

bfu-Report Nr. 74

Wirksamkeit eines Trainingsprogramms zur Sturzprävention



Autoren:
André Lacroix, Reto W. Kressig, Thomas Mühlbauer, Othmar Brügger, Urs Granacher

Bern 2016



Wirksamkeit eines Trainings- programms zur Sturzprävention

Effekte eines «Best-Practice-Modells» auf intrinsische Sturz-
risikofaktoren bei gesunden älteren Personen

Autoren



André Lacroix

Sportwissenschaftler (M.A.), Universität Potsdam, lacroix@uni-potsdam.de

Studium der Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls Universität Tübingen und der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg von 2006 bis 2012. Von 2013 bis 2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam. Seit Juni 2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Agaplesion Bethanien Krankenhaus Heidelberg GmbH. Schwerpunkte: Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter, Kraft- und Gleichgewichtstraining, Sturzprävention.



Reto W. Kressig

Prof. Dr. med., Universität Basel, retow.kressig@fps-basel.ch

Seit 2006 Professor und Lehrstuhlinhaber für Geriatrie an der Universität Basel, als Chefarzt und Bereichsleiter leitet er die schweizweit grösste Universitäre Altersmedizin am Felix Platter-Spital. Seine akademische und klinische Ausbildung zum Internisten, Geriater und Lehrstuhlinhaber durchlief er in Zürich, Brugg, St. Gallen, Valens, Genf und Atlanta (USA). Er ist Autor von über 100 wissenschaftlichen Publikationen zu den Schwerpunkt-Altersthemen Gangsicherheit, Mobilität, Ernährung und Demenz.



Thomas Mühlbauer

PD Dr., Akademischer Mitarbeiter, Universität Potsdam, tmuehlba@uni-potsdam.de

Dipl. Sportlehrer; Studium Sportwissenschaft mit den Schwerpunkten Rehabilitation, Sporttherapie und Behindertensport an der Universität Leipzig. Absolvierung von Lehr- und Forschungsaufenthalten an den Universitäten Basel und Jena sowie der Texas A&M University. Seit 2012 Akademischer Mitarbeiter in der Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam.



Othmar Brügger

Teamleiter Forschung Sport und Haus/Freizeit, bfu, o.bruegger@bfu.ch

MSc ETH Bew.-wiss., Dipl. Turn- und Sportlehrer Dipl. II, Swiss Olympic Trainer Spitzensport. Seit 2003 tätig als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung. Forschung, seit 2008 stellvertretender Leiter dieser Abteilung. Schwerpunkte: Unfallschwerpunkte im Sport, Evaluation von Sicherheitsmassnahmen, Entwicklung Schutzartikel.



Urs Granacher

Prof. Dr. phil. habil., Universität Potsdam, urs.granacher@uni-potsdam.de

Urs Granacher absolvierte die Staatsexamen in Sportwissenschaft, Germanistik und Anglistik an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. bzw. am Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Freiburg i. Br., wo er auch promovierte und habilitierte. Lehr- und Forschungsaufenthalte folgten an den Universitäten Basel und Jena sowie an der Memorial University of Newfoundland, Kanada. Seit 2012 ist er Professor für Trainings- und Bewegungswissenschaft an der Universität Potsdam.

Impressum

Herausgeberin	bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach CH-3001 Bern Tel. +41 31 390 22 22 Fax +41 31 390 22 30 info@bfu.ch www.bfu.ch Bezug auf www.bestellen.bfu.ch, Art.-Nr. 2.272
Autoren	André Lacroix, Sportwiss. M.A., Universität Potsdam Reto W. Kressig, Prof. Dr. med., Universitätsspital Basel Thomas Mühlbauer, PD Dr., Universität Potsdam Othmar Brügger, MSc ETH Bew.-wiss., Teamleiter Forschung Sport und Haus/Freizeit, bfu Urs Granacher, Prof. Dr. phil. habil., Universität Potsdam
Projektteam	Stefan Siegrist, Dr. phil., EMBA, Leiter Forschung/Beratung/Produktesicherheit, Stv. Direktor, bfu Frank I. Michel, ehemaliger Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu Barbara Pfenninger, Wissenschaftliche Mitarbeiterin Haus/Freizeit, bfu Andrea Herrmann, Projektassistentin Forschung, bfu
Redaktion	Othmar Brügger, MSc ETH Bew.-wiss., Teamleiter Forschung Sport und Haus/Freizeit, bfu
Druck/Auflage	Bubenberg Druck- und Verlags-AG, Monbijoustrasse 61, CH-3007 Bern 1/2016/400 Gedruckt auf FSC-Papier
© bfu 2016	Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe (s. Zitationsvorschlag) gestattet.
Zitationsvorschlag	Lacroix A, Kressig RW, Mühlbauer T, Brügger O, Granacher U. <i>Wirksamkeit eines Trainingsprogramms zur Sturzprävention: Effekte eines «Best-Practice-Modells» auf intrinsische Sturzrisikofaktoren bei gesunden älteren Personen</i> . Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2016. bfu-Report 74. ISBN 978-3-906173-92-4 DOI 10.13100/bfu.2.272.01 Der vorliegende Abschlussbericht ergänzt den im Oktober 2014 herausgegebenen Bericht (bfu-Grundlagen 2.248.01) um die Darstellung weiterer Testergebnisse sowie um die Analyse des Detrainingszeitraums. Wissenschaftliche Artikel zur Studie: Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A Best Practice Fall Prevention Exercise Program to Improve Balance, Strength / Power, and Psychosocial Health in Older Adults: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. <i>BMC Geriatrics</i> . 2013. 13.105. DOI: 10.1186/1471-2318-13-105. Lacroix, A, Kressig, RW, Muehlbauer T, Gschwind, YJ, Pfenninger B, Bruegger O, Granacher U. Effects of a Supervised versus an Unsupervised Combined Balance and Strength Training Program on Balance and Muscle Power in Healthy Older Adults: A Randomized Controlled Trial. <i>Gerontology</i> . 2016. 62(3). DOI: 10.1159/000442087 Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir darauf, konsequent die männliche und weibliche Formulierung zu verwenden. Wir bitten die Lesenden um Verständnis.

Vorwort

Fachleute sowie Betroffene und ihre Angehörigen kennen die drastischen Folgen von Stürzen bei älteren Personen. Bei jährlich weit über 3000 Personen führt eine sturzbedingte Hüftfraktur zu einer – meist massiven – Verschlechterung des Mobilitätsniveaus und der Lebensqualität. Immer mehr drängt dieses bedeutende Gesundheitsproblem mit seinen Folgekosten auch ins Bewusstsein der Bevölkerung.

Dass, regelmässig durchgeführt, risikoarme Bewegung im Alltag die Sturzgefahr reduziert, ist unbestritten. Die bfu wollte darüber hinaus wissen, ob und unter welchen Umständen punktuelle, wiederholte Gleichgewichts- und Kraftübungen das Sturzrisiko positiv beeinflussen. In einem ersten Schritt hat sie gemeinsam mit namhaften Experten, u. a. den Exponenten des interkantonalen Projekts «Via – Best Practice Gesundheitsförderung im Alter», ein Übungsportfolio erarbeitet und dieses nun auf seine Wirkung hin untersuchen lassen.

Der vorliegende Forschungsbericht resultiert aus einer in jeder Hinsicht erfreulichen Zusammenarbeit zwischen der Universität Potsdam (Prof. Dr. Urs Granacher), der bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung (Othmar Brügger) sowie der Universität Basel und dem Universitären Zentrum für Altersmedizin und Rehabilitation am Felix Platter Spital in Basel (Prof. Dr. med. Reto W. Kressig).

Die Autoren ziehen ein positives Fazit: «Gesundheitsversorgern, Fachkräften und Übungsleitern steht mit dem untersuchten Übungsportfolio ein wissenschaftlich evaluiertes, sicheres und effektiv durchzuführendes Trainingsprogramm zur Sturzprävention für gesunde, ältere (selbstständig lebende) Menschen zur Verfügung».

Unter Anleitung erzielen wiederholte Kraft- und Gleichgewichtsübungen eine präventive Wirkung. Die bfu hat diesen «Steilpass» aufgenommen: Im Jahr 2016 wird sie zusammen mit Pro Senectute und weiteren Partnern das Sturztraining sowie betreute Trainingsmöglichkeiten einer breiten Öffentlichkeit bekannt machen.

bfu



Stefan Siegrist, Dr. phil., EMBA

Leiter Forschung/Beratung/Produktesicherheit

Stv. Direktor

Inhalt

Vorwort	5
I. Kurzfassung / Version abrégée / Riassunto / Condensed version	9
1. Wirksamkeit eines Trainingsprogramms zur Sturzprävention	9
2. Efficacité d'un programme d'entraînement destiné à prévenir les chutes	11
3. Efficacia di un programma d'allenamento per la prevenzione delle cadute	13
4. Efficacy of a fall-prevention training programme	15
II. Einleitung und Zielsetzung	17
III. Methode	20
1. Stichprobe	20
2. Trainingsintervention	22
3. Testablauf	23
4. Tests	24
4.1 Beurteilung des Gleichgewichts	24
4.2 Beurteilung der Kraft/Schnellkraft	25
4.3 Beurteilung der Körperzusammensetzung	26
4.4 Fragebögen	27
4.4.1 Mini Mental State Examination (MMSE)	27
4.4.2 Clock Drawing Test (CDT)	27
4.4.3 Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität (FFKA)	27
4.4.4 Falls Efficacy Scale International (FES-I)	27
4.4.5 Digit Symbol Substitution Test (DSST)	27
4.4.6 World Health Organization Quality of Life-bref (WHOQoL-bref)	27
5. Statistische Analyse	28
IV. Ergebnisse	29
1. Effekte der Trainingsphase	29
1.1 Interventionseffekte auf das Gleichgewicht	29
1.1.1 Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht	29
1.1.2 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen ohne Zusatzaufgabe	30
1.1.3 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen mit Zusatzaufgabe	30
1.1.4 Proaktives Gleichgewicht	31
1.1.5 Reaktives Gleichgewicht	31

1.2	Interventionseffekte auf die Kraft/Schnellkraft	31
1.3	Körperzusammensetzung	32
1.4	Fragebögen	33
1.4.1	Falls Efficacy Scale International	33
1.4.2	Digit Symbol Substitution Test	33
1.4.3	World Health Organization Quality of Life-bref	33
2.	Effekte der Detrainingsphase	33
2.1	Detrainingseffekte auf das Gleichgewicht	33
2.1.1	Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht	33
2.1.2	Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen ohne Zusatzaufgabe	33
2.1.3	Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen mit Zusatzaufgabe	34
2.1.4	Proaktives Gleichgewicht	34
2.1.5	Reaktives Gleichgewicht	35
2.2	Detrainingseffekte auf die Kraft/Schnellkraft	35
2.3	Körperzusammensetzung	36
2.4	Fragebögen	36
2.4.1	Falls Efficacy Scale International	36
2.4.2	Digit Symbol Substitution Test	36
2.4.3	World Health Organization Quality of Life-bref	36
V.	Diskussion	37
1.	Interventionseffekte	38
2.	Detrainingseffekte	42
VI.	Fazit	43
VII.	Anhang	44
	Quellen	49
	bfu-Reports	55

I. Kurzfassung / Version abrégée / Riassunto / Condensed version

1. Wirksamkeit eines Trainingsprogramms zur Sturzprävention

Alterungsprozesse führen zu Verlusten an Muskelkraft und Muskelmasse sowie zu Defiziten der statischen und v. a. dynamischen posturalen Kontrolle. Solche Verluste stehen in Zusammenhang mit einer beeinträchtigten funktionalen Leistungsfähigkeit und einem erhöhten Sturzrisiko. Ein kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining hat das Potenzial, die Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten sowie die statische und dynamische posturale Kontrolle zu verbessern. Unklar sind jedoch die Effekte eines Trainings unter professioneller Anleitung (Supervision) gegenüber einem nicht angeleiteten (selbständigen) Heimtraining.

Das Ziel der Studie war die Überprüfung der Effekte eines zwölfwöchigen kombinierten Kraft- und Gleichgewichtstrainings auf Variablen des statischen und dynamischen Gleichgewichts sowie der Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten bei gesunden älteren Menschen (> 65 Jahre). Dabei wurden zwei angeleitete mit einer nicht angeleiteten Trainingsgruppe verglichen.

Gesunde ältere Personen (N = 72; 65- bis 80-jährig) wurden randomisiert in eine angeleitete Trainingsgruppe (INT1), eine nicht angeleitete Trainingsgruppe (HEIM) und eine Kontrollgruppe (KG) eingeteilt:

- INT1: zweimal angeleitetes Training + einmal nicht angeleitetes Heimtraining/Woche
- HEIM: dreimal nicht angeleitetes Heimtraining/Woche

- KG: kein Training

Nach Beendigung erhielten die Teilnehmer (TN) der KG ein einmal pro Woche angeleitetes Gruppentraining und zweimal pro Woche nicht angeleitetes Heimtraining (INT2).

Die folgenden Parameter wurden vor (prä), nach (post) und 12 Wochen nach dem Interventionszeitraum (follow-up; nur INT1, HEIM und KG) erhoben:

- statisch-kontinuierliches (mod. Romberg-Test)
- dynamisch-kontinuierliches (10-m-Gangtest)
- proaktives (Timed-Up-And-Go-Test, Functional Reach-Test)
- reaktives Gleichgewicht (medio-lateraler Störreiz; Push-And-Release-Test)
- Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten (Chair-Stand-Test, Stair-Ascent-And-Descent-Test)

Zusätzlich wurden mittels Fragebogenanalyse Sturzangst, kognitive Funktion, Lebensqualität und die Körperzusammensetzung unter Verwendung der Bioimpedanzanalyse evaluiert.

Die Trainingsteilnahme betrug 92 % in INT1 und INT2 sowie 97 % in HEIM (selbstberichtet). Signifikante Interaktionseffekte wurden u. a. für:

- den Romberg-Test (zugunsten INT1, INT2 und HEIM) gefunden
- die Doppelschrittggeschwindigkeit (zugunsten INT1, INT2 und HEIM)
- den Timed-Up-And-Go-Test (zugunsten INT1, INT2 und HEIM)

- den Functional-Reach-Test (zugunsten INT1, INT2 und HEIM)
- den Push-And-Release-Test (zugunsten INT1, INT2 und HEIM)
- den Chair-Stand-Test (zugunsten INT1, INT2 und HEIM)
- den Stair-Ascent-Test (zugunsten INT1 und HEIM) sowie
- den Stair-Descent-Test (zugunsten INT1 und HEIM)

Von den 14 Variablen, die einen signifikanten Interaktionseffekt (Trainingszeitraum) zeigten, verbesserte sich INT1 von prä nach post in 13, INT2 in 7, HEIM in 9 und KG in 3 Variablen. Für alle Variablen ergaben sich grössere Prä-Post-Effekte (Cohen's d) für INT1 im Vergleich zu INT2 und HEIM. Zusätzlich zeigten alle Interventionsgruppen grössere Effekte als die KG, mit Ausnahme des Variationskoeffizienten beim Gehen und der Leistung im Stair-Ascent-Test und Stair-Descent-Test. Von den 15 Variablen, die einen signifikanten Interaktionseffekt aufwiesen, verbesserte sich INT1 von prä nach follow-up (Detrainingszeitraum) in 13, HEIM in 10 und KG in 4 Variablen. Wiederum waren die Effekte von prä nach follow-up in INT1 bei den meisten Parametern grösser verglichen mit HEIM und KG, ausser beim Stair-Descent-Test, bei dem HEIM vor INT1 lag.

Das angewendete Programm erwies sich als eine für die Zielgruppe sichere Intervention (keine trainingsbedingten Verletzungen) zur Verminderung wichtiger intrinsischer Sturzrisikofaktoren. Das zweimal pro Woche angeleitete Training war den anderen Gruppeninterventionen überlegen. Da das Trainingsprogramm nur wenige Hilfsmittel benötigt, kann es einfach in die klinische Praxis übernommen werden.

2. Efficacité d'un programme d'entraînement destiné à prévenir les chutes

Le vieillissement induit une perte de la force et de la masse musculaires ainsi qu'un déficit du contrôle postural statique et, plus encore, dynamique. Pareilles altérations se traduisent par la baisse des capacités fonctionnelles et par l'augmentation du risque de chute. Or, un entraînement combiné de la force et de l'équilibre est susceptible de donner lieu à une amélioration de la force/force-vitesse des extrémités inférieures ainsi qu'à un meilleur contrôle postural tant statique que dynamique. Toutefois, les effets d'un entraînement supervisé (c.-à-d. réalisé sous la houlette d'un instructeur qualifié) par rapport à ceux d'un entraînement autonome à domicile (non supervisé) ne sont pas clairs.

L'étude visait à examiner les effets d'un entraînement de 12 semaines combinant force et équilibre sur des variables de l'équilibre statique et dynamique ainsi que de la force/force-vitesse des extrémités inférieures de personnes âgées saines (> 65 ans). A cet effet, elle a comparé les résultats obtenus pour deux groupes soumis à un entraînement supervisé à ceux d'un groupe non supervisé.

Des personnes âgées saines (N = 72; âge compris entre 65 et 80 ans) ont été réparties aléatoirement en trois groupes d'entraînement, un groupe supervisé (INT1), un groupe non supervisé (HEIM) et un groupe témoin (KG):

- INT1: 2 entraînements supervisés + 1 entraînement à domicile non supervisé par semaine
- HEIM: 3 entraînements à domicile non supervisés par semaine
- KG: pas d'entraînement

Au terme des 12 semaines, les membres du groupe témoin ont été soumis à l'entraînement suivant: 1 entraînement en groupe supervisé et 2 entraînements à domicile non supervisés par semaine (INT2).

Les paramètres suivants ont été relevés avant la période d'intervention (pré), après (post) et 12 semaines suivant le terme de celle-ci (follow-up ou suivi; seulement INT1, HEIM et KG):

- équilibre statique continu (test de Romberg modifié)
- équilibre dynamique continu (test de la vitesse de marche sur 10 m)
- équilibre anticipatoire (test Timed Up and Go TUG, test Functional Reach FRT)
- équilibre réactif (stimulus perturbateur médio-latéral; test Push and Release)
- force/force-vitesse des extrémités inférieures (Chair Stand Test, test Stair Ascent and Descent)

La peur de chuter, les fonctions cognitives et la qualité de vie ont par ailleurs été analysées par le biais d'un questionnaire, tandis que la composition corporelle a été mesurée au moyen d'une analyse de bioimpédance.

La participation aux entraînements s'est élevée à 92% pour INT1 et INT2, et à 97% pour HEIM (participation autodéclarée). Des effets d'interaction significatifs ont notamment été constatés pour:

- le test de Romberg (au profit de INT1, INT2 et HEIM)
- la vitesse du double-pas (au profit de INT1, INT2 et HEIM)
- le test Timed Up and Go (au profit de INT1, INT2 et HEIM)
- le test Functional Reach (au profit de INT1, INT2 et HEIM)

- le test Push and Release (au profit de INT1, INT2 et HEIM)
- le Chair Stand Test (au profit de INT1, INT2 et HEIM)
- le test Stair Ascent (au profit de INT1 et HEIM)
- le test Stair Descent (au profit de INT1 et HEIM)

Les groupes INT1, INT2, HEIM et KG se sont améliorés pour respectivement 13, 7, 9 et 3 des 14 variables ayant révélé un effet d'interaction significatif entre pré et post. Pour l'ensemble des variables, des effets pré-post (d de Cohen) plus élevés ont été constatés pour INT1 par rapport à INT2 et à HEIM. Tous les groupes expérimentaux (avec intervention) ont par ailleurs fait état d'effets plus francs que le groupe témoin, hormis le coefficient de variation lors de la déambulation et la performance aux tests Stair Ascent et Stair Descent. INT1, HEIM et KG ont présenté une amélioration pour respectivement 13, 10 et 4 des 15 variables ayant montré un effet d'interaction significatif entre pré et follow-up (période d'arrêt de l'entraînement). Là encore, pour la plupart des paramètres, les effets entre pré et follow-up étaient plus grands pour INT1 que pour HEIM et KG, excepté pour le test Stair Descent, où HEIM a surclassé INT1.

Le programme étudié s'est révélé être une intervention sûre pour le groupe cible (aucune blessure consécutive à l'entraînement) en vue de la réduction d'importants facteurs de risque intrinsèques des chutes. L'entraînement supervisé deux fois par semaine s'est montré plus probant que les interventions pour les autres groupes. Etant donné que le programme d'entraînement ne nécessite que peu d'équipements, il peut aisément être appliqué dans la pratique clinique.

3. Efficacia di un programma d'allenamento per la prevenzione delle cadute

I processi d'invecchiamento compromettono la forza e la massa muscolare, oltre a comportare un deficit del controllo posturale statico e soprattutto dinamico. In seguito a queste perdite si riduce anche la capacità funzionale di rendimento, e il rischio di caduta aumenta. L'allenamento combinato della forza e dell'equilibrio ha il potenziale di migliorare la forza/forza veloce degli arti inferiori nonché il controllo posturale statico e dinamico. Non sono tuttavia ancora stati accertati gli effetti di un allenamento monitorato da un istruttore professionale (supervisione) rispetto all'allenamento in casa non monitorato (autonomo).

L'obiettivo dello studio consisteva nel verificare gli effetti di un allenamento combinato della forza e dell'equilibrio sulle variabili dell'equilibrio statico e dinamico nonché la forza/forza veloce degli arti inferiori negli anziani sani dai 65 anni in su. A tale scopo, due gruppi monitorati sono stati messi a confronto con un gruppo d'allenamento senza istruttore.

