

Entwicklung und Anwendung von Normwerten für die körperliche Fitness älterer Erwachsener

Kumulative Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde (Dr. rer. nat.)

Fachbereich 11 Human- und Gesundheitswissenschaften

vorgelegt von Birte Albrecht

Betreuerin: Prof. Dr. Karin Bammann, Institut für Public Health und Pflegeforschung, Universität Bremen

Erstgutachter: Prof. Dr. Hajo Zeeb, Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS, Universität Bremen

Zweitgutachter: PD Dr. Tilman Brand, Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS, Universität Bremen

Datum des Kolloquiums: 05.04.2024

Vorwort

Vorab möchte ich den Personen danken, die diese Promotion ermöglicht, unterstützt und begleitet haben.

Meiner Mutter, Karen Schueler-Albrecht, die mich in allen Entscheidungen unterstützt, mir zuhört und an mich glaubt, auch wenn ich es selbst gerade nicht tue. Danke für alles!

Meinem Vater, Dr. Thomas Albrecht, der mich schon als kleines Kind zum Promovieren inspiriert hat und mich dabei garantiert genauso unterstützt hätte, jedoch viel zu früh mein Leben nicht mehr begleiten konnte.

Meinem Bruder, Dr. Florian Albrecht-Stegmann, mit dem ich die Freude für wissenschaftliche Themen teile und durch den ich immer wieder eine neue Sichtweise erhalte.

Meiner Betreuerin, Prof. Dr. Karin Bammann, die mich schon früh in die Arbeitsgruppe aufgenommen und gefördert hat, die Idee für die Entwicklung von Normwerten hatte und deren kreative Vorschläge mich immer wieder neu gefordert und vorangebracht haben.

Meinen Kolleginnen an der Universität Bremen, Imke Stalling, Carina Recke, Linda Föttinger und Friederike Doerwald, für die hilfreichen Ratschläge, das Korrekturlesen und die emotionale Unterstützung.

Vielen Dank auch an die gesamte Prüfungskommission, insbesondere den Gutachtern, Prof. Dr. Hajo Zeeb und PD Dr. Tilman Brand.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Zusammenfassung.....	IV
Abstract	V
1 Einleitung und aktueller Forschungsstand.....	1
2 Ziele der Arbeit.....	6
3 Datengrundlage.....	7
3.1 Implementation des Senior Fitness Tests	8
3.2 Stichprobenbeschreibung	10
4 Kurzbeschreibung einbezogener Publikationen	13
4.1 Publikation I	13
4.2 Publikation II.....	14
4.3 Publikation III.....	15
5 Diskussion.....	16
5.1 Entwicklung der Normwerte	16
5.2 Anwendung der Normwerte	17
5.2.1 Beschreibung der körperlichen Fitness einer Population	17
5.2.2 Körperliche Fitness im internationalen Vergleich.....	18
5.2.3 Identifikation relevanter Faktoren der körperlichen Fitness.....	21
5.3 Herausforderungen und Grenzen in der Anwendung.....	22
5.4 Limitationen und Stärken	23
6 Fazit	25
Literaturverzeichnis.....	26
Anhang.....	A
A1 Darstellung des Eigenanteils	A
A2 Eidesstattliche Versicherung.....	B

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Dimensionen der körperlichen Fitness und deren Definition nach Caspersen <i>et al.</i> , 1985 (1).....	1
Tabelle 2: Erhebungsgegenstände und -instrumente der körperlichen Untersuchung in OUTDOOR ACTIVE	8
Tabelle 3: Erhebungsgegenstände und -instrumente des Senior Fitness Tests und des Fitnesstests in OUTDOOR ACTIVE.....	9
Tabelle 4: Anzahl der Teilnehmenden in OUTDOOR ACTIVE.....	10
Tabelle 5: Charakteristika der Studienpopulation in OUTDOOR ACTIVE	11
Tabelle 6: Darstellung des Eigenanteils der einbezogenen Publikationen	A

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body-Mass-Index
GAMLSS	Verallgemeinerte additive Modelle für Lage-, Skalen- und Formparameter
MW	Mittelwert
OST	Osteoporosis Self-Assessment Tool
SD	Standardabweichung
VO ² max	Maximale Sauerstoffkapazität

Zusammenfassung

Körperliche Fitness ist eine wichtige Determinante für gesundes Altern. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels gewinnt der Erhalt der körperlichen Fitness von älteren Erwachsenen zunehmend an Relevanz. Der Senior Fitness Test wird weitläufig für die Erhebung der körperlichen Fitness von älteren Erwachsenen angewendet. Dessen Ergebnisse können anhand von Referenzwerten eingeordnet werden. Das Hauptziel dieser Arbeit war die Entwicklung und Anwendung normbasierter Referenzwerte (auch Normwerte genannt) für die körperliche Fitness von älteren Erwachsenen in Deutschland. Die Grundlage dieser Arbeit bilden drei Publikationen, welche zwischen 2021 und 2023 in internationalen wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden. Für die Analysen wurden Daten von 2.141 Teilnehmenden der OUTDOOR ACTIVE-Studie verwendet, welche mittels Fragebogen, Gesundheitsuntersuchung (inklusive Fitnesstest) und Bewegungsmessung erhoben wurden. Es wurden alters- und geschlechtsspezifische Normwerte für die Handkraft, den 30s-Chair-Stand-Test, den 2min-Step-Test, den Sit-and-Reach-Test und den Backscratch-Test anhand von verallgemeinerten additiven Modellen für Lage-, Skalen- und Formparameter berechnet. Bei den entwickelten Normwerten zeigt sich ein sukzessiver Rückgang der körperlichen Fitness mit steigendem Alter. Frauen wiesen im Vergleich zu Männern niedrigere Werte bei der Handkraft, im 30s-Chair-Stand-Test und dem 2min-Step-Test sowie höhere Werte für den Sit-and-Reach-Test und den Backscratch-Test auf. Die Normwerte wurden für die Beschreibung einer Population, den internationalen Vergleich der körperlichen Fitness sowie die Identifikation relevanter Faktoren der körperlichen Fitness angewendet. In dieser Arbeit wurden erstmals Normwerte des Senior Fitness Tests für eine deutsche Population entwickelt. In der Anwendung konnte gezeigt werden, dass die Normwerte dazu geeignet sind, Unterschiede der körperlichen Fitness in verschiedenen Populationen aufzuzeigen und potenzielle Einflussfaktoren der körperlichen Fitness zu identifizieren.

Abstract

Physical fitness is a key determinant of healthy ageing. Due to demographic change, sustaining physical fitness of older adults is gaining relevance. The Senior Fitness Test is widely applied for the assessment of physical fitness in older adults and the results can be interpreted using reference values. The main objective of this work was to develop and apply normative-based reference values (also called normative values) for physical fitness of older adults in Germany. This work is based on three publications, which were published in international journals between 2021 and 2023. Data of 2.141 participants of the OUTDOOR ACTIVE study were used, which were assessed via questionnaire, health examination (including a fitness test), and accelerometry. The GAMLSS method was applied to calculate age- and sex-specific normative values for handgrip strength, 30s-chair stand test, 2min-step test, sit-and-reach test, and back scratch test. The developed normative values demonstrate a successive decline of physical fitness with increasing age. Women had lower values regarding handgrip strength, 30s-chair stand test, and 2min-step test and higher values in the sit-and-reach test and back scratch test. The normative values were applied for the description of a population, the international comparison of physical fitness, and for the identification of relevant factors of physical fitness. In this work, normative values of the Senior Fitness Test were developed for the first time for a German population. In the application it could be shown that the normative values are suitable for showing differences in physical fitness in different populations and to identify potential influential factors.

1 Einleitung und aktueller Forschungsstand

Körperliche Fitness ist ein multidimensionales Konstrukt, welches sich auf die Fähigkeit bezieht, körperlich aktiv zu sein (1). Die gesundheitsbezogenen Dimensionen von körperlicher Fitness umfassen kardiovaskuläre Ausdauer, muskuläre Ausdauer, Muskelkraft, Körperzusammensetzung und Flexibilität (siehe Tabelle 1 für Definitionen der fünf Dimensionen) (1, 2). Die einzelnen Dimensionen können intraindividuell unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Dies bedeutet, dass eine Person z. B. gleichzeitig über eine hohe Muskelkraft und eine geringe Flexibilität verfügen kann (1).

Tabelle 1: Dimensionen der körperlichen Fitness und deren Definition nach Caspersen *et al.*, 1985 (1)

Dimensionen der körperlichen Fitness	Definition
Kardiovaskuläre Ausdauer	Fähigkeit des Kreislauf- und Atmungssystems, während anhaltender körperlicher Aktivität Energie zuzuführen und Ermüdungsprodukte nach der Energiezufuhr zu beseitigen
Muskuläre Ausdauer	Fähigkeit von Muskelgruppen, über viele Wiederholungen oder aufeinanderfolgende Belastungen hinweg eine äußere Kraft auszuüben
Muskelkraft	Menge an äußerer Kraft, die ein Muskel ausüben kann
Körperzusammensetzung	Relativer Anteil von Muskeln, Fett, Knochen und anderen lebenswichtigen Bestandteilen des Körpers
Flexibilität	Bewegungsumfang eines Gelenks

Interindividuelle Unterschiede der körperlichen Fitness sind durch verschiedene Einflussfaktoren bedingt. Einer dieser Faktoren ist das Geschlecht. Dabei sind geschlechtsbedingte Unterschiede der körperlichen Fitness abhängig von der beobachteten Dimension. Im Allgemeinen weisen Männer eine höhere Muskelkraft und kardiovaskuläre Ausdauer als Frauen auf (3-5). Im Gegensatz dazu haben Frauen im Vergleich zu Männern eine höhere Flexibilität (3-5). Darüber hinaus weist die körperliche Fitness einen negativen Zusammenhang mit dem Alter auf. Sowohl Frauen als auch Männer sind von einem natürlichen Rückgang der körperlichen Fitness im höheren Alter betroffen (6, 7). So geht der Alterungsprozess mit einer Verringerung der Muskelkraft, kardiovaskulären Ausdauer und Flexibilität sowie

einer Zunahme des Körperfettanteils einher (3, 6). Diese Veränderungen beschleunigen mit zunehmendem Alter (8).

