
**Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Doktorgrades (Dr. phil.)
im Fach Sportwissenschaft
an der Fakultät für Verhaltens- und
Empirische Kulturwissenschaften
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**

Titel der publikationsbasierten Dissertation
*Zur Validität und den Auswirkungen einer Alterssimulation – eine
sportwissenschaftliche und psychologische Analyse*

vorgelegt von
Thomas Henrik Gerhardy

Jahr der Einreichung
2023

Dekan: Prof. Dr. Guido Sprenger
Betreuer:in: Prof. Dr. Simon Steib
Prof. Dr. Hans-Werner Wahl
Dr. Laura Schmidt

Zusammenfassung

Der wachsende Anteil an älteren Personen in unserer Bevölkerung stellt nicht nur das Gesundheitssystem vor große Herausforderungen, sondern fordert auch von der Gesellschaft ein breites Verständnis für ältere Personen. Es ist ein Anliegen der Sportwissenschaft und Psychologie die mit zunehmendem Alter einhergehenden Veränderungen besser zu verstehen, um geeignete Präventionsmaßnahmen zu entwickeln. Dabei spielen auch die weiterhin häufig vorherrschenden negativen Altersbilder in den Medien und der Bevölkerung eine prägende Rolle und sollten im Sinne dieses globalen Wandels verbessert werden.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich hierbei Alterssimulationsanzüge etabliert, welche ein Bewusstsein für körperliche Herausforderungen, wie beispielsweise eine schlechtere Beweglichkeit, geringere Kraftleistung, eingeschränktes Hörvermögen und verminderte Sehkraft, nachahmen. Die aktuelle Studienlage stellt hierbei Alterssimulationsanzüge als vielversprechendes Instrument dar, um die Einstellung gegenüber älteren Menschen zu verbessern und die Empathiefähigkeit zu erhöhen. Es fehlen jedoch Validierungsstudien, welche überprüfen, ob eine realistische Wirksamkeit und Vergleichbarkeit mit altersassoziierten Abnahmen erreicht werden kann. Eine grundlegende Untersuchung, welche biomechanische Parameter betrachtet, fehlt gänzlich. Zudem beschränken sich die bisherigen Studien auf die *general views on aging* (z.B. Einstellung und Empathie) und vernachlässigen die Auswirkungen einer Alterssimulation auf die *personal views on aging* und damit den Einfluss der Interventionen auf die persönliche Sichtweise des Älterwerdens. Um die Potentiale und Grenzen einer derartigen Alterssimulation zu erarbeiten, widmet sich diese Arbeit der systematischen Überprüfung der aktuellen Studienlage (Manuskript I) und untersucht in Manuskript II und III die realistische Wirksamkeit der Anzüge hinsichtlich körperlicher Auswirkungen sowie in Manuskript IV und V die psychologischen Auswirkungen im Besonderen auf die *personal views on aging*.

Manuskript I ist eine systematische Überblicksarbeit zur Forschungslage der Alterssimulation, welche die Auswirkungen von Alterssimulationsanzügen auf der psychologischen und körperlichen Ebene untersuchte. Hierbei konnte in 26 Studien festgestellt werden, dass bisher nur wenige Studien die Auswirkungen auf die körperliche Leistungsfähigkeit untersuch-

ten ($n=6$) und die übrigen zwanzig Studien sich ausschließlich den *general views on aging* widmeten. Die Ergebnisse zeigten positive Auswirkungen für Empathie (Cohens' $d_{gewichtet} = 0,54$) und Einstellung (Cohens' $d_{gewichtet} = 0,33$) gegenüber älteren Personen, sind jedoch aufgrund einer starken Heterogenität der Qualität mit Vorsicht zu interpretieren.

Manuskript II erfasste in einem *within-subjects design* die Effekte eines Alterssimulationsanzuges auf geriatrische Assessments bei jungen Erwachsenen ($N=15$) und Personen im mittleren Alter ($N=46$). Es zeigte sich in beiden Gruppen eine reduzierte Leistung, allerdings variierte das Ausmaß zwischen den Assessments und der Altersgruppen und komplexere Aufgaben zeigten stärkere Effekte. Jedoch wurden keine Einschränkungen erreicht, welche eine Vergleichbarkeit mit Personen von 80 Jahren und älter zulässt.

Manuskript III verfolgte eine detaillierte Überprüfung der Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges bei jungen Erwachsenen ($N=15$) und Personen im mittleren Alter ($N=15$) mit Hilfe eines 3D-Bewegungsanalysesystems. Auch hier konnten Unterschiede beim Tragen des Anzuges festgestellt werden, wobei die kinematischen Parameter nur geringe Änderungen zeigten. In dieser Arbeit ebenfalls durchgeführte koordinativ anspruchsvollere Aufgaben (dual-task und „walk, look and carry“) zeigten stärkere Effekte. Der Anzug führte somit zu einer eingeschränkten Gehfähigkeit, sowohl bei Jüngeren als auch Personen im mittleren Alter. Jedoch wurden auch hier in Summe keine Einschränkungen festgestellt, welche einen Vergleich mit Personen im *vierten Alter* zulässt.

Manuskript IV und V befassten sich mit den psychologischen Auswirkungen einer Alterssimulation. Manuskript IV untersuchte die Fragestellung, ob die Erfahrungen mit einem Alterssimulationsanzug einen Einfluss auf die *general*, sowie *personal views on aging* bei Personen im mittleren Alter besitzen ($N=40$). Es zeigte sich, dass die negativen Erwartungen an das Alter sich nach dem Tragen des Anzuges erhöhten. Diese neuen und wichtigen Erkenntnisse verdeutlichen, dass eine adäquate Begleitung einer solchen Simulation notwendig ist.

Manuskript V umfasste zwei Teilstudien. In Studie eins wurden Studienteilnehmer ($N=165$) gebeten, ihr Erleben nach dem Tragen eines Anzuges schriftlich zu schildern. In Studie zwei wurden spontane Assoziationen von jüngeren Erwachsenen ($N=22$) und Personen im mittleren Alter ($N=41$) nach einer Alterssimulation aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Beide Studien wurden qualitativ ausgewertet. Auch hier zeigten sich negative Effekte

nach der Intervention und dass Personen im mittleren Alter häufiger die Situation mit ihrem zukünftigen Ich verglichen.

Nach den Erkenntnissen des Autors wurden in dieser Arbeit erstmalig die Auswirkungen einer Alterssimulation gezielt bei Personen im mittleren Alter untersucht. Darüber hinaus wurden sowohl die Auswirkungen auf biomechanische Parameter erstmals erfasst, sowie die Effekte auf die *personal views on aging* untersucht. Dies ermöglicht es, die Alterssimulation neu zu überdenken, die Potentiale auszuschöpfen und sie möglicherweise als Präventionsmaßnahmen zu nutzen, um z.B. gesundheitsbezogenen Verhaltensveränderungen zu unterstützen. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch deutlich die Grenzen auf und unterstreichen die Notwendigkeit einer Begleitung einer Alterssimulation durch Expert:innen.

Abstract

The growing proportion of older adults in our population not only poses major challenges to the health care system, but also requires society to have a broad understanding of older adults. Sport science and psychology aim to better comprehend the changes that come along with aging to develop preventive measures. Negative stereotypes of aging that persist in the media and society continue to play a formative role and should be improved in the light of the global transformation.

In recent decades, age simulation suits have been established to mimic awareness of physical challenges, such as reduced mobility, decreased strength, impaired hearing, and diminished visual acuity. Previous studies postulated age simulation suits to be a highly promising tool for improving attitudes towards older individuals and enhancing empathy. However, there is a lack of validation studies and there is only little evidence of a realistic simulation of typical aging processes. A fundamental investigation considering biomechanical parameters is currently absent. Moreover, existing research has largely focused on *general views on aging* (e.g., attitudes and empathy) while neglecting the effects of aging simulation *on personal views on aging* and how these interventions influence the individual's perspective on aging. To explore the potentials and limitations of such aging simulations, this work systematically reviews the current research (manuscript I) and examines the realistic effect of aging suits on both physical (manuscript II and III) and psychological aspects (manuscript IV and V), with a specific focus on *personal views on aging*.

Manuscript I represents a systematic review of aging simulation research, investigating the psychological and physical effects of age simulation suits. Among the 26 included studies only six have explored the effects on physical performance, while the remaining twenty studies have concentrated exclusively on *general views on aging*. The results indicate positive effects on empathy (Cohen's $d_{\text{weighted}} = 0.54$) and attitudes (Cohen's $d_{\text{weighted}} = 0.33$) towards older individuals, although due to the strong heterogeneity in the quality of included studies, conclusions should be drawn with care.

In Manuscript II a within-subjects design was conducted to assess the effects of an age simulation suit on geriatric assessments in both young ($N=15$) and middle-aged adults ($N=46$). Both groups indicated reduced performance, with the extent of reductions varying between

assessments and age groups. More complex tasks resulted in stronger effects. However, the study still did not reach values that would allow for comparison with adults aged 80 years and older.

A detailed examination of the effects of an age simulation suit in young ($N=15$) and middle-aged individuals ($N=15$) was conducted in Manuscript III, using a 3D-motion-capturing-system. Differences were observed while wearing the age simulation suit, although kinematic results showed just minimal changes. The study also involved more demanding tasks (cognitive: dual-task and coordination: "walk, look and carry"), which revealed greater effects. The suit thus led to reduced mobility in both younger and middle-aged individuals. However, no decreases were found that would allow a comparison with adults in their *fourth age*.

Manuscript IV and V focused on the psychological effects of age simulation suits. Manuscript IV explored whether experiences with an age simulation suit affected *general* and *personal views on aging* in middle-aged individuals ($N=40$). It revealed that wearing the age simulation suit increased negative expectations of aging and as well as an increased risk perception related to age-related impairments. These new and crucial findings emphasise the need for expertise when using an age simulation suit.

Manuscript V encompassed two sub-studies. In the first study, participants ($N=165$) were asked to write down their experiences after wearing an age simulation suit. In the second study, spontaneous associations were recorded from young ($N=22$) and middle-aged adults ($N=41$) following an aging simulation and were subsequently transcribed. Both studies were analysed qualitatively. Negative effects following the intervention were evident in both studies and particularly middle-aged adults related the interventions to their potential future me.

Based on the author's findings, this work represents the pioneering effort to deliberately investigate the effects of an age simulation suit specifically on individuals in middle age. Furthermore, the effects on biomechanical parameters as well as the impact on *personal views on aging* were investigated for the first time. The findings provide the opportunity to reconsider the use of age simulation suits, to exploit its potential to serve as a preventive measure and support health-related behavioural changes. However, it also demonstrates the limitations inherent in aging simulation and highlight the compelling necessity for expert guidance throughout such interventions.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	IX
Liste der Veröffentlichungen zur publikationsbasierten Dissertation	X
1 Einleitung	1
1.1 Einordnung der Arbeit	3
2 Theoretischer Hintergrund	6
2.1 Alterssimulation – Entwicklung, Einsatzbereich, aktueller Stand der Forschung und Relevanz der eigenen Forschungsarbeit.....	6
2.2 Motorische und sensorische Veränderungen im Alter.....	10
2.2.1 Veränderung der motorischen Fähig- und Fertigkeiten	11
2.2.2 Physiologische Veränderungen im zentralen und peripheren Nervensystem ..	16
2.2.3 Veränderungen der sensorischen Fähigkeiten	17
2.2.4 Biomechanische Veränderungen des Gehens im Alter.....	19
2.3 Psychologische Betrachtung des Alterungsprozesses.....	22
2.3.1 Altersstereotypen und <i>general views on aging</i>	24
2.3.2 Wahrnehmung des (eigenen) Älterwerdens – <i>personal views on aging</i>	25
2.4 Alterssimulation aus psychologischer Perspektive	26
2.4.1 Subjektives Alter – wie alt macht der Anzug?.....	26
2.5 Der Übergang vom dritten zum vierten Lebensalter	27
3 Ziele & Fragestellung - motorische und psychologische Effekte	29
4 Methoden	31

4.1	Assessments zur Überprüfung der motorischen und funktionellen Kapazität	31
4.2	Motion Capturing System	32
4.3	Fragebögen zu <i>general</i> und <i>personal views on aging</i>	33
4.4	Qualitative Auswertung	36
5	Publikationsübersicht und Zusammenfassungen	37
5.1	Manuskript I: Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review	37
5.2	Manuskript II - Aging in 10 Minutes - Do age simulation suits realistically simulate physical decline in old age?	39
5.3	Manuskript III - Can an aging suit replicate age-related decline in motion?.....	40
5.4	Manuskript IV – “Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding age simulation.....	41
5.5	Manuskript V – “If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation on views on aging and perceptions of age-related impairments.....	42
6	Zusammenfassung der Studienergebnisse	44
7	Einordnung der Studienergebnisse und Diskussion	45
7.1	Limitationen	52
8	Fazit und Ausblick	54
	Literaturverzeichnis	56
	Danksagung	80
	Erklärung gemäß § 8 Abs. (1) c) und d) der Promotionsordnung der Fakultät	82
9	Weitere relevante Publikation	83
	Anhang - Manuskripte zur publikationsbasierten Dissertation	84
	Manuskript I	84
	Manuskript II	109
	Manuskript III	124

Manuskript IV	147
Manuskript V	157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick zu den Manuskripten dieser Dissertation	5
Abbildung 2: Darstellung eines Gangzyklus (aus Pirker & Katzenschlager, 2017)	20
Abbildung 3: PRISMA Flow Chart	38

Abkürzungsverzeichnis

30CST	30 Chair Standing Test
AARC	Awareness of Age-Related Change scale
AgeCog	Aging Related Cognitions scale
BMFSFJ	Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend
mCTSIB	Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance
MMAT	Mixed Methods Appraisal Tool
PRISMA	Transparent Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analysis
sCBM	shortened Community Balance & Mobility Scale
SPPB	Short Physical Performance Battery
TUG	Timed Up and Go Test
WHO	World Health Organization

Liste der Veröffentlichungen zur publikationsbasierten Dissertation

Manuskript I

Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Schmidt, L.I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review. *European Journal of Ageing* 19, 953–976. doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1

Manuskript II

Gerhardy T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Mombaur, K., Sloom, L. H., Schmidt L. I. (2023). Aging in 10 Minutes – Do age simulation suits realistically simulate physical decline in old age? *Experimental Aging Research* <http://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630>

Manuskript III

Gerhardy, T. H., Schmidt, L. I., Wahl, H.-W., Mombaur, K., Sloom, L. H. (submitted). Can an aging suit replicate age-related decline in motion? *Applied Ergonomics*

Manuskript IV

Schmidt L. I., Schlomann, A., **Gerhardy T. H.**, Wahl H.-W. (2022). “Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding views on aging. *Frontiers Psychology* 13:806233. doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233

LS, AS, **TG** und HWW haben das Konzept und Design dieser Studie gemeinsam entworfen, die Auswahl der geeigneten Methoden trafen LS, **TG** und AS, **TG** hat alle Daten gesammelt, LS und AS haben die Daten analysiert und interpretiert, LS hat den Artikel verfasst mit Beiträgen von AS, **TG** und HWW.

Manuskript V

Schmidt, L. I., **Gerhardy, T. H.**, Carleton-Schweitzer, L., Wahl, H.-W., Jekel, K. (under review). “If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation on views on aging and perceptions of age-related impairments. *European Journal of Ageing*

LS hat das Konzept und Design dieser Studie entworfen, LS, und KJ trafen gemeinsam die Entscheidung zur Auswahl der geeigneten Methoden für Studie 1 im Manuskript und haben die Datenerhebungen durchgeführt, LS, **TG** und HWW konzipierten Studie 2 im Manuskript, **TG**

und LCS haben alle Daten für Studie 2 gesammelt, LS hat die Daten von Studie 1 analysiert und interpretiert, LS, **TG** und LCS führten die Analysen von Studie 2 durch, LS hat den Artikel verfasst mit Beiträgen von **TG**, LCS, HWW und KJ.

1 Einleitung

Die Bevölkerung der westlichen Industrienationen wie Deutschland wird immer älter und die Anzahl an älteren Menschen nimmt stetig zu. Dies bringt Herausforderungen und Aufgaben mit sich, welche unsere Gesellschaft schnellstmöglich vorbereiten und in den nächsten Jahrzehnten gemeinsam meistern muss. Hierbei beziehen sich die Herausforderungen im Besonderen auf das Pflege- und Gesundheitssystem (Becker et al., 2020). Aber auch das gesellschaftliche und soziale Miteinander sowie die Teilhabe und Integration älterer Menschen sind bereits als einer der wichtigsten Punkte von der deutschen Bundesregierung und ihren wissenschaftlichen Berater:innen im Achten Altersbericht aufgelistet (BMFSFJ, 2020). Die Dynamik des demographischen Wandels ist durch die permanent steigende Zahl an Personen im hohen Altern gegenüber einer kontinuierlichen Abnahme an jüngeren Personen in der Gesamtbevölkerung gekennzeichnet (Mahne et al., 2017) und es wird prognostiziert, dass bis zum Jahr 2050 jede vierte Person in Europa und Nordamerika über 65 Jahren alt sein wird (United Nations, 2019). Da mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Fraktur in Folge eines Sturzes (Ambrose et al., 2013) sowie die Prävalenz chronischer Erkrankungen (Barnett et al., 2012) ansteigt, betonen Leitlinien und Trainingsempfehlungen immer wieder die Bedeutung der Kraft und des Gleichgewichts älterer Menschen (Jansen et al., 2021). Erkenntnisse aus der Präventionsforschung sind daher essentiell, um derartige Risiken zu vermeiden (Sherrington et al., 2020) und im Speziellen zur Anregung zu mehr körperlicher Aktivität beizutragen, um damit die Mobilität zu erhalten oder sie wiederherzustellen. Da dies wiederum das Fundament für die Unabhängigkeit älterer Personen bildet (Pahor et al., 2014).

Die Kosten des Gesundheitssystems nehmen stetig zu und das Pflegesystem stößt mit der steigenden Zahl an Personen aus der Babyboomer-Generation zunehmend an seine Belastungsgrenzen (Becker et al., 2020). Auf diese strukturellen und gesellschaftlichen Veränderungen müssen wir uns einstellen und die wissenschaftlichen Grundlagen schaffen, sodass ältere Menschen ein langes, gesundes Leben mit möglichst wenigen Einschränkungen genießen können. Hierbei geht es einerseits um die Ursachenforschung degenerativer Prozesse und Erkrankungen sowie die Entwicklung geeigneter Präventionsmaßnahmen. Andererseits muss ein Umfeld geschaffen werden, in dem ältere Menschen unabhängig leben können und möchten. Hierzu zählt auch die Weiterentwicklung von Assistenzsystemen, wie z.B. in der einfachs-

ten Form Rollatoren. Zeitgleich ist es wichtig, in jüngeren Bevölkerungsgruppen ein Bewusstsein dafür zu schaffen, was es bedeutet älter zu sein und mit sensorischen und motorischen Einschränkungen zu leben. Durch einen Zugewinn an Verständnis und Empathie kann der soziale wie auch professionelle Umgang, z.B. in der Medizin und in Pflegeberufen verbessert werden. Ebenso ist es wichtig, präventive Maßnahmen frühzeitig zu ergreifen und der Gruppe der Erwachsenen vor dem Renteneintrittsalter mögliche Sorgen vor dem eigenen Älterwerden zu nehmen, um Ihnen eine positive Sicht auf diese Lebensphase zu vermitteln. Denn es bestehen weiterhin viele negative Sichtweisen auf das Alter und ältere Menschen in der Bevölkerung. Diese sogenannten Altersbilder werden bereits früh durch Medien und gezieltes Marketing geprägt und beeinflussen, wie Menschen über das Älterwerden und ältere Menschen denken. Anti-Aging Firmen profitieren von diesem Bild und nutzen dies für die Vermarktung ihrer Produkte. Diesen negativen Altersbildern sollte entgegengewirkt werden, da beispielsweise eine positive Einstellung gegenüber dem Alter, auch in jüngeren Jahren, zu einem geringeren Risiko einer Herz-Kreislauf Erkrankung im späteren Leben führen kann und es somit zu einem längeren Leben beiträgt (Levy et al., 2002). Folglich haben die Einstellungen zum Alter einen erheblichen Einfluss auf die spätere Lebensqualität und sollten innerhalb der Gesellschaft kontinuierlich verbessert werden.

Eine Möglichkeit, sowohl die Einstellungen gegenüber älteren Personen zu verbessern als auch ein besseres Verständnis für die Einschränkungen im Alter zu fördern, sind sogenannte Alterssimulationsanzüge. Erste Studien zeigen hierzu vielversprechende Ergebnisse (Cheng et al., 2020; Sari et al., 2020; Yu & Chen, 2012). Diese Anzüge ermöglichen Träger:innen altersbedingte Einschränkungen erlebbar zu machen sowie Herausforderungen wahrzunehmen (MIT, 2021; Moll, 2022). Jedoch beschränken sich diese Untersuchungen auf die Betrachtung der *general views on aging*, im Sinne allgemeiner Vorstellungen gegenüber dem Alter und älteren Menschen und versäumen dabei, die Auswirkungen auf die *personal views on aging* zu betrachten, welche die Erwartungen an das eigene Älterwerden thematisieren.

Zudem wurden Studien mit Alterssimulationsanzügen überwiegend mit jungen, körperlich fitten Studienteilnehmer:innen durchgeführt und es gibt erste Hinweise darauf, dass die simulierten konditionellen Beeinträchtigungen nicht dem sogenannten höheren Alter von 80 Jahren und älter, sondern eher den Normwerten von 60-Jährigen entsprechen (Vieweg &

Schaefer, 2020). Darüber hinaus untersuchen nur vereinzelte Studien, ob eine realistische Simulation von Alterungsprozessen erreicht werden kann und ob die mit dem Anzug simulierten Einschränkungen den funktionellen Fähigkeiten älterer Erwachsener im hohen Alter entsprechen (Lauenroth & Ioannidis, 2017; Laurentius et al., 2022; Watkins et al., 2021). Eine realistische Wirksamkeit, d.h. das Erreichen der durchschnittlichen Funktionseinschränkungen einer 70-, 80- oder gar 90-Jährigen Person wäre auch in der Entwicklungsphase geriatrischer Hilfsmittel sinnvoll. Alterssimulationsanzüge könnten folglich genutzt werden, wenn beispielsweise das Sturzrisiko aufgrund des Prototypen-Status eines Assistenzsystems noch hoch ist und ältere Erwachsene aus praktischen oder ethischen Gründen nicht für erste Pilotstudien herangezogen werden können. Diese Herangehensweise könnte dazu beitragen erste Erkenntnisse zu liefern und eine simulierte Anwenderperspektive präsentieren.

Vor diesem Hintergrund hat die vorliegende Dissertation das Ziel, sich der realistischen Wirksamkeit und den Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges anzunähern. Die Arbeit ist dabei interdisziplinär ausgerichtet. Einerseits werden aus sportwissenschaftlicher Perspektive altersbedingte motorische und sensorische Effekte untersucht. Andererseits werden aus psychologischer Perspektive sowohl die *general views on aging* als auch die *personal views on aging* untersucht und im Folgenden die hierfür notwendigen Grundlagen genauer erläutert.

1.1 Einordnung der Arbeit

Die folgende Arbeit bedient sich unterschiedlicher Methoden aus verschiedenen Disziplinen der Wissenschaft und ist daher in Bereiche unterteilt. Dieser Abschnitt dient der Einordnung der Schrift in die jeweiligen Forschungsbereiche. Alle Manuskripte haben gemein, dass sie sich den Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges widmen. Um zu Beginn ein Bild der aktuellen Forschung zu Alterssimulationsanzügen zu erhalten, spannt Manuskript I den Bogen über die Studienlage in der Sportwissenschaft und Psychologie. Manuskript II und III zielen auf mögliche altersbedingte motorische und sensorische Leistungseinbußen durch das Tragen eines Alterssimulationsanzuges und dessen Auswirkungen auf den Bewegungsablauf ab. Die Outcomes in Manuskript II entstammen etablierten Assessments aus der Geriatrie und wurden gewählt, um Referenzwerte älterer Personengruppen für einen Vergleich heranziehen zu können. Mit Hilfe eines 3D Bewegungsanalysesystems wurden in Manuskript III die Bewegungsabläufe mit und ohne Alterssimulationsanzug präzise erfasst und somit die Veränderung der Bewegungen der Studienteilnehmer:innen an die mechanischen Gegebenheiten

des Anzuges quantifiziert. Da ein Vergleich zu älteren Personen angestrebt wurde, um die realistische Wirksamkeit eines Alterssimulationsanzuges kritisch zu betrachten, sind diese Arbeiten damit auch der Bewegungs- und Sportgerontologie zuzuordnen. Die Manuskripte IV und V befassten sich mit den psychologischen Auswirkungen des Tragens eines Alterssimulationsanzuges. Dabei untersuchen diese die Veränderungen auf *general* und *personal views on aging*, aber auch allgemeinere Konstrukte mit Bezügen zum Älterwerden, wie die gesundheitsbezogene Risikowahrnehmung oder erlebte Obsoleszenz (Manuskript IV), sowie ergänzende qualitative Analysen von spontanen Assoziationen kurz nach der Intervention (Manuskript V). Die Manuskripte IV und V sind somit der psychologischen Altersforschung zuzuordnen.

Diese Arbeit zeichnet sich durch die interdisziplinäre Betrachtung aus, indem sie die Sichtweise verschiedener Fachrichtungen diskutiert und zusammenführt. So fokussieren sich die einzelnen Manuskripte auf ihre jeweiligen Fachgebiete der Alterspsychologie, Bewegungswissenschaften im Alter und der Biomechanik. Die Fachrichtung der Gerontologie findet sich in all diesen Teilbereichen wieder. Sie umfasst einerseits die biologische Transformation und damit das Wie und Wieso der körperlichen Veränderungen mit zunehmendem Alter, als auch die Psychologie des Alterns und die Anpassungsfähigkeit, inklusive kognitiver Fähigkeiten und der Art und Weise wie der Einzelne mit dem eigenen Altern und einer neuen sozialen Rolle in der Gesellschaft umgeht. Diese Arbeit beschränkt sich jedoch nicht auf den Einfluss des Älterwerdens auf Bewegungen und Verhalten, sondern legt einen Schwerpunkt auf die realistische Wirksamkeit der Alterssimulation. Bisher wurden derartige Anzüge in Studien nur einseitig betrachtet und Aspekte unterschiedlicher Disziplinen und Auswirkungen des Anzuges nicht verknüpft. Hierdurch wurden möglicherweise wichtige Bereiche nicht beachtet und/oder Erkenntnisse führten zu vorschnellen Interpretationen. Diese vorliegende Arbeit möchte diese Teilbereiche zusammenführen. Um einen Überblick über die Manuskripte im Gesamtbild der Dissertation zu verschaffen, bildet das folgende Schaubild eine Einordnung der jeweiligen Arbeiten in die genannten Disziplinen.



Abbildung 1: Überblick zu den Manuskripten dieser Dissertation und Zuordnung nach Disziplinen

2 Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel der Dissertation wird der aktuelle Stand im Bereich der Alterssimulation beschrieben, wie auch in Manuskript I, einem systematischen Überblicksartikel. Anschließend werden altersbedingte motorische und sensorische Veränderungen erläutert, welche mit dem Alterssimulationsanzug primär nachgeahmt werden sollen, um im Folgenden die biomechanischen Veränderungen im Alter darzulegen. Abschließend werden die psychologischen Theorien und Konzepte erläutert, welche den Manuskripten IV und V zugrunde liegen.

2.1 Alterssimulation – Entwicklung, Einsatzbereich, aktueller Stand der Forschung und Relevanz der eigenen Forschungsarbeit

Bereits Mitte der 1970er Jahre begann Herbert Shore (1976) sich mit der Simulation typischer Alterungsprozesse auseinanderzusetzen. Er hatte die Annahme, dass sich das Verständnis für ältere Personen durch eine solche Erfahrung verbessern könnte. Zu seinen verschiedenen Vorschlägen zur Simulation typischer altersbedingter Einschränkungen gehörten z.B. Taucherbrillen zur Nachahmung einer reduzierten Sehkraft oder Schmieröl an den Fingern zur Minderung des Tastsinns. Die heutigen Alterssimulationsanzüge sind auch weiterhin nach dem Prinzip der Nachahmung von möglichen Defiziten aufgebaut. Das Tragen soll damit die Möglichkeit bieten, etwaige Verluste älterer Menschen erfahrbar zu machen und alltägliche altersbedingte Herausforderungen besser nachempfinden zu können (Bowden et al., 2021).

Anfang der 90er Jahre präsentierten Automobilhersteller modular aufgebaute Alterssimulationsanzüge, die sowohl sensorische als auch motorische altersbedingte Veränderungen simulierten. Diese wurden eingesetzt, um das Bewusstsein von Ingenieur:innen in der Automobilindustrie für Beeinträchtigungen älterer Personen zu sensibilisieren und diese Erkenntnisse in die Konstruktion neuer Fahrzeuge einfließen zu lassen. Parallel nahm in der Medizin das Bestreben zu, das Einfühlungsvermögen und die Einstellung gegenüber älteren Patient:innen in der Pflege und bei medizinischem Personal zu verbessern und den Nutzen erfahrungsbasierter Bildungsansätze zu erforschen (Galanos et al., 1993). Es entwickelten sich zunehmend spezifischere, kommerziell erwerbliche Anzüge und Systeme, die sowohl körperliche als auch sensorische Einschränkungen simulierten (Meyer-Hentschel, 2023; MIT, 2021; Moll, 2022).

Inzwischen gibt es eine Vielzahl an Anbieter:innen solcher Anzüge, welche zwar unterschiedliche Komponenten nutzen, jedoch alle den Ansatz verfolgen, mögliche altersbedingte Abbauprozesse nachzuahmen. Hierzu gehören sensorische Einschränkungen, wie ein nachlassendes Seh- und Hörvermögen durch unterschiedliche Brillen und einen Gehörschutz, motorische Einschränkungen durch Bandagen an den Gelenken oder elastische Bänder, welche die Beweglichkeit der Extremitäten begrenzen oder Zusatzgewichte, welche eine abnehmende Muskelkraft zu simulieren versuchen. Diese Anzüge erfreuen sich zunehmend großer Beliebtheit in unterschiedlichsten Settings, wie der Pflegeausbildung, dem Gerontologiestudium und der Ausbildung von Busfahrer:innen im öffentlichen Nahverkehr (Bowden et al., 2021; East-Telling et al., 2021). Konkret soll mit diesen Simulationen erreicht werden, die Empathie und das Verständnis für das von körperlichen und sensorischen Beeinträchtigungen geprägte Alltagsleben älterer Menschen durch eine Rollenübernahme zu verbessern.

Bisherige Studien konnten zeigen, dass die Empathie und Einstellung gegenüber älteren Personen durch das Tragen eines Alterssimulationsanzuges verbessert werden kann (Bowden et al., 2020; Cheng et al., 2020; Yu & Chen, 2012). Jedoch ist die Zahl an empirischen Befunden, welche die realistische Wirksamkeit eines Alterssimulationsanzuges quantifizieren, überschaubar. Meist wird auf die Aussagen der Hersteller zurückgegriffen, welche eine Alterung von 30-40 Jahren postulieren (Moll, 2022). Die bisherige Nutzung von Alterssimulationsanzügen muss demnach eher als unsystematisch und wenig evidenzbasiert bezeichnet werden. Allerdings ist es für einen wirksamen und nachhaltigen Effekt essentiell, die Möglichkeiten und Grenzen solcher Simulationen empirisch zu untersuchen.

Eine in den letzten Jahren steigende Zahl an Publikationen beschäftigt sich mit den psychologischen Auswirkungen einer Alterssimulation und nutzt hierfür verschiedenste Systeme und Anzüge. Diese Studien verfolgen zumeist das Ziel, die Einstellung zu älteren Personen und das Verständnis für deren Einschränkungen bei Mitarbeiter:innen im Gesundheitsbereich zu verbessern. Zum Zeitpunkt der Einreichung dieser Arbeit lagen drei Überblicksarbeiten zu diesem Thema vor. Diese erfassten jedoch nur einen Bruchteil der aktuellen Arbeiten zu diesem Thema, berücksichtigten lediglich eine studentische Zielgruppe oder fokussierten sich auf die Auswirkungen auf die individuelle Pflege und Betreuung (Bowden et al., 2021; Coelho et al., 2017; Tullo et al., 2010). Zudem offenbarten berücksichtigte Studien häufig qualitative Schwächen, wurden selten im prä-post Design durchgeführt und unterlagen zusätzlich

dem Bias, dass die Arbeiten innerhalb von Seminaren im Bildungsbereich durchgeführt und Fragebögen sowie Interviews möglicherweise von der Seminarleitung erhoben wurden. Die Rückmeldungen der Teilnehmer:innen unterlagen somit einer sozialen Erwünschtheit und es fehlte an einer notwendigen Anonymität für eine gute wissenschaftliche Arbeit. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse von Cheng et al. (2020) die Wirkung der Anzüge kritisch zu betrachten, nachdem sie ähnliche Effekte zur Einstellung gegenüber älteren Personen erzielen konnten, wenn Studienteilnehmer:innen lediglich einen Placebo-Anzug trugen. Klare, nachvollziehbare, idealerweise kontrollierte Studiendesigns sind somit notwendig, welche die Auswirkungen einer Alterssimulation betrachten.

Die psychologische Bewertung der Auswirkungen einer Alterssimulation hat bisher die größte wissenschaftliche Beachtung erfahren, ausgeklammert wurde hierbei jedoch die Sichtweise auf das eigene Älterwerden. Das Potential der Anzüge durch den Perspektivwechsel wurde somit noch nicht ausreichend evaluiert. Die bisherigen Untersuchungen richteten ihre Befragungen hauptsächlich an Studienpopulationen aus dem Gesundheitssektor (Chen et al., 2015; Cheng et al., 2020; Yu & Chen, 2012). Dies erscheint vor dem Hintergrund plausibel, dass die Empathie und das Verständnis substantielle Faktoren für die Gewährleistung hoher Pflegequalität sind (Courtney et al., 2000). Sie befassen sich jedoch lediglich mit der Wahrnehmung älterer Personen als eine andere Gruppe (*general views on aging*) und lassen dabei außen vor, ob die Erfahrungen einen Einfluss auf die Sichtweise zum eigenen Älterwerden (*personal views on aging*) besitzen. Daraus resultiert, dass zu einem erheblichen Anteil jüngere Personen in den Studien berücksichtigt werden, welche ihrem eigenen Älterwerden nur wenig Beachtung schenken (Tullo et al., 2010). Die Erhebung mit Probanden im jüngeren und mittleren Alter in der vorliegenden Arbeit ermöglichte die gezielte Analyse der Unterschiede zwischen diesen Gruppen.

Aktuell ist die Wahrnehmung älterer Personen innerhalb der Gesellschaft ambivalent. Zwar werden viele Menschen im höheren Alter als sympathisch, kinderliebend und mit beeindruckender Lebenserfahrung und Weisheit beschrieben, zum anderen charakterisiert die Literatur Altersbilder meist negativ (Kessler & Warner, 2023). Trotz der häufig überzeichneten Darstellung älterer Menschen in den Medien zeigt sich mehrheitlich eine positive Einstellung jüngerer gegenüber älteren Personen. Die jüngeren Generationen erkennen jedoch selten die Potentiale älterer Menschen für die Gesellschaft und empfinden diese Altersgruppe vielmehr

als vulnerabel und schutzbedürftig (Kessler & Warner, 2023). Es fehlt das Einfühlungsvermögen der jüngeren Generation das Alter neben Verlusten auch mit Gewinnen zu assoziieren und es klafft eine erhebliche Lücke zwischen den Erkenntnissen aus der Wissenschaft und der gesellschaftlichen Sichtweise auf das Alter (Lindland et al., 2016). Vorbehalte und falsche Vorstellungen könnten durch die Erfahrungen mit einem Alterssimulationsanzug verbessert werden und bei einer passenden Begleitung der Intervention auch die medizinischen und technischen Entwicklungen thematisiert werden, um klarzustellen, dass sich Altern in den letzten Jahrzehnten zum Positiven gewandelt hat (Diehl et al., 2020). Verbleibt eine negative Sichtweise auf das Alter kann dies einen negativen Einfluss auf das spätere Leben und die Gesundheit besitzen. Daher ist es wichtig rechtzeitig für eine positive Sichtweise auf das eigene Älterwerden zu sorgen. Denn im Gegensatz zu anderen Stereotypen, bezüglich eines anderen Geschlechtes oder aufgrund einer ethnischen Zugehörigkeit, welche auf biologischen Merkmalen beruhen, betreffen Altersstereotypen alle Menschen, sofern sie alt genug werden (Levy & Banaji, 2002). Die bisherigen Befunde, welche die Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges aus psychologischer Sichtweise betrachten, zielen jedoch überwiegend auf generelle Einstellungen zu älteren Personen als eigene Gruppe ab. Es ist jedoch unklar, welche Effekte solch eine Intervention auf die Sichtweise zum eigenen Älterwerden besitzen und so beschäftigten sich die in dieser Arbeit berücksichtigten Manuskripte mit der Aufarbeitung dieser Forschungslücke.

Eine Phase, in der körperliche Einschränkungen sich bemerkbar machen und es Personen zunehmend schwerer fällt ihren Alltag zu meistern, ist die Übergangphase vom Renteneintrittsalter, dem *dritten Alter* (65-79 Jahre), in das hohe Alter, das *vierte Alter* (ab 80 Jahren) (P. B. Baltes, 1997; Neugarten, 1974). Um eine physische Simulation von Alter zu erreichen, gilt die Phase von über 80 Jahren als Zielvorgabe. Daher möchte diese Arbeit das erforschen, ob durch die Hinzunahme von Studienteilnehmer:innen im mittleren Alter eine verbesserte Simulation der Altersgruppe des *vierten Alters*, wie nach den Vorgaben der Hersteller:innen (+ 30-40 Jahren), erreicht werden kann.

Sollten Alterssimulationsanzüge zukünftig in Pilotstudien herangezogen werden, um ältere Personen zu simulieren, ist es unabdingbar, dass diese einer realistischen Wirksamkeit entsprechen. Hiervon würde sowohl der Anwendungsbereich in der Entwicklung von Technik wie auch der Bildungsbereich profitieren. Allerdings bedarf es hierfür weiterer empirischer

Befunde, welche die bisherigen ersten Erkenntnisse erweitern, da diese bisher auf einfachen Vergleichen beruhen (Lauenroth & Ioannidis, 2017; Watkins et al., 2021). Zwar wurden jüngst grundlegend und qualitativ höheren Ansprüchen genügende Arbeiten veröffentlicht (Laurentius et al., 2022; Vieweg & Schaefer, 2020), jedoch fehlen auch hier erneut die Berücksichtigung von Personen im mittleren Alter und die Arbeiten lassen keine Rückschlüsse auf eine Simulation zu, welche mit dem *vierten Lebensalter* vergleichbar wären.

Um die Alterssimulationsanzüge als erfolgreiches simulationsgestütztes Lehrinstrument einzusetzen, bedarf es grundsätzlich dreier Schritte. (1) Eine zielgerichtete Besprechung vor einer Intervention, (2) eine realistische Simulation und (3) eine angeleitete Nachbesprechung durch Expert:innen (Roh et al., 2018). In welcher Form diese Punkte in bisherigen Studien berücksichtigt wurden, ist häufig nicht klar definiert, bzw. es fehlen Daten welche dies belegen. Insbesondere Punkt zwei ist bisher nicht hinreichend untersucht. Sollten Alterssimulationsanzüge eine realistische Simulation erreichen können, wäre dies auch für weitere Forschungsbereiche interessant, wie z.B. die bereits erwähnte technische Entwicklung wie z.B. Assistenzsystemen.

Um die Anforderungen an solch eine Simulation zu umfassen, werden im Folgenden zunächst die altersassoziierten sensorischen und motorischen Abbauprozesse beschrieben und ein Bezug zum Alterssimulationsanzug hergestellt. Anschließend werden die psychologischen Veränderungen des Alters erläutert.

2.2 Motorische und sensorische Veränderungen im Alter

Der Prozess des Alterns ist geprägt durch einen dynamischen, chronologischen Ablauf und eine allmähliche Zunahme von Zellschädigungen, welche zu einem fortschreitenden Verlust von körperlichen Funktionen führen und eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten mit sich bringen kann (Luo et al., 2020). Auf zellulärer Ebene gibt es verschiedene Mechanismen, wie oxidativen Stress (Sies et al., 2017), fehlende Toleranz gegenüber freien Radikalen (Cadenas & Davies, 2000) oder eine Abnutzung der Telomere der DNA-Chromosomen (Blackburn et al., 2015; Zglinicki, 2002), welche als Ursachen für die genannten Veränderungen diskutiert werden (López-Otín et al., 2023). Eine fortschreitende Schädigung der Zellen und Körpersysteme führt zu einem immer schlechter funktionierenden Organismus und dem gehäuften Auftreten altersbedingter Erkrankungen wie Krebs, Diabetes Typ-II, Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder

auch neurodegenerative Erkrankungen (Luo et al., 2020). Der degenerative Prozess des Alterns und damit die mögliche Abnahme sensorischer und motorischer Fähigkeiten ist demnach auf physiologische Abbauprozesse zurückzuführen. Aber auch weitere Faktoren, wie eine verringerte körperliche Aktivität oder fehlende kognitive Beanspruchung haben einen bedeutenden Einfluss (McPhee et al., 2016). Erfreulicherweise zeigen Studien, dass Person im Alter von 70 Jahren heute zunehmend bei besserer Gesundheit sind und ihre Unabhängigkeit länger wahren als frühere Generationen (Newman, 2010). Nichtsdestotrotz, führen ältere Menschen Bewegungen, insbesondere komplexe Bewegungsaufgaben, langsamer und ungenauer aus (Stöckel et al., 2017), beispielweise aufgrund ineffizienterer Verarbeitungsgeschwindigkeit visueller Rückmeldungen (van Halewyck et al., 2015). Aktuell deuten Befunde darauf hin, dass ein enger Zusammenhang zwischen dem zentralen Nervensystem und der Mobilitätsleistung besteht und, dass die Systeme sich wechselseitig beeinflussen und somit einige Beeinträchtigungen auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen sind (Hausdorff & Buchman, 2013). Diese können durch neurodegenerative Erkrankungen, wie z.B. Demenz oder Morbus Parkinson, verstärkt werden (Brady et al., 2014; Zaciorskij & Kraemer, 2016). Auch die Gleichgewichtsfähigkeit ist hiervon betroffen, welche sich zwar bereits ab dem 30. Lebensjahr verschlechtert, die größten Veränderungen, wie auch bei vielen weiteren motorischen Fähigkeiten, jedoch zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr zu erwarten sind (Era et al., 2006; Milanović et al., 2013). Ebenso beeinflussen Erkrankungen, wie Herz-Kreislauf- (z.B. Herzinsuffizienz) oder Lungenerkrankungen (Becker et al., 2020; Groll et al., 2005), ein aktiver Lebensstil (Hamer et al., 2014), wie auch die genetische Prädisposition (Finkel et al., 1998) die sensorischen und motorischen Fähigkeiten. Im folgenden Kapitel wird daher aufgezeigt, welche motorischen und sensorischen Veränderungen des Alterungsprozesses betroffen sind und inwiefern ein Alterssimulationsanzug die jeweiligen Einschränkungen mit den modularen Bestandteilen nachzuahmen versucht.

2.2.1 Veränderung der motorischen Fähig- und Fertigkeiten

Motorische Fähig- und Fertigkeiten spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung über die gesamte Lebensspanne. Dem Strukturmodell von Bös (2017) nach werden motorische Fähigkeiten in der ersten Ebene in konditionelle und koordinative Fähigkeiten unterteilt und in der zweiten Ebene in Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit. Die dritte Ebene bilden zusammengesetzte Fähigkeiten, wie z.B. Kraftausdauer, welche in dieser Arbeit nur eine untergeordnete Rolle spielen. Motorische Fertigkeiten sind definiert als

„Aufgabengruppe oder -klasse von zielgerichteten und bewussten Bewegungen mit vergleichbaren Abläufen und Funktionen, die durch Training, Erfahrung und Verstärkung modifizierbar sind“ (Schott & Voelcker-Rehage, 2023, S.400). Dabei kann es sich um sehr grundlegende Basisfähigkeiten handeln, wie Laufen und Gehen oder auch komplexe sportmotorische Fertigkeiten, wie Balancieren, Drehbewegungen oder Radfahren. Somit sind wichtige Alltagsaufgaben durch die motorischen Fähig- und Fertigkeiten geprägt, von den ersten Stehversuchen im Kleinkindalter, während der Ausübung alltäglicher grundlegender motorischer Bewegungsaufgaben wie Laufen und Greifen im Erwachsenenalter, bis hin zum Erhalt der Fähigkeit Treppen zu steigen oder von einem Stuhl aufzustehen im hohen Erwachsenenalter. Störungen im peripheren und zentralen Nerven-, sowie neuromuskulären System führen bei älteren Personen häufig zu Verschlechterungen der motorischen Fähigkeiten (Seidler et al., 2010). Dadurch kommt es zu einer unzureichenden Effizienz automatisierter Bewegungsabläufe und es entsteht eine Diskrepanz zwischen den erwünschten und den ausgeführten Bewegungen (van Swearingen & Studenski, 2014). Diese altersassoziierten Veränderungen können durch nachlassende konditionelle Fähigkeiten bedingt sein und unterliegen einem starken Einfluss des Alters. Im Folgenden werden die Veränderungen in Kraft und Beweglichkeit beschrieben und die Bereiche Ausdauer, Koordination und Schnelligkeit als übrige motorische Fähigkeiten nicht thematisiert, da diese mit dem Alterssimulationsanzug nicht primär als zu simulierende Ziele reklamiert werden.

Die Evidenz für eine nachlassende Muskelmasse und -funktion bei älteren Personen, ist hinreichend untersucht (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019). Ist diese Abnahme mit einer Reduzierung der Muskelfunktionen kombiniert, spricht man von einer Sarkopenie als klinisch relevante Degeneration (Maetzler et al., 2019). Bereits im jungen Erwachsenenalter ist eine Reduzierung der Muskelmasse zu verzeichnen, wobei bis zum 80. Lebensjahr ohne entsprechendes Training etwa 50 % verloren geht (Metter et al., 1997). Dieser Verlust an Muskelmasse wird begleitet von einem Rückgang der Kraftleistung und somit wird die relative Leistungsfähigkeit der Muskelfasern verringert (Clark & Manini, 2008; Cruz-Jentoft & Sayer, 2019; Metter et al., 1997). Die Ursachen hierfür sind noch nicht vollständig erforscht und weisen eine multifaktorielle Genese auf (López-Otín et al., 2023). Es konnte gezeigt werden, dass bestimmte Gene eine wichtige Rolle spielen, welche auf periphere Nerven- und Gehirnfunktionen Einfluss nehmen und die Regulierung der Muskelkraft steuern. Unter anderem ist hiervon die Fähigkeit, Muskelzellen angemessen zu rekrutieren betroffen und somit beeinflussen diese die

Handkraft (Tikkanen et al., 2018). Dies deutet darauf hin, dass das Nervensystem eine wichtige Funktion bei der Regulation und damit auch der Abnahme der Muskelkraft und Mobilität besitzt.

Zudem geht man davon aus, dass mit steigendem Alter die Regeneration der Muskulatur nach einer Störung, z.B. durch einen Trainingsreiz, weniger effizient verläuft. Dies ist teilweise auf eine geringe Zahl an Typ II Satellitenzellen zurückzuführen, welche für die Bildung neuer Typ II Muskelfasern mit verantwortlich sind (Verdijk et al., 2014). Darüber hinaus wird die Atrophie der Muskulatur durch eine Einlagerung von Fettgewebe in den Muskelzellen begleitet, was sich nachteilig auf den Muskelstoffwechsel und die Maximalkraft auswirkt (Wijsman et al., 2012), sowie eine prozentuale Verschiebung von schnellen Typ II Fasern zu langsamen Typ I Fasern bewirkt (Ciciliot et al., 2013). Dies kann zur Folge haben, dass ältere Personen neue für sie sicherere Bewegungsabläufe und Strategien entwickeln, um die schwindende Kraftleistung zu kompensieren. Beispielsweise konnte in einer Studie zum Treppensteigen gezeigt werden, dass älteren Personen deutlich näher an ihrer maximalen Kraftleistung agieren müssen als jüngere Studienteilnehmer:innen und daraufhin eine veränderte für sie sicherere Strategie wählten (Reeves et al., 2009). Somit ist davon auszugehen, dass ältere Personen sich an veränderte Fähigkeiten anpassen, was auch ein verändertes Gangbild erkennen lässt (Guadagnin et al., 2019; Ko et al., 2012).

Die genannten Defizite bei älteren Personen werden meist mittels geriatrischer, etablierter Testverfahren erfasst und im Verlauf dieser Arbeit genauer erläutert. Als Beispiel für die Überprüfung der Kraft gilt der Aufstehtest, bei dem die Personen die Aufgabe erhalten innerhalb von 30 Sekunden so häufig wie möglich vom Stuhl aufzustehen (Jones et al., 1999) oder eine Handkraftmessung bei der die maximale isometrische Greifkraft mit Hilfe eines Dynamometers erfasst wird (Bohannon, 2019). Alterssimulationsanzüge versuchen die nachlassende Kraftleistung mit den zusätzlichen Gewichten am Oberkörper und den Extremitäten nachzuahmen. Sie zielen mit der Gewichtsweste auf eine allgemein reduzierte Kraftleistung und Trägheit ab. Die Gewichte an Hand- und Fußgelenken sollen einen schwerfälligen und eingeschränkten Gang simulieren.

Einen weiteren essentiellen Faktor, der im Laufe des Alters abnimmt, jedoch für eine eigenständige und unabhängige Lebensführung von entscheidender Bedeutung ist, stellt die Beweglichkeit dar. Sie umfasst einerseits die Dehnfähigkeit, welche durch Muskeln, Sehnen,

Bänder und Gelenkkapseln bestimmt wird, als auch die Gelenkbeweglichkeit (Bös & Tittlbach, 2021). Mit zunehmendem Alter verändert sich sowohl diese Gelenkbeweglichkeit als auch die maximale Bewegungsamplitude und alltägliche Funktionen sind beeinträchtigt (Holland et al., 2002; Shields et al., 2010).

Eine signifikante Veränderung, welche die funktionelle Kapazität von Personen schmälert, ist ab etwa 70 Jahren zu erwarten (Stathokostas et al., 2013), wobei Frauen im höheren Alter meist noch beweglicher sind als Männer (Lohne-Seiler et al., 2016). Wenn ältere Menschen in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt sind, erfordert dies Anpassungen, die das Ausführen vertrauter Routinen erschweren können. Bisher wurde die Beweglichkeit als eigene Komponente in der Betrachtung der körperlichen Gesundheit älterer Personen vernachlässigt. In allgemeinen Handlungsempfehlungen für ältere Personen dominieren weiterhin die Hinweise zum Erhalt der Kraft und des Gleichgewichts (Jansen et al., 2021), jedoch spielt die Beweglichkeit zunehmend eine wichtige begleitende Rolle (Garber et al., 2011).

Mögliche Ursachen für eine abnehmende Beweglichkeit können strukturelle Veränderungen in der Muskulatur sein, wie eine zunehmende Steifigkeit einzelner Muskelfasern (Ochala et al., 2007) oder eine reduzierte Elastizität durch eine veränderte Kollagenzusammensetzung (Couppé et al., 2009), welche durch eine verschlechterte Zellteilung im betroffenen Sehngewebe verursacht werden kann (Kohler et al., 2013). In Summe führt dies zu einem steiferen Muskel-Sehnen-Komplex, was zur Folge hat, dass größere Kräfte generiert werden müssen, um die gleiche Veränderung in einem Gelenkwinkel zu erzeugen. Dies könnte mit Blick auf die genannten Veränderungen in der Muskulatur zu Problemen führen. Ein regelmäßiges Training könnte durch eine Steigerung oder den Erhalt der Flexibilität der Muskulatur einen protektiven Beitrag liefern. Aber auch typische altersbedingte Erkrankungen wie Arthrose führen durch eine schleichende Gelenksteifigkeit zu einer eingeschränkten Beweglichkeit und reduzieren die Bewegungsamplitude der Gelenke.

Die Alterssimulationsanzüge versuchen mittels Gelenkmanschetten, flexiblen Bändern oder auch einer Halskrause, die Beweglichkeit der Träger:innen einzuschränken. Damit wird die maximale Bewegungsamplitude verkleinert und eine mögliche altersbedingte Gelenksteifigkeit nachgeahmt.

Beschäftigt man sich mit potentiellen Alterungsprozessen und den daraus resultierenden Auswirkungen, so ist die Bedeutsamkeit des Gleichgewichts für die Gerontologie aktuell

allgegenwärtig (Jansen et al., 2021). Denn Gleichgewichtsstörungen spielen mit zunehmendem Alter eine immer wichtigere Rolle, da sie zu den häufigsten Ursachen für Stürze zählen (Cuevas-Trisan, 2019). Das Gleichgewicht beschreibt hierbei die Fähigkeit im Stehen (statisch) oder in Bewegung (dynamisch) die Schwankungen in medio-lateraler und anterior-posteriorer Bewegungsrichtung zu minimieren. Mit zunehmendem Alter nehmen diese posturalen Schwankungen zu (Abrahamova & Hlavacka, 2008; Era et al., 2006). Wenn sensorische Informationen aufgrund von Erkrankungen eingeschränkt sind, treten diese bei instabilem Untergrund besonders deutlich auf (Abrahamova & Hlavacka, 2008).

Das Gleichgewicht stellt somit die Fähigkeit zur posturalen Kontrolle dar, die ein komplexes System umfasst und die Aufrechterhaltung des motorischen Gleichgewichts sowie die Wiederherstellung nach Störungen einschließt (Horak, 2006). Dieses System wird durch das sensomotorische Subsystem des Nervensystems gesteuert und kontrolliert, wodurch neben Bewegungen auch die Körperstabilität gewährleistet wird. Unterschiedliche Rezeptoren des sensorischen Systems erfassen die Umwelt, liefern Informationen zu Gelenkwinkeln und bestimmen die Position im Raum. Im zentralen Nervensystem werden die Informationen verarbeitet und das motorische System leitet die Informationen an z.B. die Muskelfasern weiter, um durch Kontraktionen Bewegungen zum Erhalt der Stabilität durchzuführen (Gruber et al., 2023). Arbeiten einzelne Subsysteme weniger effizient, fällt es beispielsweise älteren Personen zunehmend schwerer, ihr Gleichgewicht zu kontrollieren und so passen sie ihre Bewegungen an, reduzieren ihre habituelle Laufgeschwindigkeit oder verkürzen ihre Schrittlänge, um eine gewünschte Sicherheit wieder zu erlangen (Winter et al., 1990). Das Gleichgewicht wird demnach inzwischen als situationsabhängige Fertigkeit charakterisiert (Turbanski & Schmidtbleicher, 2010). Anforderungen an das Gleichgewicht werden daher aufgabenspezifisch betrachtet, denn Studien konnten zeigen, dass die Übertragbarkeit auf nicht-trainierte Aufgaben gering ausfällt (Kümmel et al., 2016; Muehlbauer et al., 2012) und keine Korrelationen zwischen statischen und dynamischen Gleichgewichtsaufgaben festgestellt werden konnten (Karlsson & Frykberg, 2000; Turbanski & Schmidtbleicher, 2010).

Horak (2006) beschreibt das Gleichgewicht als Zusammenspiel aus sechs unterschiedlichen Komponenten, welche alle individuell gewichtet, einen Einfluss auf die posturale Kontrolle besitzen. Hierzu zählt sie (1) biomechanische Einschränkungen, wie die individuelle Sta-

bilitätsgrenze, welche bestimmt wird von der Unterstützungsfläche, Kraft und den Freiheitsgraden der Gelenke, (2) Strategien zum Erhalt des Gleichgewichts, bei der Reaktion und Antizipation entscheidend sind, (3) sensorische Strategien, welche die visuellen, somatosensorischen und vestibulären Informationen umfassen, (4) die Orientierung im Raum, bei der Wahrnehmungen z.B. der Umgebung oder des Untergrunds entscheidend sind, (5) die dynamische Kontrolle, die in Bewegung zum Tragen kommt und (6) kognitive Prozesse, welche die Aufmerksamkeit und die Lernfähigkeit betreffen. Die Komponenten Kraft und Beweglichkeit wurden bereits zuvor beschrieben, daher beschränkt sich der folgende Teil auf die sensorischen Fähigkeiten, welche als Ursache für eine Verschlechterung des Gleichgewichts oftmals genannt werden und mit zunehmendem Alter häufiger auftreten.

Die unterschiedlichen Alterssimulationsanzüge versuchen ein schlechteres Gleichgewicht durch die Beeinträchtigung der sensorischen Wahrnehmung mit Hilfsmitteln wie einer Brille, einem Gehörschutz, Überschuhen mit weichen Sohlen, Zusatzgewichten an den Fuß- und Handgelenken oder auch Handschuhen nachzuahmen. Aber auch die Gewichtsweste erschwert den Träger:innen Bewegungen auszuführen und erfordern eine Kompensation, welche das Gleichgewicht beeinträchtigen kann.

2.2.2 Physiologische Veränderungen im zentralen und peripheren Nervensystem

Da das zentrale Nervensystem für die Entwicklung im Alter und unter anderem für das Gleichgewicht eine große Bedeutung darstellt, werden hier in diesem Abschnitt Grundlagen dargelegt und Zusammenhänge beschrieben. Zumal einige Hirnareale eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen des Alters zeigen, was womöglich eine direkte Auswirkung auf die motorische Leistungsfähigkeit besitzt (Baezner et al., 2008; Raz et al., 2005; Seidler et al., 2010). Wenn Personen im Alter einen Schlaganfall erleiden oder eine Parkinson Erkrankung sichtbare Folgen hat, dann erscheinen Schädigungen der kortikalen und subkortikalen Hirnstruktur, welche den Verlust motorischer Kontrolle erklären, logisch und nachvollziehbar (Wu et al., 2010). Jedoch zeigen Studien, dass mit zunehmendem Alter eine ansteigende Atrophie des Gehirnvolumens zu erkennen ist (Takao et al., 2012) sowie eine Reduzierung des präfrontalen Cortex (Salat et al., 2004). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass eine Abnahme der Nervenleitgeschwindigkeit mit zunehmendem Alter in Zusammenhang steht (Rivner et al., 2001). Folglich passt der Mensch seinen Bewegungsablauf an und ordnet oder lernt diesen womöglich neu, um die Automatisierung so effizient wie möglich zu gestalten.

Auch in der Muskulatur treten Veränderungen auf und es kommt zu einer Reduzierung der motorischen Einheiten, einer verringerten Maximalkraft und einer langsameren Kontraktionsgeschwindigkeit. Ermüdungserscheinungen sind die Folgen, welche einen unmittelbaren Einfluss auf die motorischen Fähig- und Fertigkeiten besitzen (Hunter et al., 2016; Laidlaw et al., 2000). Dies beeinträchtigt unter anderem das Laufen und betroffene Personen müssen sich durch vielfaches Üben Bewegungsabläufe neu aneignen oder eine Bewegung, z.B. durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit anpassen, um wieder die gewünschte Sicherheit zu gewinnen (Baezner et al., 2008). Eine reduzierte Laufgeschwindigkeit bei älteren Personen ist ein typisches Phänomen, welches bereits als sogenanntes „sechstes Vitalzeichen“ postuliert wird (Middleton et al., 2015).