Sono state randomizzate persone anziane sane (N = 72; tra i 65 e gli 80 anni) suddivise in un gruppo d'allenamento monitorato (INT1), un gruppo d'allenamento non monitorato (CASA) e un gruppo di controllo (GC):

- INT1: settimanalmente due allenamenti monitorati + un allenamento non monitorato in casa
- CASA: settimanalmente tre allenamenti non monitorati in casa
- GC: nessun allenamento

Dopo la conclusione, i partecipanti del GC hanno seguito settimanalmente un allenamento di gruppo

monitorato e due allenamenti in casa non monitorati (INT2).

Sono stati rilevati i seguenti parametri prima (pre), dopo (post) e a 12 settimane dalla fine del periodo di intervento (follow-up; solo INT1, HEIM e KG):

- statico-continuativo (test mod. Romberg)
- dinamico-continuativo (test di camminata di 10 m)
- proattivo (test Timed Up and Go, test Functional Reach)
- equilibrio reattivo (stimolo perturbatore medio-laterale; test Push and Release)
- forza/forza veloce degli arti inferiori (test Chair Stand, test Stair Ascent and Descent)

Inoltre, per mezzo dell'analisi con questionario sono state valutate la paura di cadere, la funzione cognitiva, la qualità di vita e la composizione corporea attraverso l'analisi di bioimpedenza.

La partecipazione all'allenamento è stata del 92% in INT1 e INT2 nonché del 97% in CASA (secondo quanto dichiarato dai partecipanti). Effetti significativi di interazione sono stati rilevati tra l'altro per:

- il test di Romberg (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- la velocità del doppio passo (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- il test Timed Up and Go (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- il test Functional Reach (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- il test Push and Release (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- il test Chair Stand (a favore di INT1, INT2 e CASA)
- il test Stair Ascent (a favore di INT1, INT2 e CASA) e
- il test Stair Descent (a favore di INT1, INT2 e CASA)

Delle 14 variabili che hanno evidenziato un effetto significativo di interazione, INT1 è migliorato da pre a post in 13 variabili, INT2 in 7, CASA in 9 e GC in 3. In tutte le variabili si sono riscontrati importanti effetti pre/post (Cohen's d) nel gruppo INT1 rispetto ai gruppi INT2 e CASA. Nei tre gruppi d'intervento sono altresì risultati effetti maggiori rispetto al GC, a eccezione del coefficiente di variazione nella camminata e del rendimento nei test Stair Ascent e Stair Descent. Delle 15 variabili che presentavano un effetto significativo di interazione, INT1 è migliorato da pre a dopo il follow-up (periodo di detraining) in 13 variabili, CASA in 10 e GC in 4. Nella maggior parte dei parametri gli effetti da pre a dopo il follow-up sono stati migliori in INT1 rispetto a CASA e GC, eccetto nel test Stair Descent, in cui INT1 è stato superato da CASA.

Il programma applicato per il gruppo target si è rivelato un intervento sicuro (nessuna lesione durante gli allenamenti) ai fini della riduzione di importanti fattori intrinseci del rischio di caduta. L'efficacia del training monitorato due volte a settimana è stata superiore agli altri tipi di interventi di gruppo. Poiché il programma di training necessita di pochi ausili, può facilmente essere ripreso nella prassi clinica.

4. Efficacy of a fall-prevention training programme

Ageing processes lead to a loss of muscle strength and muscle mass, as well as to deficits in static and, in particular, dynamic postural control. Such losses are associated with impaired functional capabilities and an increased risk of falling. Combined strength and balance training can potentially improve the strength/power of the lower limbs as well as static and dynamic postural control. However, the effects of such training under professional supervision in comparison to unsupervised (independent) home training are unclear.

The aim of the study was to examine the effects of a twelve-week combined strength and balance training course in respect of variables of static and dynamic balance as well as the strength/power of the lower limbs in healthy elderly people (> 65 years). Two supervised training groups were compared to one without any supervision.

Healthy, elderly persons (N = 72; aged 65 to 80 years) were randomly allocated to a supervised training group (INT1), an unsupervised training group (HOME) and a control group (CG):

- INT1: Two supervised training sessions + one unsupervised home workout/week
- HOME: Three unsupervised home workouts/week
- CG: No training sessions

After completion, participants in the CG received a group training session once a week and an unsupervised home training twice a week (INT2).

The following parameters were measured before (pre-), after (post-) and 12 weeks after the intervention period (follow-up; only INT1, HOME and CG):

- steady-state static (Modified Romberg Test)
- steady-state dynamic (10-m Walk Test)
- proactive (Timed Up and Go Test, Functional Reach Test)
- reactive balance (mediolateral impulse; Push and Release Test)
- strength/power of the lower limbs (Chair Stand Test, Stair Ascent And Descent Test)

In addition and based on questionnaire analysis, fall-anxiety, cognitive function, quality of life and body composition using bioimpedance analysis were evaluated.

Adherence rates to training were 92% in INT1 and INT2 and 97% in HOME (self-reported). Significant interaction effects were found for:

- the Romberg Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Double Walking Speed Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Timed Up and Go Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Functional Reach Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Push and Release Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Chair Stand Test (in favour of INT1, INT2 and HOME)
- the Stair Ascent Test (in favour of INT1 and HOME)
- the Stair Descent Test (in favour of INT1 and HOME)

Of the 14 variables showing a significant interaction effect, INT1 improved from pre- to post (training period) in 13, INT2 in 7, HOME in 9 and the CG in 3 variables. For all variables, greater pre-post effects (Cohen's d) were found for INT1 compared to INT2 and HOME. In addition, all intervention groups displayed greater effects than the CG, with the exception of the coefficient of variation in walking and performance on the Stair Ascent Test and Stair Descent Test. Of the 15 variables that showed a significant interaction effect, INT1 improved from pre- to follow-up (de-training period) in 13, HOME in 10 and the CG in 4 variables. Again, the effects from pre- to follow-up were greater for INT1 in most parameters compared to HOME and CG, except the Stair Descent Test (HOME > INT1).

The programme used proved to be a safe intervention for the target group (no training-related injuries) for reducing significant intrinsic fall risk factors. The twice weekly supervised training sessions were superior to the other group interventions. Since the training programme requires few equipment, it can easily be implemented into clinical practice.

II. Einleitung und Zielsetzung

Die voranschreitende Alterung der Gesellschaft ist ein ernst zu nehmendes Problem kommender Dekaden [1]. Gerade in Europa wird sich der durch Geburtenrückgang und steigende Lebenserwartung wachsende Anteil älterer Menschen besonders deutlich auswirken [2]. Auch in der Schweiz konnte während der letzten Jahrzehnte eine Tendenz zur Überalterung der Gesellschaft verzeichnet werden. Ende des Jahres 2013 waren 17,6 % der Schweizer Gesamtbevölkerung 65 Jahre und älter. Schätzungen des Schweizerischen Bundesamtes für Statistik zufolge wird sich ihr Anteil bis 2060 auf 28,3 % erhöhen [3].

Die zunehmende Alterung der Gesellschaft wird mit steigenden Kosten im Gesundheitswesen einhergehen [4]. Aus einer schweizerischen Studie von 1999 geht hervor, dass die jährliche Sturzrate von zu Hause lebenden Senioren bei 26 %, von Altersheimbewohnern bei 33 % und von Pflegeheimbewohnern bei 52 % lag [5]. Nach Angaben der bfu verletzten sich in der Schweiz von 2007 bis 2011 durchschnittlich mehr als 80 000 ältere Personen pro Jahr bei einem Sturz, dies entspricht fast 6 % der über 65-Jährigen. Besondere Bedeutung erlangen diese Daten, wenn man bedenkt, dass 81 % der Todesfälle im Bereich Haus und Freizeit in der Schweiz auf Stürze zurückzuführen sind [6].

Internationalen Daten zufolge führen 5 % aller Stürze bei selbständig lebenden Menschen zu Frakturen oder machen eine stationäre Behandlung notwendig [7]. Folgeschwere Hüftfrakturen treten in 1–2 % der Fälle auf [8]. Ein hoher Anteil (ca. 25–75 %) der Betroffenen mit einer sturzbedingten

Hüftfraktur erreicht nicht mehr das Mobilitätsniveau, das vor der Verletzung vorhanden war [9]. Weiterhin wird berichtet, dass 15 % der im Krankenhaus behandelten Gestürzten innerhalb von 90 Tagen sterben [10]. Die materiellen Kosten von Stürzen in Haus und Freizeit bei Menschen über 65 Jahren belaufen sich in der Schweiz auf 1,36 Milliarden CHF [11]. Neben der finanziellen Belastung für die Gesundheitssysteme wirken sich sturzbedingte Folgen für die Betroffenen in Form einer verminderten Mobilität und Lebensqualität aus [12]. Vor diesem Hintergrund ist es von zentraler Bedeutung, Stürze durch eine möglichst breit angelegte Zuführung in Sturzpräventionsprogramme zu vermindern, um a) Mobilität und Lebensqualität zu bewahren und um b) die Gesundheitssysteme zu entlasten. Dies gilt v. a. auch für die Schweiz, wo eine grossflächige Verbreitung von Sturzpräventionsprogrammen durch geographische, administrative und sprachliche Besonderheiten eine besondere Herausforderung darstellt [13].

Das Sturzgeschehen wird durch eine Vielzahl umweltbezogener (extrinsischer) Faktoren (z. B. Lichtverhältnisse, Bodenbeschaffenheit, Treppen) und personenbezogener (intrinsischer) Faktoren (z. B. Kraftstatus, Gleichgewichtsniveau, kognitive Funktion, Erkrankungen) sowie deren Zusammenspiel bestimmt [14,15]. Die personenbezogenen Faktoren Muskelschwäche, Gleichgewichts- und Gangdefizite stellen die zweitwichtigste Sturzursache bei älteren Personen dar. Das Risiko, einen Sturz zu erleiden, steigt bei Vorliegen eines Gleichgewichtsdefizits oder einer Gangunsicherheit um das Dreifache, bei einer Muskelschwäche sogar um das Fünffache [16].

Biologische Alterungsprozesse führen zu strukturellen Einbußen in der Muskulatur [17] und im Nervensystem [18], die nachfolgend funktionelle Mobilitäts Einschränkungen verursachen. Diese zeigen sich in einem vermindertem Kraft-/Schnellkraftniveau [19] und einem verschlechterten Gleichgewichts- und Gangverhalten [20-22]. Aufgrund der Bedeutung von Kraft und Gleichgewicht im Sinne einer Senkung des Sturzrisikos sollten kostengünstige und v. a. praktikable Trainingsmassnahmen entwickelt werden, die das Potenzial haben, den zuvor beschriebenen Sturzrisikofaktoren entgegenzuwirken.

In einer Vielzahl von Studien konnten die Wirkungen von Kraft- und Gleichgewichtstraining im Alter nachgewiesen werden. Zum einen führte ein gezieltes Krafttraining bei Senioren zu Steigerungsraten der Maximal- und Explosivkraft von 10 bis 174 % [23]. Zum anderen konnten durch ein sechswöchiges Gleichgewichtstraining Verbesserungen in klinischen Gleichgewichtstests bei Menschen über 60 Jahren erreicht werden [24]. Zudem führte die Kombination von Kraft- und Gleichgewichtstraining zu einer Senkung des Sturzrisikos älterer Personen [25,26]. Neuere Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass Trainingsprogramme spezifischer auf gleichgewichtsbedrohende Situationen (z. B. Ausrutschen, Stolpern, gleichzeitige Ausführung mehrerer Aufgaben) zugeschnitten werden sollten [27]. Dies könnte z. B. durch den Einbezug explosiver Krafteinsätze, unerwarteter Störreize oder auch durch die Integration von Mehrfachfähigkeitsbedingungen (z. B. Gehen und Rechnen) in Trainingsprotokolle erzielt werden [27,28]. Ein weiterer wichtiger Aspekt der effektiven Durchführung von Sturzpräventionstraining stellt die Supervision (d. h. Art der Trainingsanleitung) dar, zu deren Einfluss jedoch bislang nur wenige Studien existieren. Dieser Aspekt ist aber insbesondere für Träger von Sturz-

präventionsangeboten von Bedeutung, da nicht angeleitetes (selbständig ausgeführtes Heimtraining) im Vergleich zu angeleitetem Training grossflächig und kostengünstig implementiert werden könnte. Es stellt sich jedoch die Frage, ob ein nicht angeleitetes, selbständig durchgeführtes Heimtraining dieselbe Wirkung zeigt, wie ein Training, mit professioneller Anleitung (Supervision). Die vorliegenden Studien zu diesem Themenkomplex sind v. a. methodisch limitiert, da nur wenige Parameter erfasst [29,30], keine Vergleichbarkeit der angeleiteten mit den nicht angeleiteten Trainingsprogrammen vorgenommen [31], keine Kontrollgruppen [32] berücksichtigt oder keine reinen nicht angeleiteten Programme durchgeführt wurden [33]. Resümierend untersuchte bislang keine Studie die Effekte der Supervision (d. h. angeleitetes Training vs. nicht angeleitetes Training) bei einem multidimensionalen Sturzpräventionstraining im Hinblick auf Veränderungen der Kraft/Schnellkraft und des Gleichgewichts sowie dem Gangverhalten bei gesunden älteren Menschen. Zudem fehlen einfach anzuwendende Übungsformen, die progressiv über den Trainingszeitraum hinweg aufgebaut sind.

Die Ziele der vorliegenden randomisierten und kontrollierten Studie (Registrierungsnummer in ClinicalTrials.gov: NCT01906034) bestanden daher in der Überprüfung der Auswirkungen eines zwölfwöchigen Sturzpräventionsprogramms («Best-Practice-Modell»), bestehend aus Kraft- und Gleichgewichtsübungen, auf die Kraft/Schnellkraft und das Gleichgewicht gesunder älterer Menschen. Es wurde erwartet, dass mit Hilfe des «Best-Practice-Modells» (erstellt durch eine Expertengruppe [6]) Verbesserungen der Kraft, des Gleichgewichts sowie funktioneller Leistungen erreicht werden (primäre Endpunkte). Darüber hinaus wurden die Effekte der Supervision sowie des Detrainings (d. h. Wegfall von Training)

überprüft. Als sekundäre Endpunkte erhob man die Körperzusammensetzung, die sturzbezogene Selbstwirksamkeit, die kognitive Funktion und die Lebensqualität. Es wurde erwartet, dass die TN des angeleiteten Gruppentrainings in allen nachfolgend beschriebenen Parametern grössere Verbesserungen zeigen als die TN des nicht angeleiteten Trainings. Zudem wurde angenommen, dass sich die Trainingseffekte in allen drei Trainingsgruppen nach einer zwölfwöchigen Detrainingsphase über dem Ausgangsniveau halten.

Bei positiven Ergebnissen werden Gesundheitsversorger, Fachkräfte und Übungsleiter mit einem wissenschaftlich evaluierten, sicheren und effektiv durchzuführenden Trainingsprogramm für gesunde ältere zur Sturzprävention ausgestattet.

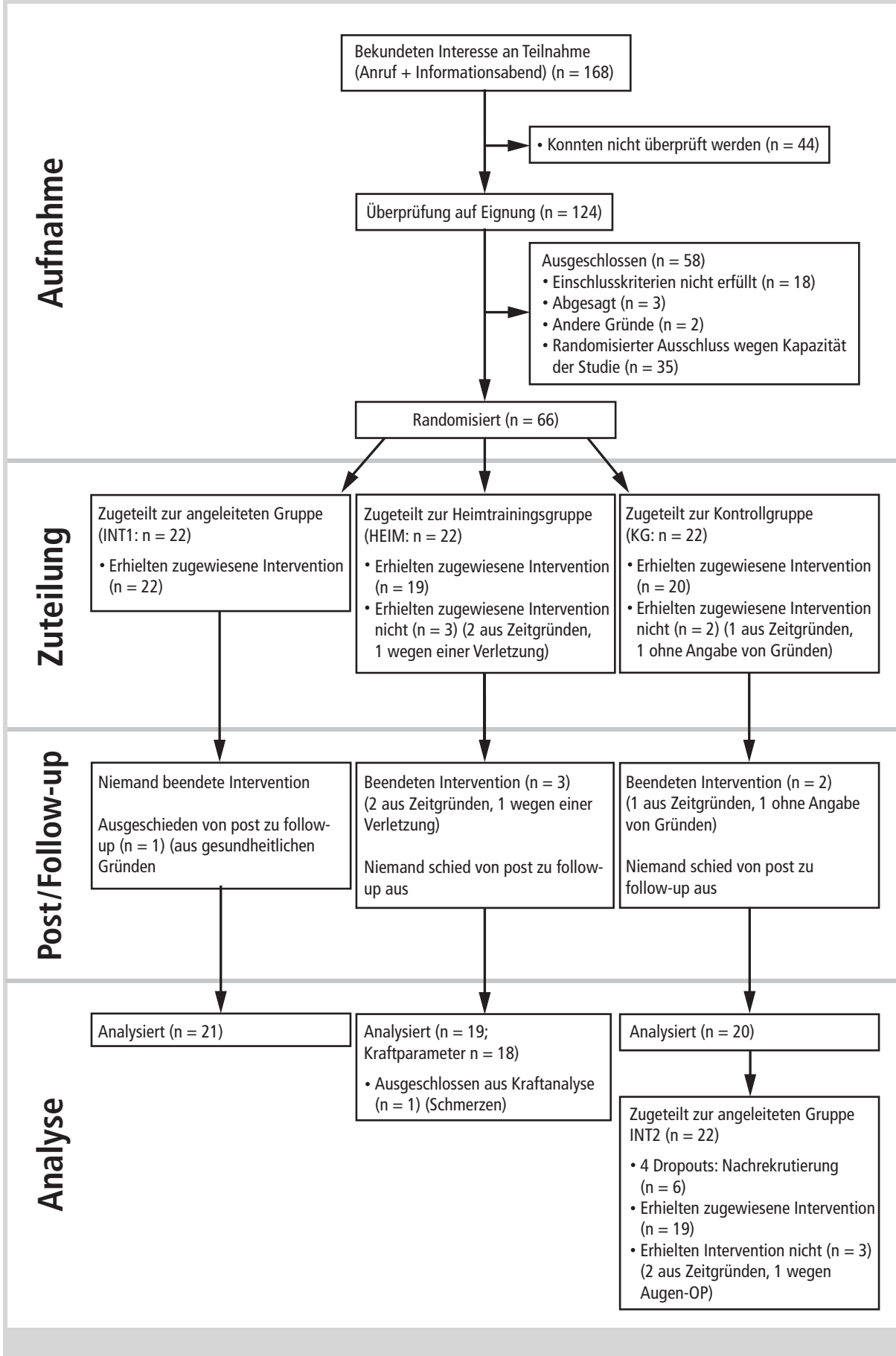
III. Methode

1. Stichprobe

Insgesamt nahmen 72 gesunde, selbständig lebende Seniorinnen und Senioren ohne neurophysiologische Erkrankungen zwischen 65 und 80 Jahren an der randomisierten, kontrollierten Studie teil. Die kritische Stichprobengröße wurde vor Beginn der Studie mit Hilfe einer a priori Poweranalyse berechnet [34]. Die TN wurden über Flyer und Artikel in lokalen Zeitungen im Grossraum Potsdam und Berlin rekrutiert. Nachdem sich alle Interessenten an einem Informationsabend in eine Liste eingetragen hatten, wurden nach vorherigem Screening 66 TN randomisiert ausgewählt. Alle TN gaben nach einer Aufklärung zum Mess- und Trainingsablauf eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Interessenten wurden aus der Studie ausgeschlossen, falls sie schwerwiegende Herz-Kreislauf-Erkrankungen, neurologische Erkrankungen, chronische Schmerzen, akute Verletzungen oder Gleichgewichts- und Gangstörungen aufwiesen. Zudem sollten die TN in den letzten sechs Monaten kein künstliches Knie-/Hüftgelenk und keine andere Operation erhalten sowie nicht regelmässig an einem Kraft-/ Gleichgewichtstraining teilgenommen haben. Die TN wurden randomisiert in eine von drei Gruppen eingeteilt: Interventionsgruppe 1 (INT1: zweimal/Woche angeleitetes Gruppentraining, einmal/Woche nicht angeleitetes Heimtraining), nicht angeleitete Gruppe (HEIM: dreimal/Woche nicht angeleitetes Heimtraining), Kontrollgruppe (KG: kein Training). Nach Beendigung erhielten die TN der KG ein einmal/Woche angeleitetes Gruppentraining und zweimal/Woche nicht angeleitetes Heimtraining (INT2). Hierzu wurden sechs Probanden aufgrund von Aus-

fällen nachrekrutiert. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Universität Potsdam (Referenznummer 34/2012) bewilligt. Abbildung 1 zeigt ein Flussdiagramm des Studiendesigns.

Abbildung 1
Flussdiagramm des Studiendesigns



2. Trainingsintervention

Die TN der Interventionsgruppen erhielten ein zwölfwöchiges kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining mit drei Trainingseinheiten pro Woche an nicht aufeinanderfolgenden Tagen und 36 Einheiten insgesamt. Jede Einheit dauerte ca. 45 Minuten inklusive Aufwärmen und Cool-Down. Die effektive Übungszeit für den Hauptteil umfasste 30 Minuten (entspricht fünf bis sechs Übungen) für jede Einheit von INT1, INT2 und HEIM. Das Übungsprogramm basierte auf einem Übungsmaterial, das von einem interdisziplinären Expertengremium erstellt wurde und frei zugänglich ist. Mehr zur Schulungspublikation finden Sie auf www.sturzpraevention.bfu.ch [6,28,35]. Aus den gegebenen Übungen (statisches Gleichgewicht, dynamisches Gleichgewicht, Kraftübungen für untere Extremitäten und Rumpf) wurden progressiv gesteigerte Übungsreihen mit verschiedenen Intensitätsstufen (von A = leicht bis D/E = schwierig) erstellt und für alle Interventionsgruppen angewendet. Dabei wurden Übungen ausgewählt, die mit der eigenen Körpermasse oder mit Hilfe kleiner, kostengünstiger Zusatzgeräte (z. B. Handtuch, Matte) durchgeführt werden konnten. Eine Einheit beinhaltete entweder Übungen zum statischen Gleichgewicht, zum dynamischen Gleichgewicht oder Kraftübungen.