Der Erhalt der körperlichen Fitness älterer Erwachsener ist einer der Determinanten für erfolgreiches und gesundes Altern (9, 10) und hat somit auf individueller sowie gesellschaftlicher Ebene eine hohe Relevanz. Die körperliche Fitness ist positiv mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (11-13) und dem Wohlbefinden (14) assoziiert. Zudem ist ein ausreichendes Level an körperlicher Fitness eine wesentliche Voraussetzung für körperliche Unabhängigkeit im Alter (8, 15, 16). So sind die verschiedenen Dimensionen der körperlichen Fitness bei vielen Aktivitäten des täglichen Lebens notwendig, wie z. B. beim Tragen von Einkäufen, beim Anziehen oder beim Putzen. Ältere Erwachsene mit einer geringen körperlichen Fitness haben zudem ein erhöhtes Risiko für Gebrechlichkeit (17) und Stürze (18-20). Hier zeigt sich eine besondere Relevanz der körperlichen Fitness für Erwachsene mit Osteoporose, welche 24,0 % der Frauen und 5,6 % der Männer ab 65 Jahren betrifft (21) und damit die häufigste Knochenerkrankung ist (22). Stürze gelten bei Personen mit Osteoporose als größter Risikofaktor für Fragilitätsfrakturen (23), welche nicht nur mit Schmerzen und funktionellen Einschränkungen (24), sondern auch mit einer erhöhten Mortalität verbunden sind (25). Der Erhalt der körperlichen Fitness und die Vermeidung von Stürzen hat somit für Personen mit Osteoporose ein besonders hohes Präventionspotenzial (26).

In Deutschland ist bereits fast jede vierte Person 60 Jahre oder älter (27) und es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der älteren Bevölkerung weiter steigt (28). Dies ist insbesondere durch den simultanen Rückgang der Geburtenrate und den Anstieg der Lebenserwartung begründet (29). Der demografische Wandel hat massive Auswirkungen auf das Gesundheits- und Pflegesystem und bedeutet voraussichtlich eine hohe wirtschaftliche Belastung für die Gesellschaft (29, 30). Darüber hinaus wird durch den steigenden Anteil der pflegebedürftigen Bevölkerung ein erheblicher Versorgungsengpass in der Pflege erwartet (31). Eine Möglichkeit, dem entgegenzukommen, ist die Entwicklung und Umsetzung von Interventionen, welche den Bedarf von Gesundheits- und Pflegeleis-

tungen im höheren Alter verringern (30). So könnten unter anderem Interventionen zum Erhalt der körperlichen Fitness von älteren Menschen dazu beitragen, das Gesundheits- und Pflegesystem finanziell und personell zu entlasten.

Die wichtigste Intervention, die nachweislich und zuverlässig zu dem Erhalt oder sogar der Verbesserung der körperlichen Fitness im Alter beitragen kann, ist die Steigerung der körperlichen Aktivität (6, 32-34). Körperliche Aktivität umfasst alle körperlichen Bewegungen, die durch die Skelettmuskulatur erzeugt werden und zu einem Energieverbrauch führen (1). Durch die Steigerung von körperlicher Aktivität wird der Körper zur Anpassung stimuliert, was zu einer Verbesserung der körperlichen Fitness führt (35). Dabei ist das Ausmaß der Auswirkungen von der Intensität, Häufigkeit, Dauer und Art der körperlichen Aktivität abhängig (36-39). Langfristig kann die Verringerung der körperlichen Fitness mit steigendem Alter zwar nicht aufgehalten werden (40), regelmäßige körperliche Aktivität kann diesen negativen Trend jedoch deutlich reduzieren (8).

Zur wissenschaftlichen Evaluation von Interventionen, welche darauf abzielen, die körperliche Fitness zu beeinflussen, ist die Verfügbarkeit valider Methoden zur Erhebung der körperlichen Fitness eine wichtige Voraussetzung (41). Zusätzlich spielt die Erhebung der körperlichen Fitness auch in klinischen Settings eine wichtige Rolle. Diese ermöglicht unter anderem die frühzeitige Identifikation älterer Erwachsener mit einer geringen körperlichen Fitness und die direkte Ansprache dieser für die Teilnahme an Interventionsangeboten (42). Für die Quantifizierung der körperlichen Fitness stellen objektive Erhebungsverfahren die valideste Methode dar (43). Dabei gibt es je nach untersuchter Dimension verschiedene Optionen. Für die direkte Messung der Muskelkraft können Geräte für die unterschiedlichen Muskelgruppen genutzt werden. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von Handdynamometern zu Erhebung der maximalen isometrischen Handkraft (44). Ein Parameter für die kardiovaskuläre Ausdauer ist die maximale Sauerstoffkapazität (VO_2^{\max}), welche über einen Lungenfunktionstest (Spirometrie) während eines Ausbelastungstests ermittelt werden kann (45). Insbesondere in der älteren Bevölkerung sind funktionelle Tests weit verbreitet. Für Erwachsene ab 60 Jahren

bietet der Senior Fitness Test die Möglichkeit, die körperliche Fitness mit schnell verfügbaren und günstigen Materialien sowie einfachen und sicher durchführbaren Methoden valide und reliabel zu erheben (46). Die originale Version des Senior Fitness Tests beinhaltet folgende funktionelle Tests: den Arm-Curl-Test und den 30s-Chair-Stand-Test zur Messung der Kraft im Ober- und Unterkörper, den Back-scratch-Test und den Sit-and-Reach-Test zur Messung der Flexibilität im Ober- und Unterkörper, den 6min-Walk-Test und 2min-Step-Test zur Erhebung der kardiovaskulären Ausdauer sowie den 8ft-Up-and-Go-Test zur Bestimmung des dynamischen Gleichgewichts (46).

Für die Einordnung und Interpretation von Testergebnissen werden Referenzwerte herangezogen. Diese ermöglichen zum einen die Interpretation von individuellen Testergebnissen und somit die Identifikation von Personen mit geringer körperlicher Fitness (4). Zum anderen können Referenzwerte für die Beschreibung der körperlichen Fitness einer Population oder den Vergleich der körperlichen Fitness verschiedener Populationen genutzt werden (5, 47). Referenzwerte können entweder kriterien- oder normbasiert sein (48). Kriterienbasierte Referenzwerte beziehen sich, wie die Bezeichnung bereits aussagt, auf ein Kriterium (49). Sie bieten Informationen darüber, welche Testergebnisse notwendig sind, um ein bestimmtes Zielkriterium zu erreichen (48, 50). Die körperliche Fitness kann somit basierend auf dem Level, das z. B. für den Erhalt der körperlichen Unabhängigkeit notwendig ist, bewertet werden (48). Die Entwicklung guter kriterienbasierter Referenzwerte ist häufig schwierig (51). Dabei ist entscheidend, dass ein passendes Zielkriterium gewählt und valide erhoben wird (49). Normbasierte Referenzwerte (auch Normwerte genannt) liefern Informationen darüber, welche Werte in einer Referenzpopulation normal sind (50). Sie ermöglichen somit eine Einschätzung darüber, welche Leistung in welchem Alter erwartbar ist. In der Vergangenheit wurden Normwerte üblicherweise für Altersgruppen ermittelt, es stehen jedoch auch modellbasierte Methoden zur Berechnung von Normwerten für jedes Altersjahr zur Verfügung (52). Bei der Verwendung von Normwerten für die Einordnung individueller Testergebnisse ist entscheidend, dass Normwerte einer

vergleichbaren Population verwendet werden (46, 47). Für den Senior Fitness Test lagen bereits Normwerte für Populationen verschiedener Länder vor, z. B. für die USA (4), Portugal (50) oder Taiwan (53). Normwerte des Senior Fitness Tests für eine deutsche Population fehlten bislang.

2 Ziele der Arbeit

Die Ziele dieser Arbeit umfassen:

1. Entwicklung von geschlechts- und altersspezifischen Normwerten für die Handkraft und Komponenten des Senior Fitness Tests für ältere Erwachsene zwischen 65 bis 75 Jahren in Deutschland
2. Anwendung der entwickelten Normwerte auf Populationsebene in verschiedenen Szenarien

Die beiden Ziele wurden in drei Publikationen verfolgt. Dabei behandelt Publikation I beide Ziele und Publikation II sowie Publikation III behandeln jeweils das zweite Ziel. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Methodik und Ergebnisse der einzelnen Publikationen vorgestellt. Abschließend werden die Ziele zusammenfassend diskutiert.

Publikation I: Entwicklung von geschlechts- und altersspezifischen Normwerten für die Handkraft sowie Komponenten des Senior Fitness Tests und Anwendung der Normwerte für den internationalen Vergleich der körperlichen Fitness

Publikation II: Anwendung der Normwerte für die Beschreibung und den Vergleich der körperlichen Fitness je nach Osteoporose-Status

Publikation III: Anwendung der Normwerte zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen körperlichen Aktivitäten und der körperlichen Fitness

3 Datengrundlage

Die Grundlage für die Analysen bildeten die Erhebungsdaten des Projekts OUTDOOR ACTIVE. OUTDOOR ACTIVE war eines der sechs Teilprojekte des Präventionsforschungsnetzwerkes AEQUIPA, welches zwischen Februar 2015 und Dezember 2022 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde (54). Der Forschungsfokus von AEQUIPA lag auf der körperlichen Aktivität als Schlüsselfaktor für gesundes Altern (54). In diesem Rahmen hat sich OUTDOOR ACTIVE zum Ziel gesetzt, ein gemeindebasiertes Bewegungsförderungsprogramm für ältere Erwachsene durch die Anwendung partizipativer Methoden zu entwickeln und zu implementieren (55). OUTDOOR ACTIVE war unterteilt in zwei Projektphasen: dem Pilotprojekt (Februar 2015 bis Januar 2018) und der clusterrandomisierten Studie (Februar 2018 bis Dezember 2022). Das Pilotprojekt wurde in dem Bremer Stadtteil Hemelingen und seinen fünf Ortsteilen durchgeführt. Für die clusterrandomisierte Studie wurden je vier Bremer Ortsteile für die Intervention (Lehe, Lehesterdeich, Neustadt, Ohlenhof) und für die Kontrolle (Blumenthal, Burg-Grambke, Gete, Ostertor) zufällig ausgewählt. Die Einschlusskriterien zur Teilnahme an den jeweiligen Projektphasen umfassten 1) ein Alter zwischen 65 bis 75 Jahren, 2) keine Institutionalisierung und 3) ein Wohnsitz in einem der ausgewählten Ortsteile.