Insbesondere die Zusatzgewichte der Alterssimulationsanzüge sollen die verringerte motorische Leistungsfähigkeit, durch eine eingeschränkte Bewegungsgeschwindigkeit und früher eintretende Ermüdungserscheinungen vermitteln.

2.2.3 Veränderungen der sensorischen Fähigkeiten

Mit fortgeschrittenem Alter sind auch die sensorischen Funktionen häufig von Abbauprozessen betroffen und es kommt vermehrt zu visuellen, auditiven, taktilen oder vestibulären Problemen. Meist liegen diesen Prozessen neuronale Veränderungen zugrunde, wobei multisensorische Beeinträchtigungen bei etwa 30 % der 70-79-jährigen auftreten (Brenowitz et al., 2019). In Verbindung mit altersbedingten Erkrankungen, wie Diabetes Typ-II oder Demenz treten sensorische Defizite häufiger auf (Fischer et al., 2015; Mitchell et al., 2009).

Die sogenannte „Altersschwerhörigkeit“ ist hierbei eine fortschreitende Abnahme der beidseitigen Hörfähigkeit. Als schwerhörig bezeichnet die WHO Personen, welche einen Hörverlust von mehr als 35 Dezibel aufweisen (World Health Organization, 2023). Zudem ist davon auszugehen, dass die Prävalenz eines Hörverlustes sich mit jedem Jahrzehnt verdoppelt (Lin et al., 2011). So ist es nicht verwunderlich, dass bereits ca. 20 % der Personen über 60 Jahren hiervon betroffen sind und besonders Hochtöne nur noch schlecht wahrnehmen. In der Gruppe der über 70-jährigen sind es bereits zwei Drittel, die einen erheblichen Hörverlust aufweisen, welcher ihre alltägliche Kommunikation beeinträchtigt (Lin et al., 2011). Innerhalb der Medizin wird der Hörverlust weiterhin als weniger relevant betrachtet, obwohl Studien darauf verweisen, dass dieser den kognitiven Abbau und das Risiko an einer Demenz zu erkranken beschleunigen kann und zudem häufig ein schlechteres Gleichgewicht bedingt (Albers et al.,

2015). Ursachen für einen Hörverlust können Stressoren auf die cochleären Haarzellen im Innenohr sein, welche die Reize in elektrische Aktivität umwandeln oder Erkrankungen des Außen- oder Mittelohrs im Laufe des Lebens, sodass die Übertragung des Schalls zum Innenohr beeinträchtigt ist (Cunningham & Tucci, 2017). Diese Stressoren können die Auswirkungen von übermäßigem Lärm, ototoxischen Medikamenten wie Antibiotika oder Diuretika sein. Aber auch eine schleichende Abnahme an Haarzellen tritt im Alter häufiger auf und hat einen irreversiblen Verlust zur Folge (Cunningham & Tucci, 2017). In Summe ist davon auszugehen, dass mit zunehmendem Alter eine steigende Zahl an Personen von Höreinschränkungen betroffen sind und dies daher ein typisches Phänomen des Alterungsprozesses darstellt.

Das Gefühl einer reduzierten Geräuschwahrnehmung versuchen Alterssimulationsanzüge den Träger:innen durch einen Schall- oder Gehörschutz, wie Ohrstöpseln oder Kopfhörer zu vermitteln.

Auch visuelle Einschränkungen treten mit zunehmendem Alter häufiger auf. Eine Sehschwäche ist eine der häufigsten Einschränkungen im *dritten* und *vierten Lebensalter*. Durch eine schleichende physiologische Abnahme der Kontrastwahrnehmung fällt es älteren Personen zunehmend schwerer sich an unterschiedliche Lichtbedingungen anzupassen. Die Gründe hierfür setzen oft bereits zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr ein, wenn die Flexibilität der Linse abnimmt. Dies ist teilweise auf Veränderungen in den Proteinstrukturen der Linse zurückzuführen (Donaldson et al., 2017). Typische Erkrankungen der Augen spielen hierbei ebenfalls eine wichtige Rolle, wie der graue Star, welcher durch eine Destabilisierung der Proteinstrukturen der Linse ausgelöst werden kann und diese kontinuierlich trübt (Donaldson et al., 2017). Aber auch weitere altersbedingte Veränderungen sind verantwortlich für mögliche Einschränkungen der Sehfähigkeit. Ein Beispiel hierfür ist die Abnahme der retinalen Ganglienzellschicht, die pro Dekade um rund 3 % im Bereich der Netzhaut am gelben Fleck verringert wird. Dies hat zur Folge, dass die Kontrast- und Farbwahrnehmung beeinträchtigt werden und das Gesichtsfeld eingeschränkt wird (Chauhan et al., 2020). Alternativ kann es auch zu einer degenerativen Verengung der Pupillenweite kommen, wodurch weniger Licht ins Auge gelangt und die Kontrastwahrnehmung verringert wird (Owsley, 2016).

Mit speziellen Brillen wird den Träger:innen eines Alterssimulationsanzuges der Eindruck vermittelt, unter einer typischen altersbedingten Augenerkrankung zu leiden. Hierbei

soll eine starke verminderte Sehfähigkeit durch verkleinerte Sichtfenster in den Gläsern nachgeahmt oder lediglich die Kontrastwahrnehmung durch farbliche Gläser gemindert werden. Meist wird eine einfache Form genutzt, die einer Skibrille gleicht, welche die Kontrastwahrnehmung reduziert und vorwiegend ein eingeschränktes Sichtfeld simuliert.

2.2.4 Biomechanische Veränderungen des Gehens im Alter

Dieses Kapitel beschränkt sich auf die biomechanischen Veränderungen im Geradeausgehen und legt einen Fokus auf Veränderungen, welche damit in Verbindung stehen. Viele der zuvor genannten Einschränkungen besitzen einen starken Einfluss auf die Biomechanik und werden abschließend nochmals thematisiert und in Zusammenhang gebracht.

Noch vor einigen Jahren fehlten viele Kenntnisse über die zugrundeliegenden Mechanismen biomechanischer Abweichungen beim Gehen von der Norm. Inzwischen geht man davon aus, dass dies ein Zusammenspiel der zuvor thematisierten sensorischen Einschränkungen und der muskuloskelettalen Degeneration ist (McGibbon, 2003). Diese Arbeit legt einen Fokus auf die biomechanischen Veränderungen im Geradeausgehen mit einem Schwerpunkt auf den unteren Extremitäten, sodass diese im Folgenden genauer erläutert werden. Die Bedeutung der oberen Extremitäten, wie der Armschwung, gewinnt in den letzten Jahren für eine sichere Fortbewegung zunehmend an Bedeutung und eröffnet Möglichkeiten, welche jedoch eine eigenständige Forschungsarbeit füllen könnte und deshalb hier nicht weiter berücksichtigt wird (Matuszewska & Syczewska, 2023; Meyns et al., 2013; Thomas et al., 2021). Weiterhin wird die Veränderung des Gehens durch Tragen eines Alterssimulationsanzugs mit jüngeren und älteren Studienteilnehmer:innen betrachtet. Anhand der Literatur wurden in den Publikationen sensitive Zeitpunkte während des Gangzyklus synthetisiert, welche einen relevanten Unterschied zwischen jüngeren und älteren Personen vermuten lassen.

Das Fußgelenk spielt eine wichtige Rolle während des Gangzyklus. Es ist mit zunehmendem Alter weniger flexibel und weist häufig eine Muskelschwäche der Dorsiflexoren auf (Scott et al., 2007, Alam, 2014). Dies kann durch die zuvor genannten Veränderungen dazu führen, dass der Fuß nicht mehr ausreichend angehoben werden kann und der Abstand zwischen Boden und Fußspitze reduziert wird. Da der Fuß während der Schwungphase (siehe Abbildung 2) nahe am Boden vorbeigeführt wird, kann dies zu einem unbeabsichtigten Kontakt mit dem Boden führen und die Sturzgefahr erhöhen (Barrett et al., 2010; Pijnappels et al., 2008). Boyer

et al. (2017) beschreiben in ihrem Review zudem die reduzierte Bewegungsamplitude des Fußgelenks älterer Personen. Diese umfasst eine reduzierte Plantarflexion (Abdrücken der Fußspitze) beim Verlassen des Fußes vom Boden sowie eine geringere Dorsiflexion (Anheben des Fußes) beim Fersenkontakt. Studien konnten jedoch zeigen, dass ältere Personen die weiterhin aktiv waren, hier kaum Unterschiede zu Jüngeren aufweisen (Boyer et al., 2012).

Der Kniewinkel, eine weitere wichtige Komponente, scheint bei aktiven älteren Personen im Allgemeinen nur geringe Unterschiede erkennen zu lassen. Ältere Personen weisen tendenziell eine veränderte Bewegungsamplitude im Kniewinkel auf als Jüngere (Boyer et al., 2017). Dies könnte auf neuromuskuläre Degenerationen im Alter zurückzuführen sein, wie eine schlechtere Ansteuerung der beteiligten Muskelgruppen (McGibbon, 2003; Schmitz et al., 2009). Bei gleichen Laufgeschwindigkeiten erscheinen die Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Personen deutlicher und jüngere Personen haben einen gestreckteren Kniewinkel beim initialen Fersenkontakt und eine stärkere Beugung während der Schwungphase (Begg & Sparrow, 2006; Boyer et al., 2017). Während dem Geradeausgehen scheinen altersbedingte Unterschiede im Hüftwinkel ebenfalls gering, jedoch signifikant. So wiesen in einer Studie ältere Personen eine größere Beugung in der Hüfte zum Zeitpunkt des initialen Fersenkontakts auf (Anderson & Madigan, 2014) und eine geringere Streckung während der Abdruckphase (Kerrigan et al., 2001).

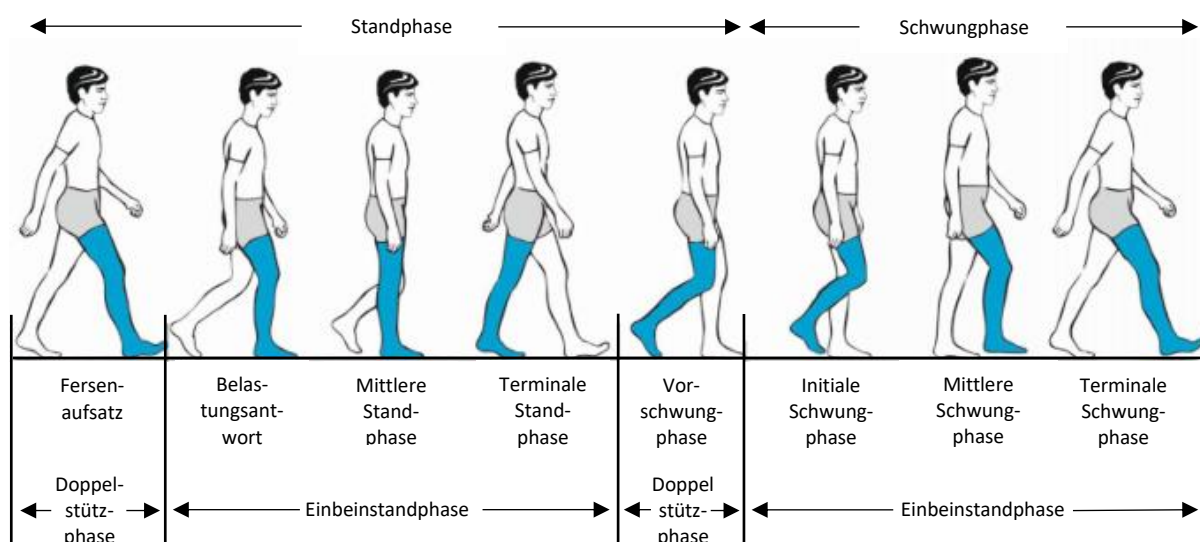


Abbildung 2: Darstellung eines Gangzyklus (aus Pirker & Katzenschlager, 2017): Nach dem initialen Fersenaufsatz, während der Belastungsantwort, senkt das Sprunggelenk den Fuß kontrolliert zum Boden. Der Kniewinkel ist leicht gebeugt und streckt sich zunehmend zur mittleren Standphase. Während der mittleren Standphase ist das Knie nahezu gestreckt und das Sprunggelenk wird dorsal gebeugt, um den Körperschwerpunkt nach vorne zu verlagern. In der terminalen Standphase erzeugt die Plantarflexion eine Vorwärtsbewegung, sodass der Fuß den Boden für die Vorschwungphase verlassen kann. Während der Schwungphase wird das Sprunggelenk dorsal gebeugt und das Knie gebeugt, sodass der nächste Fersenaufsatz vorbereitet werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Prozess des Älterwerdens über die gesamte Lebensspanne hinweg Veränderungen mit sich bringt, an die sich ein Individuum anpassen muss. Selbst bei gesundem Altern (ohne Krankheit) führt eine Verringerung der physiologischen Belastbarkeit zu körperlichen Beeinträchtigungen, Mobilitätseinschränkungen, einer geringeren Unabhängigkeit und reduzierten Lebensqualität (Lally & Crome, 2007). Wann und wie drastisch diese jedoch eintreten, wird durch viele Faktoren bestimmt. Die oben aufgeführten Bereiche wurden für eine bessere Übersichtlichkeit isoliert dargestellt und enthalten nur eine Zusammenfassung möglicher Ursachen, ohne eine absolute Vollständigkeit gewährleisten zu können. Nichtsdestotrotz, wird bereits in einigen Abschnitten klar, dass es starke Zusammenhänge gibt. So haben beispielsweise die Kraft und Beweglichkeit einen großen Einfluss auf die Motorik und Biomechanik. Neuronale Degenerationen und Erkrankungen können ursächlich sein, wie auch Bewegungseinschränkungen oder eine Osteoarthritis, welche zu den häufigsten nicht-neurologischen Gründen zählt (Mahlknecht et al., 2013). Aber auch das Gleichgewicht ist mitunter ein wichtigstes Indiz für nachlassende Mobilitätsleistungen und wird unter anderem durch eine verminderte sensorische Wahrnehmung beeinträchtigt (Gadkaree et al., 2016). Die Fähigkeit zu Gehen und alltägliche Bewegungen auszuführen, ist somit abhängig von vielen Faktoren, wozu z.B. die Gelenkbeweglichkeit, die sensorischen Fähigkeiten und das richtige Timing der Muskelkontraktionen gehören (Rubenstein, 2006). Es ist somit immer ein Zusammenspiel aus den Voraussetzungen, die jeder Mensch in unterschiedlicher Ausprägung mitbringt. Sind gewisse Bereiche durch Erkrankungen oder altersbedingte Veränderungen eingeschränkt, kann dies zu einer erhöhten Sturzangst führen, insbesondere, wenn Personen bereits zuvor gestürzt sind, was zu einer Reduzierung der konditionellen Fähigkeiten durch eine anschließende geringere körperliche Aktivität führen kann und langfristig wiederum das Sturzrisiko zusätzlich erhöht (Rubenstein, 2006).

Ob ein Alterssimulationsanzug in der Lage ist Einschränkungen, wie zuvor beschrieben, zu simulieren und vergleichbare Wahrnehmungen nachzuahmen, ist eine Frage, welche mit dieser Dissertation aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet wird. Da der Fokus dieser Arbeit jedoch nicht nur auf der Simulation von möglichen körperlichen Veränderungen, sondern auch auf psychologischen Veränderungen im Alter liegt, soll auf letztgenanntes im Folgenden näher eingegangen werden.

2.3 Psychologische Betrachtung des Alterungsprozesses

Über viele Jahre hinweg wurde der Alterungsprozess eindimensional betrachtet, so dass davon ausgegangen wurde, dass die Entwicklung mit geringen Ausreißern und Abweichungen geradlinig verläuft und Personen mit zunehmendem Alter weniger zu leisten im Stande sind. Hierbei standen die rein biologischen Prozesse im Vordergrund und es dauerte bis in die 1950er Jahre bis die Psychologie einen Stellenwert erhielt (Wahl & Heyl, 2015). Es etablierte sich die Erkenntnis, dass die Psyche einer Person eine substantielle Rolle spielt und das Konzept des Alterns weit über die medizinischen und biologischen Veränderungen hinaus geht. So entstand die psychologische Altersforschung als eigenes Fachgebiet innerhalb der Psychologie (Elsässer et al., 2017).

Lange Zeit dominierte in der Wissenschaft die Meinung, dass Altern oder Alt sein überwiegend von Abbauprozessen, Einsamkeit und Gebrechen begleitet wird (Diehl et al., 2020). Dieses Bild hat sich inzwischen zum Besseren gewandelt und so wird Altern als lebenslanger Adaptationsprozess an Entwicklungen und Veränderungen verstanden, bei dem Gewinne und Verluste in jeder Lebensphase existieren, sich der Anteil an Verlusten in späteren Lebensjahren jedoch verstärkt (Baltes et al., 2006; Baltes & Baltes, 1990).

Die psychologische Altersforschung beschäftigt sich mit den Prozessen des Älterwerdens und den Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden, auf die kognitiven Funktionen, das Verhalten und die sozialen Beziehungen älterer Menschen (Elsässer et al., 2017; Wahl et al., 2008). Sie strebt danach, ein umfassendes Verständnis der psychologischen Veränderungen, der individuellen Unterschiede und der sozialen Dynamik im Zusammenhang mit dem Altern zu gewinnen. Indem sie sowohl die individuelle Perspektive als auch die gesellschaftlichen Ansichten berücksichtigt, trägt sie dazu bei, ein differenziertes Bild des Alterns zu zeichnen und die Lebensqualität älterer Menschen zu verbessern.

Ein zentrales Paradigma in der psychologischen Altersforschung ist die *Lebensspannenperspektive* nach Baltes et al. (2006), welche sechs Aspekte als Grundlage für das Verständnis von Verhalten und Entwicklung im höheren Lebensalter betrachtet. Dies wird auch hinsichtlich der folgenden Teilbereiche dieser Arbeit berücksichtigt und wird im Anschluss kurz erläutert. Sie geht davon aus, (1) dass Altern ein lebenslanger Prozess ist (*Gleichwertigkeit*) und (2) alle Lebensphasen eine Bedeutung für die Entwicklung der Persönlichkeit besitzen

(*Kontextualität*). (3) Dass Altern von *Gewinnen und Verlusten* begleitet wird und (4) Entwicklungen auf unterschiedlichen Ebenen in verschiedenen Richtungen und Geschwindigkeiten verlaufen können (*Multidimensionalität und Multidirektionalität*). (5) Weitere Grundannahme ist das Verständnis, dass Entwicklung plastisch ist und durch die Umwelt beeinflusst werden kann (*Plastizität*), sowie (6) die Überzeugung, dass diese stets eingebettet ist in einen historisch-gesellschaftlichen Kontext und durch Umwelteinflüsse geformt wird (*lebenslange Entwicklung*) (Wahl & Diegelmann, 2015).

Die zuvor beschriebenen Punkte machen deutlich, Alterungsprozesse unterliegen genetischen, Umwelt- und sozialen Einflüssen. Ältere Personen stellen eine überaus heterogene Gruppe dar und es gibt nicht „den oder die typische 80-Jährige/n“. Jedoch bestehen weiterhin vorwiegend negative Altersbilder und Missverständnisse in der Gesellschaft, wie Diehl et al. (2020) in ihrem Artikel „*Optimizing Aging: A Call for a New Narrative*“ beschreiben. Sie führen auf, dass Älterwerden für Erwachsene meist mit negativen Aspekten assoziiert wird, wie (1) Verlust und Abbau, (2) Veränderungen außerhalb der eigenen Kontrolle, (3) altersbedingten Einschränkungen, die dauerhaft und irreversible sind und (4) der Tatsache, dass ältere Personen als Belastung für die Gesellschaft wahrgenommen werden (Diehl et al., 2020, S. 578). Solche Altersstereotypen und negative Einstellungen können das Verhalten gegenüber älteren Personen bei Ärzt:innen, pflegenden Angestellten oder allgemein in der Gesellschaft festigen und das Leben älterer Menschen erschweren. Darüber hinaus beziehen Menschen diese Bilder nicht nur auf andere, sondern mit steigendem Alter auch auf sich selbst. Über das gesamte Leben hinweg verinnerlicht der Mensch demnach Altersstereotypen durch eigene Erfahrungen oder z.B. ein in Medien vermitteltes positives wie negatives Bild von älteren Personen (Ayalon et al., 2021; Levy et al., 2022). Diese bezieht er/sie lange auf eine Gruppe von Personen, denen er/sie nicht angehört, welcher er/sie jedoch unweigerlich zugehören wird, sofern dieses Alter erreicht wird (Levy, 2003).

Das anschließende Kapitel unterteilt sich deshalb in zwei Bereiche. Es umfasst zum einen die generelle Wahrnehmung älterer Personen als Gruppe, im Folgenden als *general views on aging* bezeichnet, zum anderen wird das subjektive Erleben des Alters und des eigenen Älterwerdens beschrieben, im Folgenden als *personal views on aging* bezeichnet. Zusätzlich wird auch hierbei angestrebt den Bezug zu einer Alterssimulation herzustellen.

2.3.1 Altersstereotypen und *general views on aging*

Der Prozess des Älterwerdens kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. Die *general views on aging* beziehen sich hierbei auf die Vorstellung des Einzelnen im Allgemeinen über das Alter, Älterwerden oder ältere Menschen als Gruppe (Wurm et al., 2017). Jeder Mensch entwickelt eigene Ansichten über das Alter, welche als Altersbilder bezeichnet werden und sowohl individuelle als auch gesellschaftliche Perspektiven auf das Alter, ältere Menschen und den Zustand des Altseins selbst umfassen. Sie können vielfältig und sowohl positiv als auch negativ behaftet sein und werden durch persönliche Erfahrungen und den kulturellen Einfluss geprägt (Wurm, 2021). Die Wahrnehmung älterer Menschen hat sich in den vergangenen Jahren verbessert (Beyer et al., 2017). Jedoch hatte die Pandemie kurzzeitig dazu geführt, dass wieder vermehrt auf frühere negative Stereotypen zurückgegriffen wurde und Personen bereits ab dem Alter von 60 Jahren pauschal als vulnerable, zu schützende Gruppe stigmatisiert wurden (Ayalon et al., 2021).

Es gibt eine solide empirische Evidenz für die Auswirkungen individueller Vorstellungen über das Alter auf die Gesundheit und Lebenserwartung älterer Menschen (Wahl & Kornadt, 2022). In experimentellen Studien wurde der Einfluss von negativen und positiven Altersstereotypen durch Manipulation untersucht und es konnte gezeigt werden, dass die Verstärkung positiver Altersbilder beispielsweise die Laufgeschwindigkeit (Hausdorff et al., 1999) und Merkfähigkeit (Levy, 1996) bei älteren Teilnehmer:innen verbesserte. Wurden den Studienteilnehmer:innen hingegen negative Altersbilder vor physischen oder kognitiven Untersuchungen unterschwellig präsentiert, zeigten die Teilnehmer:innen beispielsweise ein schlechteres Gleichgewicht (Levy & Leifheit-Limson, 2009) oder eine reduzierte Merkfähigkeit (Levy, 1996). Zudem war der Einfluss größer, wenn die Stereotypen mit den zu erfassenden Outcomes assoziiert werden konnten. Dies deutet darauf hin, dass die eigenen Stereotypen Erwartungen erzeugen, die sich zu einer größeren Wahrscheinlichkeit selbst erfüllen, wenn zwischen den Stereotypen und den Outcomes eine Übereinstimmung besteht. Dies geht zurück auf die *self-fulfilling-prophecy* Theorie. Diese beschreibt das Phänomen, dass die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer unbewussten Verhaltensänderung erhöht werden kann, allein durch die Erwartungshaltung, in diesem Fall dem Stereotyp. Somit können Altersstereotypen, welche ältere Personen von sich und ihrer Altersgruppe besitzen, einen unmittelbaren Einfluss auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität haben (Levy & Leifheit-Limson, 2009).

2.3.2 Wahrnehmung des (eigenen) Älterwerdens – *personal views on aging*

Im Gegensatz zu den *general views on aging* beziehen sich die *personal views on aging* auf die Wahrnehmung und die Erfahrungen mit dem eigenen Alterungsprozess und dem Zustand des Altseins selbst (Miche et al., 2014). Sie basieren auf Verhaltenserfahrungen, der eigenen Biographie und Persönlichkeit (Wurm & Kornadt, 2021). Wie ältere Menschen ihr eigenes Älterwerden wahrnehmen ist vielschichtig, komplex und entwickelt sich über Kohorten hinweg unterschiedlich. Die Wahrnehmung des eigenen Älterwerdens hat sich in den vergangenen Jahrzehnten gewandelt und Forschungsergebnisse zeigen, dass diese individuellen Perspektiven sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf den individuellen Alterungsprozess haben können (Huy et al., 2010; Kessler & Bowen, 2015; Levy & Myers, 2004). Persönlichkeitsmerkmale, wie auch das subjektive Alter und die Einstellung zum eigenen Älterwerden spielen für die *Lebensspannenperspektive* eine tragende Rolle. Empirische Befunde legen nahe, dass Persönlichkeitsmerkmale (z.B. geringe Neurotizismuswerte, Offenheit für neue Erfahrungen) und eine positive Einstellung zum eigenen Älterwerden eine wichtige Grundlage für ein gesundes Altern bilden und als Schutzfaktor dienen können (Jackson et al., 2017; Levy & Myers, 2004; Sutin et al., 2013). Positive Persönlichkeitsmerkmale (wie z.B. ausgeprägte Gewissenhaftigkeit) beeinflusst zusätzlich das gesundheitsförderliche Verhalten von der Kindheit über das gesamte Erwachsenenalter und wirkt sich bis ins hohe Alter aus (Bogg & Roberts, 2013; Wettstein et al., 2020).

Umweltfaktoren spielen in jeder Lebenssituation eine wichtige Rolle und können langfristige Auswirkungen haben. Levy (2021) beschreibt mit ihrer *stereotype embodiment* Theorie, dass die Gesundheit älterer Menschen durch Altersstereotypen beeinflusst werden. Sie besagt, dass über die gesamte Lebensspanne Altersstereotypen durch kulturelle Einflüsse und die Gesellschaft geprägt, mit zunehmendem Alter internalisiert werden und schließlich Auswirkungen auf die Gesundheit besitzen. Bereits in früheren Arbeiten konnte sie den Zusammenhang zwischen einer positiven Selbstwahrnehmung des Alterns und der Lebenserwartung aufzeigen (Levy et al., 2002). Welchen Einfluss eine positive Wahrnehmung besitzen kann, konnten auch Stephan et al. (2013) in ihrer experimentellen Arbeit zeigen. Sie demonstrierten, dass eine simple positive Rückmeldung zur Einordnung der persönlichen Leistung bei einer Handkraftmessung im Vergleich zu Personen gleichen Alters und Geschlechts, das subjektiv empfundene Alter von Studienteilnehmer:innen reduzierte. Somit kann die eigene Wahrnehmung leicht durch Altersstereotypen und den Kontext beeinflusst werden.

2.4 Alterssimulation aus psychologischer Perspektive

Die aktuelle Studienlage zu den Auswirkungen einer Alterssimulation auf psychologischer Ebene zeigt ein sehr einseitiges Bild. Es werden lediglich Auswirkungen auf die Sichtweise der Studienteilnehmer:innen auf ältere Personen als Gruppe betrachtet mit der Frage, ob sich die Einstellung zu Ihnen durch die jeweiligen Interventionen verändern. Völlig außer Acht gelassen wurden hierbei bisher die *personal views on aging*, welche die persönlichen Einstellungen zum Alter und die Wahrnehmung zum eigenen Älterwerden betrachten. Manuskript IV und V dieser Arbeit befassen sich explizit mit diesem Thema und untersuchten ob eine Simulation des Alters Veränderungen in diesen Bereichen bewirken kann. Hierzu zählt auch die subjektive Wahrnehmung des eigenen Alters, welches im folgenden Abschnitt thematisiert wird.

2.4.1 Subjektives Alter – wie alt macht der Anzug?

Unser gefühltes Alter entspricht zu fast keinem Zeitpunkt im Leben unserem kalendrischen Alter. Der Begriff des subjektiven Alters spielt in der Wahrnehmung des eigenen Älterwerdens eine zentrale Rolle. Individuen interpretieren ihr eigenes Alter unterschiedlich im Verlaufe ihres Lebens. Das subjektive oder selbst wahrgenommene Alter wird im Allgemeinen als das gefühlte Alter definiert (Settersten & Mayer, 1997). Wie in einer Meta-Analyse von Pinquart und Wahl (2021) gezeigt, fühlen sich Kinder noch etwa drei Jahre älter, wohingegen Studienteilnehmende über 60 Jahre sich zwischen 10 und 21 Jahre jünger fühlen. Betrachtet man das Erwachsenenalter, dann steigt mit zunehmendem chronologischen Alter die Zahl an Personen, die sich jünger fühlen und die Differenz zwischen chronologischem und subjektivem Alter nimmt im Querschnitt weiter zu (Rubin & Berntsen, 2006). Die Phase des aufstrebenden Erwachsenenalters scheint hierbei einen Wendepunkt darzustellen, bei dem sich die Personen ab der Mitte dieser Dekade (etwa dem 25. Lebensjahr) beginnen, jünger zu fühlen (Nelson & Barry, 2005). Es stellt sich die Frage, inwiefern der Alterssimulationsanzug eine Möglichkeit bietet das subjektive Alter zu verändern. Darüber hinaus stellt der Anzug einen Manipulationscheck dar, d.h. ob die in geriatrischen Assessments erfassten Einschränkungen auch dem subjektiv empfundenen Alter entsprechen. In den folgenden Manuskripten IV und V wurde das subjektive Alter der Personen eindimensional erfasst („Wie alt fühlen Sie sich?“) und sowohl vor als auch nach der Intervention mit dem Alterssimulationsanzug erfragt. Die Manuskripte IV und V befassten sich neben vielen Komponenten der *personal views on aging* auch

mit dem subjektiven Alter und der Differenz zum chronologischen Alter vor und nach der Erfahrung mit dem Anzug.

2.5 Der Übergang vom dritten zum vierten Lebensalter

Um zu verstehen, welches Alter mit einer Alterssimulation adressiert werden kann, wurden zunächst altersassoziierte körperliche und psychologische Veränderungen im höheren Alter beschrieben. Da das Ziel dieser Arbeit darin bestand, zu überprüfen ob mit einem Alterssimulationsanzug derartige Einschränkungen simuliert werden können, werden im Folgenden die Begriffe des *dritten* und *vierten Lebensalters* nochmals definiert, sodass klar wird, welche Einschränkungen bei einer Simulation aus psychologischer und sportwissenschaftlicher Perspektive erreicht werden müssen, um von einer realistischen Wirksamkeit sprechen zu können.

Die Einteilung des späteren Erwachsenenalters wurde durch die Arbeiten von Neugarten (1975) geprägt, welche die Begriffe "Young-olds" (60-74 Jahre) und "Old-olds" (75+ Jahre) einführte. Dabei berücksichtigte sie nicht nur das chronologische Alter, sondern auch die Lebensweise und die Fähigkeiten der Menschen. Aufgrund medizinischer und sozialer Entwicklungen haben sich diese Alterskategorien seither verschoben und werden dies bei ansteigender Lebenserwartung auch weiterhin. In der Forschung sind die folgenden Alterskategorien gängig, wobei leichte Unterschiede zwischen den verschiedenen Disziplinen bestehen: Junge Erwachsene (18-39 Jahre), Erwachsene im mittleren Alter (40-59 Jahre), junge Ältere (60-69 Jahre), ältere Erwachsene (70-79 Jahre) und Hochaltrige (80+ Jahre).

Mit zunehmendem Alter haben die Herausforderungen im Umgang mit chronischen Krankheiten und Beeinträchtigungen der körperlichen, sensorischen und kognitiven Funktionen tiefgreifende Auswirkungen auf das tägliche Leben, wie zuvor intensiv erläutert. Dank medizinischer Fortschritte können heute Erkrankungen, die in der Vergangenheit die Mortalitätsrate erhöht haben, behandelt werden und ältere Menschen behalten ihre Alltagskompetenz trotz einer Vielzahl von Begleiterkrankungen weitgehend bei. Dies führt jedoch dazu, dass die klare Unterteilung der Altersgruppen nicht immer präzise ist und dem Prinzip der Gleichbehandlung möglicherweise widerspricht.

Das *dritte Lebensalter*, das mit dem Eintritt in den Ruhestand beginnt, wird von vielen als aktive Phase für soziale Aktivitäten wahrgenommen und die Mehrheit dieser Altersgruppe

genießt eine gute Gesundheit (Neugarten, 1974). Dennoch sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass auch innerhalb dieser Bevölkerungsgruppe eine Heterogenität vorliegt, begleitet von vielfältigen Unterschieden in Gesundheit, sozialen Umständen und finanziellen Ressourcen. Es umfasst etwa den Zeitraum ab dem 65. oder inzwischen zunehmend weiter verbreitet dem 70. bis 79. Lebensalter.

Der Übergang vom *dritten* zum *vierten Lebensalter* beschreibt eine deutliche Verschlechterung der Lebenssituation. Die Ergebnisse des deutschen Alterssurveys von 2002 veranschaulichen dies eindrucksvoll. Die Daten zeigen, dass etwa 40 % der Menschen im Alter von 40 bis 54 Jahren im Durchschnitt an zwei Erkrankungen leiden, während dieser Prozentsatz bei den 70- bis 85-Jährigen auf 79 % ansteigt (Wurm & Tesch-Römer, 2006). Das *vierte Lebensalter* ist demnach geprägt von einer zunehmenden Verschlechterung des Gesundheitszustandes und einer nachlassenden Mobilität. Es kennzeichnet die späte Lebensphase, die von hoher Abhängigkeit und Vulnerabilität geprägt ist (Baltes & Smith, 2003). Hier sehen sich Menschen mit wachsenden physischen, kognitiven und sozialen Einschränkungen konfrontiert. Im *vierten Lebensalter* steigt der Bedarf an Unterstützung und Pflege, da individuelle Ressourcen abnehmen und die täglichen Herausforderungen zunehmen. Viele Personen in dieser Altersgruppe leiden unter einer steigenden Anzahl von Begleiterkrankungen, die ihre Alltagskompetenz beeinträchtigen und das Bild älterer Menschen in der Gesellschaft prägen (Jacobs et al., 2012). Es ist demnach klar gekennzeichnet durch körperliche Einschränkungen und häufig begleitet durch eine Abnahme an kognitiven Ressourcen.

3 Ziele & Fragestellung - motorische und psychologische Effekte

Aufbauend auf den zuvor beschriebenen Forschungslücken liegt der Fokus dieser Dissertation auf den physischen und psychologischen Auswirkungen einer Alterssimulation und verfolgt zudem das Ziel die realistische Wirksamkeit einer solchen Intervention zu überprüfen. Die einzelnen Publikationen werden im Folgenden erläutert.

(1) Um die aktuelle Studienlage zu beleuchten wurde im ersten Schritt ein Review erarbeitet. Er diente dazu systematisch die bisher durchgeführten Interventionen und Effekte zusammenzufassen und einen Überblick über die bisher eingesetzten psychologischen und sportwissenschaftlichen Methoden zu erhalten. Somit konnte die Forschungslücke genauer definiert und die anschließenden Studien gegebenenfalls angepasst werden.

(2) Im Folgenden wurde eine experimentelle Studie im Prä-Post-Design mit jungen Personen und Personen im mittleren Alter durchgeführt. In dieser Arbeit lag der Fokus auf dem Einfluss eines etablierten Alterssimulationsanzuges auf die motorischen und funktionellen Fähigkeiten. Dieses Manuskript verfolgte das Ziel einer ersten Überprüfung des Alterssimulationsanzuges unter Berücksichtigung unterschiedlicher Altersgruppen und stellte einen Vergleich zu Ergebnissen im Anzug mit Referenzwerten des *dritten* und *vierten Lebensalters* her, um eine erste Aussage zur realistischen Wirksamkeit treffen zu können.

(3) Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem Review erfolgte in Manuskript III eine detaillierte Betrachtung der Veränderungen durch einen Alterssimulationsanzug, um diese Forschungslücke erstmalig zu quantifizieren. Hierbei wurden die biomechanischen Veränderungen durch das Tragen eines Alterssimulationsanzuges mittels 3D Bewegungsanalyse erfasst. Auch hier wurden die Auswirkungen auf junge Personen und Personen im mittleren Alter untersucht. Dies ermöglichte eine objektive Beurteilung, ob sich Einschränkungen in biomechanischen Parametern zeigen und diese mit Referenzwerten aus der Literatur vergleichbar sind.

(4) Die bisherige Forschungslage beschränkte sich auf die Auswirkungen auf die *general views on aging*, das Manuskript IV lieferte nun erstmals empirische Befunde der Auswirkungen einer Alterssimulation auf *personal views on aging*. Hierbei wurden insbesondere Personen im mittleren Alter hinzugezogen, welche in bisherigen Studien nicht berücksichtigt wur-

den. Zudem betrachtete dieses Manuskript weitere im Alter wichtige Themen wie erlebte Obsoleszenz, gewünschte Unterstützung durch Assistenzsysteme und die eigene gesundheitsbezogene Risikowahrnehmung.

(5) Manuskript V erweiterte die vorherigen Publikationen durch eine neue, größere und heterogene Personengruppe und lieferte neue Erkenntnisse, die durch die Hinzunahme einer qualitativen Methode gewonnen werden konnten. Die Informationen über die unmittelbaren Assoziationen der Teilnehmer:innen nach ihren Erfahrungen mit dem Alterssimulationsanzug konnten neue Aspekte der persönlichen Wahrnehmung des Älterwerdens und der Sichtweise auf das Alter durch das Tragen eines Alterssimulationsanzuges aufzeigen, die über die quantitativen Daten aus Manuskript IV hinausgehen.

4 Methoden

In diesem Kapitel werden die verwendeten Methoden der berücksichtigten Studien erläutert, beginnend mit den geriatrischen Assessments aus Manuskript II, dem Motion Capturing System aus Manuskript III und den Fragebögen zur Messung der zuvor erklärten Konstrukte in Manuskript IV und V. Hierbei werden die Methoden kurz erläutert und eine anschließende Begründung für die Nutzung angeschlossen.

4.1 Assessments zur Überprüfung der motorischen und funktionellen Kapazität

Zur Erfassung der motorischen und funktionellen Leistungsfähigkeit wurden etablierte geriatrische Assessments genutzt. Hierfür wurde auf Verfahren zurückgegriffen, welche sich in den letzten Jahren als etabliert haben, über eine breite Auswahl an Normwerten verfügen und aufgrund der anfangs noch vorherrschenden pandemischen Lage ohne größere Schwierigkeiten durchgeführt werden konnten.

Angesichts der häufigen Beeinträchtigung des Gleichgewichts bei älteren Personen und der Zunahme von Schwankungen in statischen und dynamischen Untersuchungen, erforderte eine Überprüfung der realistischen Wirksamkeit des Anzuges ein Gleichgewichtsassessment. Die Erfassung des statischen Gleichgewichts erfolgte mittels des klinisch etablierten *Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance (mCTSIB)* Tests (Guskiewicz et al., 1996). Für die Erfassung des dynamischen Gleichgewichts gibt es unterschiedliche Ansätze, jedoch erforderten die Gegebenheiten während der Pandemie eine Durchführung bei der die Studienleitung nicht in direkten Körperkontakt mit den Studienteilnehmer:innen treten musste. Daher konnten möglicherweise zielführendere Untersuchungen, wie die *Fullerton Advanced Balance Scale* oder der *mini Balance Evaluation System Test*, welche hervorragende Instrumente zur Erfassung der statischen und dynamischen Messung darstellen, nicht berücksichtigt werden. Schließlich wurde aus genannten Gründen die *Short Physical Performance Battery (SPPB)* (Guralnik et al., 1994) und der *Timed Up and Go Test (TUG)* gewählt (Podsiadlo & Richardson, 1991). Sie erfüllten neben der genannten Bedingung zusätzlich die Anforderungen eines etablierten Messverfahrens in der Geriatrie, ermöglichten eine Aussage zur Mobilitätsleistung der Studienteilnehmer:innen mit dem Anzug und es lagen ausreichende Studien vor, um Referenzwerte älterer Personen für einen Vergleich heranzuziehen.

Anfängliche Überlegungen des Gesamtprojektes umfassten auch, eine mögliche Verbindung zwischen der Leistung mit und ohne Alterssimulationsanzug in Bezug zur generellen physischen Verfassung der Studienteilnehmer:innen herzustellen. Da dies jedoch verworfen wurde und nur grundlegend abgebildet werden sollte, erfolgte dies möglichst ohne großen Ressourcen- und Zeitaufwand. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung auf die isometrische *Handkraftmessung*, da sie nachweislich starke Korrelationen zu den unteren Extremitäten aufweist und als ein klinischer Marker für Mobilitätseinschränkungen etabliert ist (Lauretani et al., 2003). Darüber hinaus ermöglichte dies eine isolierte Erfassung der Kraftleistung und war ohne größere Anpassungen sowohl mit als auch ohne Alterssimulationsanzug durchführbar.

Zusätzlich sollte die Kraft der unteren Extremitäten erfasst werden, welche bei älteren Personen häufig einen Risikofaktor für Stürze darstellt und für eine realistische Wirksamkeit dieses Anzuges ein weiteres Indiz darstellen könnte. Um ressourcenbedingt keine weiteren Geräte anzuschaffen, fiel die Entscheidung auf den etablierten und einfach durchzuführenden *30 Sekunden Aufstehetest (30CST)* (Rikli & Jones, 1999). Dieser ermöglichte die Erfassung der Kraft(ausdauer)leistung der Studienteilnehmer:innen ohne direkten Kontakt mit den Personen und einen Vergleich mit etablierten Referenzwerten aus der Literatur.

Um einen Vergleich mit Personen im *dritten* und *vierten Lebensalter* zu ermöglichen, wurden Messverfahren gewählt, welche Fähigkeiten überprüften, die in dieser Lebensphase nachweislich Veränderungen erfahren. Es ist jedoch anzumerken, dass diese geriatrischen Testverfahren bei fitten älteren Personen zu Deckeneffekten führen können (Boulgarides et al., 2003) und die Ergebnisse der Studienteilnehmer:innen möglicherweise ebenfalls davon betroffen sind. Daher wurde zusätzlich die relativ neue *short Community Balance and Mobility Scale* durchgeführt (Gordt et al., 2020). Diese Skala enthält Bewegungsaufgaben, die selbst für fitte Personen ab 70 Jahren anspruchsvoll sind und sich somit Gleichgewichtseinschränkungen identifizieren lassen.

4.2 Motion Capturing System

Bisherige Studien zur Alterssimulation beschränken sich auf allgemeine funktionelle Gangparameter und vernachlässigen, welche kinematischen Beeinträchtigungen durch einen Alterssimulationsanzug im Gangbild auftreten. Somit fehlen empirische Befunde zu den Auswirkungen einer Alterssimulation auf Veränderungen, wie die Körperhaltung, Gelenkwinkel

oder Armschwung. Aus diesem Grund wurde in Manuskript III eine biomechanische Bewegungsanalyse unter Verwendung eines Motion Capturing Systems durchgeführt.

Ein Motion Capturing System hat den wesentlichen Vorteil, äußerst präzise und detaillierte Informationen über einen Bewegungsablauf zu erfassen (Cardona & Garcia Cena, 2019). Hierbei werden reflektierende Marker an vordefinierte Referenzpunkte am Körper angebracht. Während einer Bewegung werden diese von Infrarotkameras erfasst und mithilfe spezieller Software ein dreidimensionales Bild der Bewegung aufgezeichnet. Dies geschieht durch die kontinuierliche Verfolgung der Position und Orientierung der Marker im Raum. Gegenüber Initialsensoren oder Druckmatten, wie sie in der Geriatrie häufig zur Anwendung kommen, bietet ein Motion Capturing System eine deutlich genauere Erfassung des gesamten Körpers und die Möglichkeit die Kinematik und Dynamik einer Bewegung zu analysieren. In einem anschließenden Postprocessing werden die Markerdaten zugeordnet, gefiltert, strukturiert und mit dafür vorbereiteten Matlab Skripten analysiert. Diese Schritte erfordern eine enorme technische Ausstattung sowie zeitliche Ressourcen und werden somit selten in umfangreichen Stichproben durchgeführt.

4.3 Fragebögen zu *general* und *personal views on aging*

Wie der Review gezeigt hat, liegen durch die bisherigen Befunde lediglich Erkenntnisse zu den Outcomes Einstellungen und Empathie gegenüber Älteren vor, die den *general views on aging* zugeordnet werden können. Ob eine Intervention eine Auswirkung auf die *personal views on aging* besitzt, wurde bisher nicht untersucht. Daher befassten sich die Manuskripte IV und V besonders mit dieser defizitären Forschungslage.

In Manuskript IV wurden die Altersstereotypen vor und nach der Intervention mittels einer multidimensionalen und bereichsspezifischen Skala erfasst (Kornadt & Rothermund, 2011). Damit wurde das Ziel verfolgt, zu erfassen ob sich die Sichtweise der Studienteilnehmer:innen auf ältere Personen durch das Tragen des Anzuges veränderte. Hierbei wurden zwei bereichsspezifische Subskalen für Altersstereotypen ausgewertet ([1] Freizeitaktivität und soziales Engagement, [2] physische und mentale Fitness, Gesundheit und Erscheinung). Auf einer Ratingskala mit acht Antwortmöglichkeiten gaben die Studienteilnehmer:innen an, welcher Aussage sie stärker zustimmen. Beispiele hierfür lauten, [1] „Alte Menschen ...“ (1) „üben wenig Freizeitaktivitäten aus.“ oder (8) „üben viele Freizeitaktivitäten aus.“ [2] ... (1) „sind häufig krank“ oder (8) „sind selten krank.“

In Manuskript V wurde ein selbstentwickeltes Instrument genutzt, angelehnt an zuvor etablierte Fragebögen zur Bewertung allgemeiner und persönlicher Ansichten über das Altern (Gluth et al., 2010; Kruse & Schmitt, 2006). Es sollte damit erfasst werden, ob sich positive oder negative Veränderung in der Wahrnehmung von älteren Personen im Allgemeinen und des eigenen Alters nach der Intervention zeigten. Nach der Aufforderung „Alte Menschen sind...“ gaben die Studienteilnehmer:innen auf einer Skala von (1) „starke Ablehnung“ bis (5) „starke Zustimmung“ ihre allgemeinen Ansichten über das Altern anhand von zwölf Adjektiven an (selbstständig, eigenbrötlerisch, unflexibel, aktiv, anspruchsvoll, niedergeschlagen, passiv, ausgeglichen, hilfsbedürftig, ernst, anstrengend und zufrieden). Die persönlichen Ansichten zum Altern wurden auf der gleichen Skala mit elf Items nach der Aufforderung „Altern bedeutet für mich...“ erfasst (Bereicherung, körperlicher Abbauprozess, Zukunftsängste, Akzeptanz von Gewinn und Verlust, neue Kontaktmöglichkeiten, mehr Zeit, Hobbies pflegen zu können, mehr Lebensqualität, Verlust der sozialen Kontakte, negative Erfahrungen überwiegen, weniger Stress).

Da besonders die *personal views on aging* bisher unzureichend untersucht wurden, erfassten die Manuskripte IV und V die Wahrnehmung des subjektiven Alters vor, „Wie alt fühlen Sie sich in diesem Moment?“ und nach der Intervention, „Wie alt fühlen Sie sich mit dem Anzug?“. Diese wurde als eindimensionale Frage auch als Manipulationskontrolle genutzt.

Um auch eine multidimensionale Sichtweise zu erfassen, wurde in Manuskript IV die *AgeCog-Skala* nach Steverink et al. (2001) genutzt. Die Studienteilnehmer:innen gaben nach der Einleitung „Älterwerden bedeutet für mich...“ auf einer Skala von (1) „trifft genau zu“ bis (4) „trifft gar nicht zu“ an, inwieweit sie verschiedene Aussagen bewerteten. (1) Körperlicher Abbauprozess „...weniger vital und fit zu sein“, (2) soziale Verluste „...ich fühle mich häufiger einsam“, (3) kontinuierliche Entwicklung „...dass ich weiterhin in der Lage bin neue Dinge zu lernen.“ Für jede Skala wurden die Werte neu kodiert und gemittelt, wobei höhere Werte entweder negativere (körperlicher Verfall und soziale Verluste) oder positivere (kontinuierliche Entwicklung) Ansichten über den eigenen Alterungsprozess anzeigten.

Zusätzlich wurde der *Awareness of Age-Related Change (AARC)* Fragebogen genutzt, um das Bewusstsein altersbedingter Veränderungen auch zum persönlichen Älterwerden zu erfassen. Dieser etablierte Fragebogen umfasst zehn Fragen zu den Dimensionen der Gewinne

und Verlusten mit dem Älterwerden. Die Studienteilnehmer:innen gaben auf einer Skala von (1) „gar nicht“ bis (5) „sehr stark“ an, wie sie ihr Älterwerden wahrnehmen. Der Fragebogen umfasst Fragen wie z.B.: „Mit meinem zunehmenden Alter bemerke ich, dass ...“, „meine geistige Leistungsfähigkeit abnimmt“ oder „ich mehr Erfahrung und Wissen habe, um Dinge und Menschen einzuschätzen“. Dieser Fragebogen lässt Rückschlüsse darüber zu, ob die Betrachtung des Älterwerdens mehr als Gewinn oder Verlust wahrgenommen wird und sich durch das Tragen des Alterssimulationsanzuges Veränderungen erkennen lassen.

Weitere Konstrukte, die nicht direkt mit den *general* oder *personal views on aging* in Verbindung gebracht werden, aber in den Arbeiten berücksichtigt wurden, sollten noch mehr Informationen über die Effekte des Alterssimulationsanzuges liefern.

Hierzu zählte der Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Risikowahrnehmung (Schwarzer, 2001), wobei hierbei lediglich drei Items in Manuskript IV erfasst wurden. Die Studienteilnehmer:innen gaben auf einer Skala von (1) „weit unter dem Durchschnitt“ bis (5) „weit über dem Durchschnitt“ an, wie sie ihr Risiko chronische Schmerzen, Mobilitätseinschränkungen und schwere Krankheiten zu erleiden, in Bezug zu anderen Personen ihres Alters und Geschlechts einschätzten.

Darüber hinaus wurde die wahrgenommene Obsoleszenz anhand der Unterskala aus dem Fragebogen von Brandtstädter und Wentura (1994) erfasst. Studienteilnehmer:innen gaben auf einer Skala von (1) „trifft überhaupt nicht zu“ bis (5) „trifft sehr gut zu“ an, inwieweit sie der folgenden beispielhaften Aussage zustimmten „Ich habe zunehmend das Gefühl, den Anschluss an die heutige Zeit verpasst zu haben.“

Da die Arbeit im Projekt HeiAge eingebettet war, welches Mobilität und Assistenzsysteme für ältere Menschen als übergeordnetes Thema behandelte, hatten auch die in dieser Arbeit berücksichtigten Studien einen Technikkontext. Da ein Alterssimulationsanzug in Pilotstudien möglicherweise zum Einsatz kommen sollte, wurde ein Maß für eine mögliche Akzeptanz von Technologien zur Unterstützung im Alltag (drei Items) erfasst, welches aus dem Deutschen Alterssurvey stammte. Eine beispielhafte Frage lautet „Bei Haushaltstätigkeiten möchte ich bei Bedarf von einem Roboter oder einem Assistenzsystem unterstützt werden.“ Die Studienteilnehmer:innen gaben auf einer Skala von (1) „trifft überhaupt nicht zu“ bis (4) „trifft voll und ganz zu“ an, inwieweit die Aussagen auf sie zutrafen.

4.4 Qualitative Auswertung

In Manuskript V wurden zusätzlich qualitative Daten gesammelt und analysiert. Dies geschah mit dem Ziel, sozial erwünschte Antworten zu minimieren und den Teilnehmer:innen die Möglichkeit zu geben, außerhalb standardisierter Fragebögen freie Antworten zu geben. Nachdem alle Assessments abgeschlossen waren, wurden die Teilnehmer:innen gebeten, spontane Gedanken zu äußern. In Studie eins wurde dies anhand von einer qualitativ gerichteten Frage durchgeführt, die lautete: „Welche Einschränkungen (durch den Anzug) war für Sie am belastendsten?“

In Studie zwei wurde nach dem Tragen des Anzuges die folgende ungerichtete, offene Frage an die Studienteilnehmer:innen gestellt: „Sie haben nun alle motorischen Tests mit dem Anzug erledigt. Wir interessieren uns dafür, wie Sie die Testaufgaben mit dem Anzug empfunden haben und welche Gedanken Ihnen dabei kamen. Dazu möchte ich Sie zunächst bitten, einmal frei heraus Ihre Erfahrungen zu schildern. Es gibt keine richtigen oder falschen Gedanken, Gefühle oder Meinungen. Wir möchten ein möglichst umfassendes Bild Ihres persönlichen Eindrucks gewinnen. Bitte erzählen Sie, wie Sie sich in dem Anzug gefühlt haben und aktuell fühlen.“ Diese Assoziationen wurden aufgezeichnet und transkribiert. Anschließend wurden sieben Hauptthemen bestimmt und von zwei unabhängigen Wissenschaftler:innen kategorisiert und ausgewertet.

5 Publikationsübersicht und Zusammenfassungen

5.1 Manuskript I: Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review

Gerhardy, T.H., Schlomann, A., Wahl, HW. & Schmidt, L.I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review. *European Journal of Ageing* 19, 953–976. <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>

Alterssimulationsanzüge werden zunehmend häufiger eingesetzt, um sensorische und körperliche Einschränkungen zu simulieren, die typischerweise im Alter auftreten. Dieser Review verfolgte das Ziel ein umfassendes Bild der aktuellen Forschung zu Alterssimulationsanzügen im Hinblick auf psychologische und physische Auswirkungen zu liefern. Des Weiteren sollte diese Übersicht genutzt werden, um zu überprüfen, ob Evidenz für eine valide Simulation von Alter vorliegt.

Hierfür wurde eine systematische Literaturrecherche in acht Datenbanken durchgeführt. Es wurden quantitative, wie auch qualitative Ergebnisse eingeschlossen, in denen die Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges auf psychologische oder physische Outcomes untersucht wurden. Anschließend wurde die Qualität der Studien anhand des Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) beurteilt (Hong et al., 2019).

Es konnten 1890 Veröffentlichungen identifiziert werden, wovon 94 für ein Volltext-Screening eingeschlossen wurden. Aus diesen wurden schließlich 26 Artikel in der Arbeit berücksichtigt. Es zeigte sich, dass die Studienteilnehmer:innen überwiegend Studierende gesundheitsbezogener Fachrichtungen waren. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass Alterssimulationsanzüge positive Auswirkungen auf die Einstellung gegenüber (Cohens' $d_{\text{gewichtet}} = 0,33$) und die Empathie für ältere Erwachsene hatten (Cohens' $d_{\text{gewichtet}} = 0,54$). Die Arbeiten, welche die körperliche Leistungsfähigkeit untersuchten (6 Studien), zeigten eine signifikante Abnahme der Leistungen mit dem Anzug. Jedoch lag nur eine begrenzte Evidenz für eine realistische Simulation typischer Alterungsprozesse vor.

Dieser Review verdeutlicht, dass trotz der in gewissem Maßen erzielten positiven Effekte von Alterssimulationsanzügen, nach wie vor Herausforderungen bestehen. Diese umfas-

sen die Notwendigkeit, diversere Studienpopulationen einzubeziehen und qualitativ hochwertige, kontrollierte Studiendesigns zu entwickeln. Darüber hinaus fehlen Validierungsstudien, die untersuchen, ob Alterssimulationsanzüge tatsächlich altersbedingte Einschränkungen reproduzieren können. Solche Validierungsstudien sollten sich auf Referenzdaten stützen, die durch standardisierte geriatrische Assessments oder geeignete Vergleichsgruppen älterer Erwachsener gewonnen wurden. Insgesamt legt dieser Review eine wichtige Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten und konkretisiert bereits festgelegte Ziele.

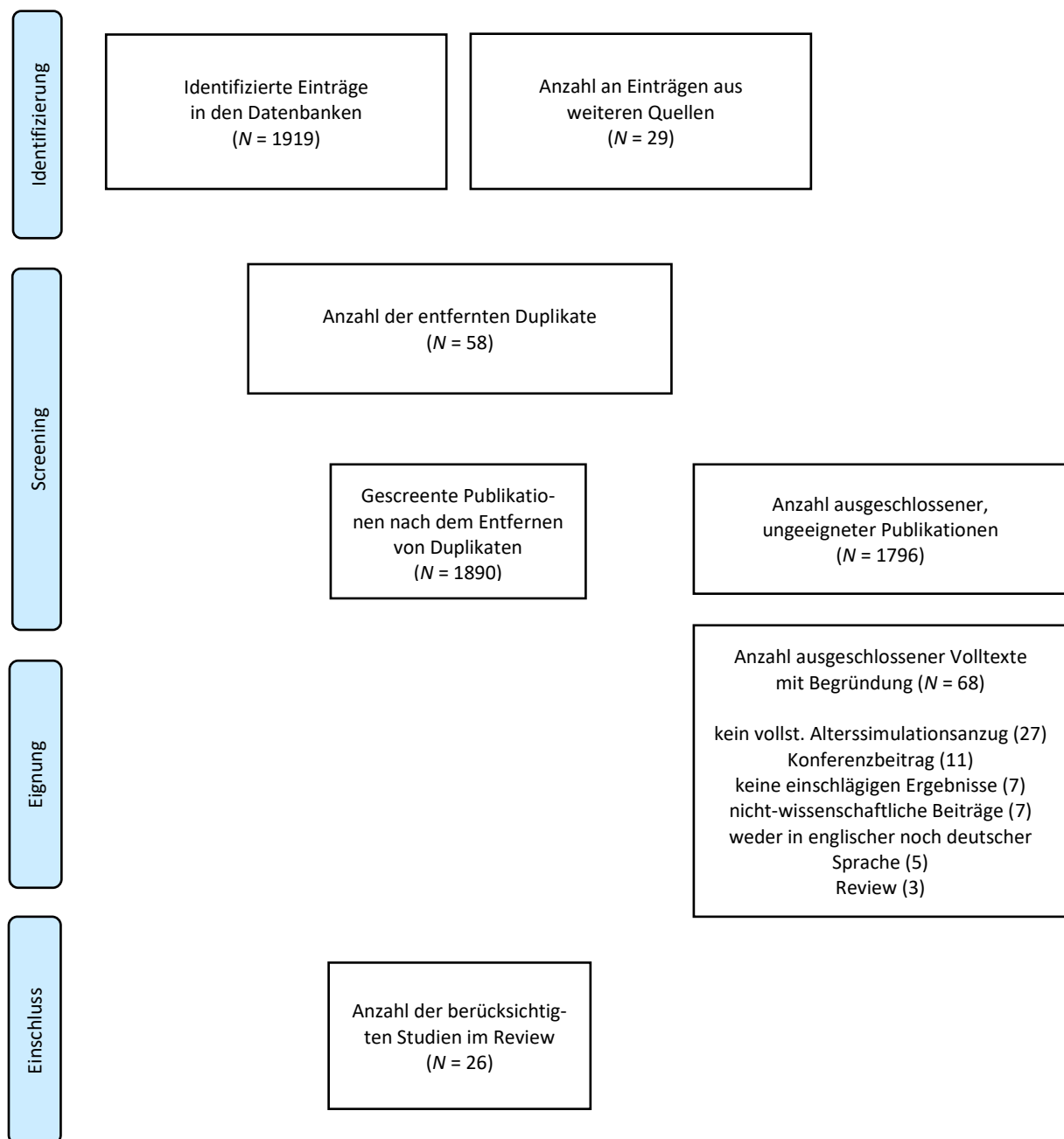


Abbildung 3: PRISMA Flow Chart für die Erstellung des Review Artikels

5.2 Manuskript II - Aging in 10 Minutes - Do age simulation suits realistically simulate physical decline in old age?

Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, HW., Mombaur, K., Sloom, L. H., Schmidt, L. I. (2023). Aging in 10 Minutes - Do age simulation suits realistically simulate physical decline in old age? *Experimental Aging Research* <http://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630>

Die Ergebnisse des Reviews deuteten darauf hin, dass bisher nur wenige empirische Daten verfügbar sind, die den simulierten Leistungsabfall mithilfe etablierter geriatrischer Assessments quantifizieren und mit Referenzdaten älterer Erwachsener vergleichen. Daher verfolgte dieser Artikel das Ziel, in einem standardisierten Verfahren die Leistungen von Teilnehmer:innen im jungen (18-39 Jahre) und mittleren Alter (40-70 Jahren) mit und ohne Alterssimulationsanzug zu überprüfen. Zusätzlich wurden die erreichten Leistungen im Anzug mit Referenzwerten älterer Personen in verschiedenen Altersgruppen verglichen.