Die TN der Gruppe INT1 trainierten zweimal pro Woche unter Anleitung und einmal nicht angeleitet. Für die nicht angeleiteten Einheiten wurde ein Übungsheft [36] bereitgestellt. Zusätzlich wurden die TN gebeten, absolvierte Einheiten und erreichte Progressionsstufen in ein Trainingstagebuch einzutragen. Die TN der Gruppe INT2 folgten demselben Übungsprogramm, ausser dass die TN einmal pro Woche unter Anleitung und zweimal nicht angeleitet trainierten.

Die TN der Gruppe HEIM trainierten dreimal pro Woche nicht angeleitet nach demselben Übungsheft und Trainingstagebuch. Qualität und Quantität des Trainings wurden alle zwei Wochen durch Telefonanrufe kontrolliert. Vor Beginn der Studie bekamen alle TN die Inhalte, Prinzipien, Ziele und Risiken der Trainingsintervention erklärt. Auch erfolgte eine intensive Einweisung in die Übungen für alle TN.

Die Intensität des Trainings wurde mit einer Skala des subjektiven Belastungsempfindens (BORG-Skala; 6–20 Punkte, maximale Belastung bei 20 Punkten) [37] gesteuert. Alle Übungen sollten bei einer Intensität von 12 bis 16 (etwas anstrengend bis anstrengend) absolviert werden. Die Intensität wurde mit Hilfe der Borg-Skala und Übungsvariationen progressiv gesteigert. Um eine gute Betreuungssituation während des Trainings zu ermöglichen (numerisches Verhältnis von Betreuer zur Anzahl der Übenden), wurden die TN von INT1 und INT2 in jeweils zwei Trainingsgruppen aufgeteilt.

Statische Gleichgewichtsübungen wurden mit vier Serien à 20 Sekunden und einer Pausenlänge von ca. 30 Sekunden durchgeführt [38]. Die Basisübung des statischen Gleichgewichtstrainings stellte der aufrechte, beidbeinige Stand dar. Die Intensität jeder Übung wurde durch zuvor festgelegten Übungsroutinen gesteuert. Eine Progression wurde mit einer zunehmenden Verringerung der Unterstützungsfläche (beidbeiniger Stand / Semi-Tandem-Stand / Tandem-Stand / Einbeinstand) erreicht. Zusätzlich wurden Übungsvariationen angewendet, die Gewichtsverlagerungen, den Ausschluss der visuellen Informationsaufnahme, motorische/kognitive Zusatzaufgaben, instabile Unterlagen (z. B. zusammengerollte Handtücher, Matten) sowie Kombinationen dieser Variationen beinhalteten.

Die dynamischen Gleichgewichtsübungen wurden mit vier Serien à 20–60 Sekunden und einer Pausenlänge von ca. 30 Sekunden absolviert. Die Grundübung stellte der normale, aufrechte Gang dar. Die Progression der Intensität wurde über eine nach und nach verminderte Unterstützungsfläche realisiert (normaler Gang / enger Gang / überlappender Gang / Tandem-Gang). Zusätzliche Variationen berücksichtigten den Einbezug unterschiedlicher Fussstellungen, Veränderungen des Gangrhythmus, Richtungswechsel, einen Ausschluss der visuellen Informationsaufnahme, motorische/kognitive Zusatzaufgaben, instabile Unterlagen, Geschwindigkeitsänderungen und Kombinationen dieser Variationen [6,28,35].

Kraftübungen wurden mit drei Sätzen à 8–15 Wiederholungen bis zur muskulären Ermüdung und einer Pausenlänge von 60 bis 120 Sekunden zwischen den Sätzen durchgeführt. Der Fokus lag hierbei auf einer technisch korrekten Ausführung und sowie der Ausnutzung eines grösstmöglichen Bewegungsausmasses. Eine Intensitätserhöhung wurde durch folgende trainingsmethodische Massnahmen erreicht: von einfach zu komplex, von ein- zu mehr gelenkig, von statisch zu dynamisch, von kurzem zu langem Hebelarm, von langsamer zu explosiver Bewegungsgeschwindigkeit. Um eine Progression sicherzustellen wurden Übungsreihen bereitgestellt, instabile Unterlagen (z. B. Handtücher), kleine Handgeräte (z. B. Matten, Flaschen) und Zusatzbewegungen mit Armen und Beinen einbezogen. In jeder Krafttrainingseinheit führten die TN Übungen aus, die hauptsächlich auf folgende Muskelgruppen abzielten: Oberschenkelmuskulatur (z. B. Kniebeugen), Bauchmuskulatur (z. B. Unterarmstütz), Gesässmuskulatur (z. B. seitliches Beinheben), Unterschenkelmuskulatur (z. B. Waden-/Zehenheben), untere/obere Rückenmuskulatur (z. B. Rumpfextension im Stand).

Die TN der KG behielten ihre gewöhnlichen körperlichen Aktivitäten bei und begannen während der Interventionsphase keine neuen sportlichen Aktivitäten. Nach der Experimentalphase erhielten sie ein einmal/Woche angeleitetes und zweimal/Woche nicht angeleitetes zwölfwöchiges Übungsprogramm (INT2).

3. Testablauf

Vor dem Betreten des Labors erhielten alle TN eine verbale Einweisung über den Stand der Studie und den Testablauf. Danach wurden sie gebeten, Fragebögen zu beantworten (Mini Mental State Examination [MMSE], Clock Drawing Test [CDT], Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität [FFKA], Falls Efficacy Scale International [FES-I], Digit Symbol Substitution Test [DSST], World Health Organization Quality of Life -bref [WHOQoL-bref]). Nachdem die TN eine schriftliche Einverständniserklärung abgegeben hatten, begann die Untersuchung. Um Lerneffekte zu vermeiden, wurden für die meisten Tests ein bis drei Übungsversuche durchgeführt. Gleichgewichtstests wurden grundsätzlich vor den Krafttests durchgeführt, um Ermüdungseffekten vorzubeugen. Bei mehreren Versuchen pro Test wurde stets der Mittelwert zur statistischen Auswertung herangezogen. Prä-, Post- und Follow-Up-Messungen (zwölf Wochen nach der Intervention) beinhalteten (1) Fragebögen (FFKA, FES-I, DSST, WHOQoL-bref), die Messung anthropometrischer Merkmale (z. B. Körpergrösse, Körpermasse) sowie der Körperzusammensetzung mittels bioelektrischer Impedanzanalyse, (2) ein fünfminütiges Aufwärmprogramm auf dem Fahrradergometer bei einem subjektiven Belastungsempfinden von 12 auf der Borg auf der Borg-Skala, (3) Messungen des statisch-/dynamisch-kontinuierlichen, proaktiven und reaktiven Gleichgewichts und (4) Messungen der

Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten. Zusätzlich wurde die Handkraft für die Erfassung von Baseline-Unterschieden erhoben.

4. Tests

4.1 Beurteilung des Gleichgewichts

In den folgenden Ausführungen beziehen wir uns auf die Strukturierung des Gleichgewichts nach Shumway-Cook und Woollacott [39]. Die gewählten Testverfahren wurden ebenfalls bei Gschwind et al. [35] ausführlich beschrieben. Das statisch-kontinuierliche Gleichgewicht wurde mit dem modifizierten Romberg-Test (ROM) auf einer Kraftmessplatte (Leonardo 105 Mechanograph®, Novotec Medical GmbH, Pforzheim, Deutschland) erhoben [40]. Nach vorheriger Demonstration mussten vier Aufgaben bewältigt werden: (1) Aufrecht stehen ohne Schuhe, Füße eng beieinander, Augen geöffnet, beide Arme mit den Handflächen in Richtung Decke nach vorne gestreckt, Blick auf ein Kreuz an der Wand für zehn Sekunden; (2) dasselbe mit geschlossenen Augen; (3) dasselbe mit offenen Augen auf einer acht Zentimeter dicken Schaumstoffmatte (AIREX balance pad); (4) dasselbe wie bei (3) mit geschlossenen Augen für 30 Sekunden [40]. Falls eine Aufgabe nicht bewältigt wurde, war ein weiterer Versuch möglich. Nur Aufgabe vier wurde zur weiteren Evaluation verwendet. Die Standzeit in Sekunden (Abbruch: Arme/Füße bewegen sich, einen Schritt machen, reden, Untersuchungsleiter muss eingreifen) und relativer Schwankweg (mm/s) des Kraftangriffspunktes wurden erhoben. Altersspezifische Normdaten (70–79 Jahre) sind 13,2 s (Frauen) und 15,4 s (Männer) [40]. Für den ROM wurde eine hohe Test-Retest und Interrater-Reliabilität ($r = 0.99$) nachgewiesen [28]. Verglichen mit TN ohne Sturzgeschichte zeigten TN, die Standzeiten von

nur 10–19 s oder weniger als 10 s erreichten, eine 3,4 bzw. 3,6-fach erhöhte Sturzquote [40].

Das dynamisch-kontinuierliche Gleichgewicht wurde mit Hilfe des OptoGait®-Systems (Microgate, Bozen, Italien) erhoben. Das Gangmuster wurde mit 1000 Hz aufgezeichnet. Die TN wurden gebeten, eine zehn Meter lange Strecke in ihrer habituellen Geschwindigkeit zu gehen. Dabei wurden zwei Meter vor und nach dem System Räume für die Beschleunigungs- und Bremsphase durchschritten [41]. Räumlich-zeitliche Gangparameter sind wichtige Marker der Mobilität älterer Menschen. So korreliert z. B. die habituelle Gehgeschwindigkeit mit der funktionalen Mobilität (z. B. TUG) und Gleichgewichtstestbatterien (z. B. Berg Balance Scale) [28]. Ausserdem erlaubt sie eine Vorhersage über den zukünftigen Gesundheitsstatus, Hospitalisierung, Mortalität und Stürze [42,43]. Daher wurden Doppelschrittlänge (definiert als die Distanz zwischen zwei aufeinander folgenden Fersenkontakten desselben Fusses in Zentimetern), Doppelschrittgeschwindigkeit (definiert als zurückgelegte Distanz in Metern pro Sekunde während eines Doppelschritts) und die dazugehörigen Variationskoeffizienten (CV's; $[SD/MW \times 100]$) erhoben und analysiert [41,44]. CV's sind relevante Kenngrößen für ein erhöhtes Sturzrisiko [44]. Zur Abbildung alltagsnaher Situationen wurde das dynamisch-kontinuierliche Gleichgewicht unter Einfach- und Doppeltätigkeitsbedingungen getestet. Für das Gehen unter Doppeltätigkeit mussten die TN von einer zufällig ausgewählten Zahl zwischen 300 und 900 die Zahl drei laut abziehen [45]. Das Optogait-System zeigte eine hohe Test-Retest-Reliabilität [46] sowie eine hohe Validität für die Erhebung von räumlich-zeitlichen Gangparametern [47]. Das proaktive Gleichgewicht wurde mit dem Functional-Reach-Test (FRT) [48] und dem Timed-Up-And-Go-Test (TUG) [49] gemes-

sen. Mit dem FRT wird die Fähigkeit beurteilt, sich aus einem beidbeinigen Stand nach vorne zu neigen, ohne die Füße zu bewegen oder einen Schritt zu machen. Hierzu standen die TN ohne Schuhe, Füße schulterbreit auseinander und hoben ihren dominanten Arm senkrecht zum Boden an und bildeten eine Faust. Danach mussten sie mit ihrer Faust so weit wie möglich entlang eines auf Akromionhöhe angebrachten Massbandes nach vorne reichen. Nach einem Übungsversuch wurden drei Wertungsversuche à 12 Sekunden durchgeführt. Gemessen wurde die Distanz von der Start- zur Endposition der Faust (cm) sowie der relative Schwankweg (mm/s) mittels einer Kraftmessplatte (Leonardo 105 Mechanograph®). Der FRT stellt ein reliables [48] und valides [50] Messinstrument dar. Der TUG wurde, wie von Podsiadlo und Richardson [49] beschrieben, angewendet. Die TN bekamen die Anweisung, sich auf einen Stuhl (Höhe: 46 cm) zu setzen und die Arme auf die Lehnen zu legen. Auf das Signal «Fertig-Los!» mussten sie aufstehen, drei Meter in ihrer habituellen Geschwindigkeit gehen, umdrehen, zurück gehen und sich wieder setzen. Gemessen wurde die Zeit (s) vom Startsignal bis zum Hinsetzen. Der TUG zeigte eine sehr gute Test-Retest-Reliabilität bei älteren Menschen [49]. Eine Zeit für das Erbringen der Leistung $\geq 13,5$ s steht mit einem erhöhten Sturzrisiko in Verbindung [51]. Zur Testung des reaktiven Gleichgewichts wurden medio-laterale Störreize auf einer in der Transversalebene beweglichen Plattform appliziert (Posturo-med, Haider, Bioswing, Pullenreuth, Deutschland) [52,53]. Hierfür standen die TN ohne Schuhe, aufrecht in einem engen Schrittstand, Hände in die Hüfte gestützt und schauten auf ein Kreuz, das in Augenhöhe an der Wand vor ihnen angebracht war. Drei bis fünf Übungsversuche sollten einen möglichen Lerneffekt minimieren. Der Störreiz wurde appliziert, indem die Plattform an einem Magneten fi-

xiert und anschliessend ohne vorherige Ankündigung gelöst wurde. Die Aufgabe bestand darin, die Schwingung der Plattform so gut wie möglich zu dämpfen und zehn Sekunden so still wie möglich zu stehen. Schwankwege in medio-lateraler (ml) und anterior-posteriorer (ap) Richtung (cm) wurden aufgezeichnet. Mühlbauer und Kollegen berichteten von einer Test-Retest-Reliabilität mit ICC-Werten von 0,69 für die ml-Richtung und 0,40 für die ap-Richtung [54].

Als korrespondierender klinischer Test zur Erfassung des reaktiven Gleichgewichts wurde der Push-And-Release-Test (PRT) angewendet [55]. Mit dem PRT wird die posturale Antwort auf einen plötzlichen Störreiz bewertet. Dazu stellten sich die TN ohne Schuhe in einen sicheren Stand. Nun lehnten sie sich aktiv gegen die Handflächen des Testleiters zurück, der seine Hände auf die Schulterblätter des TN legte. Gerade wenn die Schultern und Hüften sich in einer stabilen Position hinter den Fersen befanden, löste der Testleiter seine Hände plötzlich, was mindestens einen Ausfallschritt nach hinten erforderte. Die Vorgehensweise wurde vorher erklärt sowie ein Testversuch durchgeführt. Zur Bewertung wurde die Anzahl der Schritte und/oder die Qualität der Reaktion herangezogen (0 = 1 Schritt; 1 = 2–3 kleine Schritte; 2 = ≥ 4 Schritte; 3 = macht Schritte aber benötigt Hilfe; 4 = Sturz oder unfähig, ohne Hilfe zu Stehen). Der PRT zeigte eine hohe Test-Retest-Reliabilität (ICC = 0,84) [55], sowie eine Sensitivität von 89 % und eine Spezifität von 85 % bei der Vorhersage von Stürzen bei Parkinson-Patienten [56].

4.2 Beurteilung der Kraft/Schnellkraft

Die Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten wurden mit dem Chair-Stand-Test (CST) [57] und dem Stair-Ascent-And-Descent-Test (SADT) [58] erhob-

en. Für den CST saßen die TN aufrecht auf einem Stuhl, der auf einer Kraftmessplatte (Leonardo 105 Mechanograph®) stand. Die Arme wurden dabei vor der Brust verschränkt, der Rücken durfte die Lehne nicht berühren. Kniewinkel wurden festgehalten, um bei den weiteren Messungen Vergleichbarkeit herzustellen. Nach einem Tonsignal sollten die TN fünfmal so schnell wie möglich aufstehen und sich wieder setzen. Die Zeit vom Tonsignal bis zur finalen Sitzposition wurde mit Hilfe der Plattform und der dazugehörigen Software gemessen. Zusätzlich wurde die durchschnittliche (aus den fünf Aufstehversuchen) maximale Leistung pro kg Körpergewicht (P_{\max} ; Watt/kg) erfasst. Drei Wertungsversuche folgten auf einen Übungsversuch. ICC-Werte von 0,89 sprechen für eine gute Test-Retest-Reliabilität [58]. Ein Wert von ≥ 12 s steht in Zusammenhang mit einem erhöhten Sturzrisiko (RR = 2,0). Zusätzlich sprechen Werte von $\leq 11,1$ s, 11,2–13,6 s, 13,7–16,6 s und $\geq 16,7$ s für ein sehr gutes, gutes, ausreichendes und mangelhaftes Kraftniveau [59].

Der SADT diente der zusätzlichen Messung der Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten. Alle TN wurden gebeten, eine Treppe mit acht Stufen (Stufenhöhe: 17,1 cm) in einer möglichst schnellen, aber sicheren Geschwindigkeit nach oben (Stair-Ascent-Test; SAT) und nach einer kurzen Pause wieder nach unten (Stair-Descent-Test; SDT) zu gehen. Es erfolgte ein Versuch nach vorheriger Demonstration. Die Zeit (s) wurde separat für das Auf- und Abwärtsgehen aufgezeichnet. Zusätzlich wurde die erbrachte Leistung (W/kg) mit der Formel $\text{Leistung} = \text{Kraft} \times \text{Geschwindigkeit}$ berechnet [60]. SAT (ICC = 0,84) und SDT (ICC = 0,86) erwiesen sich als reliable Tests. Ein erhöhtes Sturzrisiko besteht ab einem Testresultat von ≥ 5 s (SAT: RR = 1,4; SDT: RR = 1,7) [58].

Zur Beurteilung des allgemeinen Kraftstatus [61] zu Beginn der Intervention wurde die maximale Handkraft der dominanten Hand mit einem Dynamometer (Jamar; Sammons Preston, Inc., Bolingbrook, IL, USA) erhoben. Die TN saßen dazu aufrecht auf einem Stuhl und liessen beide Arme parallel zum Körper nach unten hängen. Die dominante Hand wurde nach Coren [62] bestimmt. Nach dem Startsignal sollte die Griffkraft kontinuierlich bis zur maximalen Kraft entfaltet werden. Jeweils ein submaximaler und ein maximaler Übungs- sowie drei Wertungsversuche wurden durchgeführt. Messungen mit dem Jamar-Dynamometer sind reliabel [63] und valide [64].

4.3 Beurteilung der Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung wurde mittels bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) mit einem acht-Elektroden Messsystem (InBody 720, BioSpace, Seoul, Korea) erhoben. Die TN standen barfüßig mit ca. 40° abduzierten Armen auf dem Gerät. In beiden Händen hielten sie Griffe mit Elektroden, während die Füße ebenso exakt auf den vorgesehenen Elektroden platziert wurden. Die TN durften keinen Schmuck sowie enganliegende Kleidung (z. B. Strumpfhosen) tragen und wurden gebeten, 24 Stunden vor der Messung kein(en) Alkohol/Koffein zu sich zu nehmen. Weiterhin sollten vor der Messung keine sportlichen Aktivitäten durchgeführt werden. Mittels der BIA wurden Körpermasse (kg), Body Mass Index (BMI in kg/m^2), Körperwasseranteil (l), Magermasse der Beine (kg), Gesamtmuskelmasse (kg) und Körperfettmasse (kg) erfasst. Der InBody 720 ist ein valides Messinstrument zur Erhebung der Mager- und Fettmasse bei Männern und Frauen [65].

4.4 Fragebögen

4.4.1 Mini Mental State Examination (MMSE)

Der MMSE ist ein valider Test zur Beurteilung des kognitiven Status [66]. Er zeigte eine gute Test-Retest-Reliabilität sowie eine gute Validität [66]. Zur Bestimmung einer kognitiven Beeinträchtigung wurde ein Grenzwert von < 24 angewendet [67].

4.4.2 Clock Drawing Test (CDT)

Zur Bestimmung eines kognitiven Defizits wurde zusätzlich der CDT angewendet. Hierbei müssen die TN in einen vorgegebenen Kreis «eine Uhr mit allen Zahlen und Zeigern» zeichnen und die angezeigte Uhrzeit schliesslich in ein digitales Format übertragen [68]. Es wurde zwischen einer pathologischen und nicht pathologischen Leistung unterschieden. Der CDT zeigte eine gute Reliabilität [69] und eine Korrelation mit dem MMSE [70].

4.4.3 Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität (FFKA)

Zur Überprüfung möglicher unterschiedlicher Aktivitätsniveaus zwischen den Gruppen wurde der FFKA angewendet [71]. Hierbei wird die zeitliche Dauer (Stunden/Woche) erfasst, die die TN in letzter Zeit (letzte Woche oder Monat) mit bestimmten körperlichen Aktivitäten (Alltag, Freizeit, Sport) verbracht haben. Der FFKA zeigte eine gute Test-Retest-Reliabilität. Die Validität wurde durch Korrelation der Aktivitätsdaten mit der maximalen Sauerstoffaufnahme belegt [72]. Altersspezifische Referenzwerte sind 13,6 Stunden/Woche (60–69,9 Jahre) und 9,9 Stunden/Woche (\geq 70 Jahre) [72].