Im Rahmen des Pilotprojekts und der clusterrandomisierten Studie wurden in allen Ortsteilen Baseline- und Follow-up-Erhebungen durchgeführt. Für das Promotionsprojekt wurden ausschließlich Daten der Baseline-Erhebung verwendet. Die Baseline-Erhebung setzte sich aus 1) einem Fragebogen zu intra- und interpersonellen Faktoren sowie Umweltfaktoren der körperlichen Aktivität, 2) einer Gesundheitsuntersuchung (bestehend aus einer körperlichen Untersuchung und einem Fitnesstest) und 3) einer siebentägigen Bewegungsmessung mittels Akzelerometer (ActiGraph wGT3X-BT, ActiGraph LLC, Pensacola, Florida, USA) zusammen. Die Daten aus dem Pilotprojekt und der clusterrandomisierten Studie wurden für die Analysen gepoolt.

3.1 Implementation des Senior Fitness Tests

Die Gesundheitsuntersuchung in OUTDOOR ACTIVE umfasste eine körperliche Untersuchung sowie einen Fitnesstest. Für die Durchführung der Gesundheitsuntersuchung wurden Studienzentren in den beteiligten Ortsteilen bzw. in deren Nähe eingerichtet. Die Teilnehmenden erhielten in der Regel Einzeltermine, nach Wunsch konnten Ehepaare aber auch gemeinsam kommen. Die Teilnehmenden wurden vorab gebeten, gemütliche Kleidung anzuziehen, in der sie sich gut bewegen können. Es waren jeweils zwei Mitarbeitende des Studienteams vor Ort. Eine Person leitete die Teilnehmenden an und führte die Messungen durch, während die andere Person für die Dokumentation von Ergebnissen und Abweichungen zuständig war. Das standardisierte Vorgehen war in einem Studienmanual dokumentiert. Erhebungsgegenstände und -instrumente der körperlichen Untersuchung und des Fitnesstests sind Tabelle 2 und Tabelle 3 zu entnehmen. Die einzelnen Erhebungen wurden in der jeweils dargestellten Reihenfolge durchgeführt, wobei mit der körperlichen Untersuchung begonnen wurde. Erhebungen, welche für die Teilnehmenden aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht durchführbar waren, wurden entweder angepasst oder ausgelassen. Des Weiteren konnten die Teilnehmenden die Teilnahme an den Erhebungen ohne Angabe von Gründen verweigern.

Tabelle 2: Erhebungsgegenstände und -instrumente der körperlichen Untersuchung in OUTDOOR ACTIVE

Erhebungsgegenstand	Erhebungsinstrument
Körperliche Untersuchung	
1) Körpergröße	Seca 217 Stadiometer (Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland)
2) Körpergewicht	Kern MPC 250K100M Personenwaage (Kern & Sohn GmbH, Ballingen, Deutschland)
3) Taillenumfang	Seca 201 Umfangsmessband (Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland)
4) Blutdruck	Omron 705CP-II Blutdruckmessgerät (Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto, Japan)

Der Senior Fitness Test wurde in OUTDOOR ACTIVE in einer modifizierten Version angewendet (siehe Tabelle 3). Dafür wurde eine Auswahl der Erhebungen des

Senior Fitness Tests getroffen. Die Erhebungen, die Bestandteil der Gesundheitsuntersuchung in OUTDOOR ACTIVE waren, wurden gemäß den Beschreibungen des Senior Fitness Test-Manuals durchgeführt (56).

Tabelle 3: Erhebungsgegenstände und -instrumente des Senior Fitness Tests und des Fitnesstests in OUTDOOR ACTIVE

Erhebungsgegenstand	Erhebungsinstrument	
	Senior Fitness Test	Fitnesstest OUTDOOR ACTIVE
1) Muskelkraft im Oberkörper	30s-Arm-Curl-Test	Handkraftmessung ^a
2) Muskelkraft im Unterkörper	30s-Chair-Stand-Test	30s-Chair-Stand-Test
3) Aerobe Ausdauer	6min-Walk-Test ODER 2min-Step-Test	2min-Step-Test
4) Flexibilität im Unterkörper	Sit-and-Reach-Test	Sit-and-Reach-Test
5) Flexibilität im Oberkörper	Backscratch-Test	Backscratch-Test
6) Gleichgewicht	8ft-Up-and-Go-Test ^b	4-Stage-Balance-Test ^c

^a Für die Handkraftmessung wurde ein Saehan DHD-3 Handdynamometer SH1003 (Saehan Corporation, Changwon, Südkorea) verwendet.

^b Messung des dynamischen Gleichgewichts

^c Messung des statischen Gleichgewichts

Für die Messung der Muskelkraft im Oberkörper wird im Senior Fitness Test regulär der 30s-Arm-Curl-Test verwendet, in OUTDOOR ACTIVE erfolgte stattdessen eine Handkraftmessung mittels Handdynamometer. Die Messung wurde im Stehen durchgeführt mit den Oberarmen eng am Oberkörper und den Ellenbogen im 90°-Winkel. Die isometrische Maximalkraft wurde jeweils für beide Hände zweimal gemessen (57). Wie im Senior Fitness Test vorgesehen, wurde der 30s-Chair-Stand-Test für die Erhebung der Muskelkraft im Unterkörper angewendet. Dabei wird gemessen, wie oft die teilnehmende Person innerhalb von 30 Sekunden von einem Stuhl (Sitzhöhe: 43 cm) aufstehen und sich wieder hinsetzen kann. Der Senior Fitness Test bietet zwei Optionen für die Erhebung der aeroben Ausdauer: den 6min-Walk-Test und den 2min-Step-Test. In OUTDOOR ACTIVE fand letzterer Anwendung. Beim 2min-Step-Test geht die teilnehmende Person zwei Minuten auf der Stelle, wobei die Knie eine individuell angepasste Höhe erreichen müssen. Dabei wird die Anzahl der Schritte gezählt. Die Flexibilität wurde

anhand der im Senior Fitness Test beschriebenen Erhebungen gemessen. Für die Flexibilität im Unterkörper wurde der Sit-and-Reach-Test angewendet. Bei dem Test sitzt die teilnehmende Person auf einem Stuhl und versucht mit den Fingern die Zehenspitzen eines ausgestreckten Beines zu erreichen. Es wird der Abstand (negative Werte) bzw. die Überlappung (positive Werte) zwischen Finger- und Zehenspitzen gemessen. Für die Erhebung der Flexibilität im Oberkörper wurde der Backscratch-Test durchgeführt. Bei diesem versuchen die teilnehmenden Personen ihre Fingerspitzen hinter dem Rücken zu berühren. Dabei wird ein Arm von oben über die Schulter und der andere von unten über den Rücken geführt. Es wird der Abstand (negative Werte) bzw. die Überlappung (positive Werte) zwischen den Fingerspitzen gemessen. Die Flexibilität wurde jeweils zweimal erhoben. In OUTDOOR ACTIVE wurde statt des dynamischen das statische Gleichgewicht anhand des 4-Stage-Balance-Tests erhoben (58). Für diesen wurden aufgrund des nicht-metrischen Skalenniveaus keine Normwerte berechnet.

3.2 Stichprobenbeschreibung

Insgesamt waren 2.141 Personen an der Pilotstudie und an der clusterrandomisierten Studie von OUTDOOR ACTIVE beteiligt (52,1 % Frauen) (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Anzahl der Teilnehmenden in OUTDOOR ACTIVE

	Frauen	Männer
	<i>n</i>	<i>n</i>
Anzahl Teilnehmende	1.115	1.026
	<i>n (%)</i>	<i>n (%)</i>
Teilnahme mit ...		
... Fragebogen	1.082 (97,0)	992 (96,7)
... Gesundheitsuntersuchung	899 (80,6)	793 (77,3)
... Bewegungsmessung	801 (71,8)	723 (70,5)

Von nahezu allen Teilnehmenden wurde der Fragebogen ausgefüllt (Frauen: 97,0 %; Männer: 96,7 %). An der Gesundheitsuntersuchung nahmen 80,6 % der Frauen und 77,3 % der Männer teil. An der Bewegungsmessung beteiligten sich 71,8 % der Frauen und 70,5 % der Männer.

Tabelle 5: Charakteristika der Studienpopulation in OUTDOOR ACTIVE

	Frauen (n=1.115)	Männer (n=1.026)
	<i>MW (SD)</i>	<i>MW (SD)</i>
Alter (in Jahren)	69,8 (3,0)	69,8 (3,0)
	<i>n (%)</i>	<i>n (%)</i>
Sozioökonomischer Status		
Oberschicht	178 (16,5)	235 (23,7)
Mittelschicht	645 (59,8)	596 (60,1)
Unterschicht	256 (23,7)	160 (16,1)
Bildungsstatus		
Tertiärbereich	376 (34,8)	587 (59,7)
Sekundarbereich II, mittlere Stufe	493 (45,7)	348 (35,4)
Elementar-, Primär-, Sekundarbereich I	210 (19,5)	49 (5,0)
Subjektiver Gesundheitszustand		
Ausgezeichnet	41 (3,8)	39 (4,0)
Sehr gut	209 (19,6)	238 (24,2)
Gut	620 (58,2)	546 (55,6)
Weniger gut	172 (16,1)	139 (14,2)
Schlecht	24 (2,3)	20 (2,0)
	<i>MW (SD)</i>	<i>MW (SD)</i>
Körpergewicht (kg)	70,4 (12,7)	85,9 (13,4)
Körpergröße (cm)	162,7 (6,6)	176,5 (6,8)
Taillenumfang (cm)	88,2 (12,2)	100,15 (11,7)
Ergebnisse des Fitnessstests		
Handkraft (kg)	25,2 (5,1)	42,0 (7,9)
30s-Chair-Stand-Test (Aufstehvorgänge)	12,9 (3,0)	13,4 (3,0)
2min-Step-Test (Schritte)	84,6 (19,2)	87,1 (17,7)
Sit-and-Reach-Test (cm)	3,6 (9,8)	-3,9 (11,3)
Backscratch-Test (cm)	-4,4 (9,0)	-11,6 (12,5)
	<i>n (%)</i>	<i>n (%)</i>
Body-Mass-Index		
Untergewicht (< 18,5 kg/m ²)	9 (1,0)	0
Normalgewicht (18,5 – < 25 kg/m ²)	372 (41,6)	214 (27,0)
Übergewicht (25 – < 30 kg/m ²)	329 (36,8)	402 (50,7)
Adipositas (≥ 30 kg/m ²)	184 (20,6)	177 (22,3)

MW: Mittelwert

SD: Standardabweichung

Charakteristika der Studienpopulation finden sich in Tabelle 5. Die teilnehmenden Frauen und Männer waren im Mittel gleich alt ($69,8 \pm 3,0$ Jahre). Der relative Anteil an Teilnehmenden in der Oberschicht (Frauen: 16,5 %; Männer: 23,7 %) und mit dem höchsten Bildungsstatus (Frauen: 34,8 %; Männer: 59,7 %) war bei den Männern größer als bei den Frauen. Der subjektive Gesundheitszustand wurde sowohl von den Frauen als auch von den Männern am häufigsten als gut bewertet (Frauen: 58,2 %; Männer: 55,6 %). Beim Fitnessstest hatten die Männer bessere Ergebnisse bei der Handkraft (Frauen: $25,2 \pm 5,1$ kg; Männer: $42,0 \pm 7,9$ kg), dem 30s-Chair-Stand-Test (Frauen: $12,9 \pm 3,0$ Aufstehvorgänge; Männer: $13,4 \pm 3,0$ Aufstehvorgänge) und dem 2min-Step-Test (Frauen: $84,6 \pm 19,2$ Schritte; Männer: $87,1 \pm 17,7$ Schritte). Die Frauen schnitten hingegen bei dem Sit-and-Reach-Test (Frauen: $3,6 \pm 9,8$ cm; Männer: $-3,9 \pm 11,3$ cm) und dem Backscratch-Test (Frauen: $-4,4 \pm 9,0$ cm; Männer: $-11,6 \pm 12,5$ cm) besser ab. Die meisten Frauen waren normalgewichtig (41,6 %), Männer waren am häufigsten übergewichtig (50,7 %).