61 Studienteilnehmer:innen ($N=15$, $M = 23,9 \pm 3,7$ Jahre, $N = 46$, $M = 59,9 \pm 7,2$ Jahre) durchliefen ein standardisiertes Assessment mit und ohne Alterssimulationsanzug. Sowohl der Start mit oder ohne Anzug als auch die Reihenfolge der Assessments wurde randomisiert und die Tests mit Anzug erst nach einer kurzen Gewöhnungsphase von etwa fünf Minuten gestartet. Es wurden die folgenden Leistungsdaten erfasst:

- Handkraftmessung (Dynamometer)
- 30 Sekunden Aufstehtest
- Short Physical Performance Battery
- Timed Up and Go Test
- Modified Clinical Test for Sensory Interaction in Balance
- Short Community Balance and Mobility Scale

In beiden Gruppen wurden beim Tragen des Anzugs Leistungseinbußen beobachtet. Allerdings variierte das Ausmaß wesentlich, abhängig vom jeweiligen Assessment und dem Alter der Teilnehmer:innen. In beiden Altersgruppen wurden größere Leistungseinbußen bei anspruchsvolleren und komplexeren Aufgaben beobachtet.

Beeinträchtigungen, welche mit dem *vierten Lebensalter* vergleichbar wären, wurden in der Mehrzahl der Assessments nicht erreicht, insbesondere nicht bei jüngeren Teilneh-

mer:innen. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Alterssimulationsanzüge zwar zu Einschränkungen führten, sie jedoch bisher bei der Simulation des höheren Alters mit gravierenden Funktionseinbußen versagen.

5.3 Manuskript III - Can an aging suit replicate age-related decline in motion?

Gerhardy, T. H., Schmidt, L. I., Wahl, H.-W., Mombaur, K., Sloom, L.H. (submitted). Can an aging suit replicate age-related decline in walking motion? *Applied Ergonomics*

Alterssimulationsanzüge werden zunehmend häufiger als Hilfsmittel genutzt, um altersassoziierte körperliche Beeinträchtigungen nachzuahmen um das Verständnis von Alterungsprozessen in der jüngeren Generation zu erhöhen. Jedoch sind die Auswirkungen auf funktionelle Bewegungen unklar und nur selten wurde eine Validierung der körperlichen Einschränkungen strukturiert untersucht. Daher hatte diese Arbeit das Ziel, die unmittelbaren Auswirkungen eines Alterssimulationsanzuges auf die Kinematik im Geradeausgehen unter normalen, dual-task und einer weiteren koordinativen Zusatzaufgabe bei Jungen und Personen im mittleren Alter zu untersuchen.

Hierfür wurde eine Ganganalyse mit vierzehn Jungen ($M = 24,3 \pm 3,7$ Jahre) und fünfzehn Studienteilnehmer:innen im mittleren Alter ($M = 54,8 \pm 7,1$ Jahre) durchgeführt. Diese liefen mit und ohne einen Anzug mit bevorzugter Geschwindigkeit, mit einer kognitiven Zusatzaufgabe (dual-task) und mit einer koordinativen Zusatzaufgabe („walk, look, and carry“). Mithilfe einer 3D-Bewegungsanalyse wurden kinematische Parameter wie Fuß-, Knie- und Hüftwinkel in sagittaler Richtung sowie Armschwung und Körperhaltung analysiert. Zusätzlich wurden zeitlich-räumliche Parameter (Laufgeschwindigkeit, Schrittlänge, Spurbreite) gemessen und analysiert. Die Ergebnisse wurden mit etablierten Referenzwerten von Erwachsenen aus der Literatur verglichen, um einen *instant aging* Effekt zu überprüfen.

Beide Gruppen zeigten Unterschiede beim Tragen des Anzuges, hierbei waren die funktionellen Gangparameter betroffen, die kinematischen Daten zeigten jedoch kaum Veränderungen. Beim normalen Gehen reduzierte sich in beiden Gruppen der Armschwung (-17 %) und die Laufgeschwindigkeit (-9 %), die Spurbreite erhöhte sich (+15 %). Die Abnahme beim Armschwung entsprach einem *instant aging* Effekt von 45-55 Jahren bei den Jüngeren und 15-25 Jahren bei den Studienteilnehmer:innen im mittleren Alter. Die zeitlich-räumlichen Parameter zeigten Veränderungen, welche mit einem Alterungseffekt von 30-40 Jahren bei den

Jüngeren und 20-30 Jahren bei den Personen im mittleren Alter vergleichbar waren. Die anspruchsvolleren Bedingungen zeigten hingegen stärkere Effekte.

Die Ergebnisse zeigten, dass der Alterssimulationsanzug zu einer eingeschränkten Gehfähigkeit führte, sowohl bei den Jüngeren als auch bei den Teilnehmer:innen im mittleren Alter und sich dies durch die koordinativ und kognitiv herausfordernden Aufgaben weiter verstärkte. Es ist zwar ein deutlicher *instant aging* Effekt zu erkennen, jedoch erreichte keine der Gruppen Einschränkungen, welche mit einem Altersbereich des *vierten Alters* vergleichbar wären, bei dem Beeinträchtigungen akkumulieren und die Einschränkungen zu einer erhöhten Sturzgefahr führen. Zukünftige Studien sollten daher komplexere Bewegungen untersuchen, um alltagsnahe Szenarien zu untersuchen, sowie zusätzlich vertiefende kinetische Untersuchungen anstreben, um ein vollumfängliches Bild einer solchen Alterssimulation abbilden zu können.

5.4 Manuskript IV – “Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding age simulation

Schmidt, L. I., Schlomann, A., Gerhardy, T. H., Wahl, HW. (2022). „Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding age simulation. *Frontiers Psychology* 13:806233 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233>

Vor dem Hintergrund der immer häufigeren Verwendung von Alterssimulationsanzügen in Bildungsprogrammen, welche das Verständnis für altersbedingte Veränderungen fördern sollen, wurde bisher nicht untersucht, ob die Auswirkungen dieser Interventionen die persönliche Einstellung zum Älterwerden verändern.

In einem prä-post-Design wurde in Fragebögen erfasst, ob die Erfahrung mit einem Alterssimulationsanzug zu einer Veränderung in altersbezogenen Kognitionen (Erwartungen in Bezug auf soziale Verluste, AgeCog), im Gewährwerden altersbedingter Veränderungen (AARC) oder Altersstereotypen führt. Zusätzlich wurde die wahrgenommene Obsoleszenz, die gesundheitsbezogene Risikowahrnehmung sowie die gewünschte Unterstützung durch Technik mit Fragebögen erfasst, um ein breiteres Bild altersbezogener Konstrukte zu untersuchen. Hierfür wurden Personen im Alter zwischen 40 und 70 Jahren ($N = 40$; $M = 61,4 \pm 6,16$ Jahre) vor und nach dem Tragen eines Alterssimulationsanzuges befragt.

Die Ergebnisse zeigten Veränderungen in den altersbezogenen Kognitionen, wobei nach dem Tragen des Anzuges negativere Erwartungen in Bezug auf die soziale Integration und die persönliche Weiterentwicklung bestanden. Die Ausprägungen von AARC und Altersstereotypen änderten sich nicht von prä zu post, die Teilnehmer:innen berichteten jedoch von einer erhöhten Risikowahrnehmung bezüglich altersbedingter Beeinträchtigungen und einem stärkeren Gefühl der Obsoleszenz. Diejenigen, die während des Tragens des Anzugs größere Schwierigkeiten bei geriatrischen Assessments aufwiesen, gaben an, dass sie anschließend eher bereit seien, sich von Assistenzsystemen und Hilfsmitteln wie Robotern unterstützen zu lassen.

Dies lässt den Schluss zu, dass derartige Interventionen nur in Verbindung mit einer Aufklärung über Verluste und Gewinne während des Alterungsprozesses eingesetzt werden sollten, um negative Auswirkungen auf die individuelle Einstellung zum Altern zu verhindern. Zudem sollten die Potentiale hinsichtlich der Technologieakzeptanz und der Bildung von Intentionen für Präventions- und Gesundheitsverhalten bei Erwachsenen mittleren und jungen Alters diskutiert und weiter erforscht werden.

5.5 Manuskript V – “If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation on views on aging and perceptions of age-related impairments

Schmidt, L.I., Gerhardy, T. H., Carleton-Schweitzer, L., Wahl, HW., Jekel, K. (under review). “If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation on views on aging and perceptions of age-related impairments. *European Journal of Ageing*

Bisherige Arbeiten im Bereich psychologischer Outcomes konzentrierten sich vorwiegend auf jüngere Studienteilnehmer:innen, sind qualitativ sehr heterogen und sind sehr wahrscheinlich durch soziale Erwünschtheit und einen Publikationsbias verzerrt. Darüber fehlt es an Untersuchungen, welche die Einstellung zum eigenen Älterwerden betrachten.

Um das Bild der psychologischen Auswirkungen einer Alterssimulation zu erweitern, kombinierte diese Arbeit daher zwei Studien. Die erste Studie untersuchte die persönlichen und allgemeinen Ansichten über das Altern in einer großen alters- und berufsheterogenen

Stichprobe ($N = 165$, $M = 37,1 \pm 14,5$ Jahre) inklusive einer kurzen gerichteten qualitativen Abfrage zu den belastenden Einschränkungen.

In Studie zwei wurden junge ($N = 22$, $M = 24,8 \pm 4,3$ Jahre) und mittelalte Erwachsene ($N = 41$, $M = 60,8 \pm 6,9$ Jahre) nach der Durchführung von geriatrischen Assessments mit dem Anzug zu ihren spontanen Eindrücken in einem offenen und ungerichteten Format befragt, deren Äußerungen über Tonaufnahmen festgehalten und anschließend transkribiert.

Zusätzlich wurde in beiden Studien das subjektive Alter der Studienteilnehmer vor dem Tragen, als auch mit dem Anzug erfragt.

Die Ergebnisse deuteten auf eine negative Verschiebung in den *general* und *personal views on aging* durch die Intervention hin ($d = .30$ bis $d = .44$). Unter anderem zeigte sich, dass die negativen *general views on aging* zunahmen und verlustbezogene *personal views on aging* nach der Simulation mit dem Anzug stärker ausfielen.

Die Betrachtung des subjektiven Alters zeigte, dass sich die Studienteilnehmer:innen aus Studie eins und die jungen Teilnehmer:innen aus Studie zwei etwa dem *dritten Alter* zuordneten (Studie 1: $M = 73,3 \pm 11,4$ Jahre; Studie 2: $M = 71,1 \pm 12,9$ Jahre) und die Teilnehmer:innen im mittleren Alter aus Studie zwei dem *vierten Alter* ($M = 81,1 \pm 9,6$ Jahre).

Die Analyse der qualitativen Daten ergab, dass die Studienteilnehmer:innen die Erfahrung mit sieben Hauptthemen assoziierten, wie z.B. "Belastung/Koordination", "Zukunfts-Ich", "Empathie/Verständnis". Gruppenvergleiche zeigten, dass Erwachsene im mittleren Alter häufiger Gedanken über ihr zukünftiges Ich äußerten, während jüngere Erwachsene vor allem körperliche Auswirkungen des Anzugs berichteten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Anwendung von Alterssimulationsanzügen unbeabsichtigte negative Ansichten über das Altern hervorrief. Im Vergleich zu Jüngeren zeigten Erwachsene mittleren Alters umfassendere Überlegungen, einschließlich Gedanken in Bezug auf Emotionen, über das zukünftige Ich und potentielle Schwierigkeiten älterer Menschen. Diese Erkenntnisse sollten in zukünftigen Anwendungen im Bildungssetting berücksichtigt werden und stellen das bisher überwiegend positive Bild von Alterssimulationsanzügen in Frage.

6 Zusammenfassung der Studienergebnisse

Trotz des zunehmenden Interesses an der Alterssimulation ist die Anzahl an Studien, welche sich mit der realistischen Wirksamkeit und den physischen und psychischen Auswirkungen einer solchen Intervention befassen, rar. Um die Potentiale und Grenzen reflektiert zu betrachten und auszuschöpfen, bedarf es eines evidenzbasierten Fundaments und einer kritischen Betrachtung. Die vorliegende Arbeit liefert hierzu ein differenziertes Bild und nähert sich einer solchen Intervention aus sportwissenschaftlicher und psychologischer Perspektive und liefert die folgenden Befunde:

(1) Review – Manuskript I

- wenige Studien zu physischen Auswirkungen
 - realistische Wirksamkeit ist nur unzureichend untersucht
- heterogene Gruppen und Studienteilnehmer:innen im mittleren Alter fehlen
- Studien betrachtet nur Empathie und Einstellungen gegenüber Älteren
 - *personal views on aging* fehlen
- einige Studien mit geringer Qualität
 - robuste Designs werden benötigt

(2) Sportwissenschaftliche Perspektive - Manuskript II & III

- Alterssimulationsanzug reduziert körperliche Leistungsfähigkeit
- komplexe Assessments stärker betroffen
- zeitlich-räumliche Parameter vergleichbar mit Personen im *dritten Alter*
- kinematische Veränderungen nicht vergleichbar mit älteren Personen
- Auswirkungen des Anzuges nicht vergleichbar mit Einschränkungen im *vierten Alter*

(3) Psychologische Perspektive - Manuskript IV & V

- negative Ansichten zum eigenen Älterwerden wurden verstärkt
- Teilnehmer:innen im mittleren Alter beziehen Simulation auf ihr zukünftiges Ich
- Jüngere bezogen die Einschränkungen auf die physische Belastung
- hohes Ausmaß an sozialer Erwünschtheit ist bei vorherigen (nicht anonymen) Designs und Settings (Seminar/Schulungskontext) anzunehmen

7 Einordnung der Studienergebnisse und Diskussion

Der Einsatz von Alterssimulationsanzügen scheint sich zunehmend im Gesundheitskontext, wie beispielsweise in der Ausbildung von Pflegeberufen zu etablieren. Neben den Potentialen zeigen die Manuskripte dieser Arbeit jedoch deutliche Grenzen auf.

Die Ergebnisse des Reviews legen nahe, dass die Leistung durch einen Alterssimulationsanzug zwar abnimmt, jedoch konnten Studien bisher keine realistische Wirksamkeit in Bezug auf Referenzwerte älterer Personen nachweisen. Darüber hinaus wurden Personen im mittleren Alter bisher nicht gezielt berücksichtigt, obwohl jüngere Studienteilnehmer:innen mit dem Anzug nicht mit Normwerten von älteren Personen vergleichbar scheinen (Vieweg & Schaefer, 2020). Es drängt sich damit die Frage auf, wieso diese Altersgruppe bisher nur unzureichend untersucht wurde. Ausgehend von der Annahme des Herstellers, würden diese Personen mit einer „Alterung“ von 30-40 Jahren die ideale Zielgruppe darstellen.

Die Ergebnisse in Manuskript II zeigen, dass die Studienteilnehmer:innen durch den Alterssimulationsanzug beeinträchtigt wurden, jedoch nicht in einem Maße, dass sie mit Referenzwerten des *vierten Alters* aus der Literatur vergleichbar wären. So konnten zwar einzelne Bereiche, wie beispielsweise die Handkraft bei den weiblichen Teilnehmerinnen im jungen und mittleren Alter gut simuliert werden, die jungen männlichen Teilnehmer zeigten jedoch keine Effekte. Komplexere Assessments, wie der Timed Up and Go Test, welcher Aufstehen, Lauf- und Drehbewegungen kombiniert, zeigte hingegen starke Effekte unabhängig von Geschlecht und Alter. Ein Blick über die gesamten Assessments zeigte die Tendenz, dass mit zunehmender Vielschichtigkeit der Anforderungen die Leistung stärker beeinträchtigt war. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Vieweg und Schaefer (2020), welche vergleichbare Einbußen in ihrer Arbeit beschrieben. Auch sie stellten fest, dass ihre jüngeren Studienteilnehmer:innen zwar beeinträchtigt waren, jedoch nur Referenzwerte von etwa 60-Jährigen erreichten. Lediglich der Aufstehtest im Manuskript II zeigte bei weiblichen Teilnehmerinnen im mittleren Alter Ergebnisse, welche mit älteren Personen im *vierten Alter* vergleichbar waren. Da das Gesamtgewicht des Anzuges von 18 kg nicht an das Körpergewicht angepasst wurde, könnte dies eine mögliche Ursache für diese Unterschiede darstellen. Aufgrund differierender Körpergewichte hatte das Zusatzgewicht, relativ betrachtet, einen deutlich stärkeren Effekt auf die weiblichen Teilnehmerinnen (männlich $88,2 \pm 15,8$ kg, weiblich $67,8 \pm 9,4$ kg). Da der

genutzte Anzug ein modulares System ist und aus vielen Einzelteilen besteht, hätte eine Anpassung der Zusatzgewichte grundsätzlich stattfinden können.

Ein Ansatz für eine mögliche Verbesserung eines Alterssimulationsanzuges wäre, ein prozentuales Zusatzgewicht abhängig vom individuellen Körpergewicht zu bestimmen. So ist es begrüßenswert, dass Timm et al. (2020) sich dieser Problematik nähern und ein Studiendesign für eine randomisiert kontrollierte Studie vorgestellt haben, welche eine Untersuchung mit verschiedenen Gewichten vorsieht und laut Studienplan die Ergebnisse zeitnah zu erwarten sind.

Um die Ergebnisse aus Manuskript II zu vertiefen und die erste Validierung auf ein breiteres Fundament zu stellen, wurden im Manuskript III mit dem Alter zu erwartende Einschränkungen detailliert mittels 3D-Bewegungsanalyse untersucht. Auch hier lassen die Ergebnisse erkennen, dass sich die zeitlich-räumlichen, sowie einzelne biomechanische Parameter durch das Tragen des Alterssimulationsanzuges veränderten. Referenzwerte von älteren Personen wurden jedoch nicht erreicht. Die zusätzliche kognitive Belastung während der dual-task Bedingung führte zu ähnlichen Leistungsunterschieden mit dem Anzug. Demnach kann man davon sprechen, dass körperliche Einschränkungen mit dem von uns verwendeten Alterssimulationsanzug in Teilen simuliert werden können, diese jedoch weiterhin nicht vergleichbar sind mit Personen im Alter von 80 Jahren und älter. Diese Ergebnisse entsprechen den Einschränkungen die auch Lauenroth und Ioannidis (2017) sowie Laurentius et al. (2022) berichten. Manuskript III lieferte mit der biomechanischen Betrachtung erstmals eine Einschätzung zu kinematischen Veränderungen durch das Tragen eines Alterssimulationsanzuges und ermöglicht eine detaillierte Betrachtung der Bewegungen. Eine Alterssimulation kann zu einer verminderten Mobilitätsleistung oder reduziertem Gleichgewicht führen, wie in Manuskript II und III gezeigt. Eine Simulation vergleichbar mit Einschränkungen im *vierten Lebensalter*, in dem körperliche Beeinträchtigungen und chronische Erkrankungen zunehmen sowie vermehrt Ko- oder auch Multimorbiditäten auftreten (Wedding & Schäffer, 2018), wird jedoch klar verfehlt.

Als limitierender Faktor der Alterssimulation und der vorliegenden Manuskripte sollte die physische wie auch psychische Anpassungsfähigkeit eines Individuums nicht unterschätzt werden. Einschränkungen, wie sie durch den Anzug erfahrbar werden, treten nicht unmittelbar auf, sondern entwickeln sich meist kontinuierlich und Individuen lernen damit umzuge-

hen. Insbesondere die visuellen Einschränkungen durch die Brille wurden von vielen Studienteilnehmer:innen als zu extrem empfunden. Zwar wird der Alterungsprozess mit einem sukzessiven Abbau, eingeschränkten kognitiven Fähigkeiten und motorischer Kontrolle in Verbindung gebracht, jedoch unterliegen diese Punkte einem beständigen Fluss (King et al., 2018; Salthouse, 2009). Koordinative Abläufe adaptieren langsam und es gibt ausreichend Befunde, welche auch Personen im hohen Alter weiterhin eine gute neuronale Plastizität durch Stimulationen, wie z.B. Training attestieren (Colcombe et al., 2006; James et al., 2020) und die zeigen, dass auch im höheren Alter motorische Fähigkeiten neu erlernt werden können (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006). Dieser Umstand wird bei Alterssimulationsanzügen vollständig außer Acht gelassen und unterschätzt die Resilienz älterer Menschen gegenüber ihrer Umwelt und veränderten Fähig- und Fertigkeiten (Hunter et al., 2016). Im Verlaufe ihres Lebens passen sich Individuen immer wieder an ihre Lebensumstände an und alternde Menschen versuchen einschneidende Erlebnisse, wie z.B. Stürze zu vermeiden (Rubenstein, 2006), stellen ihre Ernährung um, erhöhen ihre körperliche Aktivität oder verändern ihre Gewohnheiten wie das Rauchen, um einen positiven Einfluss auf möglich Alterungsprozesse zu nehmen (Michel et al., 2016). Zusätzlich entwickeln sie bei körperlichen Herausforderungen oft Bewältigungsstrategien und optimieren ihre Ziele, sodass die Prävalenz von Anpassungen mit zunehmendem Alter steigt (Brandtstädter, 2009). Der Fokus bei Alterssimulationsanzügen liegt jedoch nur auf der physischen Limitierung, welche lange Zeit auch im Mittelpunkt der Geriatrie und Präventionsforschung stand und weiterhin einen wichtigen Faktor für ein gesundes Altern darstellt (L.-K. Chen, 2016). Dies wird jedoch zunehmend kontrovers diskutiert und in Befragungen älterer Menschen geben diese an, dass auch weitere Dimensionen, wie soziale und psychische Faktoren für ein erfolgreiches Altern für sie relevant sind (Young et al., 2009). Somit erscheint aus praktischer Sicht die Simulation von körperlichen Einschränkungen plausibel, unterschätzt jedoch mögliche zusätzlich nachlassende kognitive Ressourcen (Rait et al., 2005). Die Ansprüche der Hersteller mit einer kurzfristigen Intervention körperliche Alterungsprozesse nachzuahmen, erscheinen daher etwas zu ambitioniert. Für die Alterssimulation bedeutet dies, dass der Effekt zu abrupt erscheint und die kontinuierliche flexible Anpassung an Altersveränderungen nicht simuliert werden kann. Darüber hinaus können kognitive Einschränkungen nicht erlebt werden, wie sie bei ca. 20 % der Personen ab 65 Jahren vorliegen und auf 28 % bei über 75-jährigen, bzw. 38 % bei über 85-jährigen ansteigen (Unverzagt et al., 2001). Zwar enthielten Manuskript II und III dual-task Aufgaben, welche möglicherweise in

geringem Umfang die kognitiven Ressourcen beanspruchten, dies ist jedoch nicht vergleichbar mit einer substanziellen kognitiven Beeinträchtigung oder gar einer leichten Demenz. Weitere Studien, wie von Schaefer et al. (2023) zeigen darüber hinaus, dass sich jüngere Studienteilnehmer schnell an die Herausforderungen mit einem Anzug anpassen und koordinative Aufgaben besser meistern als ältere Personen.

Es existiert eine umfangreiche wissenschaftliche Evidenz, dass mit zunehmendem Alter sowohl zentrale Verarbeitungsprozesse langsamer und weniger effizient verlaufen (Shea et al., 2019), als auch kognitive Funktionen wie Gedächtnisleistungen und exekutive Funktionen Einbußen unterliegen (Li & Dinse, 2002; Rönnlund et al., 2005). Solche Veränderungen können mit einem Alterssimulationsanzug nicht simuliert werden und lediglich die visuellen Einschränkungen erscheinen passend (Vieweg et al., 2023). Kognitive Einschränkungen, wie sie im höheren Alter häufiger auftreten sind nicht zu simulieren und die Herangehensweise dual-task Aufgaben als kognitiv fordernde Komponente aufzunehmen, kann lediglich eine Erfahrung für die Teilnehmer:innen darstellen, hält jedoch keiner wissenschaftlichen Methodik stand. Eine Simulation, welche die kognitiven Einschränkungen oder die Abnahme der Nervenleitfähigkeit betreffen, ist mit den aktuellen Gegebenheiten nicht zu realisieren. Darüber hinaus verläuft der Alterungsprozess individuell und mit großen kognitiven und körperlichen Unterschieden, geprägt durch Erkrankungen oder den persönlichen Lebensstil. Somit bieten Alterssimulationsanzüge möglicherweise das Potential, gewisse physische Einschränkungen erfahrbar zu machen, sind jedoch nicht in der Lage, das breite Spektrum des Alters zu erfassen und Limitierungen von Personen im Alter von 80 Jahren und älter zu simulieren.

Unter psychologischen Gesichtspunkten zeigt der Review, dass die bisherige Studienlage eine Alterssimulation als überaus positiv betrachtet. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Auswirkungen für z.B. pflegende Berufe mit dem Blick auf Einstellung und Empathie sinnvoll erscheinen (Bowden et al., 2021). Darüber hinaus lassen die Ergebnisse vermuten, dass der Einsatz eines Alterssimulationsanzuges die Einstellung gegenüber älteren Personen verbessert und die Perspektivübernahme sowie Empathie für ältere Personen fördert. Bei genauerer Betrachtung wird jedoch klar, dass mit der aktuell durchwachsenen Qualität der Studien dies womöglich eine verfrühte Schlussfolgerung darstellt. Es ist anzunehmen, dass hier ein Publikationsbias vorliegt, da die überaus positiven Ergebnisse von universitären Seminar-

Evaluationen und Workshops stammen und vielfach nicht klar ist, ob eine anonyme Beantwortung der Items gewährleistet wurde. Dies lässt vermuten, dass Fragebögen und insbesondere Aussagen der Teilnehmer:innen einer sozialen Erwünschtheit unterliegen. Daher bedarf es weiterer qualitativ hochwertiger Studien, welche die psychischen Auswirkungen auf die persönliche Einstellung untersuchen. Denn bisher betrachten die Arbeiten ältere Personen lediglich als Gruppe und es wird kein Bezug zur persönlichen Sichtweise auf das Alter und das eigene Älterwerden hergestellt. Jedoch beeinflusst die Einstellung zum Alter maßgeblich die individuelle Gesundheit, Wohlbefinden und Sterblichkeit (Wurm et al., 2017). Darüber hinaus bestehen auch individuelle Einstellungen gegenüber dem eigenen Älterwerden (Diehl et al., 2014), welche durch eine Intervention beeinflusst werden können und bisher lediglich in einer Studie berücksichtigt wurden (Henry et al., 2011). Die Manuskripte IV und V hatten folglich zum Ziel diese Forschungslücke aufzuarbeiten und den Einfluss einer Alterssimulation auf die *personal* und *general views on aging* zu untersuchen.

Entgegen der bisherigen positiven Effekte zeigten die Ergebnisse aus Manuskript IV, dass Personen im mittleren Alter nach der Intervention eine negativere Sichtweise auf das Alter und ihr späteres Leben hatten. So gaben sie an, dass sie im höheren Alter eine verstärkte soziale Isolation erwarten und einer Weiterentwicklung weniger positiv gegenüberstehen. Diese Erkenntnisse, welche erst durch die gezielte Berücksichtigung der Gruppe an Personen zwischen 40 und 65 Jahren erreicht werden konnte, sollten in weiteren Studien erforscht werden und das bisher überwiegend positive Bild der Alterssimulationsanzüge mit diesem Wissen kritisch hinterfragt werden. Es ist problematisch, wenn Alterssimulationsanzüge unreflektiert eingesetzt werden, obwohl wir zeigen konnten, dass dies durchaus negative psychologische Effekte bewirken kann. Die Angst vor dem Älterwerden ist in unserer Gesellschaft ohnehin bereits vorherrschend und wird durch Marketingstrategien der Medien ausgenutzt. Es wäre schlichtweg unethisch, durch mangelhafte Studiendesigns und eine unreflektierte Vermarktung dieser Systeme diese Emotionen weiter zu verstärken. Andererseits besteht das Potential, das Erlebnis mit dem Alterssimulationsanzug im Vorrentenalter mit dem Blick auf ein zukünftiges Ich als *teachable moment* zu instrumentalisieren (Quick & Moen, 1998). Damit könnte die erlebte Erfahrung dazu veranlassen, ein Gesundheitsverhalten positiv zu verändern (Lawson & Flocke, 2009). Dies würde klar für den Einsatz eines solchen Altersanzuges sprechen, sofern die Simulation von Expertin:innen begleitet und weitere Informationen über negative, aber vor allem positive Aspekte des Alters thematisiert werden, sodass keine falschen

Vorstellungen oder Ängste verbleiben. Darüber hinaus könnten solche Situationen genutzt werden, um auf den Zusammenhang zwischen einer positiven Einstellung zum Altern und der eigenen Gesundheit hinzuweisen. Es gibt ausreichend Befunde, die aufzeigen, dass es essenziell ist, ein positives Altersbild in sich zu tragen (Wurm et al., 2017). Es ist empirisch belegt, dass sowohl positive als auch negative Altersstereotypen Auswirkungen auf die körperliche Leistungsfähigkeit besitzen und beispielsweise bei einer negativen Sichtweise die Ganggeschwindigkeit reduzieren (Hausdorff et al., 1999; Levy & Leifheit-Limson, 2009), das Gefühl der Einsamkeit verstärken (Coudin & Alexopoulos, 2010), oder bei einer positiven Sichtweise, die Lebensdauer erhöhen können (Levy et al., 2002). (Weiter-)Bildungsmöglichkeiten könnten auch darüber informieren, welchen präventiven Charakter körperliche Aktivität besitzt (Langhammer et al., 2018), welche Vorteile soziale Interaktionen liefern (Dionigi, 2007) und wie Risiken beispielsweise durch Krafttraining der unteren Extremitäten oder Gleichgewichtsübungen reduziert werden können (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019). Ein Aspekt der hierbei auch im Zusammenhang mit den negativen Effekten stehen könnte, ist die Bezeichnung des Anzuges als „Alters“-Simulationsanzug. Diese Bezeichnung sollte kritisch hinterfragt werden und könnte bei den Teilnehmer:innen negative Altersstereotypen verstärken, indem der Fokus auf mögliche Verluste und Einschränkungen gelegt wird (Hess et al., 2003; Hess & Hinson, 2006). Ähnliches ist bei der Einstellung zum Alter und dem eigenen Älterwerden zu erwarten, denn nach der *Stereotype Threat Theorie* nach Steele (2011) könnte dies dazu führen, dass Personen sich Altersstereotypen bewusstwerden und die Angst, diesen zu entsprechen, einen Einfluss auf ihr Verhalten und ihre Leistung besitzt. Daher ist es nicht nur hinsichtlich des zukünftigen Ichs wichtig, dies zu thematisieren, um Ängste vor dem Älterwerden abzubauen, sondern es wäre zudem interessant zu erfahren, ob die gewählte Bezeichnung des Anzuges von Belang ist oder ob z.B. ein Placebo-„Alters“-Anzug, wie er von Cheng et al. (2020) verwendet wurde, zu ähnlichen Ergebnissen führt.

Nachdem Manuskript IV bereits neue Erkenntnisse aus der psychologischen Perspektive lieferte, wurden in Manuskript V weitere quantitative Daten mit qualitativen Rückmeldungen der Teilnehmer:innen im Rahmen eines *mixed-methods* Ansatzes kombiniert. Die qualitativen Ergebnisse aus Manuskript V zeigten, dass die Intervention mit dem Anzug als intensive Erfahrung wahrgenommen wurde. Insbesondere die Rückmeldungen der Studienteilnehmer:innen im mittleren Alter deuten darauf hin, dass diese sich häufiger mit Personen im näheren Umfeld verglichen und die Erlebnisse mit ihrem möglichen zukünftige Ich in Relation

setzten, aber auch negative Emotionen erlebten. Dieses Potential der Anzüge wurde hierdurch zwar einerseits bestärkt und könnte die Einsatzmöglichkeiten erweitern, sofern diese Erfahrungen adäquat begleitet werden, um negative Erfahrungen aufzufangen. Er unterstützt wie zuvor erwähnt, die Möglichkeit eine Intervention als *teachable moment* wahrzunehmen und sollte als solche genutzt werden, wenn es gelänge, ein differenzierteres Bild zu vermitteln.

Auch die quantitativen Daten in Manuskript V zeigten, dass sich sowohl die *personal* als auch die *general views on aging* verschlechterten. Dies widerspricht dem bisher überwiegend positiven Bild der Effekte auf die *general views on aging*, wie im Review für Empathie und Einstellungen berichtet. Eine mögliche Erklärung könnte die heterogenere Gruppe im Alter von 18-75 Jahren darstellen, aber auch die zuvor bereits angesprochenen qualitativen Defizite vieler Artikel mit suggestiven Fragen, hoher sozialer Erwünschtheit und nicht-anonymen Datenerhebungen. Die *personal views on aging* wurden bisher nur von Henry et al. (2011) untersucht. Die Autor:innen berichteten von größeren Ängsten vor den Verlusten im Alter nach der Intervention, wobei es sich hierbei um ein „Aging Game“ handelte, bei dem einzelne Situationen des Alters simuliert wurden und kein vollständiger Alterssimulationsanzug zum Einsatz kam. Die Ergebnisse aus Manuskript IV und V deuten auf einen ähnlichen Effekt auf die *personal views on aging* hin. Sie unterstreichen nochmals die Bedeutung der Phase vor dem Ruhestand, in der Personen beginnen, sich zunehmend mit dem eigenen Älterwerden zu befassen, da es ihnen greifbarer erscheint. Da weiterhin viele Vorurteile bestehen und die mediale Darstellung negativ behaftet ist (Ng et al., 2015), sind positive Altersbilder maßgeblich, um ein psychologisches Wohlbefinden zu erhalten und können damit einen positiven Einfluss auf die Lebenserwartung besitzen (Ng et al., 2016). Gut vorbereitete Workshops mit Alterssimulationsanzügen könnten eine Bereicherung darstellen und Ängste vor dem eigenen Älterwerden nehmen. In diesem Kontext ist insbesondere von Bedeutung, dass Frauen im Vergleich zu Männern in erhöhtem Maße negativen Altersstereotypen über ihr eigenes Erscheinungsbild unterliegen (Clarke & Korotchenko, 2011). Hierbei kommt der *double standard of aging* zum Ausdruck, welcher beschreibt, dass Frauen und Männern nach unterschiedlichen gesellschaftlichen Maßstäben beurteilt werden. Zeichen des Alters, wie „graue Haare“ werden bei Frauen bereits deutlich früher negativ bewertet als bei Männern (Harris, 1994). Das Altern und der wahrgenommene Attraktivitätsverlust werden bei Frauen auch persönlich früher negativ bewertet. Ausgehend vom aktuellen Schönheitsideal stellt dieser eine Angst älterer Frauen in Bezug auf ihre soziale Bedeutung, ihr Selbstwertgefühl und ihre Identität dar (Clarke,

2002). Auch in den Manuskripten V war zu erkennen, dass weibliche Teilnehmerinnen vermehrt mit Verlusten verbundene Sichtweisen äußerten. Dies könnte auf die bereits erwähnte relativ hohe Gewichtszunahme und die verstärkten physischen Auswirkungen zurückgeführt werden, welche von den Teilnehmerinnen deutlich häufiger als unangenehm bezeichnet wurden, oder aber den erwähnten *double standard of aging*, der dazu geführt haben könnte, dass sie sich mit dem negativen gesellschaftlichen Bild älterer Frauen konfrontiert fühlten. Die Nutzung dieses Anzuges sollte demnach bei weiblichen Teilnehmerinnen mit besonderer Vorsicht eingesetzt werden und deutlich ein positives Bild älterer Personen in einem anschließenden Gespräch vermittelt werden.

7.1 Limitationen

Zusätzlich zu den zuvor allgemein beschriebenen Herausforderungen der Alterssimulation enthielten auch die vorliegenden Manuskripte individuelle Limitierungen, welche im Folgenden beschrieben werden. Betrachtet man deskriptiv die Manuskripte, fällt auf, dass die freiwilligen Studienteilnehmer:innen im jüngeren, wie auch mittleren Alter gesundheitlich nicht unbedingt einem Querschnitt entsprachen. Die körperliche Aktivität und die wenigen Erkrankungen lassen auf fitte und gesunde Teilnehmer:innen schließen, welche zudem einen überdurchschnittlich hohen Bildungsgrad besaßen. Schlussfolgerungen sind daher nicht generalisierbar und nicht auf kausal auf weitere Bevölkerungsgruppen zu übertragen. Darüber hinaus können psychologische Effekte nicht verallgemeinert werden, da es sich hierbei um eine hoch gebildete Studienpopulation handelte, welche möglicherweise auch ein positiveres Bild des Alters besitzt, da sie weniger finanzielle Ängste und eine gute Gesundheitsversorgung erwartet. Dies führt z.B. zu einer besseren Sichtweise auf das Alter und dem eigenen Älterwerden im Vergleich zu schlechter situierten Bevölkerungsgruppen.

Zudem erforderte die Bearbeitung der Bewegungsaufzeichnung großen zeitlichen Aufwand, sodass die Stichprobengrößen verhältnismäßig klein für psychologische Arbeiten ausfielen und sich an biomechanischen Arbeiten orientierten. Dies führte zu einer eingeschränkten Möglichkeit auch kleinere Effekte zu erkennen. Die Simulation an sich erfolgte zudem unter Laborbedingungen und erfasste nur wenige alltägliche Handlungen. Zudem war diese zeitlich begrenzt und nachträgliche Effekte in eine follow-up Untersuchung wurde nicht durchge-

führt. Dies wäre aus psychologischer Sichtweise überaus interessant und auch in diesem Setting denkbar, um in Erfahrung zu bringen, ob beispielsweise geäußerte Gedanken oder Veränderungen der Altersbilder weiterhin erkennbar sind.

Da die Ergebnisse keine Vergleichbarkeit mit Personen im *vierten Alter* zeigten, wäre es interessant Proband:innen zu rekrutieren, welche bereits bestimmte Einschränkungen mit sich bringen. Die hier vorliegenden Arbeiten sammelten jedoch erste Erkenntnisse und so wurde versucht (Multi-)Morbiditäten auszuschließen. Eine Möglichkeit die Belastung zu erhöhen und Einschränkungen älterer Personen zu simulieren wäre zudem die Dauer der Intervention zu verlängern. Dies wäre mit dem genutzten Studienprotokoll jedoch an ethisch vertretbare Grenzen gestoßen. Eine weitere Anpassungsmöglichkeit stellen hierbei die Komponenten dar, so wäre es möglich das Gesamtgewicht oder auch einzelne Gewichte zu erhöhen und die Bewegung durch bessere Manschetten deutliche stärker einzuschränken. Erste Pilotierungen, welche die jeweiligen Einzelteile des Anzuges auf ihre Auswirkungen überprüften, um gezielte Anpassungen vorzunehmen, fanden bereits in einer betreuten Bachelorthesis statt (Stipulkowski, 2021). Es zeigte sich, dass bei einer schrittweisen Hinzunahme der Komponenten die Gewichte an den Fußgelenken die Bewegungsamplitude im Fuß- und Kniegelenk reduzierte und die Spurbreite der Teilnehmer:innen ansteigen ließ. Die Brille und der Gehörschutz verursachten einen zunehmend vorsichtigeren und langsameren Gang. Aufgrund einer unzureichenden Probandenzahl ($N = 7$) lassen diese Ergebnisse jedoch keinen Schluss zu. Eine Anpassung an das jeweilige Körpergewicht der Studienteilnehmer:innen fand nicht statt, war jedoch ebenfalls Teil der Überlegungen. Diese Beispiele zeigen indes, dass das Ausmaß der Veränderungen von den Komponenten des Anzuges, aber auch von der individuellen Leistungsfähigkeit der Proband:innen entschieden mitbestimmt werden.

8 Fazit und Ausblick

Die gesammelten Ergebnisse aus den Manuskripten zeigen ein heterogenes Bild der Alterssimulation. Betrachtet man die körperlichen Einschränkungen während dem Tragen des Anzuges, kann man zusammenfassend nicht von einer realistischen Wirksamkeit sprechen. Das Bildungspotential der psychologischen Effekte zeigt eine gewisse Wirksamkeit, aber mit zum Teil gegenteiliger bzw. unerwünschter Richtung. Die Empfehlung wäre, Interventionen von Expert:innen moderieren und weitere Informationen einfließen zu lassen, welche die Gewinne des Alters hervorheben und Hilfestellungen für präventive Maßnahmen anbieten. Aktuell deuten die Ergebnisse der Simulationen auf eine Annäherung an motorische und sensorische Einschränkungen hin, liefern jedoch keine Grundlage, dies mit Einschränkungen von Personen im *vierten Alter* gleich zu setzen. Die Frage, ob eine Alterssimulation unter den genannten Aspekten sinnvoll erscheint, kann damit nicht abschließend geklärt werden. Um körperliche Einschränkungen adäquat simulieren zu können, bedarf es weiterer Entwicklungen der Anzüge. Um altersassoziierte motorische und sensorische Einschränkungen erfahrbar zu machen erscheint es notwendig, die genutzten Gewichte an das Körpergewicht der Studienteilnehmer:innen anzupassen oder zu erhöhen. Ebenso scheinen die sensorischen Restriktionen nicht zu genügen, sodass kaum ein Rückgang der kinematischen Parameter noch der Wahrnehmung zu erkennen ist. Somit müssen auch hier Ansätze gefunden werden, um z.B. die Bewegungsamplituden zu reduzieren und besonders ein reduziertes Gleichgewicht zu simulieren.

Im Anwendungsbereich von Pilotstudien sollten Alterssimulationsanzüge in der aktuellen Form lediglich in Betracht gezogen werden, wenn eine verminderte Kraftleistung simuliert werden soll. Oder ähnlich wie zu Beginn der Entwicklung in den 90er Jahren, um den Blickwinkel der Entwickler:innen zu schärfen und selbst ein Gefühl für die Unterstützung durch einen entwickelten Prototypen zu erhalten. Ebenso könnten jüngere Proband:innen mit dem Anzug getestet werden, sollten noch ethische oder gesundheitliche Bedenken bezüglich einer Pilotierung mit älteren Teilnehmer:innen vorliegen. Eine abschließende Evaluierung unter Berücksichtigung der letztlichen Gruppe der Nutzer:innen ist jedoch unabdingbar und sollte immer geplant und idealerweise auch z.B. durch Fokusgruppen begleitet werden.

Die psychologischen Auswirkungen der Alterssimulation zeigen, dass Workshops und Bildungsprogramme hiervon profitieren könnten, sofern sie korrekt und mit ausreichendem

Hintergrundwissen aufgebaut sind. Zwar zeigen die Ergebnisse negative Effekte auf die *personal views on aging*, könnten jedoch als lehrreicher Moment wahrgenommen und mit geeigneter Moderation zu einer Verbesserung möglicher negativer Lebensgewohnheiten beitragen. Hierfür wäre jedoch in zukünftigen Studien ein follow-up Design wünschenswert, um zu erarbeiten, ob eine Nachhaltigkeit erzielt werden kann. Darüber hinaus wäre es für die körperlichen wie auch psychologischen Auswirkungen erstrebenswert, alltagsnähere Bewegungen zu überprüfen, um die persönliche Vergleichbarkeit zu ermöglichen und auch technische Systeme zu nutzen, um deren Akzeptanz der zukünftigen Nutzer zu erhöhen.

Der Alterssimulationsanzug besitzt das Potential mögliche körperliche Einschränkungen, die mit dem *dritten Alter* zu erwarten sind, in Teilen erfahrbar zu machen. Nichts desto trotz, entwickeln sich Einschränkungen über Jahrzehnte, werden geprägt durch Erkrankungen und Unfälle, aber auch unsere Einstellungen und Lebensweisen. Diese Themen sollten bei einer Simulation angesprochen werden. Jeder Mensch hat durch sein eigenes Verhalten einen großen Einfluss wie er oder sie altert. Das *dritte* und *vierte Lebensalter* stellt die heterogenste Altersgruppe dar. Eine Simulation von physischen altersassoziierten Einschränkungen kann somit nur eine erste Vorstellung von einem relevanten Bereich im Alter vermitteln und sollte genutzt werden, um ein Bewusstsein für Herausforderungen im Alter zu schaffen und über das gesellschaftliche Bild älterer Menschen nachzudenken. Das Alter sollte differenziert vermittelt und eine Intervention als Bereicherung des Wissens verstanden werden. Die steigende Zahl an älteren Personen in der Bevölkerung zwingt die Gesellschaft, sich mit Themen des Alters auseinanderzusetzen und so ist die Alterssimulation nur ein kleiner Mosaikstein, der zur Verbesserung der Sichtweise auf Ältere oder das eigene Älterwerden beitragen kann.

Literaturverzeichnis

- Abrahamova, D. B., & Hlavacka, F. (2008). Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiological Research*, 57(6), 957–964. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931238>
- Albers, M. W., Gilmore, G. C., Kaye, J., Murphy, C., Wingfield, A., Bennett, D. A., Boxer, A. L., Buchman, A. S., Cruickshanks, K. J., Devanand, D. P., Duffy, C. J., Gall, C. M., Gates, G. A., Granholm, A.-C., Hensch, T., Holtzer, R., Hyman, B. T., Lin, F. R., McKee, A. C., . . . Zhang, L. I. (2015). At the interface of sensory and motor dysfunctions and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & dementia: the journal of the Alzheimer's Association*, 11(1), 70–98. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.04.514>
- Alam, M., Choudhury, I. A., & Bin Mamat, A. (2014). Mechanism and design analysis of articulated ankle foot orthoses for drop-foot. *The Scientific World Journal*, 867869. <https://doi.org/10.1155/2014/867869>
- Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M. (2013). Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.009>
- Anderson, D. E., & Madigan, M. L. (2014). Healthy older adults have insufficient hip range of motion and plantar flexor strength to walk like healthy young adults. *Journal of Biomechanics*, 47(5), 1104–1109. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.12.024>
- Ayalon, L., Chasteen, A., Diehl, M., Levy, B. R., Neupert, S. D., Rothermund, K., Tesch-Römer, C., & Wahl, H.-W. (2021). Aging in times of the COVID-19 pandemic: avoiding ageism and fostering intergenerational solidarity. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 76(2), e49–e52. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbaa051>
- Baezner, H., Blahak, C., Poggesi, A., Pantoni, L., Inzitari, D., Chabriat, H., Erkinjuntti, T., Fazekas, F., Ferro, J. M., Langhorne, P., O'Brien, J., Scheltens, P., Visser, M. C., Wahlund, L. O., Waldemar, G., Wallin, A., & Hennerici, M. G. (2008). Association of gait and balance disorders with age-related white matter changes: the LADIS study. *Neurology*, 70(12), 935–942. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000305959.46197.e6>

- Baltes, P. B. (1997). On the incomplete architecture of human ontogeny. Selection, optimization, and compensation as foundation of developmental theory. *The American psychologist*, 52(4), 366–380. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.52.4.366>
- Baltes, P. B. & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: the model of selective optimization with compensation. In *Successful Aging: Perspectives from the Behavioral Sciences* (S. 1-34). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511665684.003>
- Baltes, P. B., Lindenberger, U., & Staudinger, U. M. (2006). Life span theory in developmental psychology. In W. Damon & R. M. Lerner (Hrsg.), *Handbook of child psychology* (6. Aufl.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy0111>
- Baltes, P. B., & Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: from successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology*, 49(2), 123–135. <https://doi.org/10.1159/000067946>
- Barnett, K., Mercer, S. W., Norbury, M., Watt, G., Wyke, S., & Guthrie, B. (2012). Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study. *Lancet (London, England)*, 380(9836), 37–43. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60240-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60240-2)
- Barrett, R. S., Mills, P. M., & Begg, R. K. (2010). A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. *Gait & Posture*, 32(4), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.010>
- Becker, C., Auer, R., Rapp, K., Grund, S., & Bauer, J. M. (2020). Geriatrische Rehabilitation – Aktueller Stand und zukünftige Entwicklung. In K. Jacobs, A. Kuhlmeier, S. Greß, J. Klauber & A. Schwinger (Hrsg.), *Pflege-Report 2020* (S. 135-148). https://doi.org/10.1007/978-3-662-61362-7_9
- Begg, R. K., & Sparrow, W. A. (2006). Ageing effects on knee and ankle joint angles at key events and phases of the gait cycle. *Journal of medical engineering & technology*, 30(6), 382–389. <https://doi.org/10.1080/03091900500445353>
- Beyer, A.-K., Wurm, S., & Wolff, J. K. (2017). Älter werden – Gewinn oder Verlust? Individuelle Altersbilder und Altersdiskriminierung. In K. Mahne, J. K. Wolff, J. Simonson & C. Tesch-Römer (Hrsg.), *Altern im Wandel* (S. 329-343). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12502-8_22

- Blackburn, E. H., Epel, E. S., & Lin, J. (2015). Human telomere biology: a contributory and interactive factor in aging, disease risks, and protection. *Science (New York, N.Y.)*, *350*(6265), 1193–1198. <https://doi.org/10.1126/science.aab3389>
- BMFSFJ (Hrsg.). (2020). *Achter Altersbericht: Ältere Menschen und Digitalisierung - Achter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Ältere Menschen und Digitalisierung und Stellungnahme der Bundesregierung* (1. Auflage). Bundesministerium für Familie Senioren Frauen und Jugend.
- Bogg, T., & Roberts, B. W. (2013). The case for conscientiousness: evidence and implications for a personality trait marker of health and longevity. *Annals of behavioral medicine: a publication of the Society of Behavioral Medicine*, *45*(3), 278–288. <https://doi.org/10.1007/s12160-012-9454-6>
- Bohannon, R. W. (2019). Grip strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical interventions in aging*, *14*, 1681–1691. <https://doi.org/10.2147/CIA.S194543>
- Bös, K. (Hrsg.). (2017). *Handbuch Motorische Tests: Sportmotorische Tests, Motorische Funktionstests, Fragebögen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Hogrefe. <https://doi.org/10.1026/02369-000>
- Bös, K., & Tittlbach, S. (2021). Diagnose motorischer Fähigkeiten und Funktionen in der bewegungsbezogenen Prävention und Gesundheitsförderung. In M. Tiemann & M. Mohokum (Hrsg.), *Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit. Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 1143-1157). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62426-5_126
- Boulgarides, L. K., McGinty, S. M., Willett, J. A., & Barnes, C. W. (2003). Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, *83*(4), 328–339. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.4.328>
- Bowden, A., Chang, H.-C. R., Wilson, V., & Traynor, V. (2021). The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: A literature review. *Nurse education in practice*, *53*, Artikel 103077. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103077>

- Bowden, A., Wilson, V., Traynor, V., & Chang, H.-C. R. (2020). Exploring the use of ageing simulation to enable nurses to gain insight into what it is like to be an older person. *Journal of clinical nursing*, 29(23-24), 4561–4572. <https://doi.org/10.1111/jocn.15484>
- Boyer, K. A., Andriacchi, T. P., & Beaupre, G. S. (2012). The role of physical activity in changes in walking mechanics with age. *Gait & Posture*, 36(1), 149–153. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.007>
- Boyer, K. A., Johnson, R. T., Banks, J. J., Jewell, C., & Hafer, J. F. (2017). Systematic review and meta-analysis of gait mechanics in young and older adults. *Experimental Gerontology*, 95, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.05.005>
- Brady, A. O., Straight, C. R., & Evans, E. M. (2014). Body composition, muscle capacity, and physical function in older adults: An integrated conceptual model. *Journal of aging and physical activity*, 22(3), 441–452. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0009>
- Brandtstädter, J. (2009). Goal pursuit and goal adjustment: Self-regulation and intentional self-development in changing developmental contexts. *Advances in Life Course Research*, 14(1-2), 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.alcr.2009.03.002>
- Brandtstädter, J., & Wentura, D. (1994). Veränderungen der Zeit- und Zukunftsperspektive im Übergang zum höheren Erwachsenenalter: Entwicklungspsychologische und differentielle Aspekte. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 26(1), 2–21. Abruf unter <https://psycnet.apa.org/record/1994-87063-001>
- Brenowitz, W. D., Kaup, A. R., Lin, F. R., & Yaffe, K. (2019). Multiple sensory impairment is associated with increased risk of dementia among black and white older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 74(6), 890–896. <https://doi.org/10.1093/gerona/gly264>
- Cadenas, E., & Davies, K. J. (2000). Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. *Free Radical Biology and Medicine*, 29(3-4), 222–230. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(00\)00317-8](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(00)00317-8)
- Cardona, M., & Garcia Cena, C. E. (2019). Biomechanical analysis of the lower limb: a full-body musculoskeletal model for muscle-driven simulation. *IEEE Access*, 7, 92709–92723. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2927515>

- Chauhan, B. C., Vianna, J. R., Sharpe, G. P., Demirel, S., Girkin, C. A., Mardin, C. Y., Scheuerle, A. F., & Burgoyne, C. F. (2020). Differential effects of aging in the macular retinal layers, neuroretinal rim, and peripapillary retinal nerve fiber layer. *Ophthalmology*, *127*(2), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2019.09.013>
- Chen, A. M. H., Kiersma, M. E., Yehle, K. S., & Plake, K. S. (2015). Impact of the Geriatric Medication Game® on nursing students' empathy and attitudes toward older adults. *Nurse Education Today*, *35*(1), 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2014.05.005>
- Chen, L.-K. (2016). Towards the life course approach of healthy aging. *European Geriatric Medicine*, *7*(4), 289–290. <https://doi.org/10.1016/j.eurger.2016.05.010>
- Cheng, W. L.-S., Ma, P. K., Lam, Y. Y., Ng, K. C., Ling, T. K., Yau, W. H., Chui, Y. W., Tsui, H. M., & Li, P. P. (2020). Effects of senior simulation suit programme on nursing students' attitudes towards older adults: a randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, *88*. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104330>
- Ciciliot, S., Rossi, A. C., Dyar, K. A., Blaauw, B., & Schiaffino, S. (2013). Muscle type and fiber type specificity in muscle wasting. *The international journal of biochemistry & cell biology*, *45*(10), 2191–2199. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2013.05.016>
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia ≠ dynapenia. *The Journals of Gerontology: Series A*, *63*(8), 829–834. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>
- Clarke, L. H. (2002). Beauty in later life: older women's perceptions of physical attractiveness. *Canadian journal on aging* *21*(3), 429–442. <https://doi.org/10.1017/S0714980800001744>
- Clarke, L. H., & Korotchenko, A. (2011). Aging and the body: A review. *Canadian journal on aging* *30*(3), 495–510. <https://doi.org/10.1017/S0714980811000274>
- Coelho, A., Parola, V., Cardoso, D., Duarte, S., Almeida, M., & Apóstolo, J. (2017). The use of the aged simulation suit in nursing students: a scoping review. *Revista de Enfermagem Referência, IV Série*(Nº14), 147–158. <https://doi.org/10.12707/RIV17050>
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L., & Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology: Series A*, *61*(11), 1166–1170. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.11.1166>

- Coudin, G., & Alexopoulos, T. (2010). 'Help me! I'm old!' How negative aging stereotypes create dependency among older adults. *Aging & Mental Health*, 14(5), 516–523. <https://doi.org/10.1080/13607861003713182>
- Couppé, C., Hansen, P., Kongsgaard, M., Kovanen, V., Suetta, C., Aagaard, P., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2009). Mechanical properties and collagen cross-linking of the patellar tendon in old and young men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 107(3), 880–886. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00291.2009>
- Courtney, M., Tong, S., & Walsh, A. (2000). Acute-care nurses' attitudes towards older patients: a literature review. *International Journal of Nursing Practice*, 6(2), 62–69. <https://doi.org/10.1046/j.1440-172x.2000.00192.x>
- Cruz-Jentoft, A. J., & Sayer, A. A. (2019). Sarcopenia. *Lancet (London, England)*, 393(10191), 2636–2646. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9)
- Cuevas-Trisan, R. (2019). Balance problems and fall risks in the elderly. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(2), 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.01.008>
- Cunningham, L. L., & Tucci, D. L. (2017). Hearing loss in adults. *The New England journal of medicine*, 377(25), 2465–2473. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1616601>
- Diehl, M., Smyer, M. A., & Mehrotra, C. M. (2020). Optimizing aging: a call for a new narrative. *The American psychologist*, 75(4), 577–589. <https://doi.org/10.1037/amp0000598>
- Diehl, M., Wahl, H.-W., Barrett, A. E., Brothers, A. F., Miche, M., Montepare, J. M., Westerhof, G. J., & Wurm, S. (2014). Awareness of aging: Theoretical considerations on an emerging concept. *Developmental review: DR*, 34(2), 93–113. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2014.01.001>
- Dionigi, R. (2007). Resistance training and older adults' beliefs about psychological benefits: the importance of self-efficacy and social interaction. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(6), 723–746. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.6.723>
- Donaldson, P. J., Grey, A. C., Maceo Heilman, B., Lim, J. C., & Vaghefi, E. (2017). The physiological optics of the lens. *Progress in Retinal and Eye Research*, 56, e1-e24. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2016.09.002>
- Elsässer, V., Gabrian, M., & Wahl, H.-W. (2017). Psychologische Aspekte des Alterns. In B. Altenberg & K. O. Greulich (Hrsg.), *Ethik in den Biowissenschaften - Sachstandsberichte des*