4.4.4 Falls Efficacy Scale International (FES-I)

Die sturzbezogene Selbstwirksamkeit wurde mit der deutschen Version des FES-I, der Kurzversion des FES, erhoben [73]. Hier werden die Bedenken hinsichtlich eines Sturzes bei der Ausführung bestimmter Aktivitäten (z. B. Gehen auf unebenem Untergrund) gemessen. Es sind Antworten auf einer Vier-Punkt-Skala möglich (keinerlei / einige / ziemliche / sehr grosse Bedenken). Der Test erfüllt das Gütekriterium der Reliabilität [73]. Als Messwert wurde die Summe aller Antworten benutzt.

4.4.5 Digit Symbol Substitution Test (DSST)

Der DSST ist ein Subtest der Wechsler-Adult-Intelligence-Scale [74]. Er erfasst wichtige neurokognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, räumlich-visuelle Fähigkeiten, Kurzzeitgedächtnis sowie graphomotorische Fähigkeiten [75]. Der DSST wurde benutzt, um Veränderungen dieser Fähigkeiten über die Interventionsphase zu beobachten. Dazu mussten die TN geometrische Symbole nach einem vorgegebenen Schema den in einer Tabelle abgebildeten Zahlen zuordnen. Die Anzahl der korrekt zugeordneten Symbole innerhalb von 90 s wurde als abhängige Variable erfasst.

4.4.6 World Health Organization Quality of Life-bref (WHOQoL-bref)

Die körperliche Lebensqualität wurde mit der deutschen Version des WHOQoL-bref erfasst [76]. Der Fragebogen bezieht sich ursprünglich auf vier Bereiche (physisch, psychologisch, soziale Beziehungen, Umwelt). Wir verwendeten ausschliesslich den Bereich der physischen Lebensqualität. Die Punktwerte der verschiedenen Bereiche erzielten eine gute Test-

Retest-Reliabilität und Validität [77,78]. Die transformierten Punktwerte des Fragebogens können Werte von 0 bis 100 annehmen, wobei ein höherer Wert eine bessere Lebensqualität bedeutet.

5. Statistische Analyse

Eine apriori-Poweranalyse [34] ergab eine Mindestanzahl von 16 TN pro Gruppe, um statistisch signifikante Interaktionseffekte aufzudecken. Die Daten sind entsprechend dem Skalenniveau als Gruppenmittelwerte (MW) \pm Standardabweichungen (SD) oder als Mediane und Interquartilbereiche dargestellt. Zur Überprüfung von Baseline-Unterschieden wurden multivariate Varianzanalysen (MANOVA) berechnet. Variablen des Gleichgewichts, der Kraft/Schnellkraft, Fragebögen und die Körperzusammensetzung wurden in separaten 4 (Gruppe: INT1, INT2, HEIM, KG) \times 2 (Zeit: Prä, Post) Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung auf dem Faktor Zeit berechnet. Zusätzlich wurde eine 3 (Gruppe: INT1, HEIM, KG) \times 3 (Zeit: Prä, Post, Follow-Up) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet, um Detrainings-Effekte zu überprüfen. Die Gruppe INT2 nahm lediglich an zwei Messzeitpunkten teil, weshalb diese nicht berücksichtigt werden konnte. Falls Baseline-Unterschiede auftauchten, wurden die Prä-Werte als Kovariaten in die ANOVA mit einbezogen. Für nicht-parametrische Berechnungen sowie die Kontrolle der parametrisch berechneten Ergebnisse (falls eine Normalverteilung und/oder Varianzgleichheit nicht angenommen werden konnte) wurden Kruskal-Wallis Tests und Friedman Tests verwendet. Bonferroni korrigierte Post-Hoc-Tests (t-Tests für abhängige Stichproben,

Wilcoxon Tests) dienten bei signifikantem Interaktionseffekt dazu, statistisch signifikante Veränderungen der Gruppen über die Zeit zu bestimmen. Weiterhin wurden Effektgrößen (Cohen's d) berechnet. Effektgrößen geben Auskunft darüber, ob ein statistisch signifikanter Effekt von praktischer Bedeutung ist. d -Werte $\leq 0,49$ meinen kleine, d -Werte $\geq 0,50$ und $\leq 0,79$ mittlere und d -Werte $\geq 0,80$ grosse Effekte [79]. Für die Interaktionseffekte wurden die Cohen's d 's über das partielle Eta-Quadrat aus dem SPSS-Output berechnet. Veränderungen innerhalb der Gruppen wurden nach der Formel $d = (MW_{\text{prä}} - MW_{\text{post}}) / SD_{\text{prä}}$ bestimmt¹ [79,80]. Zusätzlich wurden PS_{dep} -Werte («probability of superiority for dependent groups» = Wahrscheinlichkeit der Überlegenheit bei abhängigen Gruppen) gebildet, die eine Effektgrössenschätzung für nicht-parametrische Post-Hoc-Tests ermöglichen [81]. Je grösser der PS_{dep} -Wert, desto grösser die Wahrscheinlichkeit einer Verbesserung der entsprechenden Variable durch die Intervention. Alle Analysen wurden mit der Software SPSS Version 22 durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

¹ Abweichend von der Darstellung der Präsentation in Bern vom Oktober 2014 wurde diese Berechnungsart gewählt, um einen Vergleich mit bisherigen Studien zu ermöglichen. Die Berechnungsarten unterscheiden sich nur geringfügig und änderten nichts an der Einstufung der Effekte oder den Tendenzen zwischen den Gruppen.

IV. Ergebnisse

Alle TN erfüllten die Einschlusskriterien zur Teilnahme (MMSE, CDT). Zu Trainingsbeginn bestanden alle Gruppen aus 22 TN. Nach Ende der letzten Messung beinhaltete INT1 = 21 TN, INT2 = 19 TN, HEIM = 19 TN und KG = 20 TN. Dies entspricht Ausfallraten (Drop-Outs) von 5 % (INT1), 14 % (INT2, HEIM) und 9 % (KG). Alle Drop-Outs waren durch persönliche Ursachen (z. B. terminlich) begründet. Es wurden keine trainings- und testbedingten Verletzungen berichtet, weshalb das Programm als sicher angesehen werden kann. Über alle Gruppen und Trainingseinheiten hinweg ergab sich eine Trainingsteilnahme von 94 %, wobei in INT1 92 %, in INT2 92 % und in HEIM 97 % aller Einheiten absolviert wurden. Tabelle 1 zeigt die Gruppencharakteristik zu Trainingsbeginn. Die ANOVA's ergaben keine signifikanten Gruppenunterschiede (alle $p > 0,05$), ausser für den DSST ($p < 0,05$).

1. Effekte der Trainingsphase

Im Folgenden werden die Ergebnisse der 4×2 ANOVA mit Messwiederholung präsentiert. In dieses Modell flossen Daten von 22 TN der INT1, jeweils 19 TN der INT2 und HEIM sowie 20 TN der KG ein. Die MW's und SD's aller primären Endpunkte sind der Tabelle 2 bis Tabelle 4, S. 44–S. 46, im Anhang zu entnehmen. Zusätzlich sind alle Interaktionseffekte in der Tabelle 5 und Tabelle 6, S. 47–S. 48, im Anhang dargestellt.

1.1 Interventionseffekte auf das Gleichgewicht

1.1.1 Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht

Die statistische Analyse des ROM ergab einen signifikanten Interaktionseffekt für die Variable Standzeit

Tabelle 1
Gruppencharakteristik zu Trainingsbeginn

Merkmal	INT1 (n = 22)	INT2 (n = 19)	HEIM (n = 19)	KG (n = 20)
Geschlecht, w/m	14/8	11/8	12/7	12/8
Alter, Jahre	72.7 (4.0)	71.7 (3.9)	73.3 (3.6)	72.5 (4.0)
Grösse, cm	166.2 (7.7)	167.4 (7.0)	168.8 (12.4)	167.6 (8.0)
Masse, kg	69.9 (10.7)	72.5 (12.5)	73.4 (12.7)	72.2 (13.3)
BMI, kg/m ²	25.2 (3.1)	25.8 (3.2)	26.0 (5.4)	25.6 (3.8)
Gesamtkörperwasser, l	35.6 (6.5)	36.0 (6.7)	36.5 (8.8)	36.6 (6.8)
Skelettmuskelmasse, kg	26.5 (5.3)	27.0 (5.3)	27.1 (7.0)	27.2 (5.5)
MMSE, Punktzahl	27.8 (1.7)	28.4 (1.3)	28.4 (1.6)	28.6 (1.2)
CDT, Bewertung	Alle Teilnehmer wurden als nicht pathologisch eingestuft.			
Körperliche Aktivität, Stunden/Woche	15.4 (11.4)	14.5 (7.9)	19.2 (13.7)	15.4 (10.6)
Handkraft, kg	29.7 (7.7)	29.6 (9.0)	27.2 (8.9)	28.6 (8.3)
FES-I, Punktzahl (Md, IQR)	18.0 (3.5)	20.0 (4.0)	19.0 (7.0)	20.0 (6.5)
DSST, Anzahl	40.3 (7.1)	45.6 (11.0)	37.3 (6.7)	40.6 (8.4)
WHOQoL-bref, Punktzahl	79.7 (11.9)	80.4 (9.0)	81.5 (12.3)	80.5 (10.7)

Anmerkung: Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen in Klammern; Aufgeführt sind die Werte aller Teilnehmer, die das Training sowie die zweite Messung beendeten. Abkürzungen: w = weiblich, m = männlich; BMI = Body Mass Index, MMSE = Mini Mental State Examination; CDT = Clock Drawing Test; Md = Median; IQR = Interquartilbereich; INT1 = zweimal angeleitet/einmal nicht-angeleitet; INT2 = einmal angeleitet/zweimal nicht-angeleitet; HEIM = dreimal nicht-angeleitet; KG = kein Training; FES-I = Falls Efficacy Scale - International; DSST = Digit Symbol Substitution Test; WHOQoL-bref = World Health Organization Quality of Life - bref; Es wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede ermittelt ($p > 0,05$), ausser für den DSST ($p < 0,05$). Die Baseline-Werte des DSST wurden als Kovariate in der ANOVA berücksichtigt.

($p < 0,001$, $d = 1,33$), jedoch nicht für den relativen Schwankweg ($p = 0,679$, $d = 0,29$). Dies bedeutet, dass sich die Gruppen für die Variable Standzeit über die Zeit unterschiedlich entwickelten. Die Post-Hoc-Tests zeigten eine signifikante Verkürzung der Standzeit von prä nach post für INT1 ($p < 0,001$, $d = 0,98$) und für INT2 ($p = 0,002$, $d = 0,72$), jedoch keine signifikante Veränderung für HEIM ($p = 0,268$, $d = 0,33$) sowie KG ($p = 0,113$, $d = 0,37$) (Abbildung 2).

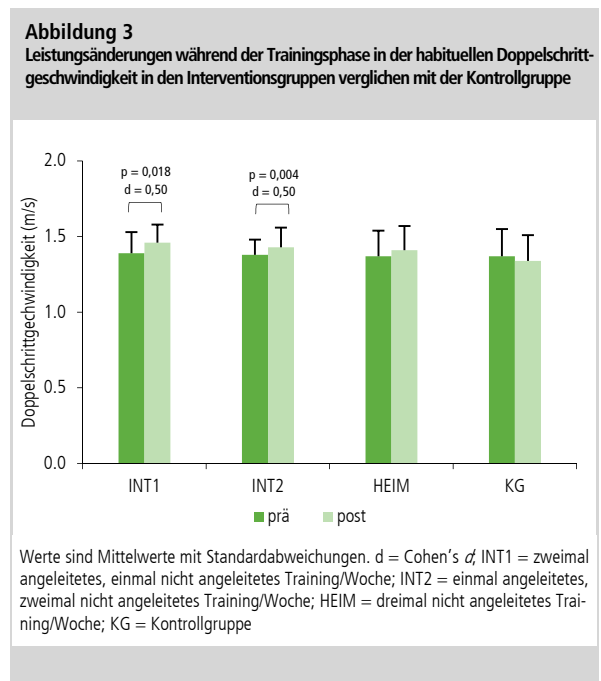
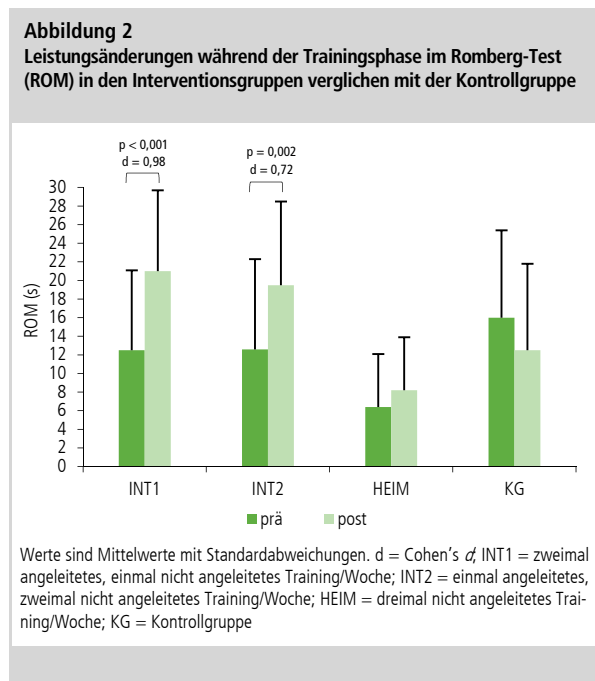
1.1.2 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen ohne Zusatzaufgabe

Für das Gehen unter Einfachtätigkeitsbedingung ergab sich ein signifikanter Interaktionseffekt für den Parameter Doppelschrittgeschwindigkeit (siehe Testbeschreibung) ($p = 0,01$, $d = 0,80$), nicht aber für den Parameter Doppelschrittlänge ($p = 0,06$, $d = 0,64$). Die Gruppen INT1 ($p = 0,018$, $d = 0,50$) und INT2 ($p = 0,004$, $d = 0,50$) zeigten eine signifikante Erhöhung der Doppelschrittgeschwindigkeit, wohingegen die Gruppen HEIM ($p = 0,190$, $d = 0,24$) und KG ($p = 0,058$, $d = 0,17$) keine signifi-

fikanten Veränderungen im Prä-Post-Vergleich aufwiesen (Abbildung 3). Sowohl für den CV der Doppelschrittgeschwindigkeit ($p = 0,004$, $d = 0,88$), als auch den CV der Doppelschrittlänge ($p = 0,026$, $d = 0,72$) konnte ein signifikanter Interaktionseffekt nachgewiesen werden. Dabei konnten die TN der INT1 ($p = 0,005$, $d = 0,67$) ihre Leistung für den Parameter CV Doppelschrittgeschwindigkeit signifikant verbessern. Alle anderen Gruppen veränderten ihre Leistung nicht signifikant (INT2: $p = 0,441$, $d = 0,19$; HEIM: $p = 0,129$, $d = 0,74$; KG: $p = 0,547$, $d = 0,18$). Ein vergleichbares Ergebnis zeigte sich für die Berechnung des Parameters CV der Doppelschrittlänge (INT1: $p = 0,01$, $d = 0,62$; INT2: $p = 0,264$, $d = 0,23$; HEIM: $p = 0,273$, $d = 0,33$; KG: $p = 0,562$, $d = 0,19$).

1.1.3 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen mit Zusatzaufgabe

Beim Gehen und gleichzeitigen Rückwärtsrechnen konnten keine signifikanten Interaktionseffekte erzielt werden (Doppelschrittgeschwindigkeit: $p = 0,286$, $d = 0,45$; Doppelschrittlänge:



$p = 0,302$, $d = 0,44$; CV Doppelschrittgeschwindigkeit: $p = 0,609$, $d = 0,31$; CV Doppelschrittlänge: $p = 0,557$, $d = 0,33$). Das Training zeigte keinen statistisch bedeutsamen Einfluss auf die Gangleistung während der Doppeltätigkeit.

1.1.4 Proaktives Gleichgewicht

Die Analyse des TUG ergab einen signifikanten Interaktionseffekt ($p = 0,004$, $d = 0,89$). Über den Trainingszeitraum verbesserten sich hierbei INT1 ($p < 0,001$, $d = 0,81$) und INT2 ($p < 0,001$, $d = 0,70$) signifikant, während HEIM ($p = 0,168$, $d = 0,37$) und KG ($p = 0,114$, $d = 0,16$) ihre Leistungen im Mittel nicht signifikant verbesserten.

Ein signifikanter Interaktionseffekt konnte zudem für die Reichweite im FRT ($p < 0,001$, $d = 1,34$) nachgewiesen werden. Keine unterschiedliche Entwicklung der Gruppen über die Zeit ergab sich für den Parameter relativer Schwankweg ($p = 0,420$, $d = 0,39$). Post-Hoc-Tests machten deutlich, dass die TN der INT1 ihre maximale Vorneigungsfähigkeit ($p < 0,001$, $d = 1,81$), ebenso wie die TN der INT2 ($p = 0,001$, $d = 0,78$) und die TN der HEIM ($p = 0,003$, $d = 0,65$) verbesserten. Für die KG konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden ($p = 0,297$, $d = 0,18$) (Abbildung 4).

1.1.5 Reaktives Gleichgewicht

Nach Auswertung der Schwankwege in ml-Richtung wurde ein signifikanter Interaktionseffekt entdeckt ($p = 0,019$, $d = 0,75$). Post-Hoc-Tests verwiesen auf nicht signifikante Veränderungen in INT1 ($p = 0,643$, $d = 0,06$) und INT2 ($p = 0,445$, $d = 0,08$) und signifikante Verringerungen in HEIM ($p = 0,008$, $d = 0,35$) und KG ($p = 0,002$, $d = 0,63$).

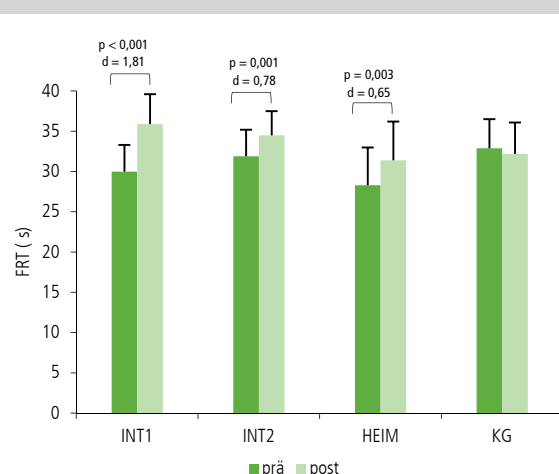
Für die Schwankwege in ap-Richtung ergab sich kein Effekt ($p = 0,295$, $d = 0,44$).

Ein anderes Bild zeigte sich für den PRT. Wegen der ordinal skalierten Bewertungsskala des PRT wurden nicht parametrische Kruskal-Wallis Tests verwendet, um unterschiedliche Entwicklungen der Gruppen über die Zeit zu beurteilen. Nach signifikantem Ergebnis im Kruskal-Wallis Test ($p < 0,001$, $\chi^2 = 27,42$) ergaben sich in den Post-Hoc-Tests signifikante Verbesserungen für INT1 ($p < 0,001$, $PS_{dep} = 0,98$), INT2 ($p = 0,001$, $PS_{dep} = 0,83$) und HEIM ($p < 0,001$, $PS_{dep} = 0,95$). Die KG verbesserte sich nicht signifikant ($p = 0,547$, $PS_{dep} = 0,58$).

1.2 Interventionseffekte auf die Kraft/Schnellkraft

Im (CST) wurden sowohl für den Parameter Zeit, als auch den über die Kraftmessplatte erhobenen Parameter Leistung signifikante Interaktionseffekte beobachtet (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,74$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 1,35$). Dabei verringerten INT1

Abbildung 4
Leistungsänderungen während der Trainingsphase im Functional-Reach-Test (FRT) in den Interventionsgruppen verglichen mit der Kontrollgruppe



Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen. $d =$ Cohen's d ; INT1 = zweimal angeleitetes, einmal nicht angeleitetes Training/Woche; INT2 = einmal angeleitetes, zweimal nicht angeleitetes Training/Woche; HEIM = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; KG = Kontrollgruppe

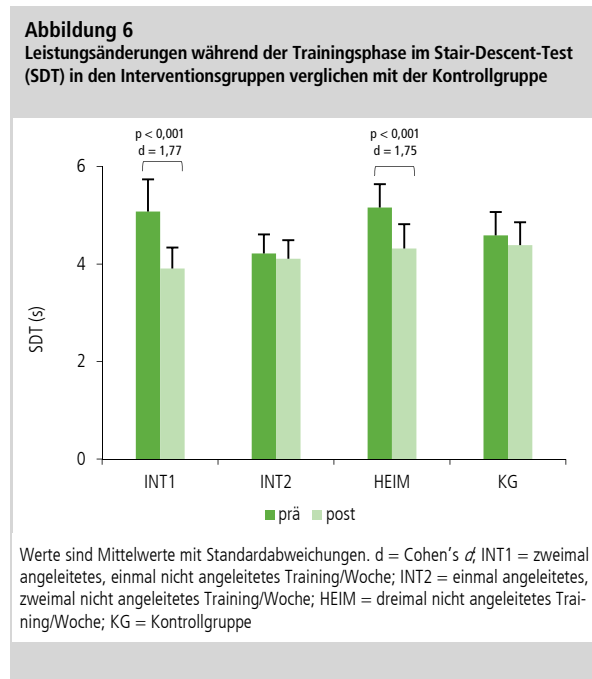
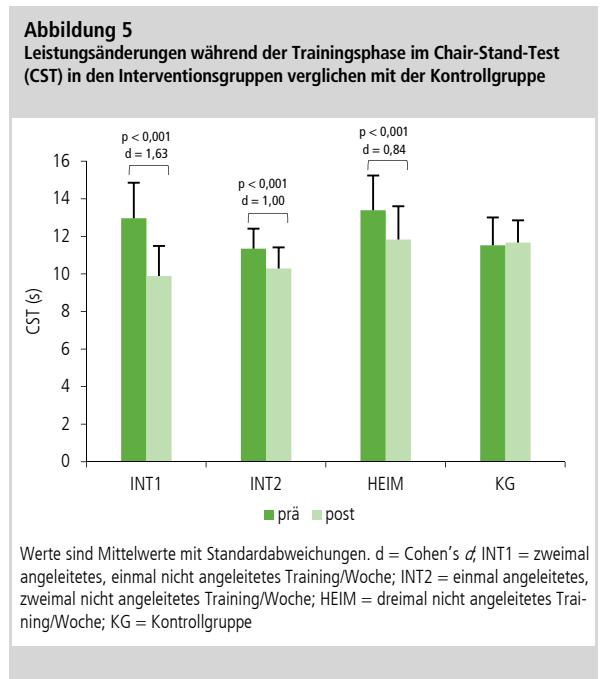
($p < 0,001$, $d = 1,63$), INT2 ($p < 0,001$, $d = 1,00$) und HEIM ($p < 0,001$, $d = 0,84$) ihre Zeiten, was einer Verbesserung entspricht. KG zeigte keine Veränderung ($p = 0,548$, $d = 0,09$). Auch für den Parameter Leistung verbesserten sich INT1 ($p < 0,001$, $d = 1,15$), INT2 ($p = 0,003$, $d = 0,48$) und HEIM ($p < 0,001$, $d = 0,71$), wohingegen KG ($p = 0,923$, $d = 0,01$) abermals keine Veränderung aufwies (Abbildung 5).