4 Kurzbeschreibung einbezogener Publikationen

4.1 Publikation I

Albrecht BM, Stalling I, Bammann K. Sex- and age-specific normative values for handgrip strength and components of the Senior Fitness Test in community-dwelling older adults aged 65-75 years in Germany: results from the OUTDOOR ACTIVE study. *BMC Geriatr.* 2021;21(1):273. doi: 10.1186/s12877-021-02188-9.

Das Ziel der ersten Publikation war die Entwicklung von geschlechts- und altersspezifischen Normwerten für die Handkraft und Komponenten des Senior Fitness Tests von älteren Erwachsenen in Deutschland.

Für die Berechnung der Normwerte wurden verallgemeinerte additive Modelle für Lage-, Skalen- und Formparameter (GAMLSS) verwendet (52). GAMLSS sind eine Erweiterung der LMS-Methode (59) und ermöglichen, dass neben dem Mittelwert, der Variabilität und der Schiefe auch für die Kurtosis der abhängigen Variable modelliert werden kann (52). Für jedes Modell wurde die Verteilung der abhängigen Variable anhand des Akaike-Informationskriteriums gewählt. Kubische Splines wurden zum Glätten verwendet. Es wurden geschlechts- und altersspezifische Kurven für das 1., 3., 10., 25., 50., 75., 90., 97. und 99. Perzentil geplottet.

Die Fitnessdaten von 1.657 Teilnehmenden (53,1 % Frauen) wurden verwendet. Die Normwerte unterscheiden sich je nach Geschlecht, die größten Unterschiede zeigen sich bei der Handkraft. Hier weisen Männer deutlich höhere Normwerte auf als Frauen. Darüber hinaus zeigen Männer etwas höhere Werte im 30s-Chair-Stand-Test und im 2min-Step-Test. Frauen erreichen höhere Werte in den Flexibilität-Tests. Bis auf wenige Ausnahmen ist bei beiden Geschlechtern in allen Tests ein stetiger Rückgang der körperlichen Fitness mit dem Alter zu beobachten.

4.2 Publikation II

Albrecht BM, Stalling I, Foettinger L, Recke C, Bammann K. Adherence to life-style recommendations for bone health in older adults with and without osteoporosis: cross-sectional results of the OUTDOOR ACTIVE study. *Nutrients*. 2022;14(12):2463. doi: 10.3390/nu14122463.

In Publikation II wurden die entwickelten Normwerte angewendet, um die körperliche Fitness von älteren Erwachsenen mit unterschiedlichem Osteoporose-Status zu beschreiben und zu vergleichen.

Im Fragebogen wurde erhoben, ob bei den Teilnehmenden Osteoporose diagnostiziert wurde. Für Teilnehmende ohne Diagnose wurde das Osteoporose-Risiko anhand des Osteoporosis Self-Assessment Tools (OST = $[\text{Körpergewicht (in kg)} - \text{Alter (in Jahren)}] \times 0,2$) ermittelt (60). Der Normbereich der Fitness-Test-Ergebnisse wurde zwischen dem ersten und dritten Quartil der Normwerte festgelegt. Ergebnisse außerhalb des Normbereichs wurden somit als unterhalb bzw. oberhalb des Normbereichs definiert. Die Ergebnisse wurden anhand von absoluten und relativen Häufigkeiten dargestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Osteoporose-Gruppen wurden anhand des Fisher-Tests bestimmt.

In den Analysen wurden die Daten von 1.610 Teilnehmenden (53,4 % Frauen) berücksichtigt. Für die Handkraft zeigten sich keine signifikanten Unterschiede je nach Osteoporose-Status. Beim 30s-Chair-Stand-Test, 2min-Step-Test, Sit-and-Reach-Test und Backscratch-Test erreichten Teilnehmende mit einem hohen Osteoporose-Risiko am häufigsten den Normbereich. Frauen mit einem geringen Osteoporose-Risiko und Männer mit Osteoporose-Diagnose hatten in diesen Tests den höchsten Anteil an Fitness-Ergebnissen unterhalb des Normbereichs.

4.3 Publikation III

Albrecht BM, Stalling I, Recke C, Doerwald F, Bammann K. Associations between older adults' physical fitness level and their engagement in different types of physical activity: cross-sectional results from the OUTDOOR ACTIVE study. *BMJ Open*. 2023;13:e068105. doi: 10.1136/bmjopen-2022-068105.

In Publikation III wurden die entwickelten Normwerte angewendet, um potenziell relevante Faktoren für den Erhalt der körperlichen Fitness zu identifizieren. Dafür wurde der Zusammenhang zwischen der habituellen Durchführung verschiedener körperlicher Aktivitäten und den Dimensionen der körperlichen Fitness bei älteren Erwachsenen untersucht.

Im Fragebogen wurde die habituelle Durchführung von spezifischen körperlichen Aktivitäten erfasst. Die Aktivitäten aller Teilnehmenden wurden codiert und einem induktiven Vorgehen folgend anhand ihrer Ähnlichkeit kategorisiert. Die Fitness-Ergebnisse wurden mit Hilfe der Normwerte eingeordnet (siehe 4.2). Es wurden logistische Modelle mit den körperlichen Aktivitäten als unabhängige Variablen und den Fitness-Dimensionen jeweils als abhängige Variable berechnet und für die gesamte körperliche Aktivität und den Body-Mass-Index (BMI) adjustiert.

Für die Analysen wurden die Daten von 1.583 Teilnehmenden (53,1 % Frauen) verwendet. Handkraft inner- oder oberhalb des Normbereichs war positiv mit Radfahren und Wandern/Laufen assoziiert. Ergebnisse des 30s-Chair-Stand-Tests inner- oder oberhalb des Normbereichs war positiv mit Radfahren, Fitnesstraining und Tanzen verbunden. Es bestand ein positiver Zusammenhang zwischen Ergebnissen des 2min-Step-Tests inner- oder oberhalb des Normbereichs und Radfahren, Fitnesstraining, Aerobic, Tanzen und Ballsport. Der Sit-and-Reach-Test war mit keiner der körperlichen Aktivitäten signifikant assoziiert. Ergebnisse des Backscratch-Tests inner- oder oberhalb des Normbereichs zeigten einen negativen Zusammenhang mit Hausarbeit.

5 Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurden geschlechts- und altersspezifische Normwerte für die Handkraft sowie verschiedene Verfahren des Senior Fitness Tests für ältere Erwachsene zwischen 65 bis 75 Jahren entwickelt. Damit stehen erstmals seit der Veröffentlichung des Senior Fitness Tests im Jahr 1999 (46) Normwerte für eine deutsche Population zur Verfügung. Die entwickelten Normwerte wurden in den einbezogenen Publikationen in verschiedenen Szenarien angewendet.

5.1 Entwicklung der Normwerte

In einem ersten Schritt wurden die Normwerte für die verschiedenen Erhebungen der körperlichen Fitness entwickelt. Dafür wurden GAMLSS eingesetzt (52). Diese haben den Vorteil, dass für Mittelwert, Variabilität, Schiefe und Kurtosis der abhängigen Variable modelliert wird (52). GAMLSS wurden bereits von der Weltgesundheitsorganisation für die Entwicklung von Normwerten anthropometrischer Maße von Kindern empfohlen und angewendet (61, 62). Trotz der Verfügbarkeit überlegener Methoden wurden in den vergangenen Jahren bei der Entwicklung von Normwerten für die körperliche Fitness weiterhin überwiegend rein deskriptive Verfahren eingesetzt, wobei auch hier keinem allgemeinen Standard gefolgt wurde. In der Regel wurden die Normwerte als Mittelwert und Standardabweichung, siehe z. B. Steiber (63), oder rohe Perzentile, siehe z. B. Pedrero-Chamizo *et al.* (64), berichtet. In einzelnen Publikationen wurden die dargestellten Perzentilkurven geglättet (47, 50). Des Weiteren standen bislang ausschließlich Normwerte für Altersgruppen (in der Regel über fünf Jahre) zur Verfügung, siehe z. B. Rikli & Jones (4). Bei Normwerten für Altersgruppen besteht jedoch die Problematik, dass die Ergebnisse von jüngeren und älteren Personen innerhalb der Altersgruppe häufig über- bzw. unterschätzt werden (65). Die Verwendung von modellbasierten Verfahren, wie z. B. GAMLSS, ermöglicht auch bei kleineren Stichproben die Berechnung von Normwerten für jedes Altersjahr (52). Dadurch wird das Risiko von Residual Confounding verringert (66-68).

