Springer; 2010.
- OLIVIER N, BÜSCH D, MARSCHALL F. *Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre*. Schorndorf: Hofmann; 2008.
- OSCHÜTZ, H. & BELINOVA, K. Training im Alter. In: Denk H, Pache D, Schaller H, eds. *Handbuch Alterssport. Grundlagen, Analysen, Perspektiven*. Schorndorf: Hofmann; 2003:147–196.

24. OSTER P, PFISTERER M, SCHULER M, HAUER K. Körperliches Training im Alter. *Z Gerontol Geriatr.* 2005;38 Suppl 1:110-3. doi:10.1007/s00391-005-1103-2
25. RASCHNER C, LEMBERT S, PLATZER H, PATTERSON C, HILDEN T, LUTZ M. S3-Check - Evaluierung und Normwertenerhebung eines Tests zur Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit und Körperstabilität. *Sportverletz Sportschaden.* 2008;22(2):100-105. doi:10.1055/s-2008-1027239
26. RICHTER M, BECKER C, SEIFERT J, GEBHARD F, PIESKE O, HOLCH M, LOB G. Prävention von Verletzungen im Alter. *Der Unfallchirurg.* 2002;105(12):1076-1087. doi:10.1007/s00113-002-0540-2
27. RÜFER F, SCHILLER J, KLETTNER A, LANZL I, ROIDER J, WEISSER B. Comparison of the influence of aerobic and resistance exercise of the upper and lower limb on intraocular pressure. *Acta Ophthalmologica.* 2014;92(3):249-52. doi:10.1111/aos.12051
28. SCHALLER HJ. Bewegungskoordination im Alter. In: Denk H, Pache D, Schaller H, eds. *Handbuch Alterssport. Grundlagen, Analysen, Perspektiven.* Schorndorf: Hofmann; 2003:199-229.
29. SHUMWAY-COOK A, BALDWIN M, POLISSAR NL, GRUBER W. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther.* 1997;77(8):812-819.
30. SPIRDUSO WW, FRANCIS K, EAKIN T, STANFORD C. Quantification of manual force control and tremor. *J Mot Behav.* 2005;37(3):197-210. doi:10.3200/JMBR.37.3.197-210
31. STRASSER B, KEINRAD M, HABER P, SCHOBERSBERGER W. Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults - a randomized controlled trial. *Wien Klin Wochenschr.* 2009;121(23-24):757-764. doi:10.1007/s00508-009-1273-9
32. TARUMI T, GONZALES MM, FALLOW B, NUALNIM N, PYRON M, TANAKA H, HALEY AP. Central artery stiffness, neuropsychological function, and cerebral perfusion in sedentary and endurance-trained middle-aged adults. *Journal of Hypertension.* 2013;31(12):2400-2409. doi:10.1097/HJH.0b013e328364decc
33. TITTLBACH S. Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Eine prospektive Längsschnittstudie mit Personen im mittleren und späteren Erwachsenenalter. Schorndorf: Hofmann; 2002.
34. TITTLBACH S, BÖS K, WOLL A, JEKAUC D, DUGANDZIC D. Nutzen von sportlicher Aktivität im Erwachsenenalter. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz.* 2005;48(8):891-898. doi:10.1007/s00103-005-1106-6
35. VOGEL T, BRECHAT P, LEPRÊTRE P, KALTENBACH G, BERTHEL M, LONSDORFER J. Health benefits of physical activity in older patients: a review. *Int. J. Clin. Pract.* 2009;63(2):303-320. doi:10.1111/j.1742-1241.2008.01957.x
36. VOLKAMER M. Von der Last mit der Lust im Schulsport. Probleme der Pädagogisierung des Sports. Schorndorf: Hofmann; 1987.
37. WEISSER B, PREUSS M, PREDEL H. Körperliche Aktivität und Sport zur Prävention und Therapie von inneren Erkrankungen im Seniorenalter. *Med. Klin.* 2009;104(4):296-302. doi:10.1007/s00063-009-1055-1
38. WERLE J. Gesundheitsförderung. Körperliche Aktivität und Leistungsfähigkeit im Alter. 1st ed. Stuttgart: Kohlhammer; 2006.
39. WINTER, R. & HARTMAN, C. Die motorische Entwicklung des Menschen von der Geburt bis ins hohe Alter (Überblick). In: Meinel K, Schnabel G, eds. *Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt.* 11th ed. Aachen: Meyer & Meyer; 2007:243-373.
40. WOLL A. Diagnose körperlich-sportlicher Aktivität im Erwachsenenalter. *Z Sportpsychol.* 2004;11(2):54-70. doi:10.1026/1612-5010.11.2.5

**Korrespondenzadresse:**  
**Julia Last**  
**Sportwissenschaftlerin M.A.**  
**Institut für Sportwissenschaft**  
**Abteilung Sportmedizin**  
**Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**  
**Olshausenstraße 75**  
**24098 Kiel**  
**E-Mail: jlast@email.uni-kiel.de**