Im SAT konnten signifikante Interaktionseffekte nachgewiesen werden (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,19$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 1,15$). Post-Hoc-Tests ergaben signifikante Verkürzungen der benötigten Zeit für INT1 ($p < 0,001$, $d = 1,67$), HEIM ($p < 0,001$, $d = 0,82$) und KG ($p = 0,003$, $d = 0,58$) sowie eine Tendenz für INT2 ($p = 0,082$, $d = 0,42$). Ebenso zeigten sich Verbesserungen des Parameters Leistung bei INT1 ($p < 0,001$, $d = 1,88$), HEIM ($p < 0,001$, $d = 0,97$) und KG ($p = 0,005$, $d = 0,60$) und eine Tendenz für INT2 ($p = 0,094$, $d = 0,45$). Auch für den Stair-Descent-Test (SDT) resultierten die Analysen in signifikanten Interaktionseffekten (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,38$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 1,44$).

In der Post-hoc-Betrachtung zeigten INT1 (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,77$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 2,79$) und HEIM (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,75$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 2,30$) signifikante Verbesserungen, während sich INT2 (Zeit: $p = 0,205$, $d = 0,28$; Leistung: $p = 0,273$, $d = 0,23$) und KG (Zeit: $p = 0,059$, $d = 0,42$; Leistung: $p = 0,052$, $d = 0,42$) nicht signifikant veränderten (Abbildung 6).

1.3 Körperzusammensetzung

Die Magermasse der Beine ($p = 0,008$, $d = 0,84$) zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt. Post-hoc ergab sich eine signifikante Verringerung in HEIM ($p < 0,001$, $d = 0,08$), während sich alle anderen Gruppen nicht signifikant veränderten (INT1: $p = 0,237$, $d = 0,03$; INT2: $p = 0,514$, $d = 0,03$; KG: $p = 0,961$, $d = 0,001$). Alle weiteren erhobenen Parameter wiesen keine signifikanten Interaktionseffekte auf (Gesamtkörperwasser: $p = 0,261$, $d = 0,47$; Skelettmuskelmasse: $p = 0,507$, $d = 0,36$).



1.4 Fragebögen

1.4.1 Falls Efficacy Scale International

Die über den FES-I erfragte sturzbezogene Selbstwirksamkeit konnte durch das Training nicht signifikant beeinflusst werden ($p = 0,797$, $\text{Chi}^2 = 1,02$).

1.4.2 Digit Symbol Substitution Test

Der über den DSST erhobene kognitive Status zeigte ebenfalls keine unterschiedlichen Veränderungen der Gruppen über die Zeit ($p = 0,695$, $d = 0,29$).

1.4.3 World Health Organization Quality of Life-bref

Für den WHOQoL-bref ergab sich ein signifikanter Interaktionseffekt (ANOVA: $p = 0,022$, $d = 0,74$; Kruskal-Wallis Test: $p = 0,048$, $\text{Chi}^2 = 7,93$). Post-hoc Analysen weisen auf eine Verbesserung in INT1 hin (t-Test: $p = 0,05$, $d = 0,42$; Wilcoxon-Test: $p = 0,055$, $\text{PS}_{\text{dep}} = 0,68$), während sich keine signifikanten Veränderungen in INT2 (t-Test: $p = 0,209$, $d = 0,15$; Wilcoxon-Test: $p = 0,207$, $\text{PS}_{\text{dep}} = 0,39$), HEIM (t-Test: $p = 0,154$, $d = 0,28$; Wilcoxon-Test: $p = 0,067$, $\text{PS}_{\text{dep}} = 0,42$) und KG (t-Test: $p = 0,867$, $d = 0,03$; Wilcoxon-Test: $p = 0,545$, $\text{PS}_{\text{dep}} = 0,50$) feststellen liessen.

2. Effekte der Detrainingsphase

Im Folgenden werden die Ergebnisse der 3×3 ANOVA mit Messwiederholung präsentiert. In dieses Modell flossen Daten von 21 TN der INT1, 19 TN der HEIM sowie 20 TN der KG ein.

2.1 Detrainingeffekte auf das Gleichgewicht

2.1.1 Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht

Der Interaktionseffekt Zeit \times Gruppe erreichte das Signifikanzniveau für die Variable Standzeit ($p < 0,001$, $d = 1,04$), jedoch nicht für den relativen Schwankweg ($p = 0,462$, $d = 0,36$). Post-hoc Analysen zeigten eine signifikante Verbesserung der INT1 von prä zu follow-up ($p < 0,001$, $d = 0,80$), jedoch nicht für HEIM ($p = 0,730$, $d = 0,09$) und KG ($p = 0,962$, $d = 0,01$). Von post zu follow-up wurden keine signifikanten Veränderungen aufgedeckt.

2.1.2 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen ohne Zusatzaufgabe

Signifikante Interaktionseffekte konnten sowohl für die Variable Doppelschrittgeschwindigkeit ($p = 0,006$, $d = 0,74$), als auch für die Variable Doppelschrittlänge ($p = 0,047$, $d = 0,60$) festgestellt werden. In der Post-hoc Betrachtung der einzelnen Gruppen konnte INT1 seine habituelle Doppelschrittgeschwindigkeit von prä nach follow-up signifikant erhöhen ($p = 0,002$, $d = 0,69$), wohingegen in HEIM ($p = 0,029$, $d = 0,35$) und KG ($p = 0,945$, $d = 0,01$) keine signifikanten Veränderungen offengelegt werden konnten. Von post nach follow-up veränderte sich der Parameter Geschwindigkeit nicht signifikant. Für die Variable Doppelschrittlänge zeigte INT1 ($p = 0,011$, $d = 0,33$) eine signifikante Erhöhung von prä nach follow-up. Keine signifikanten Veränderungen traten bei HEIM ($p = 0,078$, $d = 0,13$) und KG ($p = 0,925$, $d = 0,01$) auf. Von post nach follow-up veränderten sich die Gruppen nicht signifikant. Ähnlich wie bei den absoluten Parametern wurden für den CV der Doppelschrittgeschwindigkeit ($p = 0,001$, $d = 0,86$) und den CV der

Doppelschrittlänge ($p = 0,023$, $d = 0,65$) signifikante Interaktionseffekte ermittelt. Keine signifikanten Veränderungen wurden für den Parameter CV der Doppelschrittgeschwindigkeit von prä nach follow-up entdeckt (INT1: $p = 0,412$, $d = 0,16$; HEIM: $p = 0,424$, $d = 0,28$; KG: $p = 0,841$, $d = 0,05$). Die Leistung von INT1 nahm von post nach follow-up signifikant ab ($p = 0,01$, $d = 1,09$), während HEIM ($p = 0,212$, $d = 0,30$) und KG ($p = 0,351$, $d = 0,15$) keine signifikanten Veränderungen zeigte. Für den Parameter CV der Doppelschrittlänge konnten keine signifikanten Veränderungen von prä nach follow-up (INT1: $p = 0,094$, $d = 0,38$; HEIM: $p = 0,308$, $d = 0,24$; KG: $p = 0,890$, $d = 0,03$) und von post nach follow-up (INT1: $p = 0,155$, $d = 0,34$; HEIM: $p = 0,745$, $d = 0,06$; KG: $p = 0,462$, $d = 0,09$) nachgewiesen werden (Abbildung 7).

2.1.3 Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht – Gehen mit Zusatzaufgabe

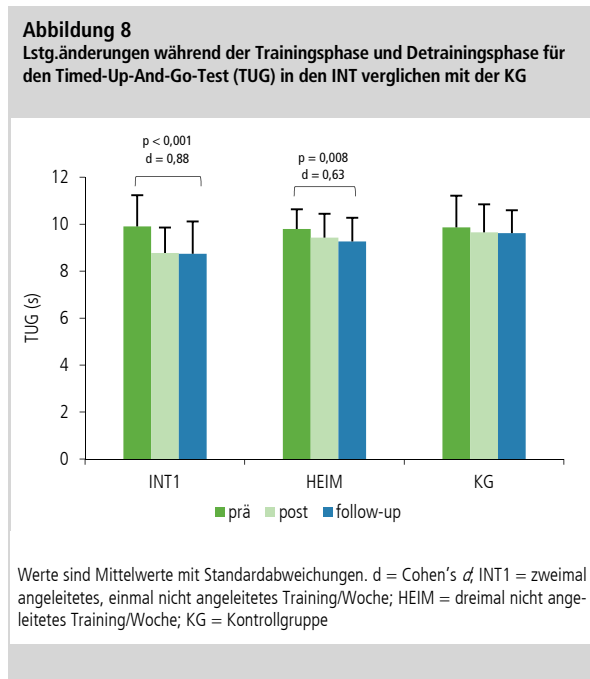
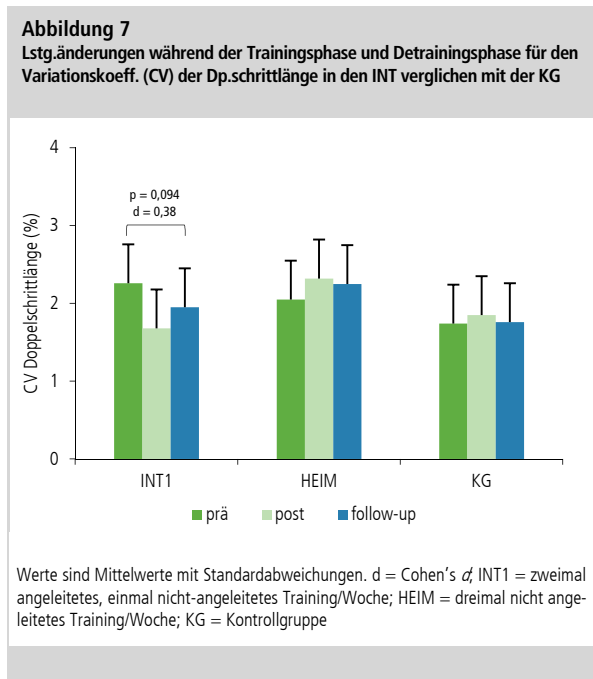
Weder für die Variablen Doppelschrittgeschwindigkeit ($p = 0,281$, $d = 0,43$) und Doppelschrittlänge

($p = 0,533$, $d = 0,33$), noch für die dazugehörigen CV's (CV Doppelschrittgeschwindigkeit: $p = 0,369$, $d = 0,39$; CV Doppelschrittlänge: $p = 0,442$, $d = 0,37$) wurden signifikante Interaktionseffekte aufgedeckt.

2.1.4 Proaktives Gleichgewicht

Die 3×3 ANOVA deckte einen signifikanten Interaktionseffekt für den TUG auf ($p = 0,002$, $d = 0,82$). Mittels Post-Hoc-Tests konnte eine signifikante Verkürzung der Zeit (d. h. eine Leistungsverbesserung) für INT1 ($p < 0,001$, $d = 0,88$) und HEIM ($p = 0,008$, $d = 0,63$) von prä nach follow-up nachgewiesen werden. Die KG veränderte die Leistung nicht signifikant ($p = 0,250$, $d = 0,19$). Schliesslich konnten keine signifikanten Veränderungen von post nach follow-up detektiert werden (INT1: $p = 0,869$, $d = 0,04$; HEIM: $p = 0,370$, $d = 0,16$; KG: $p = 0,787$, $d = 0,03$) (Abbildung 8).

Für beide Parameter des FRT ergab die statistische Analyse signifikante Interaktionseffekte (Distanz: $p < 0,001$, $d = 1,31$; Schwankweg: $p = 0,012$,



d = 0,69). Von der Prä- zur Follow-Up-Messung wurden signifikante Steigerungen für INT1 (Distanz: $p < ,001$, $d = 1,65$; Schwankweg: $p < 0,001$, $d = 1,18$) und HEIM (Distanz: $p < ,001$, $d = 0,79$; Schwankweg: $p = 0,001$, $d = 1,57$), aber nicht für die KG (Distanz: $p = 0,03$, $d = 0,48$; Schwankweg: $p = 0,026$, $d = 0,50$; Bemerkung: nicht signifikant wegen Bonferroni-Korrektur ($0,05/3 = 0,017$)) nachgewiesen. Von post nach follow-up veränderte INT1 die Leistungen nicht signifikant (Distanz: $p = 0,412$, $d = 0,14$; Schwankweg: $p = 0,819$, $d = 0,04$). INT 2 zeigte keine Veränderung für die Variable Distanz ($p = 0,263$, $d = 0,14$), jedoch eine Erhöhung (gleichbedeutend mit einer Verbesserung) des relativen Schwankwegs ($p = 0,005$, $d = 0,71$). Die KG zeigte keine signifikanten Veränderungen von post nach follow-up (Distanz: $p = 0,092$, $d = 0,28$; Schwankweg: $p = 0,803$, $d = 0,03$).

2.1.5 Reaktives Gleichgewicht

Die Analysen erbrachten keine signifikant unterschiedlichen Veränderungen der Gruppen über die Zeit hervor (ml: $p = 0,096$, $d = 0,53$; ap: $p = 0,280$, $d = 0,42$).

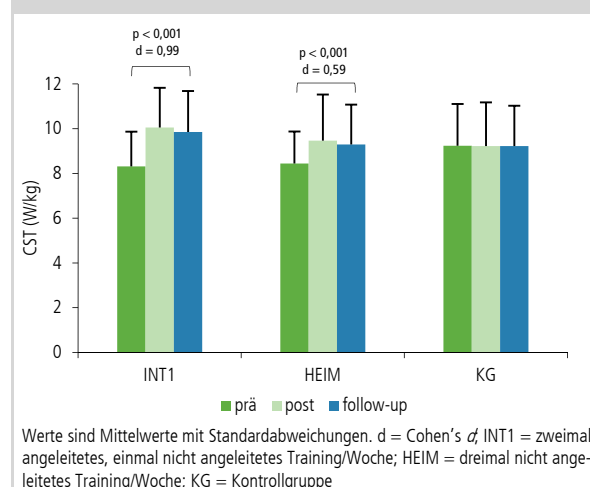
Die für den PRT berechneten Kruskal-Wallis Tests ergaben signifikant unterschiedliche Entwicklungen der Gruppen von prä nach follow-up ($p < 0,001$, $\text{Chi}^2 = 17,38$), aber nicht von post nach follow-up ($p = 0,167$, $\text{Chi}^2 = 3,58$). Nach Durchführung von Wilcoxon-Tests zeigten sich signifikante Verbesserungen für INT1 ($p < 0,001$, $\text{PSdep} = 0,95$) und HEIM ($p = 0,001$, $\text{PSdep} = 0,84$), jedoch keine signifikanten Veränderungen für die KG ($p = 0,352$, $\text{PSdep} = 0,66$).

2.2 Detrainingeffekte auf die Kraft/Schnellkraft

Für beide im CST erhobenen Parameter wurde ein signifikanter Interaktionseffekt Zeit \times Gruppe berechnet (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,66$; P_{max} : $p < 0,001$, $d = 1,40$). Post-hoc Analysen legten offen, dass sich INT1 (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,55$; P_{max} : $p < 0,001$, $d = 0,99$) und HEIM (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,01$; P_{max} : $p < 0,001$, $d = 0,59$) von prä nach follow-up in beiden Parametern signifikant verbesserten, während KG keine signifikanten Veränderungen aufwies (Zeit: $p = 0,700$, $d = 0,05$; P_{max} : $p = 0,918$, $d = 0,01$). Von post nach follow-up konnten keinerlei Veränderungen innerhalb der Gruppen festgestellt werden (INT1: Zeit: $p = 0,532$, $d = 0,07$; P_{max} : $p = 0,167$, $d = 0,11$; HEIM: Zeit: $p = 0,184$, $d = 0,17$; P_{max} : $p = 0,291$, $d = 0,08$; KG: Zeit: $p = 0,155$, $d = 0,18$; P_{max} : $p = 0,963$, $d = 0,003$) (Abbildung 9).

Analog zum CST konnten für beide Parameter des SAT signifikante Interaktionseffekte bestimmt werden (Zeit: $p < 0,001$, $d = 0,99$; Leistung: $p < 0,001$,

Abbildung 9
Lstg.änderungen während der Trainingsphase und Detrainingsphase für die Leistung im Chair-Stand-Test (CST) in den INT verglichen mit der KG



d = 0,96). Post-Hoc-Tests brachten signifikante Verbesserungen von prä nach follow-up für INT1 (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,83$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 2,04$), HEIM (Zeit: $p < 0,001$, $d = 0,89$; Leistung: $p < 0,001$, $d = 1,16$) und KG (Zeit: $p = 0,001$, $d = 0,97$; Leistung: $p = 0,001$, $d = 1,05$) hervor. Keine Veränderungen ergaben sich von post nach follow-up (INT1: Zeit: $p = 0,321$, $d = 0,21$; Leistung: $p = 0,332$, $d = 0,24$; HEIM: Zeit: $p = 0,428$, $d = 0,11$; Leistung: $p = 0,282$, $d = 0,21$; KG: Zeit: $p = 0,068$, $d = 0,42$; Leistung: $p = 0,039$, $d = 0,41$).

Ebenso erwies sich die Interaktion Zeit \times Gruppe für den SDT bei beiden Parametern als signifikant (Zeit: $p < 0,001$, $d = 1,02$; power: $p < 0,001$, $d = 1,07$). Von prä nach follow-up ergaben sich signifikante Verbesserungen für die Parameter Zeit (INT1: $p < 0,001$, $d = 1,76$; HEIM: $p < 0,001$, $d = 2,08$; KG: $p = 0,015$, $d = 0,56$) und Leistung (INT1: $p < 0,001$, $d = 2,82$; HEIM: $p < 0,001$, $d = 2,74$; KG: $p = 0,013$, $d = 0,58$). Wiederum keine Veränderungen ergaben sich von post nach follow-up (INT1: Zeit: $p = 0,993$, $d = 0,002$; Leistung: $p = 0,974$, $d = 0,03$; HEIM: Zeit: $p = 0,062$, $d = 0,32$; Leistung: $p = 0,089$, $d = 0,27$; KG: Zeit: $p = 0,508$, $d = 0,15$; Leistung: $p = 0,527$, $d = 0,13$).

2.3 Körperzusammensetzung

Für alle erhobenen Parameter zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt für die Magermasse der Beine ($p = 0,044$, $d = 0,61$). INT1 ($p = 0,902$, $d = 0,05$) und KG ($p = 0,453$, $d = 0,02$) veränderten ihre Magermasse von prä nach follow-up nicht signifikant. HEIM zeigte jedoch die Tendenz zu einem Rückgang im selben Zeitraum ($p = 0,019$, $d = 0,04$). Aufgrund der Bonferroni-Korrektur ergab sich keine signifikante Veränderung. Keine signifikanten Veränderungen bezüglich der Magermasse der Beine

traten von post nach follow-up auf (INT1: $p = 0,352$, $d = 0,02$; HEIM: $p = 0,049$, $d = 0,04$; KG: $p = 0,548$, $d = 0,02$). Bei den anderen Parametern liess sich kein signifikanter Interaktionseffekt nachweisen (Gesamtkörperwasser: $p = 0,577$, $d = 0,31$; Skelettmuskelmasse: $p = 0,725$, $d = 0,27$).

2.4 Fragebögen

2.4.1 Falls Efficacy Scale International

Keine signifikanten Unterschiede der Differenzwerte der drei Messzeitpunkte wurden festgestellt (prä-follow-up: $p = 0,145$, $\text{Chi}^2 = 3,86$; post-follow-up: $p = 0,255$, $\text{Chi}^2 = 2,73$), was bedeutet, dass sich die Gruppen über die Zeit nicht unterschiedlich entwickelten.

2.4.2 Digit Symbol Substitution Test

Ebenso entwickelten sich die Gruppen im DSST über die Zeit nicht unterschiedlich (Zeit \times Gruppe: $p = 0,233$, $d = 0,45$).