Neben den Vorteilen von GAMLSS muss jedoch auch betont werden, dass die Anwendung einer vorher nicht genutzten Methode die Vergleichbarkeit der neu entwickelten mit bereits publizierten Normwerten limitiert. Da ein Ziel dieser Arbeit der Vergleich von Normwerten verschiedener Populationen war, wurde darauf geachtet, die Vergleichbarkeit nicht weiter einzuschränken. Dazu gehörte auch die Auswahl an Faktoren, für die spezifische Normwerte berechnet wurden. Für die körperliche Fitness haben sich in der Vergangenheit alters- und geschlechtsspezifische Normwerte als Standard entwickelt, weshalb diesem Vorgehen gefolgt wurde. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, weitere Einflussfaktoren der körperlichen Fitness mit einzubeziehen. Aufgrund des positiven Zusammenhangs zwischen der Handkraft und der Körpergröße wurden beispielsweise bereits körpergrößenspezifische Normwerte für die Handkraft publiziert (63, 69). Dadurch kann die Vergleichbarkeit von Normwerten verschiedener Populationen, die sich in ihrer Körpergröße unterscheiden, erhöht werden. Die Aufnahme weiterer Faktoren sollte jedoch mit Bedacht erfolgen. Zum einen steigen dadurch die Anforderungen an die Stichprobe für die Entwicklung der Normwerte. Zum anderen wird die Komplexität der Normwerte durch die Aufnahme weiterer Faktoren zunehmend erhöht. Für die Anwendung der Normwerte müssen neben der körperlichen Fitness ebenfalls alle einbezogenen Faktoren anhand valider Methoden erhoben werden. Dies kann insbesondere im klinischen Alltag die Handhabbarkeit der Normwerte deutlich einschränken.

5.2 Anwendung der Normwerte

Im Rahmen dieser Arbeit und den einbezogenen Publikationen wurden die entwickelten Normwerte genutzt, um 1) die körperliche Fitness einer Population zu beschreiben, 2) die körperliche Fitness international zu vergleichen und 3) um relevante Faktoren der körperlichen Fitness zu identifizieren.

5.2.1 Beschreibung der körperlichen Fitness einer Population

Die in Publikation I entwickelten Normwerte bieten einen Überblick über die körperliche Fitness von älteren Erwachsenen in Deutschland. Aufgrund der

Geschlechts- und Altersspezifität der Normwerte können Aussagen über Unterschiede der körperlichen Fitness nach Geschlecht und Alter getroffen werden. Die entwickelten Normwerte zeigen, dass Männer höhere Werte in den Dimensionen Kraft und Ausdauer erreichen, während Frauen höhere Werte in den Flexibilitäts-Dimensionen aufweisen. Zudem lässt sich für beide Geschlechter ein sukzessiver Rückgang der körperlichen Fitness mit steigendem Alter beobachten. Andere Studien berichten vergleichbare Ergebnisse (4, 5, 11, 47, 50, 53, 64, 69-73). In Publikation II wurden die Normwerte angewendet, um die absolute und relative Häufigkeit von Fitnessstest-Ergebnissen inner-/oberhalb des Normbereichs in Gruppen mit unterschiedlichen Krankheitsstatus zu beschreiben und zu vergleichen. Insbesondere in der älteren und/oder kranken Bevölkerung steht in der Regel nicht das Erreichen von Höchstleistungen im Fokus. Die Beschreibung und der Vergleich der Mittelwerte von Testergebnissen ist in diesem Fall wenig zielführend, da dabei bereits kleine Unterschiede zu statistisch signifikanten Ergebnissen führen können. Ob diese Ergebnisse jedoch auch klinisch relevant sind, muss angezweifelt werden. Vielmehr ist in dieser Bevölkerung das Erreichen eines Mindestmaßes an körperlicher Fitness wichtig. Normwerte können in diesem Fall genutzt werden, um die Testergebnisse einzuordnen und somit die Aussagekraft der Analyseergebnisse zu erhöhen (42).

5.2.2 Körperliche Fitness im internationalen Vergleich

Die entwickelten Normwerte wurden außerdem dazu verwendet, die körperliche Fitness der älteren Bevölkerung international zu vergleichen. Dazu wurden publizierte Normwerte der körperlichen Fitness aus anderen Ländern herangezogen. Im internationalen Vergleich zeigen sich Unterschiede in den absoluten Werten.

Die Handkraft ist die einzige Fitness-Dimension, für die bereits Normwerte für Deutschland verfügbar waren. Ein direkter Vergleich ist aufgrund der unterschiedlichen Darstellung nicht möglich, die jeweiligen Normwerte liegen aber in einem vergleichbaren Bereich (63, 74-76). Im Vergleich zu publizierten Normwerten für die Handkraft aus Hong Kong (11), Kolumbien (73), Portugal (69), Russland (71)

und Saudi-Arabien (72) liegen die entwickelten Werte für Deutschland höher. Wie vorab bereits beschrieben, ist die Handkraft positiv mit der Körpergröße assoziiert (63, 69, 75, 77, 78). Auch bei den Daten von OUTDOOR ACTIVE liegt eine signifikante positive Korrelation zwischen der Handkraft und der Körpergröße vor. Körpergrößenspezifische Normwerte zeigen, dass die Differenz in der Handkraft zwischen den kleinsten und größten Frauen bei mehr als 5 kg liegt, bei den Männern sind es mehr als 10 kg (63). In Deutschland ist die Bevölkerung im weltweiten Vergleich überdurchschnittlich groß (79). Dies spiegelt sich auch im Vergleich der Körpergröße der OUTDOOR ACTIVE-Teilnehmenden mit den Teilnehmenden der genannten Studien zur Handkraft wider (11, 69, 72, 73). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Unterschiede der Handkraft-Normwerte zumindest anteilig auf Differenzen in der Körpergröße zurückzuführen sind.

Für den 30s-Chair-Stand-Test fallen die entwickelten Normwerte überwiegend niedriger aus als in publizierten Studien aus Chile (70), China (80, 81), Hong Kong (11), Polen (47), Portugal (50), Spanien (64), Taiwan (53) und den USA (4). Ausschließlich die Normwerte von Rikli *et al.* für Frauen in den USA (4) sowie Chen *et al.* für Frauen in Taiwan (53) sind mit den entwickelten Normwerten vergleichbar. Beim 30s-Chair-Stand-Test ist die Körpergröße ebenfalls ein potenzieller – in diesem Fall jedoch negativer – Einflussfaktor. Der 30s-Chair-Stand-Test wird nach dem Senior Fitness Test-Manual bei allen Personen mit einem Stuhl mit einer Sitzhöhe von 43 cm durchgeführt (56). Dies wurde in OUTDOOR ACTIVE sowie in allen oben genannten Studien, welche die Sitzhöhe angaben, auch entsprechend umgesetzt (4, 11, 47, 50, 80, 81). Bei gleicher Sitzhöhe haben größere Personen eine stärkere Knieflexion als kleinere Personen (82) und müssen dementsprechend einen größeren Aufwand betreiben, um von dem Stuhl aufzustehen (83). Dies wirkt sich negativ auf die Ergebnisse von größeren Personen im 30s-Chair-Stand-Test aus. Auch in den Daten von OUTDOOR ACTIVE liegt ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Ergebnissen im 30s-Chair-Stand-Test vor. In einer Studie wurden die Ergebnisse im 30s-Chair-Stand-Test in derselben Population je nach Sitzhöhe miteinander

verglichen (84). Es zeigten sich signifikante Vorteile im Mittelwert des 30s-Chair-Stand-Tests bei einer erhöhten Sitzposition (52 cm) im Vergleich zur Standardhöhe von 43 cm (43 cm: $14,9 \pm 4,0$ Aufstehvorgänge; 52 cm: $18,8 \pm 6,2$ Aufstehvorgänge) (84).

Bei dem 2min-Step-Test fallen die entwickelten Normwerte im Vergleich zu den publizierten Werten in Studien aus Chile (70), China (80, 81), Hong Kong (11), Taiwan (53) und den USA (4) ebenfalls überwiegend niedriger aus. Ausnahmen sind die publizierten Normwerte von Xu *et al.* für Männer in China (81), welche mit den entwickelten Normwerten vergleichbar sind, sowie die Werte von Zhao *et al.* für Frauen in China (80) und von Chung *et al.* für Frauen in Hong Kong (11), welche niedriger ausfallen. Bei der Durchführung des 2min-Step-Tests wird die Körpergröße der Teilnehmenden berücksichtigt (56), demnach liefern Körpergrößenunterschiede in diesem Fall keinen Erklärungsansatz für die Ergebnisse. Aus den Ergebnissen von Publikation III geht hervor, dass viele Teilnehmende von OUTDOOR ACTIVE regelmäßig Ausdaueraktivitäten (z. B. Radfahren) nachgehen. Dennoch geben die entwickelten Normwerte Hinweise darauf, dass die Ausdauer in dieser Population niedriger ist als in den Vergleichsstudien. Im internationalen Vergleich der körperlichen Inaktivität in der Gesamtbevölkerung zeigt sich für Deutschland mit 42,2 % ebenfalls eine höhere Prävalenz als in Chile (26,6 %), China (14,1 %) und den USA (40,0 %) (85).

Die Normwerte für die Flexibilität ergeben kein konsistentes Bild. Die publizierten Normwerte aus Hong Kong (11) und Taiwan (53) sind insgesamt höher. Die im asiatischen Raum entstandenen und weit verbreiteten Bewegungsformen wie Yoga, Tai-Chi oder Qi Gong haben einen starken Fokus auf die Flexibilität (11, 86). Unterschiede in der Bewegungskultur älterer Erwachsener könnten somit einen Einfluss auf die Normwerte haben. In China zeigen sich ebenfalls größtenteils höhere Normwerte für den Sit-and-Reach-Test, die Normwerte für den Backscratch-Test fallen jedoch geringer aus (80, 81). Für Männer in Polen wurden für beide Tests höhere Normwerte berichtet, während die Werte für Frauen vergleichbar sind (47). Abgesehen von den Normwerten für Männer aus Spanien (5) wurden

niedrigere Normwerte für die Flexibilität aus Spanien (5, 64) und Portugal (50) berichtet. Die Normwerte von Frauen in Chile sind für den Sit-and-Reach-Test vergleichbar und für den Backscratch-Test niedriger (70). Für die USA wurden insgesamt höhere Normwerte für die Flexibilität berichtet, bei den Frauen zeigen sich jedoch niedrigere Werte für den Sit-and-Reach-Test (4). Der Bewegungsumfang in den Gelenken kann bei übergewichtigen und adipösen Personen aufgrund der sogenannten Weichteilhemmung stark eingeschränkt sein (87, 88). In der Stichprobe für die Entwicklung der Normwerte lag der Anteil dieser Personengruppe bei 64,5 %. In der Stichprobe von Marques *et al.* für spanische Normwerte lag der Anteil von übergewichtigen und adipösen Personen mit 74,3 % höher und es werden – gemäß den Überlegungen – niedrigere Normwerte für die Flexibilität berichtet (50). Andere Studien berichten ausschließlich den Mittelwert des BMI bzw. des Körpergewichts. Hier zeigen sich nur in einer Studie mit Teilnehmenden mit einem höheren BMI auch geringere Normwerte für die Flexibilität (50). Hingegen berichten Studien, deren Teilnehmende einen geringeren BMI aufweisen, größtenteils höhere Normwerte für die Flexibilität (11, 53, 80, 81).