- DRZE. *Altern: Biologische, psychologische und ethische Aspekte* (S. 59-105). Universitäts- und Landesbibliothek Bonn.
- East-Telling, C., Kingston, P., Taylor, L., & Emmerson, L. (2021). Ageing simulation in health and social care education: a mixed methods systematic review. *Journal of advanced nursing*, 77(1), 23–46. <https://doi.org/10.1111/jan.14577>
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, 52(4), 204–213. <https://doi.org/10.1159/000093652>
- Finkel, D., Pedersen, N. L., Plomin, R., & McClearn, G. E. (1998). Longitudinal and cross-sectional twin data on cognitive abilities in adulthood: the swedish adoption/twin study of aging. *Developmental psychology*, 34(6), 1400–1413. <https://doi.org/10.1037//0012-1649.34.6.1400>
- Fischer, M. E., Schubert, C. R., Nondahl, D. M., Dalton, D. S., Huang, G.-H., Keating, B. J., Klein, B. E. K., Klein, R., Tweed, T. S., & Cruickshanks, K. J. (2015). Subclinical atherosclerosis and increased risk of hearing impairment. *Atherosclerosis*, 238(2), 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2014.12.031>
- Gadkaree, S. K., Sun, D. Q., Li, C., Lin, F. R., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., & Agrawal, Y. (2016). Does sensory function decline independently or concomitantly with age? Data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of Aging Research*, 2016, 1865038. <https://doi.org/10.1155/2016/1865038>
- Galanos, A. N., Cohen, H. J., & Jackson, T. W. (1993). Medical education in geriatrics: the lasting impact of the aging game. *Educational Gerontology*, 19(7), 675–682. <https://doi.org/10.1080/0360127930190708>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.7916/D8CR5T2R>
- Gerhardy, T. H., Schmidt, L. I., Wahl, H.-W., Mombaur, K., Sloot, L. H. (submitted) Can an aging suit replicate age-related decline in motion? *Applied Ergonomics*

- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Mombaur, K., Sloop, L. H., & Schmidt, L. I. (2023). Aging in 10 minutes: Do age simulation suits mimic physical decline in old age? Comparing experimental data with established reference data. *Experimental aging research*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630>
- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., & Schmidt, L. I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: a systematic review. *European Journal of Ageing*, 19(4), 953–976. <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>
- Gluth, S., Ebner, N. C., & Schmiedek, F. (2010). Attitudes toward younger and older adults: the german aging semantic differential. *International Journal of Behavioral Development*, 34(2), 147–158. <https://doi.org/10.1177/0165025409350947>
- Gordt, K., Mikolaizak, A. S., Taraldsen, K., Bergquist, R., van Ancum, J. M., Nerz, C., Pijnappels, M., Maier, A. B., Helbostad, J. L., Vereijken, B., Becker, C., & Schwenk, M. (2020). Creating and validating a shortened version of the Community Balance and Mobility Scale for application in people who are 61 to 70 years of age. *Physical therapy*, 100(1), 180–191. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz132>
- Groll, D. L., To, T., Bombardier, C., & Wright, J. G. (2005). The development of a comorbidity index with physical function as the outcome. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58(6), 595–602. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2004.10.018>
- Gruber, M., Assländer, L., Giboin, L.-S., & Kramer, A. (2023). Sensomotorisches System und Gleichgewichtskontrolle. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Bewegung, Training, Leistung und Gesundheit* (S. 243-255). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53410-6_59
- Guadagnin, E. C., Priario, L. A. A., Carpes, F. P., & Vaz, M. A. (2019). Correlation between lower limb isometric strength and muscle structure with normal and challenged gait performance in older adults. *Gait & Posture*, 73, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.07.131>
- Güllich, A., & Krüger, M. (Hrsg.). (2023). *Bewegung, Training, Leistung und Gesundheit*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53410-6>
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and

- nursing home admission. *Journal of gerontology*, 49(2), M85-94.
<https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.m85>
- Guskiewicz, K. M., Perrin, D. H., & Gansneder, B. M. (1996). Effect of mild head injury on postural stability in athletes. *Journal of Athletic Training*, 31(4), 300–306.
- Hamer, M., Lavoie, K. L., & Bacon, S. L. (2014). Taking up physical activity in later life and healthy ageing: the English longitudinal study of ageing. *British journal of sports medicine*, 48(3), 239–243. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092993>
- Harris, M. B. (1994). Growing old gracefully: Age concealment and gender. *Journal of gerontology*, 49(4), P149-58. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.4.p149>
- Hausdorff, J. M., Levy, B. R., & Wei, J. Y. (1999). The power of ageism on physical function of older persons: Reversibility of age-related gait changes. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47(11), 1346–1349. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1999.tb07437.x>
- Hausdorff, J. M., & Buchman, A. S. (2013). What links gait speed and MCI with dementia? A fresh look at the association between motor and cognitive function. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 68(4), 409–411. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt002>
- Henry, B. W., Ozier, A. D., & Johnson, A. (2011). Empathetic responses and attitudes about older adults: how experience with the aging game measures up. *Educational Gerontology*, 37(10), 924–941. <https://doi.org/10.1080/03601277.2010.495540>
- Hess, T. M., Auman, C., Colcombe, S. J., & Rahhal, T. A. (2003). The impact of stereotype threat on age differences in memory performance. *The Journals of Gerontology: Series B*, 58(1), 3-11. <https://doi.org/10.1093/geronb/58.1.p3>
- Hess, T. M., & Hinson, J. T. (2006). Age-related variation in the influences of aging stereotypes on memory in adulthood. *Psychology and aging*, 21(3), 621–625. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.621>
- Holland, G. J., Tanaka, K., Shigematsu, R., & Nakagaichi, M. (2002). Flexibility and physical functions of older adults: a review. *Journal of aging and physical activity*, 10(2), 169–206. <https://doi.org/10.1123/japa.10.2.169>

- Hong, Q. N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M.-P., Griffiths, F., Nicolau, B., O’Cathain, A., Rousseau, M.-C., & Vedel, I. (2019). Improving the content validity of the mixed methods appraisal tool: a modified e-Delphi study. *Journal of Clinical Epidemiology*, *111*, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.03.008>
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*, *35 Suppl 2*, ii7-ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
- Hunter, S. K., Pereira, H. M., & Keenan, K. G. (2016). The aging neuromuscular system and motor performance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *121(4)*, 982–995. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00475.2016>
- Huy, C., Schneider, S., & Thiel, A. (2010). Perceptions of aging and health behavior: determinants of a healthy diet in an older German population. *The journal of nutrition, health & aging*, *14(5)*, 381–385. <https://doi.org/10.1007/s12603-010-0084-z>
- Jackson, J. J., Weston, S. J., & Schultz, L. H. (2017). 23 - Personality development and health. In J. Specht (Hrsg.), *Personality development across the lifespan* (S. 371-384). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804674-6.00023-5>
- Jacobs, J. M., Maaravi, Y., Cohen, A., Bursztyn, M., Ein-Mor, E., & Stessman, J. (2012). Changing profile of health and function from age 70 to 85 years. *Gerontology*, *58(4)*, 313–321. <https://doi.org/10.1159/000335238>
- James, C. E., Altenmüller, E., Kliegel, M., Krüger, T. H. C., van de Ville, D., Worschech, F., Abdili, L., Scholz, D. S., Jünemann, K., Hering, A., Grouiller, F., Sinke, C., & Marie, D. (2020). Train the brain with music (TBM): brain plasticity and cognitive benefits induced by musical training in elderly people in Germany and Switzerland, a study protocol for an RCT comparing musical instrumental practice to sensitization to music. *BMC Geriatrics*, *20(1)*, 418. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01761-y>
- Jansen, C.-P., Gross, M., Kramer-Gmeiner, F., Blessing, U., Becker, C., & Schwenk, M. (2021). Empfehlungspapier für das körperliche Gruppentraining zur Sturzprävention bei älteren, zu Hause lebenden Menschen: Aktualisierung des Empfehlungspapiers der Bundesinitiative Sturzprävention von 2009 [Group-based exercise to prevent falls in community-dwelling

- older adults: Update of the 2009 recommendations of the German Federal Initiative to Prevent Falls]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 54(3), 229–239. <https://doi.org/10.1007/s00391-021-01876-w>
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(2), 113–119. <https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608028>
- Karlsson, A., & Frykberg, G. (2000). Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clinical Biomechanics*, 15(5), 365–369. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(99\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(99)00096-0)
- Kerrigan, D. C., Lee, L. W., Collins, J. J., Riley, P. O., & Lipsitz, L. A. (2001). Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(1), 26–30. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.18584>
- Kessler, E.-M., & Bowen, C. E. (2015). Resilience. In S. K. Whitbourne (Hrsg.), *The encyclopedia of adulthood and aging*, 1-5. John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118521373.wbeaa231>
- Kessler, E.-M., & Warner, L. M. (2023). *Age ismus: Altersbilder und Altersdiskriminierung in Deutschland*. BMFSFJ Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Abruf unter https://www.antidiskriminierungsstelle.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/Expertisen/altersbilder_lang.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- King, B. R., van Ruitenbeek, P., Leunissen, I., Cuypers, K., Heise, K.-F., Santos Monteiro, T., Hermans, L., Levin, O., Albouy, G., Mantini, D., & Swinnen, S. P. (2018). Age-related declines in motor performance are associated with decreased segregation of large-scale resting state brain networks. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 28(12), 4390–4402. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx297>
- Ko, S., Stenholm, S., Metter, E. J., & Ferrucci, L. (2012). Age-associated gait patterns and the role of lower extremity strength - results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55(2), 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.04.004>
- Kohler, J., Popov, C., Klotz, B., Alberton, P., Prall, W. C., Haasters, F., Müller-Deubert, S., Ebert, R., Klein-Hitpass, L., Jakob, F., Schieker, M., & Docheva, D. (2013). Uncovering the

- cellular and molecular changes in tendon stem/progenitor cells attributed to tendon aging and degeneration. *Aging cell*, 12(6), 988–999. <https://doi.org/10.1111/accel.12124>
- Kornadt, A. E., & Rothermund, K. (2011). Contexts of aging: assessing evaluative age stereotypes in different life domains. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 66(5), 547–556. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbr036>
- Kruse, A., & Schmitt, E. (2006). A multidimensional scale for the measurement of agreement with age stereotypes and the salience of age in social interaction. *Ageing & Society*, 26(3), 393–411. <https://doi.org/10.1017/S0144686X06004703>
- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S., & Gruber, M. (2016). Specificity of balance training in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>
- Laidlaw, D. H., Bilodeau, M., & Enoka, R. M. (2000). Steadiness is reduced and motor unit discharge is more variable in old adults. *Muscle & Nerve*, 23(4), 600–612. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4598\(200004\)23:4<600::AID-MUS20>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4598(200004)23:4<600::AID-MUS20>3.0.CO;2-D)
- Lally, F., & Crome, P. (2007). Understanding frailty. *Postgraduate Medical Journal*, 83(975), 16–20. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2006.048587>
- Langhammer, B., Bergland, A., & Rydwick, E. (2018). The importance of physical activity exercise among older people. *BioMed Research International*, 2018, 7856823. <https://doi.org/10.1155/2018/7856823>
- Lauenroth, A., & Ioannidis, A. E. (2017). Effect of an age simulation suit on younger adults' gait performance compared to older adults' normal gait. *Research in gerontological nursing*, 10(5), 277–233. <https://doi.org/10.3928/19404921-20170831-04>
- Laurentius, T., Quandel, J., Bollheimer, L. C., Leonhardt, S., Ngo, C., & Lüken, M. (2022). Spatiotemporal gait parameters in young individuals wearing an age simulation suit compared to healthy older individuals. *European review of aging and physical activity: official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 19(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s11556-022-00298-w>
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., Corsi, A. M., Rantanen, T., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of applied*

- physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 95(5), 1851–1860. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00246.2003>
- Lawson, P. J., & Flocke, S. A. (2009). Teachable moments for health behavior change: a concept analysis. *Patient Education and Counseling*, 76(1), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.11.002>
- Levy, B. (1996). Improving memory in old age through implicit self-stereotyping. *Journal of personality and social psychology*, 71(6), 1092–1107. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.71.6.1092>.
- Levy, B. R., & Banaji, M. R. (2002). Implicit ageism. In T. D. Nelson (Hrsg.), *Ageism: Stereotyping and prejudice against older adults* (S. 49-75). The MIT Press.
- Levy, B. R. (2003). Mind matters: cognitive and physical effects of aging self-stereotypes. *The Journals of Gerontology: Series B*, 58(4), 203-11. <https://doi.org/10.1093/geronb/58.4.p203>
- Levy, B. R. (2021). Stereotype Embodiment Theory. In *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging*, 4763-4767. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22009-9_604
- Levy, B. R., Chang, E.-S., Lowe, S. R., Provolò, N., & Slade, M. D. (2022). Impact of media-based negative and positive age stereotypes on older individuals' mental health. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 77(4), e70-e75. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbab085>
- Levy, B. R., & Leifheit-Limson, E. (2009). The stereotype-matching effect: greater influence on functioning when age stereotypes correspond to outcomes. *Psychology and aging*, 24(1), 230–233. <https://doi.org/10.1037/a0014563>.
- Levy, B. R., & Myers, L. M. (2004). Preventive health behaviors influenced by self-perceptions of aging. *Preventive Medicine*, 39(3), 625–629. <https://doi.org/10.1016/j.yppmed.2004.02.029>
- Levy, B. R., Slade, M. D., Kunkel, S. R., & Kasl, S. V. (2002). Longevity increased by positive self-perceptions of aging. *Journal of personality and social psychology*, 83(2), 261–270. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.83.2.261>
- Li, S.-C., & Dinse, H. R. (2002). Aging of the brain, sensorimotor, and cognitive processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(7), 729–732. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(02)00059-3)

- Lin, F. R., Niparko, J. K., & Ferrucci, L. (2011). Hearing loss prevalence in the United States. *Archives of internal medicine*, *171*(20), 1851–1852. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.506>
- Lindland, E., Kendall-Taylor, N., Haydon, A., & Fond, M. (2016). Gauging aging: Expert and public understandings of aging in America. *Communication and the Public*, *1*(2), 211–229. <https://doi.org/10.1177/2057047315625340>
- Lohne-Seiler, H., Kollé, E., Anderssen, S. A., & Hansen, B. H. (2016). Musculoskeletal fitness and balance in older individuals (65-85 years) and its association with steps per day: a cross sectional study. *BMC Geriatrics*, *16*(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0188-3>
- López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2023). Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell*, *186*(2), 243–278. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001>
- Luo, J., Mills, K., Le Cessie, S., Noordam, R., & van Heemst, D. (2020). Ageing, age-related diseases and oxidative stress: What to do next? *Ageing Research Reviews*, *57*, 100982. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2019.100982>
- Maetzler, W., Dodel, R., & Jacobs, A. H. (2019). *Neurogeriatrie*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57358-7>
- Mahlknecht, P., Kiechl, S., Bloem, B. R., Willeit, J., Scherfler, C., Gasperi, A., Rungger, G., Poewe, W., & Seppi, K. (2013). Prevalence and burden of gait disorders in elderly men and women aged 60-97 years: a population-based study. *PLOS ONE*, *8*(7), e69627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069627>
- Mahne, K., Wolff, J. K., Simonson, J., & Tesch-Römer, C. (2017). *Altern im Wandel*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12502-8>
- Matuszewska, A., & Syczewska, M. (2023). Analysis of the movements of the upper extremities during gait: their role for the dynamic balance. *Gait & Posture*, *100*, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.12.004>
- McGibbon, C. A. (2003). Toward a better understanding of gait changes with age and disablement: neuromuscular adaptation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *31*(2), 102. <https://doi.org/10.1097/00003677-200304000-00009>

- McPhee, J. S., French, D. P., Jackson, D., Nazroo, J., Pendleton, N., & Degens, H. (2016). Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology*, *17*(3), 567–580. <https://doi.org/10.1007/s10522-016-9641-0>
- Metter, E. J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J. L. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *The Journals of Gerontology: Series A*, *52*(5), B267–76. <https://doi.org/10.1093/gerona/52a.5.b267>
- Meyer-Hentschel, G. (2023). *Age Explorer*. website. Abruf unter <https://ageexplorer.com/>
- Meyns, P., Bruijn, S. M., & Duysens, J. (2013). The how and why of arm swing during human walking. *Gait & Posture*, *38*(4), 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.02.006>
- Miche, M., Elsässer, V. C., Schilling, O. K., & Wahl, H.-W. (2014). Attitude toward own aging in midlife and early old age over a 12-year period: examination of measurement equivalence and developmental trajectories. *Psychology and aging*, *29*(3), 588–600. <https://doi.org/10.1037/a0037259>
- Michel, J.-P., Dreux, C., & Vacheron, A. (2016). Healthy ageing: Evidence that improvement is possible at every age. *European Geriatric Medicine*, *7*(4), 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.eurger.2016.04.014>
- Middleton, A., Fritz, S. L., & Lusardi, M. (2015). Walking speed: the functional vital sign. *Journal of aging and physical activity*, *23*(2), 314–322. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0236>
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical interventions in aging*, *8*, 549–556. <https://doi.org/10.2147/CIA.S44112>
- MIT. (2021). *Massachusetts Institute of Technology - AGELAB AGNES (Age Gain Now Empathy System)*. website. Massachusetts Institute of Technology. Abruf unter <https://agelab.mit.edu/methods/agnes-age-gain-now-empathy-system>
- Mitchell, P., Gopinath, B., McMahon, C. M., Rochtchina, E., Wang, J. J., Boyages, S. C., & Leeder, S. R. (2009). Relationship of Type 2 diabetes to the prevalence, incidence and progression of age-related hearing loss. *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*, *26*(5), 483–488. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02710.x>
- Moll, W. (2022). *Age simulation suit GERT: Frequently asked questions and answers*. website. Abruf unter <https://www.age-simulation-suit.com/faq.html>

- Muehlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2012). Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology*, *58*(6), 504–512. <https://doi.org/10.1159/000341614>
- Nelson, L. J., & Barry, C. M. (2005). Distinguishing features of emerging adulthood. *Journal of Adolescent Research*, *20*(2), 242–262. <https://doi.org/10.1177/0743558404273074>
- Neugarten, B. L. (1974). Age groups in american society and the rise of the young-old. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, *415*(1), 187–198. <https://doi.org/10.1177/000271627441500114>
- Neugarten, B. L. (1975). The future and the young-old. *The Gerontologist*, *15*(1 Pt. 2), 4–9. https://doi.org/10.1093/geront/15.1_part_2.4
- Newman, A. B. (2010). An overview of the design, implementation, and analyses of longitudinal studies on aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, *58*(Suppl 2), 287–91. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.02916.x>
- Ng, R., Allore, H. G., Monin, J. K., & Levy, B. R. (2016). Retirement as meaningful: positive retirement stereotypes associated with longevity. *The Journal of social issues*, *72*(1), 69–85. <https://doi.org/10.1111/josi.12156>
- Ng, R., Allore, H. G., Trentalange, M., Monin, J. K., & Levy, B. R. (2015). Increasing negativity of age stereotypes across 200 years: evidence from a database of 400 million words. *PloS one*, *10*(2), e0117086. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117086>
- Ochala, J., Frontera, W. R., Dorer, D. J., van Hoecke, J., & Krivickas, L. S. (2007). Single skeletal muscle fiber elastic and contractile characteristics in young and older men. *The Journals of Gerontology: Series A*, *62*(4), 375–381. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.4.375>
- Owsley, C. (2016). Vision and aging. *Annual review of vision science*, *2*, 255–271. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-111815-114550>
- Pahor, M., Guralnik, J. M., Ambrosius, W. T., Blair, S., Bonds, D. E., Church, T. S., Espeland, M. A., Fielding, R. A., Gill, T. M., Groessl, E. J., King, A. C., Kritchevsky, S. B., Manini, T. M., McDermott, M. M., Miller, M. E., Newman, A. B., Rejeski, W. J., Sink, K. M., & Williamson, J. D. (2014). Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE study randomized clinical trial. *JAMA*, *311*(23), 2387–2396. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.5616>

- Pijnappels, M., Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & van Dieën, J. H. (2008). Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *18*(2), 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.06.004>
- Pinquart, M., & Wahl, H.-W. (2021). Subjective age from childhood to advanced old age: a meta-analysis. *Psychology and aging*, *36*(3), 394–406. <https://doi.org/10.1037/pag0000600>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, *39*(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Quick, H. E., & Moen, P. (1998). Gender, employment and retirement quality: a life course approach to the differential experiences of men and women. *Journal of Occupational Health Psychology*, *3*(1), 44–64. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.3.1.44>
- Rait, G., Fletcher, A., Smeeth, L., Brayne, C., Stirling, S., Nunes, M., Breeze, E., Ng, E. S.-W., Bulpitt, C. J., Jones, D., & Tulloch, A. J. (2005). Prevalence of cognitive impairment: results from the MRC trial of assessment and management of older people in the community. *Age and Ageing*, *34*(3), 242–248. <https://doi.org/10.1093/ageing/afi039>
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorff, D., & Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, *15*(11), 1676–1689. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi044>
- Reeves, N. D., Spanjaard, M., Mohagheghi, A. A., Baltzopoulos, V., & Maganaris, C. N. (2009). Older adults employ alternative strategies to operate within their maximum capabilities when ascending stairs. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *19*(2), e57-68. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.09.009>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of aging and physical activity*, *7*(2), 129–161. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129>

- Rivner, M. H., Swift, T. R., & Malik, K. (2001). Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle & Nerve*, *24*(9), 1134–1141. <https://doi.org/10.1002/mus.1124>
- Roh, Y. S., Ahn, J.-W., Kim, E., & Kim, J. (2018). Effects of prebriefing on psychological safety and learning outcomes. *Clinical Simulation in Nursing*, *25*, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2018.10.001>
- Rönnlund, M., Nyberg, L., Bäckman, L., & Nilsson, L.-G. (2005). Stability, growth, and decline in adult life span development of declarative memory: cross-sectional and longitudinal data from a population-based study. *Psychology and aging*, *20*(1), 3–18. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.20.1.3>
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, *35*(Suppl 2), ii37-ii41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>
- Rubin, D. C., & Berntsen, D. (2006). People over forty feel 20% younger than their age: subjective age across the lifespan. *Psychonomic bulletin & review*, *13*(5), 776–780. <https://doi.org/10.3758/bf03193996>
- Salat, D. H., Buckner, R. L., Snyder, A. Z., Greve, D. N., Desikan, R. S. R., Busa, E., Morris, J. C., Dale, A. M., & Fischl, B. (2004). Thinning of the cerebral cortex in aging. *Cerebral Cortex*, *14*(7), 721–730. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh032>
- Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*, *30*(4), 507–514. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023>
- Sari, D., Taskiran, N., Baysal, E., Acar, E., & Cevik Akyil, R. (2020). Effect of an aged simulation suit on nursing students' attitudes and empathy. *European Geriatric Medicine*, *11*(4), 667–675. <https://doi.org/10.1007/s41999-020-00316-z>
- Schaefer, S., Bill, D., Hoor, M., & Vieweg, J. (2023). The influence of age and age simulation on task-difficulty choices in motor tasks. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*, *30*(3), 429–454. <https://doi.org/10.1080/13825585.2022.2043232>
- Schmidt, L. I., Gerhardy, T. H., Carleton-Schweitzer, L., Wahl, H.-W. Jekel, K. (under review) “If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation on views on aging and perceptions of age-related impairments. *European Journal of Ageing*
- Schmidt, L. I., Schlomann, A., Gerhardy, T., & Wahl, H.-W. (2022). “Aging means to me... that I feel lonely more often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding

- views on aging. *Frontiers in psychology*, 13, 806233. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233>
- Schmitz, A., Silder, A., Heiderscheit, B., Mahoney, J., & Thelen, D. G. (2009). Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(6), 1085–1091. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.10.008>
- Schott, N., & Voelcker-Rehage, C. (2023). Motorische Entwicklung über die Lebensspanne. In Güllich, A. & Krüger, M. (Hrsg.), *Bewegung, Training, Leistung und Gesundheit* (S. 397-428). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53410-6_68
- Schwarzer, R. (2001). Social-cognitive factors in changing health-related behaviors. *Current Directions in Psychological Science*, 10(2), 47–51. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00112>
- Scott, G., Menz, H. B., & Newcombe, L. (2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*, 26(1), 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.07.009>
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., Kwak, Y., & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 34(5), 721–733. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.005>
- Settersten, R. A., & Mayer, K. U. (1997). The measurement of age, age structuring, and the life course. *Annual Review of Sociology*, 23, 233–261. Abruf unter <http://www.jstor.org/stable/2952551>
- Shea, C. H., Kennedy, D., & Panzer, S. (2019). Information processing approach to understanding and improving physical performance. In M. H. Anshel (Hrsg.), *APA Handbooks in Psychology series. APA handbook of sport and exercise psychology* (S. 557-582). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000123-028>
- Sherrington, C., Fairhall, N., Kwok, W., Wallbank, G., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Ng, C. A. C. M., & Bauman, A. (2020). Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 144. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01041-3>

- Shields, M., Tremblay, M. S., Laviolette, M., Craig, C. L., Janssen, I., & Connor Gorber, S. (2010). Fitness of Canadian adults: results from the 2007-2009 Canadian health measures survey. *Health reports, 21*(1), 21–35.
- Shore, H. (1976). Designing a training program for understanding sensory losses in aging. *The Gerontologist, 16*(2), 157–165. <https://doi.org/10.1093/geront/16.2.157>
- Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017). Oxidative stress. *Annual review of biochemistry, 86*, 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>
- Stathokostas, L., McDonald, M. W., Little, R. M. D., & Paterson, D. H. (2013). Flexibility of older adults aged 55-86 years and the influence of physical activity. *Journal of Aging Research, 2013*, 743843. <https://doi.org/10.1155/2013/743843>
- Steele, C. M. (2011). *Whistling Vivaldi* (1st edition). W. W. Norton & Company Incorporated.
- Stephan, Y., Chalabaev, A., Kotter-Grühn, D., & Jaconelli, A. (2013). “Feeling younger, being stronger”: an experimental study of subjective age and physical functioning among older adults. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences, 68*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbs037>
- Steverink, N., Westerhof, G. J., Bode, C., & Dittmann-Kohli, F. (2001). The personal experience of aging, individual resources, and subjective well-being. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences, 56*(6), 364-73. <https://doi.org/10.1093/geronb/56.6.p364>
- Stipulkowski, L. (2021). *Effects of age simulation suit components on gait of able-bodied persons: Einfluss von verschiedenen Komponenten eines Alterssimulationsanzuges auf den Gang von gesunden Personen*. Bachelorthesis, Department of Mathematics and Computer Science, Universität Heidelberg.
- Stöckel, T., Wunsch, K., & Hughes, C. M. L. (2017). Age-related decline in anticipatory motor planning and its relation to cognitive and motor skill proficiency. *Frontiers in aging neuroscience, 9*, 283. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00283>
- Sutin, A. R., Zonderman, A. B., Ferrucci, L., & Terracciano, A. (2013). Personality traits and chronic disease: implications for adult personality development. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences, 68*(6), 912–920. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbt036>

- Takao, H., Hayashi, N., & Ohtomo, K. (2012). A longitudinal study of brain volume changes in normal aging. *European Journal of Radiology*, *81*(10), 2801–2804. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.10.011>
- Thomas, S. A., Vega, D., & Arellano, C. J. (2021). Do humans exploit the metabolic and mechanical benefits of arm swing across slow to fast walking speeds? *Journal of Biomechanics*, *115*, 110181. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110181>
- Tikkanen, E., Gustafsson, S., Amar, D., Shcherbina, A., Waggott, D., Ashley, E. A., & Ingelsson, E. (2018). Biological insights into muscular strength: genetic findings in the UK biobank. *Scientific Reports*, *8*(1), 6451. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24735-y>
- Timm, I. J., Spaderna, H., Rodermund, S. C., Lohr, C., Buettner, R., & Berndt, J. O. (2020). Designing a randomized trial with an age simulation suit - representing people with health impairments. *Healthcare*, *9*(1), 27. <https://doi.org/10.3390/healthcare9010027>
- Tullo, E. S., Spencer, J., & Allan, L. (2010). Systematic review: helping the young to understand the old. Teaching interventions in geriatrics to improve the knowledge, skills, and attitudes of undergraduate medical students. *Journal of the American Geriatrics Society*, *58*(10), 1987–1993. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03072.x>
- Turbanski, S., & Schmidtbleicher, D. (2010). Posturale Kontrolle als situationsabhängige Fertigkeit. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, *24*(3), 123–128. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1267402>
- United Nations. (2019). *Department of Economic and Social Affairs: Population Division - World population prospects: Highlights [Population studies]: Bd. 423*. United Nations.
- Unverzagt, F. W., Gao, S., Baiyewu, O., Ogunniyi, A. O., Gureje, O., Perkins, A., Emsley, C. L., Dickens, J., Evans, R., Musick, B., Hall, K. S., Hui, S. L., & Hendrie, H. C. (2001). Prevalence of cognitive impairment: data from the Indianapolis Study of Health and Aging. *Neurology*, *57*(9), 1655–1662. <https://doi.org/10.1212/wnl.57.9.1655>
- van Halewyck, F., Lavrysen, A., Levin, O., Boisgontier, M. P., Elliott, D., & Helsen, W. F. (2015). Factors underlying age-related changes in discrete aiming. *Experimental Brain Research*, *233*(6), 1733–1744. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4247-3>
- van Swearingen, J. M., & Studenski, S. A. (2014). Aging, motor skill, and the energy cost of walking: implications for the prevention and treatment of mobility decline in older persons.

- The Journals of Gerontology: Series A*, 69(11), 1429–1436. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu153>
- Verdijk, L. B., Snijders, T., Drost, M., Delhaas, T., Kadi, F., & van Loon, L. J. C. (2014). Satellite cells in human skeletal muscle; from birth to old age. *AGE*, 36(2), 545–547. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9583-2>
- Vieweg, J., Panzer, S., & Schaefer, S. (2023). Effects of age simulation and age on motor sequence learning: Interaction of age-related cognitive and motor decline. *Human movement science*, 87, 103025. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2022.103025>
- Vieweg, J., & Schaefer, S. (2020). How an age simulation suit affects motor and cognitive performance and self-perception in younger adults. *Experimental aging research*, 46(4), 273–290. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2020.1766299>
- Voelcker-Rehage, C., & Willimczik, K. (2006). Motor plasticity in a juggling task in older adults—a developmental study. *Age and ageing*, 35(4), 422–427. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl025>
- Wahl, H.-W., Diehl, M., Kruse, A., Lang, F. R., & Martin, M. (2008). Psychologische Altersforschung: Beiträge und Perspektiven. *Psychologische Rundschau*, 59(1), 2–23. <https://doi.org/10.1026/0033-3042.59.1.2>
- Wahl, H.-W., & Heyl, V. (2015). *Gerontologie - Einführung und Geschichte* (2. Aufl.). *Grundriss Gerontologie: Band 1*. Kohlhammer. Abruf unter <https://eref.thieme.de/ebooks/1854262>
- Wahl, H.-W., & Kornadt, A. E. (2022). Experimental studies on subjective views of aging: overview, challenges, and future directions. In Y. Palgi, A. Shrira & M. Diehl (Hrsg.), *International Perspectives on Aging: volume 33. Subjective views of aging: Theory, research, and practice* (Bd. 33, S. 249-266). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11073-3_14
- Wahl, H.-W., & Diegelmann, M. (2015). Perspektiven der psychologischen Altersforschung. *Der Urologe. Ausg. A*, 54(12), 1731–1738. <https://doi.org/10.1007/s00120-015-4006-x>
- Watkins, C. A., Higham, E., Gilfoyle, M., Townley, C., & Hunter, S. (2021). Age suit simulation replicates in healthy young adults the functional challenges to balance experienced by older adults: an observational study. *BMJ simulation & technology enhanced learning*, 7(6), 581–585. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2021-000867>

- Wedding, U., & Schäffer, T. (2018). Komorbidität unter geriatrischen Aspekten. In M. Ebert, N. Härtel & U. Wedding (Hrsg.), *Springer Reference Medizin. Geriatrische Onkologie* (S. 27-36). Springer Berlin / Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48727-3_3
- Wettstein, M., Wahl, H.-W., & Siebert, J. S. (2020). 20-year trajectories of health in midlife and old age: Contrasting the impact of personality and attitudes toward own aging. *Psychology and aging, 35*(6), 15. <https://doi.org/10.1037/pag0000464>
- Wijsman, C. A., van Opstal, A. M., Kan, H. E., Maier, A. B., Westendorp, R. G. J., Slagboom, P. E., Webb, A. G., Mooijaart, S. P., & van Heemst, D. (2012). Proton magnetic resonance spectroscopy shows lower intramyocellular lipid accumulation in middle-aged subjects predisposed to familial longevity. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism, 302*(3), E344-8. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00455.2011>
- Winter, D. A., Patla, A. E., Frank, J. S., & Walt, S. E. (1990). Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Physical therapy, 70*(6), 340–347. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.6.340>
- World Health Organization. (2023). *Deafness and hearing loss*. World Health Organization. Abruf unter <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Wu, T., Chan, P., & Hallett, M. (2010). Effective connectivity of neural networks in automatic movements in Parkinson's disease. *NeuroImage, 49*(3), 2581–2587. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.10.051>
- Wurm, S. (2021). *Lexikon der Psychologie*. Dorsch. Abruf unter <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/altersbilder>
- Wurm, S., Diehl, M., Kornadt, A. E., Westerhof, G. J., & Wahl, H.-W. (2017). How do views on aging affect health outcomes in adulthood and late life? Explanations for an established connection. *Developmental review: DR, 46*, 27–43. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.08.002>.
- Wurm, S., & Kornadt, A. E. (2021). Self-perceptions of aging. In *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging* (S. 4421-4423). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22009-9_113

- Wurm, S., & Tesch-Römer, C. (2006). Gesundheit, Hilfebedarf und Versorgung. In *Altwerden in Deutschland* (S. 329-383). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90138-1_7
- Young, Y., Frick, K. D., & Phelan, E. A. (2009). Can successful aging and chronic illness coexist in the same individual? A multidimensional concept of successful aging. *Journal of the American Medical Directors Association*, 10(2), 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2008.11.003>
- Yu, C.-Y., & Chen, K.-M. (2012). Experiencing simulated aging improves knowledge of and attitudes toward aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(5), 957–961. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2012.03950.x>
- Zaciorskij, V. M., & Kraemer, W. J. (2016). *Krafttraining: Praxis und Wissenschaft* (4. Auflage). Meyer & Meyer Verlag.
- Zglinicki, T. von (2002). Oxidative stress shortens telomeres. *Trends in Biochemical Sciences*, 27(7), 339–344. [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(02\)02110-2](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(02)02110-2)

Danksagung

Der Weg zu dieser Dissertation erfolgte in meiner persönlichen Wahrnehmung nicht auf dem typischen Weg und ist das Ergebnis einer langen Reise in den letzten Jahren. Diese Arbeit abgeben zu können bedeutet mir persönlich viel und verdanke ich einer Reihe an Personen. Angefangen bei den Studienteilnehmer:innen, die sich die Zeit für meine Erhebungen genommen haben, den beteiligten Hiwis, ohne die ich diese nicht hätte durchführen können und den Projektpartnern im HeiAge, deren konstruktive Kritik ich sehr zu schätzen wusste. Meiner Familie ohne die ich diese nicht an diesem Punkt im Leben stehen würde, die mir immer das Gefühl vermittelt haben, dass ich diese Promotion meistern werde und meine Entscheidung nie angezweifelt haben. Genauso wie meiner inzwischen Frau, Marie, die sich am Ende durch die gesamte Dissertation gekämpft hat, aber vor allem für die nötige Abwechslung sorgte, wenn ich sie dringend benötigte.

Ein besonderer Dank gilt den folgenden Personen, die mich maßgeblich bei der Anfertigung dieser Schrift unterstützt haben.

Allen voran möchte ich mich bei meiner Projektkoordinatorin, Mentorin und schließlich auch doch noch Betreuerin, Dr. Laura Schmidt bedanken. Die mich in das HeiAge Projekt geholt hat, mich während der gesamten Zeit immer engagiert und großartig unterstützte und mir nicht nur fachlich, sondern auch mental immer wieder zur Seite stand.

Ebenso danke ich Prof. Dr. Hans-Werner Wahl der mir das Vertrauen geschenkt hat dieses Projekt umsetzen zu können, der für mich ein großartiges Vorbild in der Welt der Wissenschaft darstellt und nie das große Ganze aus dem Blick verloren hat. Genauso möchte ich mich bei Prof. Dr. Simon Steib bedanken, der sich meiner Arbeit angenommen hat, diese mit tollen Hinweisen kritisch hinterfragte und mich immer unterstützt hat.

Ebenso möchte ich mich bei Dr. Lizeth Sloot bedanken, die mich abholte, wenn ich an mal wieder im Software-Dschungel der Auswertung verloren ging, den tollen Support um mich in diesem Bereich weiterzuentwickeln und mir mit dem Ausflug in die Biomechanik ein neues Feld eröffnet hat.

Ein großer Dank geht auch an meine Arbeitseinheit um Prof. Dr. Monika Sieverding. Die mich unheimlich herzlich am PI aufgenommen, mir eine tolle Arbeitsatmosphäre geboten haben und in der ich mich in den vergangenen Jahren sehr wohl gefühlt habe.

Zu guter Letzt, geht der Danke an die besten Kolleg:innen die ich mir nur hätte vorstellen können, Die PhDs des PI. Der Austausch mit Euch war meine Rettung, wenn es schwierig wurde oder ich einen fachlichen Rat benötigte. Aber vor allem danke ich Euch für die vielen tollen unterhaltsamen Momente, die die Zeit als Doktorand am PI so großartig gemacht haben und die Unterstützung in den letzten Wochen. Meine Kolleg:innen, allen voran Steffi, Wiebke, Kathrin, Milena, Lukas und Nils ihr seid großartig, genauso wie die Lunch Gang und die zukünftigen MOV des PI's Fabi und Thorben!

FAKULTÄT FÜR
VERHALTENS- UND EMPIRISCHE
KULTURWISSENSCHAFTEN



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

Promotionsausschuss der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg / [Doctoral Committee of the Faculty of Behavioural and Cultural Studies of Heidelberg University](#)

Erklärung gemäß § 8 (1) c) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften / [Declaration in accordance to § 8 \(1\) c\) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University, Faculty of Behavioural and Cultural Studies](#)

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Zitate gekennzeichnet habe. / [I declare that I have made the submitted dissertation independently, using only the specified tools and have correctly marked all quotations.](#)

Erklärung gemäß § 8 (1) d) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften / [Declaration in accordance to § 8 \(1\) d\) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University, Faculty of Behavioural and Cultural Studies](#)

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation in dieser oder einer anderen Form nicht anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet oder einer anderen Fakultät als Dissertation vorgelegt habe. / [I declare that I did not use the submitted dissertation in this or any other form as an examination paper until now and that I did not submit it in another faculty.](#)

Vorname Nachname / First name Family name	Thomas Henrik Gerhardy
Datum / Date	
Unterschrift / Signature	

Dem Dekanat der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften liegt eine unterschriebene Version dieser Erklärung vom 27.10.2023 vor.

9 Weitere relevante Publikation

Schmidt, L. I., **Gerhardy, T. H.**, Wahl, H.-W. (in press) Altwerden simulieren als Intervention: Rolle von Alterssimulationsanzügen. In P. Gellert, & H.-W. Wahl (Hrsg.) *Interventionsgerontologie: 100 Schlüsselbegriffe für Forschung, Lehre und Praxis* (1. Auflage). Kohlhammer.

LS hat dieses Buchkapitel verfasst auf Grundlage der Information aus Manuskript I, den weiteren Projekten und Beiträgen von **TG** und **HWW**.

Anhang - Manuskripte zur publikationsbasierten Dissertation

Manuskript I

Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Schmidt, L.I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review. *European Journal of Ageing* 19, 953–976. doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1



Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: a systematic review

Thomas H. Gerhardy¹ · Anna Schlomann^{2,3} · Hans-Werner Wahl² · Laura I. Schmidt¹

Accepted: 5 July 2022
© The Author(s) 2022

Abstract

Age simulation suits (ASS) are widely used to simulate sensory and physical restrictions that typically occur as people age. This review has two objectives: first, we synthesize the current research on ASS in terms of the observed psychological and physical effects associated with ASS. Second, we analyze indicators able to estimate the validity of ASS in simulating “true” ageing processes. Following the PRISMA guidelines, eight electronic databases were searched (BASE, Cinhal, Cochrane, Google Scholar, ProQuest, PsychINFO, Pubmed, and Web of Science). Qualitative and quantitative studies addressing effects of ASS interventions regarding psychological outcomes (i.e., empathy, attitudes) or physical parameters (i.e., gait, balance) were included. The Mixed Methods Appraisal Tool was applied for quality assessment. Of 1890 identified citations, we included 94 for full-text screening and finally 26 studies were examined. Publication years ranged from 2001 to 2021. Study populations were predominantly based on students in health-related disciplines. Results suggest that ASS can initiate positive effects on attitudes toward ($d_{\text{weighted}} = 0.33$) and empathy for older adults ($d_{\text{weighted}} = 0.54$). Physical performance was significantly reduced; however, there is only little evidence of a realistic simulation of typical ageing processes. Although positive effects of ASS are supported to some extent, more diverse study populations and high-quality controlled designs are needed. Further, validation studies examining whether the simulation indeed reflects “real” ageing are needed and should build on reference data generated by standardized geriatric assessments or adequate comparison groups of older adults. *Prospero registration: 232686.*

Keywords Attitude · Empathy · Ageing simulation · Geriatric education · Physical ageing

Introduction

The application of age simulation suits (ASS) has been undergoing continuous development since the 1990s, when the automotive industry started to use the first prototypes. ASS were originally constructed to raise engineers’ awareness of age-related and differently caused physical impairments when designing new cars. Concurrently in

the gerontological arena, educational programs involving ASS emerged with the ambition to reduce negative attitudes toward older adults in caregiving settings (Galanos et al. 1993; Pacala et al. 1995), enhance empathy and role-taking in relation to older adults, and explore the benefit of experience-based education at large. In this paper, ASS are defined as devices that simulate both physical and sensory restrictions by using additional weights, hearing protection and specifically designed goggles.

Framing the use of ASS more generally, the global transformation toward an increasingly proportion of older population brings along challenges and requirements for the health care system, i.e., understanding what ageing means on various levels. More specifically, ASS come with the ambition to foster processes of empathy and role taking with respect to understanding daily life dominated by physical and sensory impairments. The main expectation here is the increase in positive attitudes toward older adults through age simulation (Bennett et al. 2016; Chen et al. 2015). Primary target

Responsible Editor: Morten Wahrendorf.

✉ Thomas H. Gerhardy
thomas.gerhardy@psychologie.uni-heidelberg.de

¹ Institute of Psychology, Heidelberg University, Hauptstr. 47-51, 69117 Heidelberg, Germany

² Network Aging Research, Heidelberg University, Bergheimerstr. 20, 69115 Heidelberg, Germany

³ Institute for Educational Science, Heidelberg University of Education, Keplerstr. 87, 69120 Heidelberg, Germany

groups are health care personnel, family caregivers, and younger age groups in general (Bowden et al. 2020). ASS meanwhile offer many different means to simulate impairments in gross and fine-tuned motor behavior, hearing, and vision that show strong associations with older age and can be seen as markers of ageing (Bergman and Rosenhall 2001). For example, various versions of goggles and hearing protectors mimic different magnitudes of impaired vision or hearing, additional weights (vest, ankle and wrist cuffs) simulate reduced stamina and physical capacity, while joint bandages are used to limit the range of motion (Allen 2018; Lauenroth et al. 2017; Scherf 2014).

Since a growing popularity can be observed regarding ASS in different settings in the recent years, it is fundamentally important to thoroughly and empirically investigate the possibilities and limitations of such simulations. On the one hand, no false picture of age-related limitations should be conveyed, which may establish fears and concerns about later life or regarding views on ageing and older adults. On the other hand, there is a lack of research that explores if ASS allow a realistic simulation of ageing processes and if the simulated age-range corresponds to average functional abilities of older adults in third (60–79 years) or fourth age (80+). So far, predominantly young participants were included in ASS studies and there is some evidence that the simulated impairments did not correspond to old age but rather middle-adulthood. A realistic simulation (i.e., reaching the average functional impairments of a 70, 80, or 90 years-old person) would also be of importance if ASS are used in the development phases of geriatric assistive devices, when the risk of falling is still high and older adults cannot be consulted for first pilot studies because of practical or ethical reasons. Although there is a relatively large body of case-like reports often containing positive experiences with the application of ASS, a comprehensive systematic overview of the currently existing research on the psychological and physical outcomes of wearing an ASS is missing. A scoping review on age simulation interventions was published in 2017, but included only two studies, which were conducted among nursing students (Coelho et al. 2017). A second review article focused on the effects of ASS on attitudes, empathy and anxiety levels among student populations only (Eost-Telling et al. 2020). A third most recent review focused on the educational effects of ASS on person-centered care (Bowden et al. 2021).

These reviews of existing data on ASS have some shortcomings and gaps in their syntheses. First, none of the available reviews addressed outcomes related to physical functioning such as strength loss, gait parameters or balance issues. Second, none quantified and discussed the validity of simulated physical impairments as a realistic simulation in comparison with “real ageing.” Third, existing reviews show limitations on included study populations. Eost-Telling et al.

(2020) and Bowden et al. (2021) only included studies with participants in the healthcare sector, which limits generalizability. Fourth, they also included geriatric (medication) games, using role-playing, i.e., with focus on medication intake, meaning that some participants only acted as observers so that not everybody experienced the simulation first-hand. Further, game-based approaches did not apply a complete ASS, but typically used certain parts of the ASS set-up, thus not allowing for a full and more holistic experience.

Therefore, the first objective of the present review was to synthesize the current research examining the effect of ASS interventions on psychological as well as physical outcomes. Psychological outcomes have partly been addressed by Eost-Telling et al. (2020) and Bowden et al. (2021), but several more recent studies have not been included in their synthesis yet. In addition, we did not exclusively focus on students from health professions like previous reviews, but also include studies targeting general populations of younger and middle-aged adults.

Our second objective was to analyze indicators able to estimate the validity of existing ASS in simulating typical ageing processes, i.e., by drawing on reference values of established assessments or via comparisons with the performance of older adults in the target age of the simulation.

Methods

We checked PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/prosp/ero/>) for similar systematic reviews on this topic or ongoing projects. No registered review could be found. The systematic review was prospectively registered in PROSPERO (CRD42021232686, February 28, 2021) and was conducted in accordance with the PRISMA statements (Moher et al. 2009).

Search strategy

In June 2020 a literature search was conducted in seven electronic databases (BASE, Cinhal, Cochrane, ProQuest, PsychINFO, Pubmed, and Web of Science) without time limits for publication years. Search terms and combinations were customized for each database as shown in the supplemental material, Table 1. In a second step, Google Scholar was used to find additional relevant studies including gray literature. Further articles were added following manual reference search and an update scan for new publications in September 2021.

Eligibility criteria

Studies were included if they (a) applied ASS to mimic physical and sensory limitations; (b) reported qualitative,

Table 1 Characteristics of included studies

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	% of males	Age \pm SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Akpınar Söylemez et al. (2021)	Turkey	Non-randomized quantitative	92	Nurses	15.2	35.67 \pm 8.37	n/a	GERT ASS lecture about age and ageing day 1; daily activities day 2	30-40	pre/post KAOP	Simulation-based training program can increase attitudes toward older adults
Allen (2018)	United States	Non-randomized quantitative	59	Healthy, no cardiovascular disease or orthopedic limitations	30.5	n/a	20-24	GERT ASS geriatric assessments: SFT, SPPB, grip strength	10-15	ASD questionnaire	No sig. difference in attitudes toward older adults
Bowden et al. (2020)	Australia	Qualitative	15	Nurses, -students, -assistants	33.3	n/a	18-64	GERT ASS daily hospital activities	7-15	Debrief discussions; follow-up focus groups	ASS program is beneficial educational approach and enhance the insight into the ageing process
Cheng et al. (2020)	Hong Kong	Randomized quantitative	139 IG: 69 CG: 70	Nursing students and health professions	24.5	21.2 \pm 3.5	18-29	CG: placebo clothes IG: Koken ASS Senior Simulation Program: Reading fill out a form, sort medications, eating, listening to audio, sitting in a chair, walking, smell and taste food	30	C-KAOP WCOP C-FAQ (pre-only)	No difference in WCOP between IG & CG, but increased C-KAOP in both groups
Filz (2010)	Germany	Non-randomized quantitative	253 IG: 128 CG: 125	Medical students	IG: 37.5 CG: 36.8	IG: 25.57 \pm 3.82 CG: 25.39 \pm 3.65	n/a	Self-made ASS up/down stairs, walking, make a bread, lace up shoes, take a pill	20	Self-developed questionnaire "understanding for older people"	Improved understanding and empathy toward older adults after the intervention IG and CG

Table 1 (continued)

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	% of males	Age \pm SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Hsu et al. (2016)	Taiwan	Non-randomized quantitative	134	Nurses	1.5	n/a	21-30 (n=91) \geq 31 (n=43)	self-made ASS ageing simulation intervention program "Walked and climbed" daily activities	10-15	Pre/3 months Post Attitudes Toward the Older People Scale, WCOP	Increased WCOP after the intervention no sig. change in attitudes toward older adults
Jeong et al. (2017)	South Korea	Mixed methods	70	Nursing students	17.1	20.4 \pm 4.03	19-44	Sakamoto ASS "Senior Simulation Program" (SSP) orientation program daily activities; sitting, reading, walking, eating	13	ASD pre-/post-follow-up-test, qualitative written review (+interview 9 students)	ASD became negative after the SSP (post), but more positive after sharing the feelings (follow-up)
Jeong and Kwon (2020)	South Korea	Non-randomized quantitative	65	Nursing students	7.7	19.5 \pm 0.89	19-22	Sakamoto ASS "Aging Suit Experience Program"; lying/sitting down on/getting up from a bed/chair, walking, up/down stairs, reading, hearing, open a bag, drink	n/a	Semantic Differential, behavior toward elderly scale	Subjects' behavior toward older adults improved, maintained for 3 months after the program
Lauenroth et al. (2017)	Germany	Non-randomized quantitative	178	Healthy individuals	32.0	50.4 \pm 16.4	18-85	GERT ASS gait analysis	45	Gait performance in four groups with ASS, two groups without ASS	Gait performance of young corresponds to performance of older group
Lavallière et al. (2017)	United States	Mixed methods	22	Healthy individuals	22.2	24.0 \pm 2.57	20-29	AGNES ASS assessments for physical performance	Up to 120	Postural balance, neck/shoulder range of motion, lower back/hamstring flexibility, gait analysis	Majority experienced a decline in performance with ASS

Table 1 (continued)

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	% of males	Age \pm SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Lee and Teh (2020)	Malaysia	Mixed methods	133 IG: 52 CG: 68	Pharmacy students	22.5 20.6 25.0	19.5 \pm 0.8 19.5 \pm 0.7 19.5 \pm 0.8	n/a	CG: lecture IG: lecture + Nagoya ASS fill out a form, walking, stand up/sit down on a sofa/chair, comb hair, pick up sth. from the floor	10	JSE-HPS, open-end questions	Self-rated knowledge and understanding on the physical limitations of ageing were similar between both groups
Losa Iglesias et al. (2020)	Spain	Non-randomized quantitative	54	Nursing students	22.7%	21 \pm 1.42	20.61-21.38	GERT ASS daily activities; up/down stairs, sit down/get up from a chair, putting on shoes	60	JSE-HPS, TMMS-24, PANAS, open-end questions	Increased empathy in nursing students after the simulation experience
Lucchetti et al. (2017)	Brazil	Non-randomized quantitative	230 IG1: 72 IG2: 82 CG: 76	Medical students	IG1: 34.6 IG2: 60.5 CG: 47.2	IG1: 18.71 \pm 1.43 IG2: 19.7 \pm 2.72 CG: 19.91 \pm 3.07	19-39	CG: control group IG1: "Aging Game" age simulation tools (with weights); walking around obstacles IG2: "Myths of Aging"	25	UCLA, Palmore FAQ-1, MMSS	IG1: increased empathy, worsening attitudes IG2: improved attitudes, no change in empathy
Mandegari Bamakan et al. (2021)	Iran	Non-randomized quantitative	70 IG: 35 CG: 35	Nursing students	IG: 42.9 CG: 55.7	IG: 20.8 \pm 1.16 CG: 21.25 \pm 2.20	20-26	CG: lecture IG: lecture + Unknown ASS simulation experience walking, open door, up/down stairs, calling, eat and drink	120	FAQ, KAOP	Improved knowledge and positive attitudes toward older adults
Mohamed et al. (2017)	Egypt	Randomized quantitative	82 IG: 41 CG: 41	Nursing students	19.8 IG: 22 CG: 17.1	21.50 \pm 0.5 IG: 21.6 \pm 0.5 CG: 21.5 \pm 0.6	21-23	CG: lectures Self-made ASS IG: lectures + simulation game: eating, drinking, chose coloured pins, listening instructions, walking with walker/wheelchair, open doors, wash hands, open jar, button up coat	180	KAOP, Structured interview, Experience with Ageing	Ageing simulation improves knowledge, awareness about ageing and understanding for their problems

Table 1 (continued)

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	% of males	Age \pm SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Perot et al. (2020)	France	Quantitative descriptive	306	Healthcare professionals	31	42	18-68	GERT ASS up/down stairs, lying down/getting up, sitting, drinking, eating	15	Self-developed questionnaire on difficulties	Improved participants' opinions on difficulties experienced by older people
Robinson and Rosher (2001)	United States	Quantitative descriptive	49	Third-year medical students	n/a	n/a	n/a	Self-made ASS lecture + simulation experience: reading, sort coloured paper, prepare medication, eating/tasting, lace up shoes, fill out form, count out change	180	ASD	Improvement in attitudes toward ageing
Ross et al. (2013)	United Kingdom	Mixed-methods	86	Healthcare assistants/professional, nurses	n/a	n/a	n/a	ASS role playing, being a patient	60	IMTEE + semi-structured interviews	Improved confidence
Rueffert and Bullinger (2020)	Germany	Non-randomized quantitative	330 IG: 197 CG: 133	In- and outpatients' staff of geriatric care	15.4	36.2 \pm 14.2	17-63	CG: observer IG: MAX ASS stairs up/down, sitting down/getting up, combing hair, go to the toilet/bed, open a medicine box	120	Self-developed-questionnaire about subjective competence in relation to older people and sensitization to ageing after the training	Higher sensitization post intervention in IG versus CG
Sari et al. (2020)	Turkey	Mixed methods	Phase 1: 260 Phase 2: 303 groups á 10	Nursing students	50	22.46 \pm 1.72	n/a	Sakamoto ASS phase 2 group: up/down stairs, walking, go to a market, shopping, reading	n/a	KAOP, BES; semi-structured interviews	KAOPS & BES improved after phase 2

Table 1 (continued)

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	% of males	Age ± SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Scherf (2014)	Germany	Non-randomized quantitative	38 young: 28 old: 10	Technical staff (automotive industry)	38	25.04 ± 3.14 52.70 ± 3.42	20-31 47-58	MAX ASS assembly tasks (engineering)	180	Subjective load, heart rate, time to complete a task, joint flexibility	Time to complete the tasks increased in young participants with ASS and was comparable to older participants without ASS
Varkey et al. (2006)	United States	Non-randomized quantitative	84	Medical students	45.2	n/a	20-25 (78.3%) 26-30 (14.5%) 30-35 (6.0%) > 36 (1.2%)	Self-made ASS "Modified Aging Game" grocery shopping, being fed sitting in a wheelchair	180	MMS, ASD	Improved attitudes and empathy toward older adults
Vieweg and Schaefer (2020)	Germany	Non-randomized quantitative	20	Healthy young adults	50	22.3	20-28	GERT ASS geriatric motor and cognitive assessments	75	PEPS, physical state, MS; SFT, strength, flexibility, aerobic endurance, TUG, DS, PPT	The performance decreased while wearing the ASS
Watkins et al. (2021)	United Kingdom	Non-randomized quantitative	30	Healthy young adults	53.3	n/a	20-40	The Adam, Rouilly AK060 ASS Geriatric assessments	n/a	FRT, TUG, BBS	The ASS decreased the performance
Yu and Chen (2012)	Taiwan	Non-randomized quantitative	83 IG: 43 CG: 40	Nursing home staff	1.2	48.0 ± 8.8 50.4 ± 6.6 54.4 ± 10.2	n/a	CG: nothing IG: self-made ASS; Elderly Simulation Program Sitting in a wheelchair, filling out forms, eating, go to the bathroom, reading, up/down stairs, get up from a bed	20	Pre/post questionnaires "Knowledge and attitudes toward older adults + motivation to care for older adults"	IG: improved knowledge about ageing and attitudes toward older adults

Table 1 (continued)

Author	Country	Study design	Number of participants	Sample characteristics	Age \pm SD (years)	Age range (years)	Simulation program	Duration of intervention (min)	Assessment	Main results
Zijlstra et al. (2016)	Netherlands	Non-randomized quantitative	75	Bachelor students-facility management	20.0 \pm 1.8	n/a	Gero ASS wayfinding tasks	n/a	Route efficiency and time, heart rate, respiratory rate, energy expenditure	With ASS worse in wayfinding, slower walking, sig. higher heart/respiratory rate

n/a not applicable, SD Standard Deviation, ASS Age Simulation Suit, CG Control Group, IG Intervention Group, ASD Aging Semantic Differential, BES Basic Empathy Scale, JFE-HPS Jefferson Scale of Empathy-Health Professions Students, IMTEE Integrated Model of Training Evaluation and Effectiveness, KAOPS Kogan's Attitudes Toward Older People Scale, MSS Maxwell Sullivan Scale, *Palmore FAQ-I* Palmore Facts About Aging Quiz, UCLA-GA UCLA Geriatric Attitudes Test, WCOP Willingness To Care For Older People Scale

quantitative, or mixed-methods outcomes regarding attitudes, understanding or empathy toward older adults and/or assessments of physical functioning (i.e., gait, mobility, balance, strength); and (c) if they were published in English or German language.

We also included gray literature and excluded reviews, meta-analyses, comments, protocols, case reports and conference papers/presentations. Studies simulating specific medical conditions (i.e., hemiparesis) were excluded, as we focused on typical and frequent ageing-related physical and sensory limitations. Educational board games or role-plays, which concentrated on single sensory or physical restrictions and did not explicitly report an intervention for all participants, were excluded. Studies which did not report any results or did not initially aim to study effects with a clear research question (i.e., evaluations of seminars) were excluded as well.

Selection

We screened all articles by title and abstract to identify potentially relevant manuscripts based on the inclusion criteria. At this level, only very obviously ineligible titles were removed. For the full-text screening, two authors (AS, LS) independently assessed 50% of the potentially eligible articles while one author (TG) independently assessed all. Disagreements were resolved through discussion and involvement of the respective uninvolved author (AS or LS). Subsequently, the first author extracted information on the study (author, title, year of publication, country of origin), study characteristics (design, methods, sample size, types and modalities of the simulation and duration of interventions), participants' characteristics (age, gender), and indices regarding self-reported psychological outcomes (i.e., empathy) and/or physical performance outcomes (i.e., gait, flexibility). If relevant data were not available, we contacted the authors of the study to request missing information.