2.4.3 World Health Organization Quality of Life-bref

Sowohl die parametrische Berechnung über die ANOVA ($p = 0,155$, $d = 0,49$), als auch die nicht parametrische Berechnung über Kruskal-Wallis Test (prä-follow-up: $p = 0,640$, $\text{Chi}^2 = 0,89$; post-follow-up: $p = 0,312$, $\text{Chi}^2 = 2,33$) ergaben keine signifikanten Gruppenunterschiede über die Zeit.

V. Diskussion

Dies ist die erste Studie, die die Effekte eines kombinierten Kraft- und Gleichgewichtstrainings auf umfassende Kraft- und Gleichgewichtstests bei älteren Menschen untersuchte und dabei den Effekt der Trainingsanleitung berücksichtigte. Zusätzlich wurden die Effekte einer zwölfwöchigen Detrainingsphase auf das erreichte Leistungsniveau analysiert. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Das durchgeführte Trainingsprogramm erwies sich als **sichere Möglichkeit** zur Verbesserung intrinsischer Sturzrisikofaktoren. Es ergaben sich keine trainingsbedingten oder messbedingten Verletzungen. Die weitere Verbreitung ist somit möglich.
2. Eine hohe Trainingsbeteiligung (INT1 [zweimal angeleitetes Training + einmal nicht angeleitetes Training/Woche]: 92 %, INT2 [einmal angeleitetes Training + zweimal nicht angeleitetes Training/Woche]: 92 %, HEIM [dreimal nicht angeleitetes Training/Woche]: 97 %) und eine niedrige Dropout-Rate (9 % Ausfälle über die Trainingsphase) sprechen für eine **hohe Akzeptanz und Eignung** des Programms für die untersuchte Altersgruppe.
3. Das Programm ist effektiv und resultierte in **signifikanten Verbesserungen** intrinsischer Sturzrisikofaktoren (statisch-kontinuierliches Gleichgewicht (ROM), dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht (Doppelschrittgeschwindigkeit/ -länge, CV's), proaktives Gleichgewicht (TUG, FRT), reaktives Gleichgewicht (PRT) und Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten (CST, SAT, SDT).
4. **Keine signifikanten Auswirkungen** hatte das Training auf die Leistung im Gehen unter Doppeltätigkeitsbedingungen und die Reaktion nach medio-lateralen Störreizen. Keine oder nur geringe Auswirkungen hatte die Intervention auf die verwendeten Fragebögen (DSST, FES-I, WHOQoL-bref) sowie die Körperzusammensetzung.
5. Die **INT1 zeigte grössere Effekte als HEIM** nach der Trainingsintervention in allen Parametern, die einen signifikanten Interaktionseffekt aufwiesen (insgesamt 14 der 22 primären Parameter nach 4 x 2 ANOVA). INT2 zeigte in sieben dieser Parameter grössere Effekte nach dem Training als HEIM. Bei HEIM wiederum konnten im Vergleich zu INT2 grössere oder ähnlich grosse Effekte in ebenfalls sieben Parametern (vorwiegend Krafttests) festgestellt werden. Zudem verbesserten die TN der INT1 ihre Leistungen von prä nach post in 13 Parametern (von 14 Variablen mit signifikantem Interaktionseffekt) signifikant ($0,50 \leq d \leq 2,79$), während INT2 in sieben ($0,48 \leq d \leq 1,00$), HEIM in 9 ($0,35 \leq d \leq 2,30$) und KG in drei ($0,58 \leq d \leq 0,63$) Parametern signifikante Verbesserungen aufwiesen. Das nicht angeleitete Training schien hauptsächlich die Kraftparameter positiv zu beeinflussen.
6. Nach einer zwölfwöchigen Detrainingsperiode erwiesen sich die erreichten **Gleichgewichts- und Kraftniveaus als stabil**. Die Leistungen liessen entweder leicht nach oder konnten stabilisiert werden und blieben in den meisten Fällen über dem Ausgangsniveau. INT1 blieb in 13 Pa-

rametern (von 15 mit signifikantem Interaktionseffekt) nach der Detrainingsphase signifikant über dem Ausgangsniveau, HEIM in zehn und KG in vier Parametern. Die KG wies im SAT und SDT bessere Leistungen als vor dem Training auf.

1. Interventionseffekte

Für alle primären Zielvariablen (Kraft-/Schnellkraft- und Gleichgewichtstests) wurden signifikante Interaktionseffekte zugunsten der Trainingsgruppen entdeckt. Signifikante Verbesserungen innerhalb der Trainingsgruppen von prä nach post erreichten Effektgrößen von $0,35 \leq d \leq 1,81$ für die Gleichgewichtstests und $0,48 \leq d \leq 2,79$ für die Krafttests. Systematische Überblicksbeiträge und Metaanalysen haben dargelegt, dass Kraft und Gleichgewicht älterer Menschen mit adäquaten Interventionsmassnahmen verbessert werden können [82,83]. Wegen fehlender elektrophysiologischer Untersuchungsmethoden können die Ursachen der Verbesserungen in der vorliegenden Untersuchung nicht genau bestimmt werden. Ausgebliebene Veränderungen der Körperzusammensetzung deuten jedoch auf neuronale Ursachen hin [84]. Wir konnten zeigen, dass ein kombiniertes Kraft-/Gleichgewichtstraining zu signifikanten Verbesserungen aller überprüfter Gleichgewichtsdimensionen (statisch-kontinuierlich, dynamisch-kontinuierlich, proaktiv, reaktiv) führte. Studien, die ähnliche Trainingsprogramme bei Senioren anwendeten, jedoch den Supervisionseffekt nicht berücksichtigten, weisen ähnliche Ergebnisse auf. Zum Beispiel führten Freiberger et al. [85] ein 16-wöchiges Training (ein- bis zweimal wöchentlich) mit Senioren (> 65 Jahre) durch, das u. a. Kraft-, Gleichgewichts- und Gangübungen beinhaltete und verglichen die Veränderungen mit einer KG. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich die Trainingsgruppe signifikant gegenüber der KG im Romberg-Test (Inter-

aktion: $d = 1,26$) sowie dem TUG verbesserte (Interaktion: $d = 0,19$). Keine signifikant unterschiedlichen Entwicklungen ergaben sich für den CST ($d = 1,27$). Weiterhin untersuchten Park et al. [86] die Effekte eines 48-wöchigen kombinierten Kraft- und Gleichgewichtstrainings (dreimal wöchentlich) bei 65–70-Jährigen auf u. a. die Standzeit im Einbeinstand, die 10-m-Gehzeit (schnelles Gehen) und die maximale Schrittlänge. Nach dem Training ergaben sich für die Trainingsgruppe im Vergleich zur KG u. a. signifikante Verbesserungen im Einbeinstand (Trainingsgruppe: $p < 0,05$, $d = 1,06$) und der 10-m-Gehzeit bei schnellem Gehen (Trainingsgruppe: $p < 0,05$, $d = 1,35$). Keine Unterschiede wurden für die maximale Schrittlänge gefunden, was sich mit den hier vorliegenden Ergebnissen der habituellen Doppelschrittlänge deckt. In einer weiteren Studie führten Suzuki et al. [87] ein sechsmonatiges Gruppentraining (eine Trainingseinheit alle zwei Wochen), das durch nicht angeleitetes Training (dreimal wöchentlich) ergänzt wurde, bei > 73-Jährigen durch. Die Übungen zielten auf die Verbesserung der Beinkraft und des statischen sowie dynamischen Gleichgewichts ab. Die Trainingsgruppe verbesserte ihre Leistung nach dem Training im FRT ($p < 0,001$, $d = 1,01$) und den erreichten Schritten im Tandemgang ($p = 0,024$, $d = 0,54$), während die KG ihre Leistungen im selben Zeitraum nicht signifikant veränderte. Schliesslich überprüften Zhuang et al. [88] die Effekte eines zwölfwöchigen kombinierten Trainingsprogramms (dreimal wöchentlich) bei älteren Menschen (60–80 Jahre) auf Parameter des Gleichgewichts und der Beinkraft im Vergleich zu einer KG. Die Autoren fanden signifikante Interaktionseffekte für den TUG (Trainingsgruppe: $p < 0,001$, $d = 0,73$) sowie für verschiedene Gangparameter, u. a. die habituelle Ganggeschwindigkeit (Trainingsgruppe: $p < 0,001$, $d = 1,06$). Die KG verbesserte sich in keinem der Parameter. Kein

signifikanter Interaktionseffekt ergab sich für den FRT.

Das vorliegende Trainingsprogramm konnte das Gangverhalten unter Doppeltätigkeitsbedingungen nicht signifikant beeinflussen. Ein systematischer Überblicksbeitrag zu den Effekten von Training auf das statische und dynamische Gleichgewicht unter Doppeltätigkeitsbedingungen kommt zu dem Schluss, dass in den meisten Studien Evidenzen für die Wirkung des Trainings fehlen. Dies könnte bedeuten, dass entweder die angewendeten Messungen oder das implizierte Training modifiziert werden müssen [89]. Jedoch scheinen Trainingsprogramme, die explizit auf die Verbesserung des Gleichgewichts unter Doppeltätigkeitsbedingungen ausgerichtet sind, Erfolge zu erzielen, wie die Publikationen von Silsupadol et al. zeigen [90,91]. Der Grund für die ausbleibenden Verbesserungen in der vorliegenden Studie könnte also in der zu geringen Reizsetzung von Aufgaben unter Doppeltätigkeitsbedingungen liegen.

Weiterhin konnte mit der vorliegenden Studie gezeigt werden, dass ein kombiniertes Kraft-/Gleichgewichtstraining zu signifikanten Verbesserungen in Parametern der Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten (CST, SAT, SDT²) führte. Zahlreiche Studien konnten in der Vergangenheit die Wirkungen von Krafttraining auf Kraft und Schnellkraft sowie funktionelle Krafttests wie den CST nachweisen. Einen Überblick liefern Granacher, Zahner und Gollhofer [23]. Analog zu den Gleichgewichtsergebnissen sind die Ergebnisse der Krafttests in unserer Studie mit

denen anderer Studien vergleichbar, die ähnliche Programme anwendeten, jedoch nicht auf den Supervisionseffekt eingingen. So verbesserten sich ältere Menschen ($91,4 \pm 4,1$ Jahre) nach einem zwölfwöchigen kombinierten Kraft- und Gleichgewichtstraining (zweimal wöchentlich) signifikant im 30-s-CST (Anzahl Erhebungen in 30 s) gegenüber einer KG (Trainingsgruppe: $d = 0,88$) [92]. Gianoudis et al. [93] berichten signifikant grössere Leistungsverbesserungen in der Trainingsgruppe (sechs Monate kombiniertes Training, dreimal wöchentlich) im Vergleich zur KG im Stair-Climb-Power Test ($p < 0,05$, 5 % grössere Verbesserung in der Trainingsgruppe) und dem 30-s-CST ($p < 0,001$, 11 % grössere Verbesserung in der Trainingsgruppe). Leider wurden hier keine MW und SD angegeben, so dass keine Effektgrössen bestimmt werden konnten. Die mittlere Verbesserung aller drei Gruppen gegenüber der KG in der vorliegenden Studie beträgt 7 % für den SAT und 14 % für den CST. In der oben beschriebenen Studie von Zhuang et al. [87] konnten zudem signifikante Interaktionseffekte für den 30-s-CST (Trainingsgruppe: $d = 2,05$) und die isometrische Maximalkraft der Beinstrecker (Trainingsgruppe: $d = 0,80$) nachgewiesen werden. Sowohl INT1 und HEIM verbesserten ihre Leistungen nach unserem Programm im CST unter den Grenzwert für ein erhöhtes Sturzrisiko (12 s, $RR = 2,0$). INT2 lag vorher schon darunter, verbesserte sich aber noch deutlich unter den kritischen Wert.

Nur wenige Studien untersuchten bislang die Effekte der Supervision im Sturzpräventionstraining mit Senioren. Die Ergebnisse der gefundenen Stu-

² Das Training führte zu keiner Verbesserung der Leistungen im SAT und SDT bei INT2. Möglicherweise liegt dies an der Tatsache, dass diese Gruppe grösstenteils aus der KG rekrutiert wurde und die Tests dementsprechend schon häufig durchgeführt hatte. Angesichts der Ausgangsleistungen der TN von INT2 im SAT und SDT liegt ebenfalls der Schluss nahe, dass bei dieser Gruppe ein nur bedingtes Verbesserungspotenzial bestand.

dien sind teilweise in Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Resultaten und sollen im Folgenden dargestellt werden. Donat und Özcan [32] überprüften die Effekte eines achtwöchigen kombinierten Kraft-/Gleichgewichts-/Beweglichkeitstrainings (dreimal wöchentlich) in einer angeleiteten gegenüber einer nicht angeleiteten Trainingsgruppe und erhoben dabei u. a. Leistungen im Einbeinstand, im Tandemstand, der Berg-Balance-Scale, dem TUG und der maximalen isometrischen Beinkraft bei über 65-Jährigen. Das Training führte zu signifikanten Verbesserungen im Einbeinstand, Tandemstand, Berg-Balance-Scale-Werten und TUG in beiden Gruppen (alle $p < 0,05$), wohingegen sich die Beinkraft ($p = 0,006$) nur in der angeleiteten Gruppe verbesserte. Jedoch wurde keine passive KG in das Studiendesign integriert. In unserer Studie verbesserte sich die HEIM hauptsächlich in den Kraftparametern. Eine Erklärung könnte in der Steuerung der Intensität liegen, die bei unserem Programm stets so hoch wie möglich gehalten wurde (BORG-Skala), was auch in früheren Studien hohe Kraftzuwächse begünstigte [94]. In einer weiteren Studie berichten Cyarto et al. [29], dass ein 20-wöchiges kombiniertes und angeleitetes Training (zweimal wöchentlich) bei älteren Menschen (65–96 Jahre) das statisch-kontinuierliche Gleichgewicht im Einbeinstand signifikant gegenüber einer heimbasierten Trainingsgruppe verbesserte ($p = 0,05$). Jedoch zeigten sich in anderen Gleichgewichtstest (Tandemstand, TUG) keine unterschiedlichen Entwicklungen. Auch Tuunainen et al. [30] konnten nach einem zwölfwöchigen Training (zweimal wöchentlich) in einer Krafttrainingsgruppe, einer Kraft- und Gleichgewichtstrainingsgruppe und einer heimbasierten Gruppe keine signifikant unterschiedlichen Entwicklungen des statisch-kontinuierlichen Gleichgewichts bei älteren Menschen (Durchschnittsalter: $85,3 \pm 5,7$ Jahre) feststellen. Nach drei

Jahren tendierten die angeleiteten Gruppen jedoch zu weniger Stürzen verglichen mit der nicht angeleiteten Gruppe ($p = 0,02$). Die Ergebnisse unserer Studie sprechen eher dafür, dass sich die angeleiteten Gruppen in den Gleichgewichtstests häufiger und deutlicher verbesserten als die HEIM. Helbostad et al. [31] fanden in ihrer kontrollierten Studie keinen Hinweis auf den zusätzlichen Nutzen von angeleitetem Training. Sie konnten zwar nachweisen, dass ein zwölfwöchiges kombiniertes Kraft-/Gleichgewichtstraining (zweimal täglich) ohne Anleitung (insgesamt drei Gruppentreffen) in der Lage ist, die Gehgeschwindigkeit ($d = 0,22$), TUG ($d = 0,23$) und die maximale Schrittlänge ($d = 0,14$) zu verbessern. Nach einem Vergleich mit einer Trainingsgruppe, die dasselbe nicht angeleitete Trainingsprogramm und zusätzlich zwei angeleitete Trainingseinheiten pro Woche erhielt, konnten jedoch keine signifikanten Interaktionseffekte nachgewiesen werden (zusätzlich angeleitete Gruppe: Ganggeschwindigkeit: $d = 0,15$; TUG: $d = 0,19$; max. Schrittlänge: $d = 0,37$). Hier wurde mit dem täglichen nicht angeleiteten Training womöglich schon ein «Deckeneffekt» erreicht. Eine bessere Vergleichbarkeit erreicht die Studie von Wu et al. [95]. Hier verglichen die Autoren ein angeleitetes mit einem heimbasierten Tai-Chi-Training (Video + Telekommunikation, 15 Wochen, drei Stunden pro Woche). Das Training brachte keine unterschiedlichen Prä-Post-Entwicklungen zwischen den Gruppen für TUG und Einbeinstand, jedoch für den Schwankweg im engen Stand mit offenen Augen (videobasiertes nicht angeleitetes Training: $d = 0,25$ [Verschlechterung]; Gruppentraining: $d = 0,48$) zugunsten der angeleiteten Gruppe hervor. Um die Effekte eines kombinierten viermonatigen Kraft-/Gleichgewichtstrainings unter Anleitung (dreimal pro Woche) mit einem minimal angeleiteten Training (dreimal pro Woche nicht angeleitet und zusätzlich eine angeleitete Einheit alle

zwei Wochen) und einer KG zu vergleichen, rekrutierten schliesslich Almeida et al. [33] 119 ältere Menschen über 70 Jahre. Nach vier Monaten zeigten die beiden aktiven Gruppen signifikante unterschiedliche Entwicklungen im Vergleich zur KG im TUG (angeleitet: $d = 0,88$; minimal angeleitet: $d = 0,55$) und der Geschwindigkeit im Tandemgang (angeleitet: $d = 0,42$; minimal angeleitet: $d = 0,97$). Die Veränderungen der beiden aktiven Gruppen unterschieden sich nicht signifikant. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Resultate unserer Studie die Ergebnisse bisheriger Studien nur teilweise widerspiegeln. Bislang untersuchte keine Studie die Effekte eines kombinierten Kraft-/Gleichgewichtstrainings in einer angeleiteten gegenüber einer nicht angeleiteten Gruppe auf die komplette Bandbreite der wichtigsten intrinsischen Sturzrisikofaktoren Kraft, Gleichgewicht und Gang bei älteren Menschen. Zu diskutieren ist die Tatsache, dass sich die HEIM in der vorliegenden Studie in allen Kraftparametern signifikant verbessern konnte, aber keine Veränderungen in allen Messgrössen des kontinuierlichen Gleichgewichts gefunden wurden. Da die BORG-Skala ursprünglich zur Bestimmung des subjektiven Anstrengungsempfindens konzipiert wurde, ist die selbständige Bestimmung der erreichten Beanspruchung für die Kraftübungen einfacher als für die Gleichgewichtsübungen. Es besteht die Möglichkeit, dass die TN der HEIM dadurch unter einem für eine Anpassung notwendigen Beanspruchungsniveau trainierten. Es stellt sich die Frage, warum sie sich aber dennoch im FRT und PRT verbessern konnten. Joshua et al. [96] wiesen darauf hin, dass ein progressives Krafttraining in der Verbesserung der Leistung im FRT effektiver ist, als ein traditionelles Gleichgewichtstraining. Angesichts der enormen Zuwächse in den Kraft-/Schnellkrafttests in dieser Studie könnten Steigerungen im FRT zumindest teilweise durch diese Kraftzuwächse erklärt

werden. In dieselbe Richtung weisen die Ergebnisse von Mühlbauer et al. [54], die eine signifikante Korrelation zwischen FRT und Beinkraft ($r = 0.468$), aber nicht zwischen Beinkraft und Parametern des kontinuierlichen Gleichgewichts ($|r| = 0.028-0.375$) nachweisen konnten. Gerade Leistungssteigerungen der Schnellkraft könnten bessere Voraussetzungen für die Reaktion im PRT gelegt haben, wohingegen diese Fähigkeiten in den kontinuierlichen Gleichgewichtstests sowie beim medialen Störreiz (reaktives Gleichgewicht) eher weniger gefragt waren. In ihrer Metaanalyse berichten Sherrington et al. [97], dass die grössten relativen Effekte auf Sturzraten von Programmen erzielt werden, die die Kombination aus hohem Gesamtumfang (> 50 Stunden über die Interventionsphase) und herausfordernde Gleichgewichtsübungen beinhalten. Möglicherweise sollte ein grösserer Gesamtumfang an fordernden Gleichgewichtsübungen speziell in Heimprogrammen appliziert werden, um alle Dimensionen von gleichgewichtsbezogenen Sturzrisikofaktoren zu verbessern. Gerade in Heimprogrammen ist das Erreichen einer hohen Übungsintensität/Beanspruchung nicht zwingend gewährleistet.

Zu beachten ist, dass diese Studie intrinsische Risikofaktoren für Stürze und nicht die Anzahl der Stürze oder die Abfallrate untersuchte. Die Leistungen in CST, SAT und SDT haben sich sowohl in der INT1 als auch der HEIM-Gruppe über die Grenzwerte hinaus verbessert, die ein erhöhtes Sturzrisiko darstellen (Grenzen: $CST \geq 12$ s; $SAT/SDT \geq 5$ s). INT1 hat sich zudem über den Grenzwert im ROM hinaus verbessert (10–19 s). Damit kann das untersuchte Trainingsprogramm als eine wirkungsvolle Massnahme für die Sturzprävention betrachtet werden.

Weitere Studien könnten klären, inwieweit das Programm auch bei weniger aktiven oder nicht selbständig lebenden Menschen wirkt. Aufgrund der geringeren Adaptationsreserve bei aktiven Menschen ist jedoch anzunehmen, dass auch bei weniger aktiven Kohorten die positiven Effekte dieser Studie repliziert werden könnten.