5.2.3 Identifikation relevanter Faktoren der körperlichen Fitness

In Publikation III wurden die Normwerte angewendet, um potenziell relevante Faktoren für den Erhalt der körperlichen Fitness zu identifizieren. Dafür wurden die einzelnen Dimensionen der körperlichen Fitness jeweils als binäres Outcome (unterhalb vs. inner-/oberhalb des Normbereichs) in den logistischen Modellen eingesetzt. Dies hat zum einen den vorab beschriebenen Vorteil, dass durch die Anwendung von Normwerten die Relevanz der Ergebnisse für eine ältere Bevölkerung erhöht wird (42). Zum anderen werden durch die Anwendung der alters- und geschlechtsspezifischen Normwerte bereits die alters- und geschlechtsbedingten Unterschiede der körperlichen Fitness berücksichtigt. Sofern die in das Modell einbezogenen unabhängigen Variablen nicht mit Alter und Geschlecht assoziiert sind, ist somit keine weitere Adjustierung oder Stratifizierung für diese Variablen erforderlich und die statistische Power bleibt erhalten (89).

Die Anwendung der entwickelten Normwerte im Rahmen der einbezogenen Publikationen verdeutlicht die Vielfältigkeit der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten.

5.3 Herausforderungen und Grenzen in der Anwendung

Vor der Anwendung von Normwerten müssen Entscheidungen getroffen werden, welche die Ergebnisse im Wesentlichen beeinflussen. Insbesondere sollten Normwerte gewählt werden, deren Referenzpopulation möglichst vergleichbar mit der eigenen Population ist (46, 47). Dies verdeutlicht die Relevanz von spezifischen Normwerten für eine deutsche Population. Falls die Ergebnisse anhand der Normwerte in die Kategorien unter-/inner-/oberhalb des Normbereichs eingeteilt werden sollen, ist eine Definition des Normbereichs erforderlich. In Anlehnung an Rikli & Jones wurde für die Anwendung der Normwerte in Publikation II und III der Normbereich zwischen dem ersten und dritten Quartil definiert (4). Wenn statt Perzentilen Mittelwerte berichtet werden, wird z. B. bei der Handkraft der Normbereich häufig als Mittelwert \pm zwei Standardabweichungen definiert (63, 90).

Bei der Anwendung von Normwerten sollte man sich bewusst sein, dass diese ausschließlich einen Vergleich zu einer Referenzpopulation und keine direkte inhaltliche Wertung der Ergebnisse ermöglichen (42). Wenn z. B. eine Person die Werte des Normbereichs erreicht, muss dies nicht bedeuten, dass diese Person tatsächlich ein selbstständiges Leben führen kann. Dies verdeutlichen auch Ergebnisse von Studien, die norm- und kriterienbasierte Referenzwerte miteinander vergleichen (42, 48). Beim Vergleich der absoluten Werte lagen die kriterienbasierten Referenzwerte für die körperliche Unabhängigkeit in allen Altersgruppen und für beide Geschlechter auf bzw. oberhalb des 40. Perzentils der Normwerte (48) und somit deutlich oberhalb der häufig beim 25. Perzentil definierten Untergrenze des Normbereichs. Eine andere Studie berichtet große Differenzen des relativen Anteils der Probanden, die nach den Normwerten (4) und nach den kriterienbasierten Referenzwerten (48) von Rikli & Jones unterhalb des Referenzbereichs lagen (42). Bei dem 30s-Chair-Stand-Test fielen 20 % der 60- bis 69-Jährigen unter

das erste Quartil der Normwerte, während 73 % unterhalb des Referenzbereichs der kriterienbasierten Werte lagen (42).

5.4 Limitationen und Stärken

Die Referenzpopulation der entwickelten Normwerte umfasste Erwachsene im Alter zwischen 65 bis 75 Jahren, die in randomisiert ausgewählten Ortsteilen der Stadt Bremen wohnhaft waren. Die Repräsentativität der Normwerte für eine deutsche Population muss daher mit Vorsicht betrachtet werden. Im Vergleich zu Daten von 60- bis 69-Jährigen des nationalen Zensus aus 2011 hatte die Studienpopulation von OUTDOOR ACTIVE einen höheren Bildungsstand (Zensus 2011: 22,0 % mit Abitur vs. OUTDOOR ACTIVE: 31,6 % mit Abitur) (91). Aufgrund des positiven Zusammenhangs zwischen Bildung und körperlicher Fitness (92) könnte dies zu einer Überschätzung der Normwerte geführt haben. Bisherige Studien geben Hinweise darauf, dass es Unterschiede im Gesundheitsverhalten, wie z. B. der körperlichen Aktivität, zwischen der Bevölkerung auf dem Land und in der Stadt gibt, die Richtung des Zusammenhangs ist bislang ungeklärt (93-95). Zwischen den eingeschlossenen Ortsteilen besteht eine hohe Heterogenität, welche sich auch in der jeweiligen Flächennutzung widerspiegelt. So liegt beispielsweise der relative Anteil der landwirtschaftlichen Fläche zwischen 0 % in Neustadt und Ostertor bis etwa 47 % in Arbergen und Lehesterdeich (Stand: 31.12.2021) (96). Des Weiteren zeigen sich in Deutschland regionale Unterschiede sowie Unterschiede nach Sozialschicht für die Körpergröße und die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas (97-99). Wie beschrieben sind sowohl die Körpergröße als auch das Körpergewicht mit den Ergebnissen im Fitnesstest assoziiert. Die Teilnahme am Fitnesstest war im Rahmen von OUTDOOR ACTIVE freiwillig. Teilnehmende, die mindestens eine Erhebung des Fitnesstests durchführten, haben ihren Gesundheitszustand im Vergleich zu den anderen Teilnehmenden seltener als weniger gut oder schlecht bewertet (14,9 % vs. 26,3 %). Eine Überschätzung der Normwerte ist daher wahrscheinlich. Dies ist eine bekannte Limitation in Studien (100).

Als weitere Limitation der Arbeit ist zu nennen, dass die Normwerte aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nur für 65- bis 75-Jährige entwickelt werden konnten. Dies limitiert auch die Anwendungsmöglichkeiten der Normwerte, da diese nicht in Populationen mit einer größeren Altersspanne eingesetzt werden können. Des Weiteren wurden in OUTDOOR ACTIVE nicht alle Erhebungen des Senior Fitness Tests durchgeführt. Dementsprechend konnten keine Normwerte für den 30s-Arm-Curl-Test, den 6min-Walk-Test sowie den 8ft-Up-and-Go-Test berechnet und dargestellt werden.

Durch diese Arbeit stehen erstmals Normwerte des Senior Fitness Tests für eine deutsche Population zur Verfügung. Die Verwendung von GAMLSS ermöglichte die Berechnung von altersspezifischen Normwerten. Im Vergleich zu Normwerten für Altersgruppen können dadurch genaue Einschätzungen für jedes Altersjahr getroffen werden, wodurch das Risiko für Residual Confounding verringert wird. Dennoch ist die Verwendung von modellbasierten Verfahren für die Entwicklung von Normwerten bislang kein Standard. In der Anwendung konnte gezeigt werden, dass die Normwerte dazu geeignet sind, Unterschiede der körperlichen Fitness in verschiedenen Populationen aufzuzeigen und potenzielle Einflussfaktoren zu identifizieren.

6 Fazit

Im Fokus dieser Arbeit stand die Entwicklung und Anwendung von geschlechts- und altersspezifischen Normwerten für die Handkraft und verschiedene Verfahren des Senior Fitness Tests für ältere Erwachsene zwischen 65 bis 75 Jahren in Deutschland. Zu dieser Thematik wurden insgesamt drei Publikationen erstellt und in internationalen wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht.

Die Thematik des gesunden Alterns gewinnt durch den demografischen Wandel zunehmend an Relevanz. Der Erhalt der Selbstständigkeit im Alltag ist in diesem Kontext sowohl auf individueller als auch gesellschaftlicher Ebene ein zentrales Ziel. Körperliche Fitness ist dafür eine wesentliche Voraussetzung. Die entwickelten Normwerte können herangezogen werden, um die körperliche Fitness älterer Erwachsener in Deutschland einzuordnen, zu vergleichen und über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Des Weiteren kann die Anwendung der Normwerte in der wissenschaftlichen Forschung dabei unterstützen, relevante Ergebnisse zur körperlichen Fitness und potenziellen Einflussfaktoren zu gewinnen. Diese Erkenntnisse können dabei helfen, Personen unter Risiko zu identifizieren und Interventionsstrategien zu entwickeln.

Die Übertragbarkeit der entwickelten Normwerte auf die ältere Bevölkerung in ganz Deutschland kann nicht abschließend festgestellt werden. Die Anwendung der entwickelten Normwerte in anderen deutschen Populationen sowie Vergleiche mit Normwerten aus anderen Regionen Deutschlands sind notwendig, um die Repräsentativität der Normwerte für die gesamte deutsche Bevölkerung zwischen 65 bis 75 Jahren zu bestätigen. Die mit anderen deutschen Populationen vergleichbaren Ergebnisse für die Handkraft bieten jedoch bereits einen positiven Anhaltspunkt für die Übertragbarkeit der entwickelten Normwerte auf die ältere Bevölkerung in ganz Deutschland.