Quality assessment and statistical analyses

To assess the quality of selected articles the Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) for systematic mixed methods reviews was used (Hong et al. 2019). Two authors (AS, LS) independently assessed 50% of the articles, while one author (TG) assessed all articles. Disagreements were resolved by discussion, with the involvement of respective uninvolved author (AS or LS) if needed. To compare the effects of ASS interventions between studies, we calculated pre-to-post effect sizes (Cohen's *d*) from the indices reported or received on request (Lenhard and Lenhard 2017). Cohen's *d* is interpreted as followed: no effect: $d=0-0.1$; small effect: $d=0.2-0.4$; medium effect: $d=0.5-0.7$; large effect: $d \geq 0.8$ (Cohen 1988). Subsequently, we calculated pre-to-post weighted

mean effect sizes for attitudes and empathy separately by weighting each effect size by the respective sample size of the study participants receiving an ASS intervention. Those weighted means also include pre-to-post differences of the intervention groups of the few (randomized) controlled studies, weighted by the number of participants in the respective intervention group. For the latter designs, we additionally calculated effects sizes for group differences (control group vs. intervention group), taking into account baseline scores (Morris 2008).

Results

Figure 1 illustrates the results of the screening process according to the PRISMA guidelines (Moher et al. 2009). A total number of 1948 articles was found. 1890 abstracts were screened after removing duplicates and 94 were included for the full-text screening. At full-text level, 68 studies were excluded because of the following reasons: geriatric medication/ageing games, role plays or similar studies not using ASS ($n=27$), conference contributions ($n=11$), not reporting respective results ($n=7$), non-academic reports (i.e., newsletter) ($n=7$), language not English or German ($n=5$), review articles ($n=3$), unavailable after contacting the authors ($n=3$). After the quality assessment, further studies were excluded due to insufficient data to answer the two screening questions (see next section; $n=5$). Finally, 26 articles were included in the synthesis. Of those, 15 studies had not been included in previous review articles.

Quality assessment

The MMAT (Hong et al. 2019) for quality assessment offers the opportunity to evaluate diverse study designs in five categories (1) qualitative, (2) quantitative randomized, (3) quantitative non-randomized, (4) quantitative descriptive, and (5) mixed methods. The tool draws on two screening questions. (1) “Is there a clear research question?” (2) “Do the collected data allow to address the research question?” and five additional quality criteria, varying depending on the category of study design. Results of quality assessment revealed a heterogeneous picture of study quality. Two studies that did not meet the first screening question and three studies that did not meet the second screening question of the MMAT analysis and were therefore excluded from the following synthesis. Three studies announced written or oral feedback in seminars as qualitative results, but used quantitative descriptive methods to analyze data and were therefore evaluated in the respective category of the MMAT.

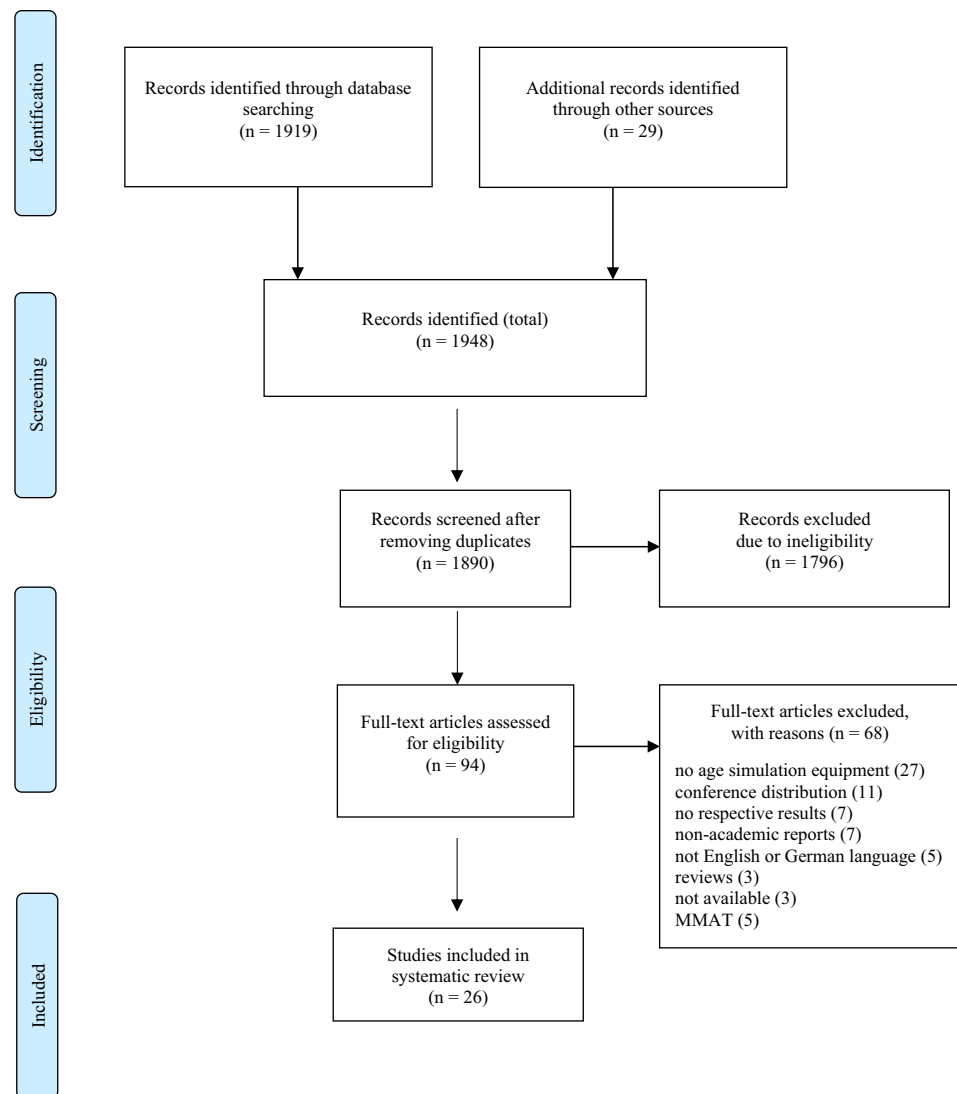
With respect to study design, we included qualitative studies ($n=1$), quantitative randomized ($n=2$), quantitative non-randomized designs ($n=16$), quantitative descriptive designs ($n=2$) and mixed methods studies ($n=5$). One of the randomized trials also included qualitative results and was therefore assigned to the mixed methods category.

Results of the MMAT indicated that eight articles met all five quality criteria of the respective design, twelve articles did not meet one criterion and six did not meet two criteria. More specifically, the qualitative study met all relevant criteria, the two quantitative randomized studies received good ratings, with the exception that assessors’ blinding was unclear ($n=1$) or not implemented ($n=1$). Among the sixteen quantitative non-randomized studies, eight studies did not describe nor analyze confounders, while two studies included participants that were not suitable or representative for their target population. For the two quantitative descriptive studies, it remained unclear if authors controlled for nonresponse bias in both studies and in one study, participants were not suitable or representative. Among the five mixed methods studies, there was one study missing an explanation for integrating qualitative and quantitative methods and one study missing a link between chosen methods and their interpretation. Furthermore, two studies lacked an explanation for divergences between quantitative and qualitative results ($n=2$).

Study characteristics

Key characteristics of the included studies are presented in Table 1. Studies were mostly conducted in Europe ($n=11$), followed by Asia ($n=7$), the United States ($n=3$), Turkey ($n=2$) and one from Australia, Egypt and Iran, respectively. Publication dates ranged from 2001 to 2021, with twelve of the 26 articles published in 2020 and 2021. Sample sizes varied depending on research method and design used. The nineteen studies collecting quantitative data with questionnaires reported the largest numbers of participants (range: $N=49-330$), followed by studies on physical performance measurements (range: $N=20-178$), and qualitative methods (range: $N=15-64$). The majority of studies ($n=21$) predominantly included participants between 20 and 30 years, due to the fact that most studies were conducted with pharmacy, medicine or nursing students, and younger health care staff. The duration of the procedures including the application of the ASS, habituation phase (if implemented) and the execution of a diverse range of tasks under ASS conditions ranged from 10 min (Hsu et al. 2016) to 4 h (Bowden et al. 2020). Some studies were embedded in university courses, consisting of an introduction by means of a lecture (Akpınar

Fig. 1 PRISMA flow diagram.
Note MMAT = Mixed Methods Appraisal Tool for quality assessment



Söylemez et al. 2021; Jeong and Kwon 2020; Mohamed et al. 2017; Robinson and Rosher 2001; Yu and Chen 2012); others followed a workshop format (Filz 2010) including interactions with older adults (Lee and Teh 2020). In order to study mid- to long-term effects, follow-up designs were only used in three studies, but solely regarding psychological outcomes (Jeong et al. 2017; Jeong and Kwon 2020; Lee and Teh 2020), varying between 3 weeks and 3 months. The vast majority of studies ($n = 20$) aimed to find starting points to enhance the quality of care, and therefore addressed empathy, attitudes, and/or understanding as these are assumed to be critical skills for health professions. These outcomes were measured by questionnaires, qualitative interviews, or evaluations of group discussions. Another six studies tried to fathom if ASS can simulate diverse age-related impairments and used quantitative performance measurements, e.g., heart rate to determine the physical load, geriatric assessments, gait analysis, and cognitive tasks in one study.

Findings on research question 1: effects of wearing an age simulation suit

Psychological outcomes

Detailed information on study results and calculated effect sizes can be found in Tables 2 and 3. Nineteen studies measured the effects of ASS on psychological outcomes quantitatively with established or self-developed questionnaires. The following instruments were applied (alphabetical order with frequency used in brackets): Aging Semantic Differential (ASD) (3), Attitude Toward the Older People Scale (1), Basic Empathy Scale (BES) (1), Integrated Model of Training Evaluation and Effectiveness (IMTEE) (1), Jefferson Scale of Empathy-Health Professions Students (JSE-HPS) (2), Kogan's Attitudes Toward Older People Scale (KAOP) (5), Modified Maxwell-Sullivan attitudes toward the elderly Scale (MSS) (2), (Chinese-) Palmore's Facts on Aging Quiz

((C)-FAQ) (3), Semantic Differential Scale (SD) (2), UCLA Geriatric Attitudes Test (UCLA-GA) (1), and Willingness to Care for Older People Scale (WCOP) (1). Four studies also used self-developed questionnaires.

The predominant purpose of these studies was to investigate the usefulness of ASS to improve empathy and/or attitudes toward older adults and/or raise the awareness regarding challenges of the ageing process among samples of younger adults. The most frequent outcome measures were attitudes ($n=12$), followed by assessments of empathy and understanding ($n=9$), willingness to care for ($n=2$) or behavior toward older adults ($n=1$). As different scales vary in their coding procedures (i.e., lower scores in ASD, SD or MSS indicate more positive attitudes toward older adults), the term *increased* is used in the following to indicate more positive and the term *decreased* is used to indicate more negative attitudes or empathy. Hence, positive effect sizes (Cohen's d) represent an improvement within the respective construct.

Regarding the 12 studies that assessed *attitudes* toward older adults, our effect size calculations (pre-to-post) with the reported scores of the two randomized controlled trials indicated small ($d=0.36$) and medium-sized positive effects ($d=0.71$). Our calculations on quantitative non-randomized studies ($n=8$) revealed small positive effects ($n=3$; range: $d=0.34$ – 0.46), one large positive effect ($n=1$; $d=4.43$), two small negative effect sizes ($n=2$; $d=-0.23$ and -0.36), and no effect ($n=2$; $d=-0.09$ and $d=0.16$), respectively. For the quantitative parts of the two mixed method studies, our calculations indicated one large positive ($d=0.95$) and one medium negative ($d=-0.63$) effect. Of note, two studies that initially found negative effects on attitude measures after the ASS intervention reported positive changes in a later follow-up (Jeong et al. 2017; Jeong and Kwon 2020). Overall, the weighted mean effect size for pre-to-post changes in attitudes was $d=0.33$, corresponding to a small effect; detailed results for each study can be found in Tables 2 and 3. We additionally calculated effect sizes between groups for the five studies that used controlled designs (IG vs CG, see Table 2). The weighted mean effect size for attitudes in those between-subjects designs was $d=0.29$, corresponding to a small effect.

Regarding the outcomes concerned with *empathy* for older adults, our effect size calculations indicated no effect ($n=1$; $d=0.12$) for the randomized trial within the mixed methods design, small and medium effects ($n=3$; $d=0.40$, $d=0.48$, $d=0.54$) for the non-randomized quantitative designs, and one small and one large effect for the quantitative parts of the two mixed method studies ($n=2$, $d=0.42$ and $d=1.03$). Two studies reported no adequate data to compute effect sizes. The weighted mean effect size from pre-to-post changes in empathy was $d=0.54$, corresponding to a medium-sized effect. We additionally calculated

effect sizes between groups for empathy (IG vs. CG, see Table 2) for the three studies that used controlled designs. The weighted mean effect size in those between-subjects designs was $d=0.07$, corresponding to no meaningful effect.

From the six qualitative and mixed methods studies, four conducted semi-structured interviews or discussions, where participants could share their experiences after wearing an ASS (Bowden et al. 2020; Jeong et al. 2017; Ross et al. 2013; Sari et al. 2020). In their analysis of focus groups, Bowden et al. (2020) reported enhanced insight for the process of ageing among the participants and growing empathy for their future self. Jeong et al. (2017) used in-depth interviews and results indicated a better understanding for challenges due to physical and sensory impairments. Reports on subjectively increased empathy and the feeling of having gained a better understanding of the process of ageing were communicated across all ASS studies evaluating qualitative data. Beyond that, Jeong et al. (2017) reported subjectively increased willingness to care for older adults, Sari et al. (2020) reported higher awareness regarding difficulties with activities of daily living, and Ross et al. (2013) reported better understanding for specific needs of older people, i.e., fear of falling and feeling safe. Lavallière et al. (2017) reported that the participants rather attributed perceived difficulties to complete given tasks to environmental restrictions than to the ASS, i.e., narrow aisles in a supermarket. Therefore, the analysis did not indicate differentiated awareness of age-related limitations caused by the suit. Lee and Teh (2020) included a practical interaction with older adults in their polypharmacy workshop before the ASS intervention. Afterward, they used open-ended questionnaires and identified three themes (1) “lending an ear”, which meant taking more time to listen, (2) “sense of respect” meaning realizing the challenges in the lives of older adults, and (3) “understanding the emotion,” which indicated the importance of empathy in healthcare.

Physical outcomes

Six studies assessed the effects of ASS on physical performance (see Table 4). Four studies used validated (geriatric) assessments (Lauenroth et al. 2017; Lavallière et al. 2017; Vieweg and Schaefer 2020; Watkins et al. 2021), two focused on self-developed or modified established tests (Scherf 2014; Zijlstra et al. 2016). We calculated Cohen's d effect sizes for the differences with and without the ASS, indicating within-subject or pre-to-post differences (Lenhard and Lenhard 2017). Negative effect sizes represent decreased physical performance in respective tasks, abilities, or physiological parameters. Lavallière et al. (2017) found significantly decreased performance while wearing an ASS in postural balance tests (standing on both legs with eyes open: $d=-0.57$; eyes closed: $d=-0.99$), flexibility

Table 2 Results and calculated effect sizes of the included quantitative studies in controlled or between-subject designs

Author(s)	Intervention/control group (IG/CG)	Conducted questionnaire	T0 mean \pm SD	T1 mean \pm SD	<i>p</i> T0-T1	<i>p</i> T1 IG-CG	<i>d</i> T0-T1	<i>d</i> IG-CG	Findings
Cheng et al. (2020)	IG: Senior Simulation Program CG: Koken ASS CG: placebo clothing	KAOP WCOP	IG: 120.3 \pm 12.3 CG: 122.8 \pm 11.6 IG: 5.0 \pm 1.3	IG: 124.8 \pm 12.4 CG: 126.5 \pm 10.0 IG: 5.5 \pm 1.1	<.001	.374	0.36	0.07	\uparrow Increased attitudes toward older adults in IG and CG \uparrow Willingness to care for older adults in CG and IG No sig. difference between groups \uparrow Higher attitudes score in IG vs. CG
Filz (2010)	self-made ASSIG: "instant ageing program" CG: lecture	Attitudes score Evaluation sheets	n/a CG: 29%	IG: 40% CG: 29%	n/a	n/a	n/a	n/a	\uparrow Higher empathy score in IG vs. CG
Lee and Teh (2020)	IG: daily activities + workshop CG: Nagoya ASS CG: workshop	Empathy score JSE-HPS Self-rated knowledge	IG: 111.5 \pm 13.6 CG: 111.9 \pm 11.3 n/a	CG: 57% 113.2 \pm 14.5 113.1 \pm 9.4 n/a	.86	.81	0.12	0.04	No sig. change in empathy, felt back to baseline 3 months later in both groups Self-rated knowledge and understanding on physical limitations post intervention similar between groups
Luchetti et al. (2017)	IG1: "Experiencing Aging" unknown ASS IG2: "Myths about aging" no ASS CG: no intervention	Empathy Support UCLA-GA Palmore FAQ-1 MSS attitudes	n/a n/a IG1: 51.88 \pm 4.67 IG2: 51.01 \pm 5.25 IG1: 11.61 \pm 2.74 IG2: 11.13 \pm 2.41 IG1: 15.53 \pm 2.93	n/a n/a IG1: 50.51 \pm 5.19 IG2: 53.67 \pm 4.16 CG: 50.00 \pm 5.68 IG1: 10.94 \pm 2.28 IG2: 17.58 \pm 1.96 CG: 10.22 \pm 2.24 IG1: 16.78 \pm 2.83	n/a n/a .001 <.001 .033 <.001 .007	.70 .34 IG1-CG .809 IG2-CG <.001 IG1-CG .104 IG2-CG <.001 IG1-CG .734	-0.36 ^a -0.28 0.56 -0.27 2.94 -0.43	\downarrow IG1 decreased attitudes \uparrow IG2 increased attitudes \downarrow IG1 decreased knowledge \uparrow IG2 increased knowledge \downarrow IG1 decreased pos. attitudes	

Table 2 (continued)

Author(s)	Intervention/control group (IG/CG)	Conducted questionnaire	T0 mean ± SD	T1 mean ± SD	p T0-T1	p T1 IG-CG	d T0-T1	d IG-CG	Findings	
Mandegari and Bama-kan et al. (2021)	IG: lecture about age & ageing, ageing simulation	MSS empathy	IG2: 16.17 ± 3.65	IG2: 14.83 ± 3.46	<.001	IG2-CG .042	- 0.38		↓ IG2 increased pos. attitudes	
			CG: 16.29 ± 4.2							
			IG1: 4.63 ± 1.31	IG1: 4.63 ± 1.31	.001	IG1-CG .124	0.48			↑ IG1 increased empathy
			IG2: 5.44 ± 2.37	IG2: 5.13 ± 2.10	.070	IG2-CG .824	- 0.21			IG2 no difference
	Unknown ASS	Palmore FAQ-1	IG: 9.2 ± 2.6	IG: 15.3 ± 3.5	.001	.001	1.98	1.87	↑ Increased knowledge in IG post	
			CG: 10.4 ± 2.9	CG: 11.3 ± 2.6	.30		0.33			sig. difference between IG-CG post
Mohamed et al. (2017)	IG: lectures about age & ageing, simulation game Self-made ASS	KAOPS	IG: 114.69 ± 8.4	IG: 157.31 ± 10.7	<.05	.001	4.43	4.15	↑ IG increased positive attitudes post	
			CG: 58.06 ± 6.3	CG: 78.8 ± 6.9	.001				↓ CG decreased positive attitudes post	
			CG: 113.34 ± 13.6	CG: 108.5 ± 16.6	<.05		- 0.32			↑ IG increased negative attitudes post
			IG: 56.6 ± 6.2	IG: 78.5 ± 5.7	.001		3.14	0.53		↓ CG decreased negative attitudes post
	CG: lectures	KAOPS	CG: 56.3 ± 7.1	CG: 52.6 ± 10.1	.06		- 0.42	0.71 ^b		
			IG: 53.7 ± 5.7	IG: 57.8 ± 7.0	.30	.20	0.64	0.53		No sig. difference between groups (post)
	CG: lectures	Negative	CG: 54.7 ± 5.8	CG: 55.7 ± 7.8	.20	.014	0.78	- 0.82	↑ Tendency to more positive attitudes in IG/CG post	
			IG: 49.8 ± 7.1	IG: 43.9 ± 8.1	<.001					↓ Decreased scores in negative attitudes in IG post
	CG: lectures	Knowledge about normal ageing changes	CG: 48.2 ± 7.1	CG: 48.2 ± 7.3	1.0		0.00			
			IG: 13.3 ± 3.3	IG: 21.0 ± 2.6	<.001	<.001	2.59	1.23		Sig. difference between IG-CG
			CG: 13.0 ± 3.6	CG: 16.4 ± 3.5	<.001		0.96		↑ Increased knowledge in IG	

Table 2 (continued)

Author(s)	Intervention/control group (IG/CG)	Conducted questionnaire	T0 mean \pm SD	T1 mean \pm SD	<i>p</i> T0-T1	<i>p</i> T1 IG-CG	<i>d</i> T0-T1	<i>d</i> IG-CG	Findings
Rueffert and Bullinger (2020)	IG: lectures about age & ageing, tasks of daily living MAX ASS CG: lectures about age & ageing, observed the IG	Self-developed: cognition	IG: 5.03 \pm 0.73	CG: 4.76 \pm 0.85 IG: 5.32 \pm 0.76	.004	.009			\uparrow Increased empathy and understanding subjects wearing the ASS had higher scores in
Yu et al. (2012)	IG: lectures about age & ageing, tasks of daily living Self-made ASS CG: lectures about age & ageing	Motivation Nursing Assistants' knowledge About Aging Scale NA Attitudes toward Older Adults NA Motivation to Care	IG: 27.4 \pm 5.5 CG: 28.4 \pm 4.8 IG: 62.4 \pm 6.1 CG: 65.3 \pm 5.6 IG: 46.6 \pm 4.5 CG: 48.3 \pm 4.6	IG: 33.3 \pm 5.8 CG: 4.65 \pm 0.86 IG: 28.0 \pm 4.1 IG: 65.2 \pm 6.8 CG: 65.4 \pm 8.8 IG: 47.7 \pm 4.2 CG: 47.1 \pm 4.6	<.001 .61 .001 .95 .06 .12		1.04 -0.09 0.43 -0.01 0.25 -0.26	\uparrow Sig. increased knowledge for IG \uparrow Sig. increased attitudes toward older adults in IG No sig. change in motivation to care in IG and CG	

n, numbers; s, seconds; cm, centimeters; °, degrees; ASS, Age Simulation Suit; CG, Control Group; IG, Intervention Group; ASD, Aging Semantic Differential; BES, Basic Empathy Scale; JFE-HPS, Jefferson Scale of Empathy-Health Professions Students; IMTEE, Integrated Model of Training Evaluation and Effectiveness; KAOPS, Kogan's Attitudes Toward Older People Scale; MSS, Maxwell Sullivan Scale; Palmore FAQ-1, Palmore Facts About Aging Quiz; UCLA-GA, UCLA Geriatric Attitudes Test; WCOP, Willingness To Care For Older People Scale; calculated effect size Cohen's *d* (Lenhard and Lenhard 2017) variant 1 effect size represents pre-to-post differences in the IG; positive/negative effects reporting increased/decreased attitudes/empathy; calculated effect size Cohen's *d* (Morris 2008) variant 3 represents post differences between IG-CG

^aMean effect size for the two attitude measures MSS and UCLA-GA

^bMean effect size for positive and negative KAOPS scores

Table 3 Results and calculated effect sizes of the included quantitative studies with non-controlled within-subject designs

Author(s)	Conducted questionnaire	T0 mean ± SD	T1 mean ± SD	T2 mean ± SD	T3 mean ± SD	T4 mean ± SD	p T0-T1	p T1-T2	p T0-T4	d T0-T1	Findings
Akpınar Söylemez (2021)	KAOPS	145.80 ± 19.64	153.19 ± 20.11				.001			0.27	↑ Sig. increased score in attitudes
	Positive	72.34 ± 13.52	78.46 ± 12.75				.274			0.32	↑ Increased score in pos. attitudes
	Negative	62.54 ± 11.98	61.27 ± 12.84				.001			- 0.01	No sig. difference in attitudes T0 to T1
Allen (2018)	ASD	77.4 ± 18.4	75.6 ± 21.1				.36			- 0.09	No sig. change in attitudes toward older adults
	Attitude Toward the Older People Scale	4.18 ± 0.61	4.27 ± 0.52				.57			0.16	↑ Increased willingness to care for older adults improved
Jeong et al. (2017)	Willingness to Care	N = 92 (67.8%)	N = 105 (78.4%)				.001				↓ Attitudes decreased T0 to T1
	Semantic Differential	3.92 ± 0.59	4.26 ± 0.49	3.73 ± 0.57			< .001	< .001	.022	- 0.63	↑ Attitudes increased T0 to T4
Jeong and Kwon (2020)	Semantic Differential	4.00 ± 0.77	3.84 ± 0.64	3.97 ± 0.63	4.02 ± 0.59	4.08 ± 0.53	.010	.003	.003	- 0.23	↓ Attitudes become decreased T0 to T1
	Behavior toward elderly scale	3.41 ± 0.29	3.43 ± 0.30	3.41 ± 0.36	3.51 ± 0.33	3.54 ± 0.36			.002	0.07	↑ Attitudes become more positive after sharing their feelings
Losa Iglesias (2020)	JSE-HPS	86.59 ± 6.31	90.11 ± 6.83				.003			0.54	↑ Sig. increased empathy
	TMMS-24	26.77 ± 6.33	28.51 ± 6.62				.014			0.27	Participants' free associations regarding difficulties experienced by older people were impacted by the ageing-simulation experience in various areas
	PANAS	22.44 ± 6.38	20.88 ± 7.00				.030	n/a		- 0.23	↑ (Lower scores) increased attitudes toward older adults post simulation experience
Perot et al. (2020)	Free association test ^a	N of citing	N of citing				n/a	n/a			
	Decreased vision	272	280								
	Decreased hearing	265	240								
Robinson and Roshier (2001)	Loneliness	32	76								
	ASD	124.35	116.14				n/a	n/a			↑ Sig. increased confidence post intervention
Ross et al. (2013)	Confidence scale IMTEE	5.2 ± 0.88	6.0 ± 0.65				< .001			1.03	

Table 3 (continued)

Author(s)	Conducted questionnaire	T0 mean ± SD	T1 mean ± SD	T2 mean ± SD	T3 mean ± SD	T4 mean ± SD	p T0-T1	p T1-T2	p T0-T4	d T0-T1	Findings
Sari et al. (2020)	BES	70.8 ± 8.38	75.00 ± 11.36				.006			0.42	↑ Sig. increased score in empathy scale
	KAOPS	126.37 ± 9.21	135.33 ± 9.65				.001			0.95	↑ Sig. increased score in attitudes scale
Varkey et al. (2006)	MSS Attitudes	28.19 ± 2.61	28.99 ± 2.14				n/a			0.34	↑ (not sig) increased in attitudes toward older adults
	Empathy ASD	5.12 ± 1.40 n/a	4.60 ± 1.19 n/a				n/a			0.40	↑ Sig increased empathy

ASS, Age Simulation Suit; ASD, Aging Semantic Differential; BES, Basic Empathy Scale; JFE-HPS, Jefferson Scale of Empathy-Health Professions Students; IMTEE, Integrated Model of Training Evaluation and Effectiveness; KAOPS, Kogan's Attitudes Toward Older People Scale; MSS, Maxwell Sullivan Scale; Palmore FAQ-1, Palmore Facts About Aging Quiz; UCLA-GA, UCLA Geriatric Attitudes Test; WCOP, Willingness To Care For Older People Scale; calculated effect size Cohen's *d* (Lenhard and Lenhard 2017) variant 1 effect size represents pre-to-post differences in the IG; positive/negative effects reporting increased/decreased attitudes/empathy

^aPerot et al. (2020) results were not fully listed due to the missing comparability of used questionnaire

tests, range of motion (shoulder, neck, cervical spine; range from $d = -0.71$ to -1.29), and parameters indicating altered gait (number of steps: $d = -1.51$, duration: $d = -1.66$, and velocity: $d = -1.36$) on a four-meter walkway. Watkins et al. (2021) conducted similar comparisons with and without ASS and reported significantly decreased performances in the Functional Reach Test (FRT; $d = -0.77$), Timed Up and Go (TUG; $d = -2.42$), and Berg Balance Scale (BBS; $d = -0.71$). Vieweg and Schaefer (2020) assessed the Functional Fitness Test (FFT) and Perdue Pegboard Test (PPT) and reported decreased performance when wearing the ASS (physical performance: range from $d = -0.71$ to -2.23 , fine motor tasks: range from $d = -0.42$ to -2.17). They also included a cognitive task conducted before and while wearing an ASS. Results of the Digit Symbol Test, an indicator of information processing speed, demonstrated an increased time to perform the task with the ASS, indicating a pronounced decline in this cognitive domain ($d = -1.77$).

The two remaining studies used additional physiological and subjective indicators to quantify physical load. Scherf (2014) monitored younger assembly line workers accomplishing a task (putting together automotive parts) with and without an ASS and additionally compared them with older employees without an ASS. In comparison with measures without ASS, participants' heart rate ($d = -1.02$), subjective physical load ($d = -2.03$), and completion time ($d = -1.02$) increased, which characterized a decreased performance. Zijlstra et al. (2016) assessed heart- and respiratory rate, route efficiency, and walking speed in a wayfinding task in a hospital. Findings indicated that while wearing an ASS, participants had a higher heart rate ($d = 0.60$) and respiratory rate ($d = -0.35$), and were walking significantly slower ($d = -0.72$); no significant changes were found in route efficiency ($d = -0.15$).

Findings on research question 2: validity of age simulation suits regarding various age-related impairments

Five of the six studies on physical performance measures provided data that could be used for our second aim, namely to clarify if ASS are valid in terms of a realistic simulation of normative age-related performance decreases (see Table 5). To classify and compare study results, we used established reference values, if available.

We identified five studies comparing ASS physical performance data with reference data. Lauenroth et al. (2017) examined various gait variables (velocity, step length, step time, base width) and compared them between different age groups. Four younger groups (18-29, 30-39, 40-49, and 50-59 years) conducted the assessment with the ASS, the older participants (60-69, 70-85 years) without the ASS only. Results demonstrated that step length and velocity

were comparable between participants aged 40-49 years with ASS and those aged 60-69 years without ASS in the study (respectively, step length for 50-59 years with ASS was comparable to 70-85 years without ASS). The results of participants aged 40-49 years with ASS for gait velocity were also comparable to external reference values for females aged 60-69 years, but not for male reference values. Younger participants, aged 18-29 years, wearing ASS were slightly faster than reference values for 70-79 year old males and females. For step length and step time, participants' results with ASS were still better than reference values of adults older than 70 years. Established reference values for base-width were not available.

Lavallière et al. (2017) assessed different physical outcomes, but without relating these to available reference values. Their reported gait velocity of younger adults (20-29 years) with ASS, conducted on a ten meter walkway, corresponded to reference values for females aged 50-59 and males aged 60-69 years (Bohannon and Williams Andrews 2011).

In the study of Zijlstra et al. (2016), gait velocity was calculated by the time to complete a wayfinding task and the measured distance walked when wearing an ASS (participants' age: 20.0 ± 1.8 years). Reported results were still better than reference values of adults aged 50 years and did not correspond to the target group of older adults of 65 years and older (Bohannon and Williams Andrews 2011).

Vieweg and Schaefer (2020) conducted the FFT with a group of students (20-28 years) and compared their results with reference values from Rikli and Jones (1999). The included arm strength test revealed results comparable to reference values of adults aged 60-64 years. Participants' leg strength also decreased when wearing the ASS. Nevertheless, men still did better than reference values for people in their mid-50 s. Results of the TUG indicated a decline with ASS that was comparable to 60-64 years old adults, which was similar for aerobic endurance (2 min stepping test). Hip flexibility with ASS was still better than normative values of adults 60-64 years and shoulder flexibility was comparable to 65-69 years old adults (male/female).

Finally, Watkins et al. (2021) noted that three of their thirty participating students (20-40 years) were not comparable to reference values of middle aged adults (due to still very high performance), though conducting the FRT, six students wearing the ASS reached normative values of 41-69 years old adults, while 21 students reached values of 70-87 years old adults (Long et al. 2020). For the TUG, they reported longer completion time with ASS for all participants. Thirteen participants met normative values for 60-69 years, five for 70-79 years and one for 80-89 years old adults.

Taken all five studies together, results indicated that ASS reduced the physical performance in almost all domains, but

overall not to the extent that participants were comparable to older adults' reference values, when wearing the ASS.

Discussion

The primary purpose of this review was to synthesize the current research on ASS and their effects on psychological and physical performance outcomes. Second, the validity of ASS in terms of a realistic simulation of the normative ageing process particularly in its functional domains has been a target of the paper. 26 studies with publication years ranging from 2001 to 2021 were finally included, of which twenty addressed psychological outcomes such as empathy for and attitudes toward older adults, while six focused on physical assessments. Seventeen of the included studies were published in the last 5 years, thus demonstrating that research on ASS found much interest recently. Only five articles contained information that allowed an estimation of the age validity of wearing an ASS, i.e., by providing data from established assessments we could compare to reference values of older adults.

Effects of age simulation suits: psychological outcomes

The majority of studies reported a positive effect on empathy for and attitudes toward older adults. For all studies assessing pre-to-post changes, the weighted mean effect size was $d=0.33$ for attitudes and $d=0.54$ for empathy. However, some of the rare studies that used controlled designs did not find meaningful differences between the control group and ASS group (Cheng et al. 2020; Lee and Teh 2020), or even negative effects on attitudes immediately after wearing an ASS (Jeong et al. 2017; Jeong and Kwon 2020; Lucchetti et al. 2017). In conclusion, the effects of wearing an ASS on psychological outcomes seem to be overall positive; still, the rather short time frames covered have to be considered. That is, only three studies assessed outcomes in follow-ups longer than three weeks (Jeong et al. 2017; Jeong and Kwon 2020; Lee and Teh 2020).

Taking a more critical look, some of the positive effects cannot be solely attributed to the ASS interventions, as similar results in control groups led to the conclusion that addressing the feeling of being older could be sufficient to improve attitudes toward older adults. As one study indicated that "placebo clothes" caused similar reactions the mind-set of being older might have influenced participants in the same way (Cheng et al. 2020).

Some articles reported reduced positive attitudes toward older adults or decreased empathy immediately after the ASS intervention. The authors concluded that the simulation raised negative emotions, such as anxiety and fear of future

Table 4 Results and calculated effect sizes of the included quantitative studies with physical performance measurements

Author(s)	Assessments	Without ASS	With ASS	<i>p</i>	<i>d</i>	Findings
Lavallière et al. (2017)	Eyes open (s)	29.69 ± 1.08	28.63 ± 2.40	n/a	-0.57	
	Eyes closed (s)	18.63 ± 8.05	11.30 ± 6.69	< .001	-0.99	
	Shoulder abduction (°)	169.2 ± 15.7	156.5 ± 20.0	< .001	-0.71	↓ Trend to decreased performance in neck and shoulder range of motion as well as hamstring flexibility
	Cervical extension (°)	83.0 ± 12.0	69.5 ± 15.0	< .001	-0.99	
	Lateral neck flexion (°)	39.0 ± 8.5	27.7 ± 9.0	< .001	-1.29	
	Flexibility (cm)	25.84 ± 13.54	21.79 ± 12.5	< .001	-0.31	
	Gait seconds	7.13 ± 0.84	7.87 ± 1.22	< .01	-1.66	↓ Trend to decreased performance gait parameters
	Velocity (m/s)	1.42 ± 0.17	1.31 ± 0.024	< .01	-1.51	
Scherf (2014)	Number of steps within 10 m	14.25 ± 1.38	15.09 ± 1.69	< .01	-1.36	
	Subjective physical load	g: 2.80 ± 1.03	g: 6.7 ± 2.21	.000	-2.26	↓ Subjective physical load increased when working with the ASS
		y: 4.33 ± 2.74	y: 6.33 ± 2.55	.000	-0.76	
		r: 1.56 ± 1.33	r: 7.00 ± 2.12	.000	-3.07	
	Time to complete the task (s)	g: 191.65 ± 29.16	g: 157.70 ± 25.05	.000	-1.25	↓ Sig. increased time to complete the task
		y: 199.17 ± 32.04	y: 160.88 ± 24.86	.000	-1.34	
	Heartrate (heartbeats/min)	r: 214.94 ± 30.79	r: 154.67 ± 22.71	.000	-2.23	
		g: 117.00 ± 17.16	g: 102.44 ± 15.66	.000	-0.89	↓ Sig. increased heart rate while working
y: 121.44 ± 18.85		y: 106.78 ± 14.85	.000	-0.86		
r: 128.44 ± 19.62	r: 107.78 ± 10.91	.002	-1.30			
Vieweg and Schaefer (2020)		Female / male	Female / male			
	Leg strength (n)	27.0 ± 4.0 / 27.6 ± 4.9	21.7 ± 3.3 / 23.7 ± 4.1	.001	-1.45	↓ Sig. reduced leg strength
	Arm strength (n)	19.7 ± 2.9 / 23.5 ± 4.3	16.6 ± 3.5 / 20.6 ± 3.9	.001	-0.96	↓ Sig. reduced arm strength
	Aerobic endurance (n)	122.4 ± 12.4 / 130.5 ± 13.4	93.5 ± 13.5 / 107.5 ± 10.5	.001	-2.23	↓ Sig. reduced aerobic endurance
	Hip flexibility (cm)	25.7 ± 6.5 / 17.8 ± 10.3	21.2 ± 5.4 / 14.8 ± 12.3	.001	-0.75	↓ Sig. reduced hip flexibility
	Shoulder flexibility (cm)	7.1 ± 5.5 / 2.8 ± 9.3	-3.3 ± 6.5 / -10.4 ± 12.0	.001	-1.73	↓ Sig. reduced shoulder flexibility
	TUG (s)	3.6 ± 0.6 / 3.3 ± 0.3	4.4 ± 0.4 / 4.1 ± 0.5	.001	-1.57	↓ Sig. reduced functional mobility TUG
	Dominant hand	17.3 ± 1.47 / 15.3 ± 1.85	15.0 ± 1.56 / 14.4 ± 2.15	< .001	-0.86	↓ Sig. decreased performance in PPT
	Non – dominant hand	15.8 ± 2.01 / 14.6 ± 1.25	14.4 ± 1.69 / 13.9 ± 2.19	< .001	-0.71	↓ Sig. decreased performance
	Both hands	13.9 ± 1.40 / 11.8 ± 1.17	12.1 ± 1.30 / 11.9 ± 2.22	< .001	-1.91	↓ Sig. decreased performance
	Assembly	39.4 ± 6.69 / 34.7 ± 6.86	34.6 ± 8.21 / 33.8 ± 9.66	< .001	-0.26	↓ Sig. decreased performance
	Shirt – buttoning (n buttons)	25.00 ± 4.85	9.00 ± 4.06	< .001	-1.23	↓ Sig. decreased performance
	Digital Symbol Test	n/a	n/a	.01	-2.26	↓ Sig. decreased performance
Watkins et al. (2021)	Functional reach (in cm)	36.90 ± 2.40	31.25 ± 10.1	< .005	-0.77	↓ Sig. decreased performance
	Timed Up and Go (in s)	6.68 ± 0.63	8.41 ± 0.79	< .005	-2.42	↓ Sig. increased time to complete TUG
	Berg Balance Scale (score)	56 ± 0	55 ± 2	.01	-0.71	↓ Sig. decreased performance

Table 4 (continued)

Author(s)	Assessments	Without ASS	With ASS	<i>p</i>	<i>d</i>	Findings
Zijlstra et al. (2016)	Route efficiency	0.76 ± 0.75	0.84 ± 0.84	.361	0.10	Tendency but no sig. decreased route efficacy
	Walking speed	3.44 ± 1.28	2.78 ± 0.15	<.001	-0.72	↓ Sig. decreased walking speed with ASS
	Heart rate	110.33 ± 33.34	124.64 ± 36.80	<.001	-0.41	↑ Sig. increased heartrate
	Respiratory rate	-8.69 ± 15.92	-4.80 ± 1.04	<.001	-0.35	↑ Sig. increased respiratory rate

ASS, Age Simulation Suit; n, numbers, s, seconds, cm, centimeters, °, degrees, min, Minute; calculated effect size Cohen's *d* (Lenhard and Lenhard 2017) variant 1 effect size represents pre-to-post differences; positive/negative effects reporting increased/decreased performance, Lauenroth et al. (2017) was excluded from the table due to not conducting a within-subjects design and therefore missing comparability

physical or sensory limitations, which might lead to these effects. This finding underlines the importance of providing the opportunity to reflect on the experiences. Furthermore, the measurements largely focused on attitudes and empathy, whereas multifaceted views on one's own ageing process such as awareness of age-related gains and losses (Diehl and Wahl 2010) or ageing-related changes in stereotypes in diverse domains (Kornadt and Rothermund 2011) have not been studied yet. Similarly, research has not addressed how ASS affect broader constructs related to more general views on ageing, i.e., age stereotypes in different life domains, perceived obsolescence, or health-related risk perception.

Some of the rather descriptive designs or qualitative evaluations gave the impression of not being a priori planned as a study, but rather as a post-hoc course evaluation. This may have led to a publication bias, with positive effects being more likely to be published, whereas mixed or negative results might be underrepresented. In addition, the often missing randomization and blinding of assessors, as well as the assessment of psychological outcomes prone to social desirability may have resulted in biased results. Qualitative results might be biased even more by social desirability, i.e., answering in a manner that will be viewed favorably by other students or the investigator in focus groups. However, the setting and expectation of improvements are rather obvious in most designs. In summary, the limited number of controlled studies only allows for cautious and preliminary conclusions and further research is needed.

Effects of age simulation suits: physical outcomes

Six included studies focused on a variety of performance-based measures addressing the areas of gait parameters ($n=3$), flexibility ($n=3$), functional mobility ($n=2$), balance ($n=2$), physiological changes ($n=2$), strength ($n=1$) and aerobic endurance ($n=1$). Strongest decreases in terms of effect sizes due to wearing an ASS were found for flexibility and functional assessments, whereas smaller decreases appeared in balance tests. In most studies, established assessments such as the TUG, FFT, and gait performance

were used ($n=5$). Limitations with respect to accuracy (i.e., velocity measured with stopwatches) could be overcome with more advanced technical systems. Moreover, covariates such as participants' fitness level or physical activity habits should have been taken into account.

For future ASS studies focusing on physical performance, more complex tasks, more diverse established assessments and everyday activities might have the potential to depict age-related limitations that are often multidimensional and might not be replicated in isolated measurements. For example, motor-cognitive dual tasks, dynamic balance, or (instrumental) activities of daily living could be considered.

Validity of ASS in terms of simulating the ageing experience realistically

For our second objective, to summarize and quantify indicators that can be used for estimations of validity, we were able to draw upon findings from five studies, with three studies assessing gait velocity. The consideration of gait variabilities offers a well-established quantification in locomotion, bearing the advantage that reference values are available for many parameters. Results indicated a decreased performance for young and middle-aged participants and resulted in an "instant ageing" effect of about 20-40 years, when comparing established gait assessments to reference values. The extremely reduced gait velocity in one study (Zijlstra et al. 2016) was not representative for older adults. Though, it should be considered that the authors calculated gait velocity after completing a full wayfinding task, whereas reference values are mostly lab-based data with known limitations, but without distractions. However, reported step length and step time did not reach the levels of older reference groups and the participants still demonstrated better performance (Lauenroth et al. 2017). Overall, results indicated that performance scores of the assessments with ASS were often not corresponding to age norms of adults aged 60-64 years or older, but still resembled younger age groups i.e., in leg and arm strength or aerobic endurance. One explanation might be a general good fitness level of participants, which may

Table 5 Scores with age simulation suit compared to reference values for physical performance assessments

Assessment	50–59 years	60–64 years	65–69 years	70–74 years	75–79 years	80–84 years	85–89 years
Reference values per age groups; female/male							
Scores with ASS mean \pm SD (age range in years) Female/male	50–59 years	60–64 years	65–69 years	70–74 years	75–79 years	80–84 years	85–89 years
Velocity ^a (cm/s)							
Lauenroth et al. (2017)	131.3/143.3	124.1/133.9		116 \pm 20/117 \pm 16		112 \pm 17/122 \pm 15	
Zijlstra et al. (2016)	85.66 \pm 35.56						
Lavalliere et al. (2017)	131 \pm 24						
Scores with ASS							
Step length ^b (cm)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	61 \pm 9/69 \pm 8	59 \pm 7/68 \pm 7	55 \pm 7/65 \pm 8	54 \pm 9/59 \pm 10
Step time ^a (sec)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	0.68 \pm 0.10/0.75 \pm 0.07	0.67 \pm 0.08/0.72 \pm 0.06	0.71 \pm 0.07/0.74 \pm 0.06	0.72 \pm 0.09/0.78 \pm 0.11
<i>FFTC: f/m</i> Vieweg et al. (2020)							
Leg strength (n)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	14.5 \pm 4.0/16.4 \pm 4.3	13.5 \pm 3.5/15.2 \pm 4.5	12.9 \pm 3.8/14.0 \pm 4.3	11.3 \pm 4.2/12.4 \pm 3.9
Arm strength (n)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	16.1 \pm 4.6/19.0 \pm 4.7	15.2 \pm 4.3/18.4 \pm 5.3	14.5 \pm 4.4/17.4 \pm 5.0	13.0 \pm 4.1/16.0 \pm 4.3
Aerobic endurance (n)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	91 \pm 24/101 \pm 21	90 \pm 26/101 \pm 23	84 \pm 25/95 \pm 23	84 \pm 24/91 \pm 27
Hip flexibility (cm)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	5.3 \pm 10.2/1.5 \pm 12.2	5.1 \pm 9.1/0.0 \pm 11.7	3.6 \pm 9.4/-1.0 \pm 11.7	-5.4 \pm 10.4/-2.8 \pm 11.9
Shoulder flexibility (cm)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	-1.8 \pm 8.9/-8.6 \pm 12.2	-3.0 \pm 9.4/-10.4 \pm 12.4	-4.3 \pm 9.7/-11.4 \pm 12.4	-5.3 \pm 10.4/-14.2 \pm 13.0
Timed Up and Go (s)							
Lauenroth et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	5.2 \pm 1.2/4.7 \pm 1.3	5.6 \pm 1.2/5.1 \pm 1.2	6.0 \pm 1.6/5.3 \pm 1.3	6.3 \pm 1.6/5.9 \pm 1.9
Scores with ASS							
<i>PPFD: f/m</i> Vieweg et al. (2020)							
Dominant hand (n)							
Vieweg et al. (2020)	15.0 \pm 1.56/14.4 \pm 2.15	14.6 \pm 2.03/13.6 \pm 1.74		13.8 \pm 1.27/13.0 \pm 1.90		12.9 \pm 1.80/10.8 \pm 1.33	
Non-dominant hand (n)							
Vieweg et al. (2020)	14.4 \pm 1.69/13.9 \pm 2.19	13.9 \pm 1.78/13.1 \pm 1.56		12.9 \pm 1.52/12.4 \pm 1.48		11.3 \pm 2.05/10.6 \pm 1.84	
Both hands (n of pairs)							
Vieweg et al. (2020)	12.1 \pm 1.30/11.9 \pm 2.22	11.6 \pm 1.87/10.9 \pm 1.46		10.5 \pm 1.19/10.4 \pm 1.27		9.2 \pm 1.92/8.5 \pm 1.21	
Assembly (n)							
Vieweg et al. (2020)	34.6 \pm 8.2/133.8 \pm 9.66	31.7 \pm 6.83/28.0 \pm 5.06		29.1 \pm 4.85/27.5 \pm 5.06		21.9 \pm 4.54/21.5 \pm 4.81	
Eyes open (s) Lavalliere et al. (2017)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Eyes closed (s) Lavalliere et al. (2017)	22.9/23.2	18.3/19.7		13.2/15.4		9.1/9.0	
TUG ^c (s) Watkins et al. (2021)	n/a	7.91		8.67		11.68	
BBS ^d (score) Watkins et al. (2021)	n/a	55 \pm 2/55 \pm 1		53 \pm 4/54 \pm 3		50 \pm 3/53 \pm 2	

Table 5 (continued)

	Scores with ASS	
	41–69 years	70–87 years
FRT (cm) ^h Watkins et al. (2021)	31.25 ± 5.8	26.7 ± 8.9/33.5 ± 4.1

cm = centimeter, s = seconds; leg strength sit to stand (*n* = number of full stands), hip/shoulder flexibility (in cm), arm strength (*n* = number of bicep curls), aerobic endurance (*n* = number of steps within 2 min) ASS = Age simulation suit; BBS = Berg balance scale; FFT = Functional fitness test; PPG = Perdue pegboard test; TUG = Timed up and go test; values in bold correspond to reference values of the certain age range of older adults

^aBohannon and Williams Andrews (2011)

^bHollman et al. (2011)

^cRikli and Jones (1999)

^dAgnew et al. (1988)

^eAgrawal et al. (2011)

^fLong et al. (2020)

^gSteffen et al. (2002)

^hDuncan et al. (1990)

not be representative. Moreover, length of habituation phase and length of simulation intervention can influence physical performance and has to be considered. Still, complex assessments (TUG, BBS) demonstrated that more than 50% of participants had an increased risk of falling while wearing the ASS and that scores resulted in an “instant ageing” of about 30–40 years. These test are known as the gold standard for evaluating balance limitations in older adults, as impaired balance is one of the major risks for falls in older adults and therefore an important indicator for a typical ageing process (Ambrose et al. 2013). Regarding flexibility measurements, the three respective studies reported mixed findings. Some isolated flexibility measurements seemed to be overstated (e.g., neck), while others were in line with reference values of older adults (FFT shoulder and FRT overall score). One study assessed the Digit Symbol Test with and without an ASS and found that the performance with ASS was comparable to reference values of adults older than eighty. However, the authors assumed that a large portion of the decline was due to visual impairments rather than cognitive challenges.

In conclusion, physical performance decreases could be simulated among younger and middle-aged participants in most assessments, but predominantly not to the extent that represents adults older than 65 years or even fourth age (80+). Some of the suppliers of ASS specify certain age ranges (i.e., mid-70 s; AGNES ASS) that should be reached with their ASS or claim that users age 30 to 40 years (i.e., GERT ASS), but those assumptions have not been verified with data yet. Our review provides first insights but points out the need for differentiation regarding the population under study with the ASS and the specific tests that are applied. The mentioned studies reinforced the attempt to use of ASS to mimic typical age-related impairments, but should be recognized as a start or proof of concept.

Strengths and limitations

This review’s focus on rather homogeneous ASS interventions, thus excluding ageing and geriatric games, which are conducted with people only observing, giving not all participants the chance to experience the simulation, and the consideration of a broad range of outcomes can be seen as strengths and a new approach to the matter. While earlier reviews focused on psychological outcomes only (Bowden et al. 2021; Coelho et al. 2017; Eost-Telling et al. 2020), we extended the synthesis regarding performance-based assessments in our first objective, calculated effect-sizes wherever possible and provided insights on validity estimates in our second objective. Limitations included quite large variations in method quality and study designs and little to no information and consideration of confounders (i.e., sociodemographic information, health status, previous

experiences with older adults) in the included studies, which may reduce the reliability of results. This adds on to a possible publication bias resulting in the under-representation of negative results. As only studies in English or German language were included, and samples were predominantly drawn from Western, educated and industrialized populations, the generalizability of findings is also limited.

Conclusion

ASS play a prominent role in various contexts as an educational device able to evoke empathy and better understanding of what it means to get older. Considering this, it would be highly desirable to be able to rely on robust research supporting that ASS devices are able to fulfil both, enhancing empathy and positive views on ageing as well as doing this based on a realistic and valid simulation of the typical ageing process. Regarding the rapid growth of research on ASS interventions with the large majority of the included studies published in the recent 5 years, there indeed seems to be a promising development in this research area. Largely consistent with earlier reviews focusing on psychological outcomes of wearing an ASS, predominantly positive effects on attitudes and empathy toward older adults were identified, although effect sizes were not calculated in earlier reviews and showed large variation in our work. The existing research reporting in some instances conflicting findings, sometimes pointing in a more negative direction of ASS effects, unfortunately does not allow for definite conclusions under which conditions such negative consequences are likely to occur. This would be an important task for future research. Given that the awareness of ageing processes and the ability to change perspectives are important soft skills for health care professions. Given that the simulation of older age might help younger adults such as those in midlife to better prepare for their own ageing, ASS indeed seem to be an important resource for future ageing societies on different levels. Regarding a range of key physical outcomes important for independent functioning in everyday life, large effects were identified, although this part of the previous research is still relatively small. Therefore, research on a diversity of outcomes echoing everyday challenges including more complex everyday tasks such as doing chores or cooking would be an important addition. Still, the crucial point is to simulate a range of motor-related everyday tasks in a realistic and age-valid way. Here, considering the domains of gait, functional mobility and strength, only limited evidence is available for the accurate simulation of 65+ years older adults with younger participants wearing an ASS. Future research should follow robust (controlled) research designs, include follow-up measurements, and reduce the likelihood of social desirability, e.g., by using less obvious questions and drawing on anonymous questionnaires instead

of “open” data collection methods in seminars. The diversity of study populations should be considered to a larger extent, in particular in terms of age range. For example, it would be important to know, considering the general population, whether the effects of wearing an ASS are different for those in early adulthood versus those in midlife versus those in young-old age. Further, as at least some adverse effects of wearing an ASS were observed, it seems appropriate to recommend that the ASS should only be used in combination with gerontological expert supervision able to provide a comprehensive and differentiated picture of the ageing process. Finally, more evidence supporting the validity of the age simulations by an ASS might help rehab scientists and engineers who want to use ASS in the creation and improvement of technical devices for older adults. That is, the ASS may in the long run serve ageing societies on multiple levels, if additional research proves its usefulness.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>.

Acknowledgements We wish to thank the Carl Zeiss Foundation for funding, the HeiAge team for fruitful discussions, as well as Leslie Carleton-Schweitzer and Stephanie Zintel for proofreading.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. The funding sources had no involvement in the study design; in the collection, analysis, and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication.