2. Detrainingseffekte

Wir konnten mit unseren Ergebnissen nachweisen, dass sich die Mehrheit der Variablen, die einen signifikanten Interaktionseffekt zeigten, nach einer zwölfwöchigen Detrainingsphase in den Trainingsgruppen immer noch signifikant über dem Ausgangsniveau befand. INT1 zeigte Verbesserungen im Vergleich zur Eingangsmessung in 13 ($0,33 \leq d \leq 2,82$), HEIM in zehn ($0,59 \leq d \leq 2,74$), und KG in vier Variablen ($0,56 \leq d \leq 1,05$). Mehrere bisherige Studien beleuchteten Detrainingseffekte nach verschiedenen Trainingsprogrammen bei älteren Menschen. So untersuchten Carvalho et al. [98] Effekte nach einem achtmonatigen multimodalen Trainingsprogramm (zweimal wöchentlich; Inhalte: statische/dynamische Gleichgewichts-, Kraft, Ausdauerübungen) bei älteren Personen (64–85 Jahre). Nach einer zwölfwöchigen Detrainingsperiode lagen die Leistungen im 30-s-CST ($d = 0,88$), im Sit-And-Reach-Test ($d = 0,43$) und im TUG ($d = 0,71$) immer noch signifikant über den Ausgangswerten. Die vergleichbaren Tests CST, FRT und TUG lagen nach unserer Detrainingsphase auch signifikant über dem Ausgangsniveau, wenngleich sich die Effekte für CST und FRT als grösser erwiesen. Ähnliche Befunde liefern Correa et al. [99] nach einem zwölfwöchigen Krafttraining (zweimal wöchentlich) und einer ebenso langen Detrainingsphase bei älteren Frauen (67 ± 5 Jahre). Die maximale dynamische Kraft der Beinstrecker lag nach dem Detraining

12 % über dem Ausgangsniveau ($d = 0,63$). Es existieren nur wenige Studien, die Detrainingseffekte auf das Gleichgewicht älterer Menschen untersuchten. Nach einem zwölfwöchigen kombinierten Kraft-/Gleichgewichtstraining (zweimal wöchentlich) bei älteren Menschen (81 ± 5 Jahre) hielten sich die erzielten Verbesserungen nach einer sechsmonatigen Detrainingsphase für die präferierte Gehgeschwindigkeit signifikant über den Prä-Werten ($d = 0,11-0,25$), wohingegen keine signifikante Verbesserung u. a. für die Gehgeschwindigkeit ($d = 0,03-0,10$) und den TUG ($d = 0,04-0,09$) erzielt wurden [31]. Seco et al. [100] bringen einen weiteren Aspekt in diese Diskussion, indem sie nachweisen, dass das Alter bei der Ausprägung von Detrainingseffekten eine entscheidende Rolle spielen könnte. Nach ihrem neunmonatigen Training mit Kraft- und Gleichgewichtsübungen (dreimal wöchentlich) waren die Teilnehmer zwischen 65 und 74 Jahren in der Lage, ihr Gleichgewicht (Schwankweg auf einer Kraftmessplatte) von prä nach follow-up zu verbessern ($d = 0,31$), während bei der Altersgruppe > 74 Jahre das Gleichgewicht auf das Ausgangsniveau zurückfiel ($d = 0,003$). Das Alter der Probanden könnte also einen Einfluss haben. Zusammenfassend zeigen sich Detrainingseffekte in Abhängigkeit des jeweiligen Studiendesigns und der angewandten Untersuchungsmethodik über die existierenden Studien hinweg recht heterogen. Möglicherweise sind Detrainingseffekte bei gesunden und körperlich aktiven älteren Personen, wie dies in unserer Studie der Fall war, weniger ausgeprägt als bei gebrechlichen älteren Personen.

VI. Fazit

Dies ist die erste randomisierte und kontrollierte Studie, die Effekte eines kombinierten Kraft-/Gleichgewichtstrainings bei älteren Menschen auf umfassende Parameter des Gleichgewichts und der Kraft/Schnellkraft in angeleiteten Gruppen gegenüber einer nicht angeleiteten Gruppe überprüfte. Eine Trainingsteilnahme von mehr als 90 % in allen Gruppen spricht dafür, dass die Trainingsinhalte von den teilnehmenden Seniorinnen und Senioren gut angenommen wurden. Weiterhin kann aufgrund der geringen Dropout-Raten und keinen trainings- und testbedingten Verletzungen dafür plädiert werden, das Trainingsprogramm nun in die klinische Praxis zu implementieren, um intrinsischen Sturzrisikofaktoren bei älteren Menschen entgegen zu wirken. Angesichts der häufigeren und grösseren Effekte bei INT1 im Vergleich zu den anderen Experimentalgruppen, scheint ein dreimal wöchentliches Training angebracht, bei dem mindestens zwei Einheiten unter professioneller Anleitung stattfinden sollten. Zur möglichst breiten Umsetzung des Programms besteht eine Kooperation mit der gesetzlichen Krankenkasse AOK-Nordost. Diese plant für das Jahr 2015 eine Implementierung des Programms und damit Kostenerstattung für ihre Mitglieder (1,75 Millionen Versicherte).

VII. Anhang

Tabelle 2
Effekte der Trainingsintervention und des Detrainings auf Parameter des Gleichgewichts bei gesunden älteren Personen

Test	INT1 (n = 21)(n = 22)			INT2 (n = 19)			HEIM (n = 19)			KG (n = 20)		
	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up
Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht												
Mod. Romberg-Test, s	12.8 (8.7)/ 12.5 (8.6) (n = 22)	21.5 (8.6)/ 21.0 (8.7) (n = 22)	19.7 (9.3)	12.6 (9.7)	19.5 (9.0)	6.4 (5.7)	6.4 (5.7)	8.2 (5.7)	6.9 (6.2)	16.0 (9.4)	12.5 (9.3)	15.9 (9.3)
Mod. Romberg-Test, mm/s	102.7 (30.9)/ 104.6 (31.5)	100.5 (27.5)/ 103.4 (30.0)	91.4 (24.3)	111.6 (33.0)	116.8 (41.0)	137.8 (34.6)	137.8 (34.6)	137.9 (42.2)	130.1 (38.5)	110.9 (34.5)	109.1 (34.1)	101.8 (32.9)
Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht												
Doppelschrittgeschwindigkeit, m/s	1.38 (0.13)/ 1.39 (0.14)	1.46 (0.12)/ 1.46 (0.12)	1.47 (0.13)	1.38 (0.10)	1.43 (0.13)	1.37 (0.17)	1.37 (0.17)	1.41 (0.16)	1.43 (0.14)	1.37 (0.18)	1.34 (0.17)	1.37 (0.13)
Doppelschrittlänge, cm	141.4 (14.9)/ 141.7 (14.6)	145.3 (12.4)/ 145.0 (12.1)	146.3 (13.5)	141.3 (10.9)	143.7 (12.2)	142.7 (17.6)	142.7 (17.6)	143.7 (19.3)	144.9 (16.6)	140.6 (15.2)	138.7 (15.0)	140.5 (12.4)
CV Doppelschrittgeschwindigkeit, %	2.91 (1.32)/ 2.84 (1.32)	1.94 (0.70)/ 1.96 (0.69)	2.70 (1.10)	2.15 (1.04)	1.95 (0.63)	2.58 (0.78)	2.58 (0.78)	3.16 (1.22)	2.80 (0.85)	2.27 (0.79)	2.41 (1.17)	2.23 (0.97)
CV Doppelschrittlänge, %	2.26 (0.81)/ 2.21 (0.82)	1.68 (0.79)/ 1.70 (0.78)	1.95 (0.88)	1.71 (0.75)	1.54 (0.47)	2.05 (0.82)	2.05 (0.82)	2.32 (1.16)	2.25 (0.71)	1.74 (0.58)	1.85 (0.95)	1.76 (0.80)
Doppelschrittgeschwindigkeit mit Zusatzaufgabe, m/s	1.24 (0.16)/ 1.24 (0.16)	1.31 (0.17)/ 1.31 (0.16)	1.35 (0.17)	1.21 (0.16)	1.24 (0.16)	1.22 (0.22)	1.22 (0.22)	1.20 (0.22)	1.26 (0.17)	1.17 (0.23)	1.16 (0.18)	1.23 (0.14)
Doppelschrittlänge dual task, cm	135.5 (15.7)/ 135.2 (15.4)	137.7 (13.4)/ 137.3 (13.2)	139.5 (14.6)	132.5 (13.2)	135.4 (12.1)	135.4 (21.0)	135.4 (21.0)	133.3 (19.6)	136.2 (17.8)	130.5 (13.8)	130.3 (16.0)	133.2 (13.5)

Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen in Klammern oder Mediane (Md) und Interquartilbereiche (IQ). INT1 = zweimal angeleitetes Training/Woche, INT2 = einmal angeleitetes, zweimal nicht angeleitetes Training/Woche; HEIM = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; KG = Kontrollgruppe; CV = Variationskoeffizient; TUG = Timed-Up-And-Go-Test; FRT = Functional-Reach-Test; ml = medio-lateral; ap = anterior-posterior; PRT = Push-And-Release-Test.

Tabelle 2 – Fortsetzung
Effekte der Trainingsintervention und des Detrainings auf Parameter des Gleichgewichts bei gesunden älteren Personen

Test	INT1 (n = 21)/(n = 22)			INT2 (n = 19)			HEIM (n = 19)			KG (n = 20)		
	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up
CV Doppelschrittgeschwindigkeit mit Zusatzaufgabe, %	3.83 (1.67)/ 3.84 (1.63)	3.31(1.50)/ 3.37 (1.48)	3.56 (1.28)	3.33 (1.7)	3.14 (1.36)	3.91 (1.73)	3.99 (1.44)	4.36 (2.76)	4.18 (1.89)	4.18 (2.24)	4.18 (1.89)	3.35 (1.61)
CV Doppelschrittlänge mit Zusatzaufgabe, %	2.71 (0.92)/ 2.72 (0.90)	2.37 (0.91)/ 2.40 (0.89)	2.51 (1.10)	2.18 (0.82)	2.22 (0.99)	2.94 (1.19)	2.90 (0.75)	2.89 (1.5)	2.2 (1.12)	2.2 (0.70)	2.52 (1.12)	2.14 (0.81)
Proaktives Gleichgewicht												
TUG, s	9.91 (1.33)/ 9.89 (1.29)	8.78 (1.08)/ 8.84 (1.07)	8.74 (1.38)	9.52 (0.86)	8.92 (0.80)	9.43 (1.02)	9.80 (0.84)	9.43 (1.02)	9.27 (1.01)	9.87 (1.35)	9.66 (1.19)	9.62 (0.98)
FRT, cm	30.2 (3.2)/ 30.0 (3.3)	36.1 (3.8)/ 35.9 (3.7)	35.5 (3.7)	31.9 (3.3)	34.5 (3.0)	31.4 (4.8)	28.3 (4.7)	31.4 (4.8)	32.1 (4.3)	32.9 (3.6)	32.2 (3.9)	31.1 (3.8)
FRT, mm/s	34.6 (4.8)/ 34.3 (4.9)	40.0 (7.6)/ 40.5 (7.8)	40.3 (5.5)	42.0 (11.5)	45.4 (9.8)	37.3 (9.5)	34.5 (6.0)	37.3 (9.5)	44.0 (13.6)	36.1 (7.0)	39.3 (8.5)	39.6 (8.6)
Reaktives Gleichgewicht												
Posturomed, ml, cm	14.63(12.14)/ 14.61 (11.85)	14.20 (9.48)/ 13.94 (9.33)	11.10 (6.02)	13.85 (9.25)	13.15 (6.99)	14.03 (11.72)	18.69 (13.18)	14.03 (11.72)	12.68 (7.68)	15.55 (9.19)	9.80 (4.40)	12.56 (6.92)
Posturomed, ap, cm	4.92 (7.90)/ 4.81 (7.73)	5.38 (7.62)/ 5.35 (7.44)	4.20 (6.97)	4.59 (4.42)	4.10 (4.20)	5.13 (6.57)	6.40 (5.16)	5.13 (6.57)	4.83 (4.80)	4.34 (3.59)	3.20 (2.77)	3.79 (2.89)
PRT, Bewertung (M _d , IQR)	1.33 (0.67)/ 1.33 (0.75)	0.67 (1.0)/ 0.67 (1.0)	1.0 (0.67)	1.0 (0.33)	0.5 (1.0)	1.0 (0.33)	1.6 (1.0)	1.0 (0.33)	1.0 (0.33)	1.33 (0.67)	1.0 (0.67)	1.0 (0.33)

Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen in Klammern oder Mediane (M_d) und Interquartilbereiche (IQR). INT1 = zweimal angeleitetes Training/Woche; INT2 = einmal angeleitetes Training/Woche; INT3 = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; KG = Kontrollgruppe; CV = Variationskoeffizient; TUG = Timed-Up-And-Go-Test; FRT = Functional-Reach-Test; ml = medio-lateral; ap = anterior-posterior; PRT = Push-And-Release-Test.

Tabelle 3
Effekte der Trainingsintervention und des Detrainings auf die kognitive Leistungsfähigkeit im DSST, die sturzbezogene Selbstwirksamkeit und die Lebensqualität (Physis) bei gesunden älteren Personen

Test	INT1 (n = 21)/(n = 22)			INT2 (n = 19)			HEIM (n = 19)			KG (n = 20)		
	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up
Fragebögen												
DSST, Anzahl	40.8 (6.9)/ 40.3 (7.1)	41.8 (7.6)/ 41.4 (7.7)	42.0 (8.9)	45.6 (11.0)	45.8 (10.3)	37.3 (6.7)	38.8 (8.0)	41.4 (8.4)	44.4 (10.5)	40.6 (8.4)	42.7 (8.8)	44.4 (10.5)
FES-I, Punktzahl (Md, IQR)	18.0 (4.0)/ 18.0 (3.5)	18.0 (4.5)/ 18.0 (4.3)	18.0 (3.0)	20.0 (4.0)	19.0 (3.0)	19.0 (7.0)	18.0 (5.0)	20.0 (5.0)	20.0 (4.8)	20.0 (6.5)	19.5 (5.8)	20.0 (4.8)
WHOQoL-brief, Punktzahl	80.0 (12.2)/ 79.7 (11.9)	84.0 (12.6)/ 84.8 (12.8)	81.5 (11.5)	80.4 (9.0)	79.1 (8.4)	81.5 (12.3)	78.1 (11.7)	79.8 (12.6)	80.1 (11.4)	80.5 (10.7)	80.1 (11.3)	79.9 (11.4)

Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen in Klammern oder Mediane (Md) und Interquartilsbereiche (IQR). INT1 = zweimal angeleitetes, einmal nicht angeleitetes Training/Woche; INT2 = einmal angeleitetes, zweimal nicht angeleitetes Training/Woche; HEIM = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; KG = Kontrollgruppe; DSST = Digit Symbol Substitution Test; FES-I = Falls Efficacy Scale - International; WHOQoL-brief = World Health Organization Quality of Life-brief.

Tabelle 4
Effekte der Trainingsintervention und des Detrainings auf Parameter des Gleichgewichts bei gesunden älteren Personen

Test	INT1 (n = 21)/(n = 22)			INT2 (n = 19)			HEIM (n = 19)			KG (n = 20)		
	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up	prä	post	follow-up
Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten												
CST, s	12.86 (1.86)/ 12.97 (1.89)	9.87 (1.64)/ 9.89 (1.6)	9.98 (1.56)	11.35 (1.06)	10.29 (1.13)	13.39 (1.85)	11.83 (1.78)	11.52 (1.81)	11.45 (1.12)	11.53 (1.48)	11.67 (1.19)	11.45 (1.12)
CST, W/kg	8.32 (1.55)/ 8.32 (1.51)	10.06 (1.77)/ 10.05 (1.72)	9.86 (1.83)	9.19 (1.74)	10.02 (2.2)	8.45 (1.43)	9.47 (2.06)	9.30 (1.78)	9.23 (1.80)	9.24 (1.87)	9.23 (1.95)	9.23 (1.80)
SAT, s	5.48 (0.54)/ 5.46 (0.54)	4.57 (0.38)/ 4.56 (0.38)	4.49 (0.38)	4.65 (0.33)	4.51 (0.33)	5.66 (0.82)	4.99 (0.54)	4.93 (0.68)	4.72 (0.43)	5.07 (0.36)	4.86 (0.33)	4.72 (0.43)
SAT, W/kg	2.53 (0.27)/ 2.53 (0.26)	3.02 (0.25)/ 3.02 (0.25)	3.08 (0.26)	2.98 (0.20)	3.07 (0.22)	2.46 (0.32)	2.77 (0.28)	2.83 (0.22)	2.92 (0.26)	2.71 (0.20)	2.83 (0.22)	2.92 (0.26)
SDT, s	5.10 (0.66)/ 5.08 (0.66)	3.94 (0.42)/ 3.91 (0.43)	3.94 (0.42)	4.22 (0.39)	4.11 (0.38)	5.16 (0.48)	4.32 (0.50)	4.16 (0.35)	4.32 (0.46)	4.59 (0.48)	4.39 (0.47)	4.32 (0.46)
SDT, W/kg	2.72 (0.28)/ 2.73 (0.29)	3.52 (0.39)/ 3.54 (0.39)	3.51 (0.36)	3.29 (0.35)	3.37 (0.30)	2.68 (0.23)	3.21 (0.37)	3.31 (0.30)	3.21 (0.38)	3.02 (0.33)	3.16 (0.38)	3.21 (0.38)

Werte sind Mittelwerte mit Standardabweichungen in Klammern. INT1 = zweimal angeleitetes, einmal nicht angeleitetes Training/Woche; INT2 = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; HEIM = dreimal nicht angeleitetes Training/Woche; KG = Kontrollgruppe; CST = Chair-Stand-Test; SAT = Stair-Ascent-Test; SDT = Stair-Descent-Test.

Tabelle 5
Haupteffekte Zeit und Interaktionseffekte Zeit × Gruppe in der 4 × 2 ANOVA und 3 × 3 ANOVA für die erhobenen Gleichgewichtsparameter

Test	4 × 2 ANOVA			3 × 3 ANOVA		
	p Zeit	d Zeit	p Zeit × Gruppe	d Zeit	p Zeit × Gruppe	d Zeit × Gruppe
Statisch-kontinuierliches Gleichgewicht						
Mod. Romberg-Test, s	< 0.001	1.54	< 0.001	1.33	< 0.001	1.04
Mod. Romberg-Test, mm/s	0.129	0.36	0.679	0.29	0.044	0.49
Dynamisch-kontinuierliches Gleichgewicht						
Doppelschrittgwindigkeit, m/s	0.008	0.63	0.01	0.80	0.001	0.71
Doppelschrittlänge, cm	0.101	0.38	0.06	0.64	0.022	0.53
CV Doppelschrittgwindigkeit, %	0.522	0.14	0.004	0.88	0.830	0.16
CV Doppelschrittlänge, %	0.439	0.18	0.026	0.72	0.845	0.11
Doppelschrittgwindigkeit mit Zusatzaufgabe, m/s	0.302	0.24	0.286	0.45	0.002	0.75
Doppelschrittlänge mit Zusatzaufgabe, cm	0.506	0.16	0.302	0.44	0.035	0.51
CV Doppelschrittgwindigkeit mit Zusatzaufgabe, %	0.758	0.06	0.609	0.31	0.263	0.31
CV Doppelschrittlänge mit Zusatzaufgabe, %	< 0.001	0.88	0.557	0.33	0.01	0.59
Proaktives Gleichgewicht						
TUG, s	< 0.001	1.43	0.004	0.89	< 0.001	1.26
FRT, cm	< 0.001	1.09	< 0.001	1.34	< 0.001	0.93
FRT, mm/s	0.001	0.83	0.420	0.39	< 0.001	1.32
Reaktives Gleichgewicht						
Posturomed, ml, cm	< 0.001	0.96	0.019	0.75	< 0.001	0.81
Posturomed, ap, cm	0.127	0.35	0.295	0.44	0.081	0.43
PRT, Bewertung	< 0.001 (Wilcoxon)	Ui: -5.49	< 0.001 (Kruskal-Wallis)	Chi ² : 27.42	< 0.001 (Friedman)	Chi ² : 50.96
						< 0.001 (Kruskal-Wallis prä - follow-up)

Abkürzungen: CV = Variationskoeffizient; TUG = Timed-Up-And-Go-Test; FRT = Functional-Reach-Test; ml = medio-lateral; ap = anterior-posterior; PRT = Push-And-Release-Test; d = Cohen's d.

Tabelle 6
Haupteffekte Zeit und Interaktionseffekte Zeit × Gruppe in der 4 × 2 ANOVA und 3 × 3 ANOVA für die erhobenen Kraftparameter

Test	4 × 2 ANOVA			3 × 3 ANOVA		
	p Zeit	d Zeit	p Zeit × Gruppe	d Zeit	p Zeit × Gruppe	d Zeit × Gruppe
Kraft/Schnellkraft der unteren Extremitäten						
CST, s	< 0.001	0.89	< 0.001	1.74	< 0.001	1.66
CST, W/kg	< 0.001	1.90	< 0.001	1.35	< 0.001	1.40
SAT, s	< 0.001	1.52	< 0.001	1.19	< 0.001	0.99
SAT, W/kg	< 0.001	1.34	< 0.001	1.15	< 0.001	0.96
SDT, s	< 0.001	1.12	< 0.001	1.38	< 0.001	1.02
SDT, W/kg	< 0.001	0.90	< 0.001	1.44	< 0.001	1.07

Abkürzungen: CST = Chair-Stand-Test; SAT = Stair-Ascent-Test; SDT = Stair-Descent-Test; d = Cohen's *d*.