Literaturverzeichnis

1. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126-31.
2. Corbin C, Pangrazi R, Franks B. Definitions: health, fitness, and physical activity. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest.* 2000;3.
3. Konopack JF, Marquez DX, Hu L, Elavsky S, McAuley E, Kramer AF. Correlates of functional fitness in older adults. *Int J Behav Med.* 2008;15(4):311-8.
4. Rikli RE, Jones CJ. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. *J Aging Phys Act.* 1999;7(2):162.
5. Gusi N, Prieto J, Olivares PR, Delgado S, Quesada F, Cebrián C. Normative fitness performance scores of community-dwelling older adults in Spain. *J Aging Phys Act.* 2012;20(1):106-26.
6. Milanović Z, Pantelić S, Trajković N, Sporiš G, Kostić R, James N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging.* 2013;8:549-56.
7. Lee YS, Chang LY, Chung WH, Lin TC, Shiang TY. Does functional fitness decline in accordance with our expectation? - a pilot study in healthy female. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2015;7:17.
8. Gomez-Bruton A, Navarrete-Villanueva D, Pérez-Gómez J, Vila-Maldonado S, Gesteiro E, Gusi N, et al. The effects of age, organized physical activity and sedentarism on fitness in older adults: an 8-year longitudinal study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(12):4312.
9. Lin PS, Hsieh CC, Cheng HS, Tseng TJ, Su SC. Association between physical fitness and successful aging in Taiwanese older adults. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150389.
10. Urtamo A, Jyväkorpi SK, Strandberg TE. Definitions of successful ageing: a brief review of a multidimensional concept. *Acta Biomed.* 2019;90(2):359-63.
11. Chung PK, Zhao Y, Liu JD, Quach B. Functional fitness norms for community-dwelling older adults in Hong Kong. *Arch Gerontol Geriatr.* 2016;65:54-62.
12. Wanderley FA, Silva G, Marques E, Oliveira J, Mota J, Carvalho J. Associations between objectively assessed physical activity levels and fitness and self-reported health-related quality of life in community-dwelling older adults. *Qual Life Res.* 2011;20(9):1371-8.
13. Knapik A, Brzęk A, Famuła-Wąż A, Gallert-Kopyto W, Szydlak D, Marcisz C, et al. The relationship between physical fitness and health self-assessment in elderly. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(25):e15984.
14. Garatachea N, Molinero O, Martínez-García R, Jiménez-Jiménez R, González-Gallego J, Márquez S. Feelings of well being in elderly people: relationship to physical activity and physical function. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009;48(3):306-12.

15. Sardinha LB, Cyrino ES, Santos LD, Ekelund U, Santos DA. Fitness but not weight status is associated with projected physical independence in older adults. *Age (Dordr)*. 2016;38(3):54.
16. Pereira C, Baptista F, Cruz-Ferreira A. Role of physical activity, physical fitness, and chronic health conditions on the physical independence of community-dwelling older adults over a 5-year period. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;65:45-53.
17. Navarrete-Villanueva D, Gómez-Cabello A, Marín-Puyalto J, Moreno LA, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA. Frailty and physical fitness in elderly people: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2021;51(1):143-60.
18. Duan H, Wang H, Bai Y, Lu Y, Xu X, Wu J, et al. Health-related physical fitness as a risk factor for falls in elderly people living in the community: a prospective study in China. *Front Public Health*. 2022;10:874993.
19. Pijnappels M, van der Burg PJ, Reeves ND, van Dieën JH. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(5):585-92.
20. Toraman A, Yildirim NU. The falling risk and physical fitness in older people. *Arch Gerontol Geriatr*. 2010;51(2):222-6.
21. Fuchs J, Scheidt-Nave C, Kuhnert R. 12-Monats-Prävalenz von Osteoporose in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*. 2017;2(3):61-5.
22. Cosman F, de Beur SJ, LeBoff MS, Lewiecki EM, Tanner B, Randall S, et al. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2014;25(10):2359-81.
23. Morrison A, Fan T, Sen SS, Weisenfluh L. Epidemiology of falls and osteoporotic fractures: a systematic review. *Clinicoecon Outcomes Res*. 2013;5:9-18.
24. Stamm TA, Pieber K, Crevenna R, Dorner TE. Impairment in the activities of daily living in older adults with and without osteoporosis, osteoarthritis and chronic back pain: a secondary analysis of population-based health survey data. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:139.
25. Leboime A, Confavreux CB, Mehse N, Paccou J, David C, Roux C. Osteoporosis and mortality. *Joint Bone Spine*. 2010;77 Suppl 2:S107-12.
26. Beck BR, Daly RM, Singh MA, Taaffe DR. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport*. 2017;20(5):438-45.
27. Statista. Population of Germany as of December 31, 2021, by age group. 2022 (letzter Zugriff: 01.03.2023). Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/454349/population-by-age-group-germany/>.
28. United Nations (Department of Economic and Social Affairs Population Division). *World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423)*. 2019.
29. Robert Koch-Institut. *Welche Auswirkungen hat der demografische Wandel auf Gesundheit und Gesundheitsversorgung? Gesundheit in Deutschland Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Berlin: Robert Koch-Institut; 2015.

30. Hajek A, Brettschneider C, Scherer M, Stark A, Kaduszkiewicz H, Weyerer S, et al. Needs and health care costs in old age: a longitudinal perspective: results from the AgeMooDe study. *Aging Ment Health*. 2020;24(10):1763-8.
31. Schwinger A, Klauber J, Tsiasioti C. Pflegepersonal heute und morgen. In: Jacobs K, Kuhlmeier A, Greß S, Klauber J, Schwinger A, editors. *Pflege-Report 2019 Mehr Personal in der Langzeitpflege - aber woher?* Berlin, Heidelberg: Springer; 2020.
32. Anton SD, Woods AJ, Ashizawa T, Barb D, Buford TW, Carter CS, et al. Successful aging: Advancing the science of physical independence in older adults. *Ageing Res Rev*. 2015;24(Pt B):304-27.
33. Tomás MT, Galán-Mercant A, Carnero EA, Fernandes B. Functional capacity and levels of physical activity in aging: a 3-year follow-up. *Front Med (Lausanne)*. 2017;4:244.
34. Umiastowska D, Kupczyk J. Factors differentiating the level of functional fitness in polish seniors. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1699.
35. Blair SN, Cheng Y, Holder JS. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6 Suppl):S379-99.
36. Jantunen H, Wasenius N, Salonen MK, Perälä MM, Osmond C, Kautiainen H, et al. Objectively measured physical activity and physical performance in old age. *Age Ageing*. 2017;46(2):232-7.
37. Schmidt SCE, Tittlbach S, Bös K, Woll A. Different types of physical activity and fitness and health in adults: an 18-year longitudinal study. *Biomed Res Int*. 2017;2017:1785217.
38. Silva FM, Petrica J, Serrano J, Paulo R, Ramalho A, Lucas D, et al. The sedentary time and physical activity levels on physical fitness in the elderly: a comparative cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(19):3697.
39. Syue SH, Yang HF, Wang CW, Hung SY, Lee PH, Fan SY. The associations between physical activity, functional fitness, and life satisfaction among community-dwelling older adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(13):8043.
40. Tittlbach SA, Jekauc D, Schmidt SCE, Woll A, Bös K. The relationship between physical activity, fitness, physical complaints and BMI in German adults - results of a longitudinal study. *Eur J Sport Sci*. 2017;17(8):1090-9.
41. Rikli RE, Jones CJ. Assessing physical performance in independent older adults: issues and guidelines. *J Aging Phys Act*. 1997;5(3):244-61.
42. Adamo DE, Talley SA, Goldberg A. Age and task differences in functional fitness in older women: comparisons with Senior Fitness Test normative and criterion-referenced data. *J Aging Phys Act*. 2015;23(1):47-54.
43. Jensen KG, Rosthøj S, Linneberg A, Aadahl M. The association between self-rated fitness and cardiorespiratory fitness in adults. *Int J Sports Med*. 2018;39(6):419-25.
44. Mehmet H, Yang AWH, Robinson SR. Measurement of hand grip strength in the elderly: A scoping review with recommendations. *J Bodyw Mov Ther*. 2020;24(1):235-43.
45. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2005;12(2):102-14.

46. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act.* 1999;7(2):129.
47. Ignasiak Z, Sebastjan A, Slawinska T, Skrzek A, Czarny W, Krol P, et al. Functional fitness normative values for elderly polish population. *BMC Geriatr.* 2020;20(1):384.
48. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist.* 2013;53(2):255-67.
49. Safrit MJ. The validity and reliability of fitness tests for children: a review. *Pediatr Exerc Sci.* 1990;2(1):9-28.
50. Marques EA, Baptista F, Santos R, Vale S, Santos DA, Silva AM, et al. Normative functional fitness standards and trends of Portuguese older adults: cross-cultural comparisons. *J Aging Phys Act.* 2014;22(1):126-37.
51. Ebel RL. Criterion-referenced measurements: limitations. *The School Review.* 1971;79(2):282-8.
52. Rigby RA, Stasinopoulos DM. Generalized additive models for location, scale and shape. *J Royal Stat Soc.* 2005;54(3):507-54.
53. Chen HT, Lin CH, Yu LH. Normative physical fitness scores for community-dwelling older adults. *J Nurs Res.* 2009;17(1):30-41.
54. Forberger S, Bammann K, Bauer J, Boll S, Bolte G, Brand T, et al. How to tackle key challenges in the promotion of physical activity among older adults (65+): the AEQUIPA network approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(4):379.
55. Bammann K, Drell C, Lübs LL, Stalling I. Cluster-randomised trial on participatory community-based outdoor physical activity promotion programs in adults aged 65-75 years in Germany: protocol of the OUTDOOR ACTIVE intervention trial. *BMC Public Health.* 2018;18(1):1197.
56. Rikli RE, Jones CJ. *Senior Fitness Test Manual.* 2 ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013.
57. Andersen-Ranberg K, Petersen I, Frederiksen H, Mackenbach JP, Christensen K. Cross-national differences in grip strength among 50+ year-old Europeans: results from the SHARE study. *Eur J Ageing.* 2009;6(3):227-36.
58. Centers for Disease Control and Prevention. The 4-Stage Balance Test. 2017 (letzter Zugriff: 01.10.2023). Verfügbar unter: <https://www.cdc.gov/steady/pdf/STEADI-Assessment-4Stage-508.pdf>.
59. Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. *Eur J Clin Nutr.* 1990;44(1):45-60.
60. Koh LK, Sedrine WB, Torralba TP, Kung A, Fujiwara S, Chan SP, et al. A simple tool to identify asian women at increased risk of osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2001;12(8):699-705.
61. Borghi E, de Onis M, Garza C, Van den Broeck J, Frongillo EA, Grummer-Strawn L, et al. Construction of the World Health Organization child growth standards: selection of methods for attained growth curves. *Stat Med.* 2006;25(2):247-65.