Data availability The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

Declarations

Conflict of interest This work was supported by the Carl Zeiss Foundation. The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Agnew J, Bolla-Wilson K, Kawas C, Bleecker M (1988) Purdue peg-board age and sex norms for people 40 years old and older. *Dev Neuropsychol* 4(1):29–35. <https://doi.org/10.1080/87565648809540388>

- Agrawal Y, Carey JP, Hoffman HJ, Sklare DA, Schubert MC (2011) The modified romberg balance test. *Otol Neurotol* 32(8):1309–1311. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31822e5bee>
- Akpinar Söylemez B, Küçüküçlü Ö, Akyol MA, Tekin N, Isik AT (2021) Effects of the simulation based training program on attitudes of nurses towards older adults: a quasi-experimental design study. *J Basic Clin Health Sci* 5(3):186–194. <https://doi.org/10.30621/jbachs.974288>
- Allen K (2018) The effect of an aging suit on young and middle-aged adults' attitudes toward older adults [Bachelor Thesis, University of Arkansas, Fayetteville]. COinS. <https://scholarworks.uark.edu/hhpruht/61>
- Ambrose AF, Paul G, Hausdorff JM (2013) Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas* 75(1):51–61. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.009>
- Bennett P, Moore M, Wenham J (2016) The PAUL Suit©: an experience of ageing. *Clin Teach* 13(2):107–111. <https://doi.org/10.1111/tct.12410>
- Bergman B, Rosenhall U (2001) Vision and hearing in old age. *Scand Audiol* 30(4):255–263. <https://doi.org/10.1080/01050390152704779>
- Bohannon RW, Williams Andrews A (2011) Normal walking speed: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 97(3):182–189. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.12.004>
- Bowden A, Wilson V, Traynor V, Chang H-CR (2020) Exploring the use of ageing simulation to enable nurses to gain insight into what it is like to be an older person. *J Clin Nurs* 29(23–24):4561–4572. <https://doi.org/10.1111/jocn.15484>
- Bowden A, Chang H-CR, Wilson V, Traynor V (2021) The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: a literature review. *Nurse Educ Pract* 53:103077. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103077>
- Chen AMH, Kiersma ME, Yehle KS, Plake KS (2015) Impact of the Geriatric Medication Game® on nursing students' empathy and attitudes toward older adults. *Nurse Educ Today* 35(1):38–43. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2014.05.005>
- Cheng WL-S, Ma PK, Lam YY, Ng KC, Ling TK, Yau WH, Chui YW, Tsui HM, Li PP (2020) Effects of Senior Simulation Suit Programme on nursing students' attitudes towards older adults: a randomized controlled trial. *Nurse Educ Today*. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104330>
- Coelho A, Parola V, Cardoso D, Duarte S, Almeida M, Apóstolo J (2017) The use of the aged simulation suit in nursing students: a scoping review. *Revista De Enfermagem Referência* 4(14):147–158. <https://doi.org/10.12707/RIV17050>
- Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Erlbaum. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0731/88012110-d.html>
- Diehl MK, Wahl H-W (2010) Awareness of age-related change: examination of a (mostly) unexplored concept. *J Gerontol Ser B Psychol Sci Social Sci* 65B(3):340–350. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbp110>
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S (1990) Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 45(6):192–197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>
- Eost-Telling C, Kingston P, Taylor L, Emmerson L (2020) Ageing simulation in health and social care education: a mixed methods systematic review. *J Adv Nurs*. <https://doi.org/10.1111/jan.14577>
- Filz SA (2010) "Instant Aging": Selbsterfahrung des Alterns. Zugl. Würzburg, Univ., Diss, 2009. Südwestdt. Verl. für Hochschulschriften
- Galanos AN, Cohen HJ, Jackson TW (1993) Medical education in geriatrics: the lasting impact of the aging game. *Educ Gerontol* 19(7):675–682. <https://doi.org/10.1080/0360127930190708>
- Hollman JH, McDade EM, Petersen RC (2011) Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. *Gait Posture* 34(1):111–118. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.024>
- Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O' Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I (2019) Improving the content validity of the mixed methods appraisal tool: a modified e-Delphi study. *J Clin Epidemiol* 111:49–59. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.03.008>
- Hsu H-C, Lee CY, Lee CH (2016) Effects of aging simulation program on nurses' attitudes and willingness toward elder care. *Taiwan Geriatr Gerontol* 11(2):105–115
- Jeong H, Kwon H (2020) Long-term effects of an aging suit experience on nursing college students. *Nurse Educ Pract* 50:102923. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102923>
- Jeong H, Lee Y, Kwon H (2017) Effects of senior simulation program for nursing students: an integrated study in south korea. *EURASIA J Math Sci Technol Educ* 13(8):4437–4447. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00936a>
- Kornadt AE, Rothermund K (2011) Contexts of aging: assessing evaluative age stereotypes in different life domains. *J Gerontol Ser B Psychol Sci Social Sci* 66(5):547–556. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbr036>
- Lauenroth A, Schulze S, Ioannidis A, Simm A, Schwesig R (2017) Effect of an age simulation suit on younger adults' gait performance compared to older adults' normal gait. *Res Gerontol Nurs* 10(5):228–234. <https://doi.org/10.3928/19404921-20170831-04>
- Lavallière M, D'Ambrosio L, Gennis A, Burstein A, Godfrey KM, Waerstad H, Puleo RM, Lauenroth A, Coughlin JF (2017) Walking a mile in another's shoes: The impact of wearing an age suit. *Gerontol Geriatr Educ* 38(2):171–187. <https://doi.org/10.1080/02701960.2015.1079706>
- Lee SWH, Teh P-L (2020) "Suiting Up" to enhance empathy toward aging: a randomized controlled study. *Front Public Health* 8:376. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00376>
- Lenhard W, Lenhard A (2017) Computation of effect sizes. *Psychometrika*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17823.92329>
- Long J, Cai T, Huang X, Zhou Y, Kuang J, Wu L (2020) Reference value for the TUGT in healthy older people: a systematic review and meta-analysis. *Geriatr Nurs* 41(3):325–330. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2019.11.012>
- Losa Iglesias ME, Jiménez Fernández R, Corral Liria I, del Pino Casado B, Rodríguez Vázquez R, Gómez Caballero JL, Alameda Cuesta A, de Bengoa B, Vallejo R (2020) Geriatric simulation to increase empathy in nursing students: a pre-post test study. *Revista Argentina De Clínica Psicológica* 29(4):1–10. <https://doi.org/10.24205/03276716.2020.801>
- Lucchetti AL, Lucchetti G, de Oliveira IN, Moreira-Almeida A, da Silva Ezequiel O (2017) Experiencing aging or demystifying myths? Impact of different "geriatrics and gerontology" teaching strategies in first year medical students. *BMC Med Educ* 17(1):35. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-0872-9>
- Mandegari Bamakan Z, Nasiriani K, Madadzadeh F, Keshmiri F (2021) Effect of an aged wearing suit on nursing student's knowledge and attitude. *BMC Nurs* 20(1):145. <https://doi.org/10.1186/s12912-021-00668-2>
- Mohamed N, Baleegh E, Abd El-Aziz H, El-Gilany A-H (2017) Effect of simulated aging game versus traditional lecture on nursing students' knowledge and attitude towards elderly. *Alex Sci Nurs J* 19:163–176
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med* 151(4):264–269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>

- Morris SB (2008) Estimating effect sizes from pretest-posttest-control group designs. *Organ Res Methods* 11(2):364–386. <https://doi.org/10.1177/1094428106291059>
- Pacala JT, Boulton C, Bland C, O'Brien J (1995) Aging game improves medical students' attitudes toward caring for elders. *Gerontol Geriatr Educ* 15(4):45–57. https://doi.org/10.1300/J021v15n04_05
- Perot JG, Jarzebowski W, Lafuente-Lafuente C, Crozet C, Belmin J (2020) Aging-simulation experience: impact on health professionals' social representations. *BMC Geriatr* 20(1):14. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1409-3>
- Rikli RE, Jones CJ (1999) Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60–94. *J Aging Phys Act* 7(2):162–181. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.162>
- Robinson SB, Rosher RB (2001) Effect of the “half-full aging simulation experience” on medical students' attitudes. *Gerontol Geriatr Educ* 21(3):3–12. https://doi.org/10.1300/J021v21n03_02
- Ross AJ, Anderson JE, Kodate N, Thomas L, Thompson K, Thomas B, Key S, Jensen H, Schiff R, Jaye P (2013) Simulation training for improving the quality of care for older people: an independent evaluation of an innovative programme for inter-professional education. *BMJ Qual Saf* 22(6):495–505. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2012-000954>
- Rueffert D, Bullinger AC (2020) Observing or experiencing: the effect of age simulation on the sensitivity to age-related impairment in elderly care. In: RS Goonetilleke, W Karwowski (Eds.), *Advances in intelligent systems and computing, advances in physical ergonomics and human factors: proceedings of the AHFE 2019 international conference on physical ergonomics and human factors*. Washington D.C., USA (1st ed., pp. 339–347). Springer International Publishing
- Sari D, Taskiran N, Baysal E, Acar E, Cevik Akyil R (2020) Effect of an aged simulation suit on nursing students' attitudes and empathy. *Eur Geriatr Med* 11(4):667–675. <https://doi.org/10.1007/s41999-020-00316-z>
- Scherf C (2014) *Entwicklung, Herstellung und Evaluation des Modulare AlterssimulationssystemeXtra (MAX)* [Dissertation, Faculty of engineering, Chemnitz]. RIS. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-139623>
- Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L (2002) Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther* 82(2):128–137. <https://doi.org/10.1093/ptj/82.2.128>
- Varkey P, Chutka DS, Lesnick TG (2006) The Aging Game: Improving medical students' attitudes toward caring for the elderly. *J Am Med Dir Assoc* 7(4):224–229. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2005.07.009>
- Vieweg J, Schaefer S (2020) How an age simulation suit affects motor and cognitive performance and self-perception in younger adults. *Exp Aging Res* 46(4):273–290. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2020.1766299>
- Watkins CA, Higham E, Gilfoyle M, Townley C, Hunter S (2021) Age suit simulation replicates in healthy young adults the functional challenges to balance experienced by older adults: an observational study. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2021-000867>
- Yu C-Y, Chen K-M (2012) Experiencing simulated aging improves knowledge of and attitudes toward aging. *J Am Geriatr Soc* 60(5):957–961. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2012.03950.x>
- Zijlstra E, Hagedoorn M, Krijnen WP, van der Schans CP, Mobach MP (2016) Route complexity and simulated physical ageing negatively influence wayfinding. *Appl Ergon* 5:62–67. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.03.009>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Manuskript II

Gerhardy T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Sloop, L. H., Schmidt L. I. (2023) Aging in 10 Minutes – Do Age Simulation Suits Realistically Simulate Physical Decline in Old Age? *Experimental Aging Research* <http://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630>



Experimental Aging Research

An International Journal Devoted to the Scientific Study of the Aging Process

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/uear20>

Aging in 10 Minutes: Do Age Simulation Suits Mimic Physical Decline in Old Age? Comparing Experimental Data with Established Reference Data

Thomas H. Gerhardy, Anna Schlomann, Hans-Werner Wahl, Katja Mombaur, Lizeth H. Sloot & Laura I. Schmidt

To cite this article: Thomas H. Gerhardy, Anna Schlomann, Hans-Werner Wahl, Katja Mombaur, Lizeth H. Sloot & Laura I. Schmidt (2023): Aging in 10 Minutes: Do Age Simulation Suits Mimic Physical Decline in Old Age? Comparing Experimental Data with Established Reference Data, *Experimental Aging Research*, DOI: [10.1080/0361073X.2023.2256630](https://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/0361073X.2023.2256630>



Published online: 13 Sep 2023.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



Aging in 10 Minutes: Do Age Simulation Suits Mimic Physical Decline in Old Age? Comparing Experimental Data with Established Reference Data

Thomas H. Gerhardy ^a, Anna Schlomann ^{b,c}, Hans-Werner Wahl ^b,
Katja Mombaur ^{d,e}, Lizeth H. Sloot ^f, and Laura I. Schmidt ^a

^aInstitute of Psychology, Heidelberg University, Heidelberg, Germany; ^bNetwork Aging Research, Heidelberg University, Heidelberg, Germany; ^cInstitute of Educational Science, Heidelberg University of Education, Heidelberg, Germany; ^dInstitute of Anthropomatics and Robotics, Optimization and Biomechanics for Human-Centred Robotics, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany; ^eCanada Excellence Research Chair in Human Centred Robotics and Machine Intelligence, University of Waterloo, Waterloo, Canada; ^fInstitute of Computer Engineering, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

ABSTRACT

Introduction: Age simulation suits are increasingly used in health care education. However, empirical evidence that quantifies the simulated performance losses in established geriatric tests and compares those declines with reference data of older adults is scarce.

Methods: In a standardized lab setting, we compared performance of $N = 61$ participants (46 middle-aged, 15 young adults) with and without age simulation suit, for example in the Timed Up and Go Test (+dual task), Short Physical Performance Battery, grip strength, and 30-Second-Chair- Standing Test. Additionally, we compared the results with suit to established reference values of older adults in different age groups.

Results: Reduced performance was observed in both groups when wearing the suit, yet to different degrees dependent on the assessment and user age. For one, larger declines were observed in more challenging and complex tasks across age groups. In addition, comparisons with reference values revealed age-differential “instant aging” effects.

Discussion: A simulated “fourth age,” where frailty and impairments are accumulating, was not reached in the majority of assessments, especially not among younger participants. In conclusion, existing age simulation suits may have some educational and empathy potential, but so far, they fail in simulating the age period with most serious functional loss.


ARTICLE HISTORY

Received 23 March 2023

Accepted 1 September 2023

Introduction

To support healthy aging and actively shape demographic change processes in optimal ways depends on societies’ differentiated image of older adults’ potentials, skills and performance capacities. The UN expects an increase of the average age of the population in the coming decades, so in 2050 every fourth person in Europe and Northern America will be older than 65 years (United Nations, 2019). The global “graying” of Western and some East Asian

CONTACT Thomas H. Gerhardy  Thomas.gerhardy@psychologie.uni-heidelberg.de  Institute of Psychology, Heidelberg University, Hauptstr. 47-51, Heidelberg 69117, Germany

© 2023 Taylor & Francis Group, LLC

countries societies certainly brings along challenges as well as opportunities for health care systems, health costs, intergenerational exchange, and the “silver market”. Dealing with these challenges and opportunities requires, among other issues, distinctive social competence and knowledge on older adults’ capabilities and needs. Additionally, low threshold effective learning situations are needed able to help individuals to realistically anticipate their later life, which might result in goal-directed preparations for successful coping with later life’s tasks.

One such strategy could be the education of individuals on old age-related challenges and tasks by taking advantage of age simulation suits. These devices emerged in the early 1990’s aiming to simulate age-related changes, e.g. sensory or physical impairments, raise empathy for what old means and further the understanding of the daily challenges that often come with old and very old age (Lee & Teh, 2020). The age-related impairments targeted by aging suits, such as muscle loss, reduced peripheral vision or impaired hearing, impact the performance in daily life activities (Stuck et al., 1999). Furthermore, optimal person-environment fit processes associated with many daily actions, such as navigating out-of-home, reading a newspaper or comprehend what others say are undermined by motor and sensory impairments.

Age simulation suits are predominantly used so far in health care education giving an insight into the experience of feeling older and can increase empathy for and attitudes toward older adults (Bowden, Chang, Wilson, & Traynor, 2021). Still, findings are partly inconsistent and rigorous designs testing effects of aging suits are lacking (see systematic review Gerhardy, Schlomann, Wahl, & Schmidt, 2022). For example, one of the rare randomized controlled studies did not find stronger effects of age simulation suits on empathy in comparison to a control group wearing placebo clothes among nursing students (Cheng et al., 2020), and very recent studies that were not included in the review article found negative effects on (personal) views on aging after wearing an aging suit in young and middle-aged adults (Schmidt, Schlomann, Gerhardy, & Wahl, 2022; Schmidt et al., under review). Moreover, data on the effects of aging suits among middle-aged participants remained rare. Using the age simulation suit as an educational means to better prepare for aging requires that what is simulated in terms of age-related performance loss has sufficient validity. In particular, it would be important to know whether what is simulated echoes mostly the “third age” or the “fourth age” (Baltes & Smith, 2003). The simulation of age-related performance deficits in those approximately 65 to 79 years old would mean rather modest daily impairments that may be compensated to a large extent. In fact, Baltes and Smith (2003) talked about the “successful aging of the young old” versus the “dilemmas” of the “fourth age” or those in “old-old” age, hence those 80 years and older. The fourth age scenario would therefore mean the adequate simulation of major and co-occurring impairments that severely undermine independence without much likelihood of efficient compensation. In the third age scenario, younger or middle-aged adults using an age simulation suit may conclude that aging comes with some disadvantages, which are overly manageable rather well. In the fourth age scenario, the simulation would allow the experience of a significantly reduced quality of life in a range of everyday domains.

Manufacturers often claim that their suits offer a quite realistic simulation of the aging process for young adults, e.g. declines in sensory and motor functioning associated with older adults in their mid-70s (MIT - AGELAB, 2021) or “instant aging” of 30–40 years (Moll, 2022). However, while effects of age simulation suits on

empathy and attitudes toward older adults have received rising attention in the last years (Gerhardy, Schlomann, Wahl, & Schmidt, 2022), only a limited number of studies have investigated the physical performance declines simulated by aging suits, hence in regard to age-related impairments in motor and sensory functioning (Lauenroth, Schulze, Ioannidis, Simm, & Schwesig, 2017; Lavallière et al., 2017; Vieweg & Schaefer, 2020; Watkins, Higham, Gilfoyle, Townley, & Hunter, 2021; Zijlstra, Hagedoorn, Krijnen, van der Schans, & Mobach, 2016). There is emerging evidence from a small number of studies able to speak to the validity issue. Lauenroth, Schulze, Ioannidis, Simm, and Schwesig (2017) evaluated a 10 m walking test and found that younger age groups (18–59 years) were comparable to 20–25 year older adults (without suit) with respect to walking speed. In addition, Lavallière et al. (2017) found that younger adults (aged 20–29 years) wearing an age simulation suit reveal reduced balance performance while standing with eyes closed. Zijlstra, Hagedoorn, Krijnen, van der Schans, and Mobach (2016) instructed young participants to walk with and without an aging suit in a hospital ecology and reported reduced walking speed, higher heart rate, and higher respiratory rate with aging suit. Two recent studies analyzed established geriatric assessments with and without aging suit (Vieweg & Schaefer, 2020; Watkins, Higham, Gilfoyle, Townley, & Hunter, 2021). Vieweg and Schaefer (2020) reported declines in the Functional Fitness Test with age simulation suit among young adults (20–29 years), but their performance was still better than reference values for adults aged 60–64 years would indicate. Watkins, Higham, Gilfoyle, Townley, and Hunter (2021) reported that a considerable proportion of their participants (aged 20–30 years) wearing an age simulation suit was comparable to established reference values of older adults aged 70+ for flexibility (Functional Reach Test); however, the majority of those wearing the suit performed still better than reference values for older adults in the Timed Up and Go and the Berg Balance Scale indicate. Concluding, there is mixed evidence available for age simulation suits' capacity to validly simulate age-related performance decreases corresponding to third or fourth age among young study populations. Importantly, adults in midlife, hence those closest to “old age” and potentially with the strongest need to prepare for their own later life after retirement have to the best of our knowledge not been included so far at all in the previous research. When manufactures of aging suits claim to simulate performance decrements of 30–40 years, middle-aged adults would be an important, if not “the” target population for verifying the potentials and reach reference values of adults older than 85 years.

The first objective of the study was to investigate the effects of an age simulation suit in young and middle-aged adults on general functional ability, assessed by a variety of established geriatric tests. Doing so, we also aimed to extend previous literature by including a broad-scale set of functional and strength tests and more complex tasks such as the short Community Balance and Mobility scale, and by considering potential confounders of respective outcomes such as health status or physical activity. Having gathered these data, our second objective was to evaluate if age simulation suits allow a realistic simulation of age-related physical declines in the third versus fourth age and whether this depends on the age of the suit users (young versus middle-aged). For this step, we will refer to existing reference values of the included functional tests in regard to older adults in their third versus fourth age (Baltes & Smith, 2003).

Materials & Methods

The study is part of a larger interdisciplinary study (HeiAge), that was approved by the ethics committee of the Faculty of Behavioral and Cultural Studies at Heidelberg University (protocol number AZ Schm 2020 1/2). Study methods followed APA ethics standards as well as the Helsinki declaration. To detect large effects (Cohen's $d=.80$) with a power of 90% in our design (t-tests, dependent means) a minimum sample size of $N = 15$ was required per group (young/middle aged) (Faul, Erdfelder, Buchner, & Lang, 2009). The exclusion criteria were as follows: (1) severe chronic and/or neurological diseases, (2) heavily impaired vision, (3) permanent balance or mobility problems, which would affect physical performance assessments or (4) acute pain. Younger participants were recruited in seminars and lectures at Heidelberg university; middle-aged participants came from a pool of individuals in midlife and older age who provided their informed consent in former unassociated studies to be contacted again. If interested, participants were screened for exclusion criteria in a structured telephone interview by trained assessors and were given detailed information on the study procedure. Measurements were conducted between September 2020 and June 2022.

Participants

In total, $N = 61$ participants were enrolled in the study, including 46 middle-aged adults (59.9 ± 7.2 years, 15 male) and 15 young adults (23.9 ± 3.7 years, 8 male). Individuals in midlife were three times oversampled, because they are systematically tested to the best of our knowledge for the first time as age simulation suit users in our study. Hence, having a larger sample in those in midlife would allow additional differentiations in that group. Sociodemographic information and background characteristics are given in Table 1, all participants were white, well-educated German citizens.

Age Simulation Suit

As age simulation suit, we used the GERT (GERontological aging suiT; www.produktundprojekt.de). The GERT (Figure 1) is designed to mimic age-related physical and sensory impairments with a combination of different tools: Goggles and hearing protectors simulating impaired peripheral vision and presbycusis (hearing-loss), a cervical collar as well as knee and elbow restrictions to limit range of motion and flexibility; gloves to reduce tactile senses, and weights at the wrists (1.5 kg each) and ankles (2.5 kg each) as well as a weight vest (10 kg, 18 kg in total) to create a feeling for decreasing strength and exhaustion.

Table 1. Descriptive characteristics of the two participant groups.

	number (male)	age (in years)	height (in cm)	weight (in kg)	BMI	physical activity/week (in min)	comor- bidities (n)
young adults	15 (8)	23.9 ± 3.7	177.5 ± 8	70.5 ± 13.7	22.2 ± 2.8	210 ± 108	—
middle-aged adults	46 (15)	59.9 ± 7.2	169.8 ± 8	72.5 ± 15.5	25.0 ± 4.1	168 ± 184	0.7 ± 0.6

Notes. Numbers indicate mean \pm SD; BMI = Body Mass Index was calculated by $\text{weight}/(\text{height}^2)$; (at least moderate) physical activity within a week and number of self-reported diseases (comorbidities).



Figure 1. Gert© age simulation suit including goggles, hearing protectors, cervical collar, knee-, elbow restrictions, weight vest and at ankle and wrist.

Procedure and Measurements

After providing informed consent, participants answered items on sociodemographic, health and psychological variables that were part of the larger HeiAge project (Schmidt, Schlomann, Gerhardy, & Wahl, 2022). Measurements were conducted in an air-conditioned movement lab to minimize temperature and environmental influences. Participants were walking around wearing the GERT for five minutes before the first measurement to get familiarized with the restrictions. In total, participants wore the GERT for 45 min. To balance learning effects, the order was randomized (starting with or without aging suit).

The geriatric test battery included established assessments of muscle strength with the Grip Strength Test and the 30-Second Chair Standing Test (30CST), assessments of functional mobility with the Short Physical Performance Battery (SPPB) and the Timed Up and Go (TUG), as well as static and dynamic balance tests with the modified Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (mCTSIB) and the short Community Balance and Mobility scale (sCBM). All assessments were conducted with and without wearing the suit. Grip strength was measured using a Jamar dynamometer to perform an established, reliable and valid screening assessment for the body's musculoskeletal system with a wide age-range of consolidated reference values (Werle et al., 2009). The 30CST was applied to assess lower extremity strength (Rikli & Jones, 2013). The SPPB was assessed to explore lower extremity strength and an balance performance (Bergland & Strand, 2019). The TUG was conducted to assess functional mobility and as a proxy to predict risk of falling (Podsiadlo & Richardson, 1991). Moreover, to exploratively test the cognitive load and provide information for potential dual task costs (Asai et al., 2021) an additional TUG dual-task was conducted. As postural stability is fundamental for functional mobility and an increase of postural sway can be indicative for postural dysfunction, the mCTSIB was applied as an established screening assessment for balance (Guskiewicz, Perrin, & Gansneder, 1996). To

Table 2. Description of conducted geriatric assessments.

Assessment	Description
Grip strength (Jamar dynamometer)	Participants were instructed to seat upright in a chair, elbow flexed to 90°, with no arm rest, forearm in neutral position. The best out of three trials were used for further analysis and compared to reference values (Werle et al., 2009).
30 Sec Chair Standing Test (30CST)	Participants were instructed to stand up and sit down on a chair (standardized height 43 cm) as often as possible within 30 sec. Established reference values are given (Rikli & Jones, 2013)
Short Physical Performance Battery (SPPB)	Participants were asked to complete the following tasks: (1) walk four meters at their usual pace, (2) stand up from a chair five times and sit down as quick as possible, and perform balance tasks while standing upright for ten seconds with the instruction to “minimize postural sway” (3.1) with feet close side by side, (3.2) in a semi-tandem position (3.3) in a tandem position. Performance was measured using a stopwatch. The maximum score was 12 points, four for each subtask results were compared to reference values of Bergland et al (Bergland & Strand, 2019).
Timed Up and Go (TUG)	Participants sat on a chair and were instructed to stand up on a starting signal, walk three meters in normal walking speed, turn around a cone, walk back and sit down. Time to perform the task was measured with a stopwatch. Results were compared to reference values of adults older than 65 years (Svinøy et al., 2021).
Timed Up and Go dual task (TUG dual-task)	Participants were instructed to perform the TUG while counting backward from a randomized given number between 80 and 100 in steps of seven.
Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance (mCTSIB)	Participants had to maintain an upright position with their feet close, side by side for 30 sec and minimize their postural sway. They had to conduct four conditions: Standing on (1) firm surface with eyes open, (2) firm surface with eyes closed, (3) foam mat with eyes open and (4) foam mat with eyes closed. The postural sway was observed by two examiners and evaluated according to a predefined score, ranging from (1) no detectable sway (2) minimal sway (3) severe sway (4) not able to complete.
Short Community Balance and Mobility Scale (sCBM)	Participants had to conduct four subtasks and were rated on a scale from 0 to 5 points, higher scores indicated better results. Subtasks were performed for left and right side: (1) unilateral stance – quiet standing as long as possible (max. 45 sec), (2) lateral foot scooting – turning on heel and toes standing on one foot for lateral movement (3) hopping forward – two jumps on one leg (4) walk, look and carry – 8 m walk, while carrying two bags and turning head to look to the side.

overcome potential ceiling effects, which are common in rather fit cohorts in the SPPB, the more advanced sCBM was included as a sensitive balance screening tool for relatively healthy adults at the age of 60–70 years (Gordt et al., 2020). Even without normative or reference values, the sCBM was included to offer an opportunity to give more precise distinctions between the measurements with and without aging suit. Detailed descriptions are presented in Table 2. A set of tests (grip strength, TUG, TUG dual task) was applied to both samples. An additional set of tests (30CST, SPPB, mCTSIB) was only applied to those in midlife because of limited resources.

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using SPSS version 26. With respect to our first objective of examining the aging suit effect in both young and middle-aged adults, we performed paired t-tests to examine differences between the conditions (with and without suit) separately for female and male participants, for both age groups. For the second objective, the comparison of assessment results with the aging suit and reference values, we conducted a one-way ANOVA per gender and group with Tukey HSD post-hoc tests using statpages.

info (statpages.info, n.d.). We compared the performance of young and middle-aged participants wearing the age simulation suit to diverse reference values representing average performance levels of older adults in third and fourth age. To explore to what extent the effect of the suit on strength, balance, and functional mobility is associated with socio-demographic (e.g. age, gender) or health-related information (e.g. physical activity, history of falls) and to analyze potential covariates, we conducted bivariate correlation analyses of change scores (without suit – with suit) with respective background characteristics.

Results

Regarding our first objective, wearing the GERT changed the functional and physical ability of young and middle-aged adults as compared to baseline performance level, with significant reductions in performance for most tests. For example, TUG performance was decreased by 16% (men) respectively 25% (women) in young and 23% (men) respectively 29% (women) in middle-aged adults. sCBM, solely assessed in the middle-aged group, was decreased by 31% (men) respectively 42% (women). No suit effect was found in young male adults on grip strength (–1%) and for middle-aged male adults in balance tests (SPPB, mCTSIB; –4%) and the 30CST (–10%).

Mean performance with and without the suit for the young and middle-aged group, separated by gender are presented in Table 3. Performance deterioration ranged from no statistically meaningful change (grip strength in young men, SPPB in middle-aged men) to large effects (–41.6% decline for middle-aged women and –30.6% decline for middle-aged men) in the sCBM score.

Regarding our second objective, young participants' performance with suit in the TUG was comparable to reference values of older adults at the third age-fourth age transition (75–84 years). The middle-aged groups' performance in grip strength and the 30CST was reduced with the suit toward reference values of older adults in their third age (70–79 years), while TUG reduction amounted to reference values in the fourth age (80–89 years). In the right part of Table 3 reference values are presented, if available, and corresponding scores are highlighted in gray for the middle-aged subsample and blue for the young subsample.

Lastly, the screening for potential confounders did only reveal significant associations of change scores in performance for grip strength and the TUG, whereas all other assessments were not affected. For grip strength, the suit resulted in a stronger simulated functional decline in persons with a higher BMI ($r = .40$), more physically active lifestyle ($r = .38$), fallers ($r = .38$) and being male ($r = .45$). For the TUG, a greater decrease was related to being female ($r = -.29$) or being older ($r = -.32$), which was also the case for the TUG dual task ($r = -.28$).

Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study examining the effect of an age simulation suit with respect to various established physical performance assessments in a sample of young and middle-aged adults alongside comparisons to reference values. As to be expected, we found substantial declines in most functional and strength-related assessments for both study groups when wearing the aging suit. Nevertheless, young adults performed still better than the middle-aged group in most tasks when wearing the aging suit and performance decreased by 1–24% in young and 4–42% in middle-aged adults.

Table 3. Performance results (mean ± standard deviation) for the geriatric assessments with and without aging suit and reference values by gender and age groups.

Assessment	Gender (n YA/ MA)	YA		MA		% decline	65–69		70–74		75–79		80–84		85–89	
		without suit	with suit	without suit	with suit		years	years	years	years	years	years	years			
Grip strength (kg) ¹	Female (7/31)	30.7 ± 5.3	25.7 ± 5.1	25.9 ± 6.0	21.3 ± 6.1	- 19.5*	28.7 ± 5.5	29.5 ± 3.6	26.4 ± 6.8	25.0 ± 4.5	19.2 ± 5.2	16.9 ± 4.8				
	Male (8/15)	43.5 ± 9.9	43.0 ± 8.6	44.7 ± 5.0	36.2 ± 6.0	- 1.2	47.9 ± 6.4	43.0 ± 6.8	41.7 ± 8.9	36.8 ± 9.7	30.7 ± 9.1	22.4 ± 6.2				
TUG ² (sec)	Female (7/31)	8.7 ± 1.2	11.5 ± 1.6	8.5 ± 1.3	11.1 ± 1.9	- 24.4*	7.8 ± 2.2	8.4 ± 2.2	9.0 ± 2.2	9.9 ± 2.2	11.0 ± 2.2	12.0 ± 2.2				
	Male (8/15)	8.1 ± 1.3	9.6 ± 1.1	8.9 ± 1.5	11.5 ± 2.2	- 15.6*	8.2 ± 1.7	8.2 ± 1.7	8.7 ± 1.7	9.5 ± 1.7	10.4 ± 1.7	11.2 ± 1.8				
TUG dual task (sec)	Female (7/31)	10.3 ± 1.4	12.6 ± 1.5	9.9 ± 2.0	12.5 ± 2.4	- 18.3*										
	Male (8/15)	9.4 ± 1.5	10.1 ± 1.1	10.3 ± 1.9	12.7 ± 2.6	- 6.9*										
SPPB ³ (score)	Female (31)			11.8 ± 0.4	11.3 ± 1.0	- 4.3*	11.6 ± 1.2	11.4 ± 1.2	11.0 ± 1.2	10.4 ± 1.2	9.8 ± 1.2	9.06 ± 1.2				
	Male (9)			11.4 ± 0.9	11.0 ± 1.0	- 4.0	11.7 ± 1.0	11.7 ± 1.0	11.5 ± 1.0	11.0 ± 1.0	10.4 ± 1.0	9.80 ± 1.0				
30CST (n) ⁴	Female (31)			14.8 ± 4.7	12.1 ± 3.6	- 23.1*	13.8 ± 3.6	13.7 ± 3.5	12.8 ± 3.1	12.5 ± 3.6	11.9 ± 5.2	10.7 ± 4.1				
	Male (9)			14.1 ± 3.4	12.8 ± 4.9	- 10.4	14.8 ± 4.7	14.0 ± 4.5	13.0 ± 4.0	12.9 ± 3.6	12.4 ± 3.6	10.1 ± 4.6				
sCBM (score)	Female (31)			30.0 ± 8.1	21.2 ± 6.9	- 41.6*										
	Male (9)			26.6 ± 9.7	20.3 ± 9.2	- 30.6*										
mCTSIB (score)	Female (31)			5.2 ± 0.9	5.6 ± 0.9	- 7.5*										
	Male (9)			6.0 ± 1.4	6.2 ± 1.9	- 3.5										

Note. Reference Scores: Grip strength ¹Werle et al. (2009); TUG = Timed Up and Go ²Svinoy (2021); SPPB = Short Physical Performance Battery ³Bergland and Strand (2019); 30CST 30-Second Chair Standing Test ⁴Rikli and Jones (2013); sCBM = short Community Balance and Mobility Scale, mCTSIB = modified Clinical Test for Sensory Interaction in Balance; *sig. difference between with/without aging suit; results; *p ≤ 0.05 findings from ANOVA and post-hoc tests; reference values comparable to results of the young adults (YA) are indicated in gray, reference values comparable to results of the middle-aged adults (MA) are indicated in blue

The largest deteriorations in performance for both genders were found for the challenging and complex short Community Balance and Mobility scale (sCBM), the Timed Up and Go test (TUG), as well as in the strength-dependent 30 Sec Chair Standing Test (30CST) for middle-aged women. On the other hand, performance in the Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance (mCTSIB) or the Short Physical Performance Battery (SPPB) was relatively unaffected by the suit. This suggests that more challenging movement tasks, including walking, dynamic balance, turning or orientation in space combined in one test, are more suitable for doing an age simulation than static balance tasks, as are in the mCTSIB or the SPPB. The reduction found for the young and the middle-aged group due to wearing the suit in the TUG are comparable with the results in the studies of Watkins, Higham, Gilfoyle, Townley, and Hunter (2021) and Vieweg and Schaefer (2020). This indicates that reduced functional mobility could be simulated to some extent, although cutoff scores of 12.0 seconds (Bischoff et al., 2003) defining functional mobility impairments could not be reached.

The TUG dual task declines were comparable to the normal TUG and no differences were found between young and middle-aged adults. This suggests that cognitive declines, which are frequent in the population of the fourth age, could not be simulated with the suit.

Moreover, the assessments measuring isolated strength (leg strength in the 30CST, grip strength) showed reduced performances with the aging suit. However, declines in men were smaller for the 30CST compared to women and young men did not reveal any decline in grip strength. Those smaller effects of the aging suit on men and in the younger group might be due to higher (proportional) muscle mass, and/or higher body weight making the additional weight of the aging suit relatively smaller. Thus, and as the BMI was related to the grip strength change, aging suits might need to be used in relation to body weight and/or muscle mass.

Our second research objective was to examine how much the young and middle-aged group actually “age” due to the aging suit by drawing a comparison between results with the suit and reference values of the conducted assessments. Findings were mixed and suggest the need for a differentiated view depending on age group, gender, assessment, and domain of performance. Young adults tended on average to “instantly age” 40–50 years, while middle-aged adults on average reached the magnitude of a performance decrement of 15–25 years later in their life. Hence, young adults experienced mostly the performance level of the third age, whereas midlife adults predominantly experienced the performance level of the third to fourth age transition. In other words, younger individuals experienced a simulated age in which some performance deficits occur, but are handled rather well in most cases, as empirical data have shown (Baltes & Smith, 2003). In contrast, the simulation experienced by those in midlife on the one hand “surpassed” the third age, hence the age period that directly follows for our middle-aged participants. On the other hand, the experience simulated on average at best the performance decrement to be expected in the early fourth age. Still, reference values indicating the fourth age (85+) were only reached for the TUG by middle-aged men. Of note, four assessments revealed only a simulation of the third or the transition period to the fourth age even among our middle-aged sample that already had a mean age of about 60 years. Related, an instant aging effect of 30–40 years as advertised by some manufacturers could be found only for our young sample, reaching

third age in most tests, but not of the fourth age, which some have characterized as the “real old age” (Wahl & Ehni, 2020).

Strengths and Limitations

This study expands previous literature by including middle-aged adults in aging simulation for the first time. We addressed a broad range of geriatric assessments and tasks, and considered potential confounders. Limitations include a small sample size requiring replication in larger studies. Moreover, due to restrictions in resources, we were only able to apply a reduced test battery in the younger subsample. Due to ethical considerations, we relied on a rather fit and healthy sample without preexisting conditions. Related, the demographic background of our sample limits generalization. With respect to gender distribution, we did not reach a balanced distribution in the middle-aged sample. As aging effects are known to differ in gender, and reference scores are provided separately for men and women, we decided to split groups, which led to further reductions in sample size. An older control group without the aging suit would have been an opportunity to directly compare all conducted assessments with participants of the envisaged age group, but due to limited resources we decided to work with established normative values derived from large and more representative samples. Moreover, we conducted our assessments under controlled lab conditions to increase internal validity and comparability between conditions and subgroups, and to ensure conformity with the instructions used in studies providing reference values. However, this does not allow generalization with respect to everyday activities in the complex and diverse natural environment of older adults. Moreover, simulated declines do not provide a full picture of the aging process. There is no instant aging as such and potential cognitive declines, aging-related changes in strategic decision making, or effects on views on aging (Schaefer, Bill, Hoor, & Vieweg, 2022; Schmidt, Schlomann, Gerhardy, & Wahl, 2022) that have the potential to additionally affect behavior are left out in this study. For example, it is established that older adults need more time to process visual information and therefore reaction and movements are affected. Furthermore, older adults adopt their action to a safer strategy to reach desired accuracy (van Halewyck et al., 2015). These processes cannot be simulated but develop over time from experience.

Finally, we conducted our assessments with the GERT, and it is unknown to what extent the results can be transferred to a wide range of available age simulation suits with different concepts of simulation.

Conclusion and Outlook

Aging suits have been applied to simulate age-related impairments to induce empathy for older adults in young (student) samples (Bowden, Chang, Wilson, & Traynor, 2021; Cheng et al., 2020). However, evidence on actual physical performance deterioration is still scarce. The present study indicated that age-related physical decline can be simulated in more challenging and complex movement tasks, as well as in strength endurance assessments. During the simulation, young participants ended up mostly in beginning of their 70s, middle-aged participants predominantly at the beginning of their 80s. However, fourth age (85+) was not reached. In conclusion, although the

educative potential of providing a “real life” simulation of old age by age simulation suits is existing, our study demands for a differentiated view and some critique. In particular, using the age simulation suit in young care professionals may sensitize for some of the challenges of old age. However, given that these populations typically will work with very frail older adults mostly in the fourth age, the simulation might lead to wrong professional expectations and knowledge. In those in mid-life, aging suits might be a helpful tool in simulating the transition to the fourth age, hence when the “real age” begins.

A realistic simulation is desirable in general, but is crucial if aging suits are applied to simulate older adults in developing or pilot testing of assistive devices, smart homes, and other technology-related areas. They can give engineers a first impression for demands and needs, but should not result in avoidance to include older adults in critical development phases. Future work should consider further measures for validation, e.g. consider induced metabolic cost of an age simulation suit or include analysis of joint kinematics and dynamics. The aging process is very heterogeneous and not a fixed line we are crossing in a certain age, but understanding the mechanism or effects can help to understand the needs of older adults. Therefore, we should use any given tool with the potential to gain a better understanding for age-related declines to improve prevention, but larger studies with rigorous designs are needed to further validate existing simulation approaches.

Acknowledgments

We thank our scientific research colleagues in the HeiAge team for the support, the encouraging discussions and lab conditions, as well as our group of research assistants (Stephanie Brucker, Anke Baetzner, Stephanie Zintel, Stella Wernicke, Julius Donat and Leslie Carleton-Schweitzer) for the help with the data collection.

This study was not preregistered at any independent or institutional registry.
We provide data and analytic methods upon request.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

This work was supported by the Carl Zeiss Foundation 0563-2.8/738/2, Project HeiAge.

ORCID

Thomas H. Gerhardy  <http://orcid.org/0000-0002-3561-5975>

Anna Schломann  <http://orcid.org/0000-0003-0174-3490>

Hans-Werner Wahl  <http://orcid.org/0000-0003-0625-3239>

Katja Mombaur  <http://orcid.org/0000-0003-1353-0943>

Lizeth H. Sloot  <http://orcid.org/0000-0003-3555-2932>

Laura I. Schmidt  <http://orcid.org/0000-0002-8750-9242>

References

- Asai, T., Oshima, K., Fukumoto, Y., Yonezawa, Y., Matsuo, A., & Misu, S. (2021). Does dual-tasking provide additional value in timed “up and go” test for predicting the occurrence of falls? A longitudinal observation study by age group (young-older or old-older adults). *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(1), 77–84. doi:10.1007/s40520-020-01510-6
- Baltes, P. B., & Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: From successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology*, 49(2), 123–135. doi:10.1159/000067946
- Bergland, A., & Strand, B. H. (2019). Norwegian reference values for the Short Physical Performance Battery (SPPB): The tromsø study. *BMC Geriatrics*, 19(1), 216. doi:10.1186/s12877-019-1234-8
- Bischoff, H. A., Stähelin, H. B., Monsch, A. U., Iversen, M. D., Weyh, A. . . . Theiler, R. (2003). Identifying a cut-off point for normal mobility: A comparison of the timed ‘up and go’ test in community-dwelling and institutionalised elderly women. *Age and Ageing*, 32(3), 315–320. doi:10.1093/ageing/32.3.315
- Bowden, A., Chang, H. C. R., Wilson, V., & Traynor, V. (2021). The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: A literature review. *Nurse Education in Practice*, 53, 103077. Article 103077. doi:10.1016/j.nepr.2021.103077
- Cheng, W. L. S., Ma, P. K., Lam, Y. Y., Ng, K. C., Ling, T. K. . . . Li, P. P. (2020). Effects of senior simulation suit programme on nursing students’ attitudes towards older adults: A randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, 88, 104330. doi:10.1016/j.nedt.2020.104330
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. doi:10.3758/BRM.41.4.1149
- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H. W., & Schmidt, L. I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review. *European Journal of Ageing*, 19(4), 953–976. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>
- Gordt, K., Mikolaizak, A. S., Taraldsen, K., Bergquist, R., van Ancum, J. M. . . . Schwenk, M. (2020). Creating and validating a shortened version of the community balance and mobility scale for application in people who are 61 to 70 years of age. *Physical Therapy*, 100(1), 180–191. doi:10.1093/ptj/pzz132
- Guskiewicz, K. M., Perrin, D. H., & Gansneder, B. M. (1996). Effect of mild head injury on postural stability in athletes. *Journal of Athletic Training*, 31(4), 300–306.
- Lauenroth, A., Schulze, S., Ioannidis, A., Simm, A., & Schwesig, R. (2017). Effect of an age simulation suit on younger adults’ gait performance compared to older adults’ normal gait. *Research in Gerontological Nursing*, 10(5), 228–234. doi:10.3928/19404921-20170831-04
- Lavallière, M., D’Ambrosio, L., Gennis, A., Burstein, A., Godfrey, K. M. . . . Coughlin, J. F. (2017). Walking a mile in another’s shoes: The impact of wearing an age suit. *Gerontology & Geriatrics Education*, 38(2), 171–187. doi:10.1080/02701960.2015.1079706
- Lee, S. W. H., & Teh, P. L. (2020). “Suiting up” to enhance empathy toward aging: A randomized controlled study. *Frontiers in Public Health*, 8, 376. doi:10.3389/fpubh.2020.00376
- MIT - AGELAB. (2021). *Massachusetts Institute of Technology - AGNES (Age Gain Now Empathy System)*. <https://agelab.mit.edu/methods/agnes-age-gain-now-empathy-system>
- Moll, W. (2022). *Age Simulation Suit GERT: Frequently Asked Questions and Answers*. <https://www.age-simulation-suit.com/faq.html>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “up & go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148. doi:10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *The Gerontologist*, 53(2), 255–267. doi:10.1093/geront/gns071
- Schaefer, S., Bill, D., Hoor, M., & Vieweg, J. (2022). The influence of age and age simulation on task-difficulty choices in motor tasks. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 30(3), 429–454. doi:10.1080/13825585.2022.2043232

- Schmidt, L. I., Schlomann, A., Gerhardy, T., & Wahl, H. W. (2022). "Aging means to me . . . that I feel lonely more often"? An experimental study on the effects of age simulation regarding views on aging. *Frontiers in Psychology*, 13, 806233. doi:10.3389/fpsyg.2022.806233
- statpages.info. (n.d.). *Analysis of Variances from Summary Data [Computer Software]*. statpages.info. <https://statpages.info/anova1sm.html>
- Stuck, A. E., Walthert, J. M., Nikolaus, T., Büla, C. J., Hohmann, C., & Beck, J. C. (1999). Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: A systematic literature review. *Social Science & Medicine*, 48(4), 445–469. doi:10.1016/S0277-9536(98)00370-0
- Svinøy, O.-E., Hilde, G., Bergland, A., & Strand, B. H. (2021). Timed up and go: Reference values for Community-Dwelling Older Adults with and without Arthritis and non-communicable diseases: The tromsø study. *Clinical Interventions in Aging*, 16, 335–343. doi:10.2147/CIA.S294512
- United Nations. (2019). *Department of economic and social affairs: Population division - world population prospects: Highlights [population studies]* (Vol. 423). United Nations.
- van Halewyck, F., Lavrysen, A., Levin, O., Boisgontier, M. P., Elliott, D., & Helsen, W. F. (2015). Factors underlying age-related changes in discrete aiming. *Experimental Brain Research*, 233(6), 1733–1744. doi:10.1007/s00221-015-4247-3
- Vieweg, J., & Schaefer, S. (2020). How an age simulation suit affects motor and cognitive performance and self-perception in younger adults. *Experimental Aging Research*, 46(4), 273–290. doi:10.1080/0361073X.2020.1766299
- Wahl, H. -, & Ehni, H. J. (2020). Advanced old age as a developmental dilemma: An in-depth comparison of established fourth age conceptualizations. *Journal of Aging Studies*, 55, 100896. doi:10.1016/j.jaging.2020.100896
- Watkins, C. A., Higham, E., Gilfoyle, M., Townley, C., & Hunter, S. (2021). Age suit simulation replicates in healthy young adults the functional challenges to balance experienced by older adults: An observational study. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*, 7(6), 581–585. doi:10.1136/bmjstel-2021-000867
- Werle, S., Goldhahn, J., Drerup, S., Simmen, B. R., Sprott, H., & Herren, D. B. (2009). Age- and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 34(1), 76–84. doi:10.1177/1753193408096763
- Zijlstra, E., Hagedoorn, M., Krijnen, W. P., van der Schans, C. P., & Mobach, M. P. (2016). Route complexity and simulated physical ageing negatively influence wayfinding. *Applied Ergonomics*, 56, 62–67. doi:10.1016/j.apergo.2016.03.009

Manuskript III

Gerhardy, T. H., Schmidt, L. I., Wahl, H.-W., Sloot, L. H. (submitted) Can an aging suit replicate age-related decline in motion? *Applied Ergonomics*

Can an aging suit replicate age-related decline in motion?

Thomas H. Gerhardy¹, Laura I. Schmidt¹, Hans-Werner Wahl², Katja Mombaur^{3,4}, Lizeth H. Sloot^{5,6}

¹Institute of Psychology, Heidelberg University, Heidelberg, Germany,

²Network Aging Research, Heidelberg University, Heidelberg, Germany,

³Institute of Anthropomatics and Robotics, Optimization and Biomechanics for Human-Centred Robotics, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

⁴Canada Excellence Research Chair in Human Centred Robotics and Machine Intelligence, University of Waterloo, Canada

⁵Institute of Computer Engineering, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

⁶Translational and Clinical Research Institute, Newcastle University, Newcastle, Newcastle upon Tyne, NE4 5PL, Newcastle, United Kingdom

*corresponding author

Thomas Henrik Gerhardy, Institute of Psychology, Heidelberg University, Hauptstr. 47-51, 69117

Heidelberg, Germany

+49 6221 54 7341, Thomas.gerhardy@psychologie.uni-heidelberg.de

ORCID: 0000-0002-3561-5975, 0000-0002-8750-9242, 0000-0003-0625-3239, 0000-0003-1353-0943,

0000-0003-3555-2932

Abstract (199 words)

Aging suits have emerged as tools to mimic various physical impairments that often accompany old age. However, effects on functional level are ambiguous and simulation of movement impairments has not been verified. Therefore, we evaluated immediate effects of aging suits on gait kinematics in younger and middle-aged adults in different walking conditions. Whole-body kinematics (sagittal ankle-, knee-, hip-angles, arm-swing, trunk-bend) and spatiotemporal parameters (walking speed, stride length, step width) were measured in fourteen young and fifteen middle-aged adults. Aging effects were compared to established reference values of older adults. The aging suit changed functional gait parameters but movement parameters were hardly affected. During standard walking, arm-swing (-17%) and walking speed (-9%) were reduced, step width (+15%) increased across both age groups. Compared to reference values, changes in arm-swing corresponded to an instant aging effect of 45-55 years in young and 15-25 years in middle-aged. Wearing the aging suit made both groups walk more cautiously, which was exacerbated with the additional mechanically-challenging tasks. Walking aged considerably if compare the induced aging to reference values of older adults, but it did not simulate oldest age. Future research should explore interactive movements to assess how aging suits naturally mimic aging in real-life.

Keywords: age simulation, biomechanics, validation, physical aging, gait

Practitioner summary

Aging suits are used to simulate older adults' impairments, but it is unclear how they affect walking patterns and if they replicate physical decline. Results showed that kinematic and spatiotemporal parameters are affected, but declines expected at the age of 85+ years were just reached in very few cases.

Introduction (overall 4034 words)

When people age, the likelihood is considerable that they stay relatively fit, without serious diseases, and thus life can be active and independent. However, the process of aging, particularly beyond the age of 80-85 years, often introduces physical and sensory impairments due to chronic diseases or irreversible body function degeneration. Age-related conditions such as diminished lower leg strength and impaired balance significantly contribute individuals' autonomy and quality of life at large. Reduced abilities in the mentioned domains are strongly correlated with an elevated risk of falls, which can subsequently result in severe consequences, such as hip fractures and a heightened frailty (Tinetti & Williams, 1997).

To gain more insight and understanding into how frail older people feel and move, so-called aging suits are an established tool to increase empathy in healthcare and nursing staff and potentially also in younger and middle-aged individuals (Gerhardy et al., 2022). In fact, aging suits are increasingly applied to motivate middle-aged persons for preventive health-maintaining strategies and help prepare in their pre-retirement years for future challenges and likely decision-making, e.g., regarding living arrangements (Schmidt, under review). Different versions of aging suits all share the aim to simulate major age-related functional capacity changes such as loss in peripheral vision, hand dexterity, hearing, as well as motor function and balance (MIT AGELAB, 2021; Moll, 2022b). Moreover, aging suits might enable rapid prototyping of assistive devices using younger test subjects when practical and ethical concerns exist to include older fall-prone adults as participants.

However, existing evidence addressing the effects of using aging suits is mixed. At the psychosocial level, empathy and understanding what old age means and attitudes toward older adults have been found to improve (Bowden et al., 2021; Eost-Telling et al., 2021; Gerhardy et al., 2022). In contrast, pre-post-designed studies have reported no differences or even negative changes in attitudes toward aging or older adults (Cheng et al., 2020; Lee & Teh, 2020; Schmidt et al., 2022). Hence, results remained ambiguous in this area.

At a biomechanical level, no thorough studies have been performed to evaluate if aging suits realistically simulate age-related physical or sensory impairments. Lauenroth et al. (2017) reported reduced step length and gait velocity in adults aged 40-59 years when wearing an aging suit. These values were found to be comparable to those observed in groups of participants twenty years older. Laurentius et al. (2022), showed an effect of an aging suit on spatio-temporal anterior-posterior gait parameters among young adults, some of which were comparable to the mobility of their older reference group. In younger persons reduced functional mobility has been found to be similar to adults aged 50-70 years, hence values of advanced old age were not reached (Lavallière et al., 2017; Vieweg & Schaefer, 2020; Watkins et al., 2021). Despite such emerging evidence, manufacturers' claim that the aging suits validly simulate impairments of older adults in their 70's (MIT AGELAB, 2021) or even result in an "instant aging" effect of additional 30-40 years (Moll, 2022a). For a better understanding, direct full body motion analysis is needed as well as the inclusion of complex and diverse tasks, in order to evaluate the extent to which participants can compensate for the induced limitations.

Therefore, the overall aim of this study was to evaluate the effect of wearing an aging suit on the walking patterns across younger and middle-aged adults under different conditions with varying task demands. Our first aim was to evaluate the effect of wearing an aging suit on kinematic (sagittal ankle, knee and hip angles, hip range of motion, arm swing and posture) and spatiotemporal gait parameters (stride length, walking speed, step width) typically known to change with age. Our second aim was to compare any aging suit induced changes to established reference values of older adults in literature to estimate the simulated aging. Our third aim was to evaluate if more demanding walking conditions (dual task and walk, look, and carry) reveal larger effects.

1 Materials & Methods

The study was part of a larger interdisciplinary project on mobility in older age (HeiAge), that was funded by the Carl Zeiss Foundation. The Faculty of Behavioral and Cultural Studies at Heidelberg University, Germany, approved the present data collection (AZ Schm 2020 1/2). Study methods followed

APA ethics standards as well as the Helsinki Declaration. The data were collected in the Heidelberg Center of Motion Research (HCMR) laboratory at Heidelberg University from July 2021 to July 2022.

1.1 Participants

A sample of a total of 30 adults, 15 young (between 18 and 35 years) and 15 middle-aged adults (between 40 and 64 years) was recruited via internal newsletters at the university or advertisement in lectures, in the case of the young group. We aimed for an approximately balanced number of women and men in the respective groups. Inclusion criteria were: able to walk 10 meters without assistance. Exclusion criteria were: Neurological, cardiovascular, metabolic, or muscular-skeletal impairments, which would influence safe walking as well as severe acute pain within the last two weeks. Informed consent was obtained from all participants before participation.

Data was analyzed in 14 young adults (7 men, 24.3 ± 3.7 years) and 15 middle-aged adults (6 men, 54.8 ± 7.1 years). We had to exclude the dataset of one young male participant due to erroneous data. Both groups were fit, healthy, and active based on BMI, self-reported moderate physical ability, and grip strength (Table 1).

Table 1: Descriptive characteristics of the participant groups

	<i>N</i> (male)	age (in years)	weight (in kg)	height (in cm)	BMI	moderate physical activity/ week (in min)	grip strength (in kg)
young adults	14 (7)	24.3 ± 3.7	69.2 ± 13.3	177.2 ± 8.3	21.6 ± 2.7	233 ± 99	36.8 ± 10.2
middle-aged adults	15 (6)	54.8 ± 7.1	75.9 ± 15.7	175.0 ± 6.9	24.7 ± 4.1	236 ± 223	33.9 ± 10.9

Notes: Numbers indicate mean standard deviation; BMI = Body Mass Index, which was calculated by $\text{weight}/\text{height}^2$; self-reported physical activity within a week in minutes, with at least moderate intensity; grip strength in kilogram.

1.2 Equipment

We used the GERT (GErontological Aging suiT; www.produktundprojekt.de) aging suit for all conducted movements with suit (Fig. 1). The GERT aims to simulate age-related sensory and physical impairments through a combination of restrictions. This includes goggles (simulate reduced peripheral

vision), hearing protectors (simulate hearing loss), cervical collar, elbow and knee restrictions (simulate reduced joint flexibility), gloves (simulate reduced hand dexterity), as well as a 10.0 kg vest, 1.5 kg wrist bands, and 2.5 kg ankle bands (simulate loss of joint power and reduced coordination).



Figure 1 (left): Participants walked with their own comfortable shoes, adapted IOR marker system with 45 markers; (right) GERT © aging suit components

1.3 Procedure and data collection

Participants were asked to wear tight-fitting, non-reflecting shorts, sleeveless shirts and comfortable walking shoes. The sessions started by collecting height, weight, self-reported physical activity, and handgrip strength (Jamar, Dynamometer) for its strong correlation to the health status (Bohannon, 2019).

All participants were instructed to walk over a 10-meter walkway at a preferred speed, both with and without the aging suit. They walked in the following conditions: (1) “standard”; (2) in a “dual task” condition and (3) in a more real-life “walk, look and carry” task. Dual-task was conducted by counting backward in steps of seven from a randomized number between 80 and 100 while walking (Shumway-Cook et al., 2000). Walk, look and carry was conducted by walking while turning the head to the left or right side (following a verbal prompt from the study investigator), and carrying bags with weights of 1.5

kg in each hand, based on the Community Balance and Mobility scale by Howe et al. (2006). We collected three good trials with at least six steps per condition per participant for standard and dual-task walking and two for each side for the carrying load task. To reduce learning or fatigue effects, half the participants started with the aging suit versus without, and walking conditions were randomized within each block. Rest breaks of 2-5 min were given after each block.

Gait analysis were collected using an optoelectronic system with ten cameras (Qualisys Inc., Gothenburg, Sweden) at 150 Hz. For the static trial, we used an adapted Istituto Ortopedici Rizzoli marker set (IOR) of 54 reflecting markers and added extra tracking markers (+18) that did not interfere with the aging suit parts. For motion tracking 45 markers were used (see supplementary Figure 1 for details). The model contains the following segments in the kinematic model; trunk, upper arms, forearms, hip thighs, shanks and feet.

1.4 Data processing

Marker data was labeled and gap-filled (max. 15 frames) using Qualisys Tracking Manager (Qualisys, Gothenburg, Sweden). Data were filtered using a bi-directional 4th-order Butterworth filter with a cut-off frequency of 12 Hz and full body joint angles were calculated using Visual3D (version 2022.08, C-motion, Inc., Germantown MD, USA).

The following analysis was performed using custom MATLAB scripts. Right and left initial contact and toe-off were automatically detected using heel and toe marker data and visually checked. Using these gait events joint angles were time-normalized to 1-100 % of a stride.

Primary outcomes ($n=6$) were based on sagittal joint angles and selected as they have been reported to be affected by age (Boyer et al., 2017). Specifically, we calculated *ankle angle* and *knee angle* at *initial foot contact (IC)*, *hip range of motion (ROM)* across the stride to reflect changes in joint range of motion and *ankle angle in mid-swing* (toe-off to second initial contact) as a proxy for foot clearance. For the upper body, we explored *trunk bending* as posture typically decreases with age, as well as arm

swing to explore any compensatory effort. In walk, look, and carry conditions arms swing had to be left aside, as participants were holding bags with weights in their hands, which led to restricted arm movement. Bend posture was calculated as the mean left and right side of the scapula-acromial edge (shoulder marker) relative to the iliac crest marker as both should align when someone walks forward. *Arm swing* was defined as the sagittal range of motion of the Visual3D-modeled distal point of the lower arm. This wrist point was selected as it is available for both with and without suit conditions relative to the iliac crest marker to account for the walking movement.

Secondary outcomes ($n=3$) consisted of spatio-temporal parameters, which allowed a comparison to reported reference values of a great dataset of older adults ($n=954$). These included *gait speed* (per stride), *stride length* and *step width*. Stride length was calculated by the distance in the anterior-posterior direction of the heel marker at the first and second initial contact of one side; gait speed was derived from the stride length divided by the time taken for the same stride; step width was calculated by the medio-lateral distance from the heel marker at initial contact of one foot to the heel marker at following initial contact of the contralateral foot.

Values of all outcomes per individual strides were visually screened for obvious outliers and deleted if necessary (less than five individual strides per age group and condition). Each outcome measure was summarized over all available strides for each condition, for the left and right side separately, which were then averaged across all trials per condition.

1.5 Statistical analysis

For our first aim, evaluating the effect of the aging suit on walking parameters, we used a mixed ANOVA (suit, age group and interaction effect) for each parameter, with the significance set to $p < 0.05$. We focused on the main effect of the aging suit and the interaction effect of the age-group*suit. Tukey-corrected post-hoc tests were conducted to test for differences between groups. Parametric tests were appropriate as all variables were found to be normally distributed for both groups, as assessed by the

Shapiro-Wilk test ($p < 0.05$), and there was homogeneity of the error variance as assessed with Levene's test ($p < 0.05$).

The second aim compared significant induced instant aging effects to reference values reported for older persons. For the spatio-temporal parameter, we selected a publication with suitable and established reference values based on a large sample size ($N=954$, 65-85+ years) (Beauchet et al., 2017). We used an online tool to run a one-factor ANOVA with summary values (statpages.info). For kinematic parameters, we used a large reference dataset from participants aged 20-86 years ($N=138$) from van Crieking et al. (under review) that allowed us to recalculate the same variables. For the kinematic data, we ran a one-factor ANOVA with Tukey post-hoc tests.

To address our third aim, one-factor ANOVA was used similar to aim one to evaluate the effect during each of the more demanding walking conditions. We did not integrate the walking conditions in one ANOVA due to the limited power of the sample size. Therefore, we were not directly comparing walking conditions. Appropriateness of parametric tests was confirmed as described for aim one. Statistical analysis for both aims one and three was performed using SPSS 27.0 (IBM Corporations, New York, USA).

2 Results

During standard walking, some small changes were found when visually looking at the ankle, knee and hip trajectories for both young and middle-aged adults. Changes were also observed at ankle angle at IC and after toe off, at knee angle in mid swing, as well as in hip angle in pre-swing phase (Fig. 2). These changes were not reflected in the calculated primary outcome parameters of ankle and knee angle at IC, ankle angle in mid-swing, hip ROM or trunk bend. However, arm swing was reduced by 17% when wearing the aging suit (-6.3cm , $p \leq .001$) (Table 2). This change corresponds to an instant aging effect of about 45-55 years in young, as well as 15-25 years for the middle-aged adults (see color code table 2).

Secondary outcomes showed modest effects on the general walking function. When wearing the aging suit walking speed was reduced by 9% (-11.5 cm/s, $p \leq .001$) and step width was increased by 15% (+1.0 cm, $p \leq .001$) across both groups. These changes correspond to an instant aging effect of about 30-40 years for young and 20-30 years for middle-aged in terms of walking speed, while step width in both groups remained better than those measured in older persons (see color code in table 2).

During dual-task walking, similar effects were found for the aging suit across both age groups (Table 2). Arm swing was reduced when walking with the suit across both age groups (18%, -6.9 cm, $p \leq .001$). This corresponds to an instant aging effect of 45-55 years in young, as well as 15-25 years for the middle-aged adults. Walking speed was reduced by 6% (-7.4 cm/s, $p = .003$) while step width was increased by 15% (1.0 cm, $p \leq .001$) when walking with the aging suit. This corresponds to the same instant aging effects as for the standard walking condition of 30-40 years for young and 20-30 years for middle-aged in terms of walking speed, while step width in both groups remained better than those in the literature values of older persons.

During the “walk, look, and carry” condition, the aging suit seems to result in more pronounced instant aging effects. While there were no significant effects on the kinematic parameters, walking speed was reduced by 9% (-11.5 cm/s, $p \leq .001$), stride length was now found to be reduced by 5% (-5.7 cm, $p = .04$), and step width was considerably increased by 28% (2.3 cm, $p \leq .001$) across both groups. These changes still compared to the same instant aging effect as found for standard walking, of about 30-40 years for young and 20-30 years for middle aged (both speed and stride length, with step width remaining outside the reference value range, Table 2).