Quellen

- [1] *World population prospects: The 2012 revision [DVD edition]*. New York: United Nations; 2013.
- [2] Eurostat. *Europe in figures: Eurostat yearbook 2012*. Belgium: Eurostat; 2012.
- [3] Kohli R. *Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz. 2010–2060*. Neuenburg: Bundesamt für Statistik (BFS); 2010.
- [4] Reinhardt UE. Does the aging of the population really drive the demand for health care? *Health affairs (Project Hope)*. 2003;22(6): 27–39.
- [5] Gostynski M, Ajdacic-Gross V, Gutzwiller F, Michel JP, Herrmann F. Epidemiologische Analyse der Stürze bei Betagten in Zürich und Genf. *Schweizerische medizinische Wochenschrift*. 1999;129(7): 270–5.
- [6] Gschwind YJ, Pfenninger B. *Training zur Sturzprävention. Manual für Kraft- und Gleichgewichtstraining zur Sturzprävention im Alter*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2013. bfu-Fachdokumentation 2.104.
- [7] Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2002;18(2): 141–58.
- [8] Kannus P, Parkkari J, Koskinen S, Niemi S, Palvanen M, Jarvinen M, Vuori I. Fall-induced injuries and deaths among older adults. *Journal of the American Medical Association*. 1999;281(20): 1895–9. PM:10349892.
- [9] Magaziner J, Simonsick EM, Kashner TM, Hebel JR, Kenzora JE. Predictors of functional recovery one year following hospital discharge for hip fracture: a prospective study. *Journal of Gerontology*. 1990;45(3): M101–7.
- [10] Forte ML, Virnig BA, Swiontkowski MF, Bhandari M, Feldman R, Eberly LE, Kane RL. Ninety-day mortality after intertrochanteric hip fracture: does provider volume matter? *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2010;92(4): 799–806. DOI: 10.2106/JBJS.H.01204.
- [11] Niemann S, Lieb C. *Nichtberufsunfälle in der Schweiz. Aktualisierung der Hochrechnung und der volkswirtschaftlichen Kosten*. Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2015. bfu-Report 71.
- [12] Tinetti ME. Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *The New England Journal of Medicine*. 2003;348(1): 42–9. DOI: 10.1056/NEJMc020719.
- [13] Gschwind YJ, Wolf I, Bridenbaugh SA, Kressig RW. Basis for a Swiss perspective on fall prevention in vulnerable older people. *Swiss Med Wkly*. 2011;141: w13305. DOI: 10.4414/smw.2011.13305.
- [14] Lord SR, Sherrington C, Menz HB, Close JCT. *Falls in older people: risk factors and strategies for prevention*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
- [15] Schott N, Kurz A-K. Stürze bei älteren Erwachsenen: Risikofaktoren–Assessment–Prävention. *Zeitschrift für Sportpsychologie*. 2008;15(2): 45–62.
- [16] Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*. 2006;35 Suppl 2: ii37–ii41. PM:16926202.
- [17] Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks SV. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*. 2007;34(11): 1091–6. DOI: 10.1111/j.1440-1681.2007.04752.x.
- [18] Vandervoort AA. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & Nerve*. 2002;25(1): 17–25.
- [19] Doherty TJ. Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985)*. 2003;95(4): 1717–27. DOI: 10.1152/jappphysiol.00347.2003.
- [20] Era P, Sainio P, Koskinen S, Haavisto P, Vaara M, Aromaa A. Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*. 2006;52(4): 204–13. DOI: 10.1159/000093652.
- [21] Granacher U, Mühlbauer T, Bridenbaugh S, Wehrle A, Kressig RW. Altersunterschiede beim Gehen unter Einfach- und Mehrfachtigkeit. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2010;61(11): 258–63.

- [22] Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD, McGinley JL, Srikanth VK. Ageing and gait variability-a population-based study of older people. *Age and ageing*. 2010;39(2): 191–7. DOI: 10.1093/ageing/afp250.
- [23] Granacher U, Zahner L, Gollhofer A. Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*. 2008;8(6): 325-40.
- [24] Steadman J, Donaldson N, Kalra L. A randomized controlled trial of an enhanced balance training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(6): 847-52.
- [25] Kannus P, Sievänen H, Palvanen M, Järvinen T, Parkkari J. Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet*. 2005;366(9500): 1885–93. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67604-0.
- [26] Robertson MC, Campbell AJ, Gardner MM, Devlin N. Preventing injuries in older people by preventing falls: a meta-analysis of individual-level data. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50(5): 905-11. PMID:12028179.
- [27] Granacher U, Muehlbauer T, Zahner L, Gollhofer A, Kressig RW. Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2011;41(5): 377–400. DOI: 10.2165/11539920-000000000-00000.
- [28] Granacher U, Muehlbauer T, Gschwind YJ, Pfenninger B, Kressig RW. Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter - Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2013;47: 513-26.
- [29] Cyarto EV, Brown WJ, Marshall AL, Trost SG. Comparative effects of home- and group-based exercise on balance confidence and balance ability in older adults: cluster randomized trial. *Gerontology*. 2008;54(5): 272–80. DOI: 10.1159/000155653.
- [30] Tuunainen E, Rasku J, Jäntti P, Moisio-Vilenius P, Mäkinen E, Toppila E, Pyykkö I. Postural stability and quality of life after guided and self-training among older adults residing in an institutional setting. *Clinical interventions in aging*. 2013;8: 1237–46. DOI: 10.2147/CIA.S47690.
- [31] Helbostad JL, Sletvold O, Moe-Nilssen R. Effects of home exercises and group training on functional abilities in home-dwelling older persons with mobility and balance problems. A randomized study. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2004;16(2): 113–21.
- [32] Donat H, Ozcan A. Comparison of the effectiveness of two programmes on older adults at risk of falling: unsupervised home exercise and supervised group exercise. *Clinical rehabilitation*. 2007;21(3): 273–83. DOI: 10.1177/0269215506069486.
- [33] Almeida TL, Alexander NB, Nyquist LV, Montagnini ML, Santos A CS et al. Minimally supervised multimodal exercise to reduce falls risk in economically and educationally disadvantaged older adults. *Journal of aging and physical activity*. 2013;21(3): 241–59. PMID: 22952201.
- [34] Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2): 175–91. PMID: 17695343.
- [35] Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength/power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*. 2013;13(1): 105.
- [36] Lacroix A. *Training zur Sturzprävention: Anleitung der Kraft- und Gleichgewichtsübungen*. Bern 2015. bfu-Schulungspublikation 4.174.01. <http://www.bfu.ch/de/bestellen/alles#k=4.174.01>. Zugriff am 10.02.2016.
- [37] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982;14(5): 377–81.
- [38] Granacher U, Mühlbauer T, Taube W, Gollhofer A, Gruber M. Sensorimotor Training. In: Cardinale M, Newton R, Nosaka K, Hg. *Strength and conditioning: biological principles and practical applications*. John Wiley & Sons; 2011: 399–410.
- [39] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: theory and practical applications*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- [40] Agrawal Y, Carey JP, Hoffman HJ, Sklare DA, Schubert MC. The modified Romberg Balance Test: normative data in U.S. adults. *Otology & neurotology : official publication of the American*

- Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. 2011;32(8): 1309–11. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31822e5bee.
- [41] Kressig RW, Beauchet O. Guidelines for clinical applications of spatio-temporal gait analysis in older adults. *Aging Clin ExpRes*. 2006;18(2): 174-6.
- [42] Fritz S, Lusardi M. White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *J Geriatr Phys Ther*. 2009;32(2): 46-9. DOI: PM:20039582
- [43] Abellan van Kan G, Rolland Y, Andrieu S, Bauer J, Beauchet O et al. Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2009;13(10): 881–9.
- [44] Kressig RW, Herrmann FR, Grandjean R, Michel JP, Beauchet O. Gait variability while dual-tasking: fall predictor in older inpatients? *Aging Clin ExpRes*. 2008;20(2): 123-30. PM:18431079.
- [45] Granacher U, Muehlbauer T, Bridenbaugh S, Bleiker E, Wehrle A, Kressig RW. Balance Training and Multi-Task Performance in Seniors. *International Journal Sports Medicine*. 2010;31: 353-8.
- [46] Lee MM, Song CH, Lee KJ, Jung SW, Shin DC, Shin SH. Concurrent Validity and Test-retest Reliability of the OPTOGait Photoelectric Cell System for the Assessment of Spatio-temporal Parameters of the Gait of Young Adults. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(1): 81–5. DOI: 10.1589/jpts.26.81.
- [47] Lienhard K, Schneider D, Maffiuletti NA. Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Medical engineering & physics*. 2013;35(4): 500–4. DOI: 10.1016/j.medengphy.2012.06.015.
- [48] Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of gerontology*. 1990;45(6): M192-7. PMID: 2229941.
- [49] Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2): 142-8. DOI: PM:1991946
- [50] Newton RA. Validity of the multi-directional reach test: a practical measure for limits of stability in older adults. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2001;56(4): M248-52. PMID: 11283199.
- [51] Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*. 2000;80(9): 896–903.
- [52] Müller O, Günther M, Krauss I, Horstmann T. Physical characterization of the therapeutic device Posturomed as a measuring device - presentation of a procedure to characterize balancing ability. *Biomedizinische Technik Biomedical engineering*. 2004;49(3): 56–60. DOI: 10.1515/bmt.2004.011.
- [53] Granacher U, Gruber M, Gollhofer A. Resistance Training and Neuromuscular Performance in Seniors. *International Journal Sports Medicine*. 2009;30: 652-7.
- [54] Muehlbauer T, Besemer C, Wehrle A, Gollhofer A, Granacher U. Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology*. 2012;58(6): 504–12. DOI: 10.1159/000341614.
- [55] Jacobs JV, Horak FB, van Tran K, Nutt JG. An alternative clinical postural stability test for patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology*. 2006;253(11): 1404–13. DOI: 10.1007/s00415-006-0224-x.
- [56] Valkovic P, Brozová H, Bötzel K, Růzicka E, Benetin J. Push-and-release test predicts Parkinson fallers and nonfallers better than the pull test: comparison in OFF and ON medication states. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*. 2008;23(10): 1453–7. DOI: 10.1002/mds.22131.
- [57] Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American Journal of Medicine*. 1985;78(1): 77–81.
- [58] Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C, Murray S, Lord S. The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age and ageing*. 2008;37(4): 430–5. DOI: 10.1093/ageing/afn100.
- [59] Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF, Gee MA, Redfern MS, Furman JM. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Physical therapy*. 2005;85(10): 1034–45. PMID: 16180952.

- [60] Bean JF, Kiely DK, LaRose S, Alian J, Frontera WR. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adults? *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2007;88(5): 604–9. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.02.004.
- [61] Rantanen T, Era P, Kauppinen M, Heikkinen E. Maximal isometric muscle strength and socioeconomic status, health, and physical activity in 75-year-old persons. *J Aging Phys Activity*. 1994;2: 206–20.
- [62] Coren S. The lateral preference inventory for measurement of handedness, footedness, eyedness, and earedness: norms for young adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1993;31(1): 1–3.
- [63] Peolsson A, Hedlund R, Oberg B. Intra- and inter-tester reliability and reference values for hand strength. *Journal of rehabilitation medicine*. 2001;33(1): 36–41. PMID: 11480468.
- [64] Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occupational therapy international*. 2002;9(3): 201–9. PMID: 12374997.
- [65] Anderson LJ, Erceg DN, Schroeder ET. Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women. *Nutrition research (New York, NY)*. 2012;32(7): 479–85. DOI: 10.1016/j.nutres.2012.05.009.
- [66] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*. 1975;12(3): 189–98. PMID: 1202204.
- [67] Lopez MN, Charter RA, Mostafavi B, Nibut LP, Smith WE. Psychometric properties of the Folstein Mini-Mental State Examination. *Assessment*. 2005;12(2): 137–44. DOI: 10.1177/1073191105275412.
- [68] Manos PJ, Wu R. The ten point clock test: a quick screen and grading method for cognitive impairment in medical and surgical patients. *International journal of psychiatry in medicine*. 1994;24(3): 229–44. PMID: 7890481.
- [69] Thalmann B, Spiegel R, Staehelin H, Brubacher D, Ermini-Fünfschilling D, Blaesi S, Monsch AU. Dementia screening in general practice: optimised scoring for the Clock Drawing Test. *Brain aging*. 2002;2(2): 36–43.
- [70] Shulman KI. Clock-drawing: is it the ideal cognitive screening test? *International journal of geriatric psychiatry*. 2000;15(6): 548–61. PMID: 10861923.
- [71] Berg A, Grathwohl D, Keul J. Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität-Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Sozial- und Präventivmedizin*. 1999;44(2): 55–64.
- [72] Frey I, Berg A, Grathwohl D, Keul J. Freiburger Fragebogen zur körperlichen Aktivität-Entwicklung, Prüfung und Anwendung. *Sozial- und Präventivmedizin*. 1999;44(2): 55–64. PMID: 10407953.
- [73] Dias N, Kempen GJIM, Todd CJ, Beyer N, Freiberger E et al. Die Deutsche Version der Falls Efficacy Scale-International Version (FES-I). *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2006;39(4): 297–300. DOI: 10.1007/s00391-006-0400-8.
- [74] Wechsler D. *Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised: WAIS-R ; Manual*. San Antonio: The Psychological Corporation; 1981.
- [75] Bettcher B, Libon D, Kaplan E, Swenson R, Penney D. Digit Symbol Substitution Test. In: Kreutzer J, DeLuca J, Caplan B, Hg. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. Springer New York; 2011: 849–53.
- [76] Angermeyer MC, Kilian R, Matschinger H. *WHOQOL-100 und WHOQOL-BREF: Handbuch für die deutschsprachige Version der WHO-Instrumente zur Erfassung von Lebensqualität*. Göttingen: Hogrefe & Huber; 2000.
- [77] Skevington SM, Lotfy M, O'Connell KA. The World Health Organization's WHOQOL-BREF quality of life assessment: psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2004;13(2): 299–310. PMID: 15085902.
- [78] Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF quality of life assessment. The WHOQOL Group. *Psychological medicine*. 1998;28(3): 551–8. PMID: 9626712.
- [79] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge Academic; 1988.
- [80] Leonhart R. Estimating Effect Sizes in Clinical Trials. *Die Rehabilitation*. 2004;43(4): 241–6. DOI: 10.1055/s-2004-828293.

- [81] Grissom RJ, Kim JJ. *Effect sizes for research: Univariate and multivariate applications*. Milton Park: Routledge; 2012.
- [82] Liu C-J, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2009(3): CD002759. DOI: 10.1002/14651858.CD002759.pub2.
- [83] Giné-Garriga M, Roqué-Fíguls M, Coll-Planas L, Sitjà-Rabert M, Salvà A. Physical exercise interventions for improving performance-based measures of physical function in community-dwelling, frail older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(4): 753-69.e3. DOI: 10.1016/j.apmr.2013.11.007.
- [84] Häkkinen K. Ageing and neuromuscular adaptation to strength training. In: Komi PV, Hg. *Strength and Power in Sport*. 2. Auflage. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd; 2003: 409–25.
- [85] Freiburger E, Blank WA, Salb J, Geilhof B, Hentschke C et al. Effects of a complex intervention on fall risk in the general practitioner setting: a cluster randomized controlled trial. *Clin Interv Aging*. 2013;8: 1079-88. PMID:23983460.
- [86] Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y. Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *Journal of bone and mineral metabolism*. 2008;26(3): 254–9. DOI: 10.1007/s00774-007-0819-z.
- [87] Suzuki T, Kim H, Yoshida H, Ishizaki T. Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *Journal of bone and mineral metabolism*. 2004;22(6): 602–11. DOI: 10.1007/s00774-004-0530-2.
- [88] Zhuang J, Huang L, Wu Y, Zhang Y. The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adults. *Clinical interventions in aging*. 2014;9: 131–40. DOI: 10.2147/cia.s56682.
- [89] Gobbo S, Bergamin M, Sieverdes JC, Ermolao A, Zaccaria M. Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2014;58(2): 177–87. DOI: 10.1016/j.archger.2013.10.001.
- [90] Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, Woollacott MH. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(3): 381–7. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.09.559.
- [91] Silsupadol P, Siu K-C, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Physical therapy*. 2006;86(2): 269–81. PMID: 16445340.
- [92] Cadore EL, Casas-Herrero A, Zamboni-Ferraresi F, Idoate F, Millor N et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordrecht, Netherlands)*. 2014;36(2): 773–85. DOI: 10.1007/s11357-013-9586-z.
- [93] Gianoudis J, Bailey CA, Ebeling PR, Nowson CA, Sanders KM, Hill K, Daly RM. Effects of a targeted multimodal exercise program incorporating high-speed power training on falls and fracture risk factors in older adults: a community-based randomized controlled trial. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2014;29(1): 182–91. DOI: 10.1002/jbmr.2014.
- [94] Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*. 1990;263(22): 3029–34. PMID: 2342214.
- [95] Wu G, Keyes L, Callas P, Ren X, Bookchin B. Comparison of telecommunication, community, and home-based Tai Chi exercise programs on compliance and effectiveness in elders at risk for falls. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2010;91(6): 849–56. DOI: 10.1016/j.apmr.2010.01.024.
- [96] Joshua AM, D'Souza V, Unnikrishnan B, Mithra P, Kamath A, Acharya V, Venugopal A. Effectiveness of progressive resistance strength training versus traditional balance exercise in improving balance among the elderly - a randomised controlled trial. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. Mar 2014;8(3): 98-102. DOI: 10.7860/JCDR/2014/8217.4119.

- [97] Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(12): 2234-43. DOI: PM:19093923
- [98] Carvalho MJ, Marques E, Mota J. Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology.* 2009;55(1): 41–8. DOI: 10.1159/000140681.
- [99] Correa CS, Baroni BM, Radaelli R, Lanferdini FJ, Cunha GdS et al. Effects of strength training and detraining on knee extensor strength, muscle volume and muscle quality in elderly women. *Age (Dordrecht, Netherlands).* 2013;35(5): 1899–904. DOI: 10.1007/s11357-012-9478-7.
- [100] Seco J, Abecia LC, Echevarría E, Barbero I, Torres-Unda J, Rodriguez V, Calvo JI. A long-term physical activity training program increases strength and flexibility, and improves balance in older adults. *Rehabilitation nursing : the official journal of the Association of Rehabilitation Nurses.* 2013;38(1): 37–47. DOI: 10.1002/rnj.64.

bfu-Reports

Kostenlose Bestellungen auf www.bestellen.bfu.ch

Neuere Publikationen können zudem heruntergeladen werden.

Die meisten bfu-Reports existieren nur in deutscher Sprache mit Zusammenfassungen in Französisch, Italienisch und Englisch.

- Report 73 **Uwe Ewert, Yvonne Achermann Stürmer, Steffen Niemann** (2016)
Soziale Ungleichheit und Nichtberufsunfälle in der Schweiz
- Report 72 **Gianantonio Scaramuzza, Andrea Uhr, Steffen Niemann** (2015)
E-Bikes im Strassenverkehr – Sicherheitsanalyse
- Report 71 **Steffen Niemann, Christoph Lieb & Heini Sommer** (2015)
Nichtberufsunfälle in der Schweiz
- Report 70 **Steffen Niemann & Yvonne Achermann Stürmer** (2014)
Gesamtunfallgeschehen in der Schweiz
- Report 69 **Veit Senner, Stefan Lehner, Michaela Nusser & Frank I. Michel** (2014)
Skiausrüstung und Knieverletzungen beim alpinen Skifahren im Freizeitsport – Eine Expertise zum gegenwärtigen Stand der Technik und deren Entwicklungspotenzial
- Report 68 **Mario Cavegn, Esther Walter, Gianantonio Scaramuzza, Christian Amstad, Uwe Ewert & Yves Bochud** (2013)
Evaluation der Zweiphasenausbildung
- Report 67 **Judith Natterer Gartmann & Martin Kaiser** (2012)
Sportunfallprävention aus rechtlicher Sicht
- Report 66 **Cornelia Furrer & Andreas Balthasar** (2011)
Evaluation der bfu-Präventionskampagne im Schneesport
- Report 65 **Adrian Fischer, Markus Lamprecht, Hanspeter Stamm, Othmar Brügger, Steffen Niemann & Christoph Müller** (2011)
Unfälle im, am und auf dem Wasser
- Report 64 **Eva Martin-Diener, Othmar Brügger & Brian Martin** (2010)
Physical Activity Promotion and Injury Prevention
- Report 63 **Uwe Ewert** (2010) nur als PDF verfügbar
Evaluation der Kampagne «Kopf stützen – Nacken schützen»
- Report 62 **Yvonne Achermann Stürmer** (2010)
Disparités régionales des accidents de la route
- Report 61 **Uwe Ewert & Patrick Eberling** (2009)
Sicherheit auf Ausserortsstrassen
- Report 60 **Gianantonio Scaramuzza** (2008)
Prozess-Evaluation des bfu-Modells Tempo 50/30 innerorts – Umsetzung, Einstellungen und Kenntnis
- Report 59 **Jacqueline Bächli-Biétry & Uwe Ewert** (2008)
Verhalten, Einstellungen und Unfallerfahrungen von Motorradfahrern: Eine Längsschnittstudie über 10 Jahre

Sicher leben: Ihre bfu.

Die bfu setzt sich im öffentlichen Auftrag für die Sicherheit ein. Als Schweizer Kompetenzzentrum für Unfallprävention forscht sie in den Bereichen Strassenverkehr, Sport sowie Haus und Freizeit und gibt ihr Wissen durch Beratungen, Ausbildungen und Kommunikation an Privatpersonen und Fachkreise weiter. Mehr über Unfallprävention auf www.bfu.ch.

© bfu 2016. Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe (s. Zitationsvorschlag) gestattet; gedruckt auf FSC-Papier