62. World Health Organization. WHO Child growth standards - length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age - methods and development. Geneva: World Health Organization; 2006.
63. Steiber N. Strong or weak handgrip? Normative reference values for the German population across the life course stratified by sex, age, and body height. *PLoS One*. 2016;11(10):e0163917.
64. Pedrero-Chamizo R, Gómez-Cabello A, Delgado S, Rodríguez-Llarena S, Rodríguez-Marroyo JA, Cabanillas E, et al. Physical fitness levels among independent non-institutionalized Spanish elderly: the elderly EXERNET multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;55(2):406-16.
65. Mayhew AJ, So HY, Ma J, Beauchamp MK, Griffith LE, Kuspinar A, et al. Normative values for grip strength, gait speed, timed up and go, single leg balance, and chair rise derived from the Canadian longitudinal study on ageing. *Age Ageing*. 2023;52(4):afad054.
66. Brenner H, Blettner M. Controlling for continuous confounders in epidemiologic research. *Epidemiology*. 1997;8(4):429-34.
67. Benedetti A, Abrahamowicz M. Using generalized additive models to reduce residual confounding. *Stat Med*. 2004;23(24):3781-801.
68. Groenwold RH, Klungel OH, Altman DG, van der Graaf Y, Hoes AW, Moons KG. Adjustment for continuous confounders: an example of how to prevent residual confounding. *CMAJ*. 2013;185(5):401-6.
69. Mendes J, Amaral TF, Borges N, Santos A, Padrão P, Moreira P, et al. Handgrip strength values of Portuguese older adults: a population based study. *BMC Geriatr*. 2017;17(1):191.
70. Valdés-Badilla P, Concha-Cisternas Y, Guzmán-Muñoz E, Ortega-Spuler J, Vargas-Vitoria R. [Reference values for the senior fitness test in Chilean older women]. *Rev Med Chil*. 2018;146(10):1143-50.
71. Turusheva A, Frolova E, Degryse JM. Age-related normative values for handgrip strength and grip strength's usefulness as a predictor of mortality and both cognitive and physical decline in older adults in northwest Russia. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2017;17(1):417-32.
72. Alqahtani B, Alenazi A, Alshehri M, Alqahtani M, Elnaggar R. Reference values and associated factors of hand grip strength in elderly Saudi population: a cross-sectional study. *BMC Geriatr*. 2019;19(1):271.
73. Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Cano CA, Izquierdo M. Reference values for handgrip strength and their association with intrinsic capacity domains among older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019;10(2):278-86.
74. Fuchs J, Scheidt-Nave C. Greifkraft im höheren Lebensalter. Faktenblatt zu DEGS1: Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (2008-2011). Berlin: Robert Koch-Institut; 2016.
75. Günther CM, Bürger A, Rickert M, Crispin A, Schulz CU. Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. *J Hand Surg Am*. 2008;33(4):558-65.

76. Huemer MT, Kluttig A, Fischer B, Ahrens W, Castell S, Ebert N, et al. Grip strength values and cut-off points based on over 200,000 adults of the German National Cohort - a comparison to the EWGSOP2 cut-off points. *Age Ageing*. 2023;52(1).
77. Wearing J, Konings P, Stokes M, de Bruin ED. Handgrip strength in old and oldest old Swiss adults - a cross-sectional study. *BMC Geriatr*. 2018;18(1):266.
78. Maranhao Neto GA, Oliveira AJ, Pedreiro RC, Pereira-Junior PP, Machado S, Marques Neto S, et al. Normalizing handgrip strength in older adults: An allometric approach. *Arch Gerontol Geriatr*. 2017;70:230-4.
79. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants. *Lancet*. 2020;396(10261):1511-24.
80. Zhao Y, Wang Z, Chung PK, Wang S. Functional fitness norms and trends of community-dwelling older adults in urban China. *Sci Rep*. 2021;11(1):17745.
81. Xu J, Chen Y, Li J, Zhang H, Shi M, Meng H, et al. Normative values and integrated score of functional fitness among Chinese community-dwelling older adults in Suzhou. *Front Physiol*. 2022;13:1063888.
82. Rodosky MW, Andriacchi TP, Andersson GB. The influence of chair height on lower limb mechanics during rising. *J Orthop Res*. 1989;7(2):266-71.
83. Weiner DK, Long R, Hughes MA, Chandler J, Studenski S. When older adults face the chair-rise challenge. A study of chair height availability and height-modified chair-rise performance in the elderly. *J Am Geriatr Soc*. 1993;41(1):6-10.
84. Kuo YL. The influence of chair seat height on the performance of community-dwelling older adults' 30-second chair stand test. *Aging Clin Exp Res*. 2013;25(3):305-9.
85. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6(10):e1077-e86.
86. Guo Y, Shi H, Yu D, Qiu P. Health benefits of traditional Chinese sports and physical activity for older adults: A systematic review of evidence. *J Sport Health Sci*. 2016;5(3):270-80.
87. Cau N, Cimolin V, Brugliera L, Ventura G, Galli M, Capodaglio P. Range of motion limitations of the upper body in obese female workers. *Med Lav*. 2017;108(6):455-65.
88. Jeong Y, Heo S, Lee G, Park W. Pre-obesity and obesity impacts on passive joint range of motion. *Ergonomics*. 2018;61(9):1223-31.
89. Akobeng AK. Understanding type I and type II errors, statistical power and sample size. *Acta Paediatr*. 2016;105(6):605-9.
90. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*. 2010;39(4):412-23.

91. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Personen: Höchster Schulabschluss - Alter (5er-Jahresgruppen)/ Erwerbsstatus (ausführlich)/Höchster beruflicher Abschluss/Religion. 2011 (letzter Zugriff: 16.02.2021). Verfügbar unter: <https://ergebnisse.zensus2011.de/datenbank//online?operation=table&code=2000S-2037&bypass=true&levelindex=0&levelid=1613554730491#abreadcrumb>.
92. Valkeinen H, Harald K, Borodulin K, Mäkinen TE, Heliövaara M, Leino-Arjas P, et al. Educational differences in estimated and measured physical fitness. *Eur J Public Health*. 2013;23(6):998-1002.
93. Dyck DV, Cardon G, Deforche B, De Bourdeaudhuij I. Urban-rural differences in physical activity in Belgian adults and the importance of psychosocial factors. *J Urban Health*. 2011;88(1):154-67.
94. Drygas W, Kwaśniewska M, Kaleta D, Pikala M, Bielecki W, Głuszek J, et al. Epidemiology of physical inactivity in Poland: prevalence and determinants in a former communist country in socioeconomic transition. *Public Health*. 2009;123(9):592-7.
95. Wallmann B, Bucksch J, Froboese I. The association between physical activity and perceived environment in German adults. *Eur J Public Health*. 2012;22(4):502-8.
96. Statistisches Landesamt Bremen. Tabelle 33111-00-03: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (ab 2017). 2021 (letzter Zugriff: 14.07.2023). Verfügbar unter: <http://www.statistik-bremen.de/soev/abfrage.cfm?tabelle=33111-00-03&netscape=ja&titelname=Bremen%20Kleinräumig>.
97. Prütz F, Rommel A, Kroll LE, Lampert T. 25 Jahre nach dem Fall der Mauer: Regionale Unterschiede in der Gesundheit. 2014;5(3):14.
98. Hiermeyer M. Height and BMI values of German conscripts in 2000, 2001 and 1906. *Econ Hum Biol*. 2009;7(3):366-75.
99. Heineck G. Height and weight in Germany, evidence from the German Socio-Economic Panel, 2002. *Econ Hum Biol*. 2006;4(3):359-82.
100. Shrank WH, Patrick AR, Brookhart MA. Healthy user and related biases in observational studies of preventive interventions: a primer for physicians. *J Gen Intern Med*. 2011;26(5):546-50.

Anhang

A1 Darstellung des Eigenanteils

Der Eigenanteil der einbezogenen Publikationen ist in Tabelle 6 dargestellt. Die Quantifizierung des Eigenanteils erfolgte gemäß den Vorgaben in:

- **Vollständig:** Alle Arbeitsschritte erfolgten eigenständig im regelmäßigen Austausch mit den Kolleginnen.
- **Überwiegend:** Die Mehrheit der Arbeitsschritte erfolgte eigenständig.
- **Gleichwertig:** Die Arbeitsschritte erfolgten zu gleichen Teilen von der Doktorandin und den Koautorinnen.

Tabelle 6: Darstellung des Eigenanteils der einbezogenen Publikationen

	Publikation I	Publikation II	Publikation III
Theoretische Konzeption	überwiegend	vollständig	vollständig
Literaturrecherche	vollständig	vollständig	vollständig
Studienplanung ^a	-	-	-
Datenerhebung ^a	-	-	-
Datenauswertung	vollständig	vollständig	vollständig
Diskussion und Interpretation	vollständig	vollständig	vollständig
Manuskripterstellung	überwiegend	vollständig	vollständig
Revision	vollständig	vollständig	vollständig

^a Die Grundlage für die Publikationen bildeten die Erhebungsdaten des Projekts OUTDOOR ACTIVE. Die Doktorandin war an der Studiendurchführung maßgeblich beteiligt.

Publikation I: Albrecht BM, Stalling I, Bammann K. Sex- and age-specific normative values for handgrip strength and components of the Senior Fitness Test in community-dwelling older adults aged 65-75 years in Germany: results from the OUTDOOR ACTIVE study. *BMC Geriatr.* 2021;21(1):273. doi: 10.1186/s12877-021-02188-9.

Publikation II: Albrecht BM, Stalling I, Foettinger L, Recke C, Bammann K. Adherence to lifestyle recommendations for bone health in older adults with and without osteoporosis: cross-sectional results of the OUTDOOR ACTIVE study. *Nutrients.* 2022;14(12):2463. doi: 10.3390/nu14122463.

Publikation III: Albrecht BM, Stalling I, Recke C, Doerwald F, Bammann K. Associations between older adults' physical fitness level and their engagement in different types of physical activity: cross-sectional results from the OUTDOOR ACTIVE study. *BMJ Open.* 2023;13:e068105. doi: 10.1136/bmjopen-2022-068105.

A2 Eidesstattliche Versicherung

Ich, Birte Albrecht, versichere an Eides Statt durch meine Unterschrift, dass ich die vorstehende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt, meine Eigenleistung und Beiträge der Koautorinnen entsprechend richtig ausgewiesen habe.

Ich versichere an Eides Statt, dass ich alle Stellen, die ich wörtlich dem Sinne nach aus Veröffentlichungen entnommen habe, als solche kenntlich gemacht habe, mich auch keiner anderen als der angegebenen Literatur oder sonstiger Hilfsmittel bedient habe.

Ich versichere an Eides Statt, dass ich die vorgenannten Angaben nach bestem Wissen und Gewissen gemacht habe und dass die Angaben der Wahrheit entsprechen und ich nichts verschwiegen habe.

Die Strafbarkeit einer falschen eidesstattlichen Versicherung ist mir bekannt, namentlich die Strafandrohung gemäß § 156 StGB bis zu drei Jahren Freiheitsstrafe oder Geldstrafe bei vorsätzlicher Begehung der Tat bzw. gemäß § 161 Absatz 1 StGB bis zu einem Jahr Freiheitsstrafe oder Geldstrafe bei fahrlässiger Begehung.

Hamburg, den 06.10.2023

Birte Albrecht

Ort, Datum

Unterschrift Birte Albrecht