There were no interaction effects on primary or secondary outcome variables in any of the walking conditions, meaning there is no difference in induced aging effect for the two age groups.

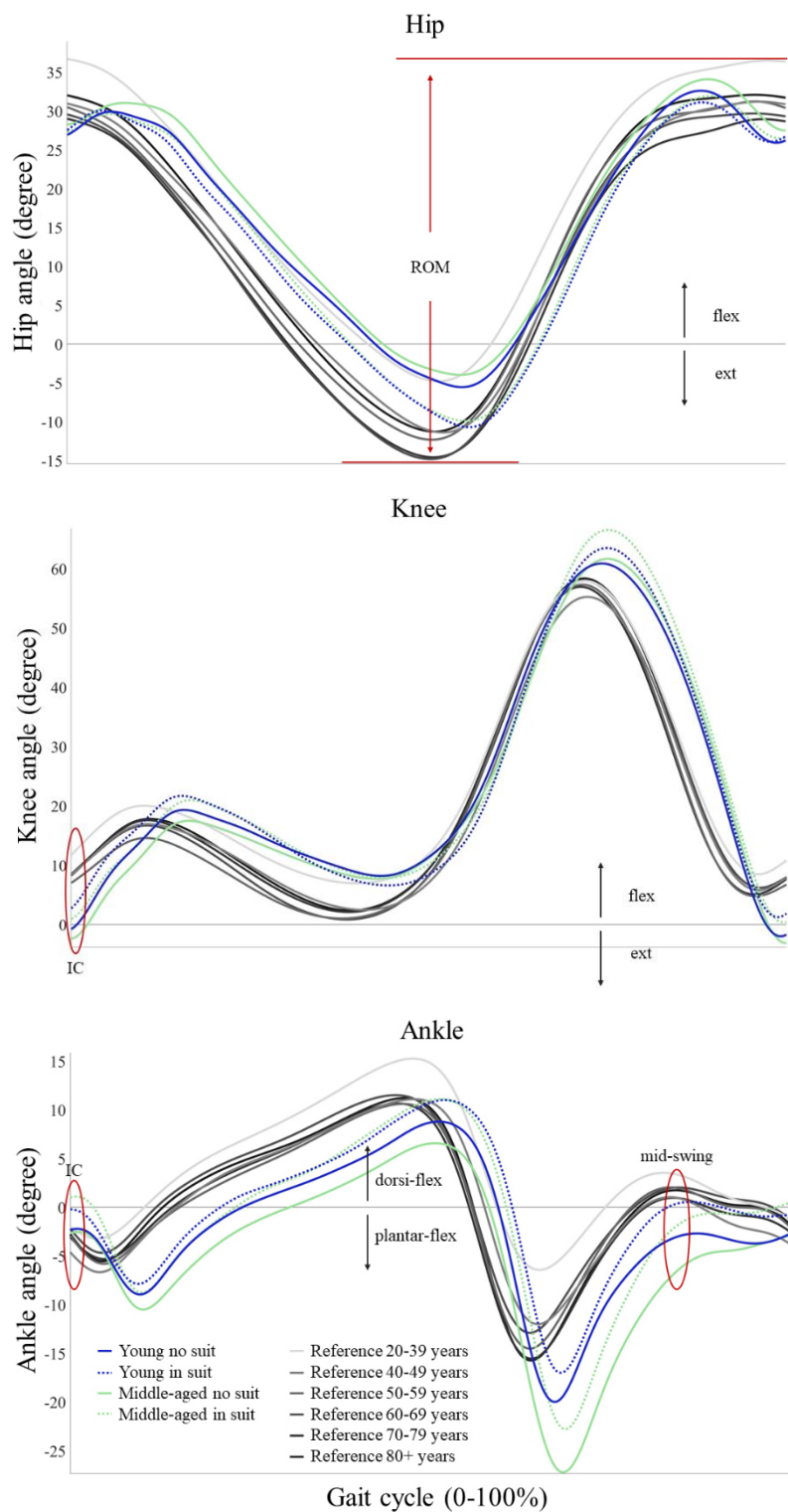


Fig.2: Changes in the lower-body kinematics, Hip-, knee-, ankle angles in sagittal plane for one gait cycle. Time-normalized data for participants were separated by group and in suit/no suit condition, reference data were averaged by decade. Calculated parameters are indicated in each graph; Initial contact (IC), range of motion (ROM) and mid-swing

Table 2: spatio-temporal parameters and joint kinematics for standard, dual task and “walk, look, and carry” task walking; mean \pm SD, **bold values** significant differences with suit $p < 0.05$

variables	Ankle angle initial contact (in deg)	Knee angle initial contact (in deg)	Ankle angle mid-swing (in deg)	Hip angle ROM (in deg)	Arm swing (in cm)	Bend posture mean (in deg)		Walking speed (in cm/s)	Stride length (in cm)	Step width (in cm)
standard walking results										
young	- 1.2 \pm 2.9	- 0.7 \pm 7.2	1.2 \pm 4.6	38.6 \pm 3.3	36.9 \pm 6.3	- 1.3 \pm 1.8		137.4 \pm 13.2	147.7 \pm 12.1	7.9 \pm 1.3
young in suit	- 2.0 \pm 4.5	2.6 \pm 7.6	1.2 \pm 7.1	38.7 \pm 3.2	31.3 \pm 6.9	- 0.6 \pm 1.4		124.6 \pm 19.8	144.4 \pm 13.6	7.4 \pm 1.1
middle-aged	0.9 \pm 4.0	- 1.0 \pm 5.0	4.0 \pm 5.0	43.1 \pm 5.2	35.8 \pm 6.8	0.4 \pm 1.4		127.3 \pm 15.0	141.5 \pm 12.2	6.7 \pm 1.8
middle-aged in suit	- 0.3 \pm 5.2	2.6 \pm 9.8	3.8 \pm 4.6	43.6 \pm 5.4	28.9 \pm 9.8	0.5 \pm 0.7		113.5 \pm 19.8	136.4 \pm 17.1	7.4 \pm 1.1
p suit	.07	.08	.95	.43	< .001	.16		< .001	.11	< .001
p interaction	.52	.97	.72	.94	.49	.29		.42	.38	.85
dual task results										
young	- 2.2 \pm 2.8	- 3.1 \pm 7.0	0.5 \pm 6.7	36.6 \pm 4.1	39.3 \pm 6.7	- 0.5 \pm 1.9		123.6 \pm 15.9	139.1 \pm 12.9	7.2 \pm 1.4
young in suit	- 2.6 \pm 5.0	- 1.1 \pm 7.3	1.3 \pm 6.6	37.6 \pm 3.9	32.7 \pm 6.3	- 0.1 \pm 1.7		119.0 \pm 18.4	139.8 \pm 16.4	8.1 \pm 1.5
middle-aged	0.1 \pm 4.3	0.9 \pm 6.6	4.1 \pm 4.9	42.0 \pm 5.2	37.7 \pm 10.1	0.1 \pm 1.6		115.7 \pm 19.1	135.8 \pm 14.5	6.5 \pm 1.6
middle-aged in suit	- 0.8 \pm 4.7	2.3 \pm 10.0	3.4 \pm 4.9	42.0 \pm 5.6	30.5 \pm 9.8	0.1 \pm 0.8		106.0 \pm 23.8	131.2 \pm 18.5	7.6 \pm 1.7
p in suit	.17	.07	.46	.29	< .001	.45		.003	.42	< .001
p interaction	.60	.80	.62	.27	.78	.42		.19	.15	.72
carry load results										
young	- 1.2 \pm 2.5	- 0.9 \pm 3.5	0.7 \pm 5.8	36.9 \pm 4.2	6.6 \pm 1.4	- 0.1 \pm 0.3		128.5 \pm 12.5	139.7 \pm 13.8	7.4 \pm 1.1
young in suit	- 1.6 \pm 4.6	1.8 \pm 3.2	1.2 \pm 5.8	36.9 \pm 3.7	8.0 \pm 1.6	- 0.2 \pm 0.7		119.9 \pm 16.9	136.5 \pm 14.4	8.6 \pm 0.8
middle-aged	0.9 \pm 5.2	1.7 \pm 6.4	5.0 \pm 4.7	41.6 \pm 5.2	6.9 \pm 2.0	0.1 \pm 0.4		119.8 \pm 18.5	133.8 \pm 13.0	6.4 \pm 1.5
middle-aged in suit	- 1.5 \pm 4.6	2.1 \pm 9.4	4.6 \pm 4.6	40.0 \pm 6.8	7.7 \pm 2.0	0.8 \pm 1.6		106.2 \pm 20.9	124.4 \pm 17.0	8.7 \pm 1.5
p in suit ($\leq .05$)	.09	.05	.81	.24	.05	.17		< .001	.004	< .001
p interaction ($\leq .05$)	.07	.13	.63	.35	.71	.24		.39	.30	.11
literature / reference values										
20-39 years	- 2.6 \pm 5.1	8.1 \pm 4.7	1.6 \pm 5.0	45.1 \pm 4.2	35.0 \pm 9.4	1.0 \pm 1.3				
40-49 years	- 3.3 \pm 4.1	7.3 \pm 5.2	0.7 \pm 3.2	44.6 \pm 4.1	38.0 \pm 8.5	1.1 \pm 0.3				
50-59 years	- 3.5 \pm 2.9	5.5 \pm 4.4	0.6 \pm 3.7	45.8 \pm 5.9	36.9 \pm 7.4	1.2 \pm 0.3				
60-69 years	- 3.8 \pm 3.2	5.9 \pm 4.5	1.1 \pm 3.7	45.1 \pm 3.7	35.0 \pm 11.2	1.7 \pm 1.8	65-74 years ^a	125.4 \pm 21.7	138.0 \pm 16.6	9.6 \pm 3.2
70-79 years	- 4.8 \pm 4.1	8.3 \pm 4.2	0.9 \pm 3.9	44.3 \pm 4.2	31.9 \pm 11.3	1.3 \pm 0.5	75-84 years ^a	113.9 \pm 23.5	126.5 \pm 19.7	9.9 \pm 3.1
80+ years	- 3.6 \pm 3.4	11.4 \pm 3.3	2.1 \pm 3.7	43.2 \pm 2.9	27.4 \pm 9.6	1.5 \pm 0.4	85+ years ^a	88.5 \pm 17.8	102.9 \pm 15.3	10.0 \pm 3.2

Note: color code shows results for young/middle-aged adults in suit, indicating similarity (i.e, no difference was found in the ANOVA; $p \leq .05$) with respect to reference values of older adults; ^aBeauchet et al. (2017)

3 Discussion

This is the first study that goes beyond general functional gait parameters and considered whole-body kinematics to evaluate the ability of aging suits to simulate lower- and upper-limb movement impairments typically seen in older persons. We also studied more challenging walking conditions to see if they would reveal larger effects and to get closer to real-life daily walking situations. Our results showed that the aging suit affected only one of our selected kinematic outcome parameters (arm swing) in standard and dual task walking. General gait function (in terms of walking speed and step width) was decreased in all conditions. Spatio-temporal changes resulted in an instant aging effect of about 30-40 years in young and 20-30 years in older adults. In the more challenging “walk, look, and carry” task participants seemed more affected by the aging suit compared with the standard walking task.

The only kinematic outcome parameter that was affected by wearing the aging suit was arm swing, with a reduction of 17% across both age groups, corresponding to an instant aging effect of 15 to 55 years. These changes in arm swing are likely due to the weights at the wrist and indicate people were not using their arms more to compensate for an increased push-off load due to the ankle weights. While arm swing is an essential component of walking, its contribution to locomotion is still unclear (Bruijn et al., 2010; Goudriaan et al., 2014) but arms are argued to play a role in regaining balance after a perturbation (Meyns et al., 2013) and reduce energy consumption (Collins et al., 2009). In addition to arm swing, we also looked at upper body posture. It is generally accepted that older adults walk with a more forward bent posture, which aging suits are advertised to simulate (Salzman, 2010). We did not find any induced bending of the trunk by the aging suit. Probably the added weight of the vest (10.0 kg) was too low and our young and middle-aged persons just instantly compensated for it, even when distracted in the challenging walking tasks. Perhaps trunk bending would be more visible if participants were fatigued during a prolonged walking task.

Next to few changes in upper body kinematics, we also did not find any changes in lower-limb kinematics. While not generally advertised, we expected to find a reduction in ankle angles mid-swing, as

a proxy metric for decreased toe clearance due to the ankle weights. This would simulate toe catching a common problem in older age and contribute to an increased risk of falling (Barrett et al., 2010). We did not find any changes in ankle angle at mid swing, and looking at the ankle angle trajectory (Fig. 2) it appears people overcompensated and had an increased dorsiflexion. While hip ROM did not show changes based on the leg joint trajectories, there might have been reduced hip extension and peak plantarflexion during push-off when wearing the aging suit. This would agree with the reduction in walking speed we found, and should be further investigated in a larger pool of participants. Overall, the lack of clear kinematic changes suggests people compensate in different ways for the aging suit and larger groups with a differential analysis are needed to reveal these strategies.

Walking speed is the most reported parameter in gait analysis and therefore a key element for measurable functions (Middleton et al., 2015). Age-related reduction in walking speed is often reported to coincide with stride length and greater step width (Uematsu et al., 2014). Therefore, the trend of changed spatio-temporal parameters we found when walking with the aging suit matches with reduced walking abilities and functional mobility often seen in older adults (Beauchet et al., 2017; Herssens et al., 2018). Our findings align with previously reported changes due to aging suits, including a decrease in walking speed (Lavallière et al., 2017; Zijlstra et al., 2016) and increase in step width. Laurentius et al. (2022) reported even larger reductions of up to 28%, when walking in suit on an instrumented treadmill. Their results might align with our finding that walking speed is reduced more during the challenging walking tasks, as treadmill walking is sometimes reported as a task itself (Santuz et al., 2020). Given that gait speed is used to describe the physical capacity and step serves as a crucial indicator for stability and safe walking, it can be argued that walking with the aging suit resulted in more cautious walking (Molina et al., 2023; Schoon et al., 2014). Thus, even though we did not find changes in lower body kinematics, there were clear changes in general functional gait parameters that align with a more cautious pattern as seen in older adults.

As previous studies reported that young adults did not reach the physical restrictions of older norm groups, we evaluated effects in both younger and middle-aged adults, as an additional potential target group for aging suits. When walking with the aging suit, both groups showed a decrease in walking speed, corresponding to a simulated age of 65-74 in young and 75-84 years in middle-aged and an increase in step width, although these values remained better than literature values (Beauchet et al., 2017). If we compare the absolute change in step width it is similar to an increase of about 20 years. These reductions in walking speed and increased step width can be seen as a sign for a more conservative functional gait. Thus, we can argue, that the aging suit reduced the spatio-temporal parameters similar to what aging does.

More challenging walking conditions were expected to reveal larger instant aging effects. Indeed, walking became overall more cautious in terms of step width and even a reduction in stride length in the “walk, look, and carry” condition. However, they did not reveal consistent changes in movement either. As we expected to reduce the cognitive load in the dual task condition the reductions are in line with previously reported results (Smith et al., 2016). Furthermore, we seemed to induce greater coordinative load in the “walk, look, and carry” task, as the step width was affected, which is a recommended marker for an extended base of support and therefore reduced dynamic balance (Lindemann, 2020). However, this can just give an idea, of how it may feel, when cognitive resources or postural stability are decreased and needed for previously automated movement patterns and it is important to mention that cognitive impairments, which increase in frequency with age, cannot be simulated and that this can at most be an attempt at approximation (Lobo et al., 2000). Overall, the challenging walking tasks did affect general walking patterns more, and this encourages the investigation of aging suit affects furring more real-life daily movement tasks.

This study had some limitations: First, the number of participants has been too small to reveal age-group interactions or perform a direct comparison between the different walking conditions. The recruitment was limited as it was part of a larger study with another focus and due to the effort and time

consuming postprocessing of full-body gait analysis, however it should be noted that the group size is comparable to other full-body motion analysis studies. Second, it should be noted that the comparison to reference values is an approximation to get an indication of the instant aging effect. There were no values available for all outcomes from a single study. In addition, methodological differences between our study and those of van Criekinge et al. (under review) and Beauchet et al. (2017) might have affected the estimated aging effects for different outcome variables. Third, the general trade off conducting biomechanical studies under controlled, lab-based conditions with a high internal validity, lead to the problematic that movements are hard to compare to everyday life. Finally, a general limitation of research and practice of wearing an aging suit is that instead of typical adaptations that happen in older individuals over the course of years, if not decades, instant effects are examined.

4 Conclusion

This study demonstrate that aging suits make both young and middle-aged adults walk more cautiously, but they do not seem to simulate typical gait impairments associated with aging. The instant aging effect we found across all variables was 20-55 years. While this is considerable aging simulation, the patterns seen in very old age, when daily life becomes more challenging and what aging suits aim to simulate, were not reached. Findings suggest at the practical and educational level that simply wearing an aging suit may not be sufficient to attain a valid simulation of movement impairments. Together, it indeed underrates what ‘real aging’ does to functional mobility over the years, particularly in advanced old age. For definite answers, future research should consider more complex movement tasks of daily routines, and consider a better mechanical evaluation to understand the effects of an aging suit. Providing potential improvements for a more realistic experience of aging, particularly 80+ years, might enhance aging suits to be optimally used and fulfill their educational hopes of eliciting empathy and to be considered in pilot studies to assess assistive devices for older adults.

Conflict of Interest

All authors report there are no competing interests to declare.

Acknowledgments

We thank all participants taking part in our study. In addition, we are grateful for the support provided by our research colleagues in the HeiAge team and our research assistants Leslie Carleton-Schweitzer, Julius Donat, Lennart Stipulkowski, and Stella Wernicke.

Funding

This work was supported by the Carl Zeiss Foundation 0563-2.8/738/2.

References

- Barrett, R. S., Mills, P. M., Begg, R. K. (2010). A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. *Gait & Posture*, 32 (4). <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.010>.
- Beauchet, O., Allali, G., Sekhon, H., Verghese, J., Guilain, S., Steinmetz, J.-P., Kressig, R. W., Barden, J. M., Szturm, T., Launay, C. P., Grenier, S., Bherer, L., Liu-Ambrose, T., Chester, V. L., Callisaya, M. L., Srikanth, V., Léonard, G., Cock, A.-M. de, Sawa, R., . . . Helbostad, J. L. (2017). Guidelines for assessment of gait and reference values for spatiotemporal gait parameters in older adults: The Biomathics and Canadian gait consortiums initiative. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 353. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00353>
- Bohannon, R. W. (2019). Grip strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1681–1691. <https://doi.org/10.2147/CIA.S194543>
- Bowden, A., Chang, H.-C. R., Wilson, V., & Traynor, V. (2021). The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: A literature review. *Nurse Education in Practice*, 53, 103077. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103077>
- Boyer, K. A., Johnson, R. T., Banks, J. J., Jewell, C., & Hafer, J. F. (2017). Systematic review and meta-analysis of gait mechanics in young and older adults. *Experimental Gerontology*, 95, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.05.005>
- Bruijn, S. M., Meijer, O. G., Beek, P. J., & van Dieën, J. H. (2010). The effects of arm swing on human gait stability. *The Journal of Experimental Biology*, 213(Pt 23), 3945–3952. <https://doi.org/10.1242/jeb.045112>
- Cheng, W. L.-S., Ma, P. K., Lam, Y. Y., Ng, K. C., Ling, T. K., Yau, W. H., Chui, Y. W., Tsui, H. M., & Li, P. P. (2020). Effects of Senior Simulation Suit Programme on nursing students' attitudes

- towards older adults: A randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, 88, 104330.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104330>
- Collins, S. H., Adamczyk, P. G., & Kuo, A. D. (2009). Dynamic arm swinging in human walking. *Proceedings. Biological Sciences*, 276(1673), 3679–3688. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0664>
- Eost-Telling, C., Kingston, P., Taylor, L., & Emmerson, L. (2021). Ageing simulation in health and social care education: A mixed methods systematic review. *Journal of Advanced Nursing*, 77(1), 23–46.
<https://doi.org/10.1111/jan.14577>
- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., & Schmidt, L. I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: A systematic review. *European Journal of Ageing*, 19(4), 953–976. <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>
- Goudriaan, M., Jonkers, I., van Dieen, J. H., & Bruijn, S. M. (2014). Arm swing in human walking: What is their drive? *Gait & Posture*, 40(2), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.04.204>
- Herssens, N., Verbecque, E., Halleman, A., Vereeck, L., van Rompaey, V., & Saeys, W. (2018). Do spatiotemporal parameters and gait variability differ across the lifespan of healthy adults? A systematic review. *Gait & Posture*, 64, 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.06.012>
- Hobbelen, D.G.E., & Wisse, M. (2008). Controlling the Walking Speed in Limit Cycle Walking. *The International Journal of Robotics Research*, 27(9), 989–1005.
<https://doi.org/10.1177/0278364908095005>
- Howe, J. A., Inness, E. L., Venturini, A., Williams, J. I., & Verrier, M. C. (2006). The Community Balance and Mobility Scale—a balance measure for individuals with traumatic brain injury. *Clinical Rehabilitation*, 20(10), 885–895. <https://doi.org/10.1177/0269215506072183>
- Lauenroth, A., Schulze, S., Ioannidis, A., Simm, A., & Schwesig, R. (2017). Effect of an age simulation suit on younger adults' gait performance compared to older adults' normal gait. *Research in Gerontological Nursing*, 10(5), 227–233. <https://doi.org/10.3928/19404921-20170831-04>
- Laurentius, T., Quandel, J., Bollheimer, L. C., Leonhardt, S., Ngo, C., & Lüken, M. (2022). Spatiotemporal gait parameters in young individuals wearing an age simulation suit compared to

- healthy older individuals. *European Review of Aging and Physical Activity*, 19(1), 29.
<https://doi.org/10.1186/s11556-022-00298-w>
- Lavallière, M., D'Ambrosio, L., Gennis, A., Burstein, A., Godfrey, K. M., Waerstad, H., Puleo, R. M., Lauenroth, A., & Coughlin, J. F. (2017). Walking a mile in another's shoes: The impact of wearing an Age Suit. *Gerontology & Geriatrics Education*, 38(2), 171–187.
<https://doi.org/10.1080/02701960.2015.1079706>
- Lee, S. W. H., & Teh, P.-L. (2020). "Suiting Up" to enhance empathy toward aging: A randomized controlled study. *Frontiers in Public Health*, 8, 376. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00376>
- Lindemann, U. (2020). Spatiotemporale Ganganalyse älterer Menschen in der klinischen Praxis und Forschung : Welche Parameter sind relevant? *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 53(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s00391-019-01520-8>
- Lobo, A., Launer, L. J., Fratiglioni, L., Andersen, K., Di Carlo, A., Breteler, M. M., Copeland, J. R., Dartigues, J. F., Jagger, C., Martinez-Lage, J., Soininen, H., & Hofman, A. (2000). Prevalence of dementia and major subtypes in Europe: A collaborative study of population-based cohorts. Neurologic Diseases in the Elderly Research Group. *Neurology*, 54(11 Suppl 5), 4-9.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10854354/>
- Merchant, R. A., Banerji, S., Singh, G., Chew, E., Poh, C. L., Tapawan, S. C., Guo, Y. R., Pang, Y. W., Sharma, M., Kambadur, R., & Tay, S. (2016). Is Trunk Posture in Walking a Better Marker than Gait Speed in Predicting Decline in Function and Subsequent Frailty? *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(1), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.08.008>
- Meyns, P., Bruijn, S. M., & Duysens, J. (2013). The how and why of arm swing during human walking. *Gait & Posture*, 38(4), 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.02.006>
- Middleton, A., Fritz, S. L., & Lusardi, M. (2015). Walking speed: The functional vital sign. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23(2), 314–322. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0236>
- MIT AGELAB. (2021). AGNES (Age Gain Now Empathy System). <https://agelab.mit.edu/methods/agnes-age-gain-now-empathy-system>

- Molina, L. K., Small, G. H., & Neptune, R. R. (2023). The influence of step width on balance control and response strategies during perturbed walking in healthy young adults. *Journal of Biomechanics*, 157, 111731. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111731>
- Moll, W. (2022a). *Age simulation suit GERT: Frequently asked questions and answers*. <https://www.age-simulation-suit.com/faq.html>
- Moll, W. (2022b). *Effectiveness of age simulation*. <https://www.age-simulation-suit.com/effectiveness.html>
- Salzman, B. (2010). Gait and Balance Disorders in Older Adults. *American Family Physician*, 82(1), 61–68. <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2010/0701/p61.html>
- Santuz, A., Brüll, L., Ekizos, A., Schroll, A., Eckardt, N., Kibele, A., Schwenk, M., & Arampatzis, A. (2020). Neuromotor Dynamics of Human Locomotion in Challenging Settings. *IScience*, 23(1), 100796. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.100796>
- Schmidt, L. I., Schlomann, A., Gerhardy, T., & Wahl, H.-W. (2022). “Aging means to me... that I feel lonely more often”? An experimental study on the effects of age simulation regarding views on aging. *Frontiers in Psychology*, 13, 806233. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233>
- Schoon, Y., Bongers, K., van Kempen, J., Melis, R., & Olde Rikkert, M. (2014). Gait speed as a test for monitoring frailty in community-dwelling older people has the highest diagnostic value compared to step length and chair rise time. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 50(6), 693–701. https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds=citjournalarticle_452342_26
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896–903. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.896>

Smith, E., Cusack, T., & Blake, C. (2016). The effect of a dual task on gait speed in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, *44*, 250–258.

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.12.017>

statpages.info. *Analysis of variances from summary data* [Computer software]. statpages.info.

<https://statpages.info/anova1sm.html>

Tinetti, M. E., & Williams, C. S. (1997). Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *The New England Journal of Medicine*, *337*(18), 1279–1284.

<https://doi.org/10.1056/NEJM199710303371806>

Uematsu, A., Tsuchiya, K., Kadono, N., Kobayashi, H., Kaetsu, T., Hortobágyi, T., & Suzuki, S. (2014).

A behavioral mechanism of how increases in leg strength improve old adults' gait speed. *PloS*

One, *9*(10), e110350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110350>

Van Criekinge, T, Saeys, W, Truijen, S, Vereeck, L, Sloot, LH, Halleman, A (under review). A full-body motion capture gait dataset of 138 able-bodied adults across the life span and 50 stroke survivors.

Nature Data

Vieweg, J., & Schaefer, S. (2020). How an age simulation suit affects motor and cognitive performance and self-perception in younger adults. *Experimental Aging Research*, *46*(4), 273–290.

<https://doi.org/10.1080/0361073X.2020.1766299>

Watkins, C. A., Higham, E., Gilfoyle, M., Townley, C., & Hunter, S. (2021). Age suit simulation replicates in healthy young adults the functional challenges to balance experienced by older adults: An observational study. *BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning*, *7*(6), 581–

585. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2021-000867>

Manuskript IV

Schmidt L. I., Schlomann, A., **Gerhardy T. H.**, Wahl H.-W. (2022) "Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often"? An Experimental Study on the Effects of Age Simulation Regarding Views on Aging. *Frontiers Psychology* 13:806233. doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233



“Aging Means to Me... That I Feel Lonely More Often”? An Experimental Study on the Effects of Age Simulation Regarding Views on Aging

Laura I. Schmidt^{1*}, Anna Schlomann^{2,3}, Thomas Gerhardy¹ and Hans-Werner Wahl^{1,3}

¹Institute of Psychology, Heidelberg University, Heidelberg, Germany, ²Institute for Educational Sciences, Heidelberg University of Education, Heidelberg, Germany, ³Network Aging Research, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

OPEN ACCESS

Edited by:

Alex Chaparro,
Embry–Riddle Aeronautical University,
United States

Reviewed by:

Alessia Rosi,
University of Pavia, Italy
Isabelle Albert,
University of Luxembourg,
Luxembourg

*Correspondence:

Laura I. Schmidt
laura.schmidt@psychologie.
uni-heidelberg.de

Specialty section:

This article was submitted to
Human-Media
Interaction,
a section of the journal
Frontiers in Psychology

Received: 31 October 2021

Accepted: 08 February 2022

Published: 28 February 2022

Citation:

Schmidt LI, Schlomann A,
Gerhardy T and Wahl H-W (2022)
“Aging Means to Me... That I Feel
Lonely More Often”? An Experimental
Study on the Effects of Age
Simulation Regarding Views on
Aging.
Front. Psychol. 13:806233.
doi: 10.3389/fpsyg.2022.806233

Over the last decades, educational programs involving age simulation suits (ASS) emerged with the ambition to further the understanding of age-related loss experiences, enhance empathy and reduce negative attitudes toward older adults in healthcare settings and in younger age groups at large. However, the impact of such “instant aging” interventions on individuals’ personal views on aging have not been studied yet. The aim of the current study is to address possible effects of ASS interventions on multiple outcomes related to views on aging, i.e., aging-related cognitions (i.e., expectations regarding social losses), awareness of age-related change (AARC) and age stereotypes. Moreover, we explore effects on broader constructs with relevance to aging, i.e., perceived obsolescence, risk perceptions, as well as desired support through technology. In a within-subjects design, N=40 participants ($M=61.4$ years, $SD=6.16$) went through a series of established geriatric assessments (i.e., Timed up and Go) with and without an ASS. Views on aging constructs were assessed in standardized questionnaires before and after the ASS intervention. Changes in aging-related cognitions were observed, with more negative expectations regarding social integration and continuous development after wearing the ASS. AARC and age stereotypes did not change from pre- to post-assessment, but participants reported an increased susceptibility to age-associated impairments and stronger feelings of obsolescence. Those participants who exhibited higher difficulties in geriatric assessments while wearing the suit reported higher openness to be supported by intelligent assistive devices or robots afterwards. We conclude that ASS interventions should only be combined with education on losses and gains during the aging process to prevent negative effects on individual views on aging. On the other hand, potentials regarding technology acceptance and formation of intentions to engage in prevention and health behaviors among middle-aged to young-old adults are discussed.

Keywords: age simulation, awareness of age-related change, aging-related cognitions, age stereotypes, risk perception, technology acceptance, geriatric assessments, views on aging

INTRODUCTION

First prototypes of age simulation suits (ASS) were constructed in the 1990s, with pioneers in the automotive industry aiming to raise engineers' awareness of age-related impairments when designing new cars. Nowadays, a variety of suits is commercially available or can be rented for educational or training purposes. Typically, ASS (i.e., AGNES, GERT, Koken LM60, Sakamoto M176) combine features that simulate sensory decline, such as goggles, gloves, and hearing protectors, with devices that simulate musculoskeletal changes, such as weights and restrictors.

In the recent two decades, a relatively large body of rather descriptive studies has emerged containing mostly positive experiences with the application of ASS. Target populations predominantly included student groups in health-related professions; outcomes represented the areas of better understanding of what aging means, empathy with older adults, and attitudes toward older adults. Two recent review articles (Eost-Telling et al., 2020; Bowden et al., 2021) have targeted these psychological outcomes of age simulation in a broader approach by including variations of interventions that either used a "full" ASS, only single components (i.e., only goggles), or aging games including role-play instructions. In this study, we use the ASS as an *age simulation intervention* able to provide first-hand experiences of the motor-sensory deficits associated with advancing age for our participants (see also the definition of age simulation intervention in Bowden et al., 2021). In their review, Bowden et al. (2021) identified mainly positive effects of aging simulations on knowledge, empathy levels, and attitudes towards older adults among younger healthcare professionals. Similarly, Eost-Telling et al. (2020) focused on health and social care students and concluded that effects of such aging simulation interventions on attitudes towards older people were predominantly positive. Although both reviews concluded that such ASS interventions might be useful, for example to promote person-centered care, they also found large heterogeneity in the methodological quality among included studies. For example, the three randomized controlled trials that have been published until now were all among student populations and yielded mixed results (Mohamed et al., 2017; Cheng et al., 2020; Lee and Teh, 2020). Mohamed et al. (2017) reported that students who participated in an ASS intervention showed increased knowledge regarding typical changes associated with aging, less negative attitudes, but no significantly increased positive attitudes (measure: Kogan's Attitudes Toward Older People Scale; KAOP; Kogan, 1961) in comparison to a control group that received a lecture on age-related changes. Cheng et al. (2020) used a control group wearing placebo clothes (i.e., a white wig) and found increases in positive attitudes (KAOP) in both groups, but no group differences favoring the ASS group. Similarly, Lee and Teh (2020) did not find group differences between students in the ASS intervention group and control group (polypharmacy workshop) regarding self-rated empathy levels (measure: Jefferson Scale of Empathy-Health Profession Students; Fields et al., 2011).

In addition to conflicting results in studies with established trial designs, existing studies largely focus on attitudes and empathy, whereas the effects of ASS on views on one's own

aging process such as awareness of age-related change (AARC; Diehl and Wahl, 2010), aging-related cognitions, or general age stereotypes in different life domains have to the best of our knowledge not been studied yet. The consideration of multiple indicators of views on aging as outcomes of wearing an ASS is important, because it has been argued that grasping the subjective experience of getting older rather comprehensively must consider different areas in parallel and thus needs the application of multidimensional assessment instruments (Diehl et al., 2014).

Moreover, research has not addressed, whether wearing an ASS also affects general expectations about aging, i.e., health-related risk perception or the desired support through technology as the result of age-related functional impairment (i.e., robots, intelligent assistive devices).

Striving for a broader focus, we intend to investigate potential changes in perceptions of *obsolescence*, defined as a gradual loss of social integration and perceived lack of competence to deal with the demands of modern society (Brandstädter and Wentura, 1994; Kaspar, 2004), *risk perceptions* regarding age-related impairments and *desired support through robots or assistive technology*. With this broader approach aside explicit views on aging, we aim to explore potential future applications of ASS interventions. For example, perceived vulnerability or risk perception is an established predictor for intentions regarding health behaviors, i.e., to engage in physical activity (Schwarzer, 2001). Higher feelings of obsolescence have been linked to lower technology use, lower technology acceptance and worse performance with everyday technology (Kaspar, 2004; Schmidt and Wahl, 2019). On the other hand, the personal experience as "senior self" with the ASS and heightened awareness regarding possible challenges in physical tasks might also be a means to boost technology acceptance regarding assistive devices. Finally, and in contrast to previous studies that largely focused on young samples, we include middle-aged to "young-old" participants (Baltes and Smith, 2003) in order to address the aforementioned constructs that are related to successfully preparing for the aging process. Finally, studying views on aging through the lens of ASS might be especially important among middle-aged and young-old adults due to three primary reasons, following Lachman (2015): (1) Middle-aged individuals are in a phase of life that comes with first personal experiences of aging; (2) midlife is crucial for preparing the retirement transition and the subsequent post-work period frequently associated with the start of "old age"; and (3) midlife and young-old age seems to be a life phase with increased sensitivity for stereotypes about older adults and aging (Miche et al., 2014).

In the area of psychological aging research, the study of views on aging has developed both conceptually and empirically as a very promising field with relations to important developmental outcomes (Dutt et al., 2018). Views on aging can be understood as an umbrella term for (1) age stereotypes that relate to older adults as a social group without self-reference (Kornadt and Rothermund, 2011) and (2) personal or individual perceptions, experiences, and subjective beliefs or interpretations related to one's own aging process (Steuerink et al., 2001). Following Levy's (2009) stereotype embodiment theory, both concepts are connected and affect life span development through different pathways. On the one hand, stereotypes influence behavior towards older

adults (i.e., ageism), thereby creating a developmental context for older people (Kornadt and Rothermund, 2011). On the other hand, those general views on aging become part of a person's self-concept and identity over time (self-stereotyping, internalization), which influences their attitudes toward their own aging (Levy, 2009). In the last two decades, research has shown a robust linkage between more negative views on aging on the one side and lowered subjective well-being, health, cognitive abilities, and longevity on the other side (Westerhof et al., 2014; Alonso Debreczeni and Bailey, 2021; Kaspar et al., 2021). With regard to the measurement of views on aging, it has been argued that unidimensional approaches and scales such as *attitudes towards own aging* (ATOA; Lawton, 1975) or single-item questions of *subjective age* neglect the potential that aging experiences might differ across different life domains. In contrast, a more recent multidimensional approach to measure individual views on aging is the concept of *awareness of age-related change* (Diehl and Wahl, 2010; Diehl et al., 2021) with ratings of positive and negative perceptions (AARC Gains and AARC Losses) in the five behavioral domains (1) health and physical functioning, (2) cognitive functioning, (3) interpersonal relations, (4) social-cognitive and social-emotional functioning, and (5) lifestyle and engagement. Similarly, approaches such as the *multidimensional ageing cognitions scales* (AgeCog; Steverink et al., 2001) ask for reflections of personal views on ageing regarding continuous growth, physical decline, and social losses.

Concluding, the aim of the present study was to examine whether possible effects of ASS interventions consistently generalize to a broad set of indicators representing a range of facets of individual and general views on aging. In contrast to recent findings among young participants indicating *positive* effects on attitudes or empathy towards older adults after an ASS intervention, we expected that views on one's own aging process might change in a *negative* direction. Whereas earlier research has asked questions about older adults as an out-group (a social group with which a young individual does not identify, i.e., attitudes toward 'them'), our middle-aged target group might be particularly sensitive for aging-experiences and interpret the ASS intervention as a 'senior moment' or 'future me'. In detail, we assumed larger negative effects for those views on aging measures that depict situational aspects, namely aging-related cognitions. For those measures that are formed over longer time periods (awareness of age-related change) or are not self-referential (age stereotypes) we did not expect to find pre-to-post differences. In an explorative approach, we additionally addressed possible changes aside views on aging with respect to risk perception, obsolescence and technology acceptance, in order to explore potential future applications of ASS interventions.

MATERIALS AND METHODS

The study was pre-registered on OSF¹ and followed APA ethical standards as well as the 1964 Helsinki declaration and its later amendments. The ethics commission of the Faculty of Behavioral

and Cultural Studies at Heidelberg University, Germany, obtained ethical approval. In order to approach the statistical power for the planned pre-to-post comparisons in our within-subjects or repeated measures design with two measurement occasions, we approximated the effect size that can be detected with a power of 90% in our design using G*Power (Faul et al., 2009) for *t*-tests (dependent means). These analyses suggested that in order to detect medium-sized effects (Cohen's $d=0.50$), adequate power would be obtained with a minimum sample size of $N=36$. All analyses (descriptive statistics, paired *t*-tests, (partial) correlations) were performed using SPSS version 25.

Participants and Recruitment

Forty adults aged 51–72 years ($M_{\text{age}}=61.40$, $SD=6.16$; 9 men) participated in the age simulation study. All participants were recruited from a pool of inhabitants of the Rhine-Neckar region in Germany, that had already taken part in an unrelated online survey and had agreed to be contacted again for further studies. Of those, fifty-eight potential participants were contacted with information on study content and procedure. Forty-four individuals agreed to participate and were screened in a structured telephone interview. Due to our exclusion criteria (i.e., severe chronic diseases, mobility impairments or pain), four had to be excluded from further participation. Two individuals used a hearing aid, but all were able to understand the telephone-based screening questions uttered in natural voice with normal volume. Sociodemographic information and health-related information was collected and at the end of the screening, an appointment was arranged for the age simulation intervention at a motion capturing lab of Heidelberg university. The $N=40$ participants who moved on from the telephone screening to the simulations rated their (corrected) vision as at least satisfactory (10%), good (68%) or very good (22%), had a BMI ranging from 19.49 to 35.43 ($M=24.76$, $SD=3.94$), did not report balance issues, and had not participated in a similar experiment before. All participants provided informed consent at the beginning and received 20 Euros at the end of the experiment.

Age Simulation Intervention

In a within-subjects design, all participants underwent a series of established functional test (i.e., assessing balance, strength, gait parameters) that formed a comprehensive geriatric assessment with and without the age simulation suit GERT (www.produktundprojekt.de). The order of the conditions (with or without ASS first) was randomized: 21 participants were first assessed with the ASS followed by the same geriatric assessments without the ASS, 19 participants went through the geriatric assessments in reverse order (first without ASS, then with ASS). Participants were given approximately 5 min to get accustomed to the suit before the assessments started. On average, participants wore the ASS for 45 min. The GERT combines goggles, hearing protection, gloves, wrist and ankle weights, elbow and knee restrictors, a cervical collar, a weight vest, as well as overshoes meant to simulate an unstable gait. We conducted the Timed up and Go test (Podsiadlo and Richardson, 1991), the Short Physical Performance Battery (Guralnik et al., 1994), 30-s

¹<https://osf.io/f9hrp/>

chair-stand test (Jones et al., 1999), Short Community Balance and Mobility Scale (Gordt et al., 2020) and a grip strength measure (JAMAR dynamometer; Mathiowetz et al., 1985).

Pre- and Post-questionnaires

The following constructs were assessed in standardized pre- and post-questionnaires (paper and pencil) before and after the comprehensive geriatric assessment described above. More specifically, all participants (regardless of the order of assessments with and without ASS) first filled out the pre-questionnaires, were then randomly allocated to one of the two conditions (1. with ASS - without ASS or 2. without ASS - with ASS), and filled out the post-questionnaires after completion of all geriatric assessments. All internal consistencies of the applied questionnaires could be classified as at least acceptable with the exception of AARC Gains at pretest (Cronbach's $\alpha=0.56$).

Subjective Age was assessed as a manipulation check using a single-item question at pre- and post-test ("How old do you feel?") and while wearing the ASS ("How old do you feel with the suit?") in order to provide data on the subjective aging effect induced by the suit.

Aging-related cognitions were assessed with the multidimensional AgeCog scales (Steverink et al., 2001). Following the intro "Ageing means to me that..." participants indicated the extent to which diverse statements reflected their own views on ageing regarding (1) physical decline (e.g., "...I am less energetic and fit," Cronbach's $\alpha_{pre}=0.63$, $\alpha_{post}=0.79$), (2) social losses (e.g., "...I feel lonely more often," Cronbach's $\alpha_{pre}=0.62$, $\alpha_{post}=0.76$), and (3) continuous growth/ongoing development (e.g., "...I can still learn new things," Cronbach's $\alpha_{pre}=0.61$, $\alpha_{post}=0.68$). Each scale consists of four respective items rated on a 4-point scale ranging from 1 ("strongly agree") to 4 ("strongly disagree"). For each scale, scores were recoded and averaged with higher values indicating either more negative (Physical Decline and Social Losses) or more positive (Continuous Growth/Ongoing Development) views on one's own aging process.

Awareness of Age-Related Change was assessed with the 10-item AARC short-form questionnaire (Kaspar et al., 2018) with the two dimensions Gains and Losses. Each item starts with the prompt "With my increasing age, I realize that..." followed by either a negative (e.g., "...my mental capacity is declining."), or a positive experience (e.g., "...I appreciate relationships and people much more.") in the five behavioral domains (1) health and physical functioning, (2) cognitive functioning, (3) interpersonal relations, (4) social-cognitive and social-emotional functioning, and (5) lifestyle and engagement. Items are rated on a 5-point Likert scale (1="not at all" to 5="very much"). Mean scores were computed with higher scores indicating more AARC gains (Cronbach's $\alpha_{pre}=0.62$, $\alpha_{post}=0.56$) and AARC losses (Cronbach's $\alpha_{pre}=0.74$, $\alpha_{post}=0.71$).

Age stereotypes were measured with two subscales of the multidimensional, domain-specific age stereotype scale (Kornadt and Rothermund, 2011). We assessed the domain of leisure activities and social/civic commitment (4 items), and the domain of physical and mental fitness, health and appearance (3 items). All items are assessed on 8-point rating scales that contrast two opposing statements, e.g., (1) "Old persons show commitment

for others" vs. (8) "Old persons do not show commitment for others" or (1) "Old persons are rarely sick" vs. (8) "Old persons are sick a lot." A mean score for both subscales was computed, ranging from 1 to 8, with higher scores indicating more favorable age stereotypes (Cronbach's $\alpha_{leisure,pre}=0.83$, $\alpha_{leisure,post}=0.84$, $\alpha_{physical/health,pre}=0.74$, $\alpha_{physical/health,post}=0.66$).

Risk perception was assessed using a measure of relative vulnerability according to guidelines proposed by Schwarzer (2001). In three items, participants were asked to rate their perceived risk regarding chronic pain, mobility limitations, and serious illnesses (Cronbach's $\alpha_{pre}=0.79$, Cronbach's $\alpha_{post}=0.73$) following the prompt "Compared to an average person of my sex and age my chances of getting X are..." with answers on a 5-point scale from 1 ("much below average") to 5 ("much above average").

Perceived Obsolescence was measured using the respective subscale from Brandstädter and Wentura's questionnaire on experiencing time and future (1994). It consists of five items (e.g., "For me, life has become more and more complicated, more difficult to comprehend"; Cronbach's $\alpha_{pre}=0.72$ and $\alpha_{post}=0.73$) with ratings on a 5-point scale from 1 ("not at all") to 5 ("very true").

Desired support through technology, a measure of technology acceptance, was assessed using three items originally designed for the German Aging Survey ("If needed, I would like to be supported by an assistive device or robot... in doing the housework... in taking medication... in body care"; Cronbach's $\alpha_{pre}=0.85$, Cronbach's $\alpha_{post}=0.74$). Responses are given on a 4-point scale from 1 ("not at all") to 4 ("very true").

RESULTS

Associations Between Study Variables at Baseline

Table 1 shows descriptive statistics and correlations among the study variables assessed at baseline. A higher age was related to more positive aging related cognitions (continuous growth: $r=0.33$, $p<0.05$; physical decline: $r=-0.39$, $p<0.05$; social loss: $r=-0.28$, $p=0.08$), and marginally to a higher risk perception ($r=0.28$, $p=0.08$). General age stereotypes and personal aging-related cognitions showed several significant associations, i.e., more positive general views regarding older adults in the leisure/social commitment domain and in the physical/health domain were related to higher agreement to participants' own continuous growth ($r=0.42$ and $r=0.47$, $ps<0.01$). With regard to health-related variables, those participants with a higher BMI and lower subjective health reported stronger agreement to the physical decline subscale ($r=0.33$ and $r=-0.35$, $ps<0.05$), as well as higher age-related losses ($r=0.36$, $p<0.05$ and $r=-0.56$, $p<0.001$).

Desired support through technology, as a measure of technology acceptance, only showed marginally significant correlations with views on aging measures (**Table 1**). Participants who reported higher agreement to the social loss subscale and perceived higher obsolescence showed lower acceptance regarding support via assistive technologies. In more specific analyses

TABLE 1 | Descriptive statistics and intercorrelations of the study variables.

S. no.	Variables	M	SD	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Gender ^a	–	–	–0.46**	–0.27 ⁺	–0.43**	0.03	–0.03	0.07	–0.12	0.00	0.24	–0.14	–0.02	0.24	–0.04	0.23	
2	Age	61.40	6.16		0.60***	0.06	0.15	0.09	0.21	0.33*	–0.39*	–0.28 ⁺	0.08	–0.15	–0.13	0.28 ⁺	–0.21	
3	Subjective Age	52.05	9.85			0.04	0.08	0.06	0.41**	0.12	–0.21	–0.27 ⁺	0.12	0.04	–0.15	0.17	0.05	
4	Body Mass Index ^b	24.76	3.94				–0.39*	0.02	0.03	0.11	0.33*	0.07	0.29 ⁺	0.36*	0.21	0.13	–0.23	
5	Subjective Health ^c	3.38	0.74					0.07	0.12	0.06	–0.35*	–0.05	–0.08	–0.56***	–0.51***	0.00	0.27 ⁺	
6	Age stereotypes LC ^d	5.61	1.25						0.66***	0.42**	–0.24	–0.17	0.28 ⁺	–0.20	–0.09	–0.24	0.00	
7	Age stereotypes PH ^d	4.79	1.26							0.47**	–0.44**	–0.25	0.30 ⁺	–0.23	–0.08	–0.14	0.15	
8	AgeCog Continous Growth ^e	3.23	0.46								–0.26 ⁺	–0.47**	0.28 ⁺	–0.34*	0.00	–0.15	0.25	
9	AgeCog Physical Decline ^e	2.78	0.60									0.42**	–0.13	0.48**	0.39*	0.00	–0.11	
10	AgeCog Social Loss ^e	1.45	0.39										–0.25	0.27 ⁺	0.11	0.27 ⁺	–0.29 ⁺	
11	AARC Gains ^f	3.66	0.63												0.09	0.15	–0.17	
12	AARC Losses ^f	2.01	0.61												0.44**	0.25	–0.24	
13	Risk Perception ^g	2.51	0.65													0.22	–0.06	
14	Perceived Obsolescence ^h	1.87	0.54														–0.27 ⁺	
15	Support through Technology ⁱ	2.03	0.93															–

N = 40, LC: leisure activities and social/civic commitment; PH: physical and mental fitness, health and appearance. ^a0 = male, 1 = female, ^bBMI; kg/cm².

^c1–5; higher scores indicate higher subjective health.

^d1–8; higher scores indicate more positive views on aging.

^eaging-related cognitions, 1–4, higher scores indicate stronger agreement.

^fAwareness of age-related change, 1–5, higher scores indicate higher agreement.

^g1–5, higher scores indicate higher perceived vulnerability in comparison to the same sex and age group.

^h1–5; higher scores indicate higher obsolescence.

ⁱ1–4, higher scores indicate higher agreement.

⁺*p* < 0.10; **p* < 0.05; ***p* < 0.01; ****p* < 0.001.

we controlled for age (as older adults tended to exhibit lower acceptance) and differentiated between the areas of medication, household and body care. We found that higher perceptions of continuous growth were associated with higher overall agreement to be supported through assistive technology ($r=0.35$, $p<0.05$) as well as in the domain of medication ($r=0.35$, $p<0.05$) and household ($r=0.42$, $p<0.01$). In contrast, more negative aging-related cognitions regarding physical decline and higher age-related losses were associated with lower desired support in the body care domain ($r=-0.36$, $r=-0.35$, $ps<0.05$) and negative cognitions regarding social loss were related to lower desired support in medication ($r=-0.31$, $p=0.05$), household ($r=-0.49$, $p<0.01$), and overall acceptance ($r=-0.37$, $p<0.05$).

Effects of the Age Simulation Intervention on Multiple Views on Aging and Related Domains

To quantify the effect due to the ASS, we calculated difference scores with respect to subjective age (age with ASS – subjective age) and chronological age (age with ASS – chronological age). Descriptive statistics on age measures with and without ASS are depicted in **Table 2**. On average, participants felt 9 years younger than their chronological age at baseline (subjective age: $M=52.5$, $SD=9.6$), although the range was large (28 years younger to 10 years older). While wearing the ASS, mean felt age was 81.1 years ($SD=9.7$), again with a large interindividual variation. Compared to their chronological age, participants subjectively “aged” on average 19.7 years ($SD=9.3$), and compared to their subjective age at baseline the aging effect covered 29.3 years ($SD=12.9$). At post-test, participants’ subjective age dropped back and did not differ from baseline level ($M=53.3$, $SD=9.4$; $t=-1.37$, $p=0.18$).

To explore possible changes in views on aging, we conducted paired comparisons of baseline and post-assessments scores. Awareness of age-related change (gains and losses) and general age stereotypes (leisure/social commitment and physical/health domain) did not change from pre- to post-assessment ($ps>0.05$). In contrast, and in accordance with our hypothesis regarding the more situational AgeCog scales, more negative cognitions regarding social loss ($t=-3.22$, $p<0.01$, Cohen’s $d=-0.51$) and

potential continuous development in higher age ($t=3.01$, $p<0.01$, Cohen’s $d=0.49$) emerged after wearing the ASS (see left part of **Figure 1**). For the subscale physical decline, a marginal effect was found in reverse direction ($t=2.02$, $p=0.05$, Cohen’s $d=0.32$).

In an explorative approach, we investigated effects on risk perception, perceived obsolescence and desired support through technology. Participants reported a significantly increased risk perception regarding their susceptibility to age-associated impairments after the ASS intervention ($t=-2.80$, $p<0.01$, Cohen’s $d=-0.44$) and higher obsolescence ($t=-2.04$, $p<0.05$, Cohen’s $d=-0.33$; see right part of **Figure 1**).

With respect to desired support through technology, overall acceptance did not change from baseline to post-intervention. However, participants reported a higher acceptance regarding assistive devices/robots in the household domain after wearing the ASS ($t=-2.62$, $p<0.05$, Cohen’s $d=-0.42$).

Order effects with respect to the two conditions (geriatric assessments with or without ASS first) were not observed. We additionally examined in bivariate correlation analyses if change scores of those constructs exhibiting significant pre-to-post differences were related to socio-demographic and health related background variables. Overall, change scores in aging-related cognitions (AgeCog subscales continuous growth, physical decline, and social loss), risk perception, and obsolescence were not related to participants’ chronological age, subjective age, gender, BMI, and subjective health with two exceptions: A younger chronological age was related to a more positive shift in the AgeCog physical decline subscale whereas a higher BMI was associated with a larger change towards a higher risk-perception.

Furthermore, we correlated the results of the functional measures with the ASS with the technology acceptance assessment. Participants’ performance in the Short Community Balance and Mobility Scale (Gordt et al., 2020) and the 30-s chair-stand test (Jones et al., 1999) were not related to overall technology acceptance and the three subscales. However, participants who performed worse with respect to the grip strength measure, the Timed up and Go test (Podsiadlo and Richardson, 1991), and the walking-related part of the Short Physical Performance Battery (Guralnik et al., 1994) while wearing the suit, reported (marginally) higher technology acceptance afterwards. **Table 3** depicts correlations of physical performance tests with acceptance regarding assistive technology while controlling for age.

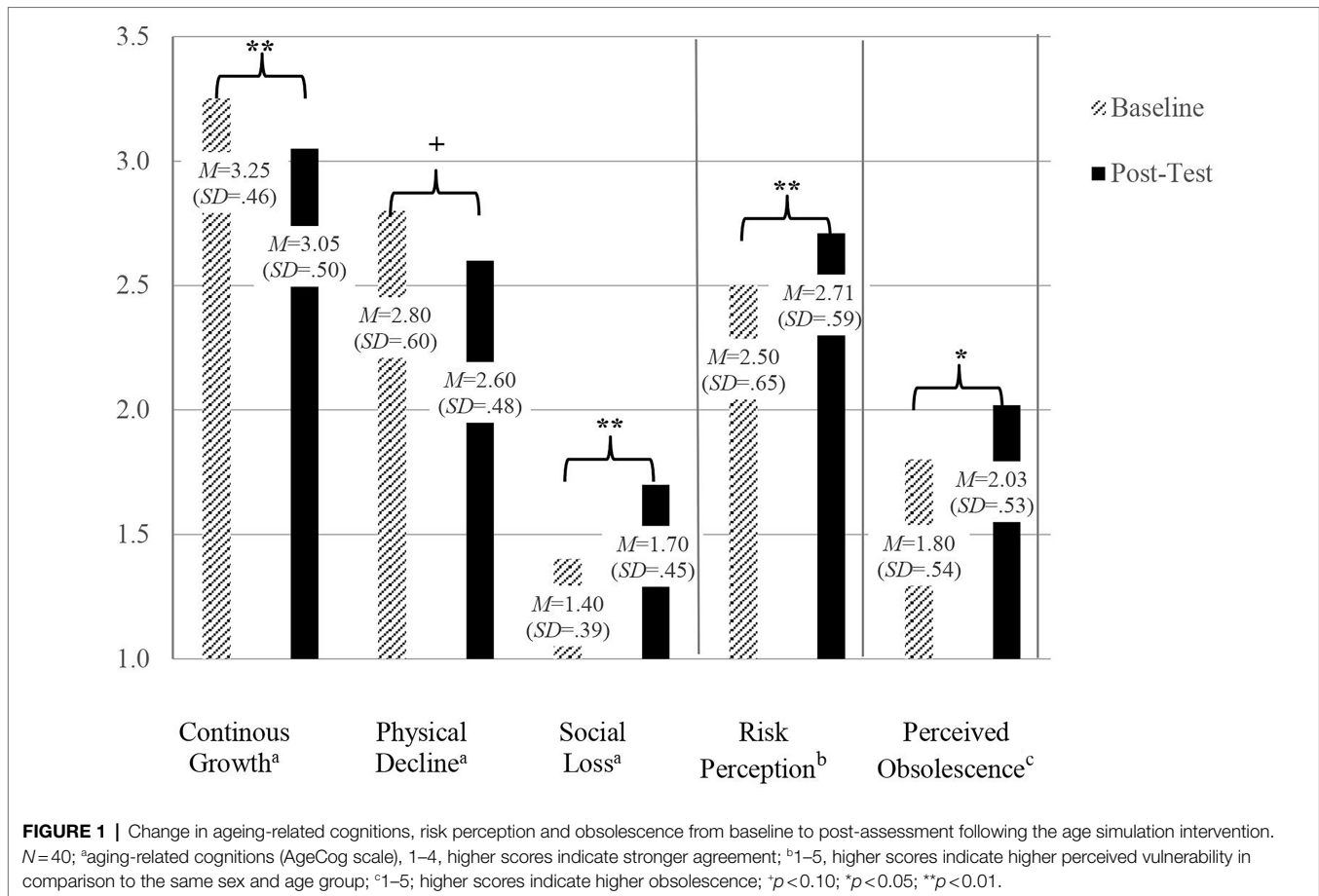
DISCUSSION

Age simulation interventions are a relatively new but rapidly growing approach (Eost-Telling et al., 2020; Bowden et al., 2021) that mostly aim at enhancing empathy and attitudes toward older adults among young adult sample, i.e., students in health-related professions. As views on aging are very important for diverse developmental outcomes but have not been studied yet in this context, we aimed to address possible

TABLE 2 | Age measures and effect of the age simulation suit.

S. no.	Variables	Min	Max	M	SD
1	Chronological age	50	75	61.4	6.3
2	Subjective age	30	69	52.5	9.6
3	Subjective age – chron age	-28	10	-9.0	7.9
4	Subjective age with suit	50	100	81.1	9.7
5	Subjective age with suit – chron. age ^a	-9	37	19.7	9.3
6	Subjective age with suit – subj. Age	2	60	29.3	12.9

N=40. ^aOne woman was feeling younger with the suit in comparison to her chronological age (but not her subjective age), as excluding her from all analyses did not change results, we decided to report results with the full sample.



effects of ASS interventions on individual and general views on aging in a within-subjects design among middle-aged to young-old adults. As expected, we found that with respect to aging-related cognitions, higher negative expectations regarding social integration and continuous development in higher age emerged after wearing the ASS. Ratings in the physical domain of the AgeCog scales even marginally moved to a more positive perception, which might be due to the expectations participants had when being informed on the ASS and entering the experiment. After the simulation, several participants expressed being relieved that they were still able to master the tasks within the geriatric assessments rather well.

In contrast, awareness of age-related gains and losses (AARC) and general age stereotypes in the domains of leisure/social commitment and physical/health as well as did not change from pre- to post-assessment. As AARC also captures self-referential or individual views on aging like the AgeCog scales, the null finding here might be due to the framing of the concepts, which is also mirrored in the respective wording of item prompts. In the AARC assessment, participants have to refer to real experiences that they have already made (“With my increasing age, I realize that... e. g., my mental capacity is declining”). An age simulation might not have the power to change

those long-term awareness-related processes, whereas for aging-related cognitions (AgeCog: “Ageing means to me that...”) the ASS intervention was able to change those views regarding one’s own aging-process at least in a short time-frame. The null effect on age stereotypes might indicate that ASS rather induce an individual aging experience that is not necessarily generalized to perceptions regarding older people as a social group. According to Levy’s (2009) stereotype embodiment theory, negative general views on aging can be detrimental via self-stereotyping and internalization. The reverse direction, that experimentally induced changes in individual perceptions on aging simultaneously affect general age stereotypes (externalization hypothesis; see Rothermund and Brandtstädter, 2003) does not find support in our data. Overall, our findings with stronger effects in self-referential and short-term views on aging measures point to the importance of situational context. In this vein, Hughes and Touron (2021) call for a more contextualized perspective in research on views on aging, as daily life offers a variety of situational contexts and experiences that directly influence our aging-experiences.

Regarding our broader target constructs, results indicated increased perceptions of obsolescence after the ASS intervention. This points toward the importance of debriefings with

TABLE 3 | Partial correlations of physical performance tests with desired support through assistive technology.

Variables	TUG ^a	SPPB ^b	Grip ^c	sCBM ^d	30sec Chair ^e
Medication ^f	0.14	-0.36*	-0.16	0.27	0.14
Household ^f	0.25	-0.17	-0.29*	-0.08	0.10
Body care ^f	0.31*	-0.21	-0.29*	-0.12	-0.04
Overall technology acceptance ^f	0.29*	-0.30*	-0.31*	0.03	0.09

N = 40; partial correlations controlling for chronological age. ^aTimed Up and Go test in seconds, higher scores indicate worse performance/longer time needed;

^bShort Physical Performance Battery, Walking Score; higher scores indicate better performance;

^cGrip Strength, higher scores indicate better performance;

^dShort Community Balance Scale, higher scores indicate better performance;

^e30-second chair-stand test, higher scores indicate a higher number of rises from the chair;

^fDesired support through technology; 1–4, higher scores indicate higher agreement.

**p* < 0.10; **p* < 0.05.

opportunities for participants to discuss their experience in order to address negative feelings related to an expected loss of social integration with higher age (Brandtstädter and Wentura, 1994; Kaspar, 2004). Moreover, our data indicated an increase in risk perception or susceptibility to age-associated impairments after the ASS intervention. This shift among our participants from a quite low towards a more realistic (i.e., medium) risk perception might be used as a teachable moment for behavior change (Flocke et al., 2014) in terms of engaging in a healthy lifestyle. Notably, those participants with a higher BMI exhibited an even larger shift in this favorable direction, which might be also valuable for interventions, if results are replicated in larger studies. The desired support through robots and intelligent assistive technology as a measure of technology acceptance was not affected by the ASS intervention as an overall indicator, but an increased acceptance regarding assistive devices/robots in the household domain was observed. When relating performance in the established geriatric assessments while wearing the ASS to technology acceptance, several associations revealed that those with higher difficulties reported higher openness to be supported by intelligent assistive devices.

Limitations and Strengths

Our study has some limitations that need to be acknowledged. First, due to our relatively small sample size, we were only able to detect at least medium-sized effects, whereas for smaller effects and multivariate analyses, our study was underpowered. As this was the first attempt in the field of age-simulation to study general and individual views on aging, the presented preliminary findings require replication in larger samples. A second limitation is due to the design of the ASS, which strongly focusses on *physical* changes related to the aging process. However, lifespan development unfolds in different domains of functioning and consists of both gains and losses. This multidimensionality and multidirectionality (Baltes et al., 2006) has been depicted in

our study with regard to the chosen views on aging assessments, but as the age suit does not intend to induce positive changes and does not mimic for example cognitive impairments or changes in the social-emotional domain, the simulation had an unidimensional approach. Third, our study only focused on pre-to-post effects in a within subjects design and lacked a control group of participants not experiencing an age simulation.

Apart from that, the explicit inclusion of more diverse middle-aged to even young-old adults instead of a young student population and the design combining established questionnaires with validated geriatric assessments with and without the suit are major strengths of our study. We further intended to overcome the limitation of the usually very short time frames for the simulation experiences (i.e., 10 min with the suit; Lee and Teh, 2020). By assessing background characteristics such as health status and BMI and being able to draw on the performance data with and without the suit, we were able to provide a more comprehensive picture.

Implications and Outlook

For future research, studies with follow-up measurements are needed to address the duration of the found effects. Furthermore, similar within-subject designs would profit from more diverse pre-post-measurements of technology acceptance, technology proficiency, technology-related self-efficacy beliefs, or even technology performance measures (Roque and Boot, 2018; Schmidt and Wahl, 2019), in order to explore more differentiated effects that might be used to facilitate technology adoption in older age. In our study, some positive effects on technology acceptance were found for those participants, who had higher difficulties with the physical assessments with the suit. If these results are replicated and extended to a larger variety of (assistive) technologies and systems, this might be a starting point for interventions designed to facilitate technology adoption.

As this study assessed changeability of views on aging and related constructs via implementation of an ASS for the first time, we chose a highly controlled lab setting and standardized geriatric tests and hence focused on internal validity. A major problem in the previous literature has been that how long and under which conditions (i.e., specific tasks, instructions) the ASS were worn shows large heterogeneity or is not reported in any detail at all. Therefore, we decided to keep the duration of wearing the ASS as well as the series of tasks to be conducted under ASS conditions constant. With respect to ecological validity (i.e., the validity of findings in everyday life settings), assessing task performance in participants' natural environment, e.g., by including complex activities of daily living such as technology use, might be a next step for future studies. Moreover, the validity of ASS in terms of a realistic simulation of "higher age" should be explored, especially with earlier studies focusing solely on younger participants. In our study, the "manipulation check" of asking participants how old they felt in the ASS turned out to match a simulation of fourth age (80+) on average, but this has to be questioned among younger adults. Hence, carefully designed and controlled validation studies

quantifying effects of ASS on physical performance outcomes are warranted.

To sum up, earlier studies concentrated on the potential of age simulation interventions regarding empathy and attitudes towards older adults in student samples, mainly for educational purposes. However, our results in a sample of middle-aged to young-old adults point out that there may be negative effects regarding views on aging, especially in terms of cognitions regarding participants' own aging process in the domain of social losses and expectations regarding ongoing development and continuous growth while aging. Remarkably, we observed some transfer effects, as significant changes emerged in the non-physical domain, which is the main focus of ASS interventions.

With regard to practical implementations and potential interventions, ASS might have positive effects on technology acceptance in terms of openness towards assistive devices that support everyday activities as well as on motivation to prevent age-associated impairments. We conclude that ASS should be applied in combination with expert supervision and education on losses and gains during the aging process to prevent negative age stereotypes and provide a comprehensive and differentiated picture. Future research should follow rigorous research designs, and consider a larger diversity of participants outside student populations, i.e., in terms of age range, fitness level, experience with and knowledge about technology.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

REFERENCES

- Alonso Debreczeni, F., and Bailey, P. E. (2021). A systematic review and meta-analysis of subjective age and the association with cognition, subjective well-being, and depression. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 76, 471–482. doi: 10.1093/geronb/gbaa069
- Baltes, P. B., Lindenberger, U., and Staudinger, U. M. (2006). *Life Span Theory in Developmental Psychology*. In *Handbook of Child Psychology: Theoretical Models of Human Development*. Vol. 1. United States: John Wiley and Sons Inc., 569–664.
- Baltes, P. B., and Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: from successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology* 49, 123–135. doi: 10.1159/000067946
- Bowden, A., Chang, H. R., Wilson, V., and Traynor, V. (2021). The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: A literature review. *Nurse Educ. Pract.* 53:103077. doi: 10.1016/j.nepr.2021.103077
- Brandtstädter, J., and Wentura, D. (1994). Veränderungen der Zeit- und Zukunftsperspektive im Übergang zum höheren Erwachsenenalter: entwicklungspsychologische und differentielle Aspekte. [changes in time perspectives and attitudes toward the future during the transition to later adulthood: developmental psychology and differential aspects.]. *Zeitschrift Entwicklungspsychol. Pädagogische Psychol.* 26, 2–21.
- Cheng, W. L.-S., Ma, P. K., Lam, Y. Y., Ng, K. C., Ling, T. K., Yau, W. H., et al. (2020). Effects of senior simulation suit Programme on nursing students'

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by the Ethics commission of the Faculty of Behavioral and Cultural Studies at Heidelberg University, Germany. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

LS initiated and designed the study, raised funding, conducted data analysis and wrote the manuscript. AS assisted in designing the study and reviewed the manuscript. TG collected the questionnaire data, conducted the age simulation intervention, and reviewed the manuscript. H-WW initiated the study, raised funding, and reviewed the manuscript. All authors approved the final version of the manuscript.

FUNDING

This study was funded by the Carl Zeiss Foundation (*HeiAge*, Grant No. 0563–2.8/738/2; subproject *Awareness of Aging and Age Simulation*, Heidelberg University, Germany).

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank the Carl Zeiss Foundation for funding, the HeiAge project team for fruitful discussions, Lizeth Slooth for technical support in the lab, Anke Baetzner, Stephanie Brucker, and Stephanie Zintel for assistance with data collection and the Network Aging Research for lending the GERT age simulation suit.

- attitudes towards older adults: A randomized controlled trial. *Nurse Educ. Today* 88:104330. doi: 10.1016/j.nedt.2020.104330
- Diehl, M., Brothers, A. F., and Wahl, H.-W. (2021). "Self-perceptions and awareness of aging: past, present, and future," in *Handbook of the Psychology of Aging*. 9th Edn. eds. K. W. Schaie and S. L. Willis (United States: Academic Press), 155–179.
- Diehl, M. K., and Wahl, H. (2010). Awareness of age-related change: examination of a (mostly) unexplored concept. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 65, 340–350. doi: 10.1093/geronb/gbp110
- Diehl, M., Wahl, H.-W., Barrett, A. E., Brothers, A. F., Miche, M., Montepare, J. M., et al. (2014). Awareness of aging: theoretical considerations on an emerging concept. *Dev. Rev.* 34, 93–113. doi: 10.1016/j.dr.2014.01.001
- Dutt, A., Wahl, H.-W., and Diehl, M. (2018). Awareness of aging processes. *Oxford Res. Encyclo. Psychol.* doi: 10.1093/acrefore/9780190236557.013.397
- East-Telling, C., Kingston, P., Taylor, L., and Emmerson, L. (2020). Ageing simulation in health and social care education: A mixed methods systematic review. *J. Adv. Nurs.* 77, 23–46. doi: 10.1111/jan.14577
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., and Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav. Res. Methods* 41, 1149–1160. doi: 10.3758/BRM.41.4.1149
- Fields, S. K., Mahan, P., Tillman, P., Harris, J., Maxwell, K., and Hojat, M. (2011). Measuring empathy in healthcare profession students using the Jefferson Scale of Physician Empathy: health provider–student version. *J. Interprof. Care* 25, 287–293. doi: 10.3109/13561820.2011.566648
- Flocke, S. A., Clark, E., Antognoli, E., Mason, M. J., Lawson, P. J., Smith, S., et al. (2014). Teachable moments for health behavior change and intermediate

- patient outcomes. *Patient Educ. Couns.* 96, 43–49. doi: 10.1016/j.pec.2014.03.014
- Gordt, K., Mikolaizak, A. S., Taraldsen, K., Bergquist, R., Van Ancum, J. M., Nerz, C., et al. (2020). Creating and validating a shortened version of the community balance and mobility scale for application in people who are 61 to 70 years of age. *Phys. Ther.* 100, 180–191. doi: 10.1093/ptj/pzz132
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., et al. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J. Gerontol.* 49:M85. doi: 10.1093/geronj/49.2.m85
- Hughes, M. L., and Tournon, D. R. (2021). Aging in context: incorporating everyday experiences into the study of subjective age. *Front. Psychol.* 12:633234. doi: 10.3389/fpsyg.2021.633234
- Jones, C. J., Rikli, R. E., and Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res. Q. Exerc. Sport* 70, 113–119. doi: 10.1080/02701367.1999.10608028
- Kaspar, R. (2004). Technology and loneliness in old age. *Gerontol.* 3, 42–48. doi: 10.4017/gt.2004.03.01.007.00
- Kaspar, R., Gabrian, M., Brothers, A., Wahl, H.-W., and Diehl, M. (2018). Measuring awareness of age-related change: development of a 10-item short form for use in large-scale surveys. *Gerontologist* 59, e130–e140. doi: 10.1093/geront/gnx213
- Kaspar, R., Wahl, H. W., and Diehl, M. (2021). Awareness of age-related change as a behavioral determinant of survival time in very old age. *Front. Psychol.* 12:727560. doi: 10.3389/fpsyg.2021.727560
- Kogan, N. (1961). Attitudes toward old people: The development of a scale and an examination of correlates. *J. Abnorm. Soc. Psychol.* 62, 44–54. doi: 10.1037/h0048053
- Kornadt, A. E., and Rothermund, K. (2011). Contexts of aging: assessing evaluative age stereotypes in different life domains. *J. Gerontol. Series B* 66, 547–556. doi: 10.1093/geronb/gbr036
- Lachman, M. E. (2015). Mind the gap in the middle: A call to study midlife. *Res. Hum. Dev.* 12, 327–334. doi: 10.1080/15427609.2015.1068048
- Lawton, M. P. (1975). The Philadelphia geriatric center morale scale: A revision. *J. Gerontol.* 30, 85–89. doi: 10.1093/geronj/30.1.85
- Lee, S. W. H., and Teh, P.-L. (2020). “suiting up” to enhance empathy toward aging: A randomized controlled study. *Front. Public Health* 8:376. doi: 10.3389/fpubh.2020.00376
- Levy, B. (2009). Stereotype embodiment: A psychosocial approach to aging. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 18, 332–336. doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.01662.x
- Mathiowetz, V. G., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M., and Rogers, S. (1985). Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 66, 69–74
- Miche, M., Elsässer, V. C., Schilling, O. K., and Wahl, H. W. (2014). Attitude toward own aging in midlife and early old age over a 12-year period: examination of measurement equivalence and developmental trajectories. *Psychol. Aging* 29, 588–600. doi: 10.1037/a0037259
- Mohamed, N., Baleegh, E., Abd El-Aziz, H., and El-Gilany, A.-H. (2017). Effect of simulated aging game versus traditional lecture on nursing students’ knowledge and attitude towards elderly. *Alexandria Sci. Nurs. J.* 19, 163–176.
- Podsiadlo, D., and Richardson, S. (1991). The timed “Up and go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* 39, 142–148. doi: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
- Roque, N. A., and Boot, W. R. (2018). A new tool for assessing Mobile device proficiency in older adults: The Mobile device proficiency questionnaire. *J. Appl. Gerontol.* 37, 131–156. doi: 10.1177/0733464816642582
- Rothermund, K., and Brandtstädter, J. (2003). Age stereotypes and self-views in later life: evaluating rival assumptions. *Int. J. Behav. Dev.* 27, 549–554. doi: 10.1080/01650250344000208
- Schmidt, L. I., and Wahl, H.-W. (2019). Predictors of performance in everyday technology tasks in older adults with and without mild cognitive impairment. *The Gerontologist* 59, 90–100. doi: 10.1093/geront/gny062
- Schwarzer, R. (2001). Social-cognitive factors in changing health-related behaviors. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 10, 47–51. doi: 10.1111/1467-8721.00112
- Steverink, N., Westerhof, G. J., Bode, C., and Dittmann-Kohli, F. (2001). The personal experience of aging, individual resources, and subjective well-being. *J. Gerontol. B* 56:P364. doi: 10.1093/geronb/56.6.P364
- Westerhof, G. J., Miche, M., Brothers, A. F., Barrett, A. E., Diehl, M., Montepare, J. M., et al. (2014). The influence of subjective aging on health and longevity: A meta-analysis of longitudinal data. *Psychol. Aging* 29, 793–802. doi: 10.1037/a0038016

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher’s Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Schmidt, Schlomann, Gerhardy and Wahl. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Manuskript V

Schmidt, L. I., **Gerhardy, T. H.**, Carleton-Schweitzer, L., Wahl, H.-W., Jekel, K. (under review)
“If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation
on views on aging and perceptions of age-related impairments. *European Journal of Ageing*

**“If this is what it means to be old...” – A mixed methods study on the effects of age simulation
on views on aging and perceptions of age-related impairments**

Laura I. Schmidt¹, PhD, Thomas H. Gerhardy^{1*}, Leslie Carleton-Schweitzer^{1*}, Hans-Werner Wahl^{1,2},
& Katrin Jekel³

*contributed equally

¹Institute of Psychology, Heidelberg University, Heidelberg, Germany; ²Network Aging Research (NAR), Heidelberg University, Heidelberg, Germany; ³Department of Psychiatry, Psychotherapy and Psychosomatics, AGAPLESION MARKUS HOSPITAL, Frankfurt/Main, Germany

Word count: 4999

Author Note

ORCID iD Dr. L. Schmidt: 0000-0002-8750-9242, ORCID iD T. H. Gerhardy: 0000-0002-3561-5975,
ORCID iD L. Carleton-Schweitzer: 0009-0009-3930-323X, ORCID iD Prof. Dr. H.-W. Wahl: 0000-
0003-0625-3239, ORCID iD Dr. K. Jekel: 0000-0002-3739-0730

Correspondence concerning this article should be addressed to Laura I. Schmidt:

Laura.Schmidt@psychologie.uni-heidelberg.de

Acknowledgements

We thank Anke Baetzner, Julius Donat, Lennart Stipulkowski, Lukas Schwab, Stephanie Brucker, and Stephanie Zintel for their help with data collection

Contributions

Conceptualization study 1: Laura I. Schmidt & Katrin Jekel; Conceptualization and funding acquisition study 2: Laura I. Schmidt & Hans-Werner Wahl; Material preparation, data collection and analysis: Laura I. Schmidt, Thomas H. Gerhardy, Leslie Carleton-Schweitzer, Katrin Jekel; Writing - original draft preparation: Laura I. Schmidt; Writing - review and editing: Thomas H. Gerhardy, Leslie Carleton-Schweitzer, Hans-Werner Wahl, Katrin Jekel; Supervision: Laura I. Schmidt & Hans-Werner Wahl.

Abstract

Age simulation suits are a promising tool to increase empathy and to promote positive attitudes toward older adults. However, studies have largely focused on (young) healthcare professionals, are probably biased by social desirability, and have not addressed participants' views of the aging process triggered by the simulation. The current work combines two studies addressing effects of aging suits on both general and personal views on aging among heterogeneous samples, and exploring spontaneous associations during the simulation. In study 1, $N=165$ adults ($M=37.1$ years, $SD=15.4$) answered questionnaires containing general views regarding older adults ("old people are...") as well as personal perceptions ("aging means to me...") before and after wearing an aging suit. In study 2, young adults ($N=22$; $M=24.8$ years, $SD= 4.3$) and middle-aged adults ($N=41$; $M=60.8$ years, $SD= 6.9$) carried out established geriatric assessments with and without aging suit, and spontaneous impressions on the instant aging experience were recorded. Findings indicated negative shifts in both general and personal views on aging measures in both age groups ($d=.30$ to $d=.44$). Analyses of qualitative data resulted in seven main themes, e.g. "strain/coordination", "future me", "empathy/insight". Group comparisons revealed higher frequencies of future-self related thoughts among middle aged-adults, whereas younger adults mentioned predominantly physical effects of the suit. In conclusion, applying age simulation suits might evoke unintended negative views on aging. In comparison to young adults, middle-aged adults showed broader reflections including thoughts related to emotions, future-self, and potential struggles of older people.

Keywords: Age Simulation Suit, Views on Aging, Subjective Age, Empathy, Age-Related Impairments, Sensory Impairments

Introduction

Age simulation suits are increasingly used in a variety of studies and programs to enable younger adults to “walk in the shoes” of older people (Gerhardy et al., 2022). In order to achieve a plausible simulation of old age, the suits aim to imitate a range of age-related functional declines with direct impact on everyday life, for example hearing and vision impairments, loss of strength, and joint stiffness, by applying restrictors, weights, goggles, ear protection, and gloves. The assumption is that such first-hand experience should enable wearers not only to imagine potential daily challenges of older people but indeed to take the perspective of older adults in general via a kind of holistic behavior-driven experience. Given the global shift towards aging populations and respective public health and care challenges, simulation suits may gain the status of an important tool to educate healthcare professionals or younger adults in general, in order to foster empathy toward older adults.

Research on the effects of aging suits has considerably increased in recent years. In fact, three partly overlapping literature reviews have been published: Eost-Telling et al. (2020) included 23 studies and focused on empathy and attitudes toward older adults among student samples. Bowden et al. (2021) explored educational effects regarding person-centered care and included 20 studies (9 overlapping). Both reviews concluded that age simulation interventions predominantly resulted in positive effects on knowledge on aging processes, empathy and attitudes towards older adults. However, as study designs and quality of research varied largely, comparisons were difficult. Moreover, almost half of the included papers used multi-mode designs, meaning that an aging suit was just one part of the intervention alongside lectures, workshops, role-plays, or group discussions, making the attribution of effects impossible. The most recent review by Gerhardy et al. (2022) had a broader focus beyond healthcare settings and synthesized 26 age simulation studies (10 overlapping with the previous reviews). One focus was on psychological outcomes, another focus aimed to quantify deteriorations in physical outcomes (i.e., gait, balance) by means of established geriatric assessments and age-relevant reference data. Gerhardy et al. found small-to-medium sized effects for desired psychological outcomes overall (attitudes: $d_{weighted}=0.33$, empathy: $d_{weighted}=0.54$); however, particularly high-quality studies did not find meaningful differences between age simulation groups and a control groups (Cheng et al., 2020; Lee & Teh, 2020). Moreover, some studies even reported

negative effects on attitudes toward aging after the simulation (Jeong & Kwon, 2020; Jeong et al., 2017; Lucchetti et al., 2017).

General and personal views on aging: “Old people are...” vs. “Aging means to me...”

Nearly all studies summarized in the mentioned review articles focused on attitudes and empathy towards older adults (as a group) rather than on expectations about and cognitions on one's own aging process. Referring to the distinction between general and personal views on aging (Wahl & Kornadt, 2022), *general* views on aging include socially shared beliefs about aging and how the group of older people is perceived in society (e.g. age stereotypes), whereas *personal* views refer to an individual's perceptions and experiences with his/her own aging process, that form the image of the aging self (Diehl et al., 2021). The two exceptions also addressing personal views are studies by Henry et al. (2011) among nursing and nutrition science students participating in an aging game (without a standardized aging suit, but with single components) and by Schmidt et al. (2022) who examined effects on views on aging among middle-aged adults in a pre-post design with and without an aging suit. Henry et al. (2011) used the Anxiety about Aging Scale (AAS) and found higher feelings of anxiety in some AAS subscales (i.e. fear of losses) after the aging game, but also trends toward more positive attitudes that reached significance in the subgroup of nursing students, assessed with the Aging Semantic Differential scale (ASD). Schmidt et al. (2022) reported negative effects after wearing the aging suit on personal views on aging, i.e., expectations of social integration and continuous growth in old age (AgeCog scales; Steverink et al., 2001), higher perceived vulnerability to age-associated impairments (Schwarzer, 2001), and higher perceived obsolescence (Brandtstädter & Wentura, 1994), whereas general age stereotypes (Kornadt & Rothermund, 2011) did not change from pre- to post-assessment.

Hence, emerging findings on personal views on aging seems to point in a reverse direction compared to predominantly positive effects for general views such as attitudes or empathy towards older adults. If additional research would confirm these preliminary findings, it may be that the positive general views seen as the result of wearing aging suits may come with the cost of increasingly negative personal views on aging. As negative personal views on aging have robustly shown associations with fewer preventive, health-related behaviors (Levy & Myers, 2004), lower subjective

well-being (Nakamura et al., 2022), cognitive decline (Robertson et al., 2016), lower functional health and even higher mortality (Kotter-Grühn et al., 2009; Sargent-Cox et al., 2012), there is a need to further explore effects of age simulation interventions on respective aging-related cognitions and perceptions.

Moreover, as previous research has focused on students and young healthcare professionals, middle-aged or even “young-old” adults (or “third age”, see Baltes & Smith, 2003) have been largely overlooked. However, we expect age-heterogeneous samples to be fruitful for several reasons: First, midlife is characterized by first aging-experiences and preparations regarding the transition into retirement and old age (Lachman, 2015). Second, middle-aged adults might be more sensitive towards age stereotypes and aging-related changes (Kornadt et al., 2017; Miche et al., 2014). Third, the mentioned associations between negative views on aging and consequential adverse developmental outcomes do not apply solely to those in older age, but also to middle-aged adults (Westerhof et al., 2023).

Effects of simulation of aging: Prone to social desirability?

From a methodological standpoint, the common practice of using aging suits in comprehensive lectures and programs, aimed at fostering a deeper understanding of old age, needs to be critically reevaluated when researchers intend to assess the isolated impact of the suits. At present, rather obvious introductions, suggestive items, or even non-anonymous group evaluations outweigh rigorous designs (Bowden et al., 2021; Eost-Telling et al., 2020; Gerhardy et al., 2022), and veiled/disguised approaches have not yet been applied. As a consequence of items such as “Has your attitude towards elderly patients changed from playing the game? How?” (Chen et al., 2011, p.3) or “The program helped me think from perspectives of older adults.” (Han & Kim, 2021, p.136), it remains unclear to what extent wearing the aging suit accounted for effects and what may be attributable to other factors such as social desirability within group discussions or interviews, suggestive items or additional teaching about aging processes. This may be especially problematic, when the assessment requires that older adults are to be judged as a group, i.e., if age stereotypes, attitudes, or empathy are targeted, whereas personal views on aging might be less prone to answering in a manner that is generally viewed favorably by others. Hence, not mentioning in advance which

effects are expected by applying aging suits and even trying out veiled instructions and/or undirected open questions might clarify effects more closely.

Research aims

In this work, we aimed to deepen the understanding of the effects of wearing an aging suit by assessing general and personal views on aging both with standardized questionnaires (study 1) and an open unguided qualitative approach (study 2) among two age-diverse samples. In study 1, we expected a negative shift in *personal views on aging* induced by the aging suit in standardized pre-post questionnaires, i.e., less positive views and more negative views. We also assessed *general views on aging*, but decided not to derive a directional hypothesis, as previous literature is mixed and some studies with more rigorous designs revealed no effects. In study 2, we took advantage of an experimental study on biomechanical effects of age simulation in a motion capturing lab environment (Gerhardy et al., under review). Here, we aimed to investigate effects of the aging suit qualitatively by collecting spontaneous associations while still wearing the suit through an open question approach. Following Lachman (2015) and Kornadt et al. (2017), we expected middle-aged adults to be more sensitive to the simulation experience which might relate to a higher frequency of mentioned effects experienced during the simulation.

Methods

Both studies were approved by the ethics commission of the Faculty of Behavioral and Cultural Sciences at Ruprecht-Karls-University Heidelberg, Germany. All participants provided informed consent. In study 2, participants were offered 20€.

Recruitment and Samples

Study 1: Participants were recruited at two open door days of the Network Aging Research at Heidelberg, a health fair in Alzey, Rhineland-Palatinate, Germany, and four university classes at Heidelberg University. The final sample consisted of $N=165$ adults without mobility impairments aged 18 to 74 years ($M=37.1$, $SD=15.4$), 69% were women, and 69% had a high school diploma (Abitur).

Study 2: Two samples were approached: Young adults ($N=22$) were recruited via mail distribution lists at Heidelberg University and snowballing procedures (age: $M=24.8$ years, $SD= 4.3$, range: 20-38 years; 46% women). The younger subsample had a BMI ranging from 18.0 to 27.8 ($M= 22.0$; $SD= 2.3$) and rated their (corrected) eyesight as very good (77%) or good (23%). Middle-aged adults were originally recruited for an age simulation study with a different focus, namely the measurement of physical effects in a motion capturing lab. They were contacted from a pool of residents of the Rhine-Neckar-Area that regularly participate in studies and screened via telephone for exclusion criteria (i.e., chronic illness, pain or mobility impairments). Participants in this middle aged to young-old sample ($N=41$) were 40 to 75 years old ($M=60.8$ years, $SD= 6.9$; 75% women), had a BMI ranging from 19.5 to 35.4 ($M= 24.6$, $SD= 3.87$), and 24% rated their (corrected) eyesight to be very good, 66% good and 10% satisfactory.

Aging Suit and Procedure: For both studies, we used the age simulation suit GERT (www.produktundprojekt.de), which consists of a weight vest, wrist and ankle weights, knee and elbow restrictors, a cervical collar, gloves, hearing protection, goggles and overshoes. In study 1, participants filled out the pre-questionnaires, were then equipped with the suit and instructed to carry out a defined set of everyday tasks (e.g., climbing stairs, sitting down and standing up, counting an amount of money, tying shoes, reading a bus schedule). After taking off the suit, they filled out the post-questionnaires. In study 2, the age simulation intervention included established geriatric

assessments and motion tasks, e.g. the Timed Up and Go test, that were carried out with and without the aging suit in the motion capturing lab of Heidelberg University (Gerhardy et al., under review).

Measures

Background characteristics. As demographic variables we assessed chronological age, sex, and education (years of schooling) in both studies. In study 2, health-related information was collected in the telephone screening.

Views on aging: In both studies, two items were used to measure general subjective age (“How old do you feel?”) and subjective age while wearing the suit (“How old do you feel with the suit?”). The mean difference between subjective age with the suit and general subjective age was calculated to quantify the effects of the suit on felt age (instant aging effect). In study 1, general views on aging were assessed with 12 adjectives (i.e., independent, solitary, inflexible, active, demanding, depressed, passive, balanced, needy, serious, strenuous, and satisfied) following the prompt “many old people are...” on a scale from 0=strongly disagree to 4=strongly agree. Two subscales, namely negative views (Chronbach’s $\alpha_{pre}=.74$, $\alpha_{post}=.81$) and positive views ($\alpha_{pre}=.62$, $\alpha_{post}=.66$) were formed.

Personal views on aging were assessed on the same scale with 11 items following the prompt “aging means to me...” (i.e., enrichment, physical decline, fear of the future, acceptance of gains and losses, new contact possibilities, more time, to be able to cultivate hobbies/interests, more quality of life, loss of social contacts, negative experiences outweigh). Two subscales, namely loss-related views (Chronbach’s $\alpha_{pre}=.56$, $\alpha_{post}=.65$) and gain-related views ($\alpha_{pre}=.67$, $\alpha_{post}=.77$) were formed. The selection of items was based on longer established questionnaires that have been used to assess general and personal views on aging (Gluth et al., 2010; Kruse & Schmitt, 2006)

Qualitative Data: In study 1, participants were asked to write down their experience in an open text field following the question “which restriction (due to the suit) was most burdensome for you?” after taking off the suit. In study 2, qualitative data was assessed while still wearing the suit through one open question (“What was it like for you to wear this suit?”) and recorded using a smartphone. Participants were asked to speak freely and spontaneously about anything that came to their mind. The interview was carried out by a researcher (TG) who had no relationship with the participants prior to the study.

Data Analysis

Study 1: An a priori power analysis for t-tests (dependent means) was conducted using G*Power version 3.1.9.7 (Faul et al., 2009). Results indicated that the required sample size to achieve 90% test power ($\alpha=.05$) in order to detect medium sized effects (Cohen's $d=0.5$) was $N=44$, and $N=265$ to detect small effects ($d=0.2$). All analyses were performed using SPSS version 27.

Study 2: For the analysis of qualitative data, audio files of the recorded reflections while wearing the suit were transcribed with f4transkript and structured with ATLAS.ti9. Due to missing/broken audio files, two participants of the younger and one of the middle-aged group had to be excluded from analyses. Braun and Clarke's (2006) six-step thematic analysis was applied. To capture the content of the interviews optimally, different approaches were taken. At earlier stages, we searched for prominent topics via word frequencies in ATLAS.ti9. Due to the open answer format, this brought no guidance for analyses. We then tried to map the subthemes found in Bowden et al. (2020) (e.g., "learning through experience") onto our data as a deductive approach. Eventually, the themes did not match our data sufficiently, leading to an inductive approach. The resulting themes were then compared to themes discovered in study 1 and partly unified leading to seven main themes. Two independent researchers (LIS, LCS) then rated each transcript according to the occurrence of the themes. Afterwards, disagreements were discussed and resolved. A sensitivity power analysis for Chi-Square Tests revealed that with the given $N=60$, a power of 90%, and $\alpha=.05$, only medium-to-large effects can be detected ($\omega=.42$; critical $\chi^2=3.84$).

Results

Table 1 shows age measures with and without the aging suit for both studies. The subjective age with the suit reached scores corresponding to third age in study 1 ($M=73.3$ years, $SD=11.4$) and the young sample in study 2 ($M=71.1$ years, $SD=12.9$) whereas fourth age (80+) was reached in the middle-aged sample of study 2 ($M=81.1$ years, $SD=9.6$). The instant aging effect, i.e., the difference between general subjective age and age with the suit, showed considerable variance and was lower among middle-aged participants in study 2 ($M=29.7$ years, $SD=13.0$) than among their younger counterparts ($M=46.2$ years, $SD=15.5$).

Changes in general and personal views on aging

In study 1, data of $N=126$ participants with complete pre- and post-questionnaires were analyzed with respect to views on aging measures (see Table 2). Paired-comparisons indicated that both general and personal views on aging were significantly affected by the age simulation, with general negative views and personal loss-related views increasing, and general positive views and personal gain-related views decreasing after the simulation. Effect sizes were small to medium. With respect to sociodemographic variables (age, sex, and education), no significant associations emerged for general views. For personal views, we only found a trend for age, with older adults reporting more personal gain-related views ($r=.14$, $p=.08$) before the age simulation, which was more pronounced if subjective age was used ($r=.17$, $p=.034$) instead of chronological age. Moreover, women reported more loss-related views after the simulation than men ($t=-2.45$, $p=.016$, Cohen's $d=-.46$). We calculated difference scores for the four views on aging measures to test if the observed changes were associated with sociodemographic variables, which was not the case for age and sex, but for participants with higher education the negative shift in personal losses was smaller ($r=.20$, $p=.024$).

Qualitative Data: How do participants experience the age simulation?

In study 1, we asked participants to name the most burdensome features of the suit in an open text field. Four categories emerged and were coded by two independent reviewers (LCS, TG): (1) Hearing impairments were named by 43.9% of participants (rater agreement=99.4%), (2) vision was named by 47.7% (agreement=100%), (3) strain and limited coordination, i.e., due to weights by 54.2%

(agreement=93.3%) and (4) other associations by 6.5% (agreement=90.3%) Frequencies were not related to sociodemographic variables ($ps>05$).

In study 2, following the thematic analysis described above resulted in seven main themes: (1) hearing, (2) vision, (3) strain and coordination, (4) negative affect, (5) future me, (6) empathy and insight, (7) other associations (see Table 3 for additional examples of quotes).

Themes 1, 2, and 3 summarized any negative physical effect participants reported experiencing while wearing the suit due to hearing protection, goggles, or the weights/restrictions of the GERT. Participants talked about varying physical limitations due to the equipment of the suit: “When I was turning around the cone, I felt that I didn’t really have an overview. Meaning, I can’t really see where I have to go. [...] So altogether, I felt clumsier, more insecure.” (E4099). There was no obvious pattern as to which restriction was considered most limiting or straining. It rather seemed that the suit had different negative effects interindividually.

Theme 4, *Negative affect*, included negative feelings evoked by the suit as well as mental burdens: “This is not only physical, but I feel psychologically shackled by this heavy weight.” (E4018). Theme 5, *Future me*, included any statement participants made about themselves in the future. Wearing the suit made participants picture their own future, thus their own aging, and critically reflect on future situations: “And when I think about this perhaps being my condition in older age, I don’t hope so, but yes, it would indeed be a big burden. Whether it’s grocery shopping or just taking a walk; ultimately, whatever you do is a bigger exertion.” (E4024). One person expressed extremely negative thoughts and emotions when imagining the experienced condition as their future self. Considering the general context, it is unlikely that this person said the following in all seriousness: “If this is what it’s like to be old I will consider getting enough pills beforehand to commit suicide at some point before I get old. Because this just sucks. If this is what it means to be old.” (E4101).

Theme 6, *empathy and insight*, covered statements that expressed empathy towards older people or any kind of insight into their situation. Wearing the suit made some people think about certain loved ones and helped them putting themselves into the position of the older person: “I can more or less imagine how my mother feels at 89: this was also the reason why I did this here. Because I wanted to experience this, having difficulty doing anything and I do feel this way.” (T4063).

Additionally, the experience helped some participants to critically reflect on their day-to-day perception and expectations of older people.

Apart from reports concerning direct effects of the suit and aging-related topics, Theme 7 included *other associations* evoked. Some people spontaneously compared the effects of the suit to certain sports or considered the intervention a substitute for their (usual) training. In contrast, other participants stated feelings of obesity, which even motivated one participant to lose weight, or compared the simulation to the influence of alcohol (see Table 3).

Frequencies and age group comparisons (study 2)

Frequencies of themes in study 2 are depicted in Figure 1, separated for age groups. Overall, Themes 1, 2, and 3 which comprised negative physical effects of the suit, were dominant in the data, led by Theme 3 (strain and coordination) with 97.5% among middle-aged and 90% among young participants. Chi-Square Tests were calculated to explore associations between themes and age group, if expected cell frequencies were below 5, Fisher's Exact Test is reported. Marginal differences were found for Theme 1, hearing, $\chi^2(1)=3.43$, $p=.064$, $\phi=.239$ and Theme 2, vision, $\chi^2(1)=3.43$, $p=.064$, $\phi=.239$, with younger adults reporting hearing impairments less frequently, but vision impairments more frequently than middle-aged adults. Theme 5, future me, was significantly mentioned more frequently by middle-aged adults $\chi^2(1)=4.91$, $p_{(Fisher)}=.024$, $\phi=.286$, which was also marginally the case for Theme 6, empathy and insight $\chi^2(1)=3.33$, $p_{(Fisher)}=.077$, $\phi=.236$, which was *not mentioned at all* by young adults, but by 15% of middle-aged adults. For negative affect, although not statistically significant, descriptive results indicate 20% mentions among middle-aged vs. only 5% among young adults.

Discussion

Following a mixed-method approach, we investigated the effects of wearing an age simulation suit on both general and personal views on aging in an age-diverse sample (study 1) and explored spontaneous associations among young adults versus middle-aged adults (study 2).

Effects on Views on Aging

In the standardized pre- to post-assessments of views on aging, significant negative changes in both general and personal views on aging were observed with small to medium-sized effects. More specifically, participants reported more negative and less positive views regarding old people as a group after wearing the suit vs. before. With respect to personal views, participants analogously expected more age-related losses and less age-related gains in post-assessment compared to the pretest. The negative shift in general views on aging found in our study is partly contradicting research that found predominantly small positive effects on general attitudes towards older adults, as summarized in recent reviews (e.g., Gerhardy et al., 2022). This might be due to a number of differences between our study and previous research in the area. First, social desirability might have played a more important role in previous studies, as study goals were often explicitly declared (i.e. age simulation as part of a workshop to improve care, gain insight or/or improve empathy). Second, previous studies mostly included selective samples, young health care professionals in particular, who might react differently compared to our more diverse samples including various professions and age-groups. Third, there are measurement and design differences, as studies used quite diverse instruments (see Gerhardy et al., 2022). Forth, note once again that more sophisticated designs produced no or even negative effects in the previous research (Cheng et al., 2020; Jeong & Kwon, 2020; Lucchetti et al., 2017).

For personal views, our findings mirror the scarce previous findings of Henry et al. (2011) who found higher fear of losses after an aging game (without suit) and Schmidt et al. (2022) who reported negative shifts in (personal) aging-related cognitions. Further, even if our study only provides insights into short-term effects, it suggests caution in using age-simulation as an educational means, because negative effects on views on aging might be a relevant side effect with importance for the wearers' everyday life planning. For example, more negative views of oneself as an older person

predicted less preparation for age-related changes, e.g. in the domain of health, in cross-sectional and longitudinal studies (Kornadt et al., 2015; Park et al., 2019). The observed sex differences, with women reporting more loss-related views after the simulation (but not before) with a medium-sized effect, might be due to the standardized weights of the suit that pose a proportional higher burden in relation to body weight and strength for most women. However, there might also be a relation to what Susan Sontag (1972) coined the double standard of aging, suggesting that an ageing woman is judged more harshly than an ageing man, and that ageist norms thus are internalized differently. This has received empirical support, e.g., Clarke & Korotchenko (2011) found in their review article that men are less concerned than women about their ageing appearances or age-related changes in their bodies.

Moreover, our data indicate that participants with higher education experienced a smaller negative shift in personal losses. This stronger negative among less educated participants might be due to observing less privileged older adults with lower socio-economic status in their social environment, less differentiated pictures of older adults and the aging process, and/or lower self-efficacy or control-beliefs, that have been associated with more negative future self-views (Park et al., 2019).

Interpretation of Qualitative Results

Comparing the directed open question in study 1 (that asked to name the most burdensome features) with the undirected open format in study 2 yielded some analogous results with respect to impairments in hearing, vision, and strain/coordination that were also mentioned frequently in the spontaneous associations. However, study 2 provided more in-depth findings on psychological effects of the suit, namely negative affect, future me, and empathy/insight. Middle-aged adults reported significantly more future-related thoughts and (marginally) more empathy and insight towards older people than younger adults. In other words, middle-aged to young-old adults were more concerned with their emotions, future-self and older people than young adults who focused mainly on physical aspects. For example, for some middle-aged adults the change of perspective driven by the suit resulted in negative emotions because they imagined that their older loved ones face very similar struggles in daily life as they did when wearing the suit, and, additionally, the first-hand experience helped some middle-aged participants to critically reflect on their day to day perception and expectations of older people.

Middle-aged to young-old adults find themselves in a stage of life where they experience first aging-related changes and additionally, see their parents or other family members age and might even act as caregivers to them. They might have accompanied relatives through their last years, therefore directly observing changes and declines in late stages of a person's life. As a consequence of these first-hand aging experiences, the perhaps closer relationship to aging relatives and observations of old age and death, there might have been a tendency of middle-aged and young-old adults to mention negative psychological effects, future-self related thoughts and empathy or insight more frequently than young adults. Statements concerning their future-self or other older people were predominantly negative, e.g., worrying about their own future or pitying older people.

If there is truth in this interpretation, it would indicate that the effect that the aging suit has on middle-aged adults might be more intense and also more diverse than the effect on young adults. These findings are in line with previous literature that indicates an increased sensitivity of middle-aged adults to age-related changes and age stereotypes. As argued by Miche et al. (2014) experiencing age-related changes might be seen as more normative as people age, hence leading to greater sensitivity. This might in turn lead to more negative perceptions of one's own aging. In accordance with stereotype embodiment theory by Levy (2009), study results by Kornadt et al. (2017) suggest that negative age stereotypes become internalized over time and a part of a person's self-concept and that internalization is particularly strong among middle-aged adults.

In sum, our study might be seen as support for those who have an ambivalent attitude toward using an age simulation suit. For younger adults, particularly those aiming to become care professionals, positive effects in domains such as empathy and gaining a better internal view of what aging means cannot be seen as isolated from negative shifts in general and personal age views. Given that young adults are still far from old age, this might not be evaluated as a major issue. In some contrast, the effects in middle-aged adults seem emotionally more intensive than in younger adults and mid-age is a life period with heightened sensitivity to incorporating negative age views. Therefore, offering the aging suit as a large-scale educative means may better focus on younger adults. Still, it might also serve in mid-aged adults and potentially family care givers as a starting point for prevention and interventions such as proactive home modification in potentially family care receivers.

Strengths and Limitations

The present work contributed to existing literature in several ways. First, it is, to the best of our knowledge, the first study to examine both general and personal views on aging within standardized anonymous pre-post questionnaires, and additionally, qualitative data through open interviews and subsequent thematic analysis. Furthermore, the studies were not advertised as interventions to gain insight or empathy but foremost as a self-experience (study 1) and a motion study (study 2) which might have prevented biased answers alongside reducing the risk of social desirability. Consequently, the interview question in study 2 was undirected, leaving room to report any association that came to mind. Moreover, an age-diverse sample (study 1) and two age groups (study 2) were recruited, to overcome the bias of previous samples of young healthcare professionals. However, several limitations need to be discussed. In study 1, a passive control group without the aging suit but with analogous pre- and post-tests would have been desirable. In study 2, the smaller sample size posed an issue when conducting Chi-Squared tests, leading to interpretational limits. The sample of $N=60$ met the estimated sample size for detecting medium-to-large effects but was not sufficient to detect small-to-medium sized effects. Hence, a larger sample size might have led to more significant than (partly) marginal effects, and would have allowed a more detailed description of the data. Moreover, the themes and the counts alone do not reflect to which extent participants talked about certain aspects of the simulation. Considering data coding, there were some interpretational issues due to ambiguous statements, foremost due to the German “man” phrasing (here translated with a general “you”). “Man” describes a general person but can be used as a reference to oneself. Consequently, it was, at times, difficult to distinguish whether participants were really talking about themselves or any general person.

Implications and Outlook

Although aging suits are increasingly promoted to improve empathy or attitudes toward older adults, research on psychological effects as the current one suggests that some ambivalence is in place for using the suit as a large-scale educational means. To prevent or counteract possible negative effects, a focused debriefing and setting experiences made in perspective to what we know on age stereotypes and their negative effects seem in place.

Funding: The second study in this work was supported by the Carl Zeiss Foundation (HeiAge, Grant No. 0563–2.8/738/2).

Data availability statement: The datasets generated during and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Ethics declaration:

The authors declare no competing interests.

References

- Baltes, P. B., & Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: from successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology*, *49*(2), 123-135. <https://doi.org/10.1159/000067946>
- Bowden, A., Chang, H. R., Wilson, V., & Traynor, V. (2021). The impact of ageing simulation education on healthcare professionals to promote person-centred care towards older people: A literature review. *Nurse Educ Pract*, *53*, 103077. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103077>
- Bowden, A., Wilson, V., Traynor, V., & Chang, H.-C. R. (2020). Exploring the use of ageing simulation to enable nurses to gain insight into what it is like to be an older person. *Journal of clinical nursing*, *29*(23-24), 4561–4572. <https://doi.org/10.1111/jocn.15484>
- Brandtstädter, J., & Wentura, D. (1994). Veränderungen der Zeit- und Zukunftsperspektive im Übergang zum höheren Erwachsenenalter: entwicklungspsychologische und differentielle Aspekte. [Changes in time perspectives and attitudes toward the future during the transition to later adulthood: Developmental psychology and differential aspects.]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *26*(1), 2-21.
- Chen, A. M. H., Plake, K. S., Yehle, K. S., & Kiersma, M. E. (2011). Impact of the geriatric medication game on pharmacy students' attitudes toward older adults. *American Journal of Pharmaceutical Education*, *75*(8), 158. <https://doi.org/10.5688/ajpe758158>
- Cheng, W. L.-S., Ma, P. K., Lam, Y. Y., Ng, K. C., Ling, T. K., Yau, W. H., Chui, Y. W., Tsui, H. M., & Li, P. P. (2020). Effects of Senior Simulation Suit Programme on nursing students' attitudes towards older adults: A randomized controlled trial. *Nurse Education Today*, *88*. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104330>
- Clarke, L. H., & Korotchenko, A. (2011). Aging and the Body: A Review. *Canadian Journal on Aging / La Revue canadienne du vieillissement*, *30*(3), 495-510. <https://doi.org/10.1017/S0714980811000274>
- Diehl, M., Brothers, A. F., & Wahl, H.-W. (2021). Self-perceptions and awareness of aging: past, present, and future. In K. W. Schaie & S. L. Willis (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging (Ninth Edition)* (pp. 155-179). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816094-7.00001-5>
- Eost-Telling, C., Kingston, P., Taylor, L., & Emmerson, L. (2020). Ageing simulation in health and social care education: A mixed methods systematic review. *Journal of Advanced Nursing*. <https://doi.org/10.1111/jan.14577>
- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., & Schmidt, L. I. (2022). Effects of age simulation suits on psychological and physical outcomes: a systematic review. *European Journal of Ageing*, *19*(4), 953-976. <https://doi.org/10.1007/s10433-022-00722-1>
- Gerhardy, T. H., Schlomann, A., Wahl, H.-W., Sloot, L. H., & Schmidt, L. I. (under review). Aging in 10 Minutes: Do age simulation suits mimic physical decline in old age? Comparing experimental data with established reference data. *Experimental aging research*.
- Gluth, S., Ebner, N. C., & Schmiedek, F. (2010). Attitudes toward younger and older adults: The German Aging Semantic Differential. *International Journal of Behavioral Development*, *34*(2), 147-158. <https://doi.org/10.1177/0165025409350947>
- Han, A., & Kim, T. H. (2021). A simulation-based empathy enhancement program for non-medical care providers of older adults: A mixed-methods study. *Psychiatry Investig*, *18*(2), 132-139. <https://doi.org/10.30773/pi.2020.0290>
- Henry, B. W., Ozier, A. D., & Johnson, A. (2011). Empathetic Responses and Attitudes about Older Adults: How Experience with the Aging Game Measures Up. *Educational Gerontology*, *37*(10), 924-941. <https://doi.org/10.1080/03601277.2010.495540>
- Jeong, H., & Kwon, H. (2020). Long-term effects of an aging suit experience on nursing college students. *Nurse education in practice*, *50*, 102923. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102923>
- Jeong, H., Lee, Y., & Kwon, H. (2017). Effects of Senior Simulation Program for Nursing Students: An integrated study in South Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(8). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00936a>
- Kornadt, A. E., & Rothermund, K. (2011). Contexts of aging: Assessing evaluative age stereotypes in different life domains. *The Journals of Gerontology: Series B*, *66B*(5), 547-556. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbr036>

- Kornadt, A. E., Voss, P., & Rothermund, K. (2015). Hope for the best, prepare for the worst? Future self-views and preparation for age-related changes. *Psychology and Aging, 30*(4), 967-976. <https://doi.org/10.1037/pag0000048>
- Kornadt, A. E., Voss, P., & Rothermund, K. (2017). Age stereotypes and self-views revisited: Patterns of internalization and projection processes across the life span. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences, 72*. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbv099>
- Kotter-Grühn, D., Kleinspehn-Ammerlahn, A., Gerstorf, D., & Smith, J. (2009). Self-perceptions of aging predict mortality and change with approaching death: 16-year longitudinal results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging, 24*, 654-667. <https://doi.org/10.1037/a0016510>
- Kruse, A., & Schmitt, E. (2006). A multidimensional scale for the measurement of agreement with age stereotypes and the salience of age in social interaction. *Ageing & Society, 26*(3), 393-411. <https://doi.org/10.1017/S0144686X06004703>
- Lachman, M. E. (2015). Mind the gap in the middle: A call to study midlife. *Res Hum Dev, 12*(3-4), 327-334. <https://doi.org/10.1080/15427609.2015.1068048>
- Lee, S. W. H., & Teh, P.-L. (2020). "Suiting up" to enhance empathy toward aging: A randomized controlled study. *Front Public Health, 8*, 376. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00376>
- Levy, B. (2009). Stereotype embodiment: A psychosocial approach to aging. *Current Directions in Psychological Science, 18*(6), 332-336. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01662.x>
- Levy, B. R., & Myers, L. M. (2004). Preventive health behaviors influenced by self-perceptions of aging. *Preventive Medicine, 39*(3), 625-629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.02.029>
- Lucchetti, A. L., Lucchetti, G., Oliveira, I. N. d., Moreira-Almeida, A., & da Silva Ezequiel, O. (2017). Experiencing aging or demystifying myths? - impact of different "geriatrics and gerontology" teaching strategies in first year medical students. *Bmc Medical Education, 17*(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-0872-9>
- Miche, M., Elsässer, V. C., Schilling, O. K., & Wahl, H. W. (2014). Attitude toward own aging in midlife and early old age over a 12-year period: examination of measurement equivalence and developmental trajectories. *Psychol Aging, 29*(3), 588-600. <https://doi.org/10.1037/a0037259>
- Nakamura, J. S., Hong, J. H., Smith, J., Chopik, W. J., Chen, Y., VanderWeele, T. J., & Kim, E. S. (2022). Associations between satisfaction with aging and health and well-being outcomes among older US adults. *JAMA Network Open, 5*(2), e2147797-e2147797. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.47797>
- Park, J., Fung, H. H., Rothermund, K., & Hess, T. M. (2019). The Impact of Perceived Control and Future-Self Views on Preparing for the Old Age: Moderating Influences of Age, Culture, and Context. *The Journals of Gerontology: Series B, 75*(5), e18-e28. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbz138>
- Robertson, D. A., King-Kallimanis, B. L., & Kenny, R. A. (2016). Negative perceptions of aging predict longitudinal decline in cognitive function. *Psychology and Aging, 31*(1), 71-81. <https://doi.org/10.1037/pag0000061>
- Sargent-Cox, K. A., Anstey, K. J., & Luszcz, M. A. (2012). The relationship between change in self-perceptions of aging and physical functioning in older adults. *Psychol Aging, 27*(3), 750-760. <https://doi.org/10.1037/a0027578>
- Schmidt, L. I., Schlomann, A., Gerhardy, T., & Wahl, H. W. (2022). "Aging means to me... that I feel lonely more often"? An experimental study on the effects of age simulation regarding views on aging. *Frontiers in Psychology, 13*, 806233. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.806233>
- Schwarzer, R. (2001). Social-cognitive factors in changing health-related behaviors. *Current Directions in Psychological Science, 10*, 47-51. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00112>
- Sontag, S. (1972). The Double Standard of Aging. In L. R. Allmann (Ed.), *Readings in adult psychology* (pp. 285-294). New York: Harper and Row.
- Steverink, N., Westerhof, G. J., Bode, C., & Dittmann-Kohli, F. (2001). The personal experience of aging, individual resources, and subjective well-being. *The Journals of Gerontology: Series B, 56*(6), 364-373. <https://doi.org/10.1093/geronb/56.6.P364>
- Wahl, H.-W., & Kornadt, A. E. (2022). Experimental Studies on Subjective Views of Aging: Overview, Challenges, and Future Directions. In Y. Palgi, A. Shrira, & M. Diehl (Eds.),

Subjective Views of Aging: Theory, Research, and Practice (pp. 249-266). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11073-3_14

Westerhof, G. J., Nehr Korn-Bailey, A. M., Tseng, H. Y., Brothers, A., Siebert, J. S., Wurm, S., Wahl, H. W., & Diehl, M. (2023). Longitudinal effects of subjective aging on health and longevity: An updated meta-analysis. *Psychol Aging*, 38(3), 147-166. <https://doi.org/10.1037/pag0000737>

Table und Figure Captions

Table 1. Age measures with and without the age simulation suit (Study 1 and 2)

Table 2. General and personal views on aging before and after the age simulation (Study 1)

Table 3. Additional examples of quotes while wearing the age simulation suit for each theme (Study 2)

Figure 1. Frequency of themes among young and middle-aged adults (Study 2)

Table 1. Age measures with and without the age simulation suit (Study 1 and 2)

<i>Variable</i>	Study 1		Study 2, young		Study 2, middle-aged	
	Min-Max	<i>M (SD)</i>	Min-Max	<i>M (SD)</i>	Min-Max	<i>M (SD)</i>
Chronological Age	18-74	37.2 (15.4)	20-38	24.8 (4.3)	40- 75	60.8 (6.9)
Subjective Age ^a	16-72	32.4 (12.5)	20-40	24.6 (4.6)	30- 69	51.6 (10.1)
Subjective Age Suit ^b	30-90	73.3 (11.4)	38-85	71.1 (12.9)	50-100	81.1 (9.6)
Instant aging effect ^c	0-70	41.6 (15.8)	13-65	46.2 (15.5)	2- 60	29.7 (13.0)

Note: *N* (study 1) = 165, *N* (study 2, young adults) = 22, *N* (study 2, middle-aged adults) = 41.

^ageneral subjective age (“How old do you feel?”), ^bsubjective age while wearing the suit (“How old do you feel with the suit?”). ^cdifference score: subjective age with the suit minus general subjective age.

Table 2. General and personal views on aging before and after the age simulation (Study 1)

	M_{pre}	SD_{pre}	M_{post}	SD_{post}	t	p	Cohen's d [95% CI]
<i>General views on aging</i>							
Negative views	2.08	.58	2.27	.58	-4.37	.000	-.39 [-.57;-.21]
Positive views	2.28	.51	2.13	.54	3.38	.001	.30 [.12; .48]
<i>Personal views on aging</i>							
Loss-related views	2.28	.66	2.43	.65	-3.05	.003	-.27 [-.45;-.09]
Gain-related views	2.44	.51	2.23	.59	4.96	.000	.44 [.26; .63]

Note: $N = 126$.

General views (“many old people are...”) were assessed on a scale from 0=strongly disagree to 4= strongly agree; subscales: negative views and positive views.

Personal view on aging (“aging means to me...”) were assessed on a scale from 0=strongly disagree to 4= strongly agree; subscales: loss-related views and gain-related views.

Table 3. Additional examples of quotes while wearing the age simulation suit for each theme (Study 2)

Description of themes (agreement rates)	Example quotes
Theme 1: hearing (95% agreement)	Everything was more tiring, duller. Even the movements themselves, even now when you talk, you hear yourself muffled and you perceive yourself completely differently.” (T003)
Theme 2: vision (96.7% agreement)	“To me, the worst feature of this suit is actually the insufficient sensory perception of eyes and ears.” (E4064)
Theme 3: strain and coordination (86.7% agreement)	“To me, the heavy legs were the worst. That you don’t have control over them, (incomp.) [that there] is a distinct gait disturbance.” (E4131)
Theme 4: negative affect (88.3% agreement)	„That does make you a little sad, I have to say, when the visual field is (tinted) yellow.” (T016) “I feel considerably older. That is very distressing.” (E4201)
Theme 5: future me (86.7% agreement)	“You hope that if you get really old that you don’t have these limitations that you experience through this additional equipment.” (T4081) “(…) but I can imagine that this is how it really is in old age. When you can’t do things like you used to, when your legs are heavy or perhaps you’re also in pain and you simply can’t perform the movements anymore.” (T4051)
Theme 6: empathy and insight (93.3% agreement)	“I’m relating all of this a lot to my 93 year old mother in-law who is exactly in this condition. Therefore, this was very frustrating to me. If this is the reality I feel even more sorry for her than I already do.” (E4225) “Then you do realize how the demands you place on somebody who might present themselves as very fit but actually experience these limitations (…) how it can burden them to carry three or two grocery bags home or to go to the train carrying a suitcase, or simple tasks like taking out the trash or going down some stairs.” (T4124)
Theme 7: other associations (86.7% agreement)	“I am a diver and before you go into the water, right this moment that’s what this feels like. You’re so heavy, you’re have all the lead and yes, that’s why I feel like finally going into the water so that it gets lighter.” (T004) “[It] definitely rather felt like sports training as soon as the headphones and (…) the goggles were off.” (T009) “When I think about some people perhaps carrying this weight as bodyweight then I think to myself: Good heavens! Well, I will aim to lose some more kilos myself. Because it really is straining for your body to carry so much weight.” (E4098) “Perhaps you walk like this when you’ve got a certain alcohol level in your blood. It was a little difficult to walk in a straight line” (E4098)

Note: Qualitative data was assessed through one open question (i.e., “What was it like for you to wear this suit?”). Codes were generated by two independent reviewers (LIS and LCS).

Figure 1.

Frequency of themes among young and middle-aged adults (Study 